



## S.S. N. 9 "Via Emilia" Variante di Casalpusterlengo ed eliminazione passaggio a livello sulla SP ex S.S. N. 234

### PROGETTO DEFINITIVO

#### CONSULENZE SPECIALISTICHE

**TECNOSTUDIO BIEFFE S.R.L.**  
Via Mazzetti 7  
43012  
FONTANELLATO (PR)

COMPONENTE STRADALE  
E STRUTTURALE;  
SICUREZZA,  
COORDINAMENTO,  
FASAGGI DI CANTIERE,  
MOVIMENTAZIONE DI  
CAVA; RILIEVI E  
COMPUTAZIONE

**CONSORZIO MUZZA  
BASSA LODIGIANA**  
VIA NINO DALL'ORO, 4 -  
LODI

COMPONENTE  
IDRAULICA

**ARCH. MADDALENA  
GIOIA GIBELLI**  
VIA SENATO, 45  
MILANO

COMPONENTE  
PAESAGGISTICA  
ED AMBIENTALE

**P I GIOVANNI PERRI**  
Via Priorato, 16  
43012  
FONTANELLATO (PR)

COMPONENTE  
IMPIANTISTICA,  
TECNOLOGICA ED  
ILLUMINOTECNICA

**CI.TRA S.R.L.**  
v.le Lombardia 5,  
MILANO  
**L.C.E. SRL**  
VIA DEI PLATANI, 7  
OPERA

COMPONENTE  
TRASPORTISTICA  
ED ACUSTICA

#### I PROGETTISTI

**Arch. Savino GARILLI** PROVINCIA DI LODI  
Iscritto all'Ordine degli Architetti della Provincia di Piacenza al n° 280

**Ing. Antonio SIMONE** COMUNE DI CASALPUSTERLENGO  
Iscritto all'ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia al n° 1270

#### IL GEOLOGO

**Dott. Geol. Gianluca CANTARELLI**  
Iscritto all'Ordine dei Geologi dell' Emilia Romagna al n° 359  
via Malpelli, 2  
FIDENZA (PR)

#### COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

**Geom: Fiorenzo BERGAMASCHI**  
Iscritto al Collegio dei Geometri della Provincia di Parma al n° 1606  
via Mazzetti, 7  
FONTANELLATO (PR)

**VISTO:IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO**  
Ing Massimo SIMONINI

DATA

PROTOCOLLO

## SOTTOVIA 1 SVINCOLO SS234 N - NOTE DI CALCOLO

CODICE PROGETTO

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|      |   |               |                             |                                   |                               |
|------|---|---------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| D    | RECEPIMENTO PRESCRIZIONI ISTRUTTORIA ANAS       |               |                             |                                   |                               |
| C    | RECEPIMENTO PRESCRIZIONI CONFERENZA DEI SERVIZI | FEBBRAIO 2011 |                             |                                   |                               |
| B    | VERIFICA DI OTTEMPERANZA AL DECRETO VIA         | APRILE 2010   |                             |                                   |                               |
| A    | PRIMA CONSEGNA PROGETTO                         | MARZO 2009    |                             |                                   |                               |
| REV. | DESCRIZIONE                                     | DATA          | VERIFICATO<br>RESP. TECNICO | CONTROLLATO<br>RESP. D'ITINERARIO | APPROVATO<br>RESP. DI SETTORE |

Codice  
Elaborato

**SC08 5680**

Data Revisione:  
FEBBRAIO 2011

REV.  
**C**

FOGLIO  
**01** DI **01**

Scala:  
ELABORATO DI TESTO

## RELAZIONE DI CALCOLO

|  |    |
|--|----|
| 1 - Normativa di riferimento. ....   | 4  |
| 2 - Descrizione della struttura .....  | 5  |
| 3 - Materiali impiegati .....  | 6  |
| 4 - Analisi dei carichi .....  | 6  |
| 5 - Prospetto delle condizioni di carico .....   | 9  |
| 7 - Verifica delle sezioni allo stato limite ultimo .....                                | 14 |
| 8 - Verifica allo stato limite di esercizio per fessurazione .....                       | 15 |
| 9 - Verifica sismica della struttura ai sensi dell'ordinanza n° 3724 del 20/3/2003. .... | 16 |
| 10 - Fondazioni .....  | 20 |

## ALLEGATI: TABELLE DEI RISULTATI

- Descrizione Del Telaio
- Descrizione delle sezioni
- Calcolo della ripartizione trasversale
- Condizione di carico 20: Dati carichi
- Condizione di carico 20: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 20: Verifica delle sezioni – SLU
- Condizione di carico 21: Dati carichi
- Condizione di carico 21: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 21: Verifica delle sezioni – SLU
- Condizione di carico 22: Dati carichi
- Condizione di carico 22: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 22: Verifica delle sezioni – SLU
- Condizione di carico 25: Dati carichi
- Condizione di carico 25: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 25: Verifica delle sezioni – SLU
- Condizione di carico 26: Dati carichi
- Condizione di carico 26: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 26: Verifica delle sezioni – SLU
- Condizione di carico 27: Dati carichi
- Condizione di carico 27: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 27: Verifica delle sezioni – SLU
- Verifica delle sezioni – SLU (INVILUPPO)

- Verifica alla fessurazione: FI e FIII
- Verifica alla fessurazione: FII
- Condizione di carico 91(sisma): Dati carichi
- Condizione di carico 91: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 91: Verifica delle sezioni – SLU
- Condizione di carico 92 (sisma): Dati carichi
- Condizione di carico 92: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 92: Verifica delle sezioni – SLU
- Condizione di carico 93(sisma): Dati carichi
- Condizione di carico 93: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 93: Verifica delle sezioni – SLU
- Condizione di carico 94 (sisma): Dati carichi
- Condizione di carico 94: Sollecitazioni nelle travi – Spostamenti nodali
- Condizione di carico 94: Verifica delle sezioni – SLU

**ALLEGATO: RELAZIONE DI CALCOLO DEI MURI DI SOSTEGNO IN C.A. REALIZZATI CON ELEMENTI PREFABBRICATI**

## RELAZIONE DI CALCOLO

### 1 - Normativa di riferimento.

Le normative utilizzate nello sviluppo dei calcoli delle strutture oggetto della presente relazione, sia per le verifiche ai carichi esterni che per le verifiche sismiche, sono le seguenti:

| N°                              | Data       | Titolo  |
|---------------------------------|------------|---|
| Legge n° 1086                   | 05/11/1971 | Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e a struttura metallica  |
| D.M.                            | 03/12/1987 | Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.   |
| D.M.                            | 11/03/1988 | Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di |
| Circ.n.30483 LLPP               | 24/09/1988 | Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce ...  |
| Circ.n.31104 LLPP               | 16/03/1989 | Istruzioni in merito alle Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.   |
| D.M.                            | 04/05/1990 | Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.   |
| Circ.LLPP n.34233               | 25/02/1991 | Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.   |
| D.M.                            | 09/01/1996 | Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle opere in c.a. normale, precompresso e per le strutture metalliche.  |
| D.M.                            | 16/01/1996 | Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".   |
| D.M.                            | 16/01/1996 | Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche  |
| Circ.LLPP n.252<br>AA.GG/S.T.C. | 15/10/1996 | Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9 gennaio 1996.  |
| Circ.LLPP n.156<br>AA.GG/S.T.C. | 04/07/1996 | Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16 gennaio 1996   |
| Ordinanza 3274<br>P.C.M.        | 20/03/2003 | Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica  |
| Decreto PCM<br>n.3685           | 21/10/2003 | Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza n. 3274  |

---

## 2 - Descrizione della struttura

I dati geometrici principali della struttura sono indicati nella prima tabella degli allegati (tabella “Dati geometrici”).

La struttura è costituita da una successione di archi prefabbricati in cemento armato uguali fra loro, posati su due cordoli di fondazione anch'essi in cemento armato.

Ogni arco è costituito da tre elementi prefabbricati:

- due elementi laterali identici a forma di  $\Gamma$ , che, a montaggio ultimato, costituiscono ciascuno un ritto, una trave inclinata sull'orizzontale di  $48^\circ$  e un'altra trave inclinata di  $6^\circ$ ,
- un elemento centrale rettilineo, a forma di trave, inserito fra i due elementi prefabbricati laterali.

I prefabbricati laterali sono costruiti in modo da formare delle cerniere statiche nel collegamento alla fondazione; mentre il collegamento alla trave centrale è reso monolitico dal getto in opera e dalle armature. Sulla trave centrale e su una parte dei prefabbricati laterali è situata una soletta collaborante gettata in opera.

I vari elementi prefabbricati che costituiscono un arco sono posati in opera affiancati, quasi a contatto tra loro. L'armatura della struttura è in parte inserita all'interno degli elementi prefabbricati, in parte posata in opera negli appositi vani fra un prefabbricato e l'altro e nelle articolazioni. Successivamente i prefabbricati sono solidarizzati tra loro con un getto di calcestruzzo in opera che congloba le armature e rendono la struttura monolitica.

La trasmissione degli sforzi tra un arco prefabbricato ed il successivo avviene sia sull'intero sviluppo dell'arco nel suo intero spessore, sia tramite apposite travi trasversali in cemento armato localizzate negli spigoli tra le varie falde.

Le cerniere laterali, situate alla base dei montanti verticali, collegano il piede del prefabbricato, opportunamente profilato, e il getto di sigillatura solidale alla fondazione. Esse sono in realtà delle cerniere doppie, o a due centri. Nel loro funzionamento possono verificarsi tre casi:

- Se il ritto verticale della struttura tende a ruotare verso l'interno del portale, lavora solo la cerniera interna, cioè quella vicina alla facciata interna a vista della struttura, mentre la cerniera esterna si solleva leggermente, ruotando solidalmente al ritto.
- Se il ritto verticale della struttura tende a ruotare verso l'esterno del portale, lavora solo la cerniera esterna, cioè quella vicina al lato contro terra, mentre la cerniera interna si solleva leggermente, ruotando solidalmente al ritto.
- Se la risultante degli sforzi trasmessi dal ritto alla fondazione passa fra i centri delle due cerniere, lo sforzo normale tiene a contatto entrambe le cerniere e non si ha alcuna rotazione. In tal caso il ritto risulta solidale alla fondazione (comportamento ad incastro).

Il programma di calcolo provvede automaticamente a modificare le coordinate delle cerniere di base a seconda del verso di rotazione.

A struttura finita, il giunto tra gli elementi articolati laterali a  $\Gamma$  e l'elemento centrale della copertura è completamente solidarizzato. Esso è posizionato in una sezione prossima al punto di inversione del momento flettente e risulta pertanto poco sollecitato. Il collegamento è ottenuto sia

tramite la continuità delle armature inferiori, incorporate nel calcestruzzo gettato nel vano tra i prefabbricati contigui, sia tramite le armature superiori, incorporate nel getto della soletta collaborante.

La struttura ha un comportamento isostatico nei confronti degli spostamenti verticali delle fondazioni (che quindi non inducono teoricamente sollecitazioni nella struttura), ma è *iperstatica* rispetto a spostamenti orizzontali delle fondazioni. Tuttavia anche nei confronti di queste deformazioni il calcolo della struttura dimostra che occorrono deformazioni di notevole entità per indurre stati di sollecitazione rilevanti.

### **3 - Materiali impiegati**

La resistenza caratteristica del calcestruzzo degli elementi prefabbricati e dei getti in opera è indicata nella tabella “materiali”, nel primo foglio degli allegati della presente relazione.

Le armature sono tutte in acciaio ad aderenza migliorata del tipo FeB44K.

### **4 - Analisi dei carichi**

Esponiamo anzitutto i criteri di valutazione delle singole azioni, prima che esse siano moltiplicate per i vari coefficienti stabiliti dalle norme per i diversi tipi di verifiche.

#### ***PESO PROPRIO***

Il peso proprio degli elementi strutturali è stato calcolato assumendo il peso specifico del cemento armato pari a  $2500 \text{ kg/m}^3 = 24,52 \text{ kN/m}^3$  ed è stato considerato distribuito lungo l'asse della struttura.

#### ***PESO E SPINTA DELLE TERRE***

Il profilo del terreno di riempimento ed i suoi parametri geotecnici sono indicati, per ogni condizione di carico, nella tabella intitolata “Verifica delle sezioni” (nella prima parte della tabella, con l'indicazione “Dati del calcolo”).

Nel caso più generale il terreno è descritto attraverso un profilo trasversale bi-lineare, con pendenza diversa a sinistra e a destra. Lo spigolo P dove si incontrano i due tratti con pendenza diversa è individuato attraverso le sue coordinate  $X_p$  e  $Y_p$ , riferite rispettivamente alla mezzzeria della struttura ed al suo estradosso superiore.

Ovviamente nel caso di terreno di riempimento orizzontale le due pendenze a sinistra e a destra sono uguali e la quota  $Y_p$  rappresenta in tal caso lo spessore di terra sulla sommità della struttura.

Il diagramma della pressione esercitata dal terreno contro la struttura è calcolato in base all'interazione elastica tra struttura e terreno. In altre parole, la pressione laterale della terra è calcolata in funzione della deformazione della struttura e della rigidità del terrapieno.

Il calcolo dell'interazione della struttura con il terreno è effettuato mediante un programma per travi costituenti un telaio piano.

Nel caso più generale, la spinta della terra sulla struttura è modellizzata attraverso due termini separati:

- il primo è un carico distribuito indipendente dagli spostamenti e variabile linearmente lungo ogni trave;
- il secondo è una reazione elastica distribuita, funzione degli spostamenti nodali e variabile anch'essa linearmente lungo ogni trave.

In merito al termine elastico il programma agisce in modo che la pressione della terra sulla struttura assuma il valore esatto nei nodi alle estremità di ogni trave (in base alla deformazione della struttura, al modulo elastico del terreno e alla lunghezza dello spessore di terra interessato alla deformazione), mentre all'interno della trave il programma impone che la pressione vari linearmente fra i due valori nodali.

Il termine di pressione della terra indipendente dagli spostamenti (e corrispondente pertanto alla pressione su una struttura indeformata, infinitamente rigida) agente sul paramento contro terra è assunto pari alla spinta quiete, valutata con un coefficiente di spinta pari a 0,5. La quota da cui inizia la pressione di quiete è quella del suolo.

La variazione di spinta rispetto a quella di quiete, dovuta all'interazione tra terreno e struttura, è calcolata nel secondo termine. Essa dipende dalla deformazione della struttura e dalla rigidità del terreno alle deformazioni orizzontali, e quindi dal suo modulo elastico e dalla lunghezza del tratto interessato dalla deformazione.

Per i moduli elastici del terreno abbiamo assunto un diagramma lineare crescente con la profondità dalla superficie del suolo. La tabella "Dati del calcolo" riporta il valore del modulo elastico ed il valore di incremento adottato per ogni m di profondità.

La lunghezza del terreno  $L_p$  interessata alla deformazione è data dalla formula seguente:

$$L_p = 2/3 * H_{scavo} * \text{tg} (45^\circ + \varphi/2).$$

Dove  $H_{scavo}$  è il dislivello fra la superficie del terreno e l'estradosso della fondazione misurato sulla verticale del ritto della struttura.

Dal punto di vista della costruzione del rilevato contro la struttura, il calcolo conferma che è sempre opportuno un buon costipamento della terra di riporto sui lati della struttura, per incrementare il modulo elastico del terreno e garantirne l'uniformità. Inoltre occorre che il riempimento di terra avvenga in modo non troppo asimmetrico.

### **CARICHI MOBILI**

I carichi d'esercizio assunti nel calcolo sono quelli stabiliti dal D.M. 4/5/1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

La struttura è progettata per i massimi carichi stradali, ovvero quelli previsti per i ponti di 1a categoria (3 forze concentrate di 20 t per il carico q1a ed un carico distribuito pari a 3 t/m per il carico q1b, quest'ultimo considerato solo se sfavorevole)

Indichiamo con  $Y9$  il “*Coefficiente di ripartizione*”, ovvero la quota della colonna di carico mobile direttamente agente sul singolo arco. Se non si considerasse la collaborazione degli archi vicini, essa sarebbe pari al rapporto tra la larghezza di un arco e la larghezza della colonna di carico e assumerebbe pertanto il valore:

$$Y9 = 1,25 / 3,50 = 0,357$$

Il programma di calcolo utilizzato ammette un numero massimo di 20 archi ai fini del calcolo della ripartizione trasversale. Nel caso di strutture con un maggior numero di archi, questa limitazione non influenza il coefficiente di ripartizione in maniera significativa perché gli archi più lontani sono soggetti a spostamenti modesti e collaborano all’equilibrio in misura minima.

Per tenere conto degli effetti dinamici i carichi mobili sono stati incrementati moltiplicandoli per il coefficiente dinamico  $\phi$ , stabilito dalla normativa in funzione della luce:

$$\phi = 1,4 - (L-10)/150 \leq 1,4$$

In definitiva il carico mobile che deve essere sopportato dal singolo arco è costituito da tre forze concentrate da  $20 \text{ t} = 196,2 \text{ kN}$ , distanti 1,50 m una dall'altra e di intensità

$$Y9 * \phi * 196,2 \text{ kN}$$

e, quando sfavorevole per la struttura, un carico distribuito ( $q1b$ ) distante 6,00 m dal carico precedente ed agente con intensità di  $3,00 \text{ t/m} = 29,43 \text{ kN/m}$ , pari a

$$Y9 * \phi * 29,43 \text{ kN/m}$$

Il sovraccarico, se agisce sul rilevato, determina una pressione orizzontale uniforme sulla parete esterna della struttura assunta ai fini del calcolo pari al coefficiente di spinta di quiete moltiplicato per il carico distribuito  $Y9 * \phi * 29,43 \text{ kN/m}$ . Il programma di calcolo non tiene conto di questa spinta quando la distanza del carico  $q1b$  dal paramento esterno del ritto è tale da poter trascurare questo termine.

La forza di frenamento stabilita dalla normativa risulta agente nella direzione dell'asse della strada con un'intensità pari al 20% del totale del carico  $q1a$  (60 t) che può interessare la struttura, ovvero pari a 12 t. Data la grande rigidità trasversale dell'impalcato, la forza di frenamento si ripartisce su diversi archi contigui. Il numero di archi sui quali è ripartita la forza di frenamento è indicato, per ogni condizione di carico, nella tabella “Verifica delle sezioni”.

Il verso applicato alla forza di frenamento è ovviamente quello più sfavorevole alla stabilità.



### **COEFFICIENTI MOLTIPLICATIVI DELLE AZIONI PER I DIVERSI TIPI DI VERIFICHE.**

Tutte le azioni sono utilizzate nel calcolo moltiplicandole per i coefficienti delle azioni indicate nella normativa sui ponti stradali (D.M. LL.PP. 4 maggio 1990).

TABELLA I - COEFFICIENTI MOLTIPLICATIVI DELLE AZIONI impiegati nelle verifiche.

| AZIONI                   |    | Verifiche a s.l.u.<br>(senza sisma) | Verifiche a s.l. di<br>fessurazione               | verifiche a s.l.u. con<br>sisma |
|--------------------------|----|-------------------------------------|---|---------------------------------|
| Peso proprio strutture   | g1 | 1,5                                 | 1   | 1                               |
| Peso della terra portata | g2 | 1,5                                 | 1   | 1                               |
| Spinta della terra       | g3 | 1,5 (0,5 se favorevole)             | 1 (0,7 se favorevole)                             | 1                               |
| Carichi mobili           | q1 | 1,5                                 | 0 per FI<br>$\psi$ 1 per FII<br>$\psi$ 2 per FIII | 0                               |
| Azione dinamica          | q3 | 1,5                                 | 0 per FI<br>$\psi$ 1 per FII<br>$\psi$ 2 per FIII | 0                               |
| Frenamento               | q4 | 1,5                                 | 0   | 0                               |

### **5 – Prospetto delle condizioni di carico**

Le disposizioni più sfavorevoli dei carichi mobili sulla struttura sono state scelte con il criterio di generare le massime sollecitazioni nelle principali sezioni, e sono state individuate mediante l'esame delle linee di influenza.

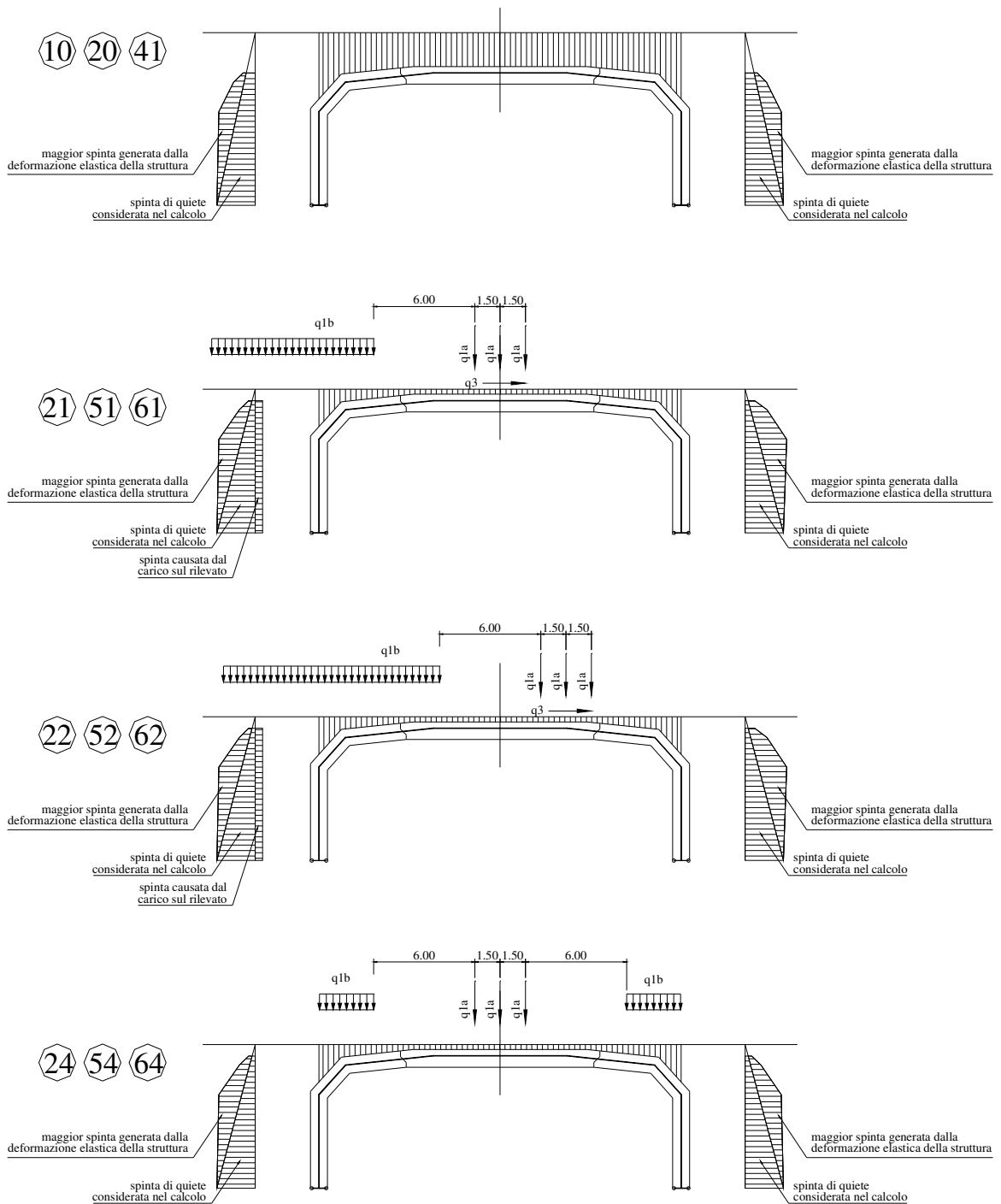
Le condizioni di carico sono descritte negli schemi grafici che seguono.

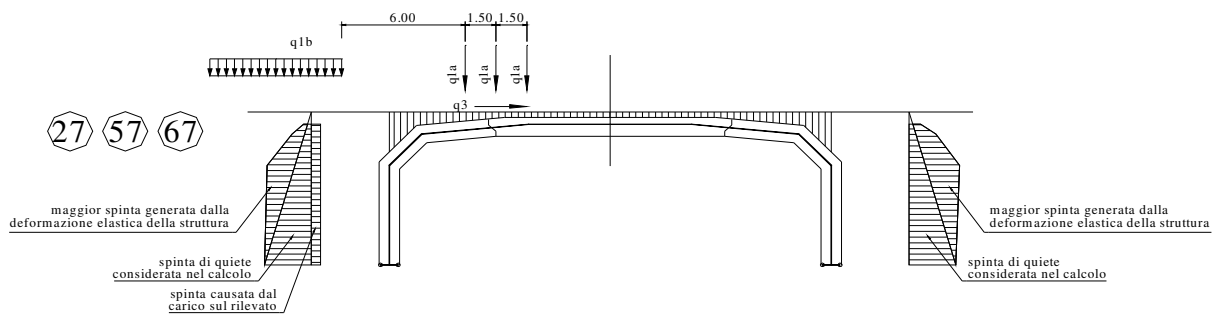
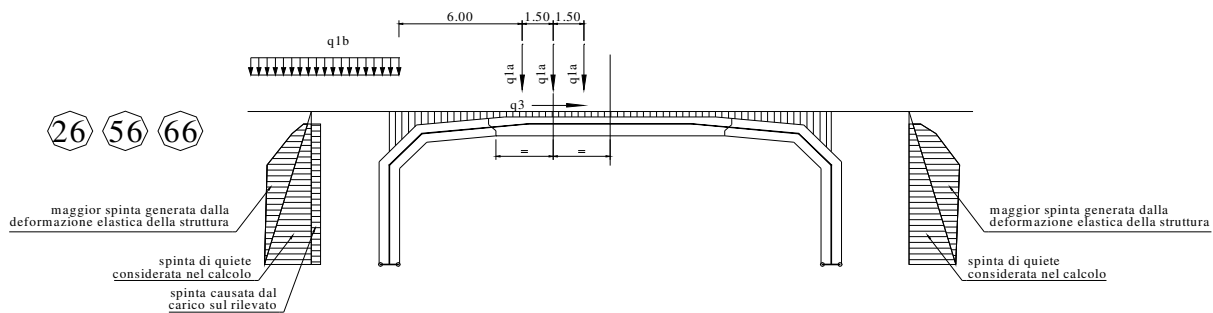
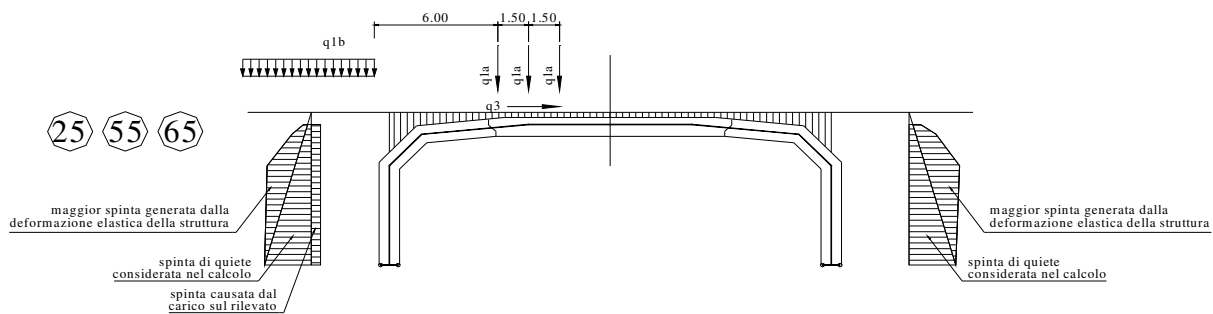
L'analisi comprende, in generale, le verifiche allo stato limite ultimo (con i massimi carichi accidentali), le verifiche allo stato limite di esercizio per la fessurazione e le verifiche sismiche allo stato limite ultimo. Le condizioni di carico analizzate sono conseguentemente così suddivise:

TABELLA II – ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE

| <b>Condiz di carico</b> | <b>Tipo di verifica</b>                     |
|-------------------------|---|
| 20                      | s.l.u. (solo carichi permanenti: terra max) |
| 21 ÷ 27                 | s.l.u. (con carichi accidentali)            |
| 41, 61, 65, 66          | s.l. di fessurazione FI e FIII              |
| 51, 55, 56              | s.l. di fessurazione FII                    |
| 91, 92, 93, 94          | Verifica sismica allo s.l.u.                |

## CONDIZIONI DI CARICO per gli archi a due cerniere





## 6 - Calcolo delle sollecitazioni nelle travi e degli spostamenti nodali

Le caratteristiche di sollecitazione nelle varie sezioni della struttura e gli spostamenti da questa subiti sono calcolati con i metodi del calcolo elastico lineare, senza ridistribuzioni, mediante un programma per travi costituenti un telaio piano, interattivo con la spinta della terra sulle pareti esterne della struttura. La struttura è stata schematizzata considerando gli assi baricentrici delle travi.

Il programma risolve anche il particolare vincolo a doppia cerniera esistente alla base di ogni ritto.

Precisamente, ricordiamo che la base di ogni ritto è sagomata in modo da formare due cerniere: una con asse di rotazione in prossimità della facciata interna del manufatto e l'altra in prossimità della facciata contro terra. Le diverse disposizioni dei carichi applicati possono attivare nelle cerniere tre situazioni:

- quando la rotazione della base del ritto avviene verso il terreno si attiva la cerniera più esterna;
- quando la rotazione della base del ritto è verso l'interno del ponte o galleria si attiva la cerniera più interna;
- quando la risultante delle forze passa tra le due cerniere poste alla base di un ritto non si ha alcuna rotazione alla base di quel ritto e lo schema statico diventa di incastro anziché di cerniera.

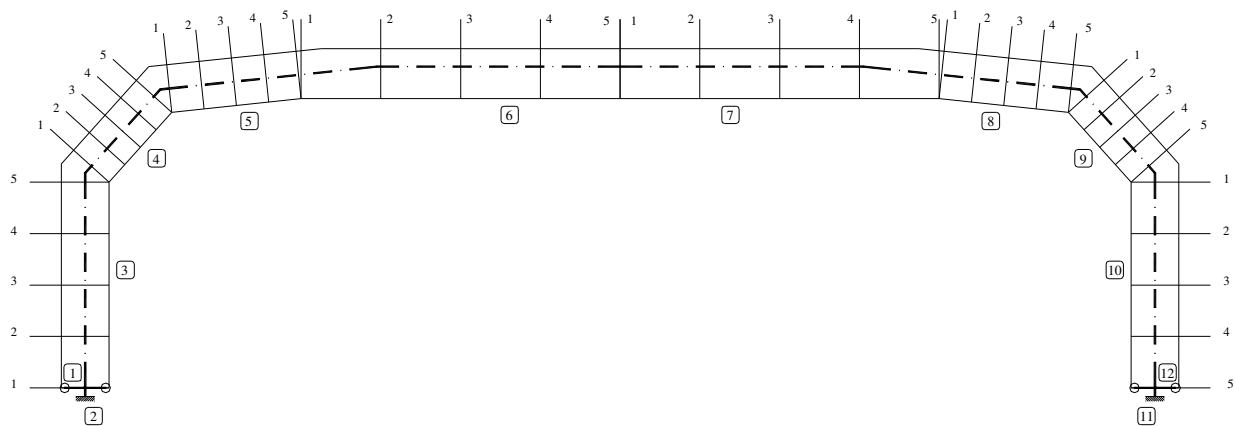
Nelle prime due situazioni sono state inserite due travi fittizie (travi 1 e 12) aventi lunghezza pari alla distanza tra l'asse baricentrico ed il centro della cerniera. Esse sono orientate verso la cerniera effettiva: a seconda dei casi,  $0^\circ$  o  $180^\circ$ . Per simulare una rigidità infinita, queste travi sono dotate di un'area e di un momento d'inerzia molto maggiori di quelli delle altre travi.

Il programma provvede automaticamente a regolare la rigidità, la lunghezza e l'orientamento delle travi fittizie in base all'effettiva condizione di vincolo che si attiva per effetto delle deformazioni determinate dai carichi. La corrispondenza tra l'eccentricità della risultante e la distanza fra l'asse della cerniera e l'asse baricentrico del ritto nonché la concordanza del suo senso di rotazione permettono di accertare l'esattezza dei risultati ottenuti.

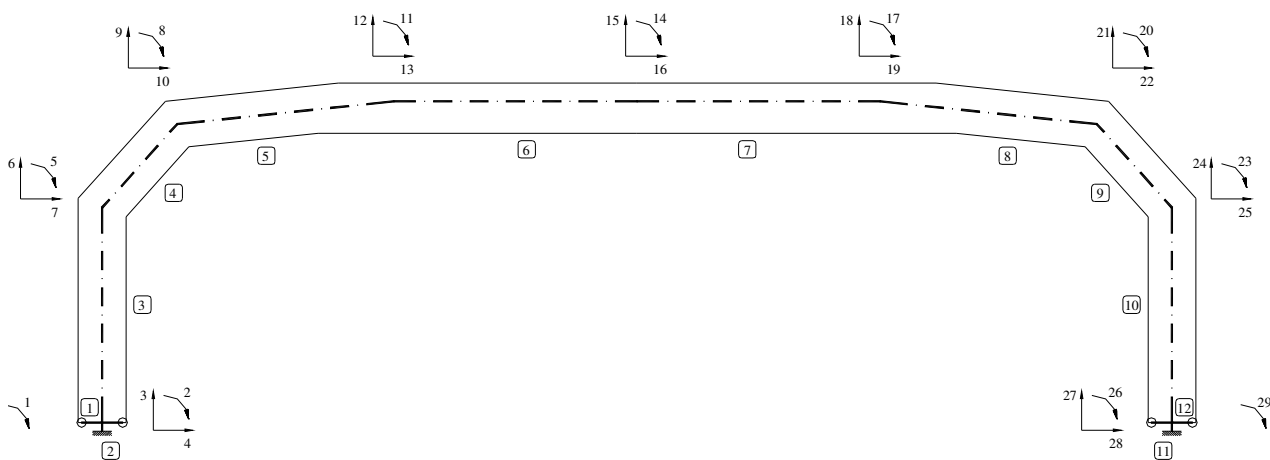
Gli schemi che seguono mostrano la numerazione delle travi assunta nei calcoli e nell'esposizione dei risultati, la numerazione delle sezioni in cui sono calcolate le caratteristiche di sollecitazione e la numerazione degli spostamenti nodali considerati.

Nei tabulati delle verifiche, il programma indica con le espressioni “cerniera esterna”, “cerniera interna” o “incastro” la particolare condizione di vincolo di ciascun ritto, ottenuta dal calcolo elastico per ogni condizione di carico.

## NUMERAZIONE DELLE TRAVI E DELLE SEZIONI RESISTENTI



## NUMERAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI NODALI



## 7 - Verifica delle sezioni allo stato limite ultimo

La verifica allo stato limite ultimo è svolta secondo le norme di calcolo esposte al punto 4.2 del D.M. 9/1/96 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".

Le tabelle espongono i dati e i risultati del calcolo svolto per ciascuna delle cinque sezioni di ogni trave:

### **SOLLECITAZIONI ESTERNE**

Per facilitare la consultazione sono riportate le sollecitazioni esterne precedentemente calcolate con i coefficienti  $\gamma$  delle azioni sopra esposti:

Md Momento flettente baricentrico

e1 Eccentricità della risultante rispetto alla facciata interna o intradosso delle travi

Md1 Momento flettente calcolato rispetto alla facciata interna

Nd Sforzo normale

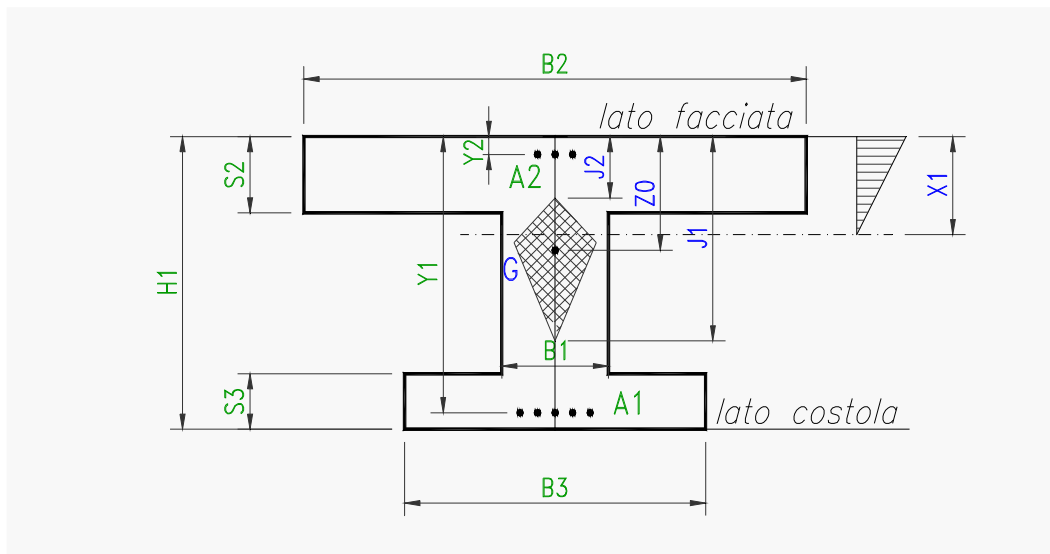
Vd Sforzo di taglio

Md = Momento flettente baricentrico, + (presi con il segno di Md)  
+ décalage =  $Vd * 0,9 * H$ , essendo ovunque le staffe giacenti sul piano della sezione ( $\alpha = 90^\circ$ )  
+ ecc.parass =  $Nd * \max(20 \text{ mm}, H/30)$

Il décalage e l'eccentricità parassita sono addizionati a Md aritmeticamente, cioè dopo aver assegnato loro il segno di Md.

### **DESCRIZIONE DELLE SEZIONI E AREE DEI FERRI**

La descrizione geometrica della sezione avviene secondo lo schema della figura nel seguito allegata.



Nei tabulati di verifica sono evidenziati:

- H = altezza della sezione
- Y = altezza utile = distanza del lembo compresso dal baricentro delle armature tese
- B5=larghezza lato compresso; esso dipende dal segno del momento baricentrico M0, nonché dalla larghezza di compartecipazione della soletta compressa
- B1 = larghezza della sezione al fine della tensione tangenziale
- X1 = distanza dell'asse neutro dal lembo compresso
- A1 = area delle armature esterne, cioè dal lato della terra o dell'estradosso dell'arco
- A2 = area delle armature interne, cioè dal lato della facciata interna della galleria o del ponte
- A3 = sezione dei ferri piegati che, nella sezione in esame, competono ad un concio di trave di lunghezza pari  $0,9 * Y$ .
- A4 = sezione complessiva delle staffe che competono ad un concio di trave di lunghezza pari ad 1 m.

**SOLLECITAZIONI RESISTENTI:**

Mrd                                      Momento flettente baricentrico a cui resiste la sezione allo stato limite ultimo in presenza dello sforzo normale Nd

$V_{cls} = 0,30 f_{cd} * B_1 * Y$       Sforzo di taglio resistente per la verifica del conglomerato

Varmat d'anima + Valtro      Somma del taglio resistente per l'armatura d'anima Vwd e del taglio per altri elementi del traliccio resistente Vcd

Varmat d'anima x 2              Doppio del taglio resistente per l'armatura d'anima Vwd

Ovviamente la sezione è verificata se  $M_d + \text{dècalage} + \text{ecc.parass} < M_{rd}$

$$\text{abs}(V_d) < V_{cls}$$

$$\text{abs}(V_d) < \text{Varmat d'anima} + \text{Valtro}$$

$$\text{abs}(V_d) < \text{Varmat} \times 2$$

**8 - Verifica allo stato limite di esercizio per fessurazione**

La normativa sui ponti relativamente alla fessurazione prevede di considerare 3 gruppi di azioni denominate FI, FII e FIII.

- FI considera le azioni dei carichi permanenti (nel nostro caso l'azione del vento è trascurabile).
- FII e FIII considerano l'azione dei carichi permanenti computati interamente, mentre l'azione dei carichi accidentali e l'effetto dinamico sono ridotti mediante un coefficiente  $\psi_1$  per FII e  $\psi_2$  per FIII, calcolati in funzione della luce del ponte.

I coefficienti  $\psi_1$  e  $\psi_2$  sono riportati nelle tabelle dei risultati.

I criteri di verifica a fessurazione sono quelli fissati dal D.M. 09/01/96 e dalle relative istruzioni contenute nella Circ. Min. LL.PP. n° 252 AA.G./S.T.C del 15/10/96.

Nei tabulati di verifica le caratteristiche della sollecitazione sono calcolate con i metodi del calcolo elastico lineare, senza ridistribuzioni. Le disposizioni dei carichi mobili sono le stesse impiegate per determinare le sollecitazioni massime nelle verifiche allo s.l.u..

I momenti flettenti  $M_0$  sono calcolati rispetto all'asse baricentrico della trave. I momenti flettenti  $M_1$  e le eccentricità  $e_1$  sono calcolati rispetto alla facciata interna (=intradosso) delle travi. Hanno segno positivo se tendono la facciata interna e comprimono l'estradosso.

Lo sforzo normale e lo sforzo di taglio sono indicati rispettivamente con  $N_1$  e  $T_1$ .

La descrizione geometrica della sezione avviene secondo lo schema già esposto nella verifica allo stato limite ultimo.

Le aperture delle fessure  $W_k$  sono esposte nell'ultima colonna già divise per il rapporto ricoprimento effettivo/ricoprimento  $\min = 30\text{mm}/20\text{mm} = 1,5$  in riferimento al paragrafo 4.2.4.2. della circolare citata, onde rendere immediato il confronto con i valori massimi ammessi.

L'apertura caratteristica delle fessure, calcolata mediante le espressioni contenute nella Circolare n° 37406/STC. del 24/6/93, deve risultare inferiore a

0,1 mm. per le combinazioni FI.

0,2 mm. per le combinazioni di carico FII

0,1 mm. per le combinazioni FIII.

Tutti i risultati dimostrano la conformità del progetto alle norme richiamate.

## **9 - Verifica sismica della struttura ai sensi dell'ordinanza n° 3724 del 20/3/2003.**

### ***Dati di progetto dell'azione sismica***

Il calcolo delle sollecitazioni è effettuato in base al valore dell'accelerazione orizzontale indicata dall'ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 corrispondente alla zona in cui è inserita l'opera.

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima, il fattore di importanza, il coefficiente di struttura e la categoria del suolo di fondazione sono indicati nelle tabelle dei risultati.

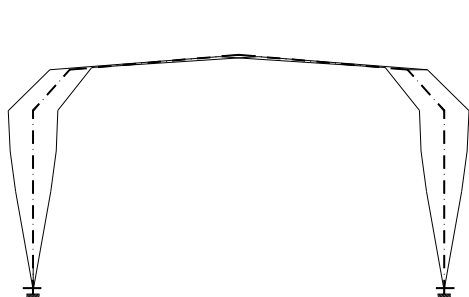
In conformità al punto 7.2 dell'ordinanza la struttura è verificata secondo il metodo del modo fondamentale di oscillare (analisi semplificata).

Abbiamo preso in conto due modi fondamentali di oscillare:

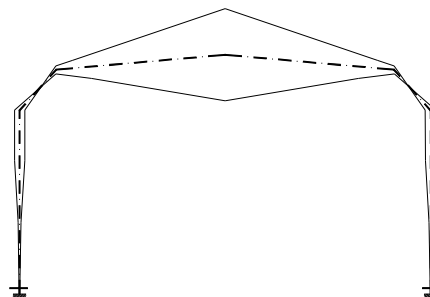
**L'oscillazione orizzontale:** la struttura, per effetto di un'azione sismica ondulatoria, oscilla orizzontalmente flettendo i due ritti che sostengono la copertura e per congruenza si deforma anche la copertura, essendo solidale ai ritti (oscillazione di tipo "A"). L'analisi semplificata può essere



applicata in quanto la deformata dinamica della struttura è governata da un solo modo di vibrare e la risposta è quindi fornita in buona approssimazione dall'analisi di un oscillatore a 1 grado di libertà.



Oscillazione di tipo "A"



Oscillazione di tipo "B"

**L'oscillazione verticale:** l'impalcato, per effetto di un'azione sismica sussultoria, oscilla verticalmente nel modo rappresentato nella figura (oscillazione di tipo "B"). In questo caso il periodo fondamentale della vibrazione risulta alquanto più breve, essendo la massa oscillante molto più piccola, mentre la rigidezza media dell'impalcato ai carichi verticali è simile; pertanto anche il coefficiente di risposta risulta in genere più piccolo.

In conformità al paragrafo 5.3 gli effetti massimi del sisma sono ottenuti combinando l'azione sismica verticale con quella orizzontale, assumendo alternativamente il 100 % di una con il 30% dell'altra. Considerando inoltre che l'oscillazione verticale può causare un incremento o un decremento dei pesi, le combinazioni delle azioni analizzate diventano quattro, che abbiamo così chiamato:

- condizione di carico 91: 100% dell'azione verticale verso il basso + 30% dell'azione orizzontale da sinistra verso destra
- condizione di carico 92: 100% dell'azione verticale verso l'alto + 30% dell'azione orizzontale da sinistra verso destra
- condizione di carico 93: 30% dell'azione verticale verso il basso + 100% dell'azione orizzontale da sinistra verso destra
- condizione di carico 94: 30% dell'azione verticale verso l'alto+ 100% dell'azione orizzontale da sinistra verso destra

Le condizioni di carico 92 e 94 sono inoltre più significative quando il riempimento sopra l'impalcato è minimo. Di questo si è tenuto conto riducendo il riempimento  $Y_p$  quando è maggiore di 0,30 m.

### ***Coefficiente di risposta***

In base all'allegato 3 dell'ordinanza n° 3274 (Normativa sismica – Ponti –), il periodo fondamentale della vibrazione del ponte risulta:

$$T = 2 \pi \sqrt{M / K}$$

nella quale:

- M è la massa efficace. Per l'azione sismica orizzontale risulta pari alla somma di tutte le masse della copertura (travi 4, 5, 6, 7, 8 e 9) più metà delle masse dei ritzi (travi 3 e 10). Per l'azione sismica verticale abbiamo assunto circa metà della copertura.
- K è la rigidezza complessiva della struttura alle forze orizzontali o verticali. Il valore è stato letto direttamente nella matrice di rigidezza della struttura.

Lo spettro di risposta di progetto per le componenti orizzontali e lo stato limite di collasso è calcolato a sensi del paragrafo 5.2.6. dell'allegato 3 con le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} \text{se } 0 \leq T < T_B & \quad S_d(T) = a_g * S * [1 + T / T_B * (2,5 / q - 1)] \\ \text{se } T_B \leq T < T_C & \quad S_d(T) = a_g * S * 2,5 / q \end{aligned}$$

Il valore  $S_d(T)$  calcolato secondo le formule sopraesposte, corrispondenti alla citata ordinanza ministeriale n° 3274, è da considerarsi molto cautelativo perché tiene conto di un coefficiente di smorzamento elastico pari al 5%, corrispondente all'ipotesi che solo il cemento armato della struttura abbia un'isteresi dissipativa dell'energia. Nel nostro caso, invece, trattandosi di struttura interrata, non libera di oscillare, potremmo tenere conto o che questa risulta solidale con il terreno che la congloba, ed essere quindi soggetta alle stesse accelerazioni (ipotesi che porterebbe ad assumere  $S_d(T) = a_g$ ), o che, se la struttura oscilla di più, anche la terra che la affianca e la ricopre ha una notevole isteresi elastica che smorza l'ampiezza dell'oscillazione. Di questo, in accordo con le norme, non si tiene conto nel calcolo.

Su questo argomento, le norme dell'Eurocodice 8 (prEN 1998-2-200X) sono molto meno severe, infatti al paragrafo (10) del punto 4.1.6 stabiliscono che per *le strutture dei ponti consistenti essenzialmente in un impalcato orizzontale rigidamente connesso a entrambe le spalle* deve essere usato un coefficiente di struttura  $q = 1,50$ , valore che tiene conto di un appropriato coefficiente di smorzamento del terreno.

Per prudenza, nonostante le norme tecniche emesse dal Ministero LL.PP. non siano forse applicabili al nostro caso in base al punto 1 della normativa sui ponti (il nostro non è un ponte a pile e travate mentre corrisponde esattamente alla definizione dell'Eurocodice 8 paragrafo 10), abbiamo ugualmente sviluppato le verifiche assumendo lo spettro di risposta più gravoso, quello dei ponti con pile tozze e travate, assumendo  $q=1$ .

La massa efficace M, la rigidezza complessiva K, il periodo fondamentale di vibrazione T, il coefficiente per le azioni sismiche orizzontali e l'incremento dinamico della spinta del terreno sono indicati nelle tabelle dei risultati.

Lo spettro di risposta di progetto per le componenti verticali e lo stato limite di collasso è calcolato a sensi del paragrafo 5.2.6. dell'allegato 3 con le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} \text{se } 0 \leq T < T_B = 0,05 & \quad S_{vd}(T) = 0,9 * a_g * S * [1 + T / T_B * (3,0 / q - 1)] \\ \text{se } 0,05 = T_B \leq T < T_C = 0,15 & \quad S_{vd}(T) = 0,9 * a_g * S * 3,0 / q \\ \text{se } 0,15 = T_C \leq T < T_D = 1 & \quad S_{vd}(T) = 0,9 * a_g * S * 3,0 / q * T_C / T \end{aligned}$$

e assumendo sempre  $q = 1$ .

Conformemente all'ordinanza, l'accelerazione competente allo spettro di progetto è stata applicata:

- alle masse costituenti l'impalcato, (travi 4, 5, 6, 7, 8, 9). Le loro forze d'inerzia sono state distribuite con legge lineare sull'asse baricentrico di ciascuna trave;
- alla metà delle masse costituenti i due ritti (travi 3 e 10). Anche le loro forze d'inerzia sono state distribuite sull'asse baricentrico di ciascun ritto;
- a tutte le masse di terra portate dall'impalcato. Le relative forze d'inerzia sono state distribuite con legge lineare sulle varie travi costituenti l'impalcato, in proporzione al peso della terra portata.

Il calcolo delle forze d'inerzia verticali come sopra indicato è estremamente cautelativo, in quanto nel nostro caso sia i ritti che gli obliqui hanno deformazione e conseguentemente accelerazione pressoché nulle.

### ***Verifica delle sezioni allo s.l.u. - Conclusioni***

Il calcolo numerico delle caratteristiche di sollecitazione è stato effettuato con i criteri del calcolo elastico lineare, impiegando lo stesso programma per il calcolo di telai piani già impiegato per il calcolo della struttura in condizioni normali. Esso tiene conto in modo completo dell'interazione con il terreno in corrispondenza delle spalle. In merito, ricordiamo che nel nostro caso non è necessaria l'esatta valutazione del modulo elastico del terreno e degli altri parametri geotecnici, avendo verificato che la loro variazione ha una modesta influenza sui risultati.

Le verifiche allo stato limite ultimo per ciascuna delle cinque sezioni di ogni trave sono sviluppate con lo stesso procedimento seguito per le verifiche ai carichi di progetto. I dati e i risultati del calcolo sono esposti in tabelle del tutto analoghe.

Dall'esame dei risultati numerici si conclude che la struttura è idonea a resistere al sisma di progetto con un adeguato margine. Risulta infatti verificato che in tutte le sezioni sia il massimo momento flettente che il massimo sforzo di taglio sotto l'effetto del sisma sono inferiori alle rispettive resistenze delle sezioni. Questa verifica è soddisfatta senza prendere in considerazione non solo la formazione di cerniere plastiche, ma neppure una redistribuzione di momenti flettenti rispetto al calcolo elastico.

Risulta dunque dal calcolo che la struttura non soltanto soddisfa il requisito del *non collasso*, richiesta al punto 2.2.1. della norma UNI ENV 1998-2, ma anche al requisito della *minimizzazione del danno* esposta al punto 2.2.2. delle stesse norme.

## **10 - fondazioni**

La risultante trasmessa dalla struttura alla fondazione in condizioni normali ha un'inclinazione modesta per qualsiasi condizione di carico. Questo avviene perché la spinta orizzontale dell'arco è in gran parte equilibrata dalla spinta del terreno contro i montanti della struttura. La piccola componente orizzontale della risultante in fondazione è la differenza tra le due forze orizzontali sopra citate.

Negli allegati sono esposti il calcolo della pressione sul terreno e la verifica a s.l.u. della sezione verticale più sollecitata.

## 10.1 Determinazione delle sollecitazioni sui singoli pali

Il calcolo delle sollecitazioni trasmesse ai pali è stata ottenuta con le seguenti ipotesi:

- vincolo di incastro tra pali e fondazione;
- interazione fra i pali trascurabile;
- rotazione della testa dei pali impedita.

Le forze risultanti, riferite ad una striscia larga  $L=1.25\text{m}$ , nella condizione più sfavorevole valgono:

$$R_{orizz} = 42.00\text{kN}$$

$$R_{vert} = 1255.00\text{kN}$$

$$e = 0.378\text{m} \text{ eccentricità dalla mezzeria della fondazione}$$

con riferimento allo schema in figura si hanno le seguenti forze risultanti:

$$N = R_{vert} \cdot \frac{5.20}{1.25} = 5220.80\text{kN}$$

$$H = R_{orizz} \cdot \frac{5.20}{1.25} = 174.72\text{kN}$$

$$M = N \cdot e = 1973.46\text{kN}$$

Si assumono come sollecitazioni di progetto le azioni relative alla combinazione di carico che fornisce il massimo momento flettente lungo l'asse del palo accoppiato alla massima azione orizzontale. Per la distribuzione delle azioni sui singoli pali si adotta lo schema seguente:

La ripartizione degli sforzi verticali tra i pali si ottiene applicando:

$$N_{1,2} = N \left( \frac{1}{n} + \frac{e_x \cdot x_i}{J_y} + \frac{e_y \cdot y_i}{J_x} \right)$$

da cui si ottiene

$$N_{\max} = 3393.52\text{kN}$$

Per quanto riguarda lo sforzo orizzontale si avrà:

$$H_{\max} = \frac{H}{2} = 87.36\text{kN}$$

Mentre il momento flettente lungo il palo è fornito dalla reazione:

$$M_{\max} = \frac{L_{el} \cdot H_{\max}}{2} = 229.72\text{kN} \cdot \text{m}$$

---

### ***Parametri geometrici***

|                                    |                           |           |                      |
|------------------------------------|---------------------------|-----------|----------------------|
| Lunghezza palo                     | <b>L =</b>                | 20.0      | [m]                  |
| Diametro palo                      | <b>D =</b>                | 1200      | [mm]                 |
| Copriferro                         | <b>c =</b>                | 100       | [mm]                 |
| Tipo di calcestruzzo               | <b>R<sub>ck</sub> =</b>   | 30        | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tens. normale ammissibile          | <b>σ<sub>camm</sub> =</b> | 9.75      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tens. tangenziale ammissibile      | <b>τ<sub>c0</sub> =</b>   | 0.600     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tens. tangenziale ammissibile      | <b>τ<sub>c1</sub> =</b>   | 1.829     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipo di vincolo sommità palo       |                           | Incastro  |                      |
| Armatura                           | <b>12</b>                 | Ø20       | [mm]                 |
| Area acciaio                       | <b>A<sub>s</sub> =</b>    | 3769.91   | [mm <sup>2</sup> ]   |
| Area palo                          | <b>A<sub>c</sub> =</b>    | 1130973.4 | [mm <sup>2</sup> ]   |
| Percentuale geometrica di armatura | <b>μ =</b>                | 0.33%     |                      |
| coefficiente di omogeneizzazione   | <b>m =</b>                | 15        |                      |
| Modulo elasticità cls              | <b>E<sub>c</sub> =</b>    | 22546.1   | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Raggio acciaio                     | <b>r1 =</b>               | 500.0     |                      |
| Momento d'inerzia cls              | <b>J<sub>c</sub> =</b>    | 1.018E+11 | [mm <sup>4</sup> ]   |
| Momento d'inerzia omogeneizzato    | <b>J<sub>c</sub> =</b>    | 1.018E+11 | [mm <sup>4</sup> ]   |

---

### ***Dati terreno***

|                             |                        |       |                      |
|-----------------------------|------------------------|-------|----------------------|
| Tensione limite monoassiale | <b>σ<sub>t</sub> =</b> | 100   | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| Modulo di Winkler           | <b>K<sub>w</sub> =</b> | 10000 | [kN/m <sup>3</sup> ] |

---

### ***Sollecitazioni risultanti***

|                                       |                          |        |                      |
|---------------------------------------|--------------------------|--------|----------------------|
| Lunghezza elastica                    | <b>L<sub>0</sub> =</b>   | 5.26   | [m]                  |
| Ordinata di verifica (da testa palo)  | <b>y =</b>               | 0.00   | [m]                  |
| Momento massimo risultante            | <b>M<sub>max</sub> =</b> | 229.72 | [kNm]                |
| Spostamento massimo in testa          | <b>Δx =</b>              | 1.38   | [mm]                 |
| Pressione massima LATERALE su terreni | <b>σ<sub>a</sub> =</b>   | 13.84  | [kN/m <sup>2</sup> ] |

## 10.2 Capacità Portante dei pali

La definizione della lunghezza da assegnare ai pali è avvenuta tramite una serie di verifiche della capacità portante dei pali di fondazione eseguite tramite le formulazioni proposte per i pali trivellati di grande diametro e contenute nelle indicazioni riportate nel documento “*Raccomandazioni sui pali di fondazione*” dell’Associazione Geotecnica Italiana, 1984.

La portata totale limite del palo singolo (P) sottoposto a carichi assiali di compressione è data dalla seguente equazione:

$$P = P_L + P_p$$

essendo:

|                                  |         |                                      |      |
|----------------------------------|---------|--------------------------------------|------|
| <b>Portata totale alla punta</b> | $P_p =$ | <input type="text" value="2831.18"/> | [kN] |
| <b>Portata totale laterale</b>   | $P_L =$ | <input type="text" value="2570.03"/> | [kN] |

per cui:

### Verifiche

**Carico verticale massimo**       $N_{max} =$   [kN]

**Portata totale complessiva**       $P =$   [kN]

### Parametri geometrici

|                          |              |                                   |                      |              |                                    |             |
|--------------------------|--------------|-----------------------------------|----------------------|--------------|------------------------------------|-------------|
| Diametro palo            | $D =$        | <input type="text" value="1000"/> | [mm]                 | Combinazione | <input type="text" value="3"/>     | Approccio 2 |
| Area laterale palo       | $A_L =$      | <input type="text" value="3.1"/>  | [m/m]                |              |                                    |             |
| Area sezione palo        | $A_L =$      | <input type="text" value="0.79"/> | [m <sup>2</sup> ]    |              |                                    |             |
| Perforazione a vuoto     | $H_v =$      | <input type="text" value="0.0"/>  | [m]                  |              |                                    |             |
| Profondità falda da p.c. | $H_F =$      | <input type="text" value="3.5"/>  | [m]                  |              |                                    |             |
| Coefficiente parziale    | $\gamma_s =$ | <input type="text" value="1.15"/> | Per portata laterale |              |                                    |             |
| Coefficiente parziale    | $\gamma_b =$ | <input type="text" value="1.35"/> | Per portata di punta |              |                                    |             |
| Cedimento ammissibile    | $S_b =$      | <input type="text" value="40.0"/> | [mm]                 |              |                                    |             |
| Lunghezza perforazione   | $L_p =$      | <input type="text" value="20.0"/> | [m]                  |              |                                    |             |
| Lunghezza netta palo     | $L =$        | <input type="text" value="20.0"/> | [m]                  |              |                                    |             |
|                          |              |                                   |                      | Peso palo    | <input type="text" value="263.1"/> | [kN]        |

### 10.2.1 Portata alla punta

Per quanto riguarda la portata ultima alla base del palo si è fatto ricorso alla formulazioni proposte da Meyerhof (1976) che si sintetizza nella formula seguente:

**Portata alla punta [Meyerof 1976]**

$$P_{pu} = A_p \cdot \left[ c \cdot N'_c + \eta \cdot \bar{q} \cdot (N'_q - 1) \right]$$

|  |   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
|--|---|-------------|---|--|---|--------------|----|--|-----|------------|-------|------------------------|-------|--------------|------|--|----|--------------------------|------|------------------------|----|------------------------|----|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|---------|------------------------|-----|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------|--------------|--|-------|------------------------|----------------|--|------|
| <p>Strato alla punta</p> <p>Terreno di tipo non coesivo</p> <p>Angolo di attrito interno corrisp.</p><br><p>Rapporto di profondità effettivo</p> <p>Rapporto per def tabella Meyerof</p> <p>Rapporto di profondità critico</p><br><p>Pressione limite</p><br><p><b>Portata totale alla punta</b></p> | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><b>n°</b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5</td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: center;">3</td></tr> <tr><td><math>\varphi'</math> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">35</td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: right;">[°]</td></tr> <tr><td><b>k</b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1.000</td></tr> <tr><td><b>K<sub>p</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3.690</td></tr> <tr><td><b>L/D</b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">20.0</td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: center;">16</td></tr> <tr><td><b>L<sub>c</sub>/D</b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">9.00</td></tr> <tr><td><b>N<sub>q</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">50</td></tr> <tr><td><b>N<sub>c</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">73</td></tr> <tr><td><b>N<sub>q</sub>/N<sub>c</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0.6849315</td></tr> <tr><td><b>N<sup>'</sup>*<sub>q</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">140</td></tr> <tr><td><b>N<sup>'</sup>*<sub>c</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">184</td></tr> <tr><td><b>S<sub>q</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1.7002075</td></tr> <tr><td><b>S<sub>c</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1.6849315</td></tr> <tr><td><b>d<sub>q</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1.59717</td></tr> <tr><td><b>d<sub>c</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1.4</td></tr> <tr><td><b>N<sub>q</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>140.00</b></td></tr> <tr><td><b>N<sub>c</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>184.00</b></td></tr> <tr><td><b>q</b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>35.01</b></td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: right;">[kPa]</td></tr> <tr><td><b>P<sub>p</sub></b> =</td><td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>2831.18</b></td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: right;">[kN]</td></tr> </table> | <b>n°</b> = | 5 |  | 3 | $\varphi'$ = | 35 |  | [°] | <b>k</b> = | 1.000 | <b>K<sub>p</sub></b> = | 3.690 | <b>L/D</b> = | 20.0 |  | 16 | <b>L<sub>c</sub>/D</b> = | 9.00 | <b>N<sub>q</sub></b> = | 50 | <b>N<sub>c</sub></b> = | 73 | <b>N<sub>q</sub>/N<sub>c</sub></b> = | 0.6849315 | <b>N<sup>'</sup>*<sub>q</sub></b> = | 140 | <b>N<sup>'</sup>*<sub>c</sub></b> = | 184 | <b>S<sub>q</sub></b> = | 1.7002075 | <b>S<sub>c</sub></b> = | 1.6849315 | <b>d<sub>q</sub></b> = | 1.59717 | <b>d<sub>c</sub></b> = | 1.4 | <b>N<sub>q</sub></b> = | <b>140.00</b> | <b>N<sub>c</sub></b> = | <b>184.00</b> | <b>q</b> = | <b>35.01</b> |  | [kPa] | <b>P<sub>p</sub></b> = | <b>2831.18</b> |  | [kN] |
| <b>n°</b> =  | 5   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
|  | 3   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| $\varphi'$ =   | 35  |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
|  | [°]   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>k</b> =   | 1.000   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>K<sub>p</sub></b> =   | 3.690   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>L/D</b> =   | 20.0  |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
|  | 16  |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>L<sub>c</sub>/D</b> =   | 9.00  |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>N<sub>q</sub></b> =   | 50  |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>N<sub>c</sub></b> =   | 73  |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>N<sub>q</sub>/N<sub>c</sub></b> =   | 0.6849315   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>N<sup>'</sup>*<sub>q</sub></b> =  | 140   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>N<sup>'</sup>*<sub>c</sub></b> =  | 184   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>S<sub>q</sub></b> =   | 1.7002075   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>S<sub>c</sub></b> =   | 1.6849315   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>d<sub>q</sub></b> =   | 1.59717   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>d<sub>c</sub></b> =   | 1.4   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>N<sub>q</sub></b> =   | <b>140.00</b>   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>N<sub>c</sub></b> =   | <b>184.00</b>   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>q</b> =   | <b>35.01</b>  |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
|  | [kPa]   |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
| <b>P<sub>p</sub></b> =   | <b>2831.18</b>  |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |
|  | [kN]  |             |   |  |   |              |    |  |     |            |       |                        |       |              |      |  |    |                          |      |                        |    |                        |    |                                      |           |                                     |     |                                     |     |                        |           |                        |           |                        |         |                        |     |                        |               |                        |               |            |              |  |       |                        |                |  |      |



### 10.2.2 Portata laterale

Il calcolo della portata laterale è valutato come:

$$P_L = \sum f_{si} \cdot A_L \cdot C_S$$

condotto secondo quanto espresso da Reese (1976), ove il coefficiente di attrito dello strato i-esimo è dato dalla formula:

$$f_s = \alpha \cdot C + p'_0 \cdot K \cdot \tan \delta$$

Il valore di  $p'_0$  segnato corrisponde alla pressione litostatica efficace media in corrispondenza dello strato i-esimo, indicata sotto come  $\sigma'_{vz}$ .

Il coefficiente K è ricavabile da una semplice tabella proposta da Reese in cui K assume valori compresi tra 0.5 e 0.7 in funzione della profondità dello strato.

---

#### Portata laterale [Reese 1976, Meardi 1988]

|   |                              | Spess.<br>strato | Fondo<br>strato | $\gamma$             | $\gamma'$            | $\sigma'_{vz}$ | $C_u$ | $C_r$ | $\varphi'$ | K    | $f'_{si}$ | $f''_{si}$ | $f_{si}$ |
|---|------------------------------|------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|-------|-------|------------|------|-----------|------------|----------|
|   |                              | [m]              | [m]             | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kPa]          | [kPa] | [kPa] | [°]        |      | [kN/m]    | [kN/m]     | [kN/m]   |
| 1 | terreno deolmente addensato  | 2.0              | 2.0             | 19.00                | 19.00                | 38.0           |       | 0.00  | 30         | 0.70 | 15.36     | 0          | 15.36    |
| 2 | terreno mediamente addensato | 9.0              | 11.0            | 19.00                | 9.00                 | 134.0          |       | 0.00  | 33         | 0.60 | 430.46    | 0          | 430.46   |
| 3 | terreno addensato            | 2.0              | 13.0            | 19.00                | 9.00                 | 152.0          |       | 0.00  | 33         | 0.50 | 92.87     | 0          | 92.87    |
| 4 | terreno deolmente addensato  | 4.5              | 17.5            | 19.00                | 9.00                 | 192.5          |       | 0.00  | 30         | 0.50 | 223.76    | 0          | 223.76   |
| 5 | terreno addensato            | 2.5              | 20.0            | 19.00                | 9.00                 | 215.0          |       | 0.00  | 35         | 0.50 | 178.33    | 0          | 178.33   |
| 6 |                              |                  | 0.0             |                      | 0.00                 | 0.0            |       | 0.00  |            | 0.00 | 0.00      | 0          | 0.00     |

Portata totale laterale

$$P_L = \boxed{2570.03} \text{ [kN]}$$

### 10.3 Verifica pali

Da quanto sopra esposto si ricavano le azioni più significative per le verifiche a pressoflessione e a taglio della sezione del palo più sollecitato (compressioni positive), come riportato di seguito:

$M_{max} = 230 \text{ kNm}$   
 $N = 3395 \text{ kN}$

#### 10.3.1 Verifica a pressoflessione

Si riportano di seguito i risultati del calcolo di verifica a pressoflessione della sezione:

**Titolo :** Pali di fondazione SC.08

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 500 [mm]  
 Raggio interno: 0 [mm]  
 N° barre uguali: 12  
 Diametro barre: 20 [mm]  
 Copriferro (baric.): 80 [mm]

N° barre: 1 Zoom

| N° | As [mm²] | x [mm] | y [mm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 314      | 400    | 0      |

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub>: 3395 kN  
 M<sub>xSd</sub>: 230 kNm  
 M<sub>ySd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**

Retta  Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 mm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

FeB44k C25/30

$\epsilon_{su}$ : 10 ‰  $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  
 $f_{yd}$ : 373.9 N/mm²  $f_{cd}$ : 15.63 N/mm²  
 $E_s$ : 200'000 N/mm²  $\alpha$ : 0.85  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.870 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9.75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm²  $\tau_{co}$ : 0.6  
 $\tau_{c1}$ : 1.829

M<sub>xRd</sub>: 1'327 kN m

$\sigma_c$ : -13.29 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 373.9 N/mm²  
 $\epsilon_c$ : 3.500 ‰  
 $\epsilon_s$ : 3.528 ‰  
 d: 920.0 mm  
 x: 458.2 x/d: 0.4980  
 $\delta$ : 1.000

### 10.3.1 Verifica a taglio

Per la verifica del palo a taglio si considera una sezione quadrata avente inerzia equivalente a quella circolare, ovvero:

$$J_{\text{circ}} = (3.14 * D^4) / 64$$

$$J_{\text{quad}} = L^4 / 12$$

$$L = (3.14 * 12 / 64)^{0.25} * D = 0.8760 * D$$

Verifica a taglio elemento PALO  $\phi 1000$

Sollecitazioni:

$$V_u = 100.00 \text{ kN}$$

Si esegue la verifica con:

$H = 0.876 \text{ m}$ , larghezza reagente a taglio,  $B = 0.88 \text{ m}$ ,  $c = 80 \text{ mm}$

Area staffe,  $A_{st} = 345.58 \text{ mm}^2$ , (1Ø10 passo 20 cm)

Risultati:

Resistenza limite a taglio per sezioni non armate,  $V_{\text{lim}} = 327.44 \text{ kN} > V_u$

Armatura a taglio NON necessaria

Resistenza limite biella compressa,  $V_{\text{cdc}} = 2704.01 \text{ kN}$

Resistenza limite taglio trazione,  $V_{\text{wd}} + V_{\text{cd}} = 1284.56 \text{ kN}$

Entrambe  $> V_u$

**Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere  
7.2 x 22**

***DATI GEOMETRICI DELL'OPERA***

|  |    |       |
|--|----|-------|
| Luce netta della struttura               | m  | 22.00 |
| Altezza nominale interna della struttura | m  | 7.20  |
| Numero di archi prefabbricati            | n° | 25    |
| Interasse tra gli archi della struttura  | m  | 1.25  |
| Larghezza teorica totale                 | m  | 31.25 |
| Lunghezza orizzontale dell'obliquo (aa)  | m  | 2.50  |

***MATERIALI***

|   |                   |        |
|---|-------------------|--------|
| <b>Calcestruzzo dei prefabbricati</b>       |                   |        |
| Resistenza caratteristica cubica Rck        | N/mm <sup>2</sup> | 40     |
| Resistenza di calcolo                       | N/mm <sup>2</sup> | 20.75  |
| <b>Calcestruzzo dei giunti</b>              |                   |        |
| Resistenza caratteristica cubica Rck        | N/mm <sup>2</sup> | 35     |
| Resistenza di calcolo                       | N/mm <sup>2</sup> | 18.16  |
| Modulo elastico impiegato nel calcolo       | N/mm <sup>2</sup> | 33 800 |
| <b>Calcestruzzo della soletta superiore</b> |                   |        |
| Resistenza caratteristica cubica Rck        | N/mm <sup>2</sup> | 30     |
| Resistenza di calcolo                       | N/mm <sup>2</sup> | 15.56  |
| <b>Acciaio</b>                              |                   | FeB44k |

***PROGRAMMA DI CALCOLO***

|                                  |
|----------------------------------|
| CalcoloArticolati' vers.2.0.16   |
| Normativa: EC2 recepito da DM 96 |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

**DESCRIZIONE DEL TELAIO**

| n° trave | Lunghezza |        | Area<br>cm2 | Momento<br>d'inerzia<br>cm4 | Orientamento |         | H sez.<br>cm. | Posizione<br>baricentro<br>cm. | Mod. elastico terreno |         |
|----------|-----------|--------|-------------|-----------------------------|--------------|---------|---------------|--------------------------------|-----------------------|---------|
|          | facciata  | trave  |             |                             | facciata     | trave   |               |                                | esterno               | interno |
|          | cm.       | cm.    |             |                             | gradi        | gradi   |               |                                | N/cm2                 | N/cm2   |
| 1        | 0.00      | 44.25  | 1000000     | 1000000000                  | 0.00°        | 0.00°   | 0.00          | 0.00                           | 0                     | 0       |
| 2        | 0.00      | 0.10   | 0           | 0                           | 90.00°       | 90.00°  | 0.00          | 0.00                           | 0                     | 0       |
| 3        | 442.35    | 461.06 | 5558        | 6881460                     | 90.00°       | 90.00°  | 100.00        | 48.75                          | 11895                 | 0       |
| 4        | 373.62    | 423.59 | 5558        | 6881460                     | 48.00°       | 48.00°  | 100.00        | 48.75                          | 9589                  | 0       |
| 5        | 276.51    | 315.14 | 7000        | 9577690                     | 6.00°        | 6.00°   | 107.00        | 57.14                          | 8015                  | 0       |
| 6        | 575.00    | 551.90 | 6613        | 8359946                     | 0.00°        | 0.00°   | 105.00        | 59.89                          | 7851                  | 0       |
| 7        | 575.00    | 551.90 | 6613        | 8359946                     | 0.00°        | 0.00°   | 105.00        | 59.89                          | 7851                  | 0       |
| 8        | 276.51    | 315.14 | 7000        | 9577690                     | -6.00°       | -6.00°  | 107.00        | 57.14                          | 8015                  | 0       |
| 9        | 373.62    | 423.59 | 5558        | 6881460                     | -48.00°      | -48.00° | 100.00        | 48.75                          | 9589                  | 0       |
| 10       | 442.35    | 461.06 | 5558        | 6881460                     | -90.00°      | -90.00° | 100.00        | 48.75                          | 11895                 | 0       |
| 11       | 0.00      | 0.10   | 0           | 0                           | -90.00°      | -90.00° | 0.00          | 0.00                           | 0                     | 0       |
| 12       | 0.00      | 44.25  | 1000000     | 1000000000                  | 0.00°        | 0.00°   | 0.00          | 0.00                           | 0                     | 0       |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

**DESCRIZIONE DELLE SEZIONI**

| TRAVE | Sez | H1  | Y1   | Y2  | B1 | B2  | S2 | V2 | B3  | S3 | V3 | A1    | A2    | A3    | A4    | I0 | G    |
|-------|-----|-----|------|-----|----|-----|----|----|-----|----|----|-------|-------|-------|-------|----|------|
| 3     | 1   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 10.30 | 10.81 | 0.00  | 8.95  | 0  | 48.8 |
| 3     | 2   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 10.30 | 8.80  | 0.00  | 8.95  | 0  | 48.8 |
| 3     | 3   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 15.43 | 8.80  | 5.32  | 8.95  | 0  | 48.8 |
| 3     | 4   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 29.28 | 8.80  | 5.32  | 12.88 | 0  | 48.8 |
| 3     | 5   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 38.81 | 9.17  | 5.32  | 12.88 | 0  | 48.8 |
| 4     | 1   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 39.79 | 11.69 | 0.00  | 5.03  | 0  | 48.8 |
| 4     | 2   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 39.79 | 16.10 | 0.00  | 5.03  | 0  | 48.8 |
| 4     | 3   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 40.79 | 16.10 | 0.00  | 20.34 | 0  | 48.8 |
| 4     | 4   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 40.26 | 16.10 | 0.00  | 5.03  | 0  | 48.8 |
| 4     | 5   | 100 | 94   | 6   | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 10 | 0  | 38.72 | 12.64 | 0.00  | 5.03  | 0  | 48.8 |
| 5     | 1   | 107 | 97.5 | 6.0 | 44 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 36.46 | 11.10 | 9.99  | 7.94  | 0  | 57.1 |
| 5     | 2   | 107 | 98.0 | 6.0 | 42 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 34.89 | 7.82  | 9.99  | 7.94  | 0  | 57.1 |
| 5     | 3   | 107 | 98.5 | 6.5 | 40 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 25.51 | 7.82  | 6.39  | 7.94  | 0  | 57.1 |
| 5     | 4   | 107 | 99.0 | 7.5 | 38 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 19.04 | 11.62 | 12.08 | 7.94  | 0  | 57.1 |
| 5     | 5   | 107 | 99.5 | 8.5 | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 11.95 | 15.21 | 12.51 | 7.94  | 0  | 57.1 |
| 6     | 1   | 105 | 99   | 8.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.95 | 15.21 | 12.51 | 7.99  | 0  | 59.9 |
| 6     | 2   | 105 | 99   | 7.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.00 | 32.79 | 4.80  | 7.99  | 0  | 59.9 |
| 6     | 3   | 105 | 99   | 7.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.00 | 40.99 | 3.27  | 7.99  | 0  | 59.9 |
| 6     | 4   | 105 | 99   | 7.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.00 | 48.35 | 1.64  | 5.03  | 0  | 59.9 |
| 6     | 5   | 105 | 99   | 7.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.00 | 50.81 | 0.00  | 5.03  | 0  | 59.9 |
| 7     | 1   | 105 | 99   | 7.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.00 | 50.81 | 0.00  | 5.03  | 0  | 59.9 |
| 7     | 2   | 105 | 99   | 7.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.00 | 48.35 | 1.64  | 5.03  | 0  | 59.9 |
| 7     | 3   | 105 | 99   | 7.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.00 | 40.99 | 3.27  | 7.99  | 0  | 59.9 |
| 7     | 4   | 105 | 99   | 7.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.00 | 32.79 | 4.80  | 7.99  | 0  | 59.9 |
| 7     | 5   | 105 | 99   | 8.5 | 37 | 125 | 8  | 0  | 125 | 23 | 0  | 11.95 | 15.21 | 12.51 | 7.99  | 0  | 59.9 |
| 8     | 1   | 107 | 99.5 | 8.5 | 36 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 11.95 | 15.21 | 12.51 | 7.94  | 0  | 57.1 |
| 8     | 2   | 107 | 99.0 | 7.5 | 38 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 19.04 | 11.62 | 12.08 | 7.94  | 0  | 57.1 |
| 8     | 3   | 107 | 98.5 | 6.5 | 40 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 25.51 | 7.82  | 6.39  | 7.94  | 0  | 57.1 |
| 8     | 4   | 107 | 98.0 | 6.0 | 42 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 34.89 | 7.82  | 9.99  | 7.94  | 0  | 57.1 |
| 8     | 5   | 107 | 97.5 | 6.0 | 44 | 125 | 12 | 0  | 125 | 20 | 0  | 36.46 | 11.10 | 9.99  | 7.94  | 0  | 57.1 |

|           |   |     |    |   |    |     |    |   |     |    |   |       |       |      |       |   |      |
|-----------|---|-----|----|---|----|-----|----|---|-----|----|---|-------|-------|------|-------|---|------|
| <b>9</b>  | 1 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 38.72 | 12.64 | 0.00 | 5.03  | 0 | 48.8 |
| <b>9</b>  | 2 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 40.26 | 16.10 | 0.00 | 5.03  | 0 | 48.8 |
| <b>9</b>  | 3 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 40.79 | 16.10 | 0.00 | 20.34 | 0 | 48.8 |
| <b>9</b>  | 4 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 39.79 | 16.10 | 0.00 | 5.03  | 0 | 48.8 |
| <b>9</b>  | 5 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 39.79 | 11.69 | 0.00 | 5.03  | 0 | 48.8 |
| <b>10</b> | 1 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 38.81 | 9.17  | 5.32 | 12.88 | 0 | 48.8 |
| <b>10</b> | 2 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 29.28 | 8.80  | 5.32 | 12.88 | 0 | 48.8 |
| <b>10</b> | 3 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 15.43 | 8.80  | 5.32 | 8.95  | 0 | 48.8 |
| <b>10</b> | 4 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 10.30 | 8.80  | 0.00 | 8.95  | 0 | 48.8 |
| <b>10</b> | 5 | 100 | 94 | 6 | 36 | 125 | 12 | 0 | 125 | 10 | 0 | 10.30 | 10.81 | 0.00 | 8.95  | 0 | 48.8 |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

## CALCOLO DELLA RIPARTIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI MOBILI

### Dati:

|  |    |        |   |      |       |
|--|----|--------|---|------|-------|
| Numero di archi prefabbricati che formano il ponte     | n° | 25     | Luce del ponte                          | m    | 22.00 |
| Interasse tra gli archi della struttura                | m  | 1.25   | Larghezza teorica del ponte             | m    | 31.25 |
| Larghezza delle corsie veicolari                       | m  | 4.5    | Numero di corsie veicolari              | n°   | 4     |
| Distanza della 1a corsia veicolare dal bordo del ponte | m  | 2.5    | Larghezza del marciapiede con sovracc   | m    | 2.5   |
| Carico di prova  |    | 1631.6 | Sovraccarico sul marciapiede (corsia 0) | t/m2 | 0.4   |

### Carichi sulle corsie e ripartizione sugli archi:

| Corsia | Aliquota | Distanza dal bordo del ponte | Larghezza corsia | Carico per arco | Note                  |
|--------|----------|------------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| 0      | 26%      | 0.00                         | 2.50             | 0.073           | Folla sul marciapiede |
| 1      | 100%     | 2.50                         | 4.50             | 0.278           |                       |
| 2      | 50%      | 7.00                         | 4.50             | 0.139           |                       |
| 3      | 35%      | 11.50                        | 4.50             | 0.097           |                       |
| 4      | 35%      | 16.00                        | 4.50             | 0.097           |                       |

Rigidezza del nodo centrale di un arco isolato 461.17 kN/cm  
 Momento d'inerzia del trasverso 1 490 630 cm4

### Sollecitazioni del trasverso con le azioni per le verifiche allo s.l.u.:

| ARCO     | Carico mobile                      |           | FRECCE DEGLI ARCHI |                  |               | Forze tra trasverso e arco | TAGLIO | MOMENTO flettente |
|----------|------------------------------------|-----------|--------------------|------------------|---------------|----------------------------|--------|-------------------|
|          | Aliquota della corsia più caricata | Totale kN | Isolati mm         | Con trasverso mm | Differenza mm |                            |        |                   |
| 1° arco  | 0.147                              | 240.4     | 17.42              | 17.69            | 0.27          | 12.4                       | 12.4   | 0.0               |
| 2° arco  | 0.133                              | 216.9     | 17.08              | 18.46            | 1.38          | 63.8                       | 76.2   | 15.4              |
| 3° arco  | 0.259                              | 423.3     | 20.06              | 19.15            | -0.91         | -42.0                      | 34.2   | 110.7             |
| 4° arco  | 0.278                              | 453.2     | 20.49              | 19.52            | -0.97         | -44.8                      | -10.6  | 153.4             |
| 5° arco  | 0.278                              | 453.2     | 20.49              | 19.45            | -1.05         | -48.3                      | -58.9  | 140.1             |
| 6° arco  | 0.222                              | 361.4     | 19.17              | 18.97            | -0.20         | -9.2                       | -68.1  | 66.5              |
| 7° arco  | 0.140                              | 227.7     | 17.24              | 18.29            | 1.05          | 48.6                       | -19.4  | -18.6             |
| 8° arco  | 0.139                              | 226.6     | 17.22              | 17.64            | 0.42          | 19.3                       | -0.1   | -42.9             |
| 9° arco  | 0.137                              | 223.6     | 17.18              | 17.11            | -0.07         | -3.2                       | -3.3   | -43.1             |
| 10° arco | 0.107                              | 175.3     | 16.48              | 16.71            | 0.23          | 10.7                       | 7.3    | -47.2             |
| 11° arco | 0.097                              | 158.6     | 16.24              | 16.45            | 0.22          | 10.0                       | 17.3   | -38.1             |
| 12° arco | 0.097                              | 158.6     | 16.24              | 16.31            | 0.07          | 3.3                        | 20.6   | -16.4             |
| 13° arco | 0.097                              | 158.6     | 16.24              | 16.21            | -0.03         | -1.2                       | 19.4   | 9.2               |
| 14° arco | 0.097                              | 158.6     | 16.24              | 16.09            | -0.15         | -6.9                       | 12.5   | 33.5              |
| 15° arco | 0.097                              | 158.6     | 16.24              | 15.86            | -0.37         | -17.2                      | -4.7   | 49.1              |
| 16° arco | 0.097                              | 157.8     | 16.23              | 15.50            | -0.73         | -33.5                      | -38.2  | 43.2              |
| 17° arco | 0.039                              | 64.2      | 14.87              | 15.02            | 0.15          | 6.9                        | -31.3  | -4.6              |
| 18° arco | 0.000                              | 0.0       | 13.95              | 14.56            | 0.61          | 28.2                       | -3.1   | -43.7             |
| 19° arco | 0.000                              | 0.0       | 13.95              | 14.21            | 0.26          | 12.0                       | 8.9    | -47.6             |
| 20° arco | 0.000                              | 0.0       | 13.95              | 14.00            | 0.05          | 2.4                        | 11.3   | -36.5             |
| 21° arco | 0.000                              | 0.0       | 13.95              | 13.90            | -0.05         | -2.2                       | 9.1    | -22.4             |
| 22° arco | 0.000                              | 0.0       | 13.95              | 13.87            | -0.07         | -3.4                       | 5.6    | -11.1             |
| 23° arco | 0.000                              | 0.0       | 13.95              | 13.88            | -0.07         | -3.0                       | 2.6    | -4.1              |
| 24° arco | 0.000                              | 0.0       | 13.95              | 13.90            | -0.04         | -1.9                       | 0.7    | -0.8              |
| 25° arco | 0.000                              | 0.0       | 13.95              | 13.93            | -0.01         | -0.7                       | 0.0    | 0.0               |

### Risultati:

|   |      |               |
|---|------|---------------|
| Freccia di un arco isolato con i soli carichi permanenti (condizione 20: verifica s.l.u.)   | mm   | 13.95         |
| Freccia max. di un arco isolato con carichi permanenti + mobili (condiz 21: verifica s.l.u.)  | mm   | 20.50         |
| Freccia max. della struttura con trasverso: carichi permanenti + mobili (in corrispondenza del 4° arco)   | mm   | 19.52         |
| Coefficiente di ripartizione trasversale teorico (= rapporto tra il carico agente sull'arco più carico e quello agente sulla corsia più carica) |      | <b>0.2366</b> |
| Momento flettente positivo massimo sul trasverso (in corrispondenza del 4° arco)  | kN.m | 153.4         |
| Momento flettente negativo massimo sul trasverso (in corrispondenza del 19° arco)   | kN.m | -47.6         |

### Calcolo delle sollecitazioni resistenti del trasverso:

| Componenti del trasverso          | Descrizione sezioni |                    |                       | Aree ferri       |                  | Sollecitaz. resistenti |               |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------------|---------------|
|                                   | H altezza totale cm | Y altezza utile cm | B1 larghezza utile cm | A1 superiori cm2 | A2 inferiori cm2 | Vcls kN                | Mrd kN.m      |
| Soletta sopra la trave centrale   | 23.0                | 11.5               | 1 035                 | 52.81            | 52.81            | 1541.0                 | 218.0         |
| Collegamento tetto-trave centrale | 105.0               | 99.0               | 115                   | 12.56            | 12.56            | 996                    | 819.0         |
| <b>TOTALE</b>                     |                     |                    |                       |                  |                  | <b>2537</b>            | <b>1037.0</b> |



Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

**Coefficienti moltiplicativi delle azioni  
per le diverse condizioni di carico impiegate**

| <b>cond. carico</b> | <b>gi1</b> | <b>gi2</b> | <b>gi3</b> | <b>gi4</b> | <b>q1</b> | <b>q3</b> | <b>dinamico</b> |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------------|
| 10, 20              | 1.5        | 1.5        | 1.5        | 0.5        | 0         | 0         | 1               |
| 21, 22, 25, 26, 27  | 1.5        | 1.5        | 1.5        | 0.5        | 1.5       | 1.5       | 1.32            |
| 41                  | 1          | 1          | 1          | 0.7        | 0         | 0         | 1               |
| 51, 55, 56          | 1          | 1          | 1          | 0.7        | 0.85      | 0         | 1               |
| 61, 65, 66          | 1          | 1          | 1          | 0.7        | 0.588     | 0         | 1               |
| 91, 92, 93, 94      | 1          | 1          | 1          | 1          | 0         | 0         | 1               |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 10 - Solo carichi permanenti, profilo massimo ammissibile (s.l.u.)

**CARICHI DISTRIBUITI** su una striscia larga un arco

| n° trave | carichi verticali     |                     | pressione orizzontale a inizio trave |                       |                 | pressione orizzontale a fine trave |                       |                 |
|----------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------|
|          | inizio trave<br>N/cm. | fine trave<br>N/cm. | quiete/altro<br>N/cm.                | per deformaz<br>N/cm. | TOTALE<br>N/cm. | quiete/altro<br>N/cm.              | per deformaz<br>N/cm. | TOTALE<br>N/cm. |
| 1        | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 2        | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 3        | 0.0                   | 0.0                 | 1552.0                               | 0.0                   | 1552.0          | 849.7                              | 89.5                  | 939.2           |
| 4        | 1593.5                | 551.2               | 849.7                                | 89.5                  | 939.2           | 370.2                              | -187.4                | 182.9           |
| 5        | 638.8                 | 529.7               | 370.2                                | -187.4                | 182.9           | 320.0                              | -232.0                | 88.1            |
| 6        | 546.4                 | 546.4               | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 7        | 546.4                 | 546.4               | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 8        | 529.7                 | 638.8               | -106.7                               | -199.8                | -306.5          | -123.4                             | -254.5                | -377.9          |
| 9        | 551.2                 | 1593.5              | -123.4                               | -254.5                | -377.9          | -283.2                             | -519.8                | -803.0          |
| 10       | 0.0                   | 0.0                 | -283.2                               | -519.8                | -803.0          | -517.3                             | 0.0                   | -517.3          |
| 11       | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 12       | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 6     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 7     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 8     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 204.3        |                |
| 4     | 204.3        |                |
| 5     | 257.3        |                |
| 6     | 243.0        |                |
| 7     | 243.0        |                |
| 8     | 257.3        |                |
| 9     | 204.3        |                |
| 10    | 204.3        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia<br>N o N.cm |
|------------------|----------------------------|
|                  |                            |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

CONDIZIONE DI CARICO 10 - Solo carichi permanenti, profilo massimo ammissibile (s.l.u.)

### SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI

|          |   |        | sez. 1   | sez. 2   | sez. 3   | sez. 4   | sez. 5   |                  |
|----------|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 52.85    | 52.85    | 52.85    | 52.85    | 52.85    | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 129.53   | 259.06   | 388.58   | 518.11   |                  |
|          | T | (kN)   | 1170.90  | 1170.90  | 1170.90  | 1170.90  | 1170.90  |                  |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 1170.90  | 1148.31  | 1125.72  | 1103.13  | 1080.55  |                  |
|          | M | (kN.m) | 518.11   | 367.76   | 45.58    | -430.44  | -1042.34 |                  |
|          | T | (kN)   | -52.85   | -216.35  | -363.60  | -494.60  | -609.34  |                  |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 1211.91  | 1169.39  | 1129.80  | 1093.14  | 1059.41  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1112.81 | -953.94  | -894.08  | -916.20  | -1003.30 |                  |
|          | T | (kN)   | 229.15   | 114.05   | 17.17    | -61.50   | -121.95  |                  |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 870.41   | 865.29   | 860.20   | 855.12   | 850.07   |                  |
|          | M | (kN.m) | -988.16  | -601.20  | -255.46  | 50.21    | 316.94   |                  |
|          | T | (kN)   | 590.14   | 529.68   | 470.88   | 413.73   | 358.24   |                  |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 808.02   | 808.22   | 808.22   | 808.22   | 808.22   |                  |
|          | M | (kN.m) | 318.70   | 870.06   | 1258.31  | 1483.44  | 1545.45  |                  |
|          | T | (kN)   | 436.02   | 326.82   | 213.35   | 99.87    | -13.60   |                  |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 808.22   | 808.22   | 808.22   | 808.22   | 807.50   |                  |
|          | M | (kN.m) | 1545.45  | 1444.33  | 1180.11  | 752.76   | 162.29   |                  |
|          | T | (kN)   | -13.60   | -127.07  | -240.55  | -354.02  | -462.92  |                  |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 852.25   | 855.77   | 859.35   | 862.99   | 866.68   |                  |
|          | M | (kN.m) | 158.90   | -126.64  | -451.22  | -815.99  | -1222.08 |                  |
|          | T | (kN)   | -385.36  | -441.02  | -498.32  | -557.28  | -617.88  |                  |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 1072.19  | 1099.69  | 1133.52  | 1173.66  | 1220.13  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1247.59 | -1188.70 | -1199.47 | -1293.42 | -1484.02 |                  |
|          | T | (kN)   | 95.54    | 28.17    | -53.65   | -149.91  | -260.63  |                  |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 1107.75  | 1130.34  | 1152.92  | 1175.51  | 1198.10  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1422.07 | -809.78  | -285.91  | 157.94   | 530.15   |                  |
|          | T | (kN)   | 596.17   | 512.43   | 436.28   | 367.70   | 306.70   |                  |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 306.71   | 306.71   | 306.71   | 306.71   | 306.71   |                  |
|          | M | (kN.m) | 530.15   | 397.61   | 265.07   | 132.54   | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | -1198.10 | -1198.10 | -1198.10 | -1198.10 | -1198.10 |                  |

### SPOSTAMENTI NODALI

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= -0.01616     |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= -0.01650     | X(3)= 0.01            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= 0.18036      | X(6)= -0.27           | X(7)= -0.92            |
| inizio trave 5  | X(8)= 1.93316      | X(9)= -3.49           | X(10)= 2.28            |
| inizio trave 6  | X(11)= 2.17041     | X(12)= -10.30         | X(13)= 2.88            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.13871    | X(15)= -16.92         | X(16)= 2.68            |
| inizio trave 8  | X(17)= -2.30122    | X(18)= -9.04          | X(19)= 2.48            |
| inizio trave 9  | X(20)= -1.87594    | X(21)= -2.09          | X(22)= 3.10            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.43107     | X(24)= 0.25           | X(25)= 5.31            |
| inizio trave 11 | X(26)= 1.19521     | X(27)= 0.53           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 1.19521     | X(27)= 0.53           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 1.19487     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 10 - Solo carichi permanenti, profilo massimo ammissibile (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso: Xp = 0.00 m. Yp = 1.65 m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra) a sx = 0% a dx = 0%  
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m3 a destra: 1.80 t/m3  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra: 0.46 x g3 = 0.69 a destra: 0.46 x (g3) = 0.23  
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a sx: 12.51 m. a dx: 12.51 m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni: g1 = 1.50 g2 = 1.50 g3 = 1.50 (g3 = 0.5 se favorevole)  
 Il fattore g3 = 1.50 è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore (g3) = 0.5 sul fianco destro

CARICHI MOBILI:

Nessuno

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 3     | 1       | 518.1                   | -93.0                      | <b>518.1</b>     | 1170.9 | -52.9  | <b>-52.9</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.9                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>907.8</b>              | -245.6 | -1533.8 | -528.8 |
|       | 2       | 367.8                   | -80.8                      | <b>367.8</b>     | 1148.3 | -216.4 | <b>-216.4</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.4                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>831.8</b>              | -241.0 | -1533.8 | -524.3 |
|       | 3       | 45.6                    | -52.8                      | <b>119.3</b>     | 1125.7 | -363.6 | <b>-363.6</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.9                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>821.8</b>              | -239.0 | -1533.8 | -770.8 |
|       | 4       | -430.4                  | -9.7                       | <b>-649.4</b>    | 1103.1 | -494.6 | <b>-486.0</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.1                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1443.8</b>            | -262.2 | -1533.8 | -918.3 |
|       | 5       | -1042.3                 | 47.7                       | <b>-1158.0</b>   | 1080.5 | -609.3 | <b>-537.8</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.1                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1736.8</b>            | -271.9 | -1533.8 | -928.0 |
| 4     | 1       | -1112.8                 | 43.1                       | <b>-1158.0</b>   | 1211.9 | 229.2  | <b>124.8</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.7                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1821.9</b>            | 285.1  | 1533.8  | 444.1  |
|       | 2       | -953.9                  | 32.8                       | <b>-1012.6</b>   | 1169.4 | 114.1  | <b>93.1</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.5                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1810.5</b>            | 281.2  | 1533.8  | 440.2  |
|       | 3       | -894.1                  | 30.4                       | <b>-910.0</b>    | 1129.8 | 17.2   | <b>17.2</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.5                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1826.7</b>            | 278.8  | 1533.8  | 922.3  |
|       | 4       | -916.2                  | 35.1                       | <b>-948.6</b>    | 1093.1 | -61.5  | <b>-56.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.2                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1795.2</b>            | -274.8 | -1533.8 | -433.8 |
|       | 5       | -1003.3                 | 46.0                       | <b>-1044.0</b>   | 1059.4 | -122.0 | <b>-90.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.3                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1729.7</b>            | -269.8 | -1533.8 | -428.8 |
| 5     | 1       | -988.2                  | 56.4                       | <b>-1044.0</b>   | 870.4  | 590.1  | <b>511.5</b>                 | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.2                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1697.7</b>            | 280.6  | 1944.4  | 801.7  |
|       | 2       | -601.2                  | 12.3                       | <b>-843.2</b>    | 865.3  | 529.7  | <b>498.7</b>                 | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.3                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1648.7</b>            | 270.2  | 1865.6  | 794.0  |
|       | 3       | -255.5                  | -27.4                      | <b>-472.5</b>    | 860.2  | 470.9  | <b>465.8</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.4                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1336.7</b>            | 250.0  | 1785.8  | 776.5  |
|       | 4       | 50.2                    | -63.0                      | <b>227.3</b>     | 855.1  | 413.7  | <b>413.7</b>                 | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 38.0                        | 11.5                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>798.4</b>              | 225.1  | 1713.7  | 757.0  |
|       | 5       | 316.9                   | -94.4                      | <b>455.4</b>     | 850.1  | 358.2  | <b>358.2</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.3                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>914.2</b>              | 217.5  | 1607.2  | 744.1  |

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 318.7                   | -99.3                      | <b>502.5</b>     | 808.0  | 436.0  | <b>436.0</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.8                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>852.2</b>              | 216.4  | 1618.3  | 735.5  |
|       | 2       | 870.1                   | -167.5                     | <b>1005.9</b>    | 808.2  | 326.8  | <b>326.8</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.8                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1447.6</b>             | 240.2  | 1635.1  | 727.0  |
|       | 3       | 1258.3                  | -215.6                     | <b>1344.3</b>    | 808.2  | 213.3  | <b>213.3</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.1                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1717.9</b>             | 250.3  | 1635.1  | 665.6  |
|       | 4       | 1483.4                  | -243.4                     | <b>1519.7</b>    | 808.2  | 99.9   | <b>99.9</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.3                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1957.6</b>             | 259.4  | 1635.1  | 500.8  |
|       | 5       | 1545.4                  | -251.1                     | <b>1546.5</b>    | 808.2  | -13.6  | <b>-13.6</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.6                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2036.9</b>             | -262.4 | -1635.1 | -427.3 |
| 7     | 1       | 1545.4                  | -251.1                     | <b>1546.5</b>    | 808.2  | -13.6  | <b>-13.6</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.6                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2036.9</b>             | -262.4 | -1635.1 | -427.3 |
|       | 2       | 1444.3                  | -238.6                     | <b>1492.5</b>    | 808.2  | -127.1 | <b>-127.1</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.3                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1957.6</b>             | -259.4 | -1635.1 | -500.8 |
|       | 3       | 1180.1                  | -205.9                     | <b>1278.0</b>    | 808.2  | -240.5 | <b>-240.5</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.1                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1717.9</b>             | -250.3 | -1635.1 | -665.6 |
|       | 4       | 752.8                   | -153.0                     | <b>900.5</b>     | 808.2  | -354.0 | <b>-354.0</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.8                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1447.6</b>             | -240.2 | -1635.1 | -727.0 |
|       | 5       | 162.3                   | -80.0                      | <b>357.9</b>     | 807.5  | -462.9 | <b>-462.9</b>                | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.8                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>852.0</b>              | -216.4 | -1618.3 | -735.5 |
| 8     | 1       | 158.9                   | -75.8                      | <b>309.3</b>     | 852.3  | -385.4 | <b>-385.4</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.3                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>915.2</b>              | -217.7 | -1607.2 | -744.2 |
|       | 2       | -126.6                  | -42.3                      | <b>-331.3</b>    | 855.8  | -441.0 | <b>-441.0</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 13.0                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1117.7</b>            | -233.3 | -1705.1 | -762.5 |
|       | 3       | -451.2                  | -4.6                       | <b>-680.4</b>    | 859.3  | -498.3 | <b>-493.2</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.4                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1336.3</b>            | -249.9 | -1785.8 | -776.4 |
|       | 4       | -816.0                  | 37.4                       | <b>-1070.2</b>   | 863.0  | -557.3 | <b>-526.3</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.3                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1647.6</b>            | -270.0 | -1865.6 | -793.8 |
|       | 5       | -1222.1                 | 83.9                       | <b>-1280.5</b>   | 866.7  | -617.9 | <b>-539.1</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.1                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1695.9</b>            | -280.2 | -1944.4 | -801.4 |
| 9     | 1       | -1247.6                 | 67.6                       | <b>-1280.5</b>   | 1072.2 | 95.5   | <b>56.8</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.3                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1734.8</b>            | 271.0  | 1533.8  | 430.0  |
|       | 2       | -1188.7                 | 59.3                       | <b>-1207.5</b>   | 1099.7 | 28.2   | <b>21.9</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.2                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1797.8</b>            | 275.4  | 1533.8  | 434.4  |
|       | 3       | -1199.5                 | 57.1                       | <b>-1230.9</b>   | 1133.5 | -53.6  | <b>-53.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.5                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1828.2</b>            | -279.2 | -1533.8 | -922.6 |
|       | 4       | -1293.4                 | 61.5                       | <b>-1367.0</b>   | 1173.7 | -149.9 | <b>-130.1</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.6                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1812.2</b>            | -281.6 | -1533.8 | -440.6 |
|       | 5       | -1484.0                 | 72.9                       | <b>-1535.0</b>   | 1220.1 | -260.6 | <b>-162.0</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.8                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1825.1</b>            | -285.8 | -1533.8 | -444.8 |
| 10    | 1       | -1422.1                 | 79.6                       | <b>-1535.0</b>   | 1107.7 | 596.2  | <b>535.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.3                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1747.3</b>            | 274.4  | 1533.8  | 930.5  |
|       | 2       | -809.8                  | 22.9                       | <b>-1033.1</b>   | 1130.3 | 512.4  | <b>505.1</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.2                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1454.7</b>            | 264.7  | 1533.8  | 920.8  |
|       | 3       | -285.9                  | -24.0                      | <b>-476.4</b>    | 1152.9 | 436.3  | <b>436.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.5                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>-1018.3</b>            | 249.6  | 1533.8  | 781.5  |
|       | 4       | 157.9                   | -62.2                      | <b>157.9</b>     | 1175.5 | 367.7  | <b>367.7</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.5                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>844.1</b>              | 243.5  | 1533.8  | 526.7  |
|       | 5       | 530.1                   | -93.0                      | <b>530.1</b>     | 1198.1 | 306.7  | <b>306.7</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.1                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>919.9</b>              | 248.1  | 1533.8  | 531.3  |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 20 - Solo carichi permanenti, profilo dei carichi accidentali (s.l.u.)

**CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco**

| n° trave | carichi verticali |            | pressione orizzontale a inizio trave |              |        | pressione orizzontale a fine trave |              |        |
|----------|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------|
|          | inizio trave      | fine trave | quiete/altro                         | per deformaz | TOTALE | quiete/altro                       | per deformaz | TOTALE |
|          | N/cm.             | N/cm.      | N/cm.                                | N/cm.        | N/cm.  | N/cm.                              | N/cm.        | N/cm.  |
| 1        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 2        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 3        | 0.0               | 0.0        | 1491.0                               | 0.0          | 1491.0 | 788.8                              | 65.3         | 854.1  |
| 4        | 1461.1            | 418.8      | 788.8                                | 65.3         | 854.1  | 309.3                              | -164.4       | 144.9  |
| 5        | 506.4             | 397.3      | 309.3                                | -164.4       | 144.9  | 259.1                              | -201.1       | 58.1   |
| 6        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 7        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 8        | 397.3             | 506.4      | -86.4                                | -173.1       | -259.5 | -103.1                             | -218.7       | -321.8 |
| 9        | 418.8             | 1461.1     | -103.1                               | -218.7       | -321.8 | -262.9                             | -438.0       | -700.9 |
| 10       | 0.0               | 0.0        | -262.9                               | -438.0       | -700.9 | -497.0                             | 0.0          | -497.0 |
| 11       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 12       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 6     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 7     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 8     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 204.3        |                |
| 4     | 204.3        |                |
| 5     | 257.3        |                |
| 6     | 243.0        |                |
| 7     | 243.0        |                |
| 8     | 257.3        |                |
| 9     | 204.3        |                |
| 10    | 204.3        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia |
|------------------|----------------|
|                  | N o N.cm       |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |
|                  |                |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

**SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI**

|          |   |        | sez. 1   | sez. 2   | sez. 3   | sez. 4   | sez. 5   |          |
|----------|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | Incastro |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 1020.59  | 1020.59  | 1020.59  | 1020.59  | 1020.59  |          |
|          | M | (kN.m) | 371.06   | 371.06   | 371.06   | 371.06   | 371.06   |          |
|          | T | (kN)   | 8.96     | 8.96     | 8.96     | 8.96     | 8.96     |          |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 1020.59  | 998.00   | 975.42   | 952.83   | 930.24   |          |
|          | M | (kN.m) | 371.06   | 292.91   | 51.10    | -335.68  | -848.76  |          |
|          | T | (kN)   | 8.96     | -147.48  | -287.03  | -409.68  | -515.43  |          |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 1036.59  | 996.61   | 960.04   | 926.88   | 897.14   |          |
|          | M | (kN.m) | -906.87  | -769.30  | -722.06  | -748.63  | -832.51  |          |
|          | T | (kN)   | 201.53   | 95.98    | 8.12     | -62.07   | -114.58  |          |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 744.48   | 740.04   | 735.64   | 731.28   | 726.95   |          |
|          | M | (kN.m) | -824.03  | -502.30  | -215.51  | 37.49    | 257.82   |          |
|          | T | (kN)   | 491.23   | 439.86   | 390.14   | 342.08   | 295.66   |          |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 692.10   | 692.23   | 692.23   | 692.23   | 692.23   |          |
|          | M | (kN.m) | 258.66   | 716.88   | 1039.36  | 1226.09  | 1277.06  |          |
|          | T | (kN)   | 362.45   | 271.55   | 177.11   | 82.68    | -11.75   |          |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 692.23   | 692.23   | 692.23   | 692.23   | 691.62   |          |
|          | M | (kN.m) | 1277.06  | 1192.29  | 971.77   | 615.50   | 123.48   |          |
|          | T | (kN)   | -11.75   | -106.19  | -200.62  | -295.06  | -385.70  |          |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 728.80   | 731.72   | 734.71   | 737.78   | 740.91   |          |
|          | M | (kN.m) | 121.23   | -115.36  | -384.72  | -687.96  | -1026.25 |          |
|          | T | (kN)   | -319.10  | -365.67  | -413.88  | -463.74  | -515.24  |          |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 907.84   | 932.20   | 963.34   | 1001.28  | 1046.01  |          |
|          | M | (kN.m) | -1043.81 | -984.69  | -986.72  | -1062.90 | -1226.24 |          |
|          | T | (kN)   | 91.38    | 32.88    | -39.54   | -125.89  | -226.17  |          |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 953.75   | 976.34   | 998.93   | 1021.51  | 1044.10  |          |
|          | M | (kN.m) | -1174.18 | -653.03  | -210.60  | 159.08   | 462.01   |          |
|          | T | (kN)   | 508.66   | 434.77   | 366.28   | 303.21   | 245.54   |          |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 245.54   | 245.54   | 245.54   | 245.54   | 245.54   |          |
|          | M | (kN.m) | 462.01   | 346.50   | 231.00   | 115.50   | 0.00     |          |
|          | T | (kN)   | -1044.10 | -1044.10 | -1044.10 | -1044.10 | -1044.10 |          |

Cerniera esterna

**SPOSTAMENTI NODALI**

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= 0.00000      |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= 0.00000      | X(3)= 0.00            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= 0.15883      | X(6)= -0.24           | X(7)= -0.65            |
| inizio trave 5  | X(8)= 1.58665      | X(9)= -2.90           | X(10)= 1.97            |
| inizio trave 6  | X(11)= 1.78746     | X(12)= -8.50          | X(13)= 2.46            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.11885    | X(15)= -13.95         | X(16)= 2.29            |
| inizio trave 8  | X(17)= -1.89844    | X(18)= -7.42          | X(19)= 2.12            |
| inizio trave 9  | X(20)= -1.53512    | X(21)= -1.70          | X(22)= 2.62            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.37199     | X(24)= 0.18           | X(25)= 4.39            |
| inizio trave 11 | X(26)= 0.96308     | X(27)= 0.43           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 0.96308     | X(27)= 0.43           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 0.96278     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 20 - Solo carichi permanenti, profilo dei carichi accidentali (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 1.25$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra) a sx = 0% a dx = 0%  
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.69$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.23$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a sx: 12.02 m. a dx: 12.02 m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.50$   $g_2 = 1.50$   $g_3 = 1.50$  ( $g_3 = 0.5$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.50$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 0.5 sul fianco destro

CARICHI MOBILI:

Nessuno

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri  |                 |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |                  |                  |                  |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | V <sub>Rd1</sub> | V <sub>Rd2</sub> | V <sub>Rd3</sub> |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>        | cm <sup>2</sup> /m       | kN.m                      | kN               | kN               | kN               |
| 3     | 1       | 371.1                   | -85.1                      | <b>371.1</b>     | 1020.6 | 9.0    | <b>9.0</b>                   | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.1                 | 10.30           | 10.81           | 0.00                   | 8.95                     | <b>840.3</b>              | 231.8            | 1533.8           | 515.1            |
|       | 2       | 292.9                   | -78.1                      | <b>292.9</b>     | 998.0  | -147.5 | <b>-147.5</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.6                 | 10.30           | 8.80            | 0.00                   | 8.95                     | <b>764.1</b>              | -227.3           | -1533.8          | -510.5           |
|       | 3       | 51.1                    | -54.0                      | <b>80.7</b>      | 975.4  | -287.0 | <b>-287.0</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.1                 | 15.43           | 8.80            | 5.32                   | 8.95                     | <b>753.9</b>              | -225.2           | -1533.8          | -757.1           |
|       | 4       | -335.7                  | -13.5                      | <b>-518.0</b>    | 952.8  | -409.7 | <b>-401.8</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.2                 | 29.28           | 8.80            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1383.2</b>            | -248.5           | -1533.8          | -904.6           |
|       | 5       | -848.8                  | 42.5                       | <b>-946.7</b>    | 930.2  | -515.4 | <b>-450.3</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.1                 | 38.81           | 9.17            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1678.1</b>            | -258.2           | -1533.8          | -914.2           |
| 4     | 1       | -906.9                  | 38.7                       | <b>-946.7</b>    | 1036.6 | 201.5  | <b>105.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.6                 | 39.79           | 11.69           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1753.6</b>            | 269.1            | 1533.8           | 428.1            |
|       | 2       | -769.3                  | 28.4                       | <b>-819.4</b>    | 996.6  | 96.0   | <b>76.6</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.6                 | 39.79           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1741.6</b>            | 265.4            | 1533.8           | 424.4            |
|       | 3       | -722.1                  | 26.5                       | <b>-733.3</b>    | 960.0  | 8.1    | <b>8.1</b>                   | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.6                 | 40.79           | 16.10           | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1759.0</b>            | 263.3            | 1533.8           | 906.8            |
|       | 4       | -748.6                  | 32.0                       | <b>-780.5</b>    | 926.9  | -62.1  | <b>-57.8</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.3                 | 40.26           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1728.7</b>            | -259.6           | -1533.8          | -418.6           |
|       | 5       | -832.5                  | 44.0                       | <b>-870.5</b>    | 897.1  | -114.6 | <b>-88.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.3                 | 38.72           | 12.64           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1665.1</b>            | -255.0           | -1533.8          | -414.0           |
| 5     | 1       | -824.0                  | 53.5                       | <b>-870.5</b>    | 744.5  | 491.2  | <b>424.3</b>                 | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 15.5                 | 36.46           | 11.10           | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1636.8</b>            | 269.5            | 1944.4           | 790.6            |
|       | 2       | -502.3                  | 10.7                       | <b>-703.4</b>    | 740.0  | 439.9  | <b>413.5</b>                 | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 15.6                 | 34.89           | 7.82            | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1588.1</b>            | 259.4            | 1865.6           | 783.2            |
|       | 3       | -215.5                  | -27.8                      | <b>-395.4</b>    | 735.6  | 390.1  | <b>385.8</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 13.8                 | 25.51           | 7.82            | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1275.0</b>            | 239.5            | 1785.8           | 766.0            |
|       | 4       | 37.5                    | -62.3                      | <b>183.9</b>     | 731.3  | 342.1  | <b>342.1</b>                 | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 38.0                        | 10.9                 | 19.04           | 11.62           | 12.08                  | 7.94                     | <b>745.2</b>              | 214.9            | 1713.7           | 746.7            |
|       | 5       | 257.8                   | -92.6                      | <b>371.7</b>     | 726.9  | 295.7  | <b>295.7</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.7                 | 11.95           | 15.21           | 12.51                  | 7.94                     | <b>861.9</b>              | 207.8            | 1607.2           | 734.3            |



| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 258.7                   | -97.3                      | <b>411.4</b>     | 692.1  | 362.5  | <b>362.5</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.2                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>807.5</b>              | 207.0  | 1618.3  | 726.1  |
|       | 2       | 716.9                   | -163.4                     | <b>829.7</b>     | 692.2  | 271.5  | <b>271.5</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.3                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1405.3</b>             | 230.7  | 1635.1  | 717.5  |
|       | 3       | 1039.4                  | -210.0                     | <b>1110.7</b>    | 692.2  | 177.1  | <b>177.1</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.6                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1676.9</b>             | 240.8  | 1635.1  | 656.1  |
|       | 4       | 1226.1                  | -237.0                     | <b>1256.0</b>    | 692.2  | 82.7   | <b>82.7</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.8                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1917.8</b>             | 249.9  | 1635.1  | 491.4  |
|       | 5       | 1277.1                  | -244.4                     | <b>1278.1</b>    | 692.2  | -11.8  | <b>-11.8</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.2                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1997.4</b>             | -252.9 | -1635.1 | -417.8 |
| 7     | 1       | 1277.1                  | -244.4                     | <b>1278.1</b>    | 692.2  | -11.8  | <b>-11.8</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.2                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1997.4</b>             | -252.9 | -1635.1 | -417.8 |
|       | 2       | 1192.3                  | -232.1                     | <b>1232.6</b>    | 692.2  | -106.2 | <b>-106.2</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.8                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1917.8</b>             | -249.9 | -1635.1 | -491.4 |
|       | 3       | 971.8                   | -200.3                     | <b>1053.5</b>    | 692.2  | -200.6 | <b>-200.6</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.6                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1676.9</b>             | -240.8 | -1635.1 | -656.1 |
|       | 4       | 615.5                   | -148.8                     | <b>738.6</b>     | 692.2  | -295.1 | <b>-295.1</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.3                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1405.3</b>             | -230.7 | -1635.1 | -717.5 |
|       | 5       | 123.5                   | -77.7                      | <b>286.4</b>     | 691.6  | -385.7 | <b>-385.7</b>                | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.2                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>807.3</b>              | -207.0 | -1618.3 | -726.1 |
| 8     | 1       | 121.2                   | -73.8                      | <b>245.4</b>     | 728.8  | -319.1 | <b>-319.1</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.7                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>862.7</b>              | -207.9 | -1607.2 | -734.4 |
|       | 2       | -115.4                  | -41.4                      | <b>-285.1</b>    | 731.7  | -365.7 | <b>-365.7</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 12.4                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1055.6</b>            | -223.1 | -1705.1 | -752.3 |
|       | 3       | -384.7                  | -4.8                       | <b>-575.2</b>    | 734.7  | -413.9 | <b>-409.5</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 13.8                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1274.5</b>            | -239.4 | -1785.8 | -765.9 |
|       | 4       | -688.0                  | 36.1                       | <b>-899.7</b>    | 737.8  | -463.7 | <b>-437.3</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 15.6                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1587.0</b>            | -259.2 | -1865.6 | -783.0 |
|       | 5       | -1026.2                 | 81.4                       | <b>-1075.0</b>   | 740.9  | -515.2 | <b>-448.1</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 15.4                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1635.0</b>            | -269.2 | -1944.4 | -790.3 |
| 9     | 1       | -1043.8                 | 66.2                       | <b>-1075.0</b>   | 907.8  | 91.4   | <b>58.6</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.4                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1669.4</b>            | 256.0  | 1533.8  | 415.0  |
|       | 2       | -984.7                  | 56.9                       | <b>-1004.7</b>   | 932.2  | 32.9   | <b>27.5</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.3                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1730.8</b>            | 260.1  | 1533.8  | 419.1  |
|       | 3       | -986.7                  | 53.7                       | <b>-1011.3</b>   | 963.3  | -39.5  | <b>-39.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.6                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1760.4</b>            | -263.6 | -1533.8 | -907.1 |
|       | 4       | -1062.9                 | 57.4                       | <b>-1125.3</b>   | 1001.3 | -125.9 | <b>-107.9</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.6                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1743.5</b>            | -265.9 | -1533.8 | -424.9 |
|       | 5       | -1226.2                 | 68.5                       | <b>-1270.6</b>   | 1046.0 | -226.2 | <b>-136.4</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.6                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1757.3</b>            | -269.9 | -1533.8 | -428.9 |
| 10    | 1       | -1174.2                 | 74.4                       | <b>-1270.6</b>   | 953.7  | 508.7  | <b>455.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.3                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1687.3</b>            | 260.3  | 1533.8  | 916.4  |
|       | 2       | -653.0                  | 18.1                       | <b>-842.7</b>    | 976.3  | 434.8  | <b>428.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.3                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1392.7</b>            | 250.6  | 1533.8  | 906.7  |
|       | 3       | -210.6                  | -27.7                      | <b>-370.9</b>    | 998.9  | 366.3  | <b>366.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.8                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>-954.4</b>             | 235.6  | 1533.8  | 767.4  |
|       | 4       | 159.1                   | -64.3                      | <b>159.1</b>     | 1021.5 | 303.2  | <b>303.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.7                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>774.7</b>              | 229.4  | 1533.8  | 512.7  |
|       | 5       | 462.0                   | -93.0                      | <b>462.0</b>     | 1044.1 | 245.5  | <b>245.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.2                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>850.9</b>              | 234.0  | 1533.8  | 517.2  |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 21 - Carichi stradali: q1a in mezzeria + spinte asimmm (s.l.u.)

CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco

| n° trave | carichi verticali |            | pressione orizzontale a inizio trave |              |        | pressione orizzontale a fine trave |              |        |
|----------|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------|
|          | inizio trave      | fine trave | quiete/altro                         | per deformaz | TOTALE | quiete/altro                       | per deformaz | TOTALE |
|          | N/cm.             | N/cm.      | N/cm.                                | N/cm.        | N/cm.  | N/cm.                              | N/cm.        | N/cm.  |
| 1        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 2        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 3        | 0.0               | 0.0        | 1554.6                               | 0.0          | 1554.6 | 852.3                              | 113.2        | 965.5  |
| 4        | 1461.1            | 418.8      | 852.3                                | 113.2        | 965.5  | 372.8                              | -202.8       | 170.0  |
| 5        | 506.4             | 397.3      | 372.8                                | -202.8       | 170.0  | 322.6                              | -255.8       | 66.9   |
| 6        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 7        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 8        | 397.3             | 506.4      | -86.4                                | -222.0       | -308.3 | -103.1                             | -285.9       | -389.0 |
| 9        | 418.8             | 1461.1     | -103.1                               | -285.9       | -389.0 | -262.9                             | -586.4       | -849.3 |
| 10       | 0.0               | 0.0        | -262.9                               | -586.4       | -849.3 | -497.0                             | 0.0          | -497.0 |
| 11       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 12       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 6     | 1                    | 92 069             | 401.9                        |                    |                              |                    |                              |
| 7     | 1                    | 92 069             | 150.0                        |                    |                              |                    |                              |
| 8     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 204.3        |                |
| 4     | 204.3        |                |
| 5     | 257.3        |                |
| 6     | 243.0        |                |
| 7     | 243.0        |                |
| 8     | 257.3        |                |
| 9     | 204.3        |                |
| 10    | 204.3        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia |
|------------------|----------------|
|                  | N o N.cm       |
| 15               | -92 069        |
| 16               | 13 583         |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

CONDIZIONE DI CARICO 21 - Carichi stradali: q1a in mezzeria + spinte asimmm (s.l.u.)

### SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI

|          |   |        | sez. 1   | sez. 2   | sez. 3   | sez. 4   | sez. 5   |                  |
|----------|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 67.98    | 67.98    | 67.98    | 67.98    | 67.98    | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 127.72   | 255.44   | 383.16   | 510.88   |                  |
|          | T | (kN)   | 1154.57  | 1154.57  | 1154.57  | 1154.57  | 1154.57  |                  |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 1154.57  | 1131.98  | 1109.39  | 1086.80  | 1064.22  |                  |
|          | M | (kN.m) | 510.88   | 343.53   | 3.33     | -492.42  | -1126.45 |                  |
|          | T | (kN)   | -67.98   | -232.08  | -380.56  | -513.42  | -630.65  |                  |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 1215.96  | 1180.53  | 1147.63  | 1117.26  | 1089.42  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1205.94 | -1069.55 | -1027.75 | -1063.12 | -1158.22 |                  |
|          | T | (kN)   | 202.88   | 92.28    | 0.33     | -72.95   | -127.57  |                  |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 896.52   | 892.25   | 887.99   | 883.74   | 879.50   |                  |
|          | M | (kN.m) | -1142.73 | -738.92  | -370.07  | -35.02   | 267.36   |                  |
|          | T | (kN)   | 609.96   | 558.58   | 508.85   | 460.77   | 414.34   |                  |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 831.41   | 831.56   | 831.56   | 831.56   | 831.56   |                  |
|          | M | (kN.m) | 271.94   | 922.75   | 1437.82  | 1811.38  | 1922.60  |                  |
|          | T | (kN)   | 495.04   | 405.52   | 311.09   | 124.59   | 30.15    |                  |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 845.14   | 845.14   | 845.14   | 845.14   | 844.42   |                  |
|          | M | (kN.m) | 1922.60  | 1765.72  | 1346.49  | 785.76   | 89.29    |                  |
|          | T | (kN)   | -61.92   | -156.35  | -342.85  | -437.29  | -526.47  |                  |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 895.60   | 898.14   | 900.72   | 903.35   | 906.03   |                  |
|          | M | (kN.m) | 83.21    | -240.14  | -596.28  | -986.35  | -1411.49 |                  |
|          | T | (kN)   | -444.59  | -491.19  | -539.45  | -589.35  | -640.91  |                  |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 1113.77  | 1134.31  | 1160.80  | 1193.26  | 1231.68  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1435.71 | -1363.72 | -1357.27 | -1430.21 | -1596.43 |                  |
|          | T | (kN)   | 107.21   | 44.47    | -33.12   | -125.55  | -232.83  |                  |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 1095.98  | 1118.57  | 1141.16  | 1163.75  | 1186.33  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1524.12 | -884.51  | -336.69  | 129.68   | 524.94   |                  |
|          | T | (kN)   | 622.99   | 535.32   | 457.00   | 388.01   | 328.38   |                  |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 328.38   | 328.38   | 328.38   | 328.38   | 328.38   |                  |
|          | M | (kN.m) | 524.94   | 393.71   | 262.47   | 131.24   | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | -1186.34 | -1186.34 | -1186.34 | -1186.34 | -1186.34 |                  |

### SPOSTAMENTI NODALI

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= -0.09537     |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= -0.09571     | X(3)= 0.04            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= 0.19060      | X(6)= -0.23           | X(7)= -1.14            |
| inizio trave 5  | X(8)= 2.18117      | X(9)= -3.79           | X(10)= 2.43            |
| inizio trave 6  | X(11)= 2.52099     | X(12)= -11.57         | X(13)= 3.13            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.15714    | X(15)= -19.52         | X(16)= 2.93            |
| inizio trave 8  | X(17)= -2.66406    | X(18)= -10.16         | X(19)= 2.72            |
| inizio trave 9  | X(20)= -2.10688    | X(21)= -2.24          | X(22)= 3.43            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.48392     | X(24)= 0.32           | X(25)= 5.88            |
| inizio trave 11 | X(26)= 1.35486     | X(27)= 0.60           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 1.35486     | X(27)= 0.60           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 1.35451     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 21 - Carichi stradali: q1a in mezzeria + spinte asimmm (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 1.25$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra)  $a_{sx} = 0\%$   $a_{dx} = 0\%$   
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.69$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.23$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a  $s_x$ : 12.02 m. a  $s_x$ : 12.02 m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.50$   $g_2 = 1.50$   $g_3 = 1.50$  ( $g_3 = 0.5$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.50$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 0.5 sul fianco destro

### CARICHI MOBILI:

Le forze verticali agenti su un arco solo tengono conto di:

Incremento dinamico  $q_2 = 1.320$   
 Coefficiente di ripartizione trasversale tra gli archi  $Y_9 = 0.237$   
 Coefficiente moltiplicativo dei carichi mobili  $q_1 = q_3 = 1.5$   
 $q_1a$ : gruppo di 3 forze da  $20t \times 1.320 \times 0.237 \times 1.500 \times 9.81 = 92.1$  kN/cad.  
 alle distanze dalla facc. interna del ritto sinistro di m 9.50, 11.00, 12.50  
 Carichi distribuiti  $q_1b = 13.8$  kN/m/arco a partire da m 6,00 dalle forze  $q_1a$   
 Frenata: 20% di  $60t \times 1.5 \times 9.81 / 13$  archi = 13.6 kN/arco

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri  |                 |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |                  |                  |                  |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | V <sub>Rd1</sub> | V <sub>Rd2</sub> | V <sub>Rd3</sub> |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>        | cm <sup>2</sup> /m       | kN.m                      | kN               | kN               | kN               |
| 3     | 1       | 510.9                   | -93.0                      | <b>510.9</b>     | 1154.6 | -68.0  | <b>-68.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.8                 | 10.30           | 10.81           | 0.00                   | 8.95                     | <b>900.5</b>              | -244.1           | -1533.8          | -527.3           |
|       | 2       | 343.5                   | -79.1                      | <b>343.5</b>     | 1132.0 | -232.1 | <b>-232.1</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.3                 | 10.30           | 8.80            | 0.00                   | 8.95                     | <b>824.5</b>              | -239.5           | -1533.8          | -522.8           |
|       | 3       | 3.3                     | -49.1                      | <b>168.9</b>     | 1109.4 | -380.6 | <b>-380.6</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.8                 | 15.43           | 8.80            | 5.32                   | 8.95                     | <b>814.5</b>              | -237.5           | -1533.8          | -769.3           |
|       | 4       | -492.4                  | -3.4                       | <b>-719.5</b>    | 1086.8 | -513.4 | <b>-504.6</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.0                 | 29.28           | 8.80            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1437.3</b>            | -260.7           | -1533.8          | -916.8           |
|       | 5       | -1126.4                 | 57.1                       | <b>-1246.2</b>   | 1064.2 | -630.6 | <b>-557.1</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.0                 | 38.81           | 9.17            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1730.5</b>            | -270.4           | -1533.8          | -926.5           |
| 4     | 1       | -1205.9                 | 50.4                       | <b>-1246.2</b>   | 1216.0 | 202.9  | <b>102.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.7                 | 39.79           | 11.69           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1823.5</b>            | 285.5            | 1533.8           | 444.5            |
|       | 2       | -1069.6                 | 41.8                       | <b>-1118.6</b>   | 1180.5 | 92.3   | <b>72.0</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.6                 | 39.79           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1814.9</b>            | 282.2            | 1533.8           | 441.2            |
|       | 3       | -1027.8                 | 40.8                       | <b>-1036.1</b>   | 1147.6 | 0.3    | <b>0.3</b>                   | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.6                 | 40.79           | 16.10           | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1833.8</b>            | 280.5            | 1533.8           | 923.9            |
|       | 4       | -1063.1                 | 46.4                       | <b>-1099.8</b>   | 1117.3 | -73.0  | <b>-68.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.3                 | 40.26           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1804.8</b>            | -277.0           | -1533.8          | -436.0           |
|       | 5       | -1158.2                 | 57.6                       | <b>-1200.4</b>   | 1089.4 | -127.6 | <b>-100.3</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.5                 | 38.72           | 12.64           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1741.6</b>            | -272.6           | -1533.8          | -431.6           |
| 5     | 1       | -1142.7                 | 70.3                       | <b>-1200.4</b>   | 896.5  | 610.0  | <b>543.0</b>                 | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.3                 | 36.46           | 11.10           | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1710.3</b>            | 282.9            | 1944.4           | 804.0            |
|       | 2       | -738.9                  | 25.7                       | <b>-992.4</b>    | 892.3  | 558.6  | <b>532.2</b>                 | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.5                 | 34.89           | 7.82            | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1661.7</b>            | 272.5            | 1865.6           | 796.3            |
|       | 3       | -370.1                  | -15.5                      | <b>-602.6</b>    | 888.0  | 508.8  | <b>504.5</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.6                 | 25.51           | 7.82            | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1350.4</b>            | 252.3            | 1785.8           | 778.9            |
|       | 4       | -35.0                   | -53.2                      | <b>-247.1</b>    | 883.7  | 460.8  | <b>460.8</b>                 | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 13.2                 | 19.04           | 11.62           | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1131.7</b>            | 235.6            | 1705.1           | 764.8            |
|       | 5       | 267.4                   | -87.5                      | <b>431.6</b>     | 879.5  | 414.3  | <b>414.3</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.4                 | 11.95           | 15.21           | 12.51                  | 7.94                     | <b>926.7</b>              | 219.9            | 1607.2           | 746.4            |

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 271.9                   | -92.6                      | <b>482.9</b>     | 831.4  | 495.0  | <b>495.0</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.9                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>861.2</b>              | 218.3  | 1618.3  | 737.4  |
|       | 2       | 922.8                   | -170.9                     | <b>1094.4</b>    | 831.6  | 405.5  | <b>405.5</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.9                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1456.1</b>             | 242.1  | 1635.1  | 728.9  |
|       | 3       | 1437.8                  | -232.8                     | <b>1568.0</b>    | 831.6  | 311.1  | <b>311.1</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.2                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1726.1</b>             | 252.2  | 1635.1  | 667.5  |
|       | 4       | 1811.4                  | -277.7                     | <b>1859.7</b>    | 831.6  | 124.6  | <b>124.6</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.4                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1965.6</b>             | 261.3  | 1635.1  | 502.8  |
|       | 5       | 1922.6                  | -291.1                     | <b>1922.6</b>    | 831.6  | 30.2   | <b>30.2</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.7                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2044.8</b>             | 264.3  | 1635.1  | 429.3  |
| 7     | 1       | 1922.6                  | -287.4                     | <b>1922.6</b>    | 845.1  | -61.9  | <b>-61.9</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.8                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2049.3</b>             | -265.4 | -1635.1 | -430.4 |
|       | 2       | 1765.7                  | -268.8                     | <b>1828.0</b>    | 845.1  | -156.4 | <b>-156.4</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.4                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1970.2</b>             | -262.4 | -1635.1 | -503.9 |
|       | 3       | 1346.5                  | -219.2                     | <b>1490.6</b>    | 845.1  | -342.9 | <b>-342.9</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.3                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1730.9</b>             | -253.3 | -1635.1 | -668.6 |
|       | 4       | 785.8                   | -152.9                     | <b>971.3</b>     | 845.1  | -437.3 | <b>-437.3</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.0                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1461.0</b>             | -243.2 | -1635.1 | -730.0 |
|       | 5       | 89.3                    | -70.5                      | <b>314.0</b>     | 844.4  | -526.5 | <b>-526.5</b>                | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.9                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>866.2</b>              | -219.4 | -1618.3 | -738.4 |
| 8     | 1       | 83.2                    | -66.4                      | <b>260.5</b>     | 895.6  | -444.6 | <b>-444.6</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.5                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>933.5</b>              | -221.2 | -1607.2 | -747.7 |
|       | 2       | -240.1                  | -30.4                      | <b>-465.8</b>    | 898.1  | -491.2 | <b>-491.2</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 13.2                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1138.9</b>            | -236.8 | -1705.1 | -766.0 |
|       | 3       | -596.3                  | 9.1                        | <b>-842.4</b>    | 900.7  | -539.4 | <b>-535.1</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.7                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1356.7</b>            | -253.4 | -1785.8 | -779.9 |
|       | 4       | -986.4                  | 52.0                       | <b>-1253.4</b>   | 903.4  | -589.4 | <b>-562.9</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.6                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1667.0</b>            | -273.5 | -1865.6 | -797.3 |
|       | 5       | -1411.5                 | 98.6                       | <b>-1472.0</b>   | 906.0  | -640.9 | <b>-573.7</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.3                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1714.9</b>            | -283.7 | -1944.4 | -804.9 |
| 9     | 1       | -1435.7                 | 80.2                       | <b>-1472.0</b>   | 1113.8 | 107.2  | <b>72.0</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.6                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1751.2</b>            | 274.8  | 1533.8  | 433.8  |
|       | 2       | -1363.7                 | 71.5                       | <b>-1389.0</b>   | 1134.3 | 44.5   | <b>38.7</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.4                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1811.6</b>            | 278.6  | 1533.8  | 437.6  |
|       | 3       | -1357.3                 | 68.2                       | <b>-1379.6</b>   | 1160.8 | -33.1  | <b>-33.1</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.7                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1839.0</b>            | -281.7 | -1533.8 | -925.1 |
|       | 4       | -1430.2                 | 71.1                       | <b>-1493.1</b>   | 1193.3 | -125.6 | <b>-106.3</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.7                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1820.0</b>            | -283.4 | -1533.8 | -442.4 |
|       | 5       | -1596.4                 | 80.9                       | <b>-1642.2</b>   | 1231.7 | -232.8 | <b>-136.8</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.9                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1829.5</b>            | -286.9 | -1533.8 | -445.9 |
| 10    | 1       | -1524.1                 | 90.3                       | <b>-1642.2</b>   | 1096.0 | 623.0  | <b>558.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.3                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1742.8</b>            | 273.3  | 1533.8  | 929.4  |
|       | 2       | -884.5                  | 30.3                       | <b>-1117.8</b>   | 1118.6 | 535.3  | <b>527.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.2                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1450.0</b>            | 263.6  | 1533.8  | 919.7  |
|       | 3       | -336.7                  | -19.2                      | <b>-536.1</b>    | 1141.2 | 457.0  | <b>457.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.5                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>-1013.4</b>            | 248.6  | 1533.8  | 780.4  |
|       | 4       | 129.7                   | -59.9                      | <b>129.7</b>     | 1163.7 | 388.0  | <b>388.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.5                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>838.8</b>              | 242.4  | 1533.8  | 525.7  |
|       | 5       | 524.9                   | -93.0                      | <b>524.9</b>     | 1186.3 | 328.4  | <b>328.4</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.0                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>914.7</b>              | 247.0  | 1533.8  | 530.2  |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 22 - Carichi stradali: taglio max sul giunto + spinte asimmm (s.l.u.)

CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco

| n° trave | carichi verticali |            | pressione orizzontale a inizio trave |              |        | pressione orizzontale a fine trave |              |        |
|----------|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------|
|          | inizio trave      | fine trave | quiete/altro                         | per deformaz | TOTALE | quiete/altro                       | per deformaz | TOTALE |
|          | N/cm.             | N/cm.      | N/cm.                                | N/cm.        | N/cm.  | N/cm.                              | N/cm.        | N/cm.  |
| 1        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 2        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 3        | 0.0               | 0.0        | 1554.6                               | 0.0          | 1554.6 | 852.3                              | 130.0        | 982.3  |
| 4        | 1461.1            | 418.8      | 852.3                                | 130.0        | 982.3  | 372.8                              | -147.2       | 225.6  |
| 5        | 644.5             | 535.4      | 372.8                                | -147.2       | 225.6  | 322.6                              | -195.1       | 127.5  |
| 6        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 7        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 8        | 397.3             | 506.4      | -86.4                                | -161.8       | -248.1 | -103.1                             | -224.1       | -327.2 |
| 9        | 418.8             | 1461.1     | -103.1                               | -224.1       | -327.2 | -262.9                             | -549.1       | -812.0 |
| 10       | 0.0               | 0.0        | -262.9                               | -549.1       | -812.0 | -497.0                             | 0.0          | -497.0 |
| 11       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 12       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 6     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 7     | 2                    | 92 069             | 260.0                        | 92 069             | 410.0                        |                    |                              |
| 8     | 1                    | 92 069             | 8.1                          |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 204.3        |                |
| 4     | 204.3        |                |
| 5     | 257.3        |                |
| 6     | 243.0        |                |
| 7     | 243.0        |                |
| 8     | 257.3        |                |
| 9     | 204.3        |                |
| 10    | 204.3        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia |
|------------------|----------------|
|                  | N o N.cm       |
| 19               | 13 583         |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

CONDIZIONE DI CARICO 22 - Carichi stradali: taglio max sul giunto + spinte asimmm (s.l.u.)

### SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI

|          |   |        | sez. 1   | sez. 2   | sez. 3   | sez. 4   | sez. 5   |                  |
|----------|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 46.55    | 46.55    | 46.55    | 46.55    | 46.55    | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 125.17   | 250.33   | 375.50   | 500.67   |                  |
|          | T | (kN)   | 1131.47  | 1131.47  | 1131.47  | 1131.47  | 1131.47  |                  |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 1131.47  | 1108.88  | 1086.30  | 1063.71  | 1041.12  |                  |
|          | M | (kN.m) | 500.67   | 356.92   | 39.85    | -433.76  | -1047.13 |                  |
|          | T | (kN)   | -46.55   | -210.88  | -360.03  | -493.99  | -612.78  |                  |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 1187.08  | 1152.71  | 1121.27  | 1092.75  | 1067.16  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1123.79 | -990.33  | -952.77  | -994.10  | -1097.29 |                  |
|          | T | (kN)   | 200.29   | 88.51    | -5.05    | -80.40   | -137.52  |                  |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 887.91   | 883.05   | 878.21   | 873.38   | 868.58   |                  |
|          | M | (kN.m) | -1087.20 | -703.00  | -360.31  | -57.98   | 205.12   |                  |
|          | T | (kN)   | 586.35   | 525.48   | 466.26   | 408.69   | 352.78   |                  |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 827.03   | 827.32   | 827.32   | 827.32   | 827.32   |                  |
|          | M | (kN.m) | 206.09   | 761.85   | 1181.50  | 1465.39  | 1613.54  |                  |
|          | T | (kN)   | 432.54   | 339.14   | 244.71   | 150.28   | 55.84    |                  |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 827.32   | 827.32   | 827.32   | 827.32   | 840.33   |                  |
|          | M | (kN.m) | 1613.54  | 1625.94  | 1477.27  | 1066.25  | 392.90   |                  |
|          | T | (kN)   | 55.84    | -38.59   | -225.10  | -411.60  | -592.12  |                  |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 898.51   | 901.48   | 904.50   | 907.57   | 910.69   |                  |
|          | M | (kN.m) | 382.73   | 13.46    | -388.56  | -824.48  | -1295.43 |                  |
|          | T | (kN)   | -511.03  | -557.59  | -605.80  | -655.65  | -707.16  |                  |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 1162.65  | 1185.84  | 1214.75  | 1249.37  | 1289.69  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1340.11 | -1308.77 | -1340.32 | -1448.91 | -1648.66 |                  |
|          | T | (kN)   | 62.19    | 2.41     | -72.50   | -162.54  | -267.70  |                  |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 1162.36  | 1184.95  | 1207.54  | 1230.12  | 1252.71  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1580.27 | -923.11  | -354.45  | 134.94   | 554.31   |                  |
|          | T | (kN)   | 637.05   | 552.84   | 476.99   | 409.49   | 350.35   |                  |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 350.35   | 350.35   | 350.35   | 350.35   | 350.35   |                  |
|          | M | (kN.m) | 554.31   | 415.74   | 277.16   | 138.58   | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | -1252.71 | -1252.71 | -1252.71 | -1252.71 | -1252.71 |                  |

### SPOSTAMENTI NODALI

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= -0.11003     |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= -0.11035     | X(3)= 0.05            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= 0.10124      | X(6)= -0.22           | X(7)= -1.30            |
| inizio trave 5  | X(8)= 1.95860      | X(9)= -3.32           | X(10)= 1.77            |
| inizio trave 6  | X(11)= 2.29862     | X(12)= -10.37         | X(13)= 2.39            |
| inizio trave 7  | X(14)= 0.09944     | X(15)= -18.17         | X(16)= 2.19            |
| inizio trave 8  | X(17)= -2.53006    | X(18)= -10.51         | X(19)= 1.98            |
| inizio trave 9  | X(20)= -2.18143    | X(21)= -2.64          | X(22)= 2.69            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.37027     | X(24)= 0.27           | X(25)= 5.51            |
| inizio trave 11 | X(26)= 1.27684     | X(27)= 0.56           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 1.27684     | X(27)= 0.56           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 1.27648     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 22 - Carichi stradali: taglio max sul giunto + spinte asimmm (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 1.25$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra)  $a_{sx} = 0\%$   $a_{dx} = 0\%$   
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.69$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.23$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a sx: 12.02 m. a dx: 12.02 m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.50$   $g_2 = 1.50$   $g_3 = 1.50$  ( $g_3 = 0.5$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.50$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 0.5 sul fianco destro

### CARICHI MOBILI:

Le forze verticali agenti su un arco solo tengono conto di:

Incremento dinamico  $q_2 = 1.320$   
 Coefficiente di ripartizione trasversale tra gli archi  $Y_9 = 0.237$   
 Coefficiente moltiplicativo dei carichi mobili  $q_1 = q_3 = 1.5$   
 $q_1 a$ : gruppo di 3 forze da  $20t \times 1.320 \times 0.237 \times 1.500 \times 9.81 = 92.1$  kN/cad.  
 alle distanze dalla facc. interna del ritto sinistro di m 13.60, 15.10, 16.60  
 Carichi distribuiti  $q_1 b = 13.8$  kN/m/arco a partire da m 6,00 dalle forze  $q_1 a$   
 Frenata: 20% di  $60t \times 1.5 \times 9.81 / 13$  archi = 13.6 kN/arco

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri  |                 |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |                  |                  |                  |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | V <sub>Rd1</sub> | V <sub>Rd2</sub> | V <sub>Rd3</sub> |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>        | cm <sup>2</sup> /m       | kN.m                      | kN               | kN               | kN               |
| 3     | 1       | 500.7                   | -93.0                      | <b>500.7</b>     | 1131.5 | -46.6  | <b>-46.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.7                 | 10.30           | 10.81           | 0.00                   | 8.95                     | <b>890.1</b>              | -242.0           | -1533.8          | -525.2           |
|       | 2       | 356.9                   | -80.9                      | <b>356.9</b>     | 1108.9 | -210.9 | <b>-210.9</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.2                 | 10.30           | 8.80            | 0.00                   | 8.95                     | <b>814.1</b>              | -237.4           | -1533.8          | -520.7           |
|       | 3       | 39.9                    | -52.4                      | <b>123.7</b>     | 1086.3 | -360.0 | <b>-360.0</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.7                 | 15.43           | 8.80            | 5.32                   | 8.95                     | <b>804.1</b>              | -235.4           | -1533.8          | -767.2           |
|       | 4       | -433.8                  | -8.0                       | <b>-652.8</b>    | 1063.7 | -494.0 | <b>-485.0</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.8                 | 29.28           | 8.80            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1428.0</b>            | -258.6           | -1533.8          | -914.7           |
|       | 5       | -1047.1                 | 51.8                       | <b>-1163.6</b>   | 1041.1 | -612.8 | <b>-537.9</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.9                 | 38.81           | 9.17            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1721.5</b>            | -268.3           | -1533.8          | -924.4           |
| 4     | 1       | -1123.8                 | 45.9                       | <b>-1163.6</b>   | 1187.1 | 200.3  | <b>98.7</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.5                 | 39.79           | 11.69           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1812.3</b>            | 282.8            | 1533.8           | 441.8            |
|       | 2       | -990.3                  | 37.2                       | <b>-1037.9</b>   | 1152.7 | 88.5   | <b>68.1</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.4                 | 39.79           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1803.9</b>            | 279.7            | 1533.8           | 438.7            |
|       | 3       | -952.8                  | 36.2                       | <b>-962.7</b>    | 1121.3 | -5.1   | <b>-5.1</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.5                 | 40.79           | 16.10           | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1823.3</b>            | -278.0           | -1533.8          | -921.5           |
|       | 4       | -994.1                  | 42.2                       | <b>-1034.2</b>   | 1092.8 | -80.4  | <b>-75.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.2                 | 40.26           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1795.1</b>            | -274.8           | -1533.8          | -433.8           |
|       | 5       | -1097.3                 | 54.1                       | <b>-1142.7</b>   | 1067.2 | -137.5 | <b>-108.2</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.3                 | 38.72           | 12.64           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1732.8</b>            | -270.5           | -1533.8          | -429.6           |
| 5     | 1       | -1087.2                 | 65.3                       | <b>-1142.7</b>   | 887.9  | 586.3  | <b>507.2</b>                 | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.2                 | 36.46           | 11.10           | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1706.2</b>            | 282.1            | 1944.4           | 803.3            |
|       | 2       | -703.0                  | 22.5                       | <b>-943.2</b>    | 883.0  | 525.5  | <b>494.3</b>                 | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.4                 | 34.89           | 7.82            | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1657.2</b>            | 271.7            | 1865.6           | 795.5            |
|       | 3       | -360.3                  | -16.1                      | <b>-575.3</b>    | 878.2  | 466.3  | <b>461.1</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.5                 | 25.51           | 7.82            | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1345.6</b>            | 251.5            | 1785.8           | 778.0            |
|       | 4       | -58.0                   | -50.5                      | <b>-248.2</b>    | 873.4  | 408.7  | <b>408.7</b>                 | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 13.1                 | 19.04           | 11.62           | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1126.5</b>            | 234.7            | 1705.1           | 763.9            |
|       | 5       | 205.1                   | -80.8                      | <b>341.0</b>     | 868.6  | 352.8  | <b>352.8</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.3                 | 11.95           | 15.21           | 12.51                  | 7.94                     | <b>922.1</b>              | 219.0            | 1607.2           | 745.5            |



| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 206.1                   | -84.8                      | <b>388.5</b>     | 827.0  | 432.5  | <b>432.5</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.8                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>859.5</b>              | 217.9  | 1618.3  | 737.0  |
|       | 2       | 761.9                   | -152.0                     | <b>904.3</b>     | 827.3  | 339.1  | <b>339.1</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.9                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1454.6</b>             | 241.7  | 1635.1  | 728.6  |
|       | 3       | 1181.5                  | -202.7                     | <b>1282.5</b>    | 827.3  | 244.7  | <b>244.7</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.2                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1724.7</b>             | 251.9  | 1635.1  | 667.2  |
|       | 4       | 1465.4                  | -237.0                     | <b>1525.0</b>    | 827.3  | 150.3  | <b>150.3</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.3                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1964.1</b>             | 260.9  | 1635.1  | 502.4  |
|       | 5       | 1613.5                  | -254.9                     | <b>1631.7</b>    | 827.3  | 55.8   | <b>55.8</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.7                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2043.3</b>             | 264.0  | 1635.1  | 428.9  |
| 7     | 1       | 1613.5                  | -254.9                     | <b>1631.7</b>    | 827.3  | 55.8   | <b>55.8</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.7                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2043.3</b>             | 264.0  | 1635.1  | 428.9  |
|       | 2       | 1625.9                  | -256.4                     | <b>1636.5</b>    | 827.3  | -38.6  | <b>-38.6</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.3                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1964.1</b>             | -260.9 | -1635.1 | -502.4 |
|       | 3       | 1477.3                  | -238.4                     | <b>1554.6</b>    | 827.3  | -225.1 | <b>-225.1</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.2                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1724.7</b>             | -251.9 | -1635.1 | -667.2 |
|       | 4       | 1066.3                  | -188.8                     | <b>1219.7</b>    | 827.3  | -411.6 | <b>-411.6</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.9                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1454.6</b>             | -241.7 | -1635.1 | -728.6 |
|       | 5       | 392.9                   | -106.6                     | <b>620.3</b>     | 840.3  | -592.1 | <b>-592.1</b>                | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.9                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>864.6</b>              | -219.0 | -1618.3 | -738.1 |
| 8     | 1       | 382.7                   | -99.7                      | <b>568.8</b>     | 898.5  | -511.0 | <b>-423.3</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.5                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>934.7</b>              | -221.4 | -1607.2 | -747.9 |
|       | 2       | 13.5                    | -58.6                      | <b>256.3</b>     | 901.5  | -557.6 | <b>-469.8</b>                | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 38.0                        | 11.7                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>818.2</b>              | -229.0 | -1713.7 | -760.8 |
|       | 3       | -388.6                  | -14.2                      | <b>-664.1</b>    | 904.5  | -605.8 | <b>-513.7</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.7                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1358.5</b>            | -253.7 | -1785.8 | -780.2 |
|       | 4       | -824.5                  | 33.7                       | <b>-1120.8</b>   | 907.6  | -655.7 | <b>-629.2</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.6                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1669.0</b>            | -273.8 | -1865.6 | -797.7 |
|       | 5       | -1295.4                 | 85.1                       | <b>-1362.2</b>   | 910.7  | -707.2 | <b>-640.0</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.4                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1717.1</b>            | -284.1 | -1944.4 | -805.3 |
| 9     | 1       | -1340.1                 | 66.5                       | <b>-1362.2</b>   | 1162.6 | 62.2   | <b>29.2</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.9                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1770.4</b>            | 279.3  | 1533.8  | 438.3  |
|       | 2       | -1308.8                 | 61.6                       | <b>-1316.0</b>   | 1185.8 | 2.4    | <b>-3.0</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.7                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1832.0</b>            | -283.3 | -1533.8 | -442.3 |
|       | 3       | -1340.3                 | 61.6                       | <b>-1379.1</b>   | 1214.8 | -72.5  | <b>-72.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.0                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1860.3</b>            | -286.6 | -1533.8 | -930.1 |
|       | 4       | -1448.9                 | 67.2                       | <b>-1527.2</b>   | 1249.4 | -162.5 | <b>-143.6</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.0                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1842.1</b>            | -288.5 | -1533.8 | -447.5 |
|       | 5       | -1648.7                 | 79.1                       | <b>-1700.9</b>   | 1289.7 | -267.7 | <b>-173.2</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 19.3                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1851.8</b>            | -292.2 | -1533.8 | -451.2 |
| 10    | 1       | -1580.3                 | 87.2                       | <b>-1700.9</b>   | 1162.4 | 637.1  | <b>575.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.7                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1768.4</b>            | 279.3  | 1533.8  | 935.4  |
|       | 2       | -923.1                  | 29.2                       | <b>-1163.5</b>   | 1184.9 | 552.8  | <b>545.4</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.6                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1476.5</b>            | 269.7  | 1533.8  | 925.8  |
|       | 3       | -354.5                  | -19.4                      | <b>-562.1</b>    | 1207.5 | 477.0  | <b>477.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.8                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>-1040.9</b>            | 254.6  | 1533.8  | 786.5  |
|       | 4       | 134.9                   | -59.7                      | <b>134.9</b>     | 1230.1 | 409.5  | <b>409.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.8                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>868.5</b>              | 248.5  | 1533.8  | 531.7  |
|       | 5       | 554.3                   | -93.0                      | <b>554.3</b>     | 1252.7 | 350.3  | <b>350.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.4                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>944.3</b>              | 253.0  | 1533.8  | 536.3  |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 25 - Carichi stradali: q1a a inizio trave + spinte asim (s.l.u.)

CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco

| n° trave | carichi verticali |            | pressione orizzontale a inizio trave |              |        | pressione orizzontale a fine trave |              |        |
|----------|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------|
|          | inizio trave      | fine trave | quiete/altro                         | per deformaz | TOTALE | quiete/altro                       | per deformaz | TOTALE |
|          | N/cm.             | N/cm.      | N/cm.                                | N/cm.        | N/cm.  | N/cm.                              | N/cm.        | N/cm.  |
| 1        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 2        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 3        | 0.0               | 0.0        | 1554.6                               | 0.0          | 1554.6 | 852.3                              | 63.3         | 915.6  |
| 4        | 1461.1            | 418.8      | 852.3                                | 63.3         | 915.6  | 372.8                              | -278.0       | 94.9   |
| 5        | 506.4             | 397.3      | 372.8                                | -278.0       | 94.9   | 322.6                              | -328.4       | -5.8   |
| 6        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 7        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 8        | 397.3             | 506.4      | -86.4                                | -295.1       | -381.4 | -103.1                             | -353.0       | -456.1 |
| 9        | 418.8             | 1461.1     | -103.1                               | -353.0       | -456.1 | -262.9                             | -600.6       | -863.5 |
| 10       | 0.0               | 0.0        | -262.9                               | -600.6       | -863.5 | -497.0                             | 0.0          | -497.0 |
| 11       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 12       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 1                    | 92 069             | 305.3                        |                    |                              |                    |                              |
| 6     | 2                    | 92 069             | 141.9                        | 92 069             | 291.9                        |                    |                              |
| 7     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 8     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 204.3        |                |
| 4     | 204.3        |                |
| 5     | 257.3        |                |
| 6     | 243.0        |                |
| 7     | 243.0        |                |
| 8     | 257.3        |                |
| 9     | 204.3        |                |
| 10    | 204.3        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia |
|------------------|----------------|
|                  | N o N.cm       |
| 13               | 13 583         |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

CONDIZIONE DI CARICO 25 - Carichi stradali: q1a a inizio trave + spinte asim (s.l.u.)

### SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI

|          |   |        | sez. 1   | sez. 2   | sez. 3   | sez. 4   | sez. 5   |          |
|----------|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | Incastro |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 1214.91  | 1214.91  | 1214.91  | 1214.91  | 1214.91  |          |
|          | M | (kN.m) | 520.46   | 520.45   | 520.45   | 520.45   | 520.45   |          |
|          | T | (kN)   | -83.73   | -83.73   | -83.73   | -83.73   | -83.73   |          |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 1214.91  | 1192.32  | 1169.73  | 1147.14  | 1124.56  |          |
|          | M | (kN.m) | 520.45   | 335.92   | -19.99   | -528.53  | -1170.96 |          |
|          | T | (kN)   | -83.73   | -247.18  | -393.67  | -523.22  | -635.82  |          |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 1263.27  | 1225.34  | 1189.69  | 1156.30  | 1125.19  |          |
|          | M | (kN.m) | -1244.33 | -1071.41 | -990.37  | -983.50  | -1033.11 |          |
|          | T | (kN)   | 240.62   | 132.79   | 43.90    | -26.03   | -77.02   |          |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 887.42   | 882.61   | 877.82   | 873.04   | 868.27   |          |
|          | M | (kN.m) | -995.82  | -549.39  | -137.88  | 239.87   | 584.99   |          |
|          | T | (kN)   | 671.59   | 620.26   | 570.59   | 522.56   | 476.19   |          |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 813.74   | 827.29   | 827.29   | 827.29   | 827.29   |          |
|          | M | (kN.m) | 593.71   | 1212.73  | 1569.41  | 1663.73  | 1596.99  |          |
|          | T | (kN)   | 554.71   | 373.80   | 187.29   | 0.79     | -93.65   |          |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 827.29   | 827.29   | 827.29   | 827.29   | 826.39   |          |
|          | M | (kN.m) | 1596.99  | 1394.50  | 1056.26  | 582.28   | -27.46   |          |
|          | T | (kN)   | -93.65   | -188.08  | -282.51  | -376.95  | -466.78  |          |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 871.32   | 873.34   | 875.42   | 877.55   | 879.73   |          |
|          | M | (kN.m) | -30.48   | -313.68  | -629.69  | -979.68  | -1364.76 |          |
|          | T | (kN)   | -386.47  | -433.13  | -481.44  | -531.39  | -583.00  |          |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 1054.24  | 1072.12  | 1096.49  | 1127.37  | 1164.75  |          |
|          | M | (kN.m) | -1375.79 | -1282.55 | -1257.34 | -1313.44 | -1464.18 |          |
|          | T | (kN)   | 131.48   | 65.78    | -14.16   | -108.35  | -216.78  |          |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 1035.64  | 1058.23  | 1080.82  | 1103.40  | 1125.99  |          |
|          | M | (kN.m) | -1395.07 | -792.94  | -283.85  | 142.96   | 498.24   |          |
|          | T | (kN)   | 589.78   | 500.80   | 421.53   | 351.99   | 292.17   |          |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 292.17   | 292.17   | 292.17   | 292.17   | 292.17   |          |
|          | M | (kN.m) | 498.24   | 373.68   | 249.12   | 124.56   | 0.00     |          |
|          | T | (kN)   | -1125.99 | -1125.99 | -1125.99 | -1125.99 | -1125.99 |          |

### SPOSTAMENTI NODALI

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= 0.00000      |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= 0.00000      | X(3)= 0.00            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= 0.33058      | X(6)= -0.29           | X(7)= -0.64            |
| inizio trave 5  | X(8)= 2.24338      | X(9)= -4.22           | X(10)= 3.33            |
| inizio trave 6  | X(11)= 2.35127     | X(12)= -11.89         | X(13)= 4.02            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.44967    | X(15)= -17.89         | X(16)= 3.82            |
| inizio trave 8  | X(17)= -2.41277    | X(18)= -8.63          | X(19)= 3.61            |
| inizio trave 9  | X(20)= -1.81743    | X(21)= -1.61          | X(22)= 4.23            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.59660     | X(24)= 0.34           | X(25)= 6.02            |
| inizio trave 11 | X(26)= 1.35748     | X(27)= 0.60           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 1.35748     | X(27)= 0.60           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 1.35715     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 25 - Carichi stradali: q1a a inizio trave + spinte asimmm (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 1.25$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra)  $a_{sx} = 0\%$   $a_{dx} = 0\%$   
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.69$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.23$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a  $s_x$ : 12.02 m. a  $s_x$ : 12.02 m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.50$   $g_2 = 1.50$   $g_3 = 1.50$  ( $g_3 = 0.5$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.50$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 0.5 sul fianco destro

### CARICHI MOBILI:

Le forze verticali agenti su un arco solo tengono conto di:

Incremento dinamico  $q_2 = 1.320$   
 Coefficiente di ripartizione trasversale tra gli archi  $Y_9 = 0.237$   
 Coefficiente moltiplicativo dei carichi mobili  $q_1 = q_3 = 1.5$   
 $q_1a$ : gruppo di 3 forze da  $20t \times 1.320 \times 0.237 \times 1.500 \times 9.81 = 92.1$  kN/cad.  
 alle distanze dalla facc. interna del ritto sinistro di m 5.40, 6.90, 8.40  
 Carichi distribuiti  $q_1b = 13.8$  kN/m/arco a partire da m 6,00 dalle forze  $q_1a$   
 Frenata: 20% di  $60t \times 1.5 \times 9.81 / 13$  archi = 13.6 kN/arco

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne |                         |                  |        |        |                           | Descrizione delle sezioni |                    |                      |                        |                   | Aree dei ferri  |                 |                     |                       | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|------------------------|-------------------------|------------------|--------|--------|---------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricentrico     | e1<br>distanza da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione appoggi | H<br>altezza totale       | Y<br>altezza utile | B5<br>lato compresso | B1<br>larghezza taglio | X1<br>asse neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri piegati | A4<br>totale staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | Vrd1   | Vrd2    | Vrd3   |
|       |         | kN.m                   | cm                      | kN.m             | kN     | kN     | kN                        | cm                        | cm                 | cm                   | cm                     | cm                | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>     | cm <sup>2</sup> /m    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 3     | 1       | 520.4                  | -91.6                   | <b>520.4</b>     | 1214.9 | -83.7  | <b>-83.7</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.2              | 10.30           | 10.81           | 0.00                | 8.95                  | <b>927.5</b>              | -249.6 | -1533.8 | -532.8 |
|       | 2       | 335.9                  | -76.9                   | <b>335.9</b>     | 1192.3 | -247.2 | <b>-247.2</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 12.6              | 10.30           | 8.80            | 0.00                | 8.95                  | <b>851.6</b>              | -245.0 | -1533.8 | -528.3 |
|       | 3       | -20.0                  | -47.0                   | <b>-197.5</b>    | 1169.7 | -393.7 | <b>-393.7</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.6              | 15.43           | 8.80            | 5.32                | 8.95                  | <b>-1025.2</b>            | -251.2 | -1533.8 | -783.0 |
|       | 4       | -528.5                 | -2.7                    | <b>-759.5</b>    | 1147.1 | -523.2 | <b>-514.8</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 16.3              | 29.28           | 8.80            | 5.32                | 12.88                 | <b>-1461.4</b>            | -266.2 | -1533.8 | -922.3 |
|       | 5       | -1171.0                | 55.4                    | <b>-1291.6</b>   | 1124.6 | -635.8 | <b>-566.0</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 18.5              | 38.81           | 9.17            | 5.32                | 12.88                 | <b>-1753.8</b>            | -275.9 | -1533.8 | -932.0 |
| 4     | 1       | -1244.3                | 49.7                    | <b>-1291.6</b>   | 1263.3 | 240.6  | <b>141.8</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 19.1              | 39.79           | 11.69           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1841.7</b>            | 289.8  | 1533.8  | 448.8  |
|       | 2       | -1071.4                | 38.7                    | <b>-1137.3</b>   | 1225.3 | 132.8  | <b>112.9</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 17.9              | 39.79           | 16.10           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1832.6</b>            | 286.3  | 1533.8  | 445.3  |
|       | 3       | -990.4                 | 34.5                    | <b>-1016.8</b>   | 1189.7 | 43.9   | <b>43.9</b>               | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 17.9              | 40.79           | 16.10           | 0.00                | 20.34                 | <b>-1850.4</b>            | 284.3  | 1533.8  | 927.8  |
|       | 4       | -983.5                 | 36.3                    | <b>-1000.0</b>   | 1156.3 | -26.0  | <b>-22.0</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 17.6              | 40.26           | 16.10           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1820.3</b>            | -280.6 | -1533.8 | -439.6 |
|       | 5       | -1033.1                | 43.1                    | <b>-1059.2</b>   | 1125.2 | -77.0  | <b>-52.4</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 17.7              | 38.72           | 12.64           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1755.7</b>            | -275.8 | -1533.8 | -434.9 |
| 5     | 1       | -995.8                 | 55.1                    | <b>-1059.2</b>   | 887.4  | 671.6  | <b>604.7</b>              | 107.0                     | 97.5               | 125.0                | 44.0                   | 16.2              | 36.46           | 11.10           | 9.99                | 7.94                  | <b>-1705.9</b>            | 282.1  | 1944.4  | 803.2  |
|       | 2       | -549.4                 | 5.1                     | <b>-830.1</b>    | 882.6  | 620.3  | <b>593.9</b>              | 107.0                     | 98.0               | 125.0                | 42.0                   | 16.4              | 34.89           | 7.82            | 9.99                | 7.94                  | <b>-1657.0</b>            | 271.7  | 1865.6  | 795.5  |
|       | 3       | -137.9                 | -41.4                   | <b>-397.8</b>    | 877.8  | 570.6  | <b>566.2</b>              | 107.0                     | 98.5               | 125.0                | 40.0                   | 14.5              | 25.51           | 7.82            | 6.39                | 7.94                  | <b>-1345.4</b>            | 251.5  | 1785.8  | 778.0  |
|       | 4       | 239.9                  | -84.6                   | <b>467.1</b>     | 873.0  | 522.6  | <b>522.6</b>              | 107.0                     | 99.5               | 125.0                | 38.0                   | 11.6              | 19.04           | 11.62           | 12.08               | 7.94                  | <b>806.1</b>              | 226.6  | 1713.7  | 758.5  |
|       | 5       | 585.0                  | -124.5                  | <b>755.2</b>     | 868.3  | 476.2  | <b>476.2</b>              | 107.0                     | 98.5               | 125.0                | 36.0                   | 12.3              | 11.95           | 15.21           | 12.51               | 7.94                  | <b>921.9</b>              | 219.0  | 1607.2  | 745.5  |

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 593.7                   | -132.8                     | <b>804.7</b>     | 813.7  | 554.7  | <b>554.7</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.8                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>854.4</b>              | 216.9  | 1618.3  | 736.0  |
|       | 2       | 1212.7                  | -206.5                     | <b>1349.6</b>    | 827.3  | 373.8  | <b>373.8</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.9                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1454.6</b>             | 241.7  | 1635.1  | 728.6  |
|       | 3       | 1569.4                  | -249.6                     | <b>1630.2</b>    | 827.3  | 187.3  | <b>187.3</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.2                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1724.7</b>             | 251.9  | 1635.1  | 667.2  |
|       | 4       | 1663.7                  | -261.0                     | <b>1663.7</b>    | 827.3  | 0.8    | <b>0.8</b>                   | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.3                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1964.1</b>             | 260.9  | 1635.1  | 502.4  |
|       | 5       | 1597.0                  | -252.9                     | <b>1631.8</b>    | 827.3  | -93.6  | <b>-93.6</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.7                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2043.3</b>             | -264.0 | -1635.1 | -428.9 |
| 7     | 1       | 1597.0                  | -252.9                     | <b>1631.8</b>    | 827.3  | -93.6  | <b>-93.6</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.7                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2043.3</b>             | -264.0 | -1635.1 | -428.9 |
|       | 2       | 1394.5                  | -228.4                     | <b>1470.7</b>    | 827.3  | -188.1 | <b>-188.1</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.3                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1964.1</b>             | -260.9 | -1635.1 | -502.4 |
|       | 3       | 1056.3                  | -187.6                     | <b>1173.9</b>    | 827.3  | -282.5 | <b>-282.5</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.2                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1724.7</b>             | -251.9 | -1635.1 | -667.2 |
|       | 4       | 582.3                   | -130.3                     | <b>741.3</b>     | 827.3  | -376.9 | <b>-376.9</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.9                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1454.6</b>             | -241.7 | -1635.1 | -728.6 |
|       | 5       | -27.5                   | -56.6                      | <b>-205.4</b>    | 826.4  | -466.8 | <b>-466.8</b>                | 105.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 37.0                        | 12.2                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>-882.4</b>             | -219.0 | -1660.2 | -751.6 |
| 8     | 1       | -30.5                   | -53.6                      | <b>-210.2</b>    | 871.3  | -386.5 | <b>-386.5</b>                | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.9                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>-884.5</b>             | -217.3 | -1623.5 | -749.1 |
|       | 2       | -313.7                  | -21.2                      | <b>-513.5</b>    | 873.3  | -433.1 | <b>-433.1</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 13.1                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1126.5</b>            | -234.7 | -1705.1 | -763.9 |
|       | 3       | -629.7                  | 14.8                       | <b>-850.1</b>    | 875.4  | -481.4 | <b>-477.1</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.5                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1344.2</b>            | -251.3 | -1785.8 | -777.8 |
|       | 4       | -979.7                  | 54.5                       | <b>-1221.2</b>   | 877.5  | -531.4 | <b>-504.9</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.4                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1654.6</b>            | -271.2 | -1865.6 | -795.1 |
|       | 5       | -1364.8                 | 98.0                       | <b>-1419.9</b>   | 879.7  | -583.0 | <b>-515.7</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.2                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1702.2</b>            | -281.4 | -1944.4 | -802.6 |
| 9     | 1       | -1375.8                 | 81.7                       | <b>-1419.9</b>   | 1054.2 | 131.5  | <b>93.8</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.2                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1727.7</b>            | 269.4  | 1533.8  | 428.4  |
|       | 2       | -1282.6                 | 70.9                       | <b>-1317.1</b>   | 1072.1 | 65.8   | <b>59.6</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.1                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1786.8</b>            | 272.9  | 1533.8  | 431.9  |
|       | 3       | -1257.3                 | 65.9                       | <b>-1271.9</b>   | 1096.5 | -14.2  | <b>-14.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.3                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1813.5</b>            | -275.8 | -1533.8 | -919.3 |
|       | 4       | -1313.4                 | 67.8                       | <b>-1369.2</b>   | 1127.4 | -108.3 | <b>-88.9</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.3                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1793.8</b>            | -277.4 | -1533.8 | -436.4 |
|       | 5       | -1464.2                 | 77.0                       | <b>-1506.9</b>   | 1164.7 | -216.8 | <b>-120.2</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.4                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1803.7</b>            | -280.8 | -1533.8 | -439.8 |
| 10    | 1       | -1395.1                 | 86.0                       | <b>-1506.9</b>   | 1035.6 | 589.8  | <b>524.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.8                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1719.4</b>            | 267.8  | 1533.8  | 923.9  |
|       | 2       | -792.9                  | 26.2                       | <b>-1011.7</b>   | 1058.2 | 500.8  | <b>492.9</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.8                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1425.8</b>            | 258.1  | 1533.8  | 914.2  |
|       | 3       | -283.9                  | -22.5                      | <b>-468.3</b>    | 1080.8 | 421.5  | <b>421.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.2                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>-988.4</b>             | 243.0  | 1533.8  | 774.9  |
|       | 4       | 143.0                   | -61.7                      | <b>143.0</b>     | 1103.4 | 352.0  | <b>352.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.2                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>811.6</b>              | 236.9  | 1533.8  | 520.2  |
|       | 5       | 498.2                   | -93.0                      | <b>498.2</b>     | 1126.0 | 292.2  | <b>292.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.7                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>887.7</b>              | 241.5  | 1533.8  | 524.7  |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 26 - Carichi stradali: max momento pos a 1/4 della trave (s.l.u.)

**CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco**

| n° trave | carichi verticali     |                     | pressione orizzontale a inizio trave |                       |                 | pressione orizzontale a fine trave |                       |                 |
|----------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------|
|          | inizio trave<br>N/cm. | fine trave<br>N/cm. | quiete/altro<br>N/cm.                | per deformaz<br>N/cm. | TOTALE<br>N/cm. | quiete/altro<br>N/cm.              | per deformaz<br>N/cm. | TOTALE<br>N/cm. |
| 1        | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 2        | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 3        | 0.0                   | 0.0                 | 1554.6                               | 0.0                   | 1554.6          | 852.3                              | 78.2                  | 930.5           |
| 4        | 1461.1                | 418.8               | 852.3                                | 78.2                  | 930.5           | 372.8                              | -260.3                | 112.6           |
| 5        | 506.4                 | 397.3               | 372.8                                | -260.3                | 112.6           | 322.6                              | -312.6                | 10.0            |
| 6        | 413.9                 | 413.9               | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 7        | 413.9                 | 413.9               | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 8        | 397.3                 | 506.4               | -86.4                                | -278.9                | -365.3          | -103.1                             | -339.2                | -442.2          |
| 9        | 418.8                 | 1461.1              | -103.1                               | -339.2                | -442.2          | -262.9                             | -602.6                | -865.6          |
| 10       | 0.0                   | 0.0                 | -262.9                               | -602.6                | -865.6          | -497.0                             | 0.0                   | -497.0          |
| 11       | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 12       | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza<br>N | Distanza dal nodo precedente<br>cm | Entità della forza<br>N | Distanza dal nodo precedente<br>cm | Entità della forza<br>N | Distanza dal nodo precedente<br>cm |
|-------|----------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| 1     | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 2     | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 3     | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 4     | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 5     | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 6     | 3                    | 92 069                  | 114.4                              | 92 069                  | 264.4                              | 92 069                  | 414.4                              |
| 7     | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 8     | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 9     | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 10    | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 11    | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |
| 12    | 0                    |                         |                                    |                         |                                    |                         |                                    |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare<br>N/cm | Note           |
|-------|----------------------|----------------|
| 1     | 0.0                  | trave fittizia |
| 2     | 0.0                  | trave fittizia |
| 3     | 204.3                |                |
| 4     | 204.3                |                |
| 5     | 257.3                |                |
| 6     | 243.0                |                |
| 7     | 243.0                |                |
| 8     | 257.3                |                |
| 9     | 204.3                |                |
| 10    | 204.3                |                |
| 11    | 0.0                  | trave fittizia |
| 12    | 0.0                  | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia<br>N o N.cm |
|------------------|----------------------------|
| 13               | 13 583                     |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

CONDIZIONE DI CARICO 26 - Carichi stradali: max momento pos a 1/4 della trave (s.l.u.)

### SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI

|          |   |        | sez. 1   | sez. 2   | sez. 3   | sez. 4   | sez. 5   |                  |
|----------|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 84.15    | 84.15    | 84.15    | 84.15    | 84.15    | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 132.46   | 264.92   | 397.38   | 529.84   |                  |
|          | T | (kN)   | 1197.41  | 1197.41  | 1197.41  | 1197.41  | 1197.41  |                  |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 1197.41  | 1174.82  | 1152.23  | 1129.64  | 1107.06  |                  |
|          | M | (kN.m) | 529.84   | 344.78   | -12.10   | -522.48  | -1168.06 |                  |
|          | T | (kN)   | -84.15   | -247.79  | -394.87  | -525.41  | -639.39  |                  |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 1252.96  | 1215.75  | 1180.84  | 1148.22  | 1117.90  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1244.86 | -1086.06 | -1019.89 | -1028.68 | -1094.75 |                  |
|          | T | (kN)   | 225.90   | 117.27   | 27.57    | -43.22   | -95.10   |                  |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 894.53   | 889.85   | 885.18   | 880.52   | 875.87   |                  |
|          | M | (kN.m) | -1064.88 | -631.14  | -232.32  | 132.72   | 465.13   |                  |
|          | T | (kN)   | 653.25   | 601.91   | 552.22   | 504.18   | 457.80   |                  |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 823.23   | 836.82   | 836.82   | 836.82   | 836.82   |                  |
|          | M | (kN.m) | 472.52   | 1179.17  | 1623.47  | 1799.67  | 1713.52  |                  |
|          | T | (kN)   | 537.41   | 356.29   | 169.79   | 75.36    | -111.15  |                  |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 836.82   | 836.82   | 836.82   | 836.82   | 835.95   |                  |
|          | M | (kN.m) | 1713.52  | 1485.88  | 1122.48  | 623.34   | -11.55   |                  |
|          | T | (kN)   | -111.15  | -205.58  | -300.01  | -394.45  | -484.09  |                  |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 882.67   | 884.80   | 886.99   | 889.23   | 891.51   |                  |
|          | M | (kN.m) | -15.33   | -309.86  | -637.21  | -998.51  | -1394.91 |                  |
|          | T | (kN)   | -402.87  | -449.52  | -497.82  | -547.76  | -599.35  |                  |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 1074.22  | 1092.59  | 1117.31  | 1148.37  | 1185.77  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1408.77 | -1319.02 | -1296.86 | -1355.74 | -1509.15 |                  |
|          | T | (kN)   | 127.44   | 62.31    | -17.25   | -111.24  | -219.65  |                  |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 1053.14  | 1075.73  | 1098.32  | 1120.90  | 1143.49  |                  |
|          | M | (kN.m) | -1438.36 | -823.26  | -301.38  | 138.10   | 505.99   |                  |
|          | T | (kN)   | 601.62   | 512.44   | 433.04   | 363.41   | 303.56   |                  |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                  |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 303.56   | 303.56   | 303.56   | 303.56   | 303.56   |                  |
|          | M | (kN.m) | 505.99   | 379.49   | 252.99   | 126.50   | 0.00     |                  |
|          | T | (kN)   | -1143.50 | -1143.50 | -1143.50 | -1143.50 | -1143.50 |                  |

### SPOSTAMENTI NODALI

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= -0.02386     |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= -0.02421     | X(3)= 0.01            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= 0.29226      | X(6)= -0.27           | X(7)= -0.78            |
| inizio trave 5  | X(8)= 2.26192      | X(9)= -4.15           | X(10)= 3.12            |
| inizio trave 6  | X(11)= 2.46342     | X(12)= -12.00         | X(13)= 3.83            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.41608    | X(15)= -18.65         | X(16)= 3.62            |
| inizio trave 8  | X(17)= -2.51246    | X(18)= -9.12          | X(19)= 3.42            |
| inizio trave 9  | X(20)= -1.91139    | X(21)= -1.78          | X(22)= 4.07            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.57382     | X(24)= 0.34           | X(25)= 6.04            |
| inizio trave 11 | X(26)= 1.37176     | X(27)= 0.61           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 1.37176     | X(27)= 0.61           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 1.37143     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 26 - Carichi stradali: max momento pos a 1/4 della trave (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 1.25$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra)  $a_{sx} = 0\%$   $a_{dx} = 0\%$   
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.69$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.23$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a  $s_x$ : 12.02 m. a  $s_x$ : 12.02 m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.50$   $g_2 = 1.50$   $g_3 = 1.50$  ( $g_3 = 0.5$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.50$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 0.5 sul fianco destro

### CARICHI MOBILI:

Le forze verticali agenti su un arco solo tengono conto di:

Incremento dinamico  $q_2 = 1.320$   
 Coefficiente di ripartizione trasversale tra gli archi  $Y_9 = 0.237$   
 Coefficiente moltiplicativo dei carichi mobili  $q_1 = q_3 = 1.5$   
 $q_1 a$ : gruppo di 3 forze da  $20t \times 1.320 \times 0.237 \times 1.500 \times 9.81 = 92.1$  kN/cad.  
 alle distanze dalla facc. interna del ritto sinistro di m 6.63, 8.13, 9.63  
 Carichi distribuiti  $q_1 b = 13.8$  kN/m/arco a partire da m 6,00 dalle forze  $q_1 a$   
 Frenata: 20% di  $60t \times 1.5 \times 9.81 / 13$  archi = 13.6 kN/arco

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri  |                 |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |                  |                  |                  |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | V <sub>Rd1</sub> | V <sub>Rd2</sub> | V <sub>Rd3</sub> |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>        | cm <sup>2</sup> /m       | kN.m                      | kN               | kN               | kN               |
| 3     | 1       | 529.8                   | -93.0                      | <b>529.8</b>     | 1197.4 | -84.1  | <b>-84.1</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.1                 | 10.30           | 10.81           | 0.00                   | 8.95                     | <b>919.6</b>              | -248.0           | -1533.8          | -531.2           |
|       | 2       | 344.8                   | -78.1                      | <b>344.8</b>     | 1174.8 | -247.8 | <b>-247.8</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.5                 | 10.30           | 8.80            | 0.00                   | 8.95                     | <b>843.7</b>              | -243.4           | -1533.8          | -526.7           |
|       | 3       | -12.1                   | -47.7                      | <b>-190.2</b>    | 1152.2 | -394.9 | <b>-394.9</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.5                 | 15.43           | 8.80            | 5.32                   | 8.95                     | <b>-1018.0</b>            | -249.6           | -1533.8          | -781.4           |
|       | 4       | -522.5                  | -2.5                       | <b>-754.4</b>    | 1129.6 | -525.4 | <b>-516.9</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.2                 | 29.28           | 8.80            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1454.4</b>            | -264.6           | -1533.8          | -920.7           |
|       | 5       | -1168.1                 | 56.8                       | <b>-1289.4</b>   | 1107.1 | -639.4 | <b>-568.5</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.3                 | 38.81           | 9.17            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1747.1</b>            | -274.3           | -1533.8          | -930.4           |
| 4     | 1       | -1244.9                 | 50.6                       | <b>-1289.4</b>   | 1253.0 | 225.9  | <b>126.4</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 19.0                 | 39.79           | 11.69           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1837.7</b>            | 288.8            | 1533.8           | 447.8            |
|       | 2       | -1086.1                 | 40.6                       | <b>-1145.4</b>   | 1215.8 | 117.3  | <b>97.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.8                 | 39.79           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1828.8</b>            | 285.4            | 1533.8           | 444.4            |
|       | 3       | -1019.9                 | 37.6                       | <b>-1039.5</b>   | 1180.8 | 27.6   | <b>27.6</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.8                 | 40.79           | 16.10           | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1846.9</b>            | 283.5            | 1533.8           | 927.0            |
|       | 4       | -1028.7                 | 40.8                       | <b>-1052.6</b>   | 1148.2 | -43.2  | <b>-39.1</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.5                 | 40.26           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1817.1</b>            | -279.9           | -1533.8          | -438.9           |
|       | 5       | -1094.7                 | 49.2                       | <b>-1126.6</b>   | 1117.9 | -95.1  | <b>-69.9</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.6                 | 38.72           | 12.64           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1752.8</b>            | -275.2           | -1533.8          | -434.2           |
| 5     | 1       | -1064.9                 | 61.9                       | <b>-1126.6</b>   | 894.5  | 653.2  | <b>586.3</b>                 | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.3                 | 36.46           | 11.10           | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1709.3</b>            | 282.7            | 1944.4           | 803.9            |
|       | 2       | -631.1                  | 13.8                       | <b>-903.7</b>    | 889.9  | 601.9  | <b>575.5</b>                 | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.5                 | 34.89           | 7.82            | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1660.5</b>            | 272.3            | 1865.6           | 796.1            |
|       | 3       | -232.3                  | -30.9                      | <b>-484.1</b>    | 885.2  | 552.2  | <b>547.9</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.6                 | 25.51           | 7.82            | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1349.0</b>            | 252.1            | 1785.8           | 778.6            |
|       | 4       | 132.7                   | -72.2                      | <b>351.7</b>     | 880.5  | 504.2  | <b>504.2</b>                 | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 38.0                        | 11.6                 | 19.04           | 11.62           | 12.08                  | 7.94                     | <b>809.3</b>              | 227.2            | 1713.7           | 759.1            |
|       | 5       | 465.1                   | -110.2                     | <b>648.2</b>     | 875.9  | 457.8  | <b>457.8</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.4                 | 11.95           | 15.21           | 12.51                  | 7.94                     | <b>925.2</b>              | 219.6            | 1607.2           | 746.1            |



| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 472.5                   | -117.3                     | <b>702.0</b>     | 823.2  | 537.4  | <b>537.4</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.8                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>858.0</b>              | 217.6  | 1618.3  | 736.7  |
|       | 2       | 1179.2                  | -200.8                     | <b>1329.2</b>    | 836.8  | 356.3  | <b>356.3</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.9                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1458.0</b>             | 242.5  | 1635.1  | 729.3  |
|       | 3       | 1623.5                  | -253.9                     | <b>1691.6</b>    | 836.8  | 169.8  | <b>169.8</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.2                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1728.0</b>             | 252.6  | 1635.1  | 667.9  |
|       | 4       | 1799.7                  | -274.9                     | <b>1804.2</b>    | 836.8  | 75.4   | <b>75.4</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.4                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1967.4</b>             | 261.7  | 1635.1  | 503.2  |
|       | 5       | 1713.5                  | -264.7                     | <b>1756.0</b>    | 836.8  | -111.1 | <b>-111.1</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.8                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2046.5</b>             | -264.8 | -1635.1 | -429.7 |
| 7     | 1       | 1713.5                  | -264.7                     | <b>1756.0</b>    | 836.8  | -111.1 | <b>-111.1</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.8                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2046.5</b>             | -264.8 | -1635.1 | -429.7 |
|       | 2       | 1485.9                  | -237.4                     | <b>1569.8</b>    | 836.8  | -205.6 | <b>-205.6</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.4                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1967.4</b>             | -261.7 | -1635.1 | -503.2 |
|       | 3       | 1122.5                  | -194.0                     | <b>1247.8</b>    | 836.8  | -300.0 | <b>-300.0</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.2                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1728.0</b>             | -252.6 | -1635.1 | -667.9 |
|       | 4       | 623.3                   | -134.4                     | <b>790.1</b>     | 836.8  | -394.4 | <b>-394.4</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.9                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1458.0</b>             | -242.5 | -1635.1 | -729.3 |
|       | 5       | -11.6                   | -58.5                      | <b>-199.7</b>    | 836.0  | -484.1 | <b>-484.1</b>                | 105.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 37.0                        | 12.3                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>-887.6</b>             | -219.8 | -1660.2 | -752.4 |
| 8     | 1       | -15.3                   | -55.4                      | <b>-202.4</b>    | 882.7  | -402.9 | <b>-402.9</b>                | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.9                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>-890.2</b>             | -218.2 | -1623.5 | -750.0 |
|       | 2       | -309.9                  | -22.1                      | <b>-517.0</b>    | 884.8  | -449.5 | <b>-449.5</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 13.2                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1132.2</b>            | -235.7 | -1705.1 | -764.9 |
|       | 3       | -637.2                  | 14.7                       | <b>-864.9</b>    | 887.0  | -497.8 | <b>-493.4</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.6                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1349.9</b>            | -252.3 | -1785.8 | -778.8 |
|       | 4       | -998.5                  | 55.1                       | <b>-1247.3</b>   | 889.2  | -547.8 | <b>-521.3</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.5                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1660.2</b>            | -272.2 | -1865.6 | -796.1 |
|       | 5       | -1394.9                 | 99.3                       | <b>-1451.5</b>   | 891.5  | -599.4 | <b>-532.1</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.3                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1707.9</b>            | -282.4 | -1944.4 | -803.6 |
| 9     | 1       | -1408.8                 | 82.4                       | <b>-1451.5</b>   | 1074.2 | 127.4  | <b>90.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.4                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1735.6</b>            | 271.2  | 1533.8  | 430.2  |
|       | 2       | -1319.0                 | 72.0                       | <b>-1352.1</b>   | 1092.6 | 62.3   | <b>56.2</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.2                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1795.0</b>            | 274.8  | 1533.8  | 433.8  |
|       | 3       | -1296.9                 | 67.3                       | <b>-1312.7</b>   | 1117.3 | -17.3  | <b>-17.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.4                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1821.8</b>            | -277.7 | -1533.8 | -921.2 |
|       | 4       | -1355.7                 | 69.3                       | <b>-1412.7</b>   | 1148.4 | -111.2 | <b>-91.8</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.4                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1802.2</b>            | -279.3 | -1533.8 | -438.3 |
|       | 5       | -1509.2                 | 78.5                       | <b>-1552.4</b>   | 1185.8 | -219.7 | <b>-122.9</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.5                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1811.8</b>            | -282.7 | -1533.8 | -441.7 |
| 10    | 1       | -1438.4                 | 87.8                       | <b>-1552.4</b>   | 1053.1 | 601.6  | <b>535.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.0                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1726.2</b>            | 269.4  | 1533.8  | 925.5  |
|       | 2       | -823.3                  | 27.8                       | <b>-1046.9</b>   | 1075.7 | 512.4  | <b>504.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.9                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1432.8</b>            | 259.7  | 1533.8  | 915.8  |
|       | 3       | -301.4                  | -21.3                      | <b>-490.7</b>    | 1098.3 | 433.0  | <b>433.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.3                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>-995.7</b>             | 244.6  | 1533.8  | 776.5  |
|       | 4       | 138.1                   | -61.1                      | <b>138.1</b>     | 1120.9 | 363.4  | <b>363.4</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.2                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>819.5</b>              | 238.5  | 1533.8  | 521.8  |
|       | 5       | 506.0                   | -93.0                      | <b>506.0</b>     | 1143.5 | 303.6  | <b>303.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.8                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>895.5</b>              | 243.1  | 1533.8  | 526.3  |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 27 - Carichi stradali: momento flettente max sul giunto (s.l.u.)

CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco

| n° trave | carichi verticali |            | pressione orizzontale a inizio trave |              |        | pressione orizzontale a fine trave |              |        |
|----------|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------|
|          | inizio trave      | fine trave | quiete/altro                         | per deformaz | TOTALE | quiete/altro                       | per deformaz | TOTALE |
|          | N/cm.             | N/cm.      | N/cm.                                | N/cm.        | N/cm.  | N/cm.                              | N/cm.        | N/cm.  |
| 1        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 2        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 3        | 0.0               | 0.0        | 1491.0                               | 0.0          | 1491.0 | 788.8                              | 65.0         | 853.8  |
| 4        | 1461.1            | 418.8      | 788.8                                | 65.0         | 853.8  | 309.3                              | -270.6       | 38.7   |
| 5        | 506.4             | 397.3      | 309.3                                | -270.6       | 38.7   | 259.1                              | -317.6       | -58.5  |
| 6        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 7        | 413.9             | 413.9      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 8        | 397.3             | 506.4      | -86.4                                | -285.3       | -371.7 | -103.1                             | -339.8       | -442.9 |
| 9        | 418.8             | 1461.1     | -103.1                               | -339.8       | -442.9 | -262.9                             | -573.0       | -835.9 |
| 10       | 0.0               | 0.0        | -262.9                               | -573.0       | -835.9 | -497.0                             | 0.0          | -497.0 |
| 11       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 12       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 2                    | 92 069             | 140.3                        | 92 069             | 290.3                        |                    |                              |
| 6     | 1                    | 92 069             | 126.9                        |                    |                              |                    |                              |
| 7     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 8     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 204.3        |                |
| 4     | 204.3        |                |
| 5     | 257.3        |                |
| 6     | 243.0        |                |
| 7     | 243.0        |                |
| 8     | 257.3        |                |
| 9     | 204.3        |                |
| 10    | 204.3        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia |
|------------------|----------------|
|                  | N o N.cm       |
| 13               | 13 583         |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

**SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI**

|          |   |        | sez. 1   | sez. 2   | sez. 3   | sez. 4   | sez. 5   |          |
|----------|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | Incastro |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 1239.00  | 1239.00  | 1239.00  | 1239.00  | 1239.00  |          |
|          | M | (kN.m) | 545.96   | 545.95   | 545.95   | 545.95   | 545.95   |          |
|          | T | (kN)   | -105.27  | -105.27  | -105.27  | -105.27  | -105.27  |          |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 1239.00  | 1216.41  | 1193.83  | 1171.24  | 1148.65  |          |
|          | M | (kN.m) | 545.95   | 341.47   | -26.65   | -539.74  | -1179.09 |          |
|          | T | (kN)   | -105.27  | -261.71  | -401.24  | -523.87  | -629.60  |          |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 1275.64  | 1234.88  | 1196.46  | 1160.35  | 1126.58  |          |
|          | M | (kN.m) | -1247.08 | -1051.92 | -945.72  | -910.84  | -929.65  |          |
|          | T | (kN)   | 262.86   | 158.17   | 72.37    | 5.45     | -42.58   |          |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 864.07   | 858.86   | 844.05   | 838.88   | 833.73   |          |
|          | M | (kN.m) | -878.95  | -414.06  | 9.93     | 342.90   | 643.26   |          |
|          | T | (kN)   | 698.27   | 646.99   | 505.79   | 457.81   | 411.47   |          |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 786.12   | 799.54   | 799.54   | 799.54   | 799.54   |          |
|          | M | (kN.m) | 648.77   | 1156.27  | 1401.42  | 1505.06  | 1472.96  |          |
|          | T | (kN)   | 396.40   | 305.82   | 119.32   | 24.88    | -69.55   |          |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 799.54   | 799.54   | 799.54   | 799.54   | 798.66   |          |
|          | M | (kN.m) | 1472.96  | 1305.10  | 1001.50  | 562.15   | -12.95   |          |
|          | T | (kN)   | -69.55   | -163.99  | -258.42  | -352.85  | -442.93  |          |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 841.23   | 843.33   | 845.49   | 847.70   | 849.98   |          |
|          | M | (kN.m) | -15.39   | -284.01  | -585.46  | -920.87  | -1291.37 |          |
|          | T | (kN)   | -365.40  | -412.05  | -460.35  | -510.30  | -561.90  |          |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 1018.19  | 1036.79  | 1062.05  | 1093.96  | 1132.52  |          |
|          | M | (kN.m) | -1301.70 | -1211.81 | -1189.11 | -1246.74 | -1397.85 |          |
|          | T | (kN)   | 127.50   | 62.62    | -16.35   | -109.39  | -216.52  |          |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 1011.55  | 1034.13  | 1056.72  | 1079.31  | 1101.90  |          |
|          | M | (kN.m) | -1332.53 | -751.54  | -261.15  | 148.58   | 487.58   |          |
|          | T | (kN)   | 569.33   | 482.91   | 405.47   | 337.03   | 277.57   |          |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
|          | M | (kN.m) | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
|          | T | (kN)   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 277.57   | 277.57   | 277.57   | 277.57   | 277.57   |          |
|          | M | (kN.m) | 487.58   | 365.68   | 243.79   | 121.89   | 0.00     |          |
|          | T | (kN)   | -1101.90 | -1101.90 | -1101.90 | -1101.90 | -1101.90 |          |

Cerniera esterna

**SPOSTAMENTI NODALI**

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= 0.00000      |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= 0.00000      | X(3)= 0.00            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= 0.33412      | X(6)= -0.29           | X(7)= -0.65            |
| inizio trave 5  | X(8)= 2.15791      | X(9)= -4.16           | X(10)= 3.25            |
| inizio trave 6  | X(11)= 2.15695     | X(12)= -11.37         | X(13)= 3.89            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.41724    | X(15)= -16.78         | X(16)= 3.69            |
| inizio trave 8  | X(17)= -2.26794    | X(18)= -8.13          | X(19)= 3.49            |
| inizio trave 9  | X(20)= -1.71363    | X(21)= -1.52          | X(22)= 4.08            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.57437     | X(24)= 0.31           | X(25)= 5.75            |
| inizio trave 11 | X(26)= 1.28483     | X(27)= 0.57           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 1.28483     | X(27)= 0.57           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 1.28451     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 27 - Carichi stradali: momento flettente max sul giunto (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 1.25$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra)  $a_{sx} = 0\%$   $a_{dx} = 0\%$   
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.69$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.23$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a sx: 12.02 m. a dx: 12.02 m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.50$   $g_2 = 1.50$   $g_3 = 1.50$  ( $g_3 = 0.5$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.50$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 0.5 sul fianco destro

### CARICHI MOBILI:

Le forze verticali agenti su un arco solo tengono conto di:

Incremento dinamico  $q_2 = 1.320$   
 Coefficiente di ripartizione trasversale tra gli archi  $Y_9 = 0.237$   
 Coefficiente moltiplicativo dei carichi mobili  $q_1 = q_3 = 1.5$   
 $q_1 a$ : gruppo di 3 forze da  $20t \times 1.320 \times 0.237 \times 1.500 \times 9.81 = 92.1$  kN/cad.  
 alle distanze dalla facc. interna del ritto sinistro di m 3.75, 5.25, 6.75  
 Carichi distribuiti  $q_1 b = 13.8$  kN/m/arco a partire da m 6,00 dalle forze  $q_1 a$   
 Frenata: 20% di  $60t \times 1.5 \times 9.81 / 13$  archi = 13.6 kN/arco

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne |                         |                  |        |        |                           | Descrizione delle sezioni |                    |                      |                        |                   | Aree dei ferri  |                 |                     |                       | Sollecitazioni resistenti |                  |                  |                  |
|-------|---------|------------------------|-------------------------|------------------|--------|--------|---------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |         | Md<br>baricentrico     | e1<br>distanza da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione appoggi | H<br>altezza totale       | Y<br>altezza utile | B5<br>lato compresso | B1<br>larghezza taglio | X1<br>asse neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri piegati | A4<br>totale staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | V <sub>Rd1</sub> | V <sub>Rd2</sub> | V <sub>Rd3</sub> |
|       |         | kN.m                   | cm                      | kN.m             | kN     | kN     | kN                        | cm                        | cm                 | cm                   | cm                     | cm                | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>     | cm <sup>2</sup> /m    | kN.m                      | kN               | kN               | kN               |
| 3     | 1       | 545.9                  | -92.8                   | <b>545.9</b>     | 1239.0 | -105.3 | <b>-105.3</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.3              | 10.30           | 10.81           | 0.00                | 8.95                  | <b>938.2</b>              | -251.8           | -1533.8          | -535.0           |
|       | 2       | 341.5                  | -76.8                   | <b>341.5</b>     | 1216.4 | -261.7 | <b>-261.7</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 12.8              | 10.30           | 8.80            | 0.00                | 8.95                  | <b>862.4</b>              | -247.2           | -1533.8          | -530.5           |
|       | 3       | -26.7                  | -46.5                   | <b>-206.8</b>    | 1193.8 | -401.2 | <b>-401.2</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.7              | 15.43           | 8.80            | 5.32                | 8.95                  | <b>-1035.2</b>            | -253.4           | -1533.8          | -785.2           |
|       | 4       | -539.7                 | -2.7                    | <b>-770.4</b>    | 1171.2 | -523.9 | <b>-516.0</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 16.5              | 29.28           | 8.80            | 5.32                | 12.88                 | <b>-1471.0</b>            | -268.4           | -1533.8          | -924.5           |
|       | 5       | -1179.1                | 53.9                    | <b>-1298.4</b>   | 1148.7 | -629.6 | <b>-564.5</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 18.6              | 38.81           | 9.17            | 5.32                | 12.88                 | <b>-1763.1</b>            | -278.1           | -1533.8          | -934.2           |
| 4     | 1       | -1247.1                | 49.0                    | <b>-1298.4</b>   | 1275.6 | 262.9  | <b>166.6</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 19.2              | 39.79           | 11.69           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1846.4</b>            | 290.9            | 1533.8           | 449.9            |
|       | 2       | -1051.9                | 36.4                    | <b>-1128.2</b>   | 1234.9 | 158.2  | <b>138.8</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 17.9              | 39.79           | 16.10           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1836.4</b>            | 287.2            | 1533.8           | 446.2            |
|       | 3       | -945.7                 | 30.3                    | <b>-983.9</b>    | 1196.5 | 72.4   | <b>72.4</b>               | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 17.9              | 40.79           | 16.10           | 0.00                | 20.34                 | <b>-1853.1</b>            | 284.9            | 1533.8           | 928.4            |
|       | 4       | -910.8                 | 29.7                    | <b>-918.9</b>    | 1160.4 | 5.5    | <b>1.8</b>                | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 17.6              | 40.26           | 16.10           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1821.9</b>            | 281.0            | 1533.8           | 440.0            |
|       | 5       | -929.7                 | 33.8                    | <b>-944.9</b>    | 1126.6 | -42.6  | <b>-20.0</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 17.7              | 38.72           | 12.64           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1756.2</b>            | -276.0           | -1533.8          | -435.0           |
| 5     | 1       | -878.9                 | 44.6                    | <b>-944.9</b>    | 864.1  | 698.3  | <b>631.4</b>              | 107.0                     | 97.5               | 125.0                | 44.0                   | 16.1              | 36.46           | 11.10           | 9.99                | 7.94                  | <b>-1694.7</b>            | 280.0            | 1944.4           | 801.2            |
|       | 2       | -414.1                 | -8.9                    | <b>-706.5</b>    | 858.9  | 647.0  | <b>620.6</b>              | 107.0                     | 98.0               | 125.0                | 42.0                   | 16.3              | 34.89           | 7.82            | 9.99                | 7.94                  | <b>-1645.6</b>            | 269.6            | 1865.6           | 793.5            |
|       | 3       | 9.9                    | -58.3                   | <b>261.5</b>     | 844.1  | 505.8  | <b>536.6</b>              | 107.0                     | 100.5              | 125.0                | 40.0                   | 10.8              | 25.51           | 7.82            | 6.39                | 7.94                  | <b>665.0</b>              | 231.2            | 1822.1           | 768.4            |
|       | 4       | 342.9                  | -98.0                   | <b>541.1</b>     | 838.9  | 457.8  | <b>467.6</b>              | 107.0                     | 99.5               | 125.0                | 38.0                   | 11.4              | 19.04           | 11.62           | 12.08               | 7.94                  | <b>791.4</b>              | 223.8            | 1713.7           | 755.7            |
|       | 5       | 643.3                  | -134.3                  | <b>771.5</b>     | 833.7  | 411.5  | <b>421.3</b>              | 107.0                     | 98.5               | 125.0                | 36.0                   | 12.2              | 11.95           | 15.21           | 12.51               | 7.94                  | <b>907.3</b>              | 216.3            | 1607.2           | 742.8            |

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |        |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN     | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 648.8                   | -142.4                     | <b>816.4</b>     | 786.1  | 396.4  | <b>396.4</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.7                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>843.8</b>              | 214.6  | 1618.3  | 733.7  |
|       | 2       | 1156.3                  | -204.5                     | <b>1249.5</b>    | 799.5  | 305.8  | <b>305.8</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.8                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1444.5</b>             | 239.5  | 1635.1  | 726.3  |
|       | 3       | 1401.4                  | -235.2                     | <b>1447.4</b>    | 799.5  | 119.3  | <b>119.3</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.1                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1714.9</b>             | 249.6  | 1635.1  | 664.9  |
|       | 4       | 1505.1                  | -248.1                     | <b>1509.7</b>    | 799.5  | 24.9   | <b>24.9</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.2                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1954.7</b>             | 258.7  | 1635.1  | 500.1  |
|       | 5       | 1473.0                  | -244.1                     | <b>1497.2</b>    | 799.5  | -69.6  | <b>-69.6</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.6                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2033.9</b>             | -261.7 | -1635.1 | -426.6 |
| 7     | 1       | 1473.0                  | -244.1                     | <b>1497.2</b>    | 799.5  | -69.6  | <b>-69.6</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.6                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>2033.9</b>             | -261.7 | -1635.1 | -426.6 |
|       | 2       | 1305.1                  | -223.1                     | <b>1370.7</b>    | 799.5  | -164.0 | <b>-164.0</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.2                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1954.7</b>             | -258.7 | -1635.1 | -500.1 |
|       | 3       | 1001.5                  | -185.1                     | <b>1108.6</b>    | 799.5  | -258.4 | <b>-258.4</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.1                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1714.9</b>             | -249.6 | -1635.1 | -664.9 |
|       | 4       | 562.1                   | -130.2                     | <b>710.6</b>     | 799.5  | -352.9 | <b>-352.9</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.8                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1444.5</b>             | -239.5 | -1635.1 | -726.3 |
|       | 5       | -12.9                   | -58.3                      | <b>-181.5</b>    | 798.7  | -442.9 | <b>-442.9</b>                | 105.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 37.0                        | 12.0                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>-867.6</b>             | -216.7 | -1660.2 | -749.3 |
| 8     | 1       | -15.4                   | -55.3                      | <b>-185.7</b>    | 841.2  | -365.4 | <b>-365.4</b>                | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.7                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>-869.3</b>             | -214.8 | -1623.5 | -746.7 |
|       | 2       | -284.0                  | -23.5                      | <b>-474.5</b>    | 843.3  | -412.1 | <b>-412.1</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 13.0                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1111.5</b>            | -232.3 | -1705.1 | -761.4 |
|       | 3       | -585.5                  | 12.1                       | <b>-796.5</b>    | 845.5  | -460.4 | <b>-456.0</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 14.4                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1329.4</b>            | -248.8 | -1785.8 | -775.3 |
|       | 4       | -920.9                  | 51.5                       | <b>-1153.1</b>   | 847.7  | -510.3 | <b>-483.8</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 16.2                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1640.2</b>            | -268.7 | -1865.6 | -792.5 |
|       | 5       | -1291.4                 | 94.8                       | <b>-1344.5</b>   | 850.0  | -561.9 | <b>-494.6</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 16.0                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1687.9</b>            | -278.8 | -1944.4 | -799.9 |
| 9     | 1       | -1301.7                 | 79.1                       | <b>-1344.5</b>   | 1018.2 | 127.5  | <b>90.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.0                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1713.4</b>            | 266.1  | 1533.8  | 425.1  |
|       | 2       | -1211.8                 | 68.1                       | <b>-1245.0</b>   | 1036.8 | 62.6   | <b>56.5</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.9                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1772.7</b>            | 269.7  | 1533.8  | 428.7  |
|       | 3       | -1189.1                 | 63.2                       | <b>-1204.5</b>   | 1062.0 | -16.3  | <b>-16.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.1                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1799.8</b>            | -272.6 | -1533.8 | -916.1 |
|       | 4       | -1246.7                 | 65.2                       | <b>-1302.8</b>   | 1094.0 | -109.4 | <b>-90.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.1                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1780.5</b>            | -274.3 | -1533.8 | -433.3 |
|       | 5       | -1397.8                 | 74.7                       | <b>-1440.5</b>   | 1132.5 | -216.5 | <b>-121.1</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 18.2                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1791.1</b>            | -277.8 | -1533.8 | -436.8 |
| 10    | 1       | -1332.5                 | 83.0                       | <b>-1440.5</b>   | 1011.5 | 569.3  | <b>505.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.7                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1710.0</b>            | 265.6  | 1533.8  | 921.7  |
|       | 2       | -751.5                  | 23.9                       | <b>-962.5</b>    | 1034.1 | 482.9  | <b>475.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.7                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1416.1</b>            | 255.9  | 1533.8  | 912.0  |
|       | 3       | -261.2                  | -24.0                      | <b>-438.7</b>    | 1056.7 | 405.5  | <b>405.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.1                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>-978.4</b>             | 240.8  | 1533.8  | 772.7  |
|       | 4       | 148.6                   | -62.5                      | <b>148.6</b>     | 1079.3 | 337.0  | <b>337.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.0                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>800.8</b>              | 234.7  | 1533.8  | 518.0  |
|       | 5       | 487.6                   | -93.0                      | <b>487.6</b>     | 1101.9 | 277.6  | <b>277.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.6                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>876.9</b>              | 239.3  | 1533.8  | 522.5  |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

VERIFICA SEZIONI a stato limite ultimo Caso più gravoso fra le condizioni di carico n° 10, 20, 21, 22, 25, 26, 27

Coefficiente di ripartizione trasversale per i carichi mobili: 0.237

| TRAVE | sezione | Condizione di carico | Sollecitazioni esterne |                         |                                   |        |        | Descrizione delle sezioni |                     |                    |                     |                        | Aree dei ferri    |               |               |                     | Sollecitazioni resistenti |                  |        |        |        |
|-------|---------|----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------|--------|---------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------------|------------------|--------|--------|--------|
|       |         |                      | Md<br>baricentrico     | e1<br>distanza da facc. | Md +<br>décalage +<br>ecc.incert. | Nd     | Vd     | Vd -<br>riduzionee        | H<br>altezza totale | Y<br>altezza utile | B5<br>lato compreso | B1<br>larghezza taglio | X1<br>asse neutro | A1<br>esterni | A2<br>interni | A3<br>ferri piegati | A4<br>totale staffe/m     | Mrd<br>baricentr | VRd1   | VRd2   | VRd3   |
|       |         |                      | kN.m                   | cm                      | kN.m                              | kN     | kN     | kN                        | cm                  | cm                 | cm                  | cm                     | cm                | cm2           | cm2           | cm2                 | cm2/m                     | kN.m             | kN     | kN     | kN     |
| 3     | 1       | 22dx                 | 554.3                  | -93.0                   | <b>554.3</b>                      | 1252.7 | 350.3  | <b>350.3</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 13.4              | 10.30         | 10.81         | 0.00                | 8.95                      | <b>944.3</b>     | 253.0  | 1533.8 | 536.3  |
|       |         | 22dx                 | 554.3                  | -93.0                   | <b>554.3</b>                      | 1252.7 | 350.3  | <b>350.3</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 13.4              | 10.30         | 10.81         | 0.00                | 8.95                      | <b>944.3</b>     | 253.0  | 1533.8 | 536.3  |
| 3     | 2       | 10sx                 | 367.8                  | -80.8                   | <b>367.8</b>                      | 1148.3 | -216.4 | <b>-216.4</b>             | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 12.4              | 10.30         | 8.80          | 0.00                | 8.95                      | <b>831.8</b>     | -241.0 | #####  | -524.3 |
|       |         | 22dx                 | 134.9                  | -59.7                   | <b>134.9</b>                      | 1230.1 | 409.5  | <b>409.5</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 12.8              | 10.30         | 8.80          | 0.00                | 8.95                      | <b>868.5</b>     | 248.5  | 1533.8 | 531.7  |
| 3     | 3       | 21sx                 | 3.3                    | -49.1                   | <b>168.9</b>                      | 1109.4 | -380.6 | <b>-380.6</b>             | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 11.8              | 15.43         | 8.80          | 5.32                | 8.95                      | <b>814.5</b>     | -237.5 | #####  | -769.3 |
|       |         | 22dx                 | -354.5                 | -19.4                   | <b>-562.1</b>                     | 1207.5 | 477.0  | <b>477.0</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 13.8              | 15.43         | 8.80          | 5.32                | 8.95                      | <b>-1040.9</b>   | 254.6  | 1533.8 | 786.5  |
|       |         | 22dx                 | -354.5                 | -19.4                   | <b>-562.1</b>                     | 1207.5 | 477.0  | <b>477.0</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 13.8              | 15.43         | 8.80          | 5.32                | 8.95                      | <b>-1040.9</b>   | 254.6  | 1533.8 | 786.5  |
| 3     | 4       | 22dx                 | -923.1                 | 29.2                    | <b>-1163.5</b>                    | 1184.9 | 552.8  | <b>545.4</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 16.6              | 29.28         | 8.80          | 5.32                | 12.88                     | <b>-1476.5</b>   | 269.7  | 1533.8 | 925.8  |
|       |         | 22dx                 | -923.1                 | 29.2                    | <b>-1163.5</b>                    | 1184.9 | 552.8  | <b>545.4</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 16.6              | 29.28         | 8.80          | 5.32                | 12.88                     | <b>-1476.5</b>   | 269.7  | 1533.8 | 925.8  |
| 3     | 5       | 22dx                 | -1580.3                | 87.2                    | <b>-1700.9</b>                    | 1162.4 | 637.1  | <b>575.2</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 18.7              | 38.81         | 9.17          | 5.32                | 12.88                     | <b>-1768.4</b>   | 279.3  | 1533.8 | 935.4  |
|       |         | 22dx                 | -1580.3                | 87.2                    | <b>-1700.9</b>                    | 1162.4 | 637.1  | <b>575.2</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 18.7              | 38.81         | 9.17          | 5.32                | 12.88                     | <b>-1768.4</b>   | 279.3  | 1533.8 | 935.4  |
| 4     | 1       | 22dx                 | -1648.7                | 79.1                    | <b>-1700.9</b>                    | 1289.7 | -267.7 | <b>-173.2</b>             | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 19.3              | 39.79         | 11.69         | 0.00                | 5.03                      | <b>-1851.8</b>   | -292.2 | #####  | -451.2 |
|       |         | 22dx                 | -1648.7                | 79.1                    | <b>-1700.9</b>                    | 1289.7 | -267.7 | <b>-173.2</b>             | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 19.3              | 39.79         | 11.69         | 0.00                | 5.03                      | <b>-1851.8</b>   | -292.2 | #####  | -451.2 |
| 4     | 2       | 22dx                 | -1448.9                | 67.2                    | <b>-1527.2</b>                    | 1249.4 | -162.5 | <b>-143.6</b>             | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 18.0              | 39.79         | 16.10         | 0.00                | 5.03                      | <b>-1842.1</b>   | -288.5 | #####  | -447.5 |
|       |         | 22dx                 | -1448.9                | 67.2                    | <b>-1527.2</b>                    | 1249.4 | -162.5 | <b>-143.6</b>             | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 18.0              | 39.79         | 16.10         | 0.00                | 5.03                      | <b>-1842.1</b>   | -288.5 | #####  | -447.5 |
| 4     | 3       | 21dx                 | -1357.3                | 68.2                    | <b>-1379.6</b>                    | 1160.8 | -33.1  | <b>-33.1</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 17.7              | 40.79         | 16.10         | 0.00                | 20.34                     | <b>-1839.0</b>   | -281.7 | #####  | -925.1 |
|       |         | 27sx                 | -945.7                 | 30.3                    | <b>-983.9</b>                     | 1196.5 | 72.4   | <b>72.4</b>               | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 17.9              | 40.79         | 16.10         | 0.00                | 20.34                     | <b>-1853.1</b>   | 284.9  | 1533.8 | 928.4  |
| 4     | 4       | 21dx                 | -1363.7                | 71.5                    | <b>-1389.0</b>                    | 1134.3 | 44.5   | <b>38.7</b>               | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 17.4              | 40.26         | 16.10         | 0.00                | 5.03                      | <b>-1811.6</b>   | 278.6  | 1533.8 | 437.6  |
|       |         | 22sx                 | -994.1                 | 42.2                    | <b>-1034.2</b>                    | 1092.8 | -80.4  | <b>-75.6</b>              | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 17.2              | 40.26         | 16.10         | 0.00                | 5.03                      | <b>-1795.1</b>   | -274.8 | #####  | -433.8 |
| 4     | 5       | 21dx                 | -1435.7                | 80.2                    | <b>-1472.0</b>                    | 1113.8 | 107.2  | <b>72.0</b>               | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 17.6              | 38.72         | 12.64         | 0.00                | 5.03                      | <b>-1751.2</b>   | 274.8  | 1533.8 | 433.8  |
|       |         | 22sx                 | -1097.3                | 54.1                    | <b>-1142.7</b>                    | 1067.2 | -137.5 | <b>-108.2</b>             | 100.0               | 94.0               | 125.0               | 36.0                   | 17.3              | 38.72         | 12.64         | 0.00                | 5.03                      | <b>-1732.8</b>   | -270.5 | #####  | -429.6 |

| TRAVE | sezione | Condizione di carico | Sollecitazioni esterne |                         |                                   |       |        | Descrizione delle sezioni |                     |                    |                      |                        | Aree dei ferri    |               |               |                     | Sollecitazioni resistenti |                  |        |        |        |
|-------|---------|----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------|--------|---------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------------|------------------|--------|--------|--------|
|       |         |                      | Md<br>baricentrico     | e1<br>distanza da facc. | Md +<br>décalage +<br>ecc.incert. | Nd    | Vd     | Vd -<br>riduzione         | H<br>altezza totale | Y<br>altezza utile | B5<br>lato compresso | B1<br>larghezza taglio | X1<br>asse neutro | A1<br>esterni | A2<br>interni | A3<br>ferri piegati | A4<br>totale staffe/m     | Mrd<br>baricentr | VRd1   | VRd2   | VRd3   |
|       |         |                      | kN.m                   | cm                      | kN.m                              | kN    | kN     | kN                        | cm                  | cm                 | cm                   | cm                     | cm                | cm2           | cm2           | cm2                 | cm2/m                     | kN.m             | kN     | kN     | kN     |
| 5     | 1       | 21dx                 | -1411.5                | 98.6                    | <b>-1472.0</b>                    | 906.0 | -640.9 | <b>-573.7</b>             | 107.0               | 97.5               | 125.0                | 44.0                   | 16.3              | 36.46         | 11.10         | 9.99                | 7.94                      | <b>-1714.9</b>   | -283.7 | #####  | -804.9 |
|       |         | 22dx                 | -1295.4                | 85.1                    | <b>-1362.2</b>                    | 910.7 | -707.2 | <b>-640.0</b>             | 107.0               | 97.5               | 125.0                | 44.0                   | 16.4              | 36.46         | 11.10         | 9.99                | 7.94                      | <b>-1717.1</b>   | -284.1 | #####  | -805.3 |
| 5     | 2       | 21dx                 | -986.4                 | 52.0                    | <b>-1253.4</b>                    | 903.4 | -589.4 | <b>-562.9</b>             | 107.0               | 98.0               | 125.0                | 42.0                   | 16.6              | 34.89         | 7.82          | 9.99                | 7.94                      | <b>-1667.0</b>   | -273.5 | #####  | -797.3 |
|       |         | 22dx                 | -824.5                 | 33.7                    | <b>-1120.8</b>                    | 907.6 | -655.7 | <b>-629.2</b>             | 107.0               | 98.0               | 125.0                | 42.0                   | 16.6              | 34.89         | 7.82          | 9.99                | 7.94                      | <b>-1669.0</b>   | -273.8 | #####  | -797.7 |
| 5     | 3       | 27sx                 | 9.9                    | -58.3                   | <b>261.5</b>                      | 844.1 | 505.8  | <b>536.6</b>              | 107.0               | 100.5              | 125.0                | 40.0                   | 10.8              | 25.51         | 7.82          | 6.39                | 7.94                      | <b>665.0</b>     | 231.2  | 1822.1 | 768.4  |
|       |         | 26dx                 | -637.2                 | 14.7                    | <b>-864.9</b>                     | 887.0 | -497.8 | <b>-493.4</b>             | 107.0               | 98.5               | 125.0                | 40.0                   | 14.6              | 25.51         | 7.82          | 6.39                | 7.94                      | <b>-1349.9</b>   | -252.3 | #####  | -778.8 |
|       |         | 25sx                 | -137.9                 | -41.4                   | <b>-397.8</b>                     | 877.8 | 570.6  | <b>566.2</b>              | 107.0               | 98.5               | 125.0                | 40.0                   | 14.5              | 25.51         | 7.82          | 6.39                | 7.94                      | <b>-1345.4</b>   | 251.5  | 1785.8 | 778.0  |
| 5     | 4       | 27sx                 | 342.9                  | -98.0                   | <b>541.1</b>                      | 838.9 | 457.8  | <b>467.6</b>              | 107.0               | 99.5               | 125.0                | 38.0                   | 11.4              | 19.04         | 11.62         | 12.08               | 7.94                      | <b>791.4</b>     | 223.8  | 1713.7 | 755.7  |
|       |         | 26dx                 | -309.9                 | -22.1                   | <b>-517.0</b>                     | 884.8 | -449.5 | <b>-449.5</b>             | 107.0               | 99.0               | 125.0                | 38.0                   | 13.2              | 19.04         | 11.62         | 12.08               | 7.94                      | <b>-1132.2</b>   | -235.7 | #####  | -764.9 |
|       |         | 25sx                 | 239.9                  | -84.6                   | <b>467.1</b>                      | 873.0 | 522.6  | <b>522.6</b>              | 107.0               | 99.5               | 125.0                | 38.0                   | 11.6              | 19.04         | 11.62         | 12.08               | 7.94                      | <b>806.1</b>     | 226.6  | 1713.7 | 758.5  |
| 5     | 5       | 27sx                 | 643.3                  | -134.3                  | <b>771.5</b>                      | 833.7 | 411.5  | <b>421.3</b>              | 107.0               | 98.5               | 125.0                | 36.0                   | 12.2              | 11.95         | 15.21         | 12.51               | 7.94                      | <b>907.3</b>     | 216.3  | 1607.2 | 742.8  |
|       |         | 25dx                 | -30.5                  | -53.6                   | <b>-210.2</b>                     | 871.3 | -386.5 | <b>-386.5</b>             | 107.0               | 99.5               | 125.0                | 36.0                   | 11.9              | 11.95         | 15.21         | 12.51               | 7.94                      | <b>-884.5</b>    | -217.3 | #####  | -749.1 |
|       |         | 25sx                 | 585.0                  | -124.5                  | <b>755.2</b>                      | 868.3 | 476.2  | <b>476.2</b>              | 107.0               | 98.5               | 125.0                | 36.0                   | 12.3              | 11.95         | 15.21         | 12.51               | 7.94                      | <b>921.9</b>     | 219.0  | 1607.2 | 745.5  |
| 6     | 1       | 27sx                 | 648.8                  | -142.4                  | <b>816.4</b>                      | 786.1 | 396.4  | <b>396.4</b>              | 105.0               | 96.5               | 125.0                | 37.0                   | 11.7              | 11.95         | 15.21         | 12.51               | 7.99                      | <b>843.8</b>     | 214.6  | 1618.3 | 733.7  |
|       |         | 25dx                 | -27.5                  | -56.6                   | <b>-205.4</b>                     | 826.4 | -466.8 | <b>-466.8</b>             | 105.0               | 99.0               | 125.0                | 37.0                   | 12.2              | 11.95         | 15.21         | 12.51               | 7.99                      | <b>-882.4</b>    | -219.0 | #####  | -751.6 |
|       |         | 22dx                 | 392.9                  | -106.6                  | <b>620.3</b>                      | 840.3 | -592.1 | <b>-592.1</b>             | 105.0               | 96.5               | 125.0                | 37.0                   | 11.9              | 11.95         | 15.21         | 12.51               | 7.99                      | <b>864.6</b>     | -219.0 | #####  | -738.1 |
| 6     | 2       | 25sx                 | 1212.7                 | -206.5                  | <b>1349.6</b>                     | 827.3 | 373.8  | <b>373.8</b>              | 105.0               | 97.5               | 125.0                | 37.0                   | 14.9              | 11.00         | 32.79         | 4.80                | 7.99                      | <b>1454.6</b>    | 241.7  | 1635.1 | 728.6  |
|       |         | 21dx                 | 785.8                  | -152.9                  | <b>971.3</b>                      | 845.1 | -437.3 | <b>-437.3</b>             | 105.0               | 97.5               | 125.0                | 37.0                   | 15.0              | 11.00         | 32.79         | 4.80                | 7.99                      | <b>1461.0</b>    | -243.2 | #####  | -730.0 |
| 6     | 3       | 26sx                 | 1623.5                 | -253.9                  | <b>1691.6</b>                     | 836.8 | 169.8  | <b>169.8</b>              | 105.0               | 97.5               | 125.0                | 37.0                   | 16.2              | 11.00         | 40.99         | 3.27                | 7.99                      | <b>1728.0</b>    | 252.6  | 1635.1 | 667.9  |
|       |         | 21dx                 | 1346.5                 | -219.2                  | <b>1490.6</b>                     | 845.1 | -342.9 | <b>-342.9</b>             | 105.0               | 97.5               | 125.0                | 37.0                   | 16.3              | 11.00         | 40.99         | 3.27                | 7.99                      | <b>1730.9</b>    | -253.3 | #####  | -668.6 |
| 6     | 4       | 21sx                 | 1811.4                 | -277.7                  | <b>1859.7</b>                     | 831.6 | 124.6  | <b>124.6</b>              | 105.0               | 97.5               | 125.0                | 37.0                   | 17.4              | 11.00         | 48.35         | 1.64                | 5.03                      | <b>1965.6</b>    | 261.3  | 1635.1 | 502.8  |
|       |         | 26dx                 | 1485.9                 | -237.4                  | <b>1569.8</b>                     | 836.8 | -205.6 | <b>-205.6</b>             | 105.0               | 97.5               | 125.0                | 37.0                   | 17.4              | 11.00         | 48.35         | 1.64                | 5.03                      | <b>1967.4</b>    | -261.7 | #####  | -503.2 |
| 6     | 5       | 21sx                 | 1922.6                 | -291.1                  | <b>1922.6</b>                     | 831.6 | 30.2   | <b>30.2</b>               | 105.0               | 97.5               | 125.0                | 37.0                   | 17.7              | 11.00         | 50.81         | 0.00                | 5.03                      | <b>2044.8</b>    | 264.3  | 1635.1 | 429.3  |
|       |         | 26sx                 | 1713.5                 | -264.7                  | <b>1756.0</b>                     | 836.8 | -111.1 | <b>-111.1</b>             | 105.0               | 97.5               | 125.0                | 37.0                   | 17.8              | 11.00         | 50.81         | 0.00                | 5.03                      | <b>2046.5</b>    | -264.8 | #####  | -429.7 |

**Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22**

**VERIFICA A FESSURAZIONE: FI e FIII (apertura < 0.10 mm) -**

Caso più gravoso fra le condizioni di carico n° 41, 61, 65, 66

per FIII:  $\Psi_2 = 0.588$

| TRAVE | sezione | Condizione di carico | Sollecitazioni       |                         |                          |       |        | Descrizione delle sezioni |                     |                      |                        |                   | Aree dei ferri |       |                      |                          | Tensioni massime assolute |                |              |                   |                   | Apertura fessure $W_k$ |
|-------|---------|----------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|--------|---------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|-------------------|----------------|-------|----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|--------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|       |         |                      | M0                   | e1                      | M1                       | N1    | T1     | H                         | Y                   | B5                   | B1                     | X1                | A1             | A2    | A3                   | A4                       | $\sigma_{acc}$            | $\sigma_{cls}$ | $\tau_{cls}$ | $\sigma_{staffe}$ | $\sigma_{f.pieg}$ |                        |
|       |         |                      | baricentrico<br>kN.m | distanza da facc.<br>cm | facciata interna<br>kN.m | kN    | kN     | altezza totale<br>cm      | altezza utile<br>cm | lato compresso<br>cm | larghezza taglio<br>cm | asse neutro<br>cm | cm2            | cm2   | ferri piegati<br>cm2 | totale staffe/m<br>cm2/m | MPa                       | MPa            | MPa          | MPa               | MPa               |                        |
| 3     | 1       | 41sx                 | 347.6                | -93.0                   | 730.6                    | 785.6 | -32.7  | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 55.7              | 10.30          | 10.81 | 0.00                 | 8.95                     | 44.1                      | 4.3            | -0.11        | -                 | -                 | 0.00                   |
|       | 2       | 41sx                 | 249.9                | -81.2                   | 625.6                    | 770.5 | -142.4 | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 85.0              | 10.30          | 8.80  | 0.00                 | 8.95                     | 4.9                       | 3.1            | -0.53        | -                 | -                 | 0.00                   |
|       | 3       | 41sx                 | 36.0                 | -53.5                   | 404.3                    | 755.5 | -242.9 | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 374.8             | 15.43          | 8.80  | 5.32                 | 8.95                     | -16.6                     | 1.5            | -0.86        | 138               | 167               | 0.00                   |
|       | 4       | 41sx                 | -283.9               | -10.4                   | 77.1                     | 740.4 | -334.1 | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 71.0              | 29.28          | 8.80  | 5.32                 | 12.88                    | 16.1                      | 3.3            | -1.18        | 132               | 189               | 0.00                   |
|       | 5       | 41dx                 | -813.3               | 62.1                    | -455.7                   | 733.5 | 412.0  | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 39.8              | 38.81          | 9.17  | 5.32                 | 12.88                    | 157.4                     | 7.7            | 1.34         | 223               | 223               | 0.06                   |
| 4     | 1       | 41dx                 | -860.6               | 56.0                    | -460.0                   | 821.8 | -156.9 | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 40.8              | 39.79          | 11.69 | 0.00                 | 5.03                     | 157.6                     | 8.1            | -0.51        | -                 | -                 | 0.06                   |
|       | 2       | 41dx                 | -751.6               | 45.8                    | -363.9                   | 795.1 | -78.4  | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 42.0              | 39.79          | 16.10 | 0.00                 | 5.03                     | 129.0                     | 7.0            | -0.26        | -                 | -                 | 0.05                   |
|       | 3       | 41dx                 | -710.9               | 43.4                    | -334.7                   | 771.6 | -10.6  | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 42.9              | 40.79          | 16.10 | 0.00                 | 20.34                    | 117.4                     | 6.6            | -0.03        | -                 | -                 | 0.04                   |
|       | 4       | 41dx                 | -728.4               | 48.2                    | -362.2                   | 751.3 | 46.4   | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 41.8              | 40.26          | 16.10 | 0.00                 | 5.03                     | 125.7                     | 6.7            | 0.15         | -                 | -                 | 0.04                   |
|       | 5       | 41dx                 | -794.2               | 59.4                    | -436.4                   | 734.1 | 92.6   | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 39.8              | 38.72          | 12.64 | 0.00                 | 5.03                     | 151.6                     | 7.4            | 0.30         | -                 | -                 | 0.06                   |
| 5     | 1       | 41dx                 | -787.1               | 71.5                    | -437.5                   | 611.8 | -403.3 | 107.0                     | 97.5                | 125.0                | 44.0                   | 38.0              | 36.46          | 11.10 | 9.99                 | 7.94                     | 152.5                     | 6.5            | -1.04        | 191               | 191               | 0.05                   |
|       | 2       | 41sx                 | -457.9               | 17.9                    | -109.3                   | 610.1 | 354.6  | 107.0                     | 98.0                | 125.0                | 42.0                   | 49.6              | 34.89          | 7.82  | 9.99                 | 7.94                     | 59.0                      | 4.0            | 0.97         | 206               | 169               | 0.00                   |
|       | 3       | 41sx                 | -226.4               | -19.9                   | 120.6                    | 607.2 | 315.4  | 107.0                     | 98.5                | 125.0                | 40.0                   | 89.3              | 25.51          | 7.82  | 6.39                 | 7.94                     | 3.3                       | 2.2            | 1.02         | 208               | 208               | 0.00                   |
|       | 4       | 41sx                 | -21.6                | -53.6                   | 323.8                    | 604.4 | 277.2  | 107.0                     | 99.0                | 125.0                | 38.0                   | 399.0             | 19.04          | 11.62 | 12.08                | 7.94                     | -10.9                     | 1.0            | 0.88         | 169               | 117               | 0.00                   |
|       | 5       | 41sx                 | 157.2                | -83.3                   | 501.0                    | 601.6 | 240.2  | 107.0                     | 98.5                | 125.0                | 36.0                   | 104.9             | 11.95          | 15.21 | 12.51                | 7.94                     | -1.5                      | 1.6            | 0.80         | 146               | 99                | 0.00                   |
| 6     | 1       | 41sx                 | 157.6                | -87.4                   | 500.9                    | 573.3 | 295.6  | 105.0                     | 96.5                | 125.0                | 37.0                   | 84.3              | 11.95          | 15.21 | 12.51                | 7.99                     | 3.6                       | 1.7            | 1.02         | 189               | 124               | 0.00                   |
|       | 2       | 65sx                 | 577.8                | -168.2                  | 897.2                    | 533.4 | 216.2  | 105.0                     | 97.5                | 125.0                | 37.0                   | 33.4              | 11.00          | 32.79 | 4.80                 | 7.99                     | 135.2                     | 4.7            | 0.67         | 157               | 157               | 0.05                   |
|       | 3       | 66sx                 | 826.2                | -214.0                  | 1147.1                   | 535.9 | 120.7  | 105.0                     | 97.5                | 125.0                | 37.0                   | 33.2              | 11.00          | 40.99 | 3.27                 | 7.99                     | 176.9                     | 6.1            | 0.37         | -                 | -                 | 0.09                   |
|       | 4       | 61sx                 | 958.0                | -237.8                  | 1280.4                   | 538.4 | 72.4   | 105.0                     | 97.5                | 125.0                | 37.0                   | 34.6              | 11.00          | 48.35 | 1.64                 | 5.03                     | 181.6                     | 6.7            | 0.22         | -                 | -                 | 0.09                   |
|       | 5       | 61dx                 | 1016.8               | -248.8                  | 1339.2                   | 538.4 | -17.9  | 105.0                     | 97.5                | 125.0                | 37.0                   | 34.9              | 11.00          | 50.81 | 0.00                 | 5.03                     | 186.2                     | 6.9            | -0.06        | -                 | -                 | 0.09                   |



**Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22**

**VERIFICA A FESSURAZIONE: FII (apertura fessure < 0.20 mm) -** Caso più gravoso fra le condizioni di carico n° 51, 55, 56

$\Psi_1 = 0.850$

| TRAVE | sezione | Condizione di carico | Sollecitazioni       |                         |                          |       |        | Descrizione delle sezioni |                     |                      |                        |                   | Aree dei ferri |       |                      |                          | Tensioni massime assolute |                |              |                   |                   | Apertura fessure $W_k$<br>mm |
|-------|---------|----------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|--------|---------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|-------------------|----------------|-------|----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|--------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
|       |         |                      | M0                   | e1                      | M1                       | N1    | T1     | H                         | Y                   | B5                   | B1                     | X1                | A1             | A2    | A3                   | A4                       | $\sigma_{acc}$            | $\sigma_{cls}$ | $\tau_{cls}$ | $\sigma_{staffe}$ | $\sigma_{f.pieg}$ |                              |
|       |         |                      | baricentrico<br>kN.m | distanza da facc.<br>cm | facciata interna<br>kN.m | kN    | kN     | altezza totale<br>cm      | altezza utile<br>cm | lato compresso<br>cm | larghezza taglio<br>cm | asse neutro<br>cm | cm2            | cm2   | ferri piegati<br>cm2 | totale staffe/m<br>cm2/m | MPa                       | MPa            | MPa          | MPa               | MPa               |                              |
| 3     | 1       | 51sx                 | 328.8                | -93.0                   | 691.0                    | 743.0 | -27.9  | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 55.7              | 10.30          | 10.81 | 0.00                 | 8.95                     | 41.7                      | 4.0            | -0.09        | -                 | -                 | 0.00                         |
|       | 2       | 51sx                 | 237.2                | -81.3                   | 592.1                    | 728.0 | -136.2 | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 84.5              | 10.30          | 8.80  | 0.00                 | 8.95                     | 4.9                       | 2.9            | -0.51        | -                 | -                 | 0.00                         |
|       | 3       | 51sx                 | 30.9                 | -53.1                   | 378.5                    | 712.9 | -235.2 | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 414.5             | 15.43          | 8.80  | 5.32                 | 8.95                     | -15.9                     | 1.4            | -0.83        | 134               | 162               | 0.00                         |
|       | 4       | 51sx                 | -279.6               | -8.7                    | 60.6                     | 697.9 | -324.9 | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 68.2              | 29.28          | 8.80  | 5.32                 | 12.88                    | 18.3                      | 3.2            | -1.14        | 127               | 183               | 0.00                         |
|       | 5       | 51dx                 | -806.7               | 67.9                    | -469.4                   | 691.8 | 401.9  | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 39.1              | 38.81          | 9.17  | 5.32                 | 12.88                    | 159.9                     | 7.6            | 1.31         | 217               | 217               | 0.06                         |
| 4     | 1       | 51dx                 | -855.7               | 60.3                    | -473.3                   | 784.6 | -137.6 | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 40.2              | 39.79          | 11.69 | 0.00                 | 5.03                     | 160.1                     | 8.0            | -0.45        | -                 | -                 | 0.07                         |
|       | 2       | 51dx                 | -762.6               | 51.4                    | -391.5                   | 761.2 | -63.6  | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 41.0              | 39.79          | 16.10 | 0.00                 | 5.03                     | 135.6                     | 7.0            | -0.21        | -                 | -                 | 0.05                         |
|       | 3       | 51dx                 | -733.6               | 50.2                    | -372.4                   | 741.0 | -0.3   | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 41.7              | 40.79          | 16.10 | 0.00                 | 20.34                    | 126.6                     | 6.7            | 0.00         | -                 | -                 | 0.04                         |
|       | 4       | 51dx                 | -758.6               | 56.0                    | -405.7                   | 724.0 | 52.1   | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 40.5              | 40.26          | 16.10 | 0.00                 | 5.03                     | 136.8                     | 6.9            | 0.17         | -                 | -                 | 0.05                         |
|       | 5       | 51dx                 | -827.5               | 67.8                    | -481.4                   | 710.0 | 93.6   | 100.0                     | 94.0                | 125.0                | 36.0                   | 38.7              | 38.72          | 12.64 | 0.00                 | 5.03                     | 163.8                     | 7.6            | 0.30         | -                 | -                 | 0.07                         |
| 5     | 1       | 51dx                 | -821.8               | 81.1                    | -482.2                   | 594.4 | -389.2 | 107.0                     | 97.5                | 125.0                | 44.0                   | 37.1              | 36.46          | 11.10 | 9.99                 | 7.94                     | 165.1                     | 6.8            | -1.00        | 184               | 184               | 0.06                         |
|       | 2       | 51sx                 | -493.7               | 26.1                    | -154.9                   | 593.0 | 345.8  | 107.0                     | 98.0                | 125.0                | 42.0                   | 46.6              | 34.89          | 7.82  | 9.99                 | 7.94                     | 71.6                      | 4.3            | 0.94         | 199               | 164               | 0.00                         |
|       | 3       | 51sx                 | -266.2               | -12.1                   | 71.3                     | 590.7 | 312.5  | 107.0                     | 98.5                | 125.0                | 40.0                   | 73.1              | 25.51          | 7.82  | 6.39                 | 7.94                     | 13.0                      | 2.5            | 0.95         | 201               | 201               | 0.00                         |
|       | 4       | 51sx                 | -61.3                | -46.7                   | 274.8                    | 588.3 | 280.4  | 107.0                     | 99.0                | 125.0                | 38.0                   | 187.0             | 19.04          | 11.62 | 12.08                | 7.94                     | -8.2                      | 1.2            | 0.89         | 171               | 119               | 0.00                         |
|       | 5       | 51sx                 | 121.7                | -77.9                   | 456.6                    | 586.0 | 249.4  | 107.0                     | 98.5                | 125.0                | 36.0                   | 119.1             | 11.95          | 15.21 | 12.51                | 7.94                     | -3.7                      | 1.4            | 0.84         | 151               | 103               | 0.00                         |
| 6     | 1       | 51sx                 | 123.1                | -82.0                   | 456.6                    | 556.8 | 303.6  | 105.0                     | 96.5                | 125.0                | 37.0                   | 103.4             | 11.95          | 15.21 | 12.51                | 7.99                     | -1.4                      | 1.4            | 1.02         | 190               | 126               | 0.00                         |
|       | 2       | 55sx                 | 642.8                | -176.8                  | 972.1                    | 549.9 | 230.0  | 105.0                     | 97.5                | 125.0                | 37.0                   | 32.5              | 11.00          | 32.79 | 4.80                 | 7.99                     | 155.3                     | 5.2            | 0.71         | 167               | 167               | 0.07                         |
|       | 3       | 56sx                 | 903.4                | -223.1                  | 1234.9                   | 553.5 | 120.0  | 105.0                     | 97.5                | 125.0                | 37.0                   | 32.7              | 11.00          | 40.99 | 3.27                 | 7.99                     | 196.3                     | 6.6            | 0.37         | -                 | -                 | 0.10                         |
|       | 4       | 51sx                 | 1035.8               | -245.8                  | 1369.4                   | 557.1 | 78.2   | 105.0                     | 97.5                | 125.0                | 37.0                   | 34.3              | 11.00          | 48.35 | 1.64                 | 5.03                     | 198.2                     | 7.2            | 0.24         | -                 | -                 | 0.10                         |
|       | 5       | 51dx                 | 1103.0               | -257.9                  | 1436.6                   | 557.1 | -24.3  | 105.0                     | 97.5                | 125.0                | 37.0                   | 34.6              | 11.00          | 50.81 | 0.00                 | 5.03                     | 203.9                     | 7.5            | -0.07        | -                 | -                 | 0.11                         |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 91 - Verifica sismica (s.l.u.)

CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco

| n° trave | carichi verticali     |                     | pressione orizzontale a inizio trave |                       |                 | pressione orizzontale a fine trave |                       |                 |
|----------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------|
|          | inizio trave<br>N/cm. | fine trave<br>N/cm. | quiete/altro<br>N/cm.                | per deformaz<br>N/cm. | TOTALE<br>N/cm. | quiete/altro<br>N/cm.              | per deformaz<br>N/cm. | TOTALE<br>N/cm. |
| 1        | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 2        | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 3        | 0.0                   | 0.0                 | 1034.6                               | 0.0                   | 1034.6          | 566.5                              | 157.5                 | 723.9           |
| 4        | 1205.8                | 417.1               | 605.5                                | 157.5                 | 763.0           | 260.3                              | -32.3                 | 228.0           |
| 5        | 483.4                 | 400.8               | 412.3                                | -32.3                 | 380.0           | 350.6                              | -66.3                 | 284.3           |
| 6        | 413.4                 | 413.4               | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 7        | 413.4                 | 413.4               | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 8        | 400.8                 | 483.4               | -76.2                                | -40.1                 | -116.3          | -81.4                              | -75.8                 | -157.2          |
| 9        | 417.1                 | 1205.8              | -233.3                               | -75.8                 | -309.1          | -527.4                             | -248.5                | -775.9          |
| 10       | 0.0                   | 0.0                 | -566.5                               | -248.5                | -814.9          | -1034.6                            | 0.0                   | -1034.6         |
| 11       | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |
| 12       | 0.0                   | 0.0                 | 0.0                                  | 0.0                   | 0.0             | 0.0                                | 0.0                   | 0.0             |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 6     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 7     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 8     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 145.4        |                |
| 4     | 154.6        |                |
| 5     | 194.7        |                |
| 6     | 183.9        |                |
| 7     | 183.9        |                |
| 8     | 194.7        |                |
| 9     | 154.6        |                |
| 10    | 145.4        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia<br>N o N.cm |
|------------------|----------------------------|
|                  |                            |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

**SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI**

|          |   |        | sez. 1  | sez. 2  | sez. 3  | sez. 4  | sez. 5  |                  |
|----------|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 67.51   | 67.51   | 67.51   | 67.51   | 67.51   | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00    | 97.98   | 195.96  | 293.93  | 391.91  |                  |
|          | T | (kN)   | 885.70  | 885.70  | 885.70  | 885.70  | 885.70  |                  |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |                  |
|          | M | (kN.m) | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |                  |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 885.70  | 869.62  | 853.55  | 837.47  | 821.40  |                  |
|          | M | (kN.m) | 391.91  | 255.34  | 1.02    | -361.95 | -824.44 |                  |
|          | T | (kN)   | -67.51  | -178.11 | -280.47 | -374.59 | -460.47 |                  |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 920.21  | 891.08  | 864.55  | 840.62  | 819.29  |                  |
|          | M | (kN.m) | -877.19 | -756.39 | -713.86 | -737.12 | -813.69 |                  |
|          | T | (kN)   | 175.68  | 85.20   | 8.09    | -55.67  | -106.07 |                  |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 683.54  | 681.86  | 680.15  | 678.43  | 676.69  |                  |
|          | M | (kN.m) | -806.68 | -513.02 | -250.70 | -18.87  | 183.35  |                  |
|          | T | (kN)   | 447.90  | 401.92  | 357.20  | 313.74  | 271.53  |                  |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 644.82  | 648.26  | 651.35  | 654.44  | 657.53  |                  |
|          | M | (kN.m) | 183.90  | 606.78  | 906.24  | 1082.27 | 1134.88 |                  |
|          | T | (kN)   | 333.85  | 251.25  | 165.39  | 79.53   | -6.33   |                  |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 657.53  | 660.61  | 663.70  | 666.79  | 669.28  |                  |
|          | M | (kN.m) | 1134.88 | 1064.06 | 869.81  | 552.14  | 111.04  |                  |
|          | T | (kN)   | -6.33   | -92.20  | -178.06 | -263.92 | -346.40 |                  |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 702.53  | 706.52  | 710.58  | 714.70  | 718.89  |                  |
|          | M | (kN.m) | 110.49  | -98.58  | -337.10 | -605.92 | -905.91 |                  |
|          | T | (kN)   | -281.55 | -323.53 | -366.74 | -411.21 | -456.92 |                  |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 850.79  | 869.63  | 891.77  | 917.21  | 945.94  |                  |
|          | M | (kN.m) | -908.56 | -818.29 | -783.55 | -816.09 | -927.68 |                  |
|          | T | (kN)   | 122.18  | 69.02   | 3.27    | -75.06  | -165.97 |                  |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 834.07  | 850.14  | 866.22  | 882.29  | 898.37  |                  |
|          | M | (kN.m) | -868.68 | -385.40 | -8.98   | 254.14  | 397.52  |                  |
|          | T | (kN)   | 483.39  | 389.67  | 290.13  | 184.76  | 73.57   |                  |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |                  |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 73.57   | 73.57   | 73.57   | 73.57   | 73.57   |                  |
|          | M | (kN.m) | 397.52  | 298.14  | 198.76  | 99.38   | 0.00    |                  |
|          | T | (kN)   | -898.37 | -898.37 | -898.37 | -898.37 | -898.37 |                  |

**SPOSTAMENTI NODALI**

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= -0.23451     |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= -0.23477     | X(3)= 0.10            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= -0.02913     | X(6)= -0.11           | X(7)= -1.61            |
| inizio trave 5  | X(8)= 1.37163      | X(9)= -2.17           | X(10)= 0.39            |
| inizio trave 6  | X(11)= 1.60708     | X(12)= -7.13          | X(13)= 0.82            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.05142    | X(15)= -12.21         | X(16)= 0.66            |
| inizio trave 8  | X(17)= -1.64165    | X(18)= -6.69          | X(19)= 0.50            |
| inizio trave 9  | X(20)= -1.32316    | X(21)= -1.74          | X(22)= 0.92            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.20822     | X(24)= -0.02          | X(25)= 2.54            |
| inizio trave 11 | X(26)= 0.44252     | X(27)= 0.20           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 0.44252     | X(27)= 0.20           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 0.44226     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 91 - Verifica sismica (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 1.65$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra) a  $s_x = 0\%$  a  $s_x = 0\%$   
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.46$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.46$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a  $s_x = 12.51$  m. a  $s_x = 12.51$  m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.00$   $g_2 = 1.00$   $g_3 = 1.00$  ( $g_3 = 1.0$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.00$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 1 sul fianco destro

### Verifica sismica a sensi delle ordinanze n° 3274 del 20/3/03 e n° 3316 del 2/10/03

Zona sismica 4 Valore di  $a_{g/g} = 0.05$   
 Fattore di struttura  $q = 1.0$  Categoria del suolo di fondazione: D  

|                                       |       | orizz.  | vert. |
|---------------------------------------|-------|---------|-------|
| Massa efficace di un arco             | kg    | 44088   | 6571  |
| Rigidezza complessiva di un arco      | kN/cm | 946     | 461   |
| Periodo fondamentale della vibrazione | sec   | 0.1356  | 0.075 |
| Coefficiente per le azioni sismiche   |       | 0.04083 | 0.135 |

 Carichi mobili presenti sull'impalcato: nessuno

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |       |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri  |                 |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |                  |                  |                  |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|-------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd    | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | V <sub>Rd1</sub> | V <sub>Rd2</sub> | V <sub>Rd3</sub> |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN    | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>        | cm <sup>2</sup> /m       | kN.m                      | kN               | kN               | kN               |
| 3     | 1       | 391.9                   | -93.0                      | <b>391.9</b>     | 885.7 | -67.5  | <b>-67.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.4                 | 10.30           | 10.81           | 0.00                   | 8.95                     | <b>779.4</b>              | -219.5           | -1533.8          | -502.8           |
|       | 2       | 255.3                   | -78.1                      | <b>255.3</b>     | 869.6 | -178.1 | <b>-178.1</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 10.9                 | 10.30           | 8.80            | 0.00                   | 8.95                     | <b>706.0</b>              | -215.6           | -1533.8          | -498.8           |
|       | 3       | 1.0                     | -48.9                      | <b>125.5</b>     | 853.5 | -280.5 | <b>-280.5</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 10.5                 | 15.43           | 8.80            | 5.32                   | 8.95                     | <b>698.6</b>              | -214.1           | -1533.8          | -746.0           |
|       | 4       | -361.9                  | -5.5                       | <b>-527.6</b>    | 837.5 | -374.6 | <b>-367.9</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 14.6                 | 29.28           | 8.80            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1336.2</b>            | -237.9           | -1533.8          | -894.0           |
|       | 5       | -824.4                  | 51.6                       | <b>-911.9</b>    | 821.4 | -460.5 | <b>-405.1</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.5                 | 38.81           | 9.17            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1634.9</b>            | -248.2           | -1533.8          | -904.3           |
| 4     | 1       | -877.2                  | 46.6                       | <b>-911.9</b>    | 920.2 | 175.7  | <b>94.2</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.8                 | 39.79           | 11.69           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1707.6</b>            | 258.4            | 1533.8           | 417.5            |
|       | 2       | -756.4                  | 36.1                       | <b>-800.7</b>    | 891.1 | 85.2   | <b>68.8</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.0                 | 39.79           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1699.1</b>            | 255.8            | 1533.8           | 414.8            |
|       | 3       | -713.9                  | 33.8                       | <b>-724.2</b>    | 864.6 | 8.1    | <b>8.1</b>                   | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.1                 | 40.79           | 16.10           | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1720.6</b>            | 254.6            | 1533.8           | 898.1            |
|       | 4       | -737.1                  | 38.9                       | <b>-765.9</b>    | 840.6 | -55.7  | <b>-51.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.8                 | 40.26           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1693.8</b>            | -251.8           | -1533.8          | -410.8           |
|       | 5       | -813.7                  | 50.6                       | <b>-849.1</b>    | 819.3 | -106.1 | <b>-78.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.9                 | 38.72           | 12.64           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1633.8</b>            | -247.9           | -1533.8          | -406.9           |
| 5     | 1       | -806.7                  | 60.9                       | <b>-849.1</b>    | 683.5 | 447.9  | <b>388.1</b>                 | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 15.1                 | 36.46           | 11.10           | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1607.1</b>            | 264.1            | 1944.4           | 785.3            |
|       | 2       | -513.0                  | 18.1                       | <b>-696.7</b>    | 681.9 | 401.9  | <b>378.4</b>                 | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 15.3                 | 34.89           | 7.82            | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1559.7</b>            | 254.3            | 1865.6           | 778.2            |
|       | 3       | -250.7                  | -20.3                      | <b>-415.3</b>    | 680.2 | 357.2  | <b>353.3</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 13.5                 | 25.51           | 7.82            | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1247.4</b>            | 234.8            | 1785.8           | 761.3            |
|       | 4       | -18.9                   | -54.4                      | <b>-164.8</b>    | 678.4 | 313.7  | <b>313.7</b>                 | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 12.2                 | 19.04           | 11.62           | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1028.8</b>            | 218.7            | 1705.1           | 747.9            |
|       | 5       | 183.4                   | -84.2                      | <b>287.8</b>     | 676.7 | 271.5  | <b>271.5</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.4                 | 11.95           | 15.21           | 12.51                  | 7.94                     | <b>840.4</b>              | 203.8            | 1607.2           | 730.3            |

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |       |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|-------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd    | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN    | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 183.9                   | -88.4                      | <b>324.6</b>     | 644.8 | 333.9  | <b>333.9</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.0                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>789.1</b>              | 203.2  | 1618.3  | 722.3  |
|       | 2       | 606.8                   | -153.5                     | <b>711.3</b>     | 648.3 | 251.3  | <b>251.3</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.1                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1389.2</b>             | 227.1  | 1635.1  | 713.9  |
|       | 3       | 906.2                   | -199.0                     | <b>973.1</b>     | 651.3 | 165.4  | <b>165.4</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.4                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1662.3</b>             | 237.5  | 1635.1  | 652.8  |
|       | 4       | 1082.3                  | -225.3                     | <b>1111.4</b>    | 654.4 | 79.5   | <b>79.5</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.6                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1904.7</b>             | 246.8  | 1635.1  | 488.3  |
|       | 5       | 1134.9                  | -232.5                     | <b>1134.9</b>    | 657.5 | -6.3   | <b>-6.3</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.0                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1985.5</b>             | -250.1 | -1635.1 | -415.0 |
| 7     | 1       | 1134.9                  | -232.5                     | <b>1134.9</b>    | 657.5 | -6.3   | <b>-6.3</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 17.0                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1985.5</b>             | -250.1 | -1635.1 | -415.0 |
|       | 2       | 1064.1                  | -221.0                     | <b>1098.8</b>    | 660.6 | -92.2  | <b>-92.2</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.6                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1906.8</b>             | -247.3 | -1635.1 | -488.8 |
|       | 3       | 869.8                   | -190.9                     | <b>942.2</b>     | 663.7 | -178.1 | <b>-178.1</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.5                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1666.7</b>             | -238.5 | -1635.1 | -653.8 |
|       | 4       | 552.1                   | -142.7                     | <b>662.2</b>     | 666.8 | -263.9 | <b>-263.9</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.2                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1396.0</b>             | -228.6 | -1635.1 | -715.4 |
|       | 5       | 111.0                   | -76.5                      | <b>257.3</b>     | 669.3 | -346.4 | <b>-346.4</b>                | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.1                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>798.6</b>              | -205.2 | -1618.3 | -724.3 |
| 8     | 1       | 110.5                   | -72.9                      | <b>219.1</b>     | 702.5 | -281.6 | <b>-281.6</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.6                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>851.5</b>              | -205.8 | -1607.2 | -732.3 |
|       | 2       | -98.6                   | -43.2                      | <b>-248.9</b>    | 706.5 | -323.5 | <b>-323.5</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 12.3                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1042.9</b>            | -221.0 | -1705.1 | -750.2 |
|       | 3       | -337.1                  | -9.7                       | <b>-505.9</b>    | 710.6 | -366.7 | <b>-362.9</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 13.6                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1262.5</b>            | -237.4 | -1785.8 | -763.9 |
|       | 4       | -605.9                  | 27.6                       | <b>-793.6</b>    | 714.7 | -411.2 | <b>-387.8</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 15.5                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1575.7</b>            | -257.2 | -1865.6 | -781.0 |
|       | 5       | -905.9                  | 68.9                       | <b>-949.1</b>    | 718.9 | -456.9 | <b>-397.5</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 15.3                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1624.3</b>            | -267.2 | -1944.4 | -788.4 |
| 9     | 1       | -908.6                  | 58.0                       | <b>-949.1</b>    | 850.8 | 122.2  | <b>92.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.1                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1646.5</b>            | 250.8  | 1533.8  | 409.8  |
|       | 2       | -818.3                  | 45.3                       | <b>-853.0</b>    | 869.6 | 69.0   | <b>64.1</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.0                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1705.5</b>            | 254.4  | 1533.8  | 413.4  |
|       | 3       | -783.5                  | 39.1                       | <b>-791.6</b>    | 891.8 | 3.3    | <b>3.3</b>                   | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.2                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1731.6</b>            | 257.1  | 1533.8  | 900.6  |
|       | 4       | -816.1                  | 40.2                       | <b>-856.1</b>    | 917.2 | -75.1  | <b>-58.7</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.1                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1709.7</b>            | -258.2 | -1533.8 | -417.2 |
|       | 5       | -927.7                  | 49.3                       | <b>-960.6</b>    | 945.9 | -166.0 | <b>-84.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 17.0                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1717.8</b>            | -260.8 | -1533.8 | -419.8 |
| 10    | 1       | -868.7                  | 55.4                       | <b>-960.6</b>    | 834.1 | 483.4  | <b>421.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.5                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1640.0</b>            | 249.4  | 1533.8  | 905.5  |
|       | 2       | -385.4                  | -3.4                       | <b>-558.0</b>    | 850.1 | 389.7  | <b>382.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 14.6                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1341.3</b>            | 239.1  | 1533.8  | 895.2  |
|       | 3       | -9.0                    | -47.7                      | <b>-139.9</b>    | 866.2 | 290.1  | <b>290.1</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.1                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>-899.1</b>             | 223.4  | 1533.8  | 755.3  |
|       | 4       | 254.1                   | -77.6                      | <b>254.1</b>     | 882.3 | 184.8  | <b>184.8</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.0                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>711.7</b>              | 216.7  | 1533.8  | 500.0  |
|       | 5       | 397.5                   | -93.0                      | <b>397.5</b>     | 898.4 | 73.6   | <b>73.6</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.5                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>785.2</b>              | 220.7  | 1533.8  | 503.9  |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 92 - Verifica sismica (s.l.u.)

CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco

| n° trave | carichi verticali |            | pressione orizzontale a inizio trave |              |        | pressione orizzontale a fine trave |              |        |
|----------|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------|
|          | inizio trave      | fine trave | quiete/altro                         | per deformaz | TOTALE | quiete/altro                       | per deformaz | TOTALE |
|          | N/cm.             | N/cm.      | N/cm.                                | N/cm.        | N/cm.  | N/cm.                              | N/cm.        | N/cm.  |
| 1        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 2        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 3        | 0.0               | 0.0        | 897.6                                | 0.0          | 897.6  | 429.4                              | 25.2         | 454.5  |
| 4        | 661.2             | 60.1       | 453.9                                | 25.2         | 479.1  | 112.0                              | -13.2        | 98.8   |
| 5        | 110.6             | 47.7       | 153.2                                | -13.2        | 140.0  | 95.0                               | -21.3        | 73.7   |
| 6        | 57.3              | 57.3       | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 7        | 57.3              | 57.3       | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 8        | 47.7              | 110.6      | -57.5                                | -9.2         | -66.7  | -66.3                              | -17.7        | -84.0  |
| 9        | 60.1              | 661.2      | -107.5                               | -17.7        | -125.2 | -404.8                             | -46.5        | -451.3 |
| 10       | 0.0               | 0.0        | -429.4                               | -46.5        | -475.9 | -897.6                             | 0.0          | -897.6 |
| 11       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 12       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 6     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 7     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 8     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

PESI PROPRII delle travi

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 127.0        |                |
| 4     | 117.8        |                |
| 5     | 148.3        |                |
| 6     | 140.1        |                |
| 7     | 140.1        |                |
| 8     | 148.3        |                |
| 9     | 117.8        |                |
| 10    | 127.0        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

FORZE NODALI su un arco

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia |
|------------------|----------------|
|                  | N o N.cm       |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

**SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI**

|          |   |        | sez. 1  | sez. 2  | sez. 3  | sez. 4  | sez. 5  |          |
|----------|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | Incastro |
|          | M | (kN.m) | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |          |
|          | T | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |          |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 388.76  | 388.76  | 388.76  | 388.76  | 388.76  |          |
|          | M | (kN.m) | 2.99    | 2.99    | 2.99    | 3.00    | 3.00    |          |
|          | T | (kN)   | 125.70  | 125.70  | 125.70  | 125.70  | 125.70  |          |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 388.76  | 374.71  | 360.67  | 346.63  | 332.59  |          |
|          | M | (kN.m) | 3.00    | 89.14   | 78.21   | -16.79  | -182.87 |          |
|          | T | (kN)   | 125.70  | 32.05   | -49.85  | -120.00 | -178.40 |          |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 367.51  | 352.77  | 340.28  | 330.06  | 322.10  |          |
|          | M | (kN.m) | -202.86 | -163.01 | -168.20 | -209.20 | -276.81 |          |
|          | T | (kN)   | 70.06   | 16.91   | -26.37  | -59.78  | -83.33  |          |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 297.16  | 296.71  | 296.27  | 295.81  | 295.35  |          |
|          | M | (kN.m) | -289.99 | -195.50 | -112.64 | -40.75  | 20.82   |          |
|          | T | (kN)   | 145.42  | 128.12  | 111.77  | 96.37   | 81.93   |          |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 285.26  | 286.56  | 287.73  | 288.90  | 290.08  |          |
|          | M | (kN.m) | 18.78   | 158.10  | 256.62  | 314.34  | 331.26  |          |
|          | T | (kN)   | 110.10  | 82.73   | 54.35   | 25.96   | -2.42   |          |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 290.08  | 291.25  | 292.42  | 293.59  | 294.56  |          |
|          | M | (kN.m) | 331.26  | 307.39  | 242.72  | 137.26  | -9.01   |          |
|          | T | (kN)   | -2.42   | -30.80  | -59.18  | -87.56  | -114.88 |          |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 305.19  | 306.61  | 308.10  | 309.67  | 311.31  |          |
|          | M | (kN.m) | -6.97   | -71.16  | -145.58 | -230.90 | -327.77 |          |
|          | T | (kN)   | -85.76  | -100.10 | -115.38 | -131.62 | -148.79 |          |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 334.77  | 342.58  | 353.20  | 366.63  | 382.89  |          |
|          | M | (kN.m) | -312.71 | -238.80 | -191.36 | -179.04 | -210.48 |          |
|          | T | (kN)   | 90.22   | 66.50   | 33.53   | -8.69   | -60.17  |          |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 337.42  | 351.46  | 365.50  | 379.55  | 393.59  |          |
|          | M | (kN.m) | -185.22 | -0.18   | 112.50  | 140.44  | 71.29   |          |
|          | T | (kN)   | 196.32  | 136.47  | 65.44   | -16.77  | -110.17 |          |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 393.59  | 393.59  | 393.59  | 393.59  | 393.59  |          |
|          | M | (kN.m) | 71.29   | 71.29   | 71.28   | 71.28   | 71.28   |          |
|          | T | (kN)   | -110.17 | -110.17 | -110.17 | -110.17 | -110.17 |          |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | Incastro |
|          | M | (kN.m) | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |          |
|          | T | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |          |

**SPOSTAMENTI NODALI**

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= 0.00000      |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= 0.00000      | X(3)= 0.00            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= -0.02607     | X(6)= -0.09           | X(7)= -0.24            |
| inizio trave 5  | X(8)= 0.33833      | X(9)= -0.54           | X(10)= 0.15            |
| inizio trave 6  | X(11)= 0.44647     | X(12)= -1.87          | X(13)= 0.25            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.01781    | X(15)= -3.31          | X(16)= 0.18            |
| inizio trave 8  | X(17)= -0.45604    | X(18)= -1.72          | X(19)= 0.11            |
| inizio trave 9  | X(20)= -0.31625    | X(21)= -0.41          | X(22)= 0.20            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.09012     | X(24)= -0.09          | X(25)= 0.44            |
| inizio trave 11 | X(26)= 0.00000     | X(27)= 0.00           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 0.00000     | X(27)= 0.00           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 0.00000     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 92 - Verifica sismica (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 0.30$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra) a  $s_x = 0\%$  a  $s_x = 0\%$   
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.46$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.46$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a  $s_x = 10.85$  m. a  $s_x = 10.85$  m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.00$   $g_2 = 1.00$   $g_3 = 1.00$  ( $g_3 = 1.0$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.00$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 1 sul fianco destro

### Verifica sismica a sensi delle ordinanze n° 3274 del 20/3/03 e n° 3316 del 2/10/03

Zona sismica 4 Valore di  $a_{g/g} = 0.05$   
 Fattore di struttura  $q = 1.0$  Categoria del suolo di fondazione: D  

|                                       |       | orizz. | vert.  |
|---------------------------------------|-------|--------|--------|
| Massa efficace di un arco             | kg    | 44968  | 6571   |
| Rigidezza complessiva di un arco      | kN/cm | 1712   | 524    |
| Periodo fondamentale della vibrazione | sec   | 0.1018 | 0.0704 |
| Coefficiente per le azioni sismiche   |       | 0.0357 | -0.135 |

 Carichi mobili presenti sull'impalcato: nessuno

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne |                         |                  |       |        |                           | Descrizione delle sezioni |                    |                      |                        |                   | Aree dei ferri  |                 |                     |                       | Sollecitazioni resistenti |                  |                  |                  |
|-------|---------|------------------------|-------------------------|------------------|-------|--------|---------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |         | Md<br>baricentrico     | e1<br>distanza da facc. | Md +<br>décalage | Nd    | Vd     | Vd -<br>riduzione appoggi | H<br>altezza totale       | Y<br>altezza utile | B5<br>lato compresso | B1<br>larghezza taglio | X1<br>asse neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri piegati | A4<br>totale staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | V <sub>Rd1</sub> | V <sub>Rd2</sub> | V <sub>Rd3</sub> |
|       |         | kN.m                   | cm                      | kN.m             | kN    | kN     | kN                        | cm                        | cm                 | cm                   | cm                     | cm                | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>     | cm <sup>2</sup> /m    | kN.m                      | kN               | kN               | kN               |
| 3     | 1       | 3.0                    | -49.5                   | <b>48.2</b>      | 388.8 | 125.7  | <b>125.7</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 8.8               | 10.30           | 10.81           | 0.00                | 8.95                  | <b>552.6</b>              | 174.1            | 1533.8           | 457.4            |
|       | 2       | 89.1                   | -72.5                   | <b>95.7</b>      | 374.7 | 32.0   | <b>32.0</b>               | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 8.3               | 10.30           | 8.80            | 0.00                | 8.95                  | <b>479.1</b>              | 170.4            | 1533.8           | 453.6            |
|       | 3       | 78.2                   | -70.4                   | <b>78.2</b>      | 360.7 | -49.9  | <b>-49.9</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 8.1               | 15.43           | 8.80            | 5.32                | 8.95                  | <b>472.2</b>              | -169.1           | -1533.8          | -701.0           |
|       | 4       | -16.8                  | -43.9                   | <b>-72.6</b>     | 346.6 | -120.0 | <b>-115.8</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 12.1              | 29.28           | 8.80            | 5.32                | 12.88                 | <b>-1133.0</b>            | -193.1           | -1533.8          | -849.2           |
|       | 5       | -182.9                 | 6.2                     | <b>-217.1</b>    | 332.6 | -178.4 | <b>-143.6</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.8              | 38.81           | 9.17            | 5.32                | 12.88                 | <b>-1436.3</b>            | -203.6           | -1533.8          | -859.7           |
| 4     | 1       | -202.9                 | 6.4                     | <b>-217.1</b>    | 367.5 | 70.1   | <b>21.1</b>               | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.9              | 39.79           | 11.69           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1483.2</b>            | 208.0            | 1533.8           | 367.0            |
|       | 2       | -163.0                 | -2.5                    | <b>-174.9</b>    | 352.8 | 16.9   | <b>7.1</b>                | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.4              | 39.79           | 16.10           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1478.3</b>            | 206.6            | 1533.8           | 365.6            |
|       | 3       | -168.2                 | 0.7                     | <b>-182.9</b>    | 340.3 | -26.4  | <b>-26.4</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.5              | 40.79           | 16.10           | 0.00                | 20.34                 | <b>-1505.7</b>            | -206.7           | -1533.8          | -850.2           |
|       | 4       | -209.2                 | 14.6                    | <b>-237.1</b>    | 330.1 | -59.8  | <b>-58.0</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.4              | 40.26           | 16.10           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1484.1</b>            | -205.1           | -1533.8          | -364.1           |
|       | 5       | -276.8                 | 37.2                    | <b>-303.8</b>    | 322.1 | -83.3  | <b>-72.6</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.4              | 38.72           | 12.64           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1430.1</b>            | -202.5           | -1533.8          | -361.5           |
| 5     | 1       | -290.0                 | 40.4                    | <b>-303.8</b>    | 297.2 | 145.4  | <b>122.5</b>              | 107.0                     | 97.5               | 125.0                | 44.0                   | 13.2              | 36.46           | 11.10           | 9.99                | 7.94                  | <b>-1416.9</b>            | 230.0            | 1944.4           | 751.2            |
|       | 2       | -195.5                 | 8.7                     | <b>-254.4</b>    | 296.7 | 128.1  | <b>119.1</b>              | 107.0                     | 98.0               | 125.0                | 42.0                   | 13.2              | 34.89           | 7.82            | 9.99                | 7.94                  | <b>-1369.8</b>            | 221.1            | 1865.6           | 744.9            |
|       | 3       | -112.6                 | -19.1                   | <b>-164.5</b>    | 296.3 | 111.8  | <b>110.3</b>              | 107.0                     | 98.5               | 125.0                | 40.0                   | 11.6              | 25.51           | 7.82            | 6.39                | 7.94                  | <b>-1055.1</b>            | 202.4            | 1785.8           | 728.9            |
|       | 4       | -40.8                  | -43.4                   | <b>-85.9</b>     | 295.8 | 96.4   | <b>96.4</b>               | 107.0                     | 99.0               | 125.0                | 38.0                   | 10.3              | 19.04           | 11.62           | 12.08               | 7.94                  | <b>-834.6</b>             | 187.2            | 1705.1           | 716.3            |
|       | 5       | 20.8                   | -64.2                   | <b>50.8</b>      | 295.4 | 81.9   | <b>81.9</b>               | 107.0                     | 98.5               | 125.0                | 36.0                   | 9.5               | 11.95           | 15.21           | 12.51               | 7.94                  | <b>675.0</b>              | 173.5            | 1607.2           | 700.0            |



| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |       |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|-------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd    | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN    | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 18.8                    | -66.5                      | <b>65.2</b>      | 285.3 | 110.1  | <b>110.1</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 9.2                  | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>647.4</b>              | 174.1  | 1618.3  | 693.2  |
|       | 2       | 158.1                   | -115.1                     | <b>192.5</b>     | 286.6 | 82.7   | <b>82.7</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 12.5                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1253.9</b>             | 197.5  | 1635.1  | 684.3  |
|       | 3       | 256.6                   | -149.1                     | <b>278.6</b>     | 287.7 | 54.3   | <b>54.3</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 13.9                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1529.9</b>             | 207.7  | 1635.1  | 623.0  |
|       | 4       | 314.3                   | -168.7                     | <b>323.8</b>     | 288.9 | 26.0   | <b>26.0</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.1                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1775.2</b>             | 216.9  | 1635.1  | 458.4  |
|       | 5       | 331.3                   | -174.1                     | <b>331.3</b>     | 290.1 | -2.4   | <b>-2.4</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.5                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1856.6</b>             | -220.0 | -1635.1 | -384.9 |
| 7     | 1       | 331.3                   | -174.1                     | <b>331.3</b>     | 290.1 | -2.4   | <b>-2.4</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.5                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1856.6</b>             | -220.0 | -1635.1 | -384.9 |
|       | 2       | 307.4                   | -165.4                     | <b>319.0</b>     | 291.2 | -30.8  | <b>-30.8</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.1                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1776.0</b>             | -217.1 | -1635.1 | -458.5 |
|       | 3       | 242.7                   | -142.9                     | <b>266.8</b>     | 292.4 | -59.2  | <b>-59.2</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 13.9                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1531.6</b>             | -208.1 | -1635.1 | -623.4 |
|       | 4       | 137.3                   | -106.6                     | <b>173.8</b>     | 293.6 | -87.6  | <b>-87.6</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 12.5                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1256.6</b>             | -198.1 | -1635.1 | -684.9 |
|       | 5       | -9.0                    | -56.8                      | <b>-48.9</b>     | 294.6 | -114.9 | <b>-114.9</b>                | 105.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 37.0                        | 9.0                  | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>-594.7</b>             | -174.9 | -1660.2 | -707.4 |
| 8     | 1       | -7.0                    | -54.9                      | <b>-47.4</b>     | 305.2 | -85.8  | <b>-85.8</b>                 | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 9.1                  | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>-595.1</b>             | -171.9 | -1623.5 | -703.7 |
|       | 2       | -71.2                   | -33.9                      | <b>-117.9</b>    | 306.6 | -100.1 | <b>-100.1</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 10.4                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-840.2</b>             | -188.0 | -1705.1 | -717.2 |
|       | 3       | -145.6                  | -9.9                       | <b>-199.0</b>    | 308.1 | -115.4 | <b>-113.9</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 11.6                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1061.1</b>            | -203.4 | -1785.8 | -729.9 |
|       | 4       | -230.9                  | 17.4                       | <b>-291.3</b>    | 309.7 | -131.6 | <b>-122.7</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 13.3                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1376.3</b>            | -222.2 | -1865.6 | -746.0 |
|       | 5       | -327.8                  | 48.1                       | <b>-341.9</b>    | 311.3 | -148.8 | <b>-126.1</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 13.3                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1423.9</b>            | -231.3 | -1944.4 | -752.4 |
| 9     | 1       | -312.7                  | 44.7                       | <b>-341.9</b>    | 334.8 | 90.2   | <b>79.0</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.4                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1435.3</b>            | 203.7  | 1533.8  | 362.7  |
|       | 2       | -238.8                  | 21.0                       | <b>-269.5</b>    | 342.6 | 66.5   | <b>64.7</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.4                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1489.3</b>            | 206.3  | 1533.8  | 365.3  |
|       | 3       | -191.4                  | 5.4                        | <b>-209.0</b>    | 353.2 | 33.5   | <b>33.5</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.6                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1511.0</b>            | 207.9  | 1533.8  | 851.4  |
|       | 4       | -179.0                  | 0.1                        | <b>-187.3</b>    | 366.6 | -8.7   | <b>0.8</b>                   | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.5                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1484.0</b>            | 207.9  | 1533.8  | 366.9  |
|       | 5       | -210.5                  | 6.2                        | <b>-222.8</b>    | 382.9 | -60.2  | <b>-12.9</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.9                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1489.5</b>            | -209.4 | -1533.8 | -368.4 |
| 10    | 1       | -185.2                  | 6.1                        | <b>-222.8</b>    | 337.4 | 196.3  | <b>160.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.8                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1438.3</b>            | 204.0  | 1533.8  | 860.1  |
|       | 2       | -0.2                    | -48.7                      | <b>-63.1</b>     | 351.5 | 136.5  | <b>132.1</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 12.2                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1135.0</b>            | 193.5  | 1533.8  | 849.6  |
|       | 3       | 112.5                   | -79.5                      | <b>112.5</b>     | 365.5 | 65.4   | <b>65.4</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 8.1                  | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>474.5</b>              | 169.5  | 1533.8  | 701.4  |
|       | 4       | 140.4                   | -85.8                      | <b>142.2</b>     | 379.5 | -16.8  | <b>-16.8</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 8.3                  | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>481.4</b>              | -170.8 | -1533.8 | -454.0 |
|       | 5       | 71.3                    | -66.9                      | <b>110.0</b>     | 393.6 | -110.2 | <b>-110.2</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 8.8                  | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>554.8</b>              | -174.6 | -1533.8 | -457.8 |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 93 - Verifica sismica (s.l.u.)

**CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco**

| n° trave | carichi verticali |            | pressione orizzontale a inizio trave |              |        | pressione orizzontale a fine trave |              |         |
|----------|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------|--------|------------------------------------|--------------|---------|
|          | inizio trave      | fine trave | quiete/altro                         | per deformaz | TOTALE | quiete/altro                       | per deformaz | TOTALE  |
|          | N/cm.             | N/cm.      | N/cm.                                | N/cm.        | N/cm.  | N/cm.                              | N/cm.        | N/cm.   |
| 1        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0     |
| 2        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0     |
| 3        | 0.0               | 0.0        | 1034.6                               | 0.0          | 1034.6 | 566.5                              | 45.4         | 611.8   |
| 4        | 1105.4            | 382.4      | 687.4                                | 45.4         | 732.7  | 288.6                              | -142.0       | 146.6   |
| 5        | 443.1             | 367.5      | 759.0                                | -142.0       | 616.9  | 638.1                              | -170.7       | 467.4   |
| 6        | 379.0             | 379.0      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0     |
| 7        | 379.0             | 379.0      | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0     |
| 8        | 367.5             | 443.1      | 211.4                                | -146.2       | 65.1   | 265.4                              | -179.9       | 85.4    |
| 9        | 382.4             | 1105.4     | -205.0                               | -179.9       | -384.9 | -445.6                             | -313.0       | -758.5  |
| 10       | 0.0               | 0.0        | -566.5                               | -313.0       | -879.5 | -1034.6                            | 0.0          | -1034.6 |
| 11       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0     |
| 12       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0     |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 6     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 7     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 8     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 138.9        |                |
| 4     | 141.7        |                |
| 5     | 178.4        |                |
| 6     | 168.6        |                |
| 7     | 168.6        |                |
| 8     | 178.4        |                |
| 9     | 141.7        |                |
| 10    | 138.9        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia |
|------------------|----------------|
|                  | N o N.cm       |
|                  |                |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

**SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI**

|          |   |        | sez. 1  | sez. 2  | sez. 3  | sez. 4  | sez. 5  |          |
|----------|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | Incastro |
|          | M | (kN.m) | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |          |
|          | T | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |          |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 800.95  | 800.95  | 800.95  | 800.95  | 800.95  |          |
|          | M | (kN.m) | 310.71  | 310.71  | 310.71  | 310.70  | 310.70  |          |
|          | T | (kN)   | -25.60  | -25.60  | -25.60  | -25.60  | -25.60  |          |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 800.95  | 785.58  | 770.22  | 754.86  | 739.49  |          |
|          | M | (kN.m) | 310.70  | 220.67  | 15.45   | -292.55 | -690.92 |          |
|          | T | (kN)   | -25.60  | -135.36 | -233.91 | -321.24 | -397.36 |          |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 816.85  | 791.76  | 768.08  | 745.80  | 724.92  |          |
|          | M | (kN.m) | -732.76 | -614.17 | -568.49 | -583.28 | -646.08 |          |
|          | T | (kN)   | 170.45  | 85.71   | 14.31   | -43.76  | -88.49  |          |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 600.72  | 602.09  | 603.35  | 604.49  | 605.52  |          |
|          | M | (kN.m) | -637.84 | -376.32 | -143.75 | 60.68   | 237.77  |          |
|          | T | (kN)   | 399.63  | 357.18  | 315.89  | 275.75  | 236.78  |          |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 577.88  | 587.55  | 597.11  | 606.67  | 616.23  |          |
|          | M | (kN.m) | 237.86  | 605.94  | 860.88  | 1002.68 | 1031.32 |          |
|          | T | (kN)   | 292.58  | 216.71  | 138.00  | 59.28   | -19.43  |          |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 616.23  | 625.79  | 635.36  | 644.92  | 653.63  |          |
|          | M | (kN.m) | 1031.32 | 946.82  | 749.16  | 438.36  | 14.39   |          |
|          | T | (kN)   | -19.43  | -98.14  | -176.86 | -255.57 | -331.05 |          |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 685.51  | 691.54  | 697.72  | 704.05  | 710.53  |          |
|          | M | (kN.m) | 14.30   | -183.74 | -408.59 | -661.04 | -941.88 |          |
|          | T | (kN)   | -267.45 | -305.68 | -345.04 | -385.54 | -427.16 |          |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 822.62  | 836.40  | 853.76  | 874.69  | 899.21  |          |
|          | M | (kN.m) | -936.38 | -830.14 | -778.15 | -790.60 | -877.70 |          |
|          | T | (kN)   | 139.14  | 86.52   | 22.99   | -51.47  | -136.84 |          |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 778.35  | 793.72  | 809.08  | 824.44  | 839.81  |          |
|          | M | (kN.m) | -814.93 | -346.01 | 11.09   | 251.81  | 371.61  |          |
|          | T | (kN)   | 473.22  | 374.16  | 270.98  | 163.69  | 52.28   |          |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |          |
|          | M | (kN.m) | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |          |
|          | T | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |          |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | 52.28   | 52.28   | 52.28   | 52.28   | 52.28   |          |
|          | M | (kN.m) | 371.61  | 278.70  | 185.80  | 92.90   | 0.00    |          |
|          | T | (kN)   | -839.81 | -839.81 | -839.81 | -839.81 | -839.81 |          |

Cerniera esterna

**SPOSTAMENTI NODALI**

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= 0.00000      |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= 0.00000      | X(3)= 0.00            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= 0.15954      | X(6)= -0.19           | X(7)= -0.46            |
| inizio trave 5  | X(8)= 1.28652      | X(9)= -2.40           | X(10)= 1.73            |
| inizio trave 6  | X(11)= 1.41986     | X(12)= -6.90          | X(13)= 2.12            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.15627    | X(15)= -11.04         | X(16)= 1.97            |
| inizio trave 8  | X(17)= -1.52297    | X(18)= -5.56          | X(19)= 1.82            |
| inizio trave 9  | X(20)= -1.13508    | X(21)= -1.11          | X(22)= 2.19            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.38444     | X(24)= 0.06           | X(25)= 3.20            |
| inizio trave 11 | X(26)= 0.58008     | X(27)= 0.26           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 0.58008     | X(27)= 0.26           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 0.57983     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 93 - Verifica sismica (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 1.65$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra) a sx = 0% a dx = 0%  
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.46$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.46$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a sx: 12.51 m. a dx: 12.51 m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.00$   $g_2 = 1.00$   $g_3 = 1.00$  ( $g_3 = 1.0$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.00$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 1 sul fianco destro

### Verifica sismica a sensi delle ordinanze n° 3274 del 20/3/03 e n° 3316 del 2/10/03

Zona sismica 4 Valore di  $a_g/g = 0.05$   
 Fattore di struttura  $q = 1.0$  Categoria del suolo di fondazione: D  

|                                       |       | orizz. | vert.  |
|---------------------------------------|-------|--------|--------|
| Massa efficace di un arco             | kg    | 44344  | 6571   |
| Rigidezza complessiva di un arco      | kN/cm | 1295   | 485    |
| Periodo fondamentale della vibrazione | sec   | 0.1163 | 0.0732 |
| Coefficiente per le azioni sismiche   |       | 0.1264 | 0.0405 |

 Carichi mobili presenti sull'impalcato: nessuno

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |       |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri  |                 |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |                  |                  |                  |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|-------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd    | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | V <sub>Rd1</sub> | V <sub>Rd2</sub> | V <sub>Rd3</sub> |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN    | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>        | cm <sup>2</sup> /m       | kN.m                      | kN               | kN               | kN               |
| 3     | 1       | 310.7                   | -87.5                      | <b>310.7</b>     | 800.9 | -25.6  | <b>-25.6</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 10.9                 | 10.30           | 10.81           | 0.00                   | 8.95                     | <b>741.1</b>              | -211.8           | -1533.8          | -495.0           |
|       | 2       | 220.7                   | -76.8                      | <b>220.7</b>     | 785.6 | -135.4 | <b>-135.4</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 10.5                 | 10.30           | 8.80            | 0.00                   | 8.95                     | <b>667.8</b>              | -207.9           | -1533.8          | -491.1           |
|       | 3       | 15.4                    | -50.8                      | <b>90.9</b>      | 770.2 | -233.9 | <b>-233.9</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 10.1                 | 15.43           | 8.80            | 5.32                   | 8.95                     | <b>660.7</b>              | -206.5           | -1533.8          | -738.4           |
|       | 4       | -292.5                  | -10.0                      | <b>-434.9</b>    | 754.9 | -321.2 | <b>-315.6</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 14.1                 | 29.28           | 8.80            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1302.3</b>            | -230.4           | -1533.8          | -886.5           |
|       | 5       | -690.9                  | 44.7                       | <b>-766.4</b>    | 739.5 | -397.4 | <b>-350.1</b>                | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.0                 | 38.81           | 9.17            | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1602.2</b>            | -240.7           | -1533.8          | -896.8           |
| 4     | 1       | -732.8                  | 41.0                       | <b>-766.4</b>    | 816.8 | 170.5  | <b>93.7</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.2                 | 39.79           | 11.69           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1666.3</b>            | 249.0            | 1533.8           | 408.0            |
|       | 2       | -614.2                  | 28.8                       | <b>-658.1</b>    | 791.8 | 85.7   | <b>70.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.5                 | 39.79           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1658.8</b>            | 246.7            | 1533.8           | 405.7            |
|       | 3       | -568.5                  | 25.3                       | <b>-580.9</b>    | 768.1 | 14.3   | <b>14.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.6                 | 40.79           | 16.10           | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1681.5</b>            | 245.8            | 1533.8           | 889.3            |
|       | 4       | -583.3                  | 29.5                       | <b>-606.5</b>    | 745.8 | -43.8  | <b>-39.9</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.3                 | 40.26           | 16.10           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1655.3</b>            | -243.1           | -1533.8          | -402.1           |
|       | 5       | -646.1                  | 40.4                       | <b>-675.7</b>    | 724.9 | -88.5  | <b>-65.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.4                 | 38.72           | 12.64           | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1595.6</b>            | -239.3           | -1533.8          | -398.3           |
| 5     | 1       | -637.8                  | 49.0                       | <b>-675.7</b>    | 600.7 | 399.6  | <b>344.4</b>                 | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 14.7                 | 36.46           | 11.10           | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1566.6</b>            | 256.8            | 1944.4           | 778.0            |
|       | 2       | -376.3                  | 5.4                        | <b>-539.8</b>    | 602.1 | 357.2  | <b>335.4</b>                 | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 14.8                 | 34.89           | 7.82            | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1520.7</b>            | 247.5            | 1865.6           | 771.3            |
|       | 3       | -143.7                  | -33.3                      | <b>-289.6</b>    | 603.4 | 315.9  | <b>312.3</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 13.1                 | 25.51           | 7.82            | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1209.1</b>            | 228.3            | 1785.8           | 754.8            |
|       | 4       | 60.7                    | -67.2                      | <b>178.5</b>     | 604.5 | 275.8  | <b>275.8</b>                 | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 38.0                        | 10.4                 | 19.04           | 11.62           | 12.08                  | 7.94                     | <b>690.3</b>              | 204.4            | 1713.7           | 736.2            |
|       | 5       | 237.8                   | -96.4                      | <b>328.3</b>     | 605.5 | 236.8  | <b>236.8</b>                 | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.1                 | 11.95           | 15.21           | 12.51                  | 7.94                     | <b>809.9</b>              | 198.1            | 1607.2           | 724.6            |

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |       |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|-------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd    | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN    | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 237.9                   | -101.0                     | <b>361.0</b>     | 577.9 | 292.6  | <b>292.6</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 10.7                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>763.0</b>              | 197.8  | 1618.3  | 716.9  |
|       | 2       | 605.9                   | -163.0                     | <b>695.7</b>     | 587.5 | 216.7  | <b>216.7</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 13.8                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1366.7</b>             | 222.1  | 1635.1  | 708.9  |
|       | 3       | 860.9                   | -204.1                     | <b>916.2</b>     | 597.1 | 138.0  | <b>138.0</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.2                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1642.8</b>             | 233.0  | 1635.1  | 648.3  |
|       | 4       | 1002.7                  | -225.2                     | <b>1023.4</b>    | 606.7 | 59.3   | <b>59.3</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.4                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1888.0</b>             | 242.9  | 1635.1  | 484.4  |
|       | 5       | 1031.3                  | -227.2                     | <b>1034.6</b>    | 616.2 | -19.4  | <b>-19.4</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.8                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1971.3</b>             | -246.7 | -1635.1 | -411.6 |
| 7     | 1       | 1031.3                  | -227.2                     | <b>1034.6</b>    | 616.2 | -19.4  | <b>-19.4</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.8                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1971.3</b>             | -246.7 | -1635.1 | -411.6 |
|       | 2       | 946.8                   | -211.2                     | <b>984.6</b>     | 625.8 | -98.1  | <b>-98.1</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 16.5                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1894.7</b>             | -244.5 | -1635.1 | -485.9 |
|       | 3       | 749.2                   | -177.8                     | <b>821.5</b>     | 635.4 | -176.9 | <b>-176.9</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.4                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1656.5</b>             | -236.2 | -1635.1 | -651.5 |
|       | 4       | 438.4                   | -127.9                     | <b>545.2</b>     | 644.9 | -255.6 | <b>-255.6</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.1                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1387.9</b>             | -226.8 | -1635.1 | -713.6 |
|       | 5       | 14.4                    | -62.1                      | <b>154.4</b>     | 653.6 | -331.1 | <b>-331.1</b>                | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 11.0                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>792.5</b>              | -203.9 | -1618.3 | -723.0 |
| 8     | 1       | 14.3                    | -59.2                      | <b>117.4</b>     | 685.5 | -267.4 | <b>-267.4</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.5                 | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>844.2</b>              | -204.5 | -1607.2 | -731.0 |
|       | 2       | -183.7                  | -30.6                      | <b>-325.5</b>    | 691.5 | -305.7 | <b>-305.7</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 12.2                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-1035.4</b>            | -219.8 | -1705.1 | -748.9 |
|       | 3       | -408.6                  | 1.4                        | <b>-567.2</b>    | 697.7 | -345.0 | <b>-341.5</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 13.6                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1256.1</b>            | -236.3 | -1785.8 | -762.8 |
|       | 4       | -661.0                  | 36.7                       | <b>-836.9</b>    | 704.0 | -385.5 | <b>-364.2</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 15.4                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1570.5</b>            | -256.3 | -1865.6 | -780.1 |
|       | 5       | -941.9                  | 75.4                       | <b>-982.3</b>    | 710.5 | -427.2 | <b>-373.1</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 15.3                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1620.2</b>            | -266.5 | -1944.4 | -787.6 |
| 9     | 1       | -936.4                  | 65.1                       | <b>-982.3</b>    | 822.6 | 139.1  | <b>108.7</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.9                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1635.1</b>            | 248.2  | 1533.8  | 407.2  |
|       | 2       | -830.1                  | 50.5                       | <b>-872.1</b>    | 836.4 | 86.5   | <b>81.6</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.8                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1692.1</b>            | 251.4  | 1533.8  | 410.4  |
|       | 3       | -778.2                  | 42.4                       | <b>-794.3</b>    | 853.8 | 23.0   | <b>23.0</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.0                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1716.2</b>            | 253.6  | 1533.8  | 897.1  |
|       | 4       | -790.6                  | 41.6                       | <b>-820.2</b>    | 874.7 | -51.5  | <b>-36.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 15.9                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1692.5</b>            | -254.3 | -1533.8 | -413.3 |
|       | 5       | -877.7                  | 48.9                       | <b>-905.0</b>    | 899.2 | -136.8 | <b>-60.9</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.7                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1699.2</b>            | -256.5 | -1533.8 | -415.5 |
| 10    | 1       | -814.9                  | 55.9                       | <b>-905.0</b>    | 778.4 | 473.2  | <b>406.8</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 16.2                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1617.7</b>            | 244.3  | 1533.8  | 900.4  |
|       | 2       | -346.0                  | -5.2                       | <b>-512.4</b>    | 793.7 | 374.2  | <b>366.2</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 14.3                 | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1318.2</b>            | 233.9  | 1533.8  | 890.0  |
|       | 3       | 11.1                    | -50.1                      | <b>112.0</b>     | 809.1 | 271.0  | <b>271.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 10.3                 | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>678.4</b>              | 210.0  | 1533.8  | 741.9  |
|       | 4       | 251.8                   | -79.3                      | <b>251.8</b>     | 824.4 | 163.7  | <b>163.7</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 10.7                 | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>685.5</b>              | 211.4  | 1533.8  | 494.7  |
|       | 5       | 371.6                   | -93.0                      | <b>371.6</b>     | 839.8 | 52.3   | <b>52.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 11.1                 | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>758.7</b>              | 215.3  | 1533.8  | 498.6  |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

DATI CONDIZIONE DI CARICO 94 - Verifica sismica (s.l.u.)

CARICHI DISTRIBUITI su una striscia larga un arco

| n° trave | carichi verticali |            | pressione orizzontale a inizio trave |              |        | pressione orizzontale a fine trave |              |        |
|----------|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------|
|          | inizio trave      | fine trave | quiete/altro                         | per deformaz | TOTALE | quiete/altro                       | per deformaz | TOTALE |
|          | N/cm.             | N/cm.      | N/cm.                                | N/cm.        | N/cm.  | N/cm.                              | N/cm.        | N/cm.  |
| 1        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 2        | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 3        | 0.0               | 0.0        | 897.6                                | 0.0          | 897.6  | 429.4                              | 6.2          | 435.6  |
| 4        | 733.4             | 66.6       | 515.9                                | 6.2          | 522.1  | 117.6                              | -52.3        | 65.3   |
| 5        | 122.7             | 52.9       | 262.6                                | -52.3        | 210.4  | 142.2                              | -61.4        | 80.9   |
| 6        | 63.5              | 63.5       | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 7        | 63.5              | 63.5       | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 8        | 52.9              | 122.7      | -10.3                                | -48.3        | -58.6  | 43.2                               | -58.9        | -15.7  |
| 9        | 66.6              | 733.4      | -101.9                               | -58.9        | -160.7 | -342.9                             | -84.0        | -426.9 |
| 10       | 0.0               | 0.0        | -429.4                               | -84.0        | -513.4 | -897.6                             | 0.0          | -897.6 |
| 11       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |
| 12       | 0.0               | 0.0        | 0.0                                  | 0.0          | 0.0    | 0.0                                | 0.0          | 0.0    |

N.B.: I carichi distribuiti sono riferiti alla proiezione della trave e non al suo sviluppo

**FORZE CONCENTRATE VERTICALI ad arco**

| Trave | n° forze sulla trave | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente | Entità della forza | Distanza dal nodo precedente |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|       |                      | N                  | cm                           | N                  | cm                           | N                  | cm                           |
| 1     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 2     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 3     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 4     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 5     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 6     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 7     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 8     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 9     | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 10    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 11    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |
| 12    | 0                    |                    |                              |                    |                              |                    |                              |

**PESI PROPRII delle travi**

(Carichi distribuiti che si aggiungono ai carichi verticali esposti nella prima tabella)

| Trave | Peso lineare | Note           |
|-------|--------------|----------------|
| n°    | N/cm         |                |
| 1     | 0.0          | trave fittizia |
| 2     | 0.0          | trave fittizia |
| 3     | 133.4        |                |
| 4     | 130.7        |                |
| 5     | 164.6        |                |
| 6     | 155.5        |                |
| 7     | 155.5        |                |
| 8     | 164.6        |                |
| 9     | 130.7        |                |
| 10    | 133.4        |                |
| 11    | 0.0          | trave fittizia |
| 12    | 0.0          | trave fittizia |

**FORZE NODALI su un arco**

(La tabella è compilata soltanto nelle posizioni in cui vi siano forze o coppie nodali)

| Posizione nodale | Forza o coppia |
|------------------|----------------|
|                  | N o N.cm       |
|                  |                |

N.B. I carichi, le forze concentrate e i pesi proprii sono già moltiplicati per i coefficienti 'g' moltiplicativi delle azioni

**SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI**

|          |   |        | sez. 1  | sez. 2  | sez. 3  | sez. 4  | sez. 5  |                  |
|----------|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|
| TRAVE 1  | N | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | Incastro         |
|          | M | (kN.m) | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |                  |
| TRAVE 2  | N | (kN)   | 421.94  | 421.94  | 421.94  | 421.94  | 421.94  |                  |
|          | M | (kN.m) | -38.45  | -38.45  | -38.45  | -38.44  | -38.44  |                  |
|          | T | (kN)   | 127.24  | 127.24  | 127.24  | 127.24  | 127.24  |                  |
| TRAVE 3  | N | (kN)   | 421.94  | 407.19  | 392.44  | 377.68  | 362.93  |                  |
|          | M | (kN.m) | -38.44  | 49.12   | 39.42   | -53.99  | -217.56 |                  |
|          | T | (kN)   | 127.24  | 33.16   | -48.66  | -118.23 | -175.55 |                  |
| TRAVE 4  | N | (kN)   | 387.68  | 371.37  | 357.21  | 345.21  | 335.35  |                  |
|          | M | (kN.m) | -232.91 | -176.15 | -169.21 | -201.50 | -262.41 |                  |
|          | T | (kN)   | 91.22   | 32.21   | -15.46  | -51.78  | -76.76  |                  |
| TRAVE 5  | N | (kN)   | 302.36  | 303.22  | 303.99  | 304.67  | 305.25  |                  |
|          | M | (kN.m) | -272.35 | -169.68 | -80.00  | -2.58   | 63.32   |                  |
|          | T | (kN)   | 158.29  | 138.95  | 120.68  | 103.48  | 87.35   |                  |
| TRAVE 6  | N | (kN)   | 294.63  | 298.80  | 302.92  | 307.05  | 311.17  |                  |
|          | M | (kN.m) | 61.37   | 207.49  | 308.35  | 363.97  | 374.32  |                  |
|          | T | (kN)   | 116.32  | 85.91   | 54.43   | 22.95   | -8.53   |                  |
| TRAVE 7  | N | (kN)   | 311.17  | 315.30  | 319.42  | 323.54  | 327.37  |                  |
|          | M | (kN.m) | 374.32  | 339.43  | 259.28  | 133.88  | -36.79  |                  |
|          | T | (kN)   | -8.53   | -40.02  | -71.50  | -102.98 | -133.22 |                  |
| TRAVE 8  | N | (kN)   | 339.87  | 342.67  | 345.64  | 348.79  | 352.12  |                  |
|          | M | (kN.m) | -34.86  | -109.98 | -196.38 | -294.75 | -405.83 |                  |
|          | T | (kN)   | -100.87 | -116.65 | -133.47 | -151.32 | -170.22 |                  |
| TRAVE 9  | N | (kN)   | 379.94  | 389.13  | 402.43  | 419.82  | 441.33  |                  |
|          | M | (kN.m) | -389.36 | -306.41 | -251.77 | -234.00 | -261.68 |                  |
|          | T | (kN)   | 100.90  | 75.18   | 40.29   | -3.78   | -57.02  |                  |
| TRAVE 10 | N | (kN)   | 380.00  | 394.75  | 409.51  | 424.26  | 439.01  |                  |
|          | M | (kN.m) | -228.05 | 1.16    | 155.47  | 223.59  | 194.26  |                  |
|          | T | (kN)   | 237.75  | 175.10  | 102.26  | 19.24   | -73.98  |                  |
| TRAVE 11 | N | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | Cerniera esterna |
|          | M | (kN.m) | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |                  |
|          | T | (kN)   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |                  |
| TRAVE 12 | N | (kN)   | -73.98  | -73.98  | -73.98  | -73.98  | -73.98  |                  |
|          | M | (kN.m) | 194.26  | 145.69  | 97.13   | 48.56   | 0.00    |                  |
|          | T | (kN)   | -439.01 | -439.01 | -439.01 | -439.01 | -439.01 |                  |

**SPOSTAMENTI NODALI**

|                 | ROTAZIONE<br>mrad. | SPOSTAM. VERT.<br>mm. | SPOSTAM. ORIZZ.<br>mm. |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| inizio trave 1  | X(1)= 0.00000      |                       |                        |
| inizio trave 2  |                    |                       |                        |
| inizio trave 3  | X(2)= 0.00000      | X(3)= 0.00            | X(4)= 0.00             |
| inizio trave 4  | X(5)= 0.05001      | X(6)= -0.10           | X(7)= -0.06            |
| inizio trave 5  | X(8)= 0.42020      | X(9)= -0.80           | X(10)= 0.60            |
| inizio trave 6  | X(11)= 0.49679     | X(12)= -2.34          | X(13)= 0.72            |
| inizio trave 7  | X(14)= -0.06318    | X(15)= -3.79          | X(16)= 0.65            |
| inizio trave 8  | X(17)= -0.53116    | X(18)= -1.81          | X(19)= 0.57            |
| inizio trave 9  | X(20)= -0.34274    | X(21)= -0.33          | X(22)= 0.68            |
| inizio trave 10 | X(23)= 0.17717     | X(24)= -0.10          | X(25)= 0.80            |
| inizio trave 11 | X(26)= 0.01094     | X(27)= 0.00           | X(28)= 0.00            |
| inizio trave 12 | X(26)= 0.01094     | X(27)= 0.00           | X(28)= 0.00            |
| fine trave 12   | X(29)= 0.01081     |                       |                        |

## VERIFICA DELLE SEZIONI - Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22

Condizione di carico 94 - Verifica sismica (s.l.u.)

### Dati del calcolo:

PROFILO DEL TERRENO sopra la struttura:

Coordinate dello spigolo P rispetto al culmine dell'estradosso:  $X_p = 0.00$  m.  $Y_p = 0.30$  m.  
 Pendenze a sinistra e a destra di P (+ se il profilo scende a destra) a  $s_x = 0\%$  a  $s_x = 0\%$   
 Peso specifico del terreno: a sinistra: 1.80 t/m<sup>3</sup> a destra: 1.80 t/m<sup>3</sup>  
 Coefficiente di spinta di quiete: a sinistra:  $0.46 \times g_3 = 0.46$  a destra:  $0.46 \times (g_3) = 0.46$   
 Modulo elastico del terreno in superficie: 70 MPa Incremento con la profondità 5 MPa / m  
 Spessore di terreno considerato elastico: a  $s_x = 10.85$  m. a  $s_x = 10.85$  m.  
 Coefficienti moltiplicativi delle azioni:  $g_1 = 1.00$   $g_2 = 1.00$   $g_3 = 1.00$  ( $g_3 = 1.0$  se favorevole)  
 Il fattore  $g_3 = 1.00$  è applicato alle spinte sul fianco sinistro della struttura; il fattore ( $g_3$ ) = 1 sul fianco destro

### Verifica sismica a sensi delle ordinanze n° 3274 del 20/3/03 e n° 3316 del 2/10/03

Zona sismica 4 Valore di  $a_{g/g} = 0.05$   
 Fattore di struttura  $q = 1.0$  Categoria del suolo di fondazione: D  

|                                       |       | orizz. | vert.   |
|---------------------------------------|-------|--------|---------|
| Massa efficace di un arco             | kg    | 44603  | 6571    |
| Rigidezza complessiva di un arco      | kN/cm | 1333   | 486     |
| Periodo fondamentale della vibrazione | sec   | 0.1149 | 0.073   |
| Coefficiente per le azioni sismiche   |       | 0.1257 | -0.0405 |

 Carichi mobili presenti sull'impalcato: nessuno

| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne |                         |                  |       |        |                           | Descrizione delle sezioni |                    |                      |                        |                   | Aree dei ferri  |                 |                     |                       | Sollecitazioni resistenti |                  |                  |                  |
|-------|---------|------------------------|-------------------------|------------------|-------|--------|---------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |         | Md<br>baricentrico     | e1<br>distanza da facc. | Md +<br>décalage | Nd    | Vd     | Vd -<br>riduzione appoggi | H<br>altezza totale       | Y<br>altezza utile | B5<br>lato compresso | B1<br>larghezza taglio | X1<br>asse neutro | A1<br>esterni   | A2<br>interni   | A3<br>ferri piegati | A4<br>totale staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | V <sub>Rd1</sub> | V <sub>Rd2</sub> | V <sub>Rd3</sub> |
|       |         | kN.m                   | cm                      | kN.m             | kN    | kN     | kN                        | cm                        | cm                 | cm                   | cm                     | cm                | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>     | cm <sup>2</sup> /m    | kN.m                      | kN               | kN               | kN               |
| 3     | 1       | -38.4                  | -39.6                   | <b>-38.4</b>     | 421.9 | 127.2  | <b>127.2</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 8.8               | 10.30           | 10.81           | 0.00                | 8.95                  | <b>-540.7</b>             | 176.6            | 1533.8           | 459.8            |
|       | 2       | 49.1                   | -60.8                   | <b>56.2</b>      | 407.2 | 33.2   | <b>33.2</b>               | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 8.5               | 10.30           | 8.80            | 0.00                | 8.95                  | <b>494.2</b>              | 173.3            | 1533.8           | 456.6            |
|       | 3       | 39.4                   | -58.8                   | <b>39.4</b>      | 392.4 | -48.7  | <b>-48.7</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 8.2               | 15.43           | 8.80            | 5.32                | 8.95                  | <b>487.0</b>              | -172.0           | -1533.8          | -703.9           |
|       | 4       | -54.0                  | -34.5                   | <b>-109.0</b>    | 377.7 | -118.2 | <b>-114.2</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 12.3              | 29.28           | 8.80            | 5.32                | 12.88                 | <b>-1145.9</b>            | -195.9           | -1533.8          | -852.0           |
|       | 5       | -217.6                 | 11.2                    | <b>-251.2</b>    | 362.9 | -175.6 | <b>-141.7</b>             | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.9              | 38.81           | 9.17            | 5.32                | 12.88                 | <b>-1448.8</b>            | -206.3           | -1533.8          | -862.4           |
| 4     | 1       | -232.9                 | 11.3                    | <b>-251.2</b>    | 387.7 | 91.2   | <b>36.6</b>               | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 14.0              | 39.79           | 11.69           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1491.5</b>            | 209.8            | 1533.8           | 368.8            |
|       | 2       | -176.2                 | -1.3                    | <b>-195.0</b>    | 371.4 | 32.2   | <b>21.2</b>               | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.5              | 39.79           | 16.10           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1486.0</b>            | 208.3            | 1533.8           | 367.3            |
|       | 3       | -169.2                 | -1.4                    | <b>-179.6</b>    | 357.2 | -15.5  | <b>-15.5</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.6              | 40.79           | 16.10           | 0.00                | 20.34                 | <b>-1512.7</b>            | -208.3           | -1533.8          | -851.7           |
|       | 4       | -201.5                 | 9.6                     | <b>-226.2</b>    | 345.2 | -51.8  | <b>-50.0</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.4              | 40.26           | 16.10           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1490.4</b>            | -206.5           | -1533.8          | -365.5           |
|       | 5       | -262.4                 | 29.5                    | <b>-287.3</b>    | 335.4 | -76.8  | <b>-65.9</b>              | 100.0                     | 94.0               | 125.0                | 36.0                   | 13.4              | 38.72           | 12.64           | 0.00                | 5.03                  | <b>-1435.6</b>            | -203.7           | -1533.8          | -362.7           |
| 5     | 1       | -272.4                 | 32.9                    | <b>-287.3</b>    | 302.4 | 158.3  | <b>132.7</b>              | 107.0                     | 97.5               | 125.0                | 44.0                   | 13.2              | 36.46           | 11.10           | 9.99                | 7.94                  | <b>-1419.5</b>            | 230.5            | 1944.4           | 751.7            |
|       | 2       | -169.7                 | -1.2                    | <b>-233.6</b>    | 303.2 | 139.0  | <b>128.9</b>              | 107.0                     | 98.0               | 125.0                | 42.0                   | 13.3              | 34.89           | 7.82            | 9.99                | 7.94                  | <b>-1373.1</b>            | 221.6            | 1865.6           | 745.5            |
|       | 3       | -80.0                  | -30.8                   | <b>-136.0</b>    | 304.0 | 120.7  | <b>119.0</b>              | 107.0                     | 98.5               | 125.0                | 40.0                   | 11.6              | 25.51           | 7.82            | 6.39                | 7.94                  | <b>-1059.0</b>            | 203.0            | 1785.8           | 729.5            |
|       | 4       | -2.6                   | -56.3                   | <b>-51.1</b>     | 304.7 | 103.5  | <b>103.5</b>              | 107.0                     | 99.0               | 125.0                | 38.0                   | 10.4              | 19.04           | 11.62           | 12.08               | 7.94                  | <b>-839.2</b>             | 187.9            | 1705.1           | 717.1            |
|       | 5       | 63.3                   | -77.9                   | <b>95.3</b>      | 305.2 | 87.3   | <b>87.3</b>               | 107.0                     | 98.5               | 125.0                | 36.0                   | 9.6               | 11.95           | 15.21           | 12.51               | 7.94                  | <b>679.4</b>              | 174.3            | 1607.2           | 700.8            |



| TRAVE | Sezione | Sollecitazioni esterne  |                            |                  |       |        |                              | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                             |                      | Aree dei ferri |               |                        |                          | Sollecitazioni resistenti |        |         |        |
|-------|---------|-------------------------|----------------------------|------------------|-------|--------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|---------|--------|
|       |         | Md<br>baricen-<br>trico | e1<br>distanza<br>da facc. | Md +<br>décalage | Nd    | Vd     | Vd -<br>riduzione<br>appoggi | H<br>altezza<br>totale    | Y<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | B1<br>larghez-<br>za taglio | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>esterni  | A2<br>interni | A3<br>ferri<br>piegati | A4<br>totale<br>staffe/m | Mrd<br>baricentrico       | VRd1   | VRd2    | VRd3   |
|       |         | kN.m                    | cm                         | kN.m             | kN    | kN     | kN                           | cm                        | cm                    | cm                        | cm                          | cm                   | cm2            | cm2           | cm2                    | cm2/m                    | kN.m                      | kN     | kN      | kN     |
| 6     | 1       | 61.4                    | -80.7                      | <b>110.3</b>     | 294.6 | 116.3  | <b>116.3</b>                 | 105.0                     | 96.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 9.2                  | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>651.1</b>              | 174.8  | 1618.3  | 693.9  |
|       | 2       | 207.5                   | -129.3                     | <b>243.1</b>     | 298.8 | 85.9   | <b>85.9</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 12.6                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1258.5</b>             | 198.5  | 1635.1  | 685.3  |
|       | 3       | 308.4                   | -161.7                     | <b>330.1</b>     | 302.9 | 54.4   | <b>54.4</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 13.9                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1535.5</b>             | 209.0  | 1635.1  | 624.3  |
|       | 4       | 364.0                   | -178.4                     | <b>371.9</b>     | 307.0 | 22.9   | <b>22.9</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.1                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1781.7</b>             | 218.4  | 1635.1  | 459.8  |
|       | 5       | 374.3                   | -180.2                     | <b>376.0</b>     | 311.2 | -8.5   | <b>-8.5</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.6                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1864.2</b>             | -221.7 | -1635.1 | -386.7 |
| 7     | 1       | 374.3                   | -180.2                     | <b>376.0</b>     | 311.2 | -8.5   | <b>-8.5</b>                  | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.6                 | 11.00          | 50.81         | 0.00                   | 5.03                     | <b>1864.2</b>             | -221.7 | -1635.1 | -386.7 |
|       | 2       | 339.4                   | -167.5                     | <b>354.9</b>     | 315.3 | -40.0  | <b>-40.0</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 15.2                 | 11.00          | 48.35         | 1.64                   | 5.03                     | <b>1784.7</b>             | -219.1 | -1635.1 | -460.5 |
|       | 3       | 259.3                   | -141.1                     | <b>288.5</b>     | 319.4 | -71.5  | <b>-71.5</b>                 | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 14.0                 | 11.00          | 40.99         | 3.27                   | 7.99                     | <b>1541.6</b>             | -210.3 | -1635.1 | -625.6 |
|       | 4       | 133.9                   | -101.3                     | <b>176.9</b>     | 323.5 | -103.0 | <b>-103.0</b>                | 105.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 37.0                        | 12.7                 | 11.00          | 32.79         | 4.80                   | 7.99                     | <b>1267.9</b>             | -200.5 | -1635.1 | -687.3 |
|       | 5       | -36.8                   | -48.6                      | <b>-83.6</b>     | 327.4 | -133.2 | <b>-133.2</b>                | 105.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 37.0                        | 9.2                  | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.99                     | <b>-612.6</b>             | -177.6 | -1660.2 | -710.1 |
| 8     | 1       | -34.9                   | -46.9                      | <b>-82.3</b>     | 339.9 | -100.9 | <b>-100.9</b>                | 107.0                     | 99.5                  | 125.0                     | 36.0                        | 9.3                  | 11.95          | 15.21         | 12.51                  | 7.94                     | <b>-613.1</b>             | -174.6 | -1623.5 | -706.5 |
|       | 2       | -110.0                  | -25.0                      | <b>-164.3</b>    | 342.7 | -116.6 | <b>-116.6</b>                | 107.0                     | 99.0                  | 125.0                     | 38.0                        | 10.5                 | 19.04          | 11.62         | 12.08                  | 7.94                     | <b>-858.6</b>             | -191.0 | -1705.1 | -720.2 |
|       | 3       | -196.4                  | -0.3                       | <b>-258.0</b>    | 345.6 | -133.5 | <b>-131.8</b>                | 107.0                     | 98.5                  | 125.0                     | 40.0                        | 11.8                 | 25.51          | 7.82          | 6.39                   | 7.94                     | <b>-1080.0</b>            | -206.6 | -1785.8 | -733.1 |
|       | 4       | -294.8                  | 27.4                       | <b>-364.1</b>    | 348.8 | -151.3 | <b>-141.5</b>                | 107.0                     | 98.0                  | 125.0                     | 42.0                        | 13.5                 | 34.89          | 7.82          | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1395.7</b>            | -225.6 | -1865.6 | -749.4 |
|       | 5       | -405.8                  | 58.1                       | <b>-421.9</b>    | 352.1 | -170.2 | <b>-145.2</b>                | 107.0                     | 97.5                  | 125.0                     | 44.0                        | 13.5                 | 36.46          | 11.10         | 9.99                   | 7.94                     | <b>-1444.1</b>            | -234.9 | -1944.4 | -756.0 |
| 9     | 1       | -389.4                  | 53.7                       | <b>-421.9</b>    | 379.9 | 100.9  | <b>88.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.6                 | 38.72          | 12.64         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1454.0</b>            | 207.8  | 1533.8  | 366.8  |
|       | 2       | -306.4                  | 30.0                       | <b>-341.0</b>    | 389.1 | 75.2   | <b>73.1</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.6                 | 40.26          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1508.6</b>            | 210.5  | 1533.8  | 369.5  |
|       | 3       | -251.8                  | 13.8                       | <b>-272.5</b>    | 402.4 | 40.3   | <b>40.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.8                 | 40.79          | 16.10         | 0.00                   | 20.34                    | <b>-1531.4</b>            | 212.4  | 1533.8  | 855.9  |
|       | 4       | -234.0                  | 7.0                        | <b>-240.4</b>    | 419.8 | -3.8   | <b>6.0</b>                   | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 13.7                 | 39.79          | 16.10         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1506.1</b>            | 212.7  | 1533.8  | 371.8  |
|       | 5       | -261.7                  | 10.5                       | <b>-273.4</b>    | 441.3 | -57.0  | <b>-8.3</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 14.2                 | 39.79          | 11.69         | 0.00                   | 5.03                     | <b>-1513.6</b>            | -214.7 | -1533.8 | -373.7 |
| 10    | 1       | -228.1                  | 11.3                       | <b>-273.4</b>    | 380.0 | 237.7  | <b>199.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 14.0                 | 38.81          | 9.17          | 5.32                   | 12.88                    | <b>-1455.8</b>            | 207.9  | 1533.8  | 864.0  |
|       | 2       | 1.2                     | -49.0                      | <b>78.3</b>      | 394.8 | 175.1  | <b>170.5</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 7.9                  | 29.28          | 8.80          | 5.32                   | 12.88                    | <b>487.3</b>              | 172.2  | 1533.8  | 828.3  |
|       | 3       | 155.5                   | -86.7                      | <b>155.5</b>     | 409.5 | 102.3  | <b>102.3</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 8.3                  | 15.43          | 8.80          | 5.32                   | 8.95                     | <b>494.9</b>              | 173.6  | 1533.8  | 705.4  |
|       | 4       | 223.6                   | -101.5                     | <b>223.6</b>     | 424.3 | 19.2   | <b>19.2</b>                  | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 8.6                  | 10.30          | 8.80          | 0.00                   | 8.95                     | <b>502.1</b>              | 174.9  | 1533.8  | 458.1  |
|       | 5       | 194.3                   | -93.0                      | <b>217.7</b>     | 439.0 | -74.0  | <b>-74.0</b>                 | 100.0                     | 94.0                  | 125.0                     | 36.0                        | 9.1                  | 10.30          | 10.81         | 0.00                   | 8.95                     | <b>575.8</b>              | -178.7 | -1533.8 | -462.0 |

Struttura di serie: S 722 - Sovrapp. ferr. a 2 cerniere 7.2 x 22  
**CALCOLO DELLE FONDAZIONI**

**Dati della struttura**

|   |       |       |
|---|-------|-------|
| Luce netta della struttura                      | L = m | 22.00 |
| Altezza nominale interna della struttura        | H = m | 7.20  |
| Interasse tra gli archi prefabbricati           | I = m | 1.25  |
| Numero di archi prefabbricati                   | n°    | 12    |
| Spessore del ritto                              | W = m | 1.00  |
| Cerniera Facc: distanza dalla facciata interna  | m     | 0.07  |
| Cerniera Terra: distanza dalla facciata interna | m     | 0.93  |

**Calcolo della sollecitazione resistente (s.l.u.)**

| Posizione                        | Armature/m  |        | Sezione sul ritto       |            |
|----------------------------------|-------------|--------|-------------------------|------------|
|                                  | n°/m.Φ      | Area/m | Area dei ferri per arco |            |
| 51                               | <b>5.20</b> | 15.70  | inferiori A1 = cm2      | 32.19      |
| 52                               | <b>5.16</b> | 10.05  | superiori A2 = cm2      | 12.56      |
| 53                               | <b>5.16</b> | 10.05  | a 45° A3 = cm2          | 12.56      |
| 54                               | <b>5.16</b> | 10.05  | staffe A4 = cm2         | 0.00       |
| Altezza totale della sezione     |             |        | H1 = cm                 | 80.0       |
| Altezza utile della sezione c.a. |             |        | d = cm                  | 75.5       |
| Asse neutro                      |             |        | x1 = cm                 | 11.2       |
| Momento resistente ad arco       |             |        | Mrd = kN.m              | <b>860</b> |
| Taglio resistente ad arco        |             |        | Vr = kN                 | <b>370</b> |

**Dimensioni della fondazione in m.**

| C       | Q       | M       | N       | Hvasca  | Peso     |
|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| m. 4.00 | m. 0.95 | m. 1.10 | m. 2.90 | cm 15.0 | t. 11.87 |

**CALCOLO DELLA PRESSIONE SUL TERRENO**

Le forze si riferiscono ad una striscia larga l = m. 1.25. Tutti i coefficienti gamma delle azioni sono posti uguali a 1

| Condiz carico         | Sollecitazioni alla base del ritto |            |                      | h terra contro ritto | Peso striscia terreno | Totale forze verticali | Eccentricità dalla mezzeria della fond. | Calcolo plastico (Meyerhof) |                    | Calcolo elastico |              |               |
|-----------------------|------------------------------------|------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---|-----------------------------|--------------------|------------------|--------------|---------------|
|                       | Rorizz=V                           | Rvert=N    | Distanza da facciata |                      |                       |                        |   | Pressione media             | parte senza carico | Bordo esterno    | valore medio | Bordo interno |
|                       | kN (1)                             | kN         | m                    | m                    | kN                    | kN                     | m (2)                                   | kN/m2                       | m                  | kN/m2            | kN/m2        | kN/m2         |
| <b>Ritto sinistro</b> |                                    |            |                      |                      |                       |                        |   |                             |                    |                  |              |               |
| 10                    | 37                                 | 574        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1082                   | 0.364                                   | 265                         | 0.727              | 334              | 216          | 98            |
| 20                    | 37                                 | 574        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1082                   | 0.364                                   | 265                         | 0.727              | 334              | 216          | 98            |
| 21                    | -12                                | 680        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1188                   | 0.373                                   | 292                         | 0.747              | 371              | 238          | 105           |
| 22                    | 4                                  | 662        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1170                   | 0.365                                   | 286                         | 0.730              | 362              | 234          | 106           |
| 25                    | -27                                | 728        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1236                   | 0.372                                   | 304                         | 0.743              | 385              | 247          | 109           |
| 26                    | -25                                | 714        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1222                   | 0.374                                   | 301                         | 0.748              | 381              | 244          | 107           |
| <b>27</b>             | <b>-42</b>                         | <b>747</b> | <b>0.930</b>         | <b>9.34</b>          | <b>392</b>            | <b>1255</b>            | <b>0.378</b>                            | <b>309</b>                  | <b>0.755</b>       | <b>393</b>       | <b>251</b>   | <b>109</b>    |
| 91                    | 13                                 | 643        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1151                   | 0.364                                   | 281                         | 0.727              | 356              | 230          | 105           |
| 92                    | 126                                | 389        | 0.490                | 8.84                 | 371                   | 876                    | 0.126                                   | 187                         | 0.251              | 208              | 175          | 142           |
| 93                    | 64                                 | 583        | 0.662                | 9.34                 | 392                   | 1091                   | 0.195                                   | 242                         | 0.389              | 282              | 218          | 154           |
| 94                    | 129                                | 421        | 0.374                | 8.84                 | 371                   | 909                    | 0.049                                   | 186                         | 0.098              | 195              | 182          | 168           |
| <b>Ritto destro</b>   |                                    |            |                      |                      |                       |                        |   |                             |                    |                  |              |               |
| 10                    | -37                                | 574        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1082                   | 0.428                                   | 275                         | 0.857              | 356              | 216          | 77            |
| 20                    | -37                                | 574        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1082                   | 0.428                                   | 275                         | 0.857              | 356              | 216          | 77            |
| 21                    | 28                                 | 686        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1194                   | 0.339                                   | 288                         | 0.678              | 360              | 239          | 117           |
| 22                    | 46                                 | 738        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1246                   | 0.313                                   | 295                         | 0.626              | 366              | 249          | 132           |
| 25                    | 0                                  | 638        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1146                   | 0.376                                   | 282                         | 0.751              | 358              | 229          | 100           |
| 26                    | 9                                  | 652        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1160                   | 0.364                                   | 284                         | 0.728              | 359              | 232          | 105           |
| 27                    | -12                                | 619        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1127                   | 0.391                                   | 280                         | 0.782              | 358              | 225          | 93            |
| 91                    | -8                                 | 652        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1160                   | 0.378                                   | 286                         | 0.755              | 363              | 232          | 101           |
| 92                    | -110                               | 394        | 0.674                | 8.84                 | 371                   | 881                    | 0.459                                   | 229                         | 0.918              | 298              | 176          | 55            |
| 93                    | -20                                | 609        | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1118                   | 0.401                                   | 280                         | 0.803              | 358              | 224          | 89            |
| 94                    | -73                                | 440        | 0.930                | 8.84                 | 371                   | 927                    | 0.510                                   | 249                         | 1.019              | 327              | 185          | 44            |

**VERIFICA A S.L.U DELLA SEZIONE VERTICALE PIÙ SOLLECITATA**

Forze e momenti si riferiscono ad una striscia larga l = m. 0.93. Sono già moltiplicati per i coefficienti gamma delle azioni

| Condiz carico         | Sollecitazioni alla base del ritto |         |                      | h terra contro ritto | Peso striscia terreno | Totale forze verticali | Eccentricità dalla mezzeria della fond. | Carico distribuito plastico (Meyerhof) | Ampiezza senza carico | Distanza sezione + sollecitata dal bordo interno | Sollecitazioni esterne |     |
|-----------------------|------------------------------------|---------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---|--|-----------------------|--|------------------------|-----|
|                       | Rorizz=V                           | Rvert=N | Distanza da facciata |                      |                       |                        |   |  |                       |  | Md                     | Vd  |
|                       | kN (1)                             | kN      | m                    | m                    | kN                    | kN                     | m (2)                                   | kN/m2                                  | m                     | m  | kN.m                   | kN  |
| <b>Ritto sinistro</b> |                                    |         |                      |                      |                       |                        |   |  |                       |  |                        |     |
| 10                    | 81                                 | 851     | 0.710                | 9.34                 | 588                   | 1556                   | 0.243                                   | 354                                    | 0.486                 | 1.720  | 337                    | 184 |
| 20                    | 81                                 | 851     | 0.710                | 9.34                 | 588                   | 1556                   | 0.243                                   | 354                                    | 0.486                 | 1.720  | 337                    | 184 |
| 21                    | -26                                | 1010    | 0.930                | 9.34                 | 588                   | 1714                   | 0.392                                   | 426                                    | 0.784                 | 2.054  | 430                    | 259 |
| 22                    | 0                                  | 982     | 0.930                | 9.34                 | 588                   | 1686                   | 0.383                                   | 417                                    | 0.767                 | 2.030  | 416                    | 249 |
| 25                    | -29                                | 1081    | 0.830                | 9.34                 | 588                   | 1785                   | 0.319                                   | 425                                    | 0.638                 | 1.956  | 461                    | 279 |
| 26                    | -34                                | 1061    | 0.869                | 9.34                 | 588                   | 1765                   | 0.349                                   | 428                                    | 0.698                 | 1.999  | 452                    | 274 |
| 27                    | -55                                | 1110    | 0.848                | 9.34                 | 588                   | 1814                   | 0.337                                   | 436                                    | 0.674                 | 1.995  | 476                    | 290 |
| 91                    | 13                                 | 643     | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1151                   | 0.364                                   | 281                                    | 0.727                 | 2.012  | 290                    | 156 |
| 92                    | 126                                | 389     | 0.490                | 8.84                 | 371                   | 876                    | 0.126                                   | 187                                    | 0.251                 | 1.282  | 124                    | 21  |
| 93                    | 64                                 | 583     | 0.662                | 9.34                 | 392                   | 1091                   | 0.195                                   | 242                                    | 0.389                 | 1.659  | 243                    | 114 |
| 94                    | 129                                | 421     | 0.374                | 8.84                 | 371                   | 909                    | 0.049                                   | 186                                    | 0.098                 | 1.182  | 137                    | 27  |
| <b>Ritto destro</b>   |                                    |         |                      |                      |                       |                        |   |  |                       |  |                        |     |
| 10                    | 177                                | 871     | 0.930                | 9.34                 | 588                   | 1575                   | 0.301                                   | 371                                    | 0.603                 | 1.836  | 353                    | 202 |
| 20                    | 177                                | 871     | 0.930                | 9.34                 | 588                   | 1575                   | 0.301                                   | 371                                    | 0.603                 | 1.836  | 353                    | 202 |
| 21                    | 274                                | 1039    | 0.930                | 9.34                 | 588                   | 1743                   | 0.223                                   | 392                                    | 0.445                 | 1.780  | 437                    | 264 |
| 22                    | 300                                | 1117    | 0.930                | 9.34                 | 588                   | 1822                   | 0.201                                   | 405                                    | 0.401                 | 1.775  | 478                    | 294 |
| 25                    | 232                                | 967     | 0.930                | 9.34                 | 588                   | 1671                   | 0.255                                   | 383                                    | 0.510                 | 1.802  | 400                    | 237 |
| 26                    | 245                                | 988     | 0.930                | 9.34                 | 588                   | 1692                   | 0.245                                   | 386                                    | 0.489                 | 1.794  | 411                    | 245 |
| 27                    | 215                                | 939     | 0.930                | 9.34                 | 588                   | 1643                   | 0.269                                   | 380                                    | 0.537                 | 1.813  | 386                    | 227 |
| 91                    | -8                                 | 652     | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1160                   | 0.378                                   | 286                                    | 0.755                 | 2.041  | 296                    | 160 |
| 92                    | -110                               | 394     | 0.674                | 8.84                 | 371                   | 881                    | 0.459                                   | 229                                    | 0.918                 | 2.038  | 179                    | 67  |
| 93                    | -20                                | 609     | 0.930                | 9.34                 | 392                   | 1118                   | 0.401                                   | 280                                    | 0.803                 | 2.061  | 277                    | 146 |
| 94                    | -73                                | 440     | 0.930                | 8.84                 | 371                   | 927                    | 0.510                                   | 249                                    | 1.019                 | 2.189  | 213                    | 99  |

---

## **Relazione di calcolo dei muri di sostegno in c.a. con elementi prefabbricati**

**Rev. 00 del 27/06/08**

## NORME DI RIFERIMENTO

Le norme di riferimento assunte per la verifica delle strutture sono:

D.M. LL.PP del 11/3/1988 "Norme tecniche riguardanti ... l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre....."

D.M. LL.PP del 9/1/1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato....."

Per quanto in esso non contenuto si è fatto riferimento a:

Spinta delle terre e portanza delle fondazioni: Manuali dell'American Society of Civil Engineers

Ampiezza ammessa per le fessure: D.M. LL.PP. del 4/5/90 "Aggiornamento delle norme ... dei ponti stradali"

Sisma: O.P.C.M. n° 2374 del 20/3/2003 e suo aggiornamento n° 3316 del 2/10/03

Sismicità del Comune in cui sorge l'opera: desunta dalla tabella annessa al D.M. 2/9/2005.

## DATI GENERALI DI PROGETTO

### Materiali

| <b>Calcestruzzo</b>                      |                   | Prefabbricati | Platea | Fondazione |
|--|-------------------|---------------|--------|------------|
| Resistenza caratteristica cubica Rck     | N/mm <sup>2</sup> | 40            | 25     | 15         |
| Resistenza di calcolo a compress Fcd     | N/mm <sup>2</sup> | 21.05         | 13.16  | 7.89       |
| Resistenza di calcolo a trazione Fctd    | N/mm <sup>2</sup> | 1.33          | 1.05   | 0.81       |
| <b>Acciaio</b>                           | tipo              | FeB44k        | FeB44k | -          |
| Tensione caratteristica di snervam. 0.2% | N/mm <sup>2</sup> | 430           | 430    | -          |
| Resistenza di calcolo Fyd                | N/mm <sup>2</sup> | 373.9         | 373.9  | -          |

### Coefficienti moltiplicativi delle azioni

| <b>AZIONI</b>                  | <b>simboli</b> | <b>Verifica a s.l.u.</b> | <b>Verifica a fessuraz.</b> | <b>Verifica sismica</b> |
|--------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Angolo di resistenza al taglio | $\varphi$      | 30.00                    | 30.00                       | 30.00                   |
| Peso proprio struttura         | g1             | 1.4                      | 1.0                         | 1.0                     |
| Peso della terra portata       | g2             | 1.4                      | 1.0                         | 1.0                     |
| Spinta della terra             | g3             | 1.4                      | 1.0                         | 1.0                     |
| Carichi mobili                 | q1             | 1.5                      | 1.0                         | 0.25                    |

Di ciascuna sezione sono state eseguite tre verifiche, esposte in tre schede successive.

Scheda 1 Verifica allo stato limite ultimo, con i carichi di progetto

Scheda 2 Verifica alla fessurazione, con i carichi di progetto

Scheda 3 Verifica sismica, con i carichi accidentali ridotti

I dati geometrici e geotecnici di ciascuna sezione sono riportati nelle singole schede

Le verifiche sono svolte con l'ausilio del programma di calcolo : Muri 2006' vers.1.1.5

## Verifica allo stato limite ultimo (scheda 1)

### Verifica statica

Il calcolo di verifica delle strutture di sostegno prefabbricate inserite nell'opera è svolto con il metodo classico.

Anzitutto è verificata la stabilità del manufatto, cioè dell'insieme costituito dalla struttura prefabbricata, dalla sua fondazione diretta e dalla terra che sovrasta la platea, sotto l'azione della spinta del terrapieno e delle varie altre azioni eventualmente presenti.

Questo insieme è separato dal terrapieno da una sezione verticale ideale R-S, attraverso la quale si esercita la spinta della terra.

Il coefficiente di spinta attraverso questa sezione viene calcolato:

a) se il profilo del rilevato è rettilineo, con la formula di Rankine, che corrisponde a ipotizzare la formazione di un cuneo di terra spingente limitato da due piani di scorrimento, la cui giacitura è quella che genera la spinta massima, e quindi la più sfavorevole alla stabilità del muro.

b) se il profilo del rilevato è spezzato, con un procedimento che è l'estensione della formula di Rankine ai profili spezzati. Infatti la procedura, con un metodo iterativo, individua le giaciture dei due piani di scorrimento che generano simultaneamente la spinta massima e fornisce automaticamente il coefficiente di spinta. Il calcolo è svolto con elaboratore elettronico per approssimazioni successive.

La spinta sulla fondazione è calcolata con un coefficiente di spinta su parete verticale. Il calcolo tiene conto che nei muri tipo N, T e F la platea impedisce al peso del terrapieno che la sovrasta di agire per l'intera altezza.

I coefficienti di sicurezza della stabilità della struttura sono determinati tenendo conto delle spinte e dei pesi agenti, nonché dei loro momenti, tutti calcolati rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione.

La spinta passiva sulla parete esterna della fondazione è trascurata a favore della stabilità.

### Verifica delle sezioni in c.a. allo s.l.u.

La spinta sulla parete interna della struttura prefabbricata è calcolata in base a un coefficiente di spinta determinato con la formula di Coulomb.

Essa corrisponde all'equilibrio di un cuneo di terra, aderente alla parete del muro, separato dal terrapieno da una superficie piana, con la giacitura che genera la massima spinta sulla parete, e quindi la più sfavorevole alla verifica delle sezioni.

L'angolo di attrito tra terreno e parete è stato assunto pari a  $2/3$  dell'angolo di attrito interno del terreno spingente.

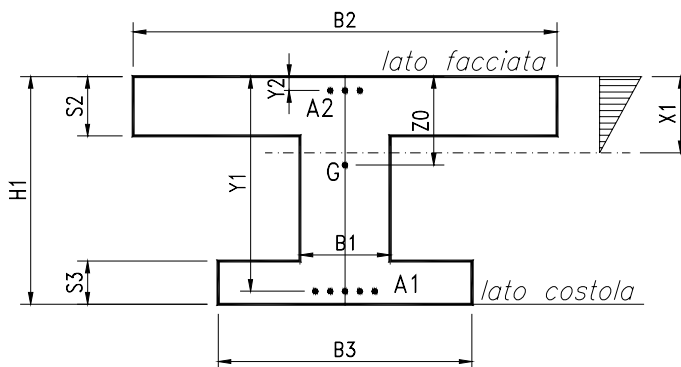
Il coefficiente di spinta che ne risulta differisce di poco da quello di Rankine.

Su ogni sezione le caratteristiche di sollecitazione sono calcolate in base alla spinta della terra agente dalla sezione in su e tengono conto anche della componente verticale della spinta e del peso della struttura sopra la sezione e di ogni altra azione esterna (urti, carichi sulla struttura, sbalzi, ecc.).

Nel calcolo della spinta è stato trascurato, per semplicità e a favore della stabilità, lo spessore della parete, considerando quindi che la spinta agisca direttamente sulla facciata del muro.

La verifica allo stato limite ultimo è svolta secondo le norme di calcolo esposte al punto 4.2 del D.M. 9/1/96 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".

La descrizione geometrica della sezione avviene secondo lo schema della figura nel seguito allegata:



Per ogni sezione verificata, oltre alle principali dimensioni geometriche, sono esposti:

**Md** = momento flettente baricentrico della sezione dovuto alle azioni esterne

**Md+décalage+eccentricità incerta** =

momento flettente baricentrico incrementato in funzione dello sforzo di taglio, secondo quanto prescritto dal punto 4.2.2. del D.M. '96 e anche dall'eccentricità parassita.

**Nd** = sforzo normale dovuto alle azioni esterne

**Vd** = sforzo di taglio di calcolo, dovuto alle azioni esterne, modificato dal contributo della componente della trazione dell'acciaio perpendicolare al lembo compresso nelle sezioni di altezza variabile.

**Mrd** = momento flettente baricentrico a cui resiste la sezione allo stato limite ultimo in presenza dello sforzo normale Nd.

**Vrd** = sforzo di taglio resistente della sezione. Esso è il valore minimo tra:

$V_{cls} = 0.30 * f_{cd} * B1 * Y$ , sforzo di taglio resistente per la verifica del conglomerato

$V_{wd} + V_{cd}$  = somma del taglio resistente per l'armatura d'anima e per gli altri elementi del traliccio resistente

$V_{wd} * 2$  = doppio del taglio resistente per l'armatura d'anima

L'area delle staffe presa in conto nel calcolo della resistenza a taglio è stata ridotta della sezione destinata a reggere la spinta della terra sulle ali, che è un carico appeso.

Dal confronto tra le sollecitazioni esterne e quelle resistenti risulta che tutte le sezioni sono conformi alle norme.

## Verifica alla fessurazione (scheda 2)

### Calcolo dell'ampiezza delle fessure

I criteri di verifica a fessurazione sono quelli fissati dal D.M. 09/01/96 e dalle relative istruzioni contenute nella Circ. Min. LL.PP. n° 252 AA.GG./S.T.C del 15/10/96

Nei tabulati di verifica le caratteristiche della sollecitazione sono calcolate con i metodi del calcolo elastico lineare, senza ridistribuzioni.

I sovraccarichi sul rilevato sono gli stessi impiegati nelle verifiche allo s.l.u. Ovviamente tutti i coefficienti moltiplicativi delle azioni sono stati ridotti a 1.

I momenti flettenti sono calcolati rispetto alla facciata del pannello o alla facciata inferiore della platea.

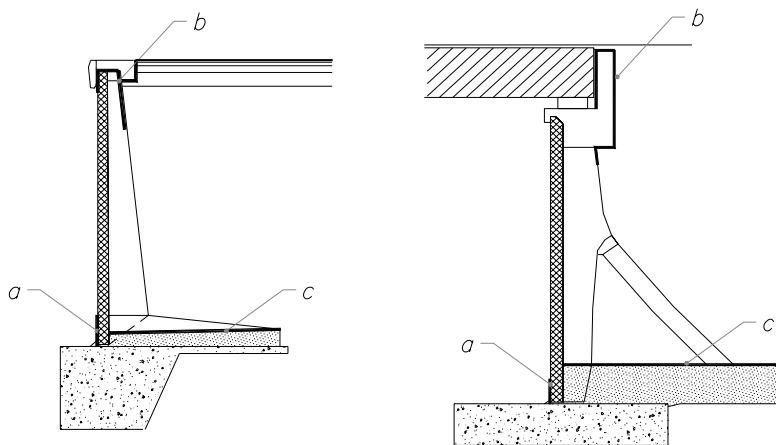
La descrizione geometrica della sezione avviene secondo lo schema già esposto nella verifica allo stato limite ultimo.

Le aperture delle fessure sono esposte nell'ultima colonna già divise per il rapporto tra il ricoprimento effettivo e il ricoprimento min di legge ( $\approx 20\text{mm}$ ), con il massimo di 1.5 in riferimento al paragrafo 4.2.4.2. della circolare citata, onde rendere immediato il confronto con i valori massimi ammessi.

In mancanza di una specifica normativa, l'apertura caratteristica ammessa per le fessure è stata desunta dal D.M. 4/5/90 relativo ai ponti stradali e in particolare dal punto 4.2 "Verifiche allo stato limite di fessurazione...". Essendo impiegate armature poco sensibili, interpretando la norma in modo molto cautelativo, la massima apertura ammessa risulta di:

**1° caso: 0,1 mm.** per le sezioni poste in condizioni ambientali molto aggressive e cioè:

- la parte inferiore della facciata esterna dei muri di controripa correnti lungo le strade, soggetta agli eventuali spruzzi dei sali di disgelo
- la parte superiore della facciata interna dei muri di sostegno correnti lungo le strade, soggetta al percolamento di acque che possono contenere dei sali di disgelo.
- la facciata superiore della platea delle spalle da ponte e dei muri tipo "C", soggetti al ristagno quasi permanente delle acque di infiltrazione del terreno. Per i muri di tipo "N" e "T" l'ambiente risulta aggressivo solo sul fondo delle gole corrugate della platea (ove non vi è armatura significativa) e non sulla cima delle costole dove è presente l'armatura principale.



— Zona moderatamente aggressiva  
 — Zona molto aggressiva

**2° caso: 0,2 mm.** per le sezioni poste in condizioni ambientali moderatamente aggressive e cioè tutte le altre.

#### Calcolo delle tensioni di esercizio nei materiali

Sono inoltre esposte le tensioni di trazione nell'acciaio e di compressione nel calcestruzzo per confrontarne i valori con i massimi stabiliti per lo stato limite di tensione di esercizio (punto 4.3.2. del citato D.M. 96)

**1° caso:** Per la combinazione di carico quasi permanente in ambiente molto aggressivo, in base alle resistenze caratteristiche dei materiali impiegati, risultano i seguenti valori massimi:

Calcestruzzo dei prefabbricati (Rck 40 N/mm<sup>2</sup>):  $0.83 * 40 * 0.4 = 13.28 \text{ N/mm}^2$   
 Calcestruzzo delle platee (Rck 25 N/mm<sup>2</sup>):  $0.83 * 25 * 0.4 = 8.3 \text{ N/mm}^2$

**2° caso:** Per la combinazione di carico quasi permanente in ambiente moderatamente aggressivo risultano i seguenti valori massimi:

Calcestruzzo dei prefabbricati (Rck 40 N/mm<sup>2</sup>):  $0.83 * 40 * 0.45 = 14.94 \text{ N/mm}^2$   
 Calcestruzzo delle platee (Rck 25 N/mm<sup>2</sup>):  $0.83 * 25 * 0.45 = 9.34 \text{ N/mm}^2$

Tutti i risultati dimostrano la conformità del progetto alle norme richiamate.

#### Verifica sismica (scheda 3)

a sensi delle ordinanze n° 3724 del 20/3/2003 e n° 3316 del 2/10/2003.

#### Dati di progetto dell'azione sismica

Il calcolo di verifica della stabilità globale dell'opera e di verifica delle sollecitazioni è effettuato con il metodo dell'analisi pseudo-statica, in base al valore dell'accelerazione orizzontale indicato nell'ordinanza n° 3724 del 20/3/2003 per il Comune in cui sorge l'opera:

|  |                  |
|--|------------------|
| Località in cui sorge l'opera: Comune di   | Casalpusterlengo |
| Zona sismica   | 4                |
| Accelerazione orizzontale  | $a_g/g = 0.05$   |
| Categoria del suolo di fondazione  | C                |
| Coefficiente di amplificazione topografica   | $S_T = 1.0$      |
| (l'opera non sorge in prossimità di cigli scoscesi isolati, né in prossimità di creste strette e ripide) |                  |
| Fattore di importanza  | $\gamma_1 = 1$   |
| Fattore che tiene conto della flessibilità e spostabilità del mu   | $r = 2$          |
| Coefficiente di riduzione sismica dei sovraccarichi accidentali  | 0.25             |

## Calcolo dell'azione sismica orizzontale

Fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione:  $S = 1.25$   
(dedotto dalla tabella 2 della normativa sismica ponti)

Coefficiente sismico orizzontale:  $k_h = S a_g / r = 0.0313$

Coefficiente sismico verticale:  $k_v = 0.5 k_h = 0.0156$   
(trascurato come stabilito al paragrafo 4.4.2. della normativa)

## Spinte di calcolo del terreno e dell'acqua

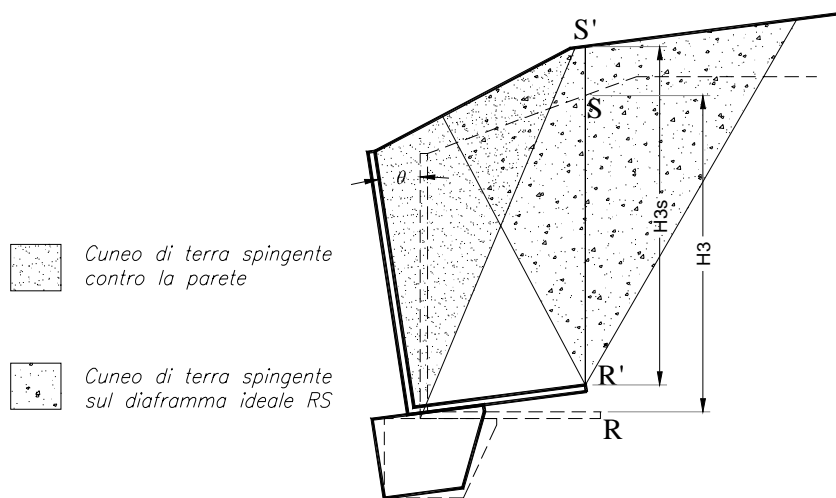
La spinta totale di progetto "Ed" esercitata dal terreno e dall'acqua sul muro è calcolata dopo aver fatto ruotare tutta la struttura (parete prefabbricata, superficie del terrapieno, platea e fondazione) dell'angolo  $\Theta$  stabilita dalla formula (10) del paragrafo 4.4.3. della normativa:

$$\Theta = \arctan(k_h / (1 + k_v)) = 1.79^\circ$$

Per il calcolo della spinta sulla parete interna del prefabbricato la formula di Mononobe e Okabe fornisce direttamente il coefficiente di spinta K. Il modello di Mononobe e Okabe prevede che in aderenza alla parete del muro si formi un cuneo di terra spingente, limitato verso il terreno da una superficie piana (ipotesi di Coulomb), in una sezione in cui sia la parete, sia la superficie del terrapieno siano ruotati verso valle dell'angolo  $\Theta$ . Noi la applicheremo per il calcolo della spinta della terra e del sisma sulla parete interna del prefabbricato.

Per il calcolo della stabilità globale dobbiamo calcolare la spinta della terra sul diaframma ideale R-S innalzato verticalmente dallo spigolo interno della platea. in questo caso non si può applicare la formula di Mononobe e Okabe in quanto il cuneo di terra spingente si sviluppa anche nel terreno a valle della sezione R-S su cui dobbiamo calcolare la spinta. Il modello non corrisponde.

Nei muri di sostegno prefabbricati la platea di ancoraggio è notevolmente estesa sotto al terra-pieno. Pertanto la spinta sulla parete e sul diaframma ideale R-S possono risultare alquanto diversi.



Come prescritto dal punto 4.4.1 della normativa e in perfetta analogia al modello di base che determina la formula di Mononobe e Okabe, calcoliamo la spinta  $E_d$  sulla sezione R-S assumendo un modello in cui si forma un cuneo spingente limitato da due piani, le cui giaciture sono state entrambe simultaneamente individuate come quelle che generano la massima spinta in stato di equilibrio limite attivo.



Il procedimento, svolto su elaboratore elettronico per approssimazioni successive, individua le due giaciture e fornisce i coefficienti di spinta. Essi risultano in genere leggermente più gravosi di quelli forniti dalla formula di Mononobe e Okabe per il maggior peso del cuneo di terra spingente.

Ovviamente il calcolo dei coefficienti di spinta è eseguito dopo aver fatto ruotare tutta la struttura (parete prefabbricata, superficie del terrapieno, platea, fondazione) dell'angolo  $\Theta$ .

I coefficienti di spinta sono calcolati per tutte le sezioni trasversali oggetto della verifica e sono stati moltiplicati per il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  e per il fattore di importanza  $\gamma_1$ .

Nelle schede di verifica delle sezioni i coefficienti di spinta sono riportati già maggiorati del coefficiente topografico e del fattore di importanza.

Per effetto della rotazione sismica l'altezza della sezione ideale R - S su cui agisce la spinta del terrapieno aumenta, e in certi casi notevolmente. Pertanto la spinta della terra considerata nel calcolo è incrementata sia per il maggior coefficiente di spinta dovuto alla rotazione sismica, sia per la maggior altezza della sezione ideale.

Nella verifica della stabilità globale della struttura durante il sisma il calcolo tiene conto che tutte le masse della struttura e quella della terra che sovrasta la platea fino alla sezione R-S sono soggette a forze inerziali, aggiungendole alle spinte. Le loro componenti orizzontali sono riportate nella tabella delle azioni.

## **Codici di calcolo.**

### **Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

Tutte le schede allegare alla presente relazione sono state compilate automaticamente mediante il programma di calcolo Muri 2006' vers.1.1.5,

### **Tipo di analisi svolta**

Trattandosi di strutture molto semplici, sostanzialmente isostatiche, il calcolo è effettuato con i metodi numerici della scienza delle costruzioni, determinando direttamente le reazioni sul terreno e le sollecitazioni delle varie membrature in base a semplici considerazioni sulla composizione delle varie azioni agenti sulla struttura e delle loro reazioni vincolari.

La verifica della resistenza delle sezioni in cemento armato normale è stata fatta con soluzioni esatte basate su distribuzioni tensionali a parabola-rettangolo per le verifiche a stato limite ultimo e sismiche, e su distribuzioni tensionali elastico-lineari parzializzate per le verifiche della fessurazione.

### **Affidabilità dei codici utilizzati**

Il programma di calcolo "Muri 2006" è il risultato della completa revisione, aggiornamento e completamento del precedente programma "Muri 2000", già sviluppato con il codice Visual-basic della Microsoft. Questo programma a sua volta discendente, dopo un'infinità di perfezionamenti, revisioni e aggiornamenti, dal programma prodotto inizialmente in Basic dall'ing. Chiaves nel lontano anno 1974. Esso, già allora integralmente automatizzato, fu prodotto e utilizzato per la verifica delle strutture prefabbricate

In base ai risultati di questo programma o dei suoi precedenti sono state costruite almeno 15.000 opere di sostegno, in Italia e all'estero, in condizioni molto diversificate, comprendenti muri di sostegno del corpo stradale e muri di controripa fino a 15 m di altezza, muri spondali in alveo, muri per sistemazione di frane, spalle di ponti e anche condizioni di impiego anomale. Almeno 100.000 sezioni trasversali di muri di sostegno sono state verificate con questo programma.

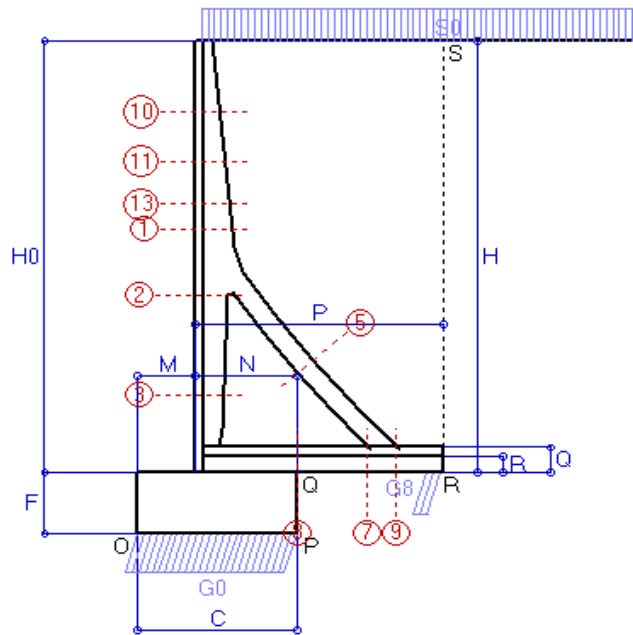
Riteniamo che la straordinaria affidabilità dimostrata dalle strutture nei più svariati impieghi (oltre 5.000.000 di m<sup>2</sup> di facciata, in 40 anni, senza alcun collasso) derivi in gran parte dall'affidabilità del codice di calcolo utilizzato per progettarle e verificarle.

Il codice è in grado di svolgere la verifica delle strutture in base alle varie normative via via succedutesi (DM 14/2/92 tensioni ammissibili, Eurocode 2, DM 9/1/96 s.l.u., Ordinanze 3274/03 e 3333/04, DM 14/9/2005) oltre ad alcune normative estere.

Il programma è dotato di autodiagnostica per quasi tutte le verifiche più importanti richieste dalle varie norme. Cioè il programma provvede a evidenziare automaticamente su fondino giallo i risultati insufficienti o contrastanti con la norma scelta, o giudicati inadatti del progettista delle strutture.

Pertanto l'esame di controllo dei principali risultati consiste sostanzialmente nell'accertare che non appaiano dei risultati evidenziati dal computer come insufficienti.

# 1. Verifica allo stato limite ultimo



## Dati

|                |   |                                |
|----------------|---|--------------------------------|
| $H_m = 7.00$ m | <b>Prefabbricato tipo 70TM</b>            | $H_0 = 7.00$ m                 |
| $C = 2.50$ m   | Altezza della terra contro il pannello    | $H = 7.00$ m                   |
| $F = 1.00$ m   | Sovraccarico sul rilevato . . . . .       | $S_0 = 19.6$ kN/m <sup>2</sup> |
| $M = 0.90$ m   | Angolo d'attrito della terra . . . . .    | $\varphi = 30^\circ$           |
| $N = 1.60$ m   | Peso specifico della terra . . . . .      | $P_0 = 17.6$ kN/m <sup>3</sup> |
| $P = 3.90$ m   | Peso specifico del calcestruzzo . . . . . | $Q_0 = 23.5$ kN/m <sup>3</sup> |
| $Q = 0.40$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione   | $R_0 = 0.58$                   |

## Verifica statica

|  |               |
|--|---------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (Rankine Culman) | $K_1 = 0.333$ |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                | $H = 7.00$ m  |
| Coefficiente di spinta sulla fondazione P-Q (Rankine)      | $K_3 = 0.333$ |

## SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI                            | ORIZZONTALI   |                 | VERTICALI     |                 |
|---------------------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
|                                       | Forze<br>KN   | Momenti<br>KN m | Forze<br>KN   | Momenti<br>KN m |
| Spinta della terra su sez. R-S        | 144.1         | 480.2           | 0.0           | 0.0             |
| Spinta del sovraccarico su R-S        | 45.7          | 205.8           | 0.0           | 0.0             |
| Peso della struttura (prefabb+platea) | 0.0           | 0.0             | 63.6          | 123.6           |
| Peso della terra e del sovraccarico   | 0.0           | 0.0             | 510.3         | 1 497.6         |
| Spinta della terra sulla fondazione   | 2.9           | 1.0             | 0.0           | 0.0             |
| Peso della fondazione                 | 0.0           | 0.0             | 58.8          | 73.5            |
| <b>TOTALI</b>                         | $S_g = 192.7$ | $M_g = 687.0$   | $P_g = 632.7$ | $M_g = 1 694.7$ |

## RISULTATI DELLA STABILITA' GLOBALE:

|  |                                    |  |                        |
|--|------------------------------------|--|------------------------|
| GRADO di stabilità al ribaltamento rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione  | $\eta_{rib} = M_g / M_g$ . . . . . | =  | <b>2.467 &gt; 1.5</b>  |
| GRADO di stabilità al ribaltamento rispetto alla base della facciata del prefabbricato   | $\eta_{rib} = 1104.7 / 496.2$      | =  | <b>2.226 &gt; 1.5</b>  |
| Carico sul terreno sotto la platea:  | $G_8 = 69.9$ kN                    | Larghezza dell'impronta d'appoggio . . . . . | $Q_8 = 0.28$ m         |
| Carico sul terreno della fondazione  | $G_0 = 562.8$ kN                   | Larghezza dell'impronta d'appoggio. . . . .  | $C_8 = 2.50$ m         |
| TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff . . . . .  |                                    |  | $\sigma_t = 0.225$ MPa |
| OBLIQUITA' del carico sulla fondazione rispetto alla verticale . . . . .   |                                    |  | $\beta = 16.9^\circ$   |
| GRADO di stabilità allo scorrimento $\eta_{scorr} = (\text{attriti e forze resistenti}) / (\text{spinte e forze motrici})$ . . . . . |                                    | =  | <b>1.904 &gt; 1.3</b>  |

## Verifica delle sezioni allo s.l.u.

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (formula di Coulomb)

$K_0 = 0.297$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1) |                                      |              |              | Descrizione delle sezioni |                       |                         |                           |                      | Aree dei ferri (1)                    |  |                                     |  | Sollecitazioni resistenti (1) |               |
|---------|----------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|--|-------------------------------|---------------|
|         | Md baricentrico<br>kN.m    | Md + décalage + ecc. incerta<br>kN.m | Nd (2)<br>kN | Vd<br>kN     | H altezza totale<br>cm    | Y altezza utile<br>cm | B5 lato compresso<br>cm | B1 larghezza taglio<br>cm | X1 asse neutro<br>cm | A1 lato terrapieno<br>cm <sup>2</sup> | A2 lato facc. o inf. platea<br>cm <sup>2</sup> | A3 ferri piegati<br>cm <sup>2</sup> | A4 totale staffe/m<br>cm <sup>2</sup> /m | Mrd baricentrico<br>kN.m      | Vrd<br>kN     |
| 1       | 94.0                       | <b>109.2</b>                         | 45.1         | <b>52.4</b>  | 59.3                      | 53.2                  | 124.0                   | 20.0                      | 5.1                  | 12.19                                 | 3.83   | 8.04                                | 12.06                                    | <b>241.2</b>                  | <b>494.6</b>  |
| 2       | 43.3                       | <b>61.7</b>                          | 297.7        | <b>-84.9</b> | 51.8                      | 45.9                  | 124.0                   | 20.0                      | 4.9                  | 5.09                                  | 6.50   | 3.48                                | 3.35                                     | <b>125.3</b>                  | <b>-145.0</b> |
| 3       | -25.7                      | <b>-42.8</b>                         | 351.1        | <b>30.5</b>  | 42.7                      | 36.5                  | 20.0                    | 20.0                      | 14.1                 | 5.09                                  | 6.50   | 0.00                                | 3.35                                     | <b>-160.2</b>                 | <b>90.1</b>   |
| 5       | -23.0                      | <b>-34.9</b>                         | -307.5       | <b>51.4</b>  | 32.0                      | 25.8                  | 20.0                    | 20.0                      | 5.4                  | 8.04                                  | 11.12  | 0.00                                | 5.06                                     | <b>-56.8</b>                  | <b>86.5</b>   |
| 7       | -42.0                      | <b>-57.7</b>                         | 197.6        | <b>-86.5</b> | 40.0                      | 35.0                  | 37.5                    | 55.0                      | 7.2                  | 8.04                                  | 4.52   | 4.56                                | 5.57                                     | <b>-90.7</b>                  | <b>-262.6</b> |
| 8       | 16.8                       | <b>46.0</b>                          | 197.6        | <b>185.6</b> | 40.0                      | 35.0                  | 125.0                   | 55.0                      | 5.5                  | 8.04                                  | 4.52   | 4.56                                | 5.57                                     | <b>128.6</b>                  | <b>262.6</b>  |
| 9       | 75.7                       | <b>84.7</b>                          | 0.0          | <b>128.2</b> | 40.0                      | 35.0                  | 125.0                   | 55.0                      | 6.5                  | 18.28                                 | 4.52   | 12.06                               | 5.57                                     | <b>221.0</b>                  | <b>247.9</b>  |
| 10      | 9.7                        | <b>14.6</b>                          | 12.8         | <b>14.7</b>  | 39.2                      | 35.0                  | 124.0                   | 20.0                      | 2.8                  | 5.09                                  | 3.83   | 0.00                                | 12.06                                    | <b>66.9</b>                   | <b>198.4</b>  |
| 11      | 32.2                       | <b>42.7</b>                          | 24.7         | <b>28.5</b>  | 47.6                      | 42.7                  | 124.0                   | 20.0                      | 3.6                  | 7.10                                  | 3.83   | 0.84                                | 12.06                                    | <b>113.4</b>                  | <b>270.0</b>  |
| 13      | 66.8                       | <b>83.2</b>                          | 37.2         | <b>43.0</b>  | 55.0                      | 49.4                  | 124.0                   | 20.0                      | 4.5                  | 10.18                                 | 3.83   | 2.17                                | 12.06                                    | <b>187.2</b>                  | <b>354.8</b>  |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.

(2) Negativo se lo sforzo è di trazione

## 2. Verifica della fessurazione

COMUNE DI CASALPUSTERLENGO - SS9 VIA EMILIA - VARIANTE DI CASALPUS

CASALPUSTERLENGO (LO)

Impresa:

Prog. P56197

### Dati

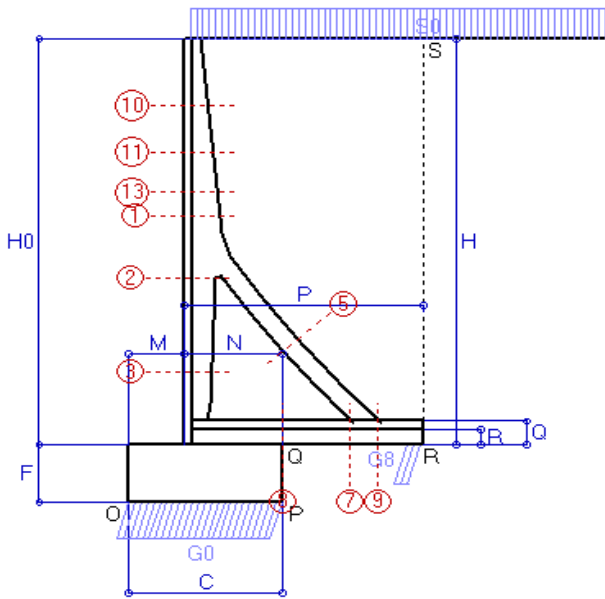
|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| H <sub>m</sub> = 7.00 m | <b>Prefabbricato tipo 70TM</b>            | H <sub>0</sub> = 7.00 m                 |
| C = 2.50 m              | Altezza della terra contro il pannello    | H = 7.00 m                              |
| F = 1.00 m              | Angolo d'attrito della terra . . . . .    | φ = 30°                                 |
| M = 0.90 m              | Sovraccarico sul rilevato . . . . .       | S <sub>0</sub> = 19.6 kN/m <sup>2</sup> |
| N = 1.60 m              | Peso specifico della terra . . . . .      | P <sub>0</sub> = 17.6 kN/m <sup>3</sup> |
| P = 3.90 m              | Peso specifico del calcestruzzo . . . . . | Q <sub>0</sub> = 23.5 kN/m <sup>3</sup> |
| Q = 0.40 m              | Coefficiente d'attrito della fondazione   | R <sub>0</sub> = 0.58                   |

### Verifica statica

Coefficiente di spinta attiva della terra (Rankine Culman) λ<sub>1</sub> = 0.333  
 agente su una sezione ideale R-S di altezza H<sub>3</sub> = 7.00 m  
 Coefficiente di spinta sulla fondazione P-Q (Rankine) λ<sub>3</sub> = 0.333

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

|                                       | FORZE ORIZZONTALI             |                               | FORZE VERTICALI               |                                 |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
|                                       | Forze<br>KN                   | Momenti<br>KN m               | Forze<br>KN                   | Momenti<br>KN m                 |
| Spinta della terra su sez. R-S        | 144.06                        | 480.20                        | 0.00                          | 0.00                            |
| Spinta del sovraccarico su R-S        | 45.73                         | 205.80                        | 0.00                          | 0.00                            |
| Peso della struttura (prefabb+platea) | 0.00                          | 0.00                          | 63.58                         | 123.62                          |
| Peso della terra e del sovraccarico   | 0.00                          | 0.00                          | 510.33                        | 1 497.62                        |
| Spinta della terra sulla fondazione   | 2.94                          | 0.98                          | 0.00                          | 0.00                            |
| Peso della fondazione                 | 0.00                          | 0.00                          | 58.80                         | 73.50                           |
| <b>Totali</b>                         | <b>S<sub>9</sub> = 192.73</b> | <b>M<sub>9</sub> = 686.98</b> | <b>P<sub>9</sub> = 632.71</b> | <b>M<sub>8</sub> = 1 694.74</b> |



Spinta della terra su sez. R-S  
 Spinta del sovraccarico su R-S  
 Peso della struttura (prefabb+platea)  
 Peso della terra e del sovraccarico  
 Spinta della terra sulla fondazione  
 Peso della fondazione

Totali

GRADO di stabilità al ribaltamento η<sub>rib</sub> = M<sub>8</sub> / M<sub>9</sub> . . . . . = 2.467

GRADO di stabilità allo scorrimento η<sub>scorr</sub> = (attriti e forze resistenti) / (spinte e forze motrici) . . . . . = 1.904

Carico sul terreno sotto la platea: G<sub>8</sub> = 69.87 kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio . Q<sub>8</sub> = 0.28 m

Carico sul terreno della fondazione: G<sub>0</sub> = 562.84 kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio . C<sub>8</sub> = 2.50 m

TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff . . . . . σ<sub>t</sub> = 0.225 MPa

OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione . . . . . β = 16.9°

### Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>

Il manufatto è prodotto in serie dichiarata a sensi art. 9 della legge 5/11/1971 n. 1086 (comunicaz. al Consiglio Sup. LL.PP. recepita col n. 54366)

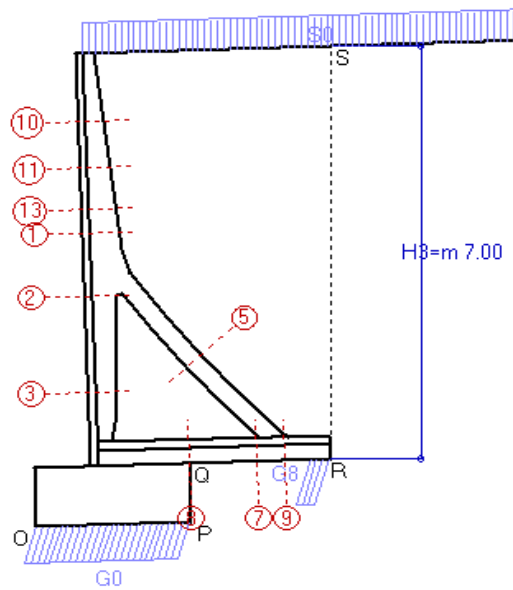
Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (formula di Coulomb) λ<sub>0</sub> = 0.297

| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di compartecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI               |                          |             | Fessuraz. apertura fessure |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|-------------|----------------------------|
|         | Momento flettente             | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                                | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio σ <sub>a</sub> | calcestr. σ <sub>c</sub> | ricoprim. c |                            |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                             | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                    | Mpa                      | mm          | mm                         |
| 1       | 59.2                          | 31.7                          | 49.5   | 124.0                          | 59.3     | 53.2    | 12.19                         | 3.83                        | 101                    | 1.97                     | 35          | <b>0.000</b>               |
| 2       | -3.3                          | 214.2                         | -59.8  | 124.0                          | 51.8     | 45.9    | 5.09                          | 6.50                        | 39                     | 2.09                     | 35          | <b>0.000</b>               |
| 3       | -55.3                         | 244.5                         | 0.0    | 20.0                           | 42.7     | 36.6    | 5.09                          | 6.50                        | -9                     | 3.38                     | 35          | <b>0.000</b>               |
| 5       | 22.2                          | -214.7                        | 27.2   | 0.0                            | 32.0     | 20.0    | 8.04                          | 11.12                       | 154                    | 0.00                     | 35          | <b>0.078</b>               |
| 7       | -52.3                         | 138.0                         | -57.7  | 37.5                           | 40.0     | 35.0    | 8.04                          | 4.52                        | 51                     | 2.97                     | 45          | <b>0.000</b>               |
| 8       | -5.2                          | 138.0                         | 137.1  | 125.0                          | 40.0     | 35.0    | 8.04                          | 4.52                        | 15                     | 1.21                     | 45          | <b>0.000</b>               |
| 9       | 54.2                          | 0.0                           | 73.9   | 125.0                          | 40.0     | 35.0    | 18.28                         | 4.52                        | 94                     | 2.57                     | 45          | <b>0.000</b>               |
| 10      | 5.6                           | 9.0                           | 11.9   | 124.0                          | 39.2     | 35.0    | 5.09                          | 3.83                        | 35                     | 0.58                     | 35          | <b>0.000</b>               |
| 11      | 19.7                          | 17.3                          | 25.1   | 124.0                          | 47.6     | 42.7    | 7.10                          | 3.83                        | 71                     | 1.21                     | 35          | <b>0.000</b>               |
| 13      | 41.7                          | 26.1                          | 39.8   | 124.0                          | 55.0     | 49.4    | 10.18                         | 3.83                        | 91                     | 1.70                     | 35          | <b>0.000</b>               |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.

(2) Negativo se lo sforzo è di trazione

### 3. Verifica sismica



Angolo di rotazione sismica  $\Theta = 1.79^\circ$   
Coefficiente sismico orizzontale  $K_h = 0.0313$

#### Dati

$H_m = 7.00$  m  
 $C = 2.50$  m  
 $F = 1.00$  m  
 $M = 0.90$  m  
 $N = 1.60$  m  
 $P = 3.90$  m  
 $Q = 0.40$  m

#### Zona sismica 4

**Prefabbricato tipo 70TM**  
Altezza della terra contro il pannello  
Sovraccarico sul rilevato (25%)  
Categoria del suolo di fondazione  
Fattore di flessibilità e spostabilità  
Fattore di importanza  
Coeff. di amplificazione topografica  
Pendenza del rilevato a tergo del muro  
Scarpa della facciata del pannello  
Pendenza dell'appoggio della fondaz.

$a_g/g = 0.05$

$H_0 = 7.00$  m  
 $H = 7.00$  m  
 $S_0 = 4.9$  kN/m<sup>2</sup>  
 $C (S=1.25)$   
 $r = 2$   
 $\gamma_1 = 1$   
 $ST = 1.0$   
 $l_8 = 3.1\%$   
 $l_6 = -3.1\%$   
 $l_7 = -3.1\%$

#### Verifica statica

Coefficiente di spinta attiva della terra (Mononobe e Okabe) agente su una sezione ideale R-S di altezza  $K_1 = 0.334$   
 $H_3 = 7.00$  m  
Coefficiente di spinta sulla fondazione P-Q (Rankine)  $K_3 = 0.333$

#### SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI                            | ORIZZONTALI                  |                              | VERTICALI                    |                               |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|                                       | Forze                        | Momenti                      | Forze                        | Momenti                       |
|                                       | KN                           | KN m                         | KN                           | KN m                          |
| Spinta della terra su sez. R-S        | 144.3                        | 481.3                        | 4.5                          | 21.7                          |
| Spinta del sovraccarico su R-S        | 11.5                         | 51.5                         | 0.4                          | 1.7                           |
| Peso della struttura (prefabb+platea) | 2.0                          | 5.3                          | 63.6                         | 123.6                         |
| Peso della terra e del sovraccarico   | 13.6                         | 40.0                         | 453.0                        | 1334.2                        |
| Spinta della terra sulla fondazione   | 2.9                          | 1.0                          | 0.0                          | 0.0                           |
| Peso della fondazione                 | 1.8                          | 0.9                          | 58.8                         | 73.5                          |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>S<sub>9</sub> = 176.1</b> | <b>M<sub>9</sub> = 580.1</b> | <b>P<sub>9</sub> = 580.2</b> | <b>M<sub>8</sub> = 1554.7</b> |

#### RISULTATI DELLA STABILITA' GLOBALE:

VERIFICA della stabilità al ribaltamento rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione  $\eta_{rib} = M_8/M_9 = 2.680 > 1$   
 VERIFICA della stabilità al ribaltamento rispetto alla base della facciata del prefabb.  $\eta_{rib} = 1011.9 / 406.8 = 2.487 > 1$   
 Carico sul terreno sotto la platea:  $G_8 = 80.9$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio . . .  $Q_8 = 0.33$  m  
 Carico sul terreno della fondazione  $G_0 = 499.4$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio. . .  $C_9 = 2.50$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff . . . . .  $\sigma_t = 0.200$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico sulla fondazione rispetto alla verticale . . . . .  $\beta = 16.9^\circ$   
 VERIFICA della stabilità allo scorrimento: (attriti e forze resistenti) / (spinte e forze motrici) = . . . . . = 1.911 > 1

#### Verifica delle sezioni allo s.l.u.

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (formula di Mononobe e Okabe)  $K_0 = 0.317$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1) |                              |        |              | Descrizione delle sezioni |                 |                   |                     |                | Aree dei ferri (1) |                             |                  |                    | Sollecitazioni resistenti (1) |               |
|---------|----------------------------|------------------------------|--------|--------------|---------------------------|-----------------|-------------------|---------------------|----------------|--------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|---------------|
|         | Md baricentrico            | Md + décalage + ecc. incerta | Nd (2) | Vd           | H altezza totale          | Y altezza utile | B5 lato compresso | B1 larghezza taglio | X1 asse neutro | A1 lato terrapieno | A2 lato facc. o inf. platea | A3 ferri piegati | A4 totale staffe/m | Mrd baricentrico              | Vrd           |
|         | kN.m                       | kN.m                         | kN     | kN           | cm                        | cm              | cm                | cm                  | cm             | cm <sup>2</sup>    | cm <sup>2</sup>             | cm <sup>2</sup>  | cm <sup>2</sup> /m | kN.m                          | kN            |
| 1       | 55.2                       | <b>64.9</b>                  | 26.5   | <b>33.3</b>  | 59.3                      | 53.2            | 124.0             | 20.0                | 5.0            | 12.19              | 3.83                        | 8.04             | 12.06              | <b>238.4</b>                  | <b>506.3</b>  |
| 2       | 20.4                       | <b>33.1</b>                  | 197.0  | <b>-54.5</b> | 51.8                      | 45.9            | 124.0             | 20.0                | 4.5            | 5.09               | 6.50                        | 3.48             | 3.35               | <b>113.2</b>                  | <b>-168.0</b> |
| 3       | -25.8                      | <b>-35.8</b>                 | 231.8  | <b>16.4</b>  | 42.7                      | 36.6            | 20.0              | 20.0                | 11.0           | 5.09               | 6.50                        | 0.00             | 3.35               | <b>-135.2</b>                 | <b>90.1</b>   |
| 5       | -14.0                      | <b>-21.3</b>                 | -200.8 | <b>31.3</b>  | 32.0                      | 25.8            | 20.0              | 20.0                | 6.3            | 8.04               | 11.12                       | 0.00             | 5.06               | <b>-68.2</b>                  | <b>86.5</b>   |
| 7       | -31.3                      | <b>-41.2</b>                 | 129.0  | <b>-54.4</b> | 40.0                      | 35.0            | 37.5              | 55.0                | 6.6            | 8.04               | 4.52                        | 4.56             | 5.57               | <b>-78.5</b>                  | <b>-262.6</b> |
| 8       | 14.0                       | <b>33.9</b>                  | 129.0  | <b>127.5</b> | 40.0                      | 35.0            | 125.0             | 55.0                | 5.1            | 8.04               | 4.52                        | 4.56             | 5.57               | <b>119.3</b>                  | <b>262.6</b>  |
| 9       | 57.3                       | <b>63.4</b>                  | 0.0    | <b>86.7</b>  | 40.0                      | 35.0            | 125.0             | 55.0                | 6.5            | 18.28              | 4.52                        | 12.06            | 5.57               | <b>221.0</b>                  | <b>247.9</b>  |
| 10      | 5.0                        | <b>7.7</b>                   | 6.8    | <b>8.2</b>   | 39.2                      | 35.0            | 124.0             | 20.0                | 2.8            | 5.09               | 3.83                        | 0.00             | 12.06              | <b>66.4</b>                   | <b>201.4</b>  |
| 11      | 17.7                       | <b>24.0</b>                  | 13.9   | <b>17.0</b>  | 47.6                      | 42.7            | 124.0             | 20.0                | 3.5            | 7.10               | 3.83                        | 0.84             | 12.06              | <b>112.1</b>                  | <b>274.0</b>  |
| 13      | 38.4                       | <b>48.7</b>                  | 21.5   | <b>26.8</b>  | 55.0                      | 49.4            | 124.0             | 20.0                | 4.4            | 10.18              | 3.83                        | 2.17             | 12.06              | <b>185.1</b>                  | <b>359.9</b>  |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
(2) Negativo se lo sforzo è di trazione

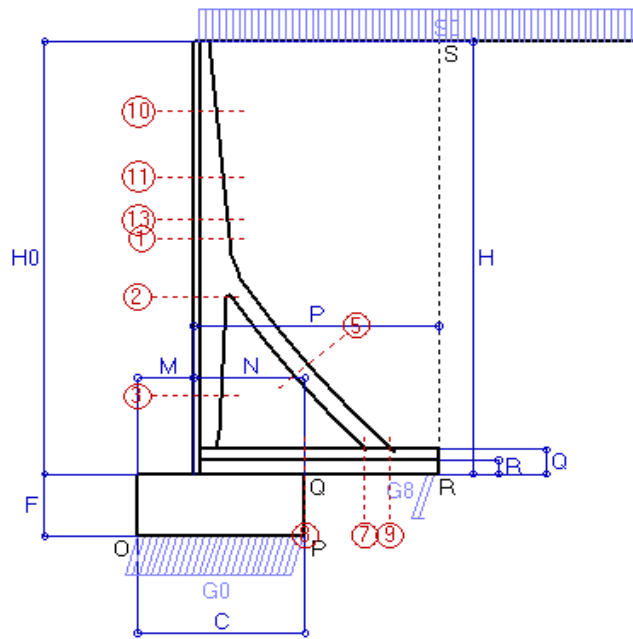
# 1. Verifica allo stato limite ultimo

COMUNE DI CASALPUSTERLENGO - SS9 VIA EMILIA - VARIANTE DI CASALPUSTERLENGO

CASALPUSTERLENGO (LO)

Impresa:

Prog. P56197



## Dati

|                |   |                                |
|----------------|---|--------------------------------|
| $H_m = 8.00$ m | <b>Prefabbricato tipo 80TM</b>            | $H_0 = 8.00$ m                 |
| $C = 3.00$ m   | Altezza della terra contro il pannello    | $H = 8.00$ m                   |
| $F = 1.15$ m   | Sovraccarico sul rilevato . . . . .       | $S_0 = 19.6$ kN/m <sup>2</sup> |
| $M = 1.00$ m   | Angolo d'attrito della terra . . . . .    | $\varphi = 30^\circ$           |
| $N = 2.00$ m   | Peso specifico della terra . . . . .      | $P_0 = 17.6$ kN/m <sup>3</sup> |
| $P = 4.40$ m   | Peso specifico del calcestruzzo . . . . . | $Q_0 = 23.5$ kN/m <sup>3</sup> |
| $Q = 0.45$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione   | $R_0 = 0.58$                   |

## Verifica statica

|  |               |
|--|---------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (Rankine Culman) | $K_1 = 0.333$ |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                | $H = 8.00$ m  |
| Coefficiente di spinta sulla fondazione P-Q (Rankine)      | $K_3 = 0.333$ |

## SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI                            | ORIZZONTALI   |                 | VERTICALI     |                 |
|---------------------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
|                                       | Forze<br>KN   | Momenti<br>KN m | Forze<br>KN   | Momenti<br>KN m |
| Spinta della terra su sez. R-S        | 188.2         | 718.1           | 0.0           | 0.0             |
| Spinta del sovraccarico su R-S        | 52.3          | 269.2           | 0.0           | 0.0             |
| Peso della struttura (prefabb+platea) | 0.0           | 0.0             | 76.7          | 169.0           |
| Peso della terra e del sovraccarico   | 0.0           | 0.0             | 649.6         | 2 136.2         |
| Spinta della terra sulla fondazione   | 3.9           | 1.5             | 0.0           | 0.0             |
| Peso della fondazione                 | 0.0           | 0.0             | 81.1          | 121.7           |
| <b>TOTALI</b>                         | $S_g = 244.3$ | $M_g = 988.8$   | $P_g = 807.5$ | $M_g = 2 426.9$ |

## RISULTATI DELLA STABILITA' GLOBALE:

|   |  |                                    |                        |
|---|--|------------------------------------|------------------------|
| GRADO di stabilità al ribaltamento rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione | $\eta_{rib} = M_g / M_g$   | =                                  | <b>2.454 &gt; 1.5</b>  |
| GRADO di stabilità al ribaltamento rispetto alla base della facciata del prefabbricato      | $\eta_{rib} = 1578.8 / 710.8$  | =                                  | <b>2.221 &gt; 1.5</b>  |
| Carico sul terreno sotto la platea:   | $G_8 = 66.0$ kN  | Larghezza dell'impronta d'appoggio | $Q_8 = 0.23$ m         |
| Carico sul terreno della fondazione   | $G_0 = 741.5$ kN   | Larghezza dell'impronta d'appoggio | $C_8 = 3.00$ m         |
| TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff                               |  |                                    | $\sigma_t = 0.247$ MPa |
| OBLIQUITA' del carico sulla fondazione rispetto alla verticale                              |  |                                    | $\beta = 16.8^\circ$   |
| GRADO di stabilità allo scorrimento   | $\eta_{scorr} = (\text{attriti e forze resistenti}) / (\text{spinte e forze motrici})$ | =                                  | <b>1.917 &gt; 1.3</b>  |

## Verifica delle sezioni allo s.l.u.

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (formula di Coulomb)

$K_0 = 0.297$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1) |  |              |               | Descrizione delle sezioni    |                             |                                 |                                   |                            | Aree dei ferri (1)                          |  |   |  | Sollecitazioni resistenti (1) |               |
|---------|----------------------------|--|--------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---|--|---|--|-------------------------------|---------------|
|         | Md<br>baricentrico<br>kN.m | Md +<br>décalage +<br>ecc. incerta<br>kN.m | Nd (2)<br>kN | Vd<br>kN      | H<br>altezza<br>totale<br>cm | Y<br>altezza<br>utile<br>cm | B5<br>lato com-<br>presso<br>cm | B1<br>larghez-<br>za taglio<br>cm | X1<br>asse<br>neutro<br>cm | A1<br>lato<br>terrapieno<br>cm <sup>2</sup> | A2<br>lato facc. o<br>inf. platea<br>cm <sup>2</sup> | A3<br>ferri<br>piegati<br>cm <sup>2</sup> | A4<br>totale<br>staffe/m<br>cm <sup>2</sup> /m | Mrd<br>baricentrico<br>kN.m   | Vrd<br>kN     |
| 1       | 146.6                      | <b>173.8</b>                               | 58.1         | <b>68.1</b>   | 65.3                         | 58.7                        | 124.0                           | 20.0                              | 5.9                        | 14.92                                       | 4.52   | 10.18                                     | 26.14  | <b>325.7</b>                  | <b>621.0</b>  |
| 2       | 71.5                       | <b>96.5</b>                                | 375.7        | <b>-111.7</b> | 57.8                         | 51.9                        | 124.0                           | 20.0                              | 5.7                        | 6.03  | 7.60   | 4.41                                      | 3.55   | <b>169.8</b>                  | <b>-169.5</b> |
| 3       | -35.0                      | <b>-57.2</b>                               | 442.4        | <b>37.0</b>   | 46.1                         | 40.0                        | 20.0                            | 20.0                              | 17.5                       | 6.03  | 7.60   | 0.00                                      | 3.55   | <b>-208.6</b>                 | <b>97.8</b>   |
| 5       | -33.3                      | <b>-48.7</b>                               | -390.7       | <b>66.0</b>   | 32.0                         | 25.8                        | 20.0                            | 20.0                              | 5.6                        | 10.84                                       | 13.45  | 0.00                                      | 5.73   | <b>-66.3</b>                  | <b>92.7</b>   |
| 7       | -17.4                      | <b>-33.7</b>                               | 251.1        | <b>-70.0</b>  | 45.0                         | 40.0                        | 33.1                            | 46.3                              | 7.9                        | 10.30                                       | 4.52   | 5.09                                      | 5.75   | <b>-116.5</b>                 | <b>-309.8</b> |
| 8       | 69.4                       | <b>110.2</b>                               | 251.1        | <b>223.5</b>  | 45.0                         | 40.0                        | 125.0                           | 46.3                              | 6.5                        | 10.30                                       | 4.52   | 5.09                                      | 5.75   | <b>184.5</b>                  | <b>291.6</b>  |
| 9       | 118.9                      | <b>132.8</b>                               | 0.0          | <b>173.0</b>  | 45.0                         | 40.0                        | 125.0                           | 46.3                              | 7.8                        | 23.06                                       | 4.52   | 15.39                                     | 5.75   | <b>317.1</b>                  | <b>267.0</b>  |
| 10      | 12.8                       | <b>18.7</b>                                | 14.9         | <b>17.1</b>   | 40.7                         | 36.4                        | 124.0                           | 20.0                              | 2.9                        | 5.09  | 4.52   | 0.00                                      | 26.14  | <b>69.8</b>                   | <b>377.6</b>  |
| 11      | 58.0                       | <b>74.8</b>                                | 34.3         | <b>39.8</b>   | 53.3                         | 47.8                        | 124.0                           | 20.0                              | 4.2                        | 8.89  | 4.52   | 1.40                                      | 26.14  | <b>158.7</b>                  | <b>505.4</b>  |
| 13      | 114.1                      | <b>141.5</b>                               | 50.4         | <b>58.8</b>   | 61.7                         | 55.4                        | 124.0                           | 20.0                              | 5.3                        | 12.91                                       | 4.52   | 2.78                                      | 26.14  | <b>266.2</b>                  | <b>585.8</b>  |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.

27/06/08

(2) Negativo se lo sforzo è di trazione

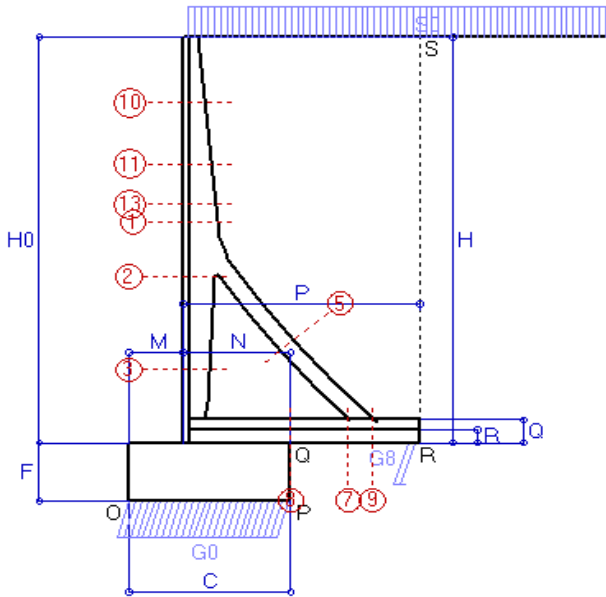
## 2. Verifica della fessurazione

COMUNE DI CASALPUSTERLENGO - SS9 VIA EMILIA - VARIANTE DI CASALPUS

CASALPUSTERLENGO (LO)

Impresa:

Prog. P56197



Spinta della terra su sez. R-S  
 Spinta del sovraccarico su R-S  
 Peso della struttura (prefabb+platea)  
 Peso della terra e del sovraccarico  
 Spinta della terra sulla fondazione  
 Peso della fondazione

Totali

### Dati

|                |   |                                |
|----------------|---|--------------------------------|
| $H_m = 8.00$ m | <b>Prefabbricato tipo 80TM</b>            | $H_0 = 8.00$ m                 |
| $C = 3.00$ m   | Altezza della terra contro il pannello    | $H = 8.00$ m                   |
| $F = 1.15$ m   | Angolo d'attrito della terra . . . . .    | $\phi = 30^\circ$              |
| $M = 1.00$ m   | Sovraccarico sul rilevato . . . . .       | $S_0 = 19.6$ kN/m <sup>2</sup> |
| $N = 2.00$ m   | Peso specifico della terra . . . . .      | $P_0 = 17.6$ kN/m <sup>3</sup> |
| $P = 4.40$ m   | Peso specifico del calcestruzzo . . . . . | $Q_0 = 23.5$ kN/m <sup>3</sup> |
| $Q = 0.45$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione   | $R_0 = 0.58$                   |

### Verifica statica

Coefficiente di spinta attiva della terra (Rankine Culman)  $\lambda_1 = 0.333$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_3 = 8.00$  m  
 Coefficiente di spinta sulla fondazione P-Q (Rankine)  $\lambda_3 = 0.333$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| FORZE ORIZZONTALI                |                                  | FORZE VERTICALI                  |                                    |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Forze                            | Momenti                          | Forze                            | Momenti                            |
| KN                               | KN m                             | KN                               | KN m                               |
| 188.16                           | 718.14                           | 0.00                             | 0.00                               |
| 52.27                            | 269.17                           | 0.00                             | 0.00                               |
| 0.00                             | 0.00                             | 76.73                            | 168.99                             |
| 0.00                             | 0.00                             | 649.62                           | 2 136.19                           |
| 3.89                             | 1.49                             | 0.00                             | 0.00                               |
| 0.00                             | 0.00                             | 81.14                            | 121.72                             |
| <b><math>S_9 = 244.31</math></b> | <b><math>M_9 = 988.81</math></b> | <b><math>P_9 = 807.49</math></b> | <b><math>M_8 = 2 426.90</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento  $\eta_{rib} = M_8 / M_9 = 2.454$

GRADO di stabilità allo scorrimento  $\eta_{scorr} = (\text{attriti e forze resistenti}) / (\text{spinte e forze motrici}) = 1.917$

Carico sul terreno sotto la platea:  $G_8 = 66.04$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio  $Q_8 = 0.23$  m

Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 741.45$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio  $C_8 = 3.00$  m

TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff  $\sigma_t = 0.247$  MPa

OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione  $\beta = 16.8^\circ$

### Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>

Il manufatto è prodotto in serie dichiarata a sensi art. 9 della legge 5/11/1971 n. 1086 (comunicaz. al Consiglio Sup. LL.PP. recepita col n. 54366)

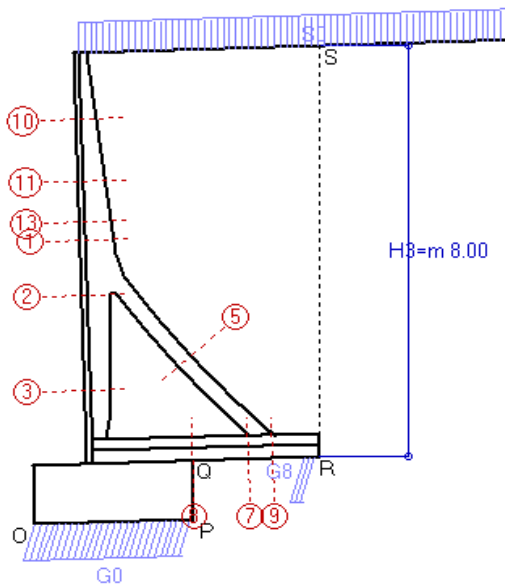
Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (formula di Coulomb)  $\lambda_0 = 0.297$

| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di compartecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI           |                      |             | Fessurazioni |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|-------------|--------------|
|         | Momento flettente             | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                                | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricoprim. c |              |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                             | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm          | mm           |
| 1       | 93.2                          | 40.9                          | 66.0   | 124.0                          | 65.3     | 58.7    | 14.92                         | 4.52                        | 117                | 2.45                 | 35          | <b>0.037</b> |
| 2       | 2.0                           | 270.3                         | -77.2  | 124.0                          | 57.8     | 51.9    | 6.03                          | 7.60                        | 59                 | 2.67                 | 35          | <b>0.000</b> |
| 3       | -75.2                         | 308.6                         | 0.0    | 20.0                           | 46.1     | 40.1    | 6.03                          | 7.60                        | -10                | 3.88                 | 35          | <b>0.000</b> |
| 5       | 26.1                          | -273.3                        | 35.0   | 0.0                            | 32.0     | 19.9    | 10.84                         | 13.45                       | 169                | 0.00                 | 35          | <b>0.088</b> |
| 7       | -43.6                         | 175.7                         | -45.3  | 33.1                           | 45.0     | 40.0    | 10.30                         | 4.52                        | -2                 | 0.75                 | 45          | <b>0.000</b> |
| 8       | 24.1                          | 175.7                         | 164.8  | 125.0                          | 45.0     | 40.0    | 10.30                         | 4.52                        | 88                 | 2.99                 | 45          | <b>0.000</b> |
| 9       | 85.1                          | 0.0                           | 100.9  | 125.0                          | 45.0     | 40.0    | 23.06                         | 4.52                        | 103                | 2.97                 | 45          | <b>0.052</b> |
| 10      | 7.5                           | 10.4                          | 14.1   | 124.0                          | 40.7     | 36.4    | 5.09                          | 4.52                        | 45                 | 0.71                 | 35          | <b>0.000</b> |
| 11      | 36.1                          | 24.1                          | 36.4   | 124.0                          | 53.3     | 47.8    | 8.89                          | 4.52                        | 93                 | 1.63                 | 35          | <b>0.000</b> |
| 13      | 72.1                          | 35.4                          | 56.1   | 124.0                          | 61.7     | 55.4    | 12.91                         | 4.52                        | 111                | 2.19                 | 35          | <b>0.000</b> |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.

(2) Negativo se lo sforzo è di trazione

### 3. Verifica sismica



Angolo di rotazione sismica  $\Theta = 1.79^\circ$   
Coefficiente sismico orizzontale  $K_h = 0.031$

#### Dati

$H_m = 8.00$  m  
 $C = 3.00$  m  
 $F = 1.15$  m  
 $M = 1.00$  m  
 $N = 2.00$  m  
 $P = 4.40$  m  
 $Q = 0.45$  m

#### Zona sismica 4

**Prefabbricato tipo 80TM**  
Altezza della terra contro il pannello  
Sovraccarico sul rilevato (25%)  
Categoria del suolo di fondazione  
Fattore di flessibilità e spostabilità  
Fattore di importanza  
Coeff. di amplificazione topografica  
Pendenza del rilevato a tergo del muro  
Scarpa della facciata del pannello  
Pendenza dell'appoggio della fondaz.

$a_g/g = 0.05$   
 $H_0 = 8.00$  m  
 $H = 8.00$  m  
 $S_0 = 4.9$  kN/m<sup>2</sup>  
 $C (S=1.25)$   
 $r = 2$   
 $\gamma_I = 1$   
 $ST = 1.0$   
 $l_8 = 3.1\%$   
 $l_6 = -3.1\%$   
 $l_7 = -3.1\%$

#### Verifica statica

Coefficiente di spinta attiva della terra (Mononobe e Okabe) agente su una sezione ideale R-S di altezza  $K_1 = 0.334$   
 $H_3 = 8.00$  m  
Coefficiente di spinta sulla fondazione P-Q (Rankine)  $K_3 = 0.333$

#### SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

##### COMPONENTI

|                                       | ORIZZONTALI                  |                              | VERTICALI                    |                                |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|                                       | Forze KN                     | Momenti KN m                 | Forze KN                     | Momenti KN m                   |
| Spinta della terra su sez. R-S        | 188.5                        | 719.8                        | 5.9                          | 31.8                           |
| Spinta del sovraccarico su R-S        | 13.1                         | 67.4                         | 0.4                          | 2.2                            |
| Peso della struttura (prefabb+platea) | 2.4                          | 7.3                          | 76.7                         | 169.0                          |
| Peso della terra e del sovraccarico   | 17.6                         | 58.1                         | 584.9                        | 1 929.2                        |
| Spinta della terra sulla fondazione   | 3.9                          | 1.5                          | 0.0                          | 0.0                            |
| Peso della fondazione                 | 2.5                          | 1.5                          | 81.1                         | 121.7                          |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>S<sub>9</sub> = 228.0</b> | <b>M<sub>9</sub> = 855.6</b> | <b>P<sub>9</sub> = 749.1</b> | <b>M<sub>8</sub> = 2 253.9</b> |

#### RISULTATI DELLA STABILITA' GLOBALE:

VERIFICA della stabilità al ribaltamento rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione  $\eta_{rib} = M_9/M_8 = 2.634 > 1$   
 VERIFICA della stabilità al ribaltamento rispetto alla base della facciata del prefabb.  $\eta_{rib} = 1464.3 / 597.7 = 2.45 > 1$   
 Carico sul terreno sotto la platea:  $G_8 = 80.6$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio . . .  $Q_8 = 0.29$  m  
 Carico sul terreno della fondazione  $G_0 = 668.5$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio. . .  $C_8 = 3.00$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff . . . . .  $\sigma_t = 0.223$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico sulla fondazione rispetto alla verticale . . . . .  $\beta = 16.9^\circ$   
 VERIFICA della stabilità allo scorrimento: (attriti e forze resistenti) / (spinte e forze motrici) = . . . . . =  $1.905 > 1$

#### Verifica delle sezioni allo s.l.u.

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (formula di Mononobe e Okabe)  $K_0 = 0.317$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1) |                              |        |              | Descrizione delle sezioni |                 |                   |                     |                | Aree dei ferri (1) |                             |                  |                    | Sollecitazioni resistenti (1) |               |
|---------|----------------------------|------------------------------|--------|--------------|---------------------------|-----------------|-------------------|---------------------|----------------|--------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|---------------|
|         | Md baricentrico            | Md + décalage + ecc. incerta | Nd (2) | Vd           | H altezza totale          | Y altezza utile | B5 lato compresso | B1 larghezza taglio | X1 asse neutro | A1 lato terrapieno | A2 lato facc. o inf. platea | A3 ferri piegati | A4 totale staffe/m | Mrd baricentrico              | Vrd           |
|         | kN.m                       | kN.m                         | kN     | kN           | cm                        | cm              | cm                | cm                  | cm             | cm <sup>2</sup>    | cm <sup>2</sup>             | cm <sup>2</sup>  | cm <sup>2</sup> /m | kN.m                          | kN            |
| 1       | 90.5                       | <b>108.5</b>                 | 34.9   | <b>45.0</b>  | 65.3                      | 58.7            | 124.0             | 20.0                | 5.8            | 14.92              | 4.52                        | 10.18            | 26.14              | <b>321.8</b>                  | <b>621.0</b>  |
| 2       | 38.4                       | <b>56.3</b>                  | 254.9  | <b>-73.8</b> | 57.8                      | 51.9            | 124.0             | 20.0                | 5.1            | 6.03               | 7.60                        | 4.41             | 3.55               | <b>153.2</b>                  | <b>-197.5</b> |
| 3       | -34.3                      | <b>-48.0</b>                 | 299.4  | <b>21.2</b>  | 46.1                      | 40.0            | 20.0              | 20.0                | 12.6           | 6.03               | 7.60                        | 0.00             | 3.55               | <b>-179.6</b>                 | <b>97.9</b>   |
| 5       | -20.7                      | <b>-30.2</b>                 | -262.8 | <b>41.0</b>  | 32.0                      | 25.8            | 20.0              | 20.0                | 6.5            | 10.84              | 13.45                       | 0.00             | 5.73               | <b>-79.6</b>                  | <b>92.7</b>   |
| 7       | -16.2                      | <b>-26.5</b>                 | 168.9  | <b>-43.5</b> | 45.0                      | 40.0            | 33.1              | 46.3                | 7.2            | 10.30              | 4.52                        | 5.09             | 5.75               | <b>-99.2</b>                  | <b>-309.8</b> |
| 8       | 49.7                       | <b>78.1</b>                  | 168.9  | <b>156.8</b> | 45.0                      | 40.0            | 125.0             | 46.3                | 6.1            | 10.30              | 4.52                        | 5.09             | 5.75               | <b>172.5</b>                  | <b>290.1</b>  |
| 9       | 91.3                       | <b>100.9</b>                 | 0.0    | <b>119.3</b> | 45.0                      | 40.0            | 125.0             | 46.3                | 7.8            | 23.06              | 4.52                        | 15.39            | 5.75               | <b>317.1</b>                  | <b>267.0</b>  |
| 10      | 6.9                        | <b>10.4</b>                  | 8.0    | <b>10.0</b>  | 40.7                      | 36.4            | 124.0             | 20.0                | 2.9            | 5.09               | 4.52                        | 0.00             | 26.14              | <b>69.1</b>                   | <b>380.6</b>  |
| 11      | 34.2                       | <b>44.8</b>                  | 19.7   | <b>25.2</b>  | 53.3                      | 47.8            | 124.0             | 20.0                | 4.1            | 8.89               | 4.52                        | 1.40             | 26.14              | <b>156.8</b>                  | <b>505.4</b>  |
| 13      | 69.6                       | <b>87.5</b>                  | 29.8   | <b>38.5</b>  | 61.7                      | 55.4            | 124.0             | 20.0                | 5.2            | 12.91              | 4.52                        | 2.78             | 26.14              | <b>263.0</b>                  | <b>585.8</b>  |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.

(2) Negativo se lo sforzo è di trazione