

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
PROGRAMMA NODO DI NAPOLI

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA  
U.O. STRUTTURE

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA  
LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

VIABILITA' di SOPPRESSIONE PL al KM 143+833 - Via Calabroni

Scalare rampe - Relazione di calcolo

SCALA

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA / DISCIPLINA PROGR. REV.

IFOL 00 E 09 CL IV0100 001 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Emissione esecutiva	G. Grimaldi 	Sett. 2015	T. Alberini 	Sett. 2015	F. Cerrone 	Sett. 2015	ITALFERR S.p.A. U.O. STRUTTURE Dott. Ing. ANGELO VITTOZZI Cof. della Provincia di Roma n. A. 00783

File: IFOL00E09CLIV0100001A.doc

n. Elab:

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>4. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....</b>	<b>8</b>
<b>5. MODELLO DI CALCOLO.....</b>	<b>12</b>
<b>6. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>14</b>
6.1 PESO PROPRIO (PP).....	14
6.2 SOVRACCARICO PERMANENTE (PERM).....	14
6.3 PAVIMENTAZIONE STRADALE (PAV_STR).....	14
6.4 AZIONI VARIABILE DA TRAFFICO (ACC1, ACC2).....	14
6.4.1 <i>Definizione delle corsie convenzionali</i> .....	15
6.4.2 <i>Ripartizione dei carichi concentrati Tandem</i> .....	15
6.4.3 <i>Configurazioni di carico</i> .....	17
6.5 AZIONI CENTRIFUGA .....	18
6.6 AZIONI CLIMATICHE .....	19
6.6.1 <i>Azioni termiche uniformi (TU)</i> .....	19
6.6.2 <i>Azioni termiche differenziali (TF)</i> .....	19
6.6.3 <i>Ritiro</i> .....	20
6.7 AZIONI SISMICHE .....	23
6.7.1 <i>Forze d'inerzia orizzontali (Sisma H)</i> .....	29
6.7.2 <i>Forze d'inerzia verticali (Sisma V)</i> .....	29
<b>7. COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>30</b>

<b>8. RISULTATI DELLE ANALISI .....</b>	<b>34</b>
<b>9. VERIFICHE .....</b>	<b>39</b>
9.1 CRITERI DI VERIFICA .....	39
9.1.1 <i>Stati limite ultimi</i> .....	39
9.1.2 <i>Stati limite di esercizio</i> .....	41
9.2 S1 SOLETTA SUPERIORE – APPOGGIO.....	43
9.3 S2 SOLETTA SUPERIORE – CAMPATA.....	51
9.4 S3 PIEDRITTO – TESTA.....	57
9.5 S4 PIEDRITTO – PIEDE.....	64
9.6 S6 FONDAZIONE – APPOGGIO .....	71
9.7 S7 SOLETTA DI FONDAZIONE – CAMPATA.....	79
9.8 SBALZO SOLETTA .....	85
9.9 ARMATURA LONGITUDINALE.....	91
<b>10. CONFRONTO MODELLI DI CALCOLO .....</b>	<b>92</b>
10.1 RISULTATI MODELLI .....	92
10.1.1 <i>Sollecitazioni modello sezione 8</i> .....	93
10.1.2 <i>Sollecitazioni modello sezione 5A</i> .....	97
10.1.3 <i>Sollecitazioni modello sezione 11A</i> .....	100
10.2 CONCLUSIONI.....	104
<b>11. VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>105</b>
11.1 CEDIMENTI.....	105
11.2 CARICO LIMITE COMBINAZIONE A2+M2+R2.....	109

## 1. PREMESSA

La soppressione del P.L. al km 143+833 in corrispondenza di Via Calabroni viene risolta mediante la realizzazione di un cavalcaferrovia ubicato al km 143+672 della Linea Storica.



Foto - P.L. al km 143+833

Il progetto delle opere d'arte è stato redatto sulla base delle impostazioni ed esigenze espresse dal progetto della viabilità, uniformandosi a quest'ultimo per quanto riguarda ubicazione ed ampiezza del ponte, oltre che, ovviamente, per quanto concerne le rispettive caratteristiche planimetriche ed altimetriche, riservando particolare attenzione ai franchi orizzontali e verticali minimi prescritti dalla normativa vigente.

In particolare la presente relazione riporta il dimensionamento delle strutture scatolari in calcestruzzo armato gettato in opera previste nelle rampe di accesso al cavalcaferrovia stradale IV01 avente una larghezza della carreggiata  $b = 8.00\text{m}$ . Lo scavalco è composto da un impalcato misto in acciaio e cls di luce pari a 48m su spalle fondate su fondazioni profonde. Al fine di limitare gli scarichi sui terreni di fondazione dei rilevati stradali in terra si è deciso di ridurre la dimensione e lunghezza dei rilevati stessi sostituendoli con rampe di appoggio in struttura scatolare.

La presente relazione ha per oggetto le verifiche secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.).

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI</b>												
<i>Scatolare rampe – Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0L</td> <td>00 E 09</td> <td>CL</td> <td>IV0100 001</td> <td>A</td> <td>5 di 112</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	5 di 112
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	5 di 112								

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono effettuate in accordo con le prescrizioni di seguito elencate è conformi alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS:

- “Istruzione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari” (rif. RFI-DTC-ICI-PO-SP-INF-001-A);
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia
- Nuove norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 . Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21/10/2003;
- Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità;
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno.

### 3. MATERIALI

#### Calcestruzzo per piedritti e soletta di copertura

**Calcestruzzo C**                      32 / 40

Resistenza cilindrica caratteristica:

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = \quad 33 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a compressione semplice:  $f_{cd} = \text{acc } f_{ck} / \gamma_m$ ,

$$f_{cd} = \text{acc } f_{ck} / \gamma_m = \quad 18.81 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{acc} = \quad 0.85$$

$$\gamma_m = \quad 1.5$$

Resistenza di calcolo a trazione semplice:

$$f_{ctk} = \quad 2.12 \quad \text{N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m = \quad 1.41 \quad \text{N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$E_c = \quad 33643 \quad \text{N/mm}^2$$

Densità di Massa:

$$\rho = \quad 25 \quad \text{kN/m}^3$$

Coefficiente di Espansione Termica:

$$\alpha = \quad 1.00\text{E-}05 \quad \text{m/}^\circ\text{C}$$

## Calcestruzzo per soletta di fondazione

**Calcestruzzo C**                      28 / 35

Resistenza cilindrica caratteristica:

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = \quad 29 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a compressione semplice:  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$ ,

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m = \quad 16.46 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\alpha_{cc} = \quad 0.85$$

$$\gamma_m = \quad 1.5$$

Resistenza di calcolo a trazione semplice:

$$f_{ctk} = \quad 1.94 \quad \text{N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m = \quad 1.29 \quad \text{N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$E_c = \quad 32588 \quad \text{N/mm}^2$$

Densità di Massa:

$$\rho = \quad 25 \quad \text{kN/m}^3$$

Coefficiente di Espansione Termica:

$$\alpha = \quad 1.00 \times 10^{-5} \quad \text{m/}^\circ\text{C}$$

**Acciaio da cemento armato normale:**      B450C

controllato in stabilimento.

$$\text{tensione caratteristica di snervamento: } f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{resistenza di calcolo dell'acciaio: } f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \text{ dove } \gamma_s = 1.15 = 391 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Modulo di elasticità: } E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

Qualora la classe di resistenza del calcestruzzo adottata per le analisi di calcolo e per le verifiche dei vari elementi strutturali risulti inferiore a quella indicata nel documento *Tabella Materiali e Note Generali – IF0L 00 E 09 TT IV0100 001* è da ritenere valido quanto indicato in quest'ultimo documento cioè in *Tabella Materiali e Note Generali – IF0L 00 E 09 TT IV0100 001*.

#### 4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il cavalcaferrovia in oggetto risulta sostanzialmente costituito da rampe scatolari in c.a. di approdo all'opera di scavalco della sede ferroviaria a sua volta costituita da una unica campata isostatica a struttura mista acciaio-calcestruzzo di luce asse spalla-asse spalla pari a 48.00 m.

Le rampe di approdo all'opera di scavalco sono realizzate mediante strutture scatolari in conglomerato cementizio armato gettato in opera.

La larghezza netta interna della generica sezione trasversale è variabile da 8.00m a 10.00m. L'altezza interna risulta variabile da 2.70m a 8.48m per la rampa Est e da 2.91m a 8.68m per la rampa Ovest. Lo spessore della soletta superiore è 0.90m, dei piedritti è pari a 0.85m e del solettone di fondo è pari a 1.00m.

Il ricoprimento medio, ovvero la media tra la quota del piano stradale e l'estradosso della soletta superiore, è pari a circa 0.325m.

La sede stradale è interamente situata al di sopra della soletta di copertura. I due marciapiedi laterali sono ricadono invece su solette a sbalzo dallo scatolare di luce di 1.60m e di spessore medio di 0.57m.

Il manufatto è suddiviso in conci aventi lunghezza massima di 20m. Una parete trasversale di chiusura separa il primo cono dal rilevato di approdo alla rampa.

Il dimensionamento è stato condotto con riferimento ad una struttura piana rappresentativa di una striscia trasversale dell'opera avente larghezza 1.0m.

La sezione analizzata è quella con larghezza massima posta in corrispondenza della curva (sezione 8).

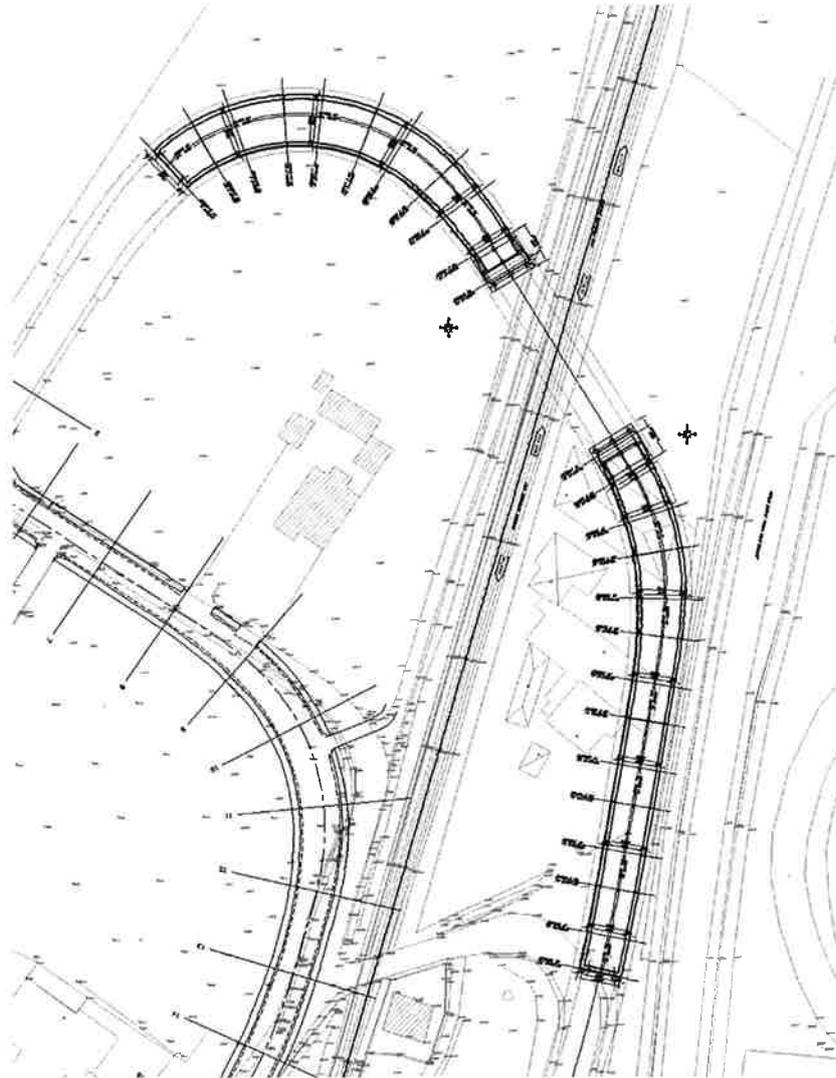


Figura 1 – Planimetria generale con inquadramento dell'opera

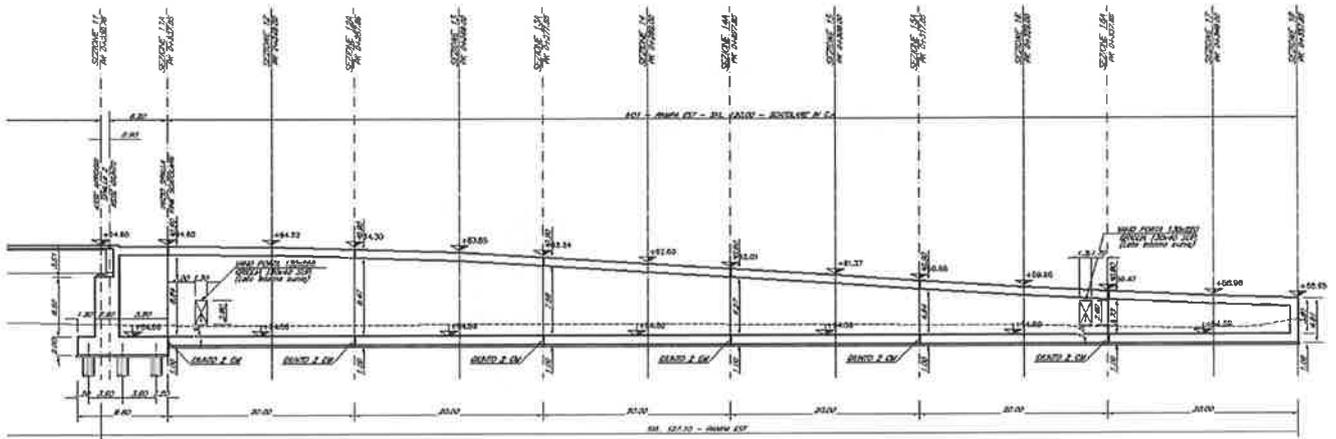


Figura 2 – Sezione longitudinale – rampa Est

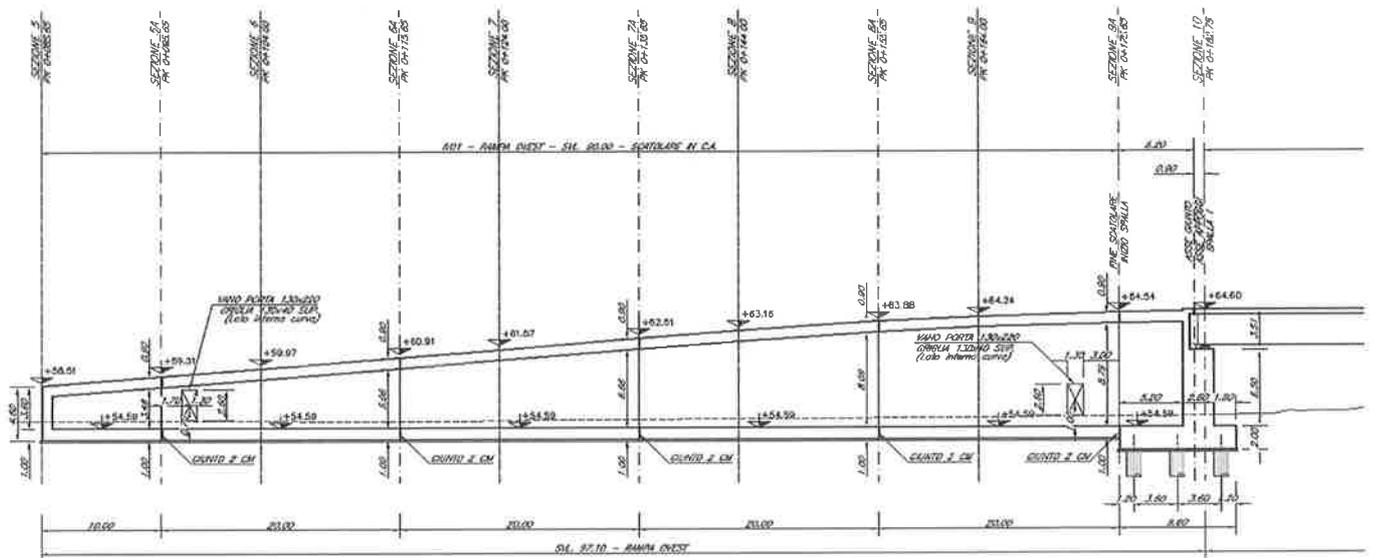


Figura 3 – Sezione longitudinale – rampa Ovest

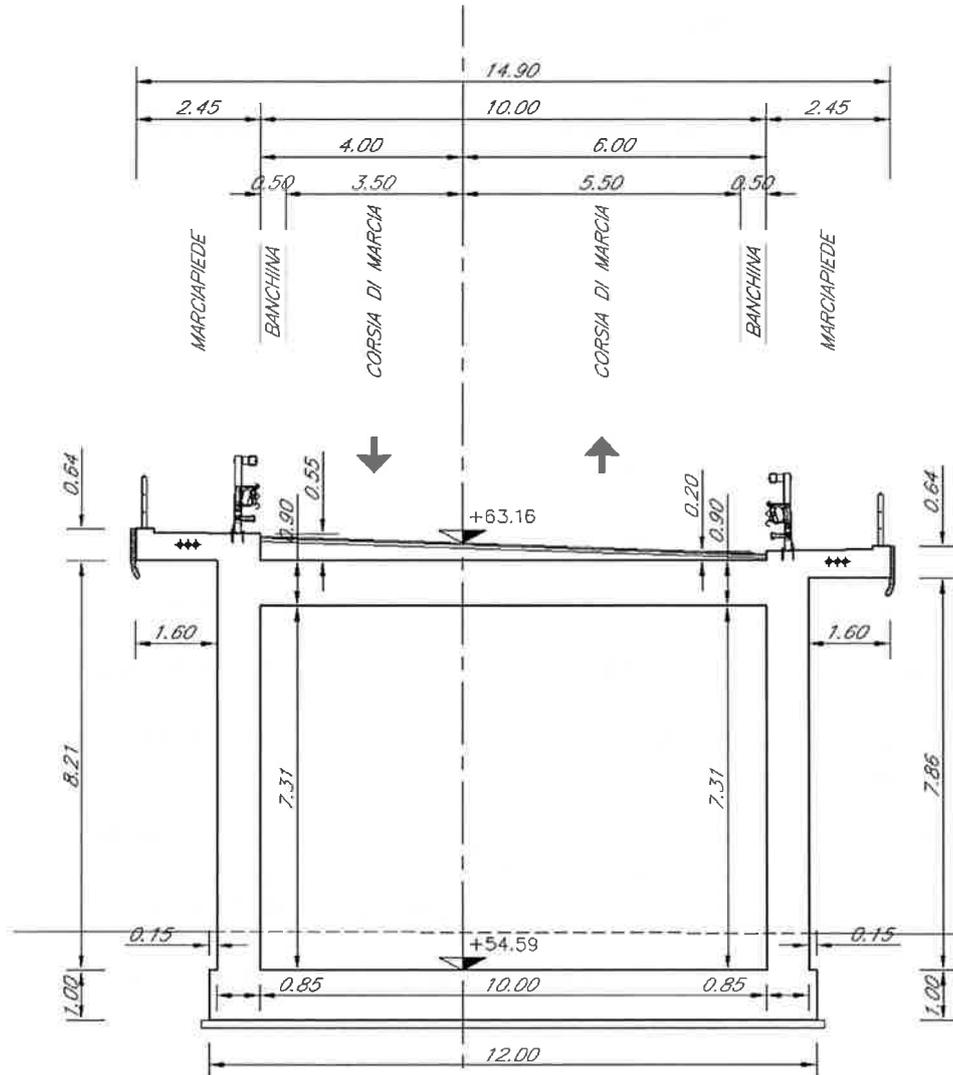


Figura 4 – Sezione trasversale di calcolo – sezione

## 5. MODELLO DI CALCOLO

La struttura viene schematizzata con un modello di calcolo a telaio chiuso su un letto di molle alla Winkler mediante un'analisi elastico-lineare svolta con il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 v.15 (Computers and Structures®).

Gli elementi frame che schematizzano il telaio piano hanno una sezione rettangolare di larghezza 1.0m ed altezza pari a:

soletta superiore  $h = 0.90\text{m}$

pedritti  $h = 0.85\text{ m}$

soletta di fondazione  $h = 1.00\text{ m}$

Il modulo elastico del materiale assegnato agli elementi asta è assunto:

Struttura in elevazione  $E = 33643\text{ N/mm}^2$  :  $\text{cls Rck} = 40\text{N/mm}^2$

Soletta di fondazione  $E = 32588\text{ N/mm}^2$ :  $\text{cls Rck} = 35\text{N/mm}^2$

Nelle successive figure si riporta lo schema di calcolo adottato con la numerazione dei nodi (Figura 3) e degli elementi trave (Figura 4).

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo. La soletta inferiore, di larghezza  $L=10.2\text{m}$ , viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite molle applicate ai nodi, l'interazione terreno – struttura.

La rigidità delle molle, valutata considerando un modulo di reazione verticale  $K_s = 30000\text{ kN/m}^3$ , risulta pari a

Nodi 7÷11  $k_z = k_s (L / 10) = 32500\text{ kN/m}$

Nodi 5, 6, 12, 13  $k_z = 1.5 k_s (L/10) = 48825\text{ kN/m}$

Nodi 1, 3  $k_z = 2 k_s (0.5 \times L/10 + 0.8\text{m}/2) = 56460\text{ kN/m}$

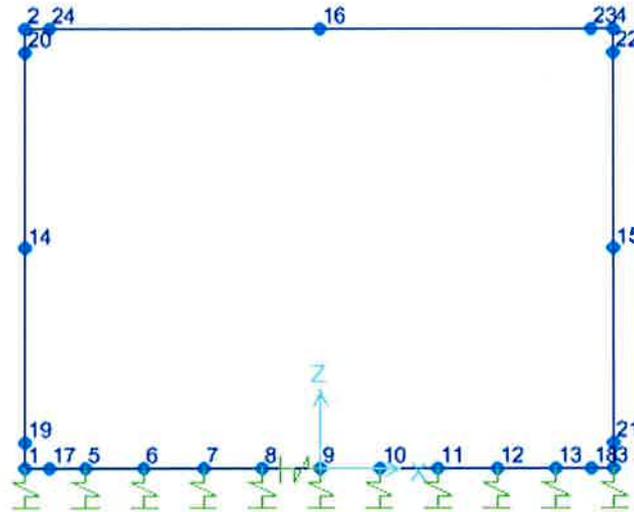


Figura 5 – Modello di calcolo – numerazione dei nodi

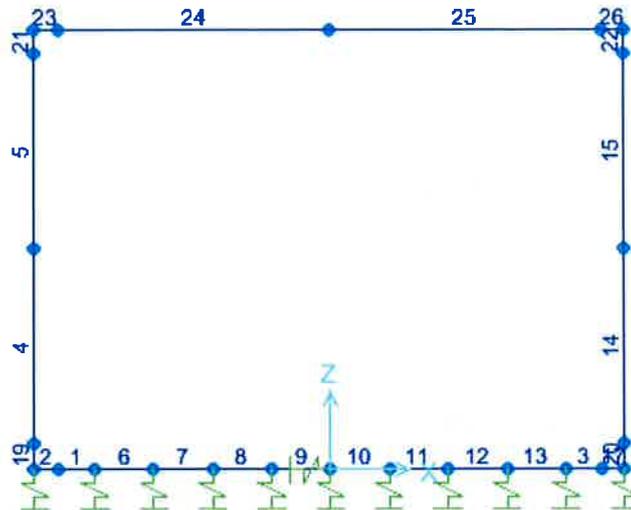


Figura 6 – Modello di calcolo – numerazione delle aste

## 6. ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 Peso proprio (PP)

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a  $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$ .

### 6.2 Sovraccarico permanente (PERM)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ricoprimento (esclusa la pavimentazione stradale) di 0.00m con  $\gamma_{ric} = 20.00 \text{ kN/m}^3$  ed uno spessore medio del massetto delle pendenze  $s_b = 0.225 \text{ m}$  con peso per unità di volume  $\gamma_b = 24.00 \text{ kN/m}^3$ .

Il peso degli elementi a sbalzo è applicato come un carico concentrato sui nodi sommitali delle pareti (nodi 2, 4) con intensità pari a

$$F_z = 0.93 \text{ m}^2 \times 25 \text{ kN/m}^3 = 23.25 \text{ kN} \quad \text{forza verticale}$$

$$M_y = F_z \times 1.6 \text{ m} / 2 = 20.6 \text{ kNm} \quad \text{momento}$$

### 6.3 Pavimentazione stradale (PAV\_STR)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di pavimentazione stradale pari a 0.10m con peso di unità di volume  $\gamma_{pav\_str} = 24.00 \text{ kN/m}^3$ .

### 6.4 Azioni variabile da traffico (ACC1, ACC2)

In conformità alla normativa di riferimento (N.T.C.2008 §5.1.3.3), si prendono in considerazione i carichi mobili per ponti di 1° categoria di seguito riportati:

- prima colonna di carico costituita da due carichi assiali  $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$  e un carico uniformemente distribuito  $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$  su una larghezza convenzionale pari a 3.00m;
- seconda colonna di carico, analoga alla precedente, ma con carichi rispettivamente pari a  $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$  e  $q_{2k} = 2.5 \text{ kN/m}^2$ ;

- terza colonna di carico, analoga alla precedente, ma con carichi rispettivamente pari a  $Q_{3k} = 100\text{kN}$  e  $q_{3k} = 2.5\text{kN/m}^2$ ;
- quarta colonna di carico e/o area rimanente costituita da un carico uniformemente distribuito pari a  $q_{rk} = 2.5\text{kN/m}^2$ .

I valori dei carichi stradali forniti dalle vigenti NTC08 sono già comprensivi degli incrementi di natura dinamica. La dimensione delle impronte dei carichi tandem e la loro posizione relativa sono:

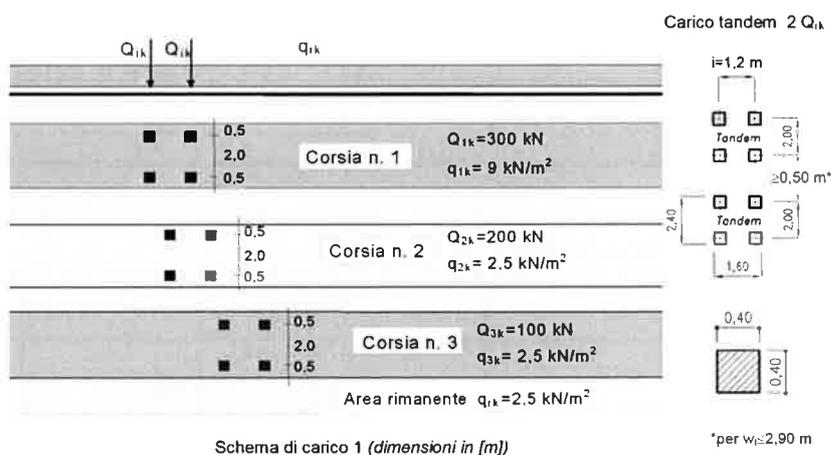


Figura 7 – NTC08- schema di carico 1

#### 6.4.1 Definizione delle corsie convenzionali

In relazione alle dimensioni della carreggiata sono state considerate n° 2 “corsie convenzionali” da 3m.

I sovraccarichi mobili sono considerati nelle diverse disposizioni longitudinali e trasversali atte a generare le massime sollecitazioni nelle sezioni di verifica.

#### 6.4.2 Ripartizione dei carichi concentrati Tandem

I carichi concentrati mobili (carico tandem) sono ripartiti sull’impalcato mediante una diffusione a  $45^\circ$  in direzione longitudinale e trasversale a partire dall’estradosso della pavimentazione stradale fino alla linea d’asse della soletta.

Si riporta nella figura seguente lo schema delle impronte di carico e delle zone interessate dalla diffusione alla profondità  $d = 0.325\text{ m} + 0.90/2\text{ m} = 0.85\text{ m}$  dal piano stradale.

Le larghezze di diffusione della coppia di carichi concentrati su due assi in tandem valgono:

dir. Longitudinale  $L_{long} = 1.2\text{m} + 2x (0.40\text{m}/2 + 0.325\text{ m} + 0.90\text{m}/2) = 3.15\text{m}$

dir. Trasversale  $L_{long} = 2.0m + 2x (0.40m/2 + 0.325 m + 0.90m/2) = 3.95m$

Il carico tandem 2  $Q_{ik}$  determina pertanto un carico uniformemente distribuito sull'asse della soletta di intensità pari a

$$q = 2x 300 \text{ kN} / (3.95m \times 3.15m) = 48.22 \text{ kPa} \quad \text{corsia 1}$$

$$q = 2x 200 \text{ kN} / (3.95m \times 3.15m) = 3.15 \text{ kPa} \quad \text{corsia 2}$$

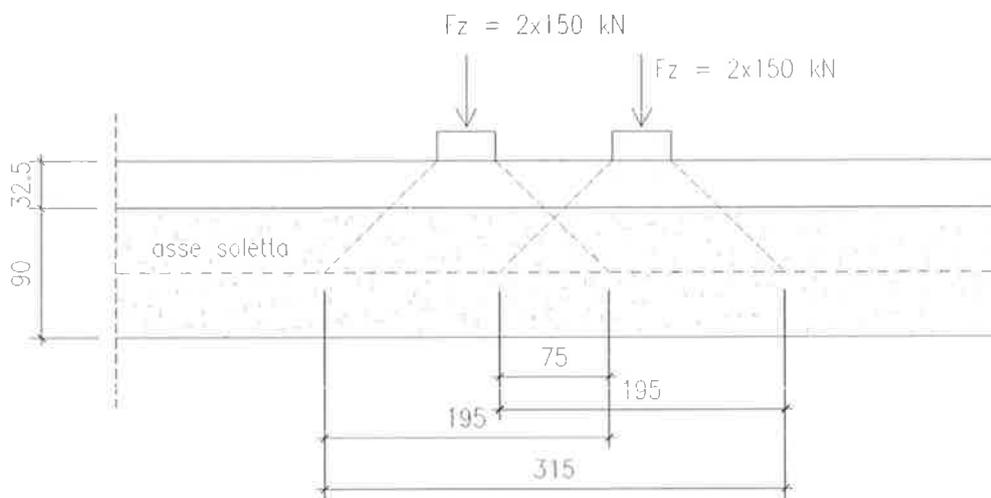


Figura 8 – Diffusione del carico stradale tandem in direzione longitudinale

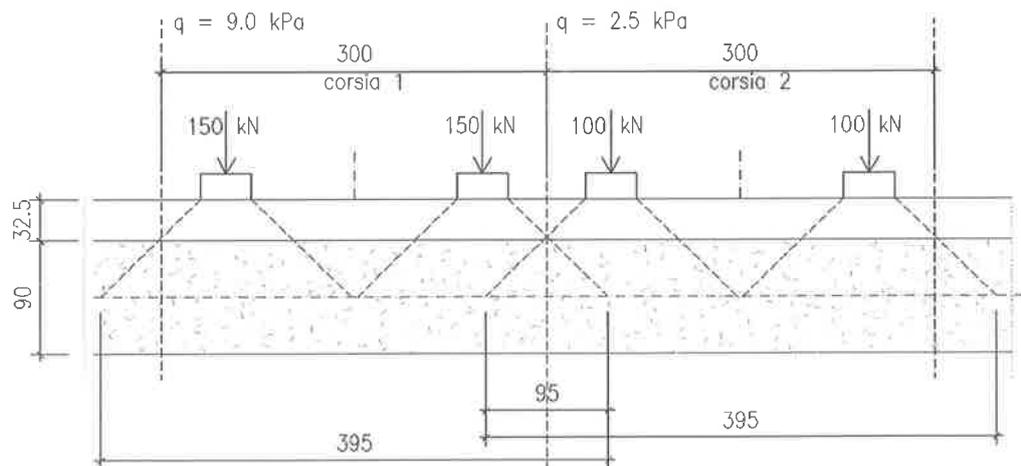


Figura 9 – Diffusione del carico stradale tandem direzione trasversale

### 6.4.3 Configurazioni di carico

Per massimizzare gli effetti del carico mobile in termini di sollecitazioni flettenti e taglio sugli elementi strutturali, sono state definite due distinte configurazioni di carico (ACC1, ACC2).

La prima, denominata ACC1, massimizza il momento flettente sul traverso superiore della struttura; si ottiene disponendo i carichi tandem di entrambe le corsie convenzionali disposte affiancate e centrate rispetto l'asse di simmetria verticale della struttura. Ai carichi tandem si sovrappone il carico distribuito di intensità pari a 9.00 kN/m<sup>2</sup> sulla corsia 1 e 2.50 kN/m<sup>2</sup> sulla corsia 2.

La configurazione ACC2 massimizza la sollecitazione di taglio sul traverso superiore della struttura; le corsie convenzionali sono disposte affiancate ed allineate con il filo interno del piedritto sinistro. Ai carichi tandem si sovrappone il carico distribuito di intensità pari a 9.00 kN/m<sup>2</sup> sulla corsia 1 e pari a 2.5 kN/m<sup>2</sup> sulla corsia 2.

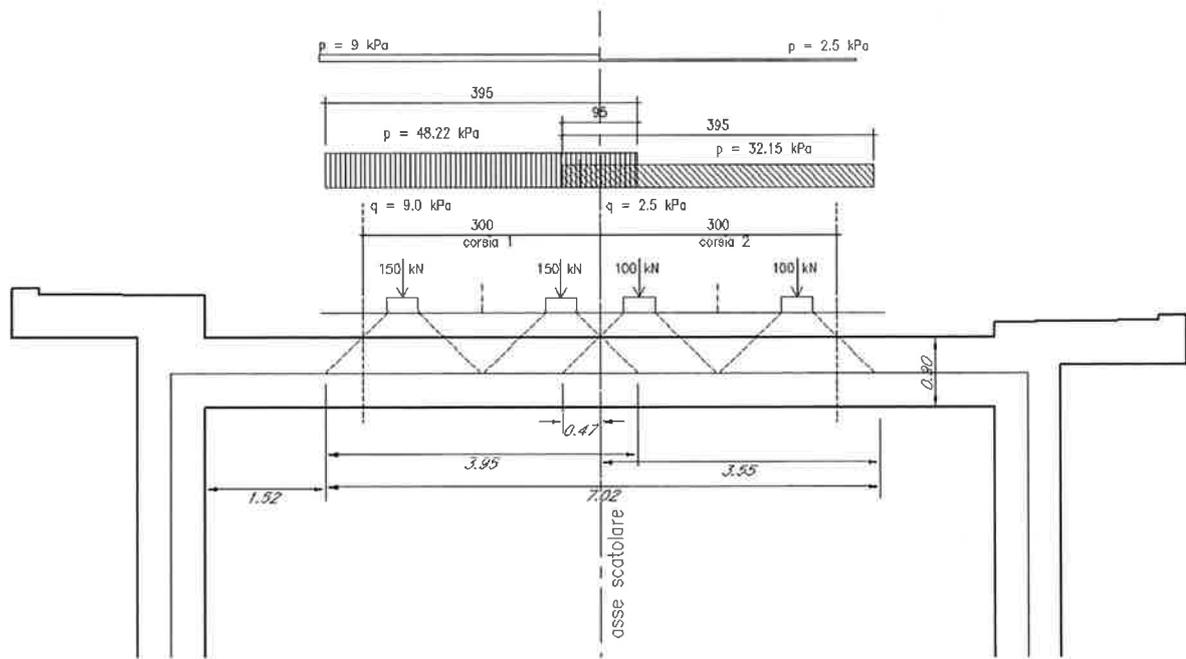


Figura 10 – Carico variabile da traffico stradale; configurazione ACC1

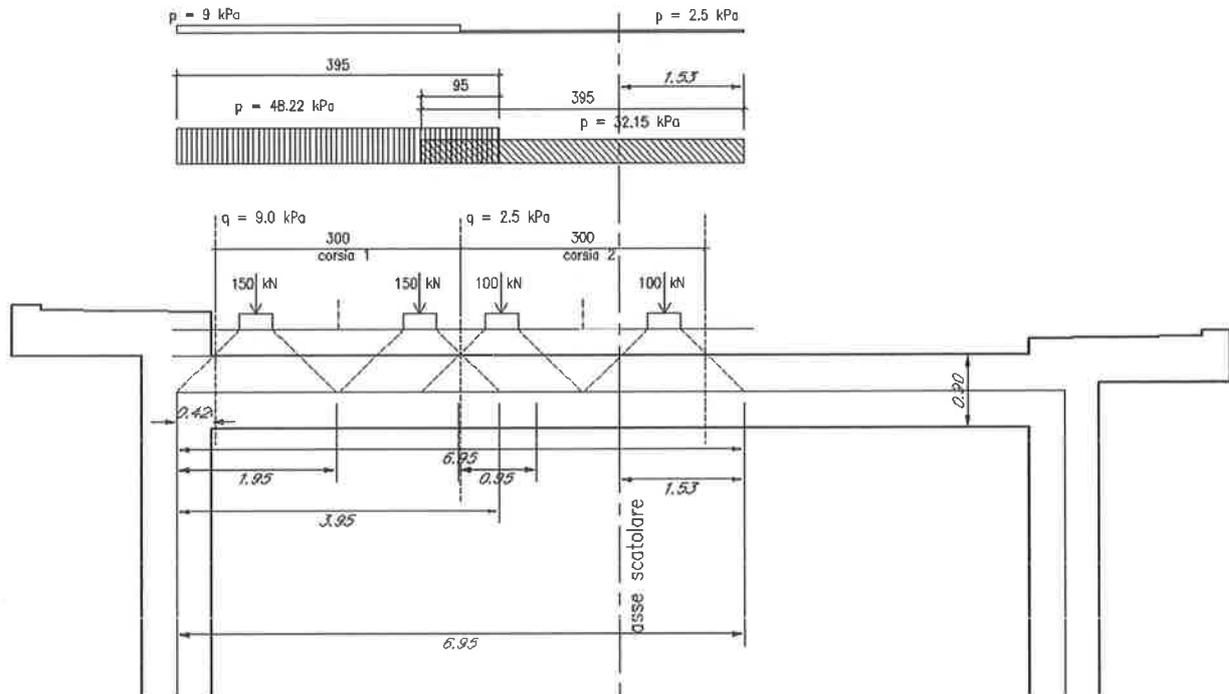


Figura 11 – Carico variabile da traffico stradale; configurazione ACC2

## 6.5 Azioni centrifuga

Viste le basse velocità di percorrenza della rampa (30 km/h) la l'azione della forza centrifuga è trascurabile.

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI  RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E  VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL  COMUNE DI MADDALONI</b>												
<i>Scatolare rampe – Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0L</td> <td>00 E 09</td> <td>CL</td> <td>IV0100 001</td> <td>A</td> <td>19 di 112</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	19 di 112
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	19 di 112								

## 6.6 Azioni climatiche

### 6.6.1 Azioni termiche uniformi (TU)

Si considera una variazione termica uniforme  $\Delta T = 15.0^{\circ}\text{C}$  sugli elementi della struttura in elevazione, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ .

### 6.6.2 Azioni termiche differenziali (TF)

Si considera una variazione termica differenziale  $\Delta T = 5.0^{\circ}\text{C}$  su tutti gli elementi della struttura in elevazione, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ .

### 6.6.3 Ritiro

Si considera una variazione termica uniforme equivalente  $\Delta T = -11.52^{\circ}\text{C}$  sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.14-01-2008.

#### Clis a t=0

$f_{ck} =$	33 Mpa
$f_{cm} =$	41 MPa
$\alpha =$	0.00001
$E_{cm} =$	33642778 kN/m <sup>2</sup>
cls tipo =	R
k =	1 coef. di correzione di $E_{cm}$

$$E_{cm} = 33642778 \text{ kN/m}^2$$

#### Tempo e ambiente

$t_s =$	2 gg	età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento
$t_o =$	2 gg	età del calcestruzzo in giorni al momento del carico
$t =$	25550 gg	età del calcestruzzo in giorni
$h_o = 2A_c/u =$	1800 mm	dimensione fittizia dell'elemento di cls
$A_c =$	900000 mmq	sezione dell'elemento
$u =$	1000 mm	perimetro a contatto con l'atmosfera
$RH =$	75 %	umidità relativa percentuale

Coefficiente di viscosità  $\phi(t, t_o)$  e modulo elastico  $E_{ct}$  a tempo "t"

$$\phi(t, t_o) = \phi_o \beta_c(t, t_o) = 1.970$$

$$\phi_o = \phi_{RH} \beta_{\chi}(f_{cm}) \beta_{\chi}(t_o) = 2.001 \text{ coefficiente nominale di viscosità}$$

$$\varphi_{RH} = 1 + \left[ \frac{1 - RH / 100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \alpha_1 \right] \alpha_2 = 1.18 \text{ coefficiente che tiene conto dell'umidità}$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} (35 / f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.892 \text{ coeff. per la resistenza del cls}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} (35 / f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.968 \text{ coeff. per la resistenza del cls}$$

$$\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.617343 \text{ coefficiente che tiene conto della resistenza del cls}$$

$$\beta_c(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})} = 0.649 \text{ coefficiente per l'evoluzione della viscosità nel tempo}$$

$$t_0 = t_0 \left( \frac{9}{2 + t_0^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5 = 6.19 \text{ tempo } t_0 \text{ corretto in funzione della tipologia di cemento}$$

$$\alpha = 1 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (-1 per Classe S, 0 per Classe N, 1 per Classe R)}$$

$$\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0.3} = 0.984 \text{ coeff. per la variabilità della viscosità nel tempo}$$

$$\beta_H = 1.5 \left[ 1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 1382.5 \text{ coefficiente che tiene conto dell'umidità relativa}$$

$$\alpha_3 = \begin{cases} (35 / f_{cm})^{0.5} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.922 \text{ coeff. per la resistenza del calcestruzzo}$$

Il modulo elastico al tempo "t" è pari a:

$$E_{cm}(t, t_0) = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_0)} = 11327617 \text{ kN/m}^2$$

Deformazione di Ritiro

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000342 \text{ deformazione di ritiro } \varepsilon(t, t_0)$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) K_b \varepsilon_{cd,0} = 0.000284 \text{ deformazione dovuta al ritiro per essiccamento}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \left[ \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] = 0.952825$$

Kh = 0.7 parametro che dipende da h<sub>0</sub> secondo il prospetto seguente

Valori di K<sub>h</sub>

h <sub>0</sub>	K <sub>h</sub>
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥600	0,70

Valori di Kh intermedi a quelli del prospetto vengono calcolati tramite interpolazione lineare.

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[ (220 + 110 \alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0.000426 \text{ deformazione di base}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH0} \right)^3 \right] = 0.896094$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa}$$

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (3 per Classe S, 4 per Classe N, 6 per Classe R)}$$

$$\alpha_{ds2} = 0.11 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (0.13 per Classe S, 0.12 per Classe N, 0.11 per Classe R)}$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca00} = 0.000058 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{ca00} = 2.5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 0.000058$$

Variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{\text{ritiro}} = - \frac{\varepsilon_s(t, t_0) \cdot E_{cm}}{(1 + \varphi(t, t_0)) \cdot E_{cm} \cdot \alpha} = -11.52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura.

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI</b>												
<i>Scalare rampe – Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0L</td> <td>00 E 09</td> <td>CL</td> <td>IV0100 001</td> <td>A</td> <td>23 di 112</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	23 di 112
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	23 di 112								

## 6.7 Azioni sismiche

In condizioni sismiche, il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica si assumono i seguenti parametri di base:

Categoria di suolo:	C
Categoria topografica:	T1
Vita nominale:	VN = 75 anni; (tab 2.4.1);
Classe d'uso :	III;
Coeff. d'uso:	cu =1.5
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	$VR = VN \times cu = 112.5\text{anni}$

I parametri che definiscono l'azione sismica, calcolati mediante il documento excel Spettri-NTC.ver.1.0.3.xls fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, vengono di seguito riportati:

Individuazione della pericolosità sismica del sito

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Scelta della strategia di progettazione

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

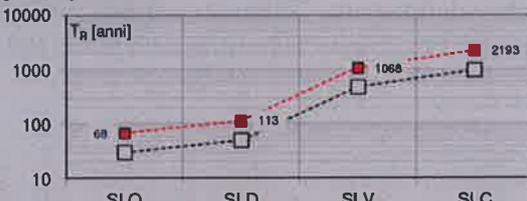
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie

--■-- Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

Determinazione dell'azione di progetto SLV

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato: **SLV** info

---

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo: **C** info  
 Categoria topografica: **T1** info  
 $S_S = 1.376$   $C_0 = 1.382$  info  
 $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sbo., H=altezza rilievo topografico)

---

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%): **5**  $\eta = 1.000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_s$ : **1.5** Regol. in altezza: **si** info

---

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto Fattore  $q_v$ : **1**  $\eta = 1.000$  info

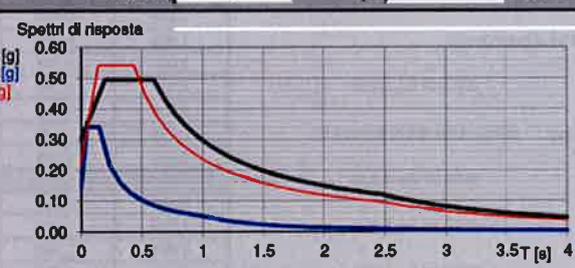
---

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta  
 Parametri e punti spettri di risposta

$S_{d,p}$  [g]

$S_{d,y}$  [g]

$S_v$  [g]



— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.218 g
$F_0$	2.477
$T_c$	0.435 s
$S_B$	1.376
$C_c$	1.382
$S_T$	1.000
$q$	1.500

**Parametri dipendenti**

$S$	1.376
$\eta$	0.667
$T_B$	0.200 s
$T_c$	0.601 s
$T_D$	2.473 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.300
$T_B \leftarrow$	0.200	0.496
$T_c \leftarrow$	0.601	0.496
	0.690	0.432
	0.779	0.382
	0.868	0.343
	0.957	0.311
	1.047	0.285
	1.136	0.262
	1.225	0.243
	1.314	0.227
	1.403	0.212
	1.492	0.200
	1.582	0.188
	1.671	0.178
	1.760	0.169
	1.849	0.161
	1.938	0.154
	2.027	0.147
	2.117	0.141
	2.206	0.135
	2.295	0.130
	2.384	0.125
$T_D \leftarrow$	2.473	0.120
	2.546	0.114
	2.619	0.107
	2.691	0.102
	2.764	0.096
	2.837	0.092

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_w$	0.138 g
$S_B$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_c$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_0$	1.563
$S$	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_0 = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0.5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.138
$T_B \leftarrow$	0.050	0.341
$T_c \leftarrow$	0.150	0.341
	0.235	0.218
	0.320	0.180
	0.405	0.128
	0.490	0.104
	0.575	0.089
	0.660	0.078
	0.745	0.069
	0.830	0.062
	0.915	0.056
$T_D \leftarrow$	1.000	0.051
	1.084	0.043
	1.188	0.036
	1.281	0.031
	1.375	0.027
	1.469	0.024
	1.563	0.021
	1.656	0.019
	1.750	0.017
	1.844	0.015
	1.938	0.014
	2.031	0.012
	2.125	0.011
	2.219	0.010
	2.313	0.010
	2.406	0.009
	2.500	0.008

Determinazione dell'azione di progetto SLD

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.090 g
$F_a$	2.440
$T_c$	0.346 s
$S_a$	1.500
$C_c$	1.491
$S_T$	1.000
$q$	1.000

Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.172 s
$T_C$	0.516 s
$T_D$	1.961 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S <sub>e</sub> [g]
	0.000	0.135
$T_B$ ←	0.172	0.330
$T_C$ ←	0.516	0.330
	0.584	0.291
	0.653	0.260
	0.722	0.236
	0.791	0.215
	0.860	0.198
	0.928	0.183
	0.997	0.171
	1.066	0.160
	1.135	0.150
	1.204	0.141
	1.272	0.134
	1.341	0.127
	1.410	0.121
	1.479	0.115
	1.548	0.110
	1.617	0.105
	1.685	0.101
	1.754	0.097
	1.823	0.093
	1.892	0.090
$T_D$ ←	1.961	0.087
	2.058	0.079
	2.155	0.072
	2.252	0.066
	2.349	0.060
	2.446	0.056
	2.543	0.052

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0.037 g
$S_B$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

Parametri dipendenti

$F_v$	0.989
$S$	1.000
$\eta$	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0.5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S <sub>e</sub> [g]
	0.000	0.037
$T_B$ ←	0.050	0.089
$T_C$ ←	0.150	0.089
	0.235	0.057
	0.320	0.042
	0.405	0.033
	0.490	0.027
	0.575	0.023
	0.660	0.020
	0.745	0.018
	0.830	0.016
	0.915	0.015
$T_D$ ←	1.000	0.013
	1.094	0.011
	1.188	0.009
	1.281	0.008
	1.375	0.007
	1.469	0.006
	1.563	0.005
	1.656	0.005
	1.750	0.004
	1.844	0.004
	1.938	0.004
	2.031	0.003
	2.125	0.003
	2.219	0.003
	2.313	0.003
	2.406	0.002
	2.500	0.002
	2.594	0.002

Per il calcolo in condizioni sismiche si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ . Le forze sismiche sono pertanto:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticale  $k_v$  sono posti pari all'accelerazione massima degli spettri di progetto relativi allo stato limite considerato (SLV, SLD).

Stato limite	$k_h$	$k_v$
SLD	0.330	0.089
SLV	0.496	0.341
sld / slv	0.665	0.261

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \psi_{2j} Q_{kj}$$

Nel caso specifico per i carichi dovuti al transito dei veicoli stradali si assume  $\psi_{2j} = 0$ .

I carichi gravitazionali coinvolti dall'azione sismica sono:

#### **Soletta di copertura**

Sbalzi+veletta	$2x (25\text{kN/mc} \times (0.93+0.093\text{m}^2))/10.85\text{m} =$	4.71 kN/m
Soletta	$0.9\text{m} \times 25\text{kN/mc} =$	22.5 kN/m
Pavimentazione	$0.1\text{m} \times 24\text{kN/mc} =$	2.4 kN/m
Massetto	$0.225\text{m} \times 24\text{kN/mc} =$	5.40 kN/m
		35.01 kN/m

**Piedritti**  $0.85\text{m} \times 25\text{kN/mc} =$  21.25 kN/m

### 6.7.1 Forze d'inerzia orizzontali (Sisma H)

#### *Soletta di copertura*

$$\text{SLD} \quad f_h = k_h W = 0.330 \times 35.01 \text{ kN/m} = 11.55 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLV} \quad f_h = k_h W = 0.496 \times 35.01 \text{ kN/m} = 17.36 \text{ kN/m}$$

#### *Piedritti*

$$\text{SLD} \quad f_h = k_h W = 0.330 \times 21.3 \text{ kN/m} = 7.03 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLV} \quad f_h = k_h W = 0.496 \times 21.3 \text{ kN/m} = 10.56 \text{ kN/m}$$

Le forze d'inerzia orizzontali relative allo SLD sono applicate come un carico  $f_h$  uniformemente distribuito lungo lo sviluppo dell'elemento agente da sinistra verso destra. Le forze sismiche relative allo SLV sono ottenute in fase di combinazione delle azioni elementari mediante un coefficiente amplificativo

$$\alpha = \text{slv} / \text{sld} = 1.50$$

### 6.7.2 Forze d'inerzia verticali (Sisma V)

#### *Soletta di copertura*

$$\text{SLD} \quad f_v = k_v W = 0.089 \times 35.01 \text{ kN/m} = 3.12 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLV} \quad f_v = k_v W = 0.341 \times 35.01 \text{ kN/m} = 11.94 \text{ kN/m}$$

#### *Piedritti*

$$\text{SLD} \quad f_v = k_v W = 0.089 \times 21.3 \text{ kN/m} = 1.9 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLV} \quad f_v = k_v W = 0.341 \times 21.3 \text{ kN/m} = 7.26 \text{ kN/m}$$

Le forze d'inerzia verticali relative allo SLV sono applicate come un carico  $f_v$  uniformemente distribuito lungo lo sviluppo dell'elemento agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli. Le forze sismiche relative allo SLD sono ottenute in fase di combinazione delle azioni elementari mediante un coefficiente amplificativo

$$\alpha = \text{slv} / \text{sld} = 3.83$$

## 7. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto ai capp. 2 e 5 del DM 14/01/2008.

Gli stati limite ultimi analizzati si riferiscono al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera ed allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche della fondazione possono essere condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V delle NTC per i parametri geotecnici e le azioni.

combinazione 1 → (A1+M1+R1) → generalmente dimensionante per STR

combinazione 2 → (A2+M2+R2) → generalmente dimensionante per GEO (carico limite)

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{STR)} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_{d'} = \Phi_{k'})$$

$$\text{GEO)} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_{d'} = \tan^{-1}(\tan \Phi_{k'} / \gamma_{\phi}))$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Rara)} \Rightarrow G1 + G2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \quad \text{controllo tensioni cls / acc}$$

$$\text{Frequente)} \Rightarrow G1 + G2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \text{controllo apertura fessure}$$

$$\text{Quasi permanente)} \Rightarrow G1 + G2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \text{controllo tensioni cls}$$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite da prendere in considerazione sono le seguenti:

$$\text{STR)} \quad \Rightarrow \quad E+G1+G2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow \quad (\Phi_d = \Phi_k)$$

$$\text{GEO)} \quad \Rightarrow \quad E+G1+G2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow \quad (\text{spinte } \Phi_d = \tan^{-1}(\tan \Phi_k / \gamma_\Phi))$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G1+G2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente  $\psi_{2i}$  sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_{2i} = 0.2$  solo quando rilevanti.

Nel caso in esame si è posto  $\Psi_2 = 0$ .

Le condizioni elementari di carico, riportate nella tabella sottostante, sono state combinate in modo da determinare gli effetti più gravosi per la struttura.

PP [G1]	PESO PROPRIO
PERM [G2]	CARICHI PERMAMENTI (ricoprimento + massetto)
PAV_STR [G2]	PAVIMENTAZIONE STRADALE
ACC1-ACC2	CARICHI VARIABILI VERTICALI SU OPERA (veicolare stradale)
TF-TU	VARIAZIONI TERMICHE ( $\Delta T_u$ , $\Delta T_f$ )
RITIRO	RITIRO
Sisma H	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI (SLV)
Sisma V	AZIONI SISMICHE VERTICALI (SLV)

*Tabella 1 - Condizioni elementari di carico definite nel modello di calcolo*

Si riportano di seguito i coefficienti parziali utilizzati nelle combinazioni agli SLU ed agli SLE, relativamente scelti in accordo con le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI delle NTC2008.

	G1	G2	ACCM1	ACCM2	TU	TF	RITIRO
SLU01	1.35	1.5	1.35	0	0.72	-0.72	0
SLU02	1.35	1.5	0	1.35	0.72	-0.72	0
SLU03	1.35	1.5	1.35	0	-0.72	0.72	1.2
SLU04	1.35	1.5	0	1.35	-0.72	0.72	1.2

*Tabella 2 - Combinazioni di carico SLU*

	G1	G2	ACCM1	ACCM2	TU	TF	RITIRO	Sisma H	Sisma V
SLV01	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	1.44	1.12
SLV02	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	1.44	-1.12
SLV03	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	0.43	3.74
SLV04	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	0.43	-3.74
SLV05	1.00	1.00	0.00	0.00	-0.50	0.50	1.00	1.44	1.12
SLV06	1.00	1.00	0.00	0.00	-0.50	0.50	1.00	1.44	-1.12
SLV07	1.00	1.00	0.00	0.00	-0.50	0.50	1.00	0.43	3.74
SLV08	1.00	1.00	0.00	0.00	-0.50	0.50	1.00	0.43	-3.74

*Tabella 3 - Combinazioni di carico SLV*

	G1	G2	ACCM1	ACCM2	TU	TF	RITIRO	Sisma H	Sisma V
SLD01	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	1.00	0.30
SLD02	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	1.00	-0.30
SLD03	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	0.30	1.00
SLD04	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	0.30	-1.00
SLD05	1.00	1.00	0.00	0.00	-0.50	0.50	1.00	1.00	0.30
SLD06	1.00	1.00	0.00	0.00	-0.50	0.50	1.00	1.00	-0.30
SLD07	1.00	1.00	0.00	0.00	-0.50	0.50	1.00	0.30	1.00
SLD08	1.00	1.00	0.00	0.00	-0.50	0.50	1.00	0.30	-1.00

*Tabella 4 - Combinazioni di carico SLD*

	G1	G2	ACCM1	ACCM2	TU	TF	RITIRO
RAR01	1.00	1.00	1.00	0.00	0.60	-0.60	0.00
RAR02	1.00	1.00	0.00	1.00	0.60	-0.60	0.00
RAR03	1.00	1.00	1.00	0.00	-0.60	0.60	1.00
RAR04	1.00	1.00	0.00	1.00	-0.60	0.60	1.00

Tabella 5 - Combinazioni di carico RARE

	G1	G2	ACCM1	ACCM2	TU	TF	RITIRO
FERQ01	1.00	1.00	0.75	0.00	0.50	-0.50	0.00
FREQ02	1.00	1.00	0.00	0.75	0.50	-0.50	0.00
FREQ03	1.00	1.00	0.75	0.00	-0.50	0.50	1.00
FREQ04	1.00	1.00	0.00	0.75	-0.50	0.50	1.00

Tabella 6 - Combinazioni di carico FREQUENTI

	G1	G2	ACCM1	ACCM2	ACCM3	ACCM4	TU	TF	RITIRO
QPERM01	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00
QPERM02	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.50	0.50	1.00

Tabella 7 - Combinazioni di carico QUASI PERMANENTI

Per facilitare la lettura dei risultati delle analisi sono state definite le seguenti combinazioni di involucro per gli stati limite analizzati:

- env\_SLU            involucro combinazioni Stato Limite Ultimo
- env\_SLV            involucro combinazioni Stato Limite di salvaguardia della Vita umana
- env\_SLD            involucro combinazioni Stato Limite di Danno
- env\_RAR            involucro combinazioni tipo RARA
- env\_FREQ            involucro combinazioni tipo FREQUENTE

## 8. RISULTATI DELLE ANALISI

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati delle analisi espressi in forma di diagrammi delle sollecitazioni lungo gli elementi.

La convenzione adottata per i segni delle sollecitazioni prevede che

$N > 0$  compressione

$M > 0$  fibre tese sul lato interno allo scatolare

Le unità di misura adottate sono

Momenti kNm

Forze kN

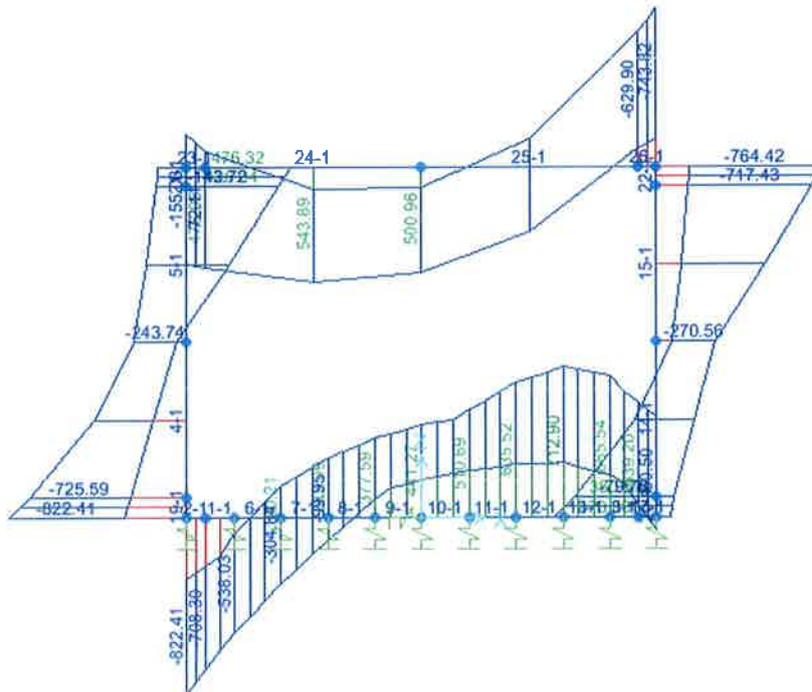


Figura 12 – Diagramma involuppo Momenti flettenti – comb. SLV

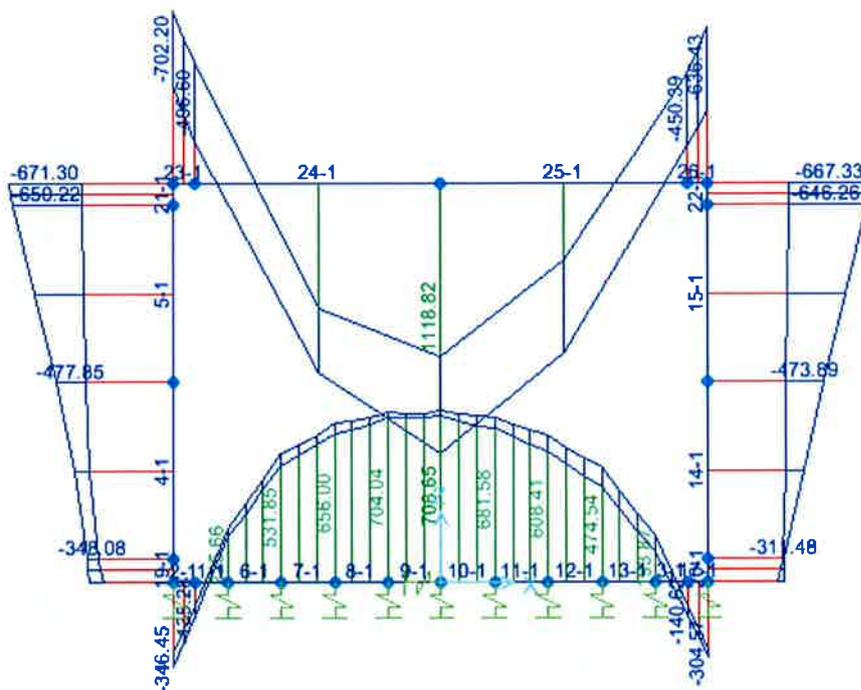


Figura 13 – Diagramma involuppo Momenti flettenti – comb. SLU

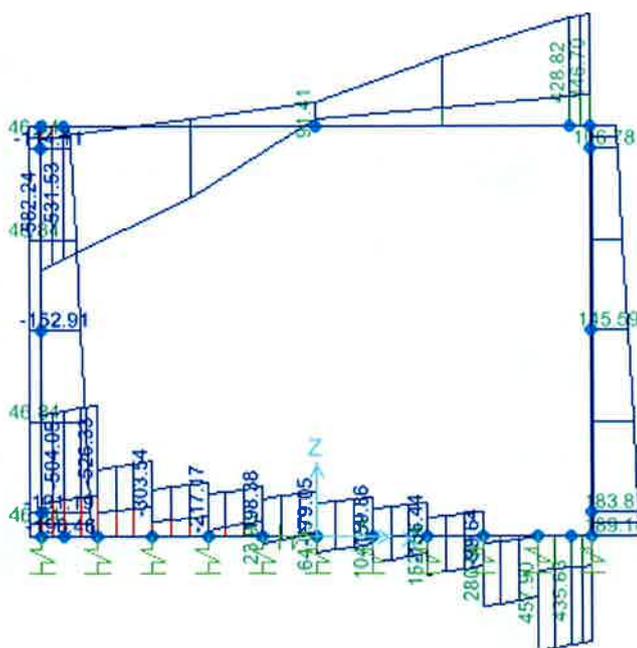


Figura 14 – Diagramma involuppo Taglio V2 – comb. SLU/SLV

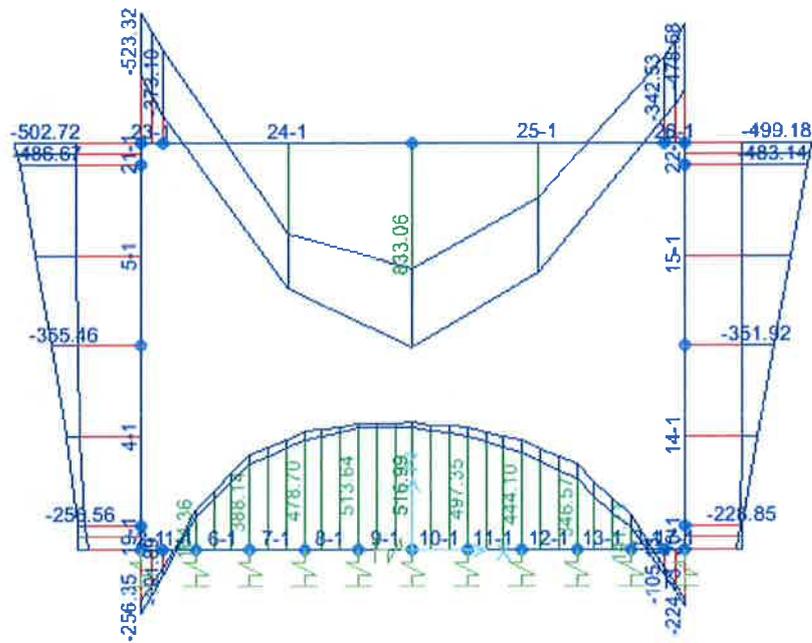


Figura 15 – Diagramma involuppo Momenti flettenti – comb. RARA

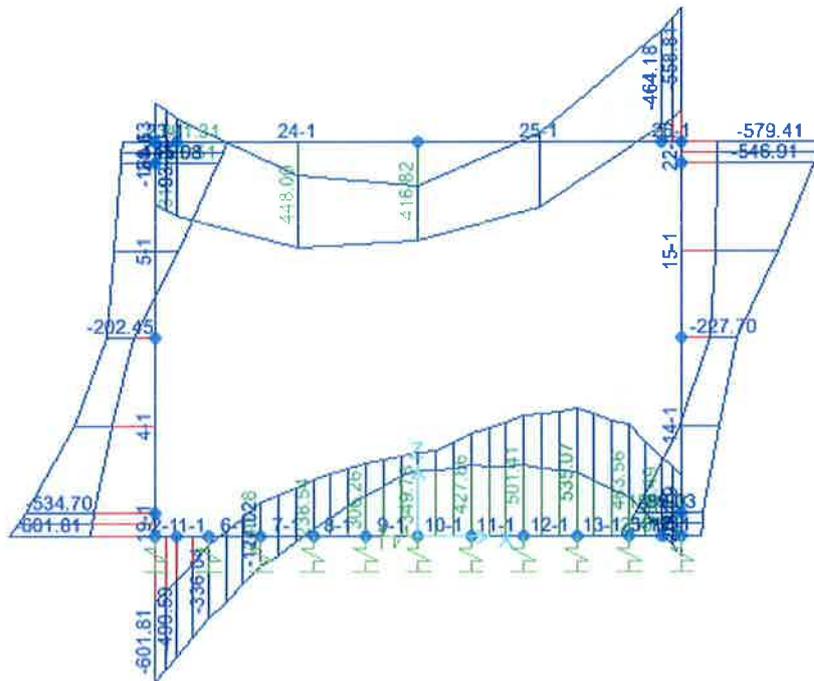


Figura 16 – Diagramma involuppo Momenti flettenti – comb. SLD

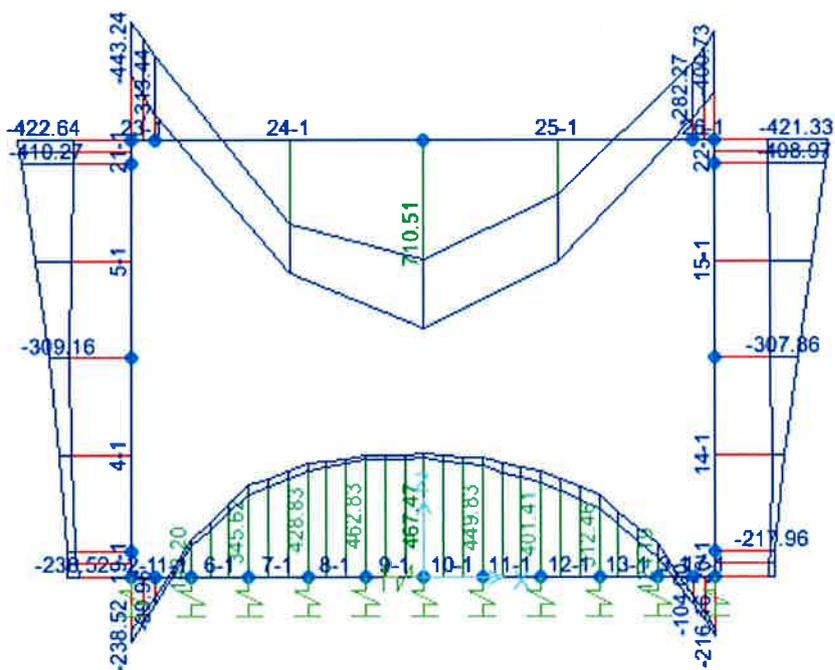


Figura 17 – Diagramma involuppo Momenti flettenti – comb. FREQ

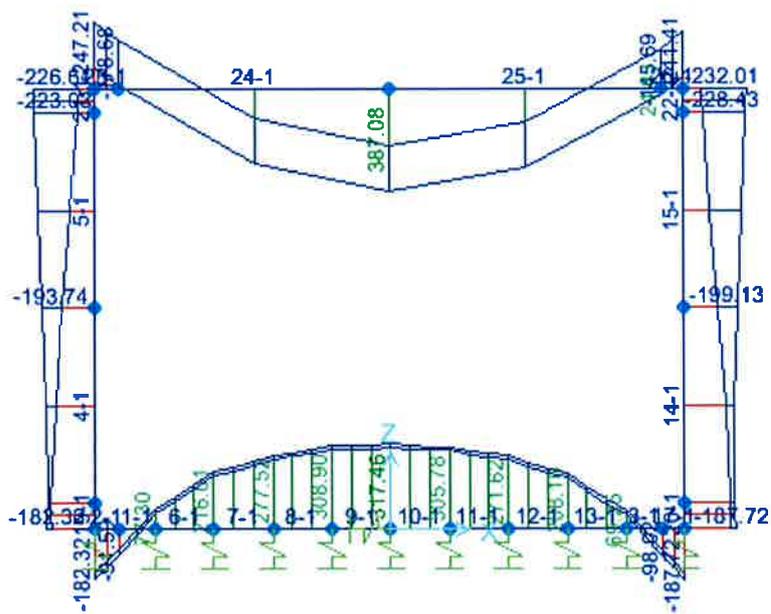


Figura 18 – Diagramma involuppo Momenti flettenti – comb. QPERM

Si riporta di seguito una sintesi delle massime sollecitazioni di flessione presenti negli elementi nelle sezioni maggiormente significative oggetto di verifica.

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI</b>												
<i>Scatolare rampe – Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0L</td> <td>00 E 09</td> <td>CL</td> <td>IV0100 001</td> <td>A</td> <td>39 di 112</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	39 di 112
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	39 di 112								

## 9. VERIFICHE

### 9.1 Criteri di verifica

Per le verifica strutturale dell'opera in esame si adotta il metodo agli Stati limite. Negli Stati Limite Ultimi (SLU-SLV) si eseguono le verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio mentre negli Stati Limite di Esercizio (SLE-SLD) si esegue il controllo delle tensioni nei materiali e dell'apertura delle fessure negli elementi in c.a..

#### 9.1.1 Stati limite ultimi

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali nella tabella 5.1.V del DM 14.01.2008 relativa alle azioni sui ponti stradali.

La verifica di resistenza a pressoflessione delle sezioni viene eseguita con il metodo dello stato limite assumendo le ipotesi di conservazione piana delle sezioni, calcestruzzo non reagente a trazione e di perfetta aderenza tra acciaio e cls.

La verifica sugli elementi viene condotta calcolando il momento resistente massimo della sezione in presenza o meno di sforzo assiale di compressione. Il calcolo si basa sull'assunzione dei diagrammi di calcolo a tensione-deformazione del calcestruzzo e dell'acciaio previsti dalla normativa.

Con riferimento alla sezione presso inflessa, sotto rappresentata assieme ai diagrammi di deformazione e di sforzo così come dedotti dalle ipotesi e dai modelli  $\sigma - \epsilon$  di definiti ai paragrafi 4.1.2.1.2.2 e 4.1.2.1.2.3 del D.M.14/01/08, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

$N_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

$M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

Per la verifica nello stato limite ultimo a taglio si valuta inizialmente la resistenza  $V_{Rd1}$  dell'elemento privo di armatura trasversale. Qualora risulti inferiore alla sollecitazione di taglio  $V_{Ed}$  agente nella sezione, si predispone un'armatura trasversale e si valuta il taglio resistente  $V_{Rd}$  dell'elemento ricorrendo alla schematizzazione a traliccio ideale.

Per gli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio la resistenza si valuta con l'espressione 4.1.14 delle DM14.01.08 di seguito riportata

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

in cui

$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{0,5}$$

d altezza utile della sezione

$r_l = A_{sl} / (b_w d)$  rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ )

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ ) assunta pari a 0

$b_w$  larghezza sezione

Per gli elementi dotati di specifica armatura a taglio la verifica di resistenza diventa

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

La resistenza a taglio della trave è pari a

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

in cui con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è pari a

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) \cdot \sin \alpha$$

E con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(ctg \alpha + ctg \theta)}{(1 + ctg^2 \theta)}$$

dove d,  $b_w$  e  $\sigma_{cp}$  hanno il significato già visto e inoltre si è posto:

$A_{sw}$  area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$f'_{cd}$  resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 f_{cd}$ );

$\alpha_c$  coefficiente maggiorativo assunto pari a 1

L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti: 1

$\leq c_{tg} \theta \leq 2,5$ . Nel caso in esame si è assunto  $\theta = 45^\circ$ .

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI</p>												
<p>Scalare rampe – Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0L</td> <td>00 E 09</td> <td>CL</td> <td>IV0100 001</td> <td>A</td> <td>41 di 112</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	41 di 112
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	41 di 112								

### 9.1.2 Stati limite di esercizio

Per le verifiche agli stati limite di esercizio si adottano i valori dei coefficienti parziali di sicurezza definiti nella tabella 5.1.VI del DM 14.01.2008 relativa alle azioni sui ponti stradali. Per le azioni da traffico considerate (schema 1 con carichi tandem), si adotta il coefficiente  $\Psi_0 = 0.75$ .

I valori limite delle tensioni adottati nelle verifiche sono:

combinazione di carico rara

tensione di trazione nell'acciaio  $0.8 f_{yk}$

tensione di compressione nel cls  $0.6 f_{ck}$

combinazione di carico quasi permanente:

tensione di compressione nel cls  $0.45 f_{ck}$

I valori limite di apertura delle fessure sono quelli previsti dalle specifica di progettazione RFI per i cavalcavia stradali di cui l'opera costituisce naturale prolungamento.

Per le verifiche a fessurazione:

- condizioni XC4 e armatura ordinaria
- comb. freq. con  $w_2=0.3$  mm
- comb. q. perm. con  $w_1=0.2$  mm

Si riportano di seguito le verifiche negli stati limite analizzati relative alle sezioni significative maggiormente sollecitate individuate nella Figura 19.

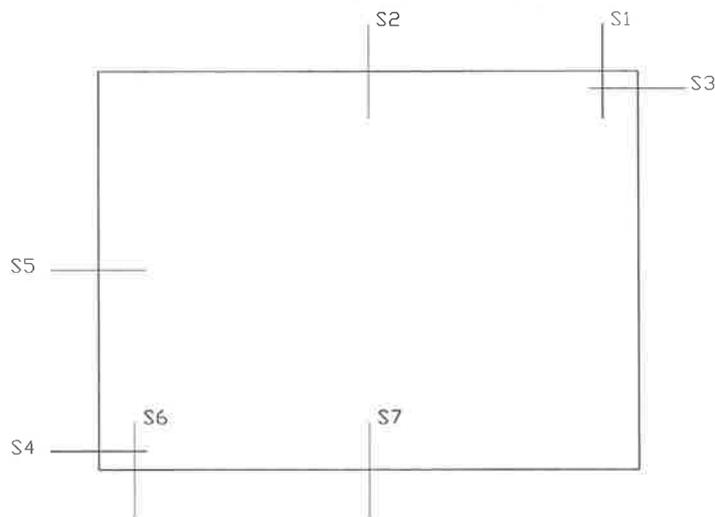


Figura 19 –Sezioni di verifica

Per facilitare la lettura delle tabelle di sintesi delle verifiche di resistenza si riporta una legenda con i simboli e le convenzioni adottate.

b, h:	larghezza ed altezza della sezione trasversale dell'elemento esaminato	
$A_a$ :	area armatura generico strato	
c	copriferro nominale	
$\phi_{st}$	diametro staffe	
c'	copriferro totale	
c''	copriferro di calcolo in asse barra	
$M_{Rd}$ :	momento flettente resistente ultimo della sezione	
$M_{Ed}$ :	momento flettente di calcolo	
$\sigma_{cls}$ +:	tensione massima di compressione nel cls	[ >0 compressione]
$\sigma_{acc}$ -:	tensione massima di trazione nelle barre di acciaio	[ >0 trazione]
w:	apertura fessure [ - ] : sezione non fessurata	
R	capacità resistente	
E	valore di progetto dell'effetto delle azioni	
R / E	coefficiente di sicurezza della verifica in esame	
E / R	tasso di sfruttamento del materiale	

## 9.2 S1 Soletta superiore – appoggio

### Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m <sup>2</sup>
1000	900	0.90

### Copriferro

lato	c [mm]
esterno	40
interno	40

### Materiali

Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C32/40
f <sub>yk</sub>	450.0 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>ck</sub>	32.0 N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>M</sub>	1.15 -	R <sub>ck</sub>	40.0 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>yd</sub>	391.3 N/mm <sup>2</sup>	rar	
rara		0.6 f <sub>ck</sub>	19.2 N/mm <sup>2</sup>
0.8f <sub>yk</sub>	360.0 N/mm <sup>2</sup>	qperm	
		0.45 f <sub>ck</sub>	14.4 N/mm <sup>2</sup>

### Armature

Lato esterno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
5	26	2653	83	0.47
5	20	1570	83	
Aa,tot =			4223	

Lato interno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
5	26	2653	83	0.29
		0		
Aa,tot =		2653		

### Verifica presso/tenso flessione

#### Verifica Stato Limite Ultimo

Elem	Station	Comb	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
26	0.21	SLV01	98.4	-686.1

M <sub>Rd</sub>	R/E	esito
[kNm]	[-]	
-1276.5	1.86	<b>ok</b>

#### Verifiche Stato Limite d'Esercizio

##### Combinazioni RARE/SLD

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
26	0.21	SLD01	68.19	-510.8

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
4.7	-164.4

E / R	0.24	0.46
esito	ok	ok

##### Combinazioni FREQUENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
26	0.00	FREQ01	27.48	-282.3

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
2.6	-90.9

E / R	0.40	
esito	ok	

w	wlim
[mm]	[mm]
0.080	<b>0.300</b>

0.40  
ok

##### Combinazioni QUASI PERMANENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
26	0.21	QPERM01	796.00	-177.86

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
1.6	-57.2

E / R	0.08	
esito	ok	

w	wlim
[mm]	[mm]
0.051	<b>0.200</b>

0.26  
ok

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE: S1**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO - Classe: C32/40

Resis. compr. di calcolo fcd :	188.10 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	94.05 daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	336430 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm :	31.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.400 mm
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	144.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu :	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. β1*β2 :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. β1*β2 :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	90.00
3	50.00	90.00
4	50.00	0.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O

Ordinata Y      Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
Diam.            Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-41.70	8.30	26
2	-41.70	81.70	26
3	41.70	81.70	26
4	41.70	8.30	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N.Gen.            Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N.Barra In.      Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
N.Barra Fin.     Numero della barra finale    cui si riferisce la gener.  
N.Barre          Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
Diam.            Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	3	26
2	2	3	3	26
3	2	3	5	20

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                    Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx                  Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My                  Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy                  Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx                  Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	-54246	0	10	0
2	0	-46579	0	10	0
3	0	-30246	0	10	0
4	0	-22580	0	10	0
5	0	-68609	0	10	0
6	0	-65702	0	10	0
7	0	-37443	0	10	0
8	0	-27751	0	10	0
9	0	-51557	0	10	0
10	0	-48650	0	10	0
11	0	-20391	0	10	0
12	0	-10699	0	10	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                    Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx                  Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My                  Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	-40987	0
2	0	-35308	0
3	0	-20987	0
4	0	-15308	0
5	0	-51079	0
6	0	-50320	0
7	0	-28926	0
8	0	-26395	0
9	0	-34027	0

*Scalare rampe - Relazione di calcolo*

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	46 di 112

10	0	-33268	0
11	0	-11874	0
12	0	-9343	0

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	-28227	0
2	0	-25032	0
3	0	-11175	0
4	0	-7981	0

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	-17786	0
2	0	-735	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	-54246	0	0	-127646	0	2.353
2	S	0	-46579	0	0	-127646	0	2.740
3	S	0	-30246	0	0	-127646	0	4.220
4	S	0	-22580	0	0	-127646	0	5.653
5	S	0	-68609	0	0	-127646	0	1.860
6	S	0	-65702	0	0	-127646	0	1.943
7	S	0	-37443	0	0	-127646	0	3.409
8	S	0	-27751	0	0	-127646	0	4.600
9	S	0	-51557	0	0	-127646	0	2.476
10	S	0	-48650	0	0	-127646	0	2.624
11	S	0	-20391	0	0	-127646	0	6.260
12	S	0	-10699	0	0	-127646	0	11.931

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace

Scatolare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IF0L 00 E 09 CL IV0100 001 A 47 di 112

Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
2	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
3	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
4	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
5	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
6	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
7	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
8	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
9	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
10	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
11	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7
12	0.00350	-0.01084	-50.0	0.0	0.00041	-41.7	8.3	-0.02688	-41.7	81.7

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
2	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
3	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
4	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
5	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
6	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
7	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
8	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
9	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
10	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
11	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700
12	0.000000000	-0.000371828	0.003500000	0.115	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
K3 Coeff. (§ B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni  
Ap.fess. Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	37.5	50.0	0.0	-1319	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.117
2	S	32.3	0.0	0.0	-1136	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.101
3	S	19.2	0.0	0.0	-676	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.060

*Scalare rampe - Relazione di calcolo*

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	48 di 112

4	S	14.0	50.0	0.0	-493	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.044
5	S	46.8	0.0	0.0	-1644	-41.7	81.7	2554	268	0.181	0.150
6	S	46.1	0.0	0.0	-1620	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.143
7	S	26.5	0.0	0.0	-931	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.082
8	S	24.2	50.0	0.0	-850	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.075
9	S	31.2	50.0	0.0	-1095	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.097
10	S	30.5	50.0	0.0	-1071	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.095
11	S	10.9	0.0	0.0	-382	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.034
12	S	8.6	0.0	0.0	-301	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.027

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	25.9	50.0	0.0	-909	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.080
2	S	22.9	50.0	0.0	-806	-13.9	81.7	2554	260	0.181	0.071
3	S	10.2	0.0	0.0	-360	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.032
4	S	7.3	50.0	0.0	-257	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.023

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	16.3	0.0	0.0	-572	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.051
2	S	0.7	0.0	0.0	-24	27.8	81.7	2554	260	0.181	0.002

**Verifica a taglio**

Materiale			
CALCESTRUZZO classe di resistenza		C32/40	
Resistenza a compressione			
resistenza cubica	<b>Rck</b>	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza cilindrica	<b>fck = 0.83Rck</b>	<b>33.2</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenze di calcolo a compressione del cls			
	<b>fcd = <math>\alpha_{cc} fck / \gamma_c</math></b>	<b>18.81</b>	N/mm <sup>2</sup>
coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	
coeff. parziale di sicurezza relativo al cls	$\gamma_c$	<b>1.5</b>	
ACCIAIO		<b>B450C</b>	
	<b>f<sub>yd</sub> = <math>f_{yk} / \gamma_s</math></b>	<b>391.30</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	<b>450.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
coeff. parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s$	<b>1.15</b>	
Carpenteria sezione rettangolare			
Larghezza membratura resistente a taglio	bw	<b>100</b>	cm
Altezza trave	H=a	<b>90</b>	cm
Copriferro (all'asse della barra)	c'	<b>8.3</b>	cm
Altezza utile	d	<b>81.7</b>	cm
Verifica (4.1.2.1.3.1)			
taglio sollecitante di calcolo allo stato limite ultimo	VEd	<b>531.53</b>	kN
resistenza di calcolo a trazione	$k=1+(200/d)^{0.5} \leq 2$	<b>1.495</b>	
	$v_{min} = 0.035k^{3/2} fck^{1/2}$	<b>0.369</b>	
area dell'armatura longitudinale	A <sub>sl</sub>	<b>26.5</b>	cm <sup>2</sup>
rapporto geometrico di armatura longitudinale [ ≤0.02]	$\rho_l = A_{sl} / (bw * d)$	<b>0.00324</b>	
forza assiale di compressione	NEd	<b>0</b>	kN
tensione media di compressione nella sezione [ ≤0.2fcd]	$\sigma_{cp} = NEd / A_c$	<b>0</b>	N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min} + 0.15\sigma_{cp}$	<b>0.37</b>	N/mm <sup>2</sup>
a	$0.18k (100 \rho_l fck)^{1/3} / \gamma_c$	<b>0.40</b>	N/mm <sup>2</sup>
b	$0.15\sigma_{cp}$	<b>0</b>	N/mm <sup>2</sup>
a+b		<b>0.40</b>	N/mm <sup>2</sup>
	<b>VRd = [a+b]bw*d</b>	<b>323.62</b>	kN
	<b>VRd,min = [v<sub>min</sub> + 0.15σ<sub>cp</sub>] bw d</b>	<b>301.11</b>	kN
resistenza a taglio	<b>VRd</b>	<b>323.62</b>	kN
misura sicurezza	<b>F = VRd / VEd</b>	<b>0.61</b>	>1
<b>DISPORRE ARMATURA A TAGLIO</b>			

<b>Armatura trasversale</b>			
Staffe		$\Phi_{st}$	14.0 mm
braccia		br	2.50
passo		s	20.0 cm
<b>Staffatura</b>		<b>St</b>	14 /20x40
Area staffe / m		Asw /s	19.242 cm <sup>2</sup> /m
<b>Verifica (4.1.2.1.3.2)</b>			
Forzo normale di calcolo di compressione		NEd	0 kN
Taglio di calcolo		VEd	<b>531.5</b> kN
Verifica del cls d'anima			
<u>Resistenza a TAGLIO COMPRESSIONE del cls d'anima</u>	$VR_{cd} = 0.9d b_w \alpha_c f_{cd} (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$		3458.4 kN
angolo inclinazione armatura trasversale - asse trave		$\alpha$	90 °
angolo inclinazione puntoni di cls - asse trave		$\theta$	45 °
resistenza a compressione ridotta del cls d'anima		$f_{cd} = 0.5f_{cd}$	9.41 N/mm <sup>2</sup>
coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	1.00
		$ctg\theta$	1.00
		$\alpha_{cp} = NEd / Ac$	0 N/mm <sup>2</sup>
Verifica dell'armatura trasversale d'anima			
<u>Resistenza a TAGLIO TRAZIONE dell'armat. d'anima</u>	$VR_{sd} = 0.9d Asw/s f_{yd} (ctg\alpha + ctg\theta) \text{ sen}\alpha$		553.65 kN
<u>Resistenza a taglio della trave</u>		$VR_d = \min(VR_{sd}, VR_{cd})$	<b>553.6</b> kN
misura sicurezza		$F = VR_d / VEd$	1.04 > 1
VERIFICA SODDISFATTA			

### 9.3 S2 Soletta superiore – campata

#### Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m <sup>2</sup>
1000	900	0.90

#### Copriferro

lato	c [mm]
esterno	40
interno	40

#### Materiali

Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C32/40
$f_{yk}$	450.0 N/mm <sup>2</sup>	$f_{ck}$	32.0 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$	1.15 -	$R_{ck}$	40.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>	rar	
rara		0.6 $f_{ck}$	19.2 N/mm <sup>2</sup>
0.8 $f_{yk}$	360.0 N/mm <sup>2</sup>	qperm	
		0.45 $f_{ck}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>

#### Armature

Lato esterno				
n	$\phi$	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
5	26	2653	83	
		0	83	
Aa,tot =			2653	0.29

Lato interno				
n	$\phi$	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
10	26	5307	83	
		0		
Aa,tot =			5307	0.59

#### Verifica presso/tenso flessione

##### Verifica Stato Limite Ultimo

Elem	Station	Comb	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
25	0.00	SLV01	8.1	250.7

M <sub>Rd</sub>	R/E	esito
[kNm]	[-]	
-1276.5	1.86	ok

##### Verifiche Stato Limite d'Esercizio

###### Combinazioni RARE/SLD

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
25	0.00	RAR03	9.06	833.1

$\sigma_{cls}^+$	$\sigma_{acc}^-$
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
7.1	-215.4

E / R  
esito 0.37 ok 0.60 ok

###### Combinazioni FREQUENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
25	0.00	FREQ03	4.23	710.5

$\sigma_{cls}^+$	$\sigma_{acc}^-$
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
6.0	-183.7

E / R  
esito 0.91 ok

w	wlim
[mm]	mm
0.273	0.300

###### Combinazioni QUASI PERMANENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
25	0.00	QPERM02	-1528.20	387.08

$\sigma_{cls}^+$	$\sigma_{acc}^-$
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
3.3	-100.1

E / R  
esito 0.17 ok

w	wlim
[mm]	mm
0.084	0.200

0.28 ok

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
NOME SEZIONE: S2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40

Resis. compr. di calcolo fcd :	188.10 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	94.05 daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	336430 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm :	31.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.400 mm
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	144.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu :	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1  
Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	90.00
3	50.00	90.00
4	50.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini

Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-41.70	8.30	26
2	-41.70	81.70	26
3	41.70	81.70	26
4	41.70	8.30	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	4	8	26
2	2	3	3	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	87882	0	10	0
2	0	71943	0	10	0
3	0	111882	0	10	0
4	0	95942	0	10	0
5	0	25073	0	10	0
6	0	18240	0	10	0
7	0	33044	0	10	0
8	0	10269	0	10	0
9	0	42125	0	10	0
10	0	35292	0	10	0
11	0	50096	0	10	0
12	0	27321	0	10	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	63307	0
2	0	51500	0
3	0	83306	0
4	0	71499	0
5	0	22548	0
6	0	20765	0
7	0	24630	0

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	54 di 112

8	0	18683	0
9	0	39600	0
10	0	37816	0
11	0	41682	0
12	0	35735	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	0	53999	0
2	0	45144	0
3	0	71051	0
4	0	62196	0

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	0	21656	0
2	0	38708	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e

(N, Mx, My)

Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	87882	0	0	158744	0	1.806
2	S	0	71943	0	0	158744	0	2.207
3	S	0	111882	0	0	158744	0	1.419
4	S	0	95942	0	0	158744	0	1.655
5	S	0	25073	0	0	158744	0	6.331
6	S	0	18240	0	0	158744	0	8.703
7	S	0	33044	0	0	158744	0	4.804
8	S	0	10269	0	0	158744	0	15.459
9	S	0	42125	0	0	158744	0	3.768
10	S	0	35292	0	0	158744	0	4.498

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	55 di 112

11	S	0	50096	0	0	158744	0	3.169
12	S	0	27321	0	0	158744	0	5.810

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
2	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
3	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
4	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
5	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
6	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
7	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
8	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
9	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
10	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
11	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3
12	0.00350	-0.00899	-50.0	90.0	0.00081	-41.7	81.7	-0.02295	-41.7	8.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
2	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
3	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
4	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
5	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
6	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
7	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
8	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
9	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
10	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
11	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700
12	0.000000000	0.000323744	-0.025636984	0.132	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre

D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
 K3 Coeff. (§ B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni  
 Ap.fess. Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	53.6	-50.0	90.0	-1637	-32.4	8.3	2625	248	0.174	0.138
2	S	43.6	-50.0	90.0	-1332	-32.4	8.3	2625	248	0.174	0.112
3	S	70.5	-50.0	90.0	-2154	-13.9	8.3	2625	248	0.174	0.260
4	S	60.5	-50.0	90.0	-1849	-41.7	8.3	2625	248	0.174	0.163
5	S	19.1	-50.0	90.0	-583	-32.4	8.3	2625	248	0.174	0.049
6	S	17.6	-50.0	90.0	-537	-13.9	8.3	2625	248	0.174	0.045
7	S	20.9	-50.0	90.0	-637	-23.2	8.3	2625	248	0.174	0.054
8	S	15.8	-50.0	90.0	-483	-32.4	8.3	2625	248	0.174	0.041
9	S	33.5	-50.0	90.0	-1024	-13.9	8.3	2625	248	0.174	0.086
10	S	32.0	-50.0	90.0	-978	-32.4	8.3	2625	248	0.174	0.082
11	S	35.3	-50.0	90.0	-1078	-4.6	8.3	2625	248	0.174	0.091
12	S	30.3	-50.0	90.0	-924	-23.2	8.3	2625	248	0.174	0.078

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	45.7	-50.0	90.0	-1396	-13.9	8.3	2625	248	0.174	0.144
2	S	38.2	-50.0	90.0	-1167	-32.4	8.3	2625	248	0.174	0.098
3	S	60.2	-50.0	90.0	-1837	-41.7	8.3	2625	248	0.174	0.273
4	S	52.7	-50.0	90.0	-1608	-23.2	8.3	2625	248	0.174	0.209

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	18.3	-50.0	90.0	-560	23.2	8.3	2625	248	0.174	0.047
2	S	32.8	-50.0	90.0	-1001	-32.4	8.3	2625	248	0.174	0.084

## 9.4 S3 Piedritto – testa

### Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m <sup>2</sup>
1000	850	0.85

### Copriferro

lato	c [mm]
esterno	40
interno	40

### Materiali

Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C32/40
f <sub>yk</sub>	450.0 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>ck</sub>	32.0 N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>M</sub>	1.15 -	R <sub>ck</sub>	40.0 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>yd</sub>	391.3 N/mm <sup>2</sup>	rar	
rara		0.6 f <sub>ck</sub>	19.2 N/mm <sup>2</sup>
0.8f <sub>yk</sub>	360.0 N/mm <sup>2</sup>	qperm	
		0.45 f <sub>ck</sub>	14.4 N/mm <sup>2</sup>

### Armature

Lato esterno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
5	26	2653	83	
5	20	1570	83	
Aa,tot =			4223	0.50

Lato interno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
5	26	2653	83	
		0		
Aa,tot =			2653	0.31

### Verifica presso/tenso flessione

#### Verifica Stato Limite Ultimo

Elem	Station	Comb	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
22	0.23	SLV01	306.3	-741.2

M <sub>Rd</sub>	R/E
[kNm]	[-]
-1298.6	1.75

esito

ok

#### Verifiche Stato Limite

##### d'Esercizio

##### Combinazioni RARE/SLD

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
22	0.23	SLD01	259.96	-563.3

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
6.0	-165.9

E / R  
esito 0.31 ok 0.46 ok

##### Combinazioni FREQUENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
22	0.00	FREQ01	320.50	-409.0

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
4.4	-106.9

E / R  
esito 0.31 ok 0.46 ok

w	wlim
[mm]	mm
0.092	0.300

0.31  
ok

##### Combinazioni QUASI PERMANENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
22	0.23	QPERM01	19160.90	-230.22

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
2.5	-59.0

E / R  
esito 0.13 ok 0.46 ok

w	wlim
[mm]	mm
0.051	0.200

0.17  
ok

*Scalare rampe - Relazione di calcolo*

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	58 di 112

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**
**NOME SEZIONE: S3**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO - Classe: C32/40

Resis. compr. di calcolo fcd :	188.10 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	94.05 daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	336430 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm :	31.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.400 mm
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	144.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu :	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**
**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	85.00
3	50.00	85.00
4	50.00	0.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini

Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-41.70	8.30	26
2	-41.70	76.70	26
3	41.70	76.70	26
4	41.70	8.30	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	4	3	26
2	2	3	3	26
3	2	3	5	20

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	49178	-65680	0	10	0
2	40156	-56358	0	10	0
3	49178	-42398	0	10	0
4	40156	-33077	0	10	0
5	30626	-74119	0	10	0
6	26638	-70405	0	10	0
7	28649	-43984	0	10	0
8	15356	-31604	0	10	0
9	30626	-57590	0	10	0
10	26638	-53876	0	10	0
11	28649	-27455	0	10	0
12	15356	-15075	0	10	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	35709	-49116	0
2	29026	-42211	0
3	35709	-29714	0
4	29026	-22810	0
5	25996	-56334	0
6	24955	-55364	0
7	22791	-34486	0
8	19320	-31254	0

Scatolare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	60 di 112

9	25996	-39805	0
10	24955	-38835	0
11	22791	-17957	0
12	19320	-14725	0

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	32050	-40897	0
2	27038	-35864	0
3	32050	-24891	0
4	27038	-19858	0

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	19161	-23022	0
2	19161	-6493	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	49178	-65680	0	49187	-136144	0	2.064
2	S	40156	-56358	0	40145	-133092	0	2.351
3	S	49178	-42398	0	49187	-136144	0	3.183
4	S	40156	-33077	0	40145	-133092	0	3.983
5	S	30626	-74119	0	30632	-129860	0	1.749
6	S	26638	-70405	0	26633	-128501	0	1.822
7	S	28649	-43984	0	28666	-129192	0	2.923
8	S	15356	-31604	0	15377	-124654	0	3.928
9	S	30626	-57590	0	30632	-129860	0	2.247
10	S	26638	-53876	0	26633	-128501	0	2.377
11	S	28649	-27455	0	28666	-129192	0	4.663
12	S	15356	-15075	0	15377	-124654	0	8.187

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	61 di 112

ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00804	-50.0	0.0	0.00087	-41.7	8.3	-0.02080	-41.7	76.7
2	0.00350	-0.00838	-50.0	0.0	0.00079	-41.7	8.3	-0.02151	-41.7	76.7
3	0.00350	-0.00804	-50.0	0.0	0.00087	-41.7	8.3	-0.02080	-41.7	76.7
4	0.00350	-0.00838	-50.0	0.0	0.00079	-41.7	8.3	-0.02151	-41.7	76.7
5	0.00350	-0.00876	-50.0	0.0	0.00071	-41.7	8.3	-0.02231	-41.7	76.7
6	0.00350	-0.00891	-50.0	0.0	0.00067	-41.7	8.3	-0.02264	-41.7	76.7
7	0.00350	-0.00883	-50.0	0.0	0.00069	-41.7	8.3	-0.02247	-41.7	76.7
8	0.00350	-0.00938	-50.0	0.0	0.00056	-41.7	8.3	-0.02362	-41.7	76.7
9	0.00350	-0.00876	-50.0	0.0	0.00071	-41.7	8.3	-0.02231	-41.7	76.7
10	0.00350	-0.00891	-50.0	0.0	0.00067	-41.7	8.3	-0.02264	-41.7	76.7
11	0.00350	-0.00883	-50.0	0.0	0.00069	-41.7	8.3	-0.02247	-41.7	76.7
12	0.00350	-0.00938	-50.0	0.0	0.00056	-41.7	8.3	-0.02362	-41.7	76.7

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000316775	0.003500000		
2	0.000000000	-0.000326061	0.003500000		
3	0.000000000	-0.000316775	0.003500000		
4	0.000000000	-0.000326061	0.003500000		
5	0.000000000	-0.000336480	0.003500000		
6	0.000000000	-0.000340745	0.003500000		
7	0.000000000	-0.000338586	0.003500000		
8	0.000000000	-0.000353648	0.003500000		
9	0.000000000	-0.000336480	0.003500000		
10	0.000000000	-0.000340745	0.003500000		
11	0.000000000	-0.000338586	0.003500000		
12	0.000000000	-0.000353648	0.003500000		

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
 K3 Coeff.(S B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni  
 Ap.fess. Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	52.8	50.0	0.0	-1312	27.8	76.7	2554	253	0.167	0.113
2	S	45.2	-50.0	90.0	-1144	27.8	76.7	2554	253	0.168	0.099
3	S	32.7	-50.0	90.0	-655	27.8	76.7	2539	248	0.160	0.055

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	62 di 112

4	S	25.2	-50.0	90.0	-487	27.8	76.7	2539	247	0.158	0.041
5	S	59.5	50.0	0.0	-1659	27.8	76.7	2554	255	0.171	0.144
6	S	58.4	50.0	0.0	-1637	27.8	76.7	2554	255	0.171	0.142
7	S	36.9	50.0	0.0	-944	27.8	76.7	2554	253	0.168	0.081
8	S	33.4	50.0	0.0	-870	27.8	76.7	2554	254	0.169	0.075
9	S	42.6	50.0	0.0	-1093	27.8	76.7	2554	253	0.168	0.094
10	S	41.5	50.0	0.0	-1071	27.8	76.7	2554	254	0.168	0.092
11	S	19.8	50.0	0.0	-384	27.8	76.7	2539	248	0.158	0.032
12	S	16.3	50.0	0.0	-309	0.0	76.7	2513	232	0.158	0.024

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	44.1	50.0	0.0	-1069	27.8	76.7	2554	252	0.166	0.092
2	S	38.6	50.0	0.0	-948	27.8	76.7	2554	253	0.167	0.081
3	S	27.5	-50.0	90.0	-528	27.8	76.7	2513	246	0.158	0.044
4	S	22.0	50.0	0.0	-408	27.8	76.7	2513	246	0.157	0.034

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	24.9	50.0	0.0	-590	-27.8	76.7	2554	252	0.166	0.051
2	S	7.4	50.0	0.0	-56	-41.7	76.7	1700	214	0.125	0.004

**Verifica a taglio**

<b>Materiale</b>			
CALGESTRUZZO classe di resistenza		C32/40	
Resistenza a compressione			
resistenza cubica	<b>Rck</b>	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza cilindrica	<b>fck = 0.83Rck</b>	<b>33.2</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenze di calcolo a compressione del cls			
	<b>fcd = <math>\alpha_{cc} fck / \gamma_c</math></b>	<b>18.81</b>	N/mm <sup>2</sup>
coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	
coeff. parziale di sicurezza relativo al cls	$\gamma_c$	<b>1.5</b>	
<b>ACCIAIO</b>		<b>B450C</b>	
	<b>f<sub>yd</sub> = <math>f_{yk} / \gamma_s</math></b>	<b>391.30</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	<b>450.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
coeff. parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s$	<b>1.15</b>	
<b>Carpenteria sezione rettangolare</b>			
Larghezza membratura resistente a taglio	bw	<b>100</b>	cm
Altezza trave	H=a	<b>85</b>	cm
Copriferro (all'asse della barra)	c'	<b>8.3</b>	cm
Altezza utile	d	<b>76.7</b>	cm
<b>Verifica (4.1.2.1.3.1)</b>			
taglio sollecitante di calcolo allo stato limite ultimo	VEd	<b>114.11</b>	kN
resistenza di calcolo a trazione	$k=1+(200/d)^{0.5} \leq 2$	<b>1.511</b>	
	$v_{min} = 0.035k^{3/2} fck^{1/2}$	<b>0.374</b>	
area dell'armatura longitudinale	A <sub>sl</sub>	<b>26.5</b>	cm <sup>2</sup>
rapporto geometrico di armatura longitudinale [ ≤0.02]	$\rho_l = A_{sl} / (bw * d)$	<b>0.00346</b>	
forza assiale di compressione	NEd	<b>0</b>	kN
tensione media di compressione nella sezione [ ≤0.2fcd]	$\sigma_{cp} = NEd / A_c$	<b>0</b>	N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min} + 0.15\sigma_{cp}$	<b>0.37</b>	N/mm <sup>2</sup>
a	$0.18k (100 \rho_l fck)^{1/3} / \gamma_c$	<b>0.41</b>	N/mm <sup>2</sup>
b	$0.15\sigma_{cp}$	<b>0</b>	N/mm <sup>2</sup>
a+b		<b>0.41</b>	N/mm <sup>2</sup>
	<b>VRd = [a+b]bw*d</b>	<b>313.57</b>	kN
	<b>VRd,min = [vmin+0.15σcp] bw d</b>	<b>287.19</b>	kN
resistenza a taglio	<b>VRd</b>	<b>313.57</b>	kN
misura sicurezza	<b>F = VRd / VEd</b>	<b>2.75</b>	>1
<b>ARMATURA A TAGLIO NON NECESSARIA</b>			

## 9.5 S4 Piedritto – piede

### Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m <sup>2</sup>
1000	850	0.85

### Copriferro

lato	c [mm]
esterno	40
interno	40

### Materiali

Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C32/40
f <sub>yk</sub>	450.0 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>ck</sub>	32.0 N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>M</sub>	1.15 -	R <sub>ck</sub>	40.0 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>yd</sub>	391.3 N/mm <sup>2</sup>	rar	
rara		0.6 f <sub>ck</sub>	19.2 N/mm <sup>2</sup>
0.8f <sub>yk</sub>	360.0 N/mm <sup>2</sup>	qperm	
		0.45 f <sub>ck</sub>	14.4 N/mm <sup>2</sup>

### Armature

Lato esterno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
10	26	5307	83	
		0	83	
Aa,tot =			5307	0.62

Lato interno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
5	26	2653	83	
		0		
Aa,tot =			2653	0.31

### Verifica presso/tenso flessione

#### Verifica Stato Limite Ultimo

Elem	Station	Comb	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
19	0.25	SLV05	305.9	-773.7

M <sub>Rd</sub>	R/E	esito
[kNm]	[-]	
-1586.2	2.04	ok

#### Verifiche Stato Limite d'Esercizio

##### Combinazioni RARE/SLD

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
19	0.25	SLD05	310.14	-568.0

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
5.6	-131.2

E/R	esito
0.29	ok

##### Combinazioni FREQUENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
19	0.50	FREQ04	552.24	-237.4

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
2.6	-25.3

E/R	esito
0.06	ok

w	wlim
[mm]	mm
0.018	0.300

##### Combinazioni QUASI PERMANENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
19	0.25	QPERM02	36364.00	-178.50

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
1.9	-22.1

E/R	esito
0.10	ok

w	wlim
[mm]	mm
0.016	0.200

E/R	esito
0.05	ok

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertza  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica  
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di calcolo fcd : 188.10 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd': 94.05 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec : 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm: 31.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):  
     Sc Limite : 192.00 daN/cm<sup>2</sup>  
     Apert.Fess.Limite : Non prevista  
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):  
     Sc Limite : 192.00 daN/cm<sup>2</sup>  
     Apert.Fess.Limite : 0.400 mm  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):  
     Sc Limite : 144.00 daN/cm<sup>2</sup>  
     Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1  
 Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	85.00
3	50.00	85.00
4	50.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

Scatolare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	66 di 112

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-41.70	8.30	26
2	-41.70	76.70	26
3	41.70	76.70	26
4	41.70	8.30	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	4	3	26
2	2	3	8	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	76111	-29611	0	10	0
2	85066	-33167	0	10	0
3	76111	-31171	0	10	0
4	85066	-34727	0	10	0
5	30586	-75803	0	10	0
6	23199	-72230	0	10	0
7	45834	-39558	0	10	0
8	21211	-27651	0	10	0
9	30586	-77367	0	10	0
10	23199	-73795	0	10	0
11	45834	-41123	0	10	0
12	21211	-29215	0	10	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	55586	-21712	0
2	62219	-24346	0
3	55586	-23012	0
4	62219	-25646	0
5	31014	-55239	0
6	29085	-54306	0
7	37684	-29386	0
8	31255	-26277	0
9	31014	-56804	0
10	29085	-55871	0
11	37684	-30950	0

12            31255            -27841            0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N            Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx           Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
              con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My           Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
              con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	50249	-20943	0
2	55224	-22756	0
3	50249	-21926	0
4	55224	-23740	0

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N            Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx           Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
              con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My           Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
              con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	36364	-16285	0
2	36364	-17850	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver            S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N            Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx           Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My           Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult        Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult       Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult       Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic.     Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e  
(N, Mx, My)

Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	76111	-29611	0	76127	-173523	0	5.638
2	S	85066	-33167	0	85082	-176389	0	5.122
3	S	76111	-31171	0	76127	-173523	0	5.369
4	S	85066	-34727	0	85082	-176389	0	4.902
5	S	30586	-75803	0	30587	-158622	0	2.084
6	S	23199	-72230	0	23192	-156159	0	2.155
7	S	45834	-39558	0	45851	-163671	0	4.071
8	S	21211	-27651	0	21190	-155489	0	5.558
9	S	30586	-77367	0	30587	-158622	0	2.043
10	S	23199	-73795	0	23192	-156159	0	2.110
11	S	45834	-41123	0	45851	-163671	0	3.920
12	S	21211	-29215	0	21190	-155489	0	5.265

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max            Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	68 di 112

ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00575	-50.0	0.0	0.00139	-41.7	8.3	-0.01597	-41.7	76.7
2	0.00350	-0.00549	-50.0	0.0	0.00145	-41.7	8.3	-0.01544	-41.7	76.7
3	0.00350	-0.00575	-50.0	0.0	0.00139	-41.7	8.3	-0.01597	-41.7	76.7
4	0.00350	-0.00549	-50.0	0.0	0.00145	-41.7	8.3	-0.01544	-41.7	76.7
5	0.00350	-0.00718	-50.0	0.0	0.00107	-41.7	8.3	-0.01900	-41.7	76.7
6	0.00350	-0.00744	-50.0	0.0	0.00101	-41.7	8.3	-0.01953	-41.7	76.7
7	0.00350	-0.00667	-50.0	0.0	0.00118	-41.7	8.3	-0.01792	-41.7	76.7
8	0.00350	-0.00751	-50.0	0.0	0.00099	-41.7	8.3	-0.01969	-41.7	76.7
9	0.00350	-0.00718	-50.0	0.0	0.00107	-41.7	8.3	-0.01900	-41.7	76.7
10	0.00350	-0.00744	-50.0	0.0	0.00101	-41.7	8.3	-0.01953	-41.7	76.7
11	0.00350	-0.00667	-50.0	0.0	0.00118	-41.7	8.3	-0.01792	-41.7	76.7
12	0.00350	-0.00751	-50.0	0.0	0.00099	-41.7	8.3	-0.01969	-41.7	76.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000253828	0.003500000		
2	0.000000000	-0.000246917	0.003500000		
3	0.000000000	-0.000253828	0.003500000		
4	0.000000000	-0.000246917	0.003500000		
5	0.000000000	-0.000293291	0.003500000		
6	0.000000000	-0.000300310	0.003500000		
7	0.000000000	-0.000279309	0.003500000		
8	0.000000000	-0.000302307	0.003500000		
9	0.000000000	-0.000293291	0.003500000		
10	0.000000000	-0.000300310	0.003500000		
11	0.000000000	-0.000279309	0.003500000		
12	0.000000000	-0.000302307	0.003500000		

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
 K3 Coeff. (§ B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni  
 Ap.fess. Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
---------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	----	----------

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	69 di 112

1	S	23.9	50.0	0.0	-203	32.4	76.7	1800	203	0.125	0.014
2	S	26.8	50.0	0.0	-229	-23.2	76.7	1800	203	0.125	0.016
3	S	25.2	50.0	0.0	-234	13.9	76.7	1900	205	0.125	0.016
4	S	28.1	50.0	0.0	-259	32.4	76.7	1850	204	0.125	0.018
5	S	54.8	50.0	0.0	-1269	-13.9	76.7	2625	241	0.161	0.104
6	S	53.7	50.0	0.0	-1259	23.2	76.7	2625	242	0.162	0.103
7	S	30.6	50.0	0.0	-512	-32.4	76.7	2450	230	0.149	0.040
8	S	27.2	50.0	0.0	-476	-13.9	76.7	2500	232	0.150	0.038
9	S	56.3	50.0	0.0	-1312	32.4	76.7	2625	242	0.162	0.108
10	S	55.2	50.0	0.0	-1302	-13.9	76.7	2625	242	0.162	0.107
11	S	32.1	50.0	0.0	-554	4.6	76.7	2450	230	0.150	0.043
12	S	28.7	50.0	0.0	-518	32.4	76.7	2500	233	0.152	0.041

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	22.9	50.0	0.0	-214	-4.6	76.7	1900	205	0.125	0.015
2	S	24.9	50.0	0.0	-230	-23.2	76.7	1850	204	0.125	0.016
3	S	23.9	50.0	0.0	-238	23.2	76.7	1950	206	0.125	0.017
4	S	25.9	50.0	0.0	-253	-32.4	76.7	1950	206	0.125	0.018

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	17.7	50.0	0.0	-182	-23.2	76.7	2000	208	0.125	0.013
2	S	19.3	50.0	0.0	-221	-41.7	76.7	2100	212	0.131	0.016

### Verifica a taglio

Materiale			
CALCESTRUZZO classe di resistenza		C32/40	
Resistenza a compressione			
resistenza cubica	<b>Rck</b>	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza cilindrica	<b>fck = 0.83Rck</b>	<b>33.2</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenze di calcolo a compressione del cls			
	<b>fcd = <math>\alpha_{cc} fck / \gamma_c</math></b>	<b>18.81</b>	N/mm <sup>2</sup>
coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	
coeff. parziale di sicurezza relativo al cls	$\gamma_c$	<b>1.5</b>	
ACCIAIO		B450C	
	<b>f<sub>yd</sub> = <math>f_{yk} / \gamma_s</math></b>	<b>391.30</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
coeff. parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s$	1.15	
Carpenteria sezione rettangolare			
Larghezza membratura resistente a taglio	bw	<b>100</b>	cm
Altezza trave	H=a	<b>85</b>	cm
Copriferro (all'asse della barra)	c'	<b>8.3</b>	cm
Altezza utile	d	<b>76.7</b>	cm
Verifica (4.1.2.1.3.1)			
taglio sollecitante di calcolo allo stato limite ultimo	VEd	<b>191.19</b>	kN
resistenza di calcolo a trazione	$k=1+(200/d)^{0.5} \leq 2$	1.511	
	$v_{min} = 0.035k^{3/2} fck^{1/2}$	0.374	
area dell'armatura longitudinale	A <sub>sl</sub>	<b>26.5</b>	cm <sup>2</sup>
rapporto geometrico di armatura longitudinale [ ≤0.02]	$\rho_l = A_{sl} / (bw * d)$	0.00346	
forza assiale di compressione	NEd	<b>0</b>	kN
tensione media di compressione nella sezione [ ≤0.2fcd]	$\sigma_{cp} = NEd / A_c$	0	N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min} + 0.15\sigma_{cp}$	0.37	N/mm <sup>2</sup>
a	$0.18k (100 \rho_l fck)^{1/3} / \gamma_c$	0.41	N/mm <sup>2</sup>
b	0.15 $\sigma_{cp}$	0	N/mm <sup>2</sup>
a+b		0.41	N/mm <sup>2</sup>
	VRd = [a+b]bw*d	313.57	kN
	VRd,min=[v <sub>min</sub> +0.15 $\sigma_{cp}$ ] bw d	287.19	kN
resistenza a taglio	<b>VRd</b>	<b>313.57</b>	kN
misura sicurezza	F = VRd / VEd	1.64	>1
ARMATURA A TAGLIO NON NECESSARIA			

## 9.6 S6 Fondazione – appoggio

Sezione **S1-SOLETTA SUP., APPOGGIO**

### Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m <sup>2</sup>
1000	1000	1.00

### Copriferro

lato	c [mm]
esterno	40
interno	40

### Materiali

Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C28/35
f <sub>yk</sub>	450.0 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>ck</sub>	28.0 N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>M</sub>	1.15 -	R <sub>ck</sub>	35.0 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>yd</sub>	391.3 N/mm <sup>2</sup>	rara	0.6 f <sub>ck</sub> 16.8 N/mm <sup>2</sup>
0.8f <sub>yk</sub>	360.0 N/mm <sup>2</sup>	qperm	0.45 f <sub>ck</sub> 12.6 N/mm <sup>2</sup>

### Armature

Lato esterno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
10	26	5307	83	0.53
		0	83	
Aa,tot =		5307		

Lato interno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
5	26	2653	83	0.27
		0		
Aa,tot =		2653		

### Verifica presso/tenso flessione

#### Verifica Stato Limite Ultimo

Elem	Station	Comb	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
2	0.21	SLV05	196.3	-765.9

M <sub>Rd</sub>	R/E
[kNm]	[-]
-1783.8	2.33

esito

**ok**

#### Verifiche Stato Limite d'Esercizio

##### Combinazioni RARE/SLD

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
2	0.21	SLD05	135.98	-551.3

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
3.9	-126.2

E/R  
esito

0.23  
ok

0.35  
ok

##### Combinazioni FREQUENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
2	0.21	FREQ04	2.25	-169.8

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
1.2	-38.9

E/R  
esito

0.11  
ok

w	wlim
[mm]	mm
0.033	0.300

0.11  
ok

##### Combinazioni QUASI PERMANENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
2	0.21	QPERM02	1528.20	-137.52

σ <sup>+</sup> <sub>cls</sub>	σ <sup>-</sup> <sub>acc</sub>
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
1.0	-31.5

E/R  
esito

0.06  
ok

w	wlim
[mm]	mm
0.027	0.200

0.14  
ok

Scatolare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	72 di 112

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: S6

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C28/35

Resis. compr. di calcolo fcd :	158.60 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	79.30 daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	323080 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm :	27.60 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	168.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	168.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.400 mm
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	126.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu :	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. β1*β2 :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. β1*β2 :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1  
Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	100.00
3	50.00	100.00
4	50.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra	Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X	Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O

Ordinata Y      Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
Diam.            Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-41.70	8.30	26
2	-41.70	91.70	26
3	41.70	91.70	26
4	41.70	8.30	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N.Gen.            Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N.Barra In.      Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
N.Barra Fin.    Numero della barra finale    cui si riferisce la gener.  
N.Barre         Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
Diam.            Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	4	3	26
2	2	3	8	26

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx              Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My              Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy              Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx              Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	-18994	0	10	0
2	0	-21857	0	10	0
3	0	-21300	0	10	0
4	0	-24163	0	10	0
5	0	-74494	0	10	0
6	0	-71936	0	10	0
7	0	-34385	0	10	0
8	0	-25859	0	10	0
9	0	-76592	0	10	0
10	0	-74034	0	10	0
11	0	-36483	0	10	0
12	0	-27957	0	10	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx              Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My              Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	-13927	0
2	0	-16047	0
3	0	-15848	0
4	0	-17969	0
5	0	-53028	0
6	0	-52361	0
7	0	-25079	0
8	0	-22853	0

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	74 di 112

9	0	-55127	0
10	0	-54459	0
11	0	-27177	0
12	0	-24951	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	0	-13292	0
2	0	-14883	0
3	0	-15390	0
4	0	-16981	0

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	0	-11654	0
2	0	-13752	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e

(N, Mx, My)

Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	N	0	-18994	0	0	-178384	0	9.391
2	N	0	-21857	0	0	-178384	0	8.161
3	N	0	-21300	0	0	-178384	0	8.375
4	N	0	-24163	0	0	-178384	0	7.383
5	N	0	-74494	0	0	-178384	0	2.395
6	N	0	-71936	0	0	-178384	0	2.480
7	N	0	-34385	0	0	-178384	0	5.188
8	N	0	-25859	0	0	-178384	0	6.898
9	N	0	-76592	0	0	-178384	0	2.329
10	N	0	-74034	0	0	-178384	0	2.409
11	N	0	-36483	0	0	-178384	0	4.889

12      N            0      -27957            0            0      -178384            0            6.381

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max      Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7      Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max      Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max      Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
ef min      Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xf min      Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yf min      Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
ef max      Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xf max      Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yf max      Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
2	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
3	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
4	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
5	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
6	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
7	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
8	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
9	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
10	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
11	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7
12	0.00350	-0.00916	-50.0	0.0	0.00105	-41.7	8.3	-0.02359	-41.7	91.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a      Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
b      Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
c      Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d      Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)  
C.Rid.      Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
2	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
3	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
4	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
5	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
6	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
7	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
8	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
9	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
10	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
11	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700
12	0.000000000	-0.000295439	0.003500000	0.129	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver      S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max      Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xc max      Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Yc max      Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min      Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xf min      Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Yf min      Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.      Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
D fess.      Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IF0L 00 E 09 CL IV0100 001 A 76 di 112

K3 Coeff. (§ B.6.6.2 Istruz. DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni  
Ap.fess. Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.8	50.0	0.0	-319	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.027
2	S	11.3	50.0	0.0	-367	-4.6	91.7	2625	252	0.182	0.031
3	S	11.1	50.0	0.0	-363	23.2	91.7	2625	252	0.182	0.031
4	S	12.6	50.0	0.0	-411	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.035
5	S	37.3	50.0	0.0	-1214	13.9	91.7	2625	252	0.182	0.104
6	S	36.8	50.0	0.0	-1199	-41.7	91.7	2625	252	0.182	0.103
7	S	17.6	50.0	0.0	-574	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.049
8	S	16.1	50.0	0.0	-523	-41.7	91.7	2625	252	0.182	0.045
9	S	38.7	50.0	0.0	-1262	-13.9	91.7	2625	252	0.182	0.108
10	S	38.3	50.0	0.0	-1247	13.9	91.7	2625	252	0.182	0.107
11	S	19.1	50.0	0.0	-622	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.053
12	S	17.5	50.0	0.0	-571	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.049

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.3	50.0	0.0	-304	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.026
2	S	10.5	50.0	0.0	-341	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.029
3	S	10.8	50.0	0.0	-352	-13.9	91.7	2625	252	0.182	0.030
4	S	11.9	50.0	0.0	-389	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.033

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.2	50.0	0.0	-267	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.023
2	S	9.7	50.0	0.0	-315	32.4	91.7	2625	252	0.182	0.027

### Verifica a taglio

Materiale			
CALCESTRUZZO classe di resistenza		C28/35	
Resistenza a compressione			
resistenza cubica	<b>Rck</b>	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza cilindrica	<b>fck = 0.83Rck</b>	<b>29.05</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenze di calcolo a compressione del cls			
	<b>fcd = <math>\alpha_{cc} fck / \gamma_c</math></b>	<b>16.46</b>	N/mm <sup>2</sup>
coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	
coeff. parziale di sicurezza relativo al cls	$\gamma_c$	<b>1.5</b>	
ACCIAIO		B450C	
	<b>f<sub>yd</sub> = <math>f_{yk} / \gamma_s</math></b>	<b>391.30</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	<b>450.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
coeff. parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s$	<b>1.15</b>	
Carpenteria sezione rettangolare			
Larghezza membratura resistente a taglio	bw	<b>100</b>	cm
Altezza trave	H=a	<b>100</b>	cm
Copriferro (all'asse della barra)	c'	<b>8.3</b>	cm
Altezza utile	d	<b>91.7</b>	cm
Verifica (4.1.2.1.3.1)			
taglio sollecitante di calcolo allo stato limite ultimo	VEd	<b>504.05</b>	kN
resistenza di calcolo a trazione	$k = 1 + (200/d)^{0.5} \leq 2$	<b>1.467</b>	
	$v_{min} = 0.035k^{3/2} fck^{1/2}$	<b>0.335</b>	
area dell'armatura longitudinale	A <sub>sl</sub>	<b>26.5</b>	cm <sup>2</sup>
rapporto geometrico di armatura longitudinale [ ≤0.02 ]	$\rho_l = A_{sl} / (bw * d)$	<b>0.00289</b>	
forza assiale di compressione	NEd	<b>0</b>	kN
tensione media di compressione nella sezione [ ≤0.2fcd ]	$\sigma_{cp} = NEd / A_c$	<b>0</b>	N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min} + 0.15\sigma_{cp}$	<b>0.34</b>	N/mm <sup>2</sup>
a	$0.18k (100 \rho_l fck)^{1/3} / \gamma_c$	<b>0.36</b>	N/mm <sup>2</sup>
b	$0.15\sigma_{cp}$	<b>0</b>	N/mm <sup>2</sup>
a+b		<b>0.36</b>	N/mm <sup>2</sup>
	<b>VRd = [a+b]bw*d</b>	<b>328.09</b>	kN
	<b>VRd,min = [vmin+0.15σcp] bw d</b>	<b>307.37</b>	kN
resistenza a taglio	<b>VRd</b>	<b>328.09</b>	kN
misura sicurezza	$F = VRd / VEd$	<b>0.65</b>	>1
<b>DISPORRE ARMATURA A TAGLIO</b>			

<b>Materiali</b>			
CALCESTRUZZO classe di resistenza		C28/35	
Resistenza a compressione			
resistenza cubica	<b>Rck</b>	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza cilindrica	<b>fck = 0,83Rck</b>	<b>29.05</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenze di calcolo a compressione del cls			
	<b>fcd = <math>\alpha_{cc} fck / \gamma_c</math></b>	<b>16.46</b>	N/mm <sup>2</sup>
coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0.85	
coeff. parziale di sicurezza relativo al cls	$\gamma_c$	1.5	
ACCIAIO		<b>B450C</b>	
	<b>fyd = <math>f_{yk} / \gamma_s</math></b>	<b>391.3</b>	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	450.0	N/mm <sup>2</sup>
coeff. parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s$	1.15	
<b>Carpenteria sezione rettangolare</b>			
Larghezza trave	bw	100	cm
Altezza trave	H	100	cm
Copriferro (all'asse della barra)	c'	8.3	cm
Altezza utile	d	91.7	cm
<b>Armatura trasversale</b>			
Staffe	$\phi_{st}$	14.0	mm
braccia	br	2.50	
passo	s	20.0	cm
<b>Staffatura</b>	<b>S<math>\phi</math></b>	14 / 20x40	
Area staffe / m	Asw / s	19.242	cm <sup>2</sup> /m
<b>Verifica (4.1.2.1.3.2)</b>			
Forzo normale di calcolo di compressione	NEd	0	kN
Taglio di calcolo	VEd	<b>504.1</b>	kN
<b>Verifica del cls d'anima</b>			
Resistenza a <b>TAGLIO COMPRESSIONE</b> del cls d'anima	$VRd = 0.9d b_w \alpha_c fcd (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$	3396.5	kN
angolo inclinazione armatura trasversale - asse trave	$\alpha$	90	°
angolo inclinazione puntoni di cls - asse trave	$\theta$	45	°
resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	$fcd = 0.5fcd$	8.23	N/mm <sup>2</sup>
coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	1.00	
	$ctg\theta$	1.00	
	$\alpha_{cp} = NEd / Ac$	0	N/mm <sup>2</sup>
<b>Verifica dell'armatura trasversale d'anima</b>			
Resistenza a <b>TAGLIO TRAZIONE</b> dell'armat. d'anima	$VRsd = 0.9d Asw/s fyd (ctg\alpha + ctg\theta) \text{ sen}\alpha$	621.42	kN
Resistenza a taglio della trave	$VRd = \min(VRsd, VRcd)$	<b>621.4</b>	kN
misura sicurezza	$F = VRd / VEd$	1.23	>1
VERIFICA SODDISFATTA			

## 9.7 S7 Soletta di fondazione – campata

Sezione **S1 -SOLETTA SUP., APPOGGIO**

### Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m <sup>2</sup>
1000	1000	1.00

### Copriferro

lato	c [mm]
esterno	40
interno	40

### Materiali

Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C28/35
$f_{yk}$	450.0 N/mm <sup>2</sup>	$f_{ck}$	28.0 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$	1.15 -	$R_{ck}$	35.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>	rara	0.6 $f_{ck}$ 16.8 N/mm <sup>2</sup>
rara		qperm	
0.8 $f_{yk}$	360.0 N/mm <sup>2</sup>	0.45 $f_{ck}$	12.6 N/mm <sup>2</sup>

### Armature

Lato esterno				
n	$\phi$	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
5	26	2653	83	
		0	83	
		Aa,tot = 2653		0.27

Lato interno				
n	$\phi$	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm <sup>2</sup>	mm	%
10	26	5307	83	
		0		
		Aa,tot = 5307		0.53

### Verifica presso/tenso flessione

#### Verifica Stato Limite Ultimo

Elem	Station	Comb	$N_{Ed}$	$M_{Ed}$
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
10	0.00	SLU01	-46.8	708.7

$M_{Rd}$	R/E	esito
[kNm]	[-]	
1783.8	2.52	ok

#### Verifiche Stato Limite d'Esercizio

##### Combinazioni RARE/SLD

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
10	0.00	RAR01	-35.66	517.0

$\sigma_{cls}^+$	$\sigma_{acc}^-$
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
3.6	-118.3

E/R  
esito 0.22 ok 0.33 ok

##### Combinazioni FREQUENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
10	0.00	FREQ01	-27.48	467.5

$\sigma_{cls}^+$	$\sigma_{acc}^-$
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
3.3	-107.0

E/R  
esito 0.31 ok

w	wlim
[mm]	mm
0.092	0.300

0.31  
ok

##### Combinazioni QUASI PERMANENTI

Elem	Station	Comb	N	M
-	m	[-]	[kN]	[kNm]
10	0.00	QPERM01	-796.00	317.46

$\sigma_{cls}^+$	$\sigma_{acc}^-$
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
2.2	-72.7

E/R  
esito 0.13 ok

w	wlim
[mm]	mm
0.062	0.200

0.31  
ok

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	80 di 112

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica  
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CONGLOMERATO - Classe: C28/35**

Resis. compr. di calcolo fcd :	158.60 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	79.30 daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	323080 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm:	27.60 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	168.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	168.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.400 mm
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	126.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.300 mm

**ACCIAIO - Tipo: B450C**

Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

DOMINIO N° 1  
 Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	100.00
3	50.00	100.00
4	50.00	0.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra	Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X	Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Ordinata Y	Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam.	Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
---------	---------------	----------------	------------

1	-41.70	8.30	26
2	-41.70	91.70	26
3	41.70	91.70	26
4	41.70	8.30	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam. Ø, mm
1	1	4	8	26
2	2	3	3	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	70865	0	10	0
2	0	69794	0	10	0
3	0	69622	0	10	0
4	0	68550	0	10	0
5	0	35460	0	10	0
6	0	28031	0	10	0
7	0	44128	0	10	0
8	0	19364	0	10	0
9	0	34329	0	10	0
10	0	26899	0	10	0
11	0	42996	0	10	0
12	0	18232	0	10	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	0	51699	0
2	0	50905	0
3	0	50663	0
4	0	49869	0
5	0	32716	0
6	0	30776	0
7	0	34979	0
8	0	28513	0
9	0	31584	0
10	0	29644	0
11	0	33847	0
12	0	27381	0

Scatolare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	82 di 112

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	46747	0
2	0	46151	0
3	0	45615	0
4	0	45020	0

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	31746	0
2	0	30614	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e  
(N, Mx, My)

Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	70865	0	0	178384	0	2.517
2	S	0	69794	0	0	178384	0	2.556
3	S	0	69622	0	0	178384	0	2.562
4	S	0	68550	0	0	178384	0	2.602
5	S	0	35460	0	0	178384	0	5.031
6	S	0	28031	0	0	178384	0	6.364
7	S	0	44128	0	0	178384	0	4.042
8	S	0	19364	0	0	178384	0	9.212
9	S	0	34329	0	0	178384	0	5.196
10	S	0	26899	0	0	178384	0	6.632
11	S	0	42996	0	0	178384	0	4.149
12	S	0	18232	0	0	178384	0	9.784

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
2	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
3	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
4	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
5	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
6	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
7	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
8	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
9	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
10	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
11	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3
12	0.00350	-0.00916	-50.0	100.0	0.00105	-41.7	91.7	-0.02359	-41.7	8.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
2	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
3	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
4	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
5	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
6	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
7	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
8	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
9	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
10	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
11	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700
12	0.000000000	0.000295439	-0.026043892	0.129	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
 K3 Coeff.(§ B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni  
 Ap.fess. Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
---------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	----	----------

Scalare rampe - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	84 di 112

1	S	36.3	-50.0	100.0	-1183	-32.4	8.3	2625	252	0.182	0.101
2	S	35.8	-50.0	100.0	-1165	-13.9	8.3	2625	252	0.182	0.100
3	S	35.6	-50.0	100.0	-1160	-23.2	8.3	2625	252	0.182	0.099
4	S	35.0	-50.0	100.0	-1142	-23.2	8.3	2625	252	0.182	0.098
5	S	23.0	-50.0	100.0	-749	-32.4	8.3	2625	252	0.182	0.064
6	S	21.6	-50.0	100.0	-704	-32.4	8.3	2625	252	0.182	0.060
7	S	24.6	-50.0	100.0	-801	-32.4	8.3	2625	252	0.182	0.069
8	S	20.0	-50.0	100.0	-653	-4.6	8.3	2625	252	0.182	0.056
9	S	22.2	-50.0	100.0	-723	-41.7	8.3	2625	252	0.182	0.062
10	S	20.8	-50.0	100.0	-679	-32.4	8.3	2625	252	0.182	0.058
11	S	23.8	-50.0	100.0	-775	-4.6	8.3	2625	252	0.182	0.066
12	S	19.2	-50.0	100.0	-627	-4.6	8.3	2625	252	0.182	0.054

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	32.8	-50.0	100.0	-1070	-41.7	8.3	2625	252	0.182	0.092
2	S	32.4	-50.0	100.0	-1056	-32.4	8.3	2625	252	0.182	0.091
3	S	32.1	-50.0	100.0	-1044	-13.9	8.3	2625	252	0.182	0.089
4	S	31.6	-50.0	100.0	-1031	-13.9	8.3	2625	252	0.182	0.088

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	22.3	-50.0	100.0	-727	-4.6	8.3	2625	252	0.182	0.062
2	S	21.5	-50.0	100.0	-701	-4.6	8.3	2625	252	0.182	0.060



COEFFICIENTI PARZIALI DM 2008

	CPS	CPNS	W	NEVE
$\gamma$	1,3	1,5	1,5	1,5
$\psi_0$			0,6	0,5

Riferimento: piano verticale trasversale rispetto all'asse stradale

CARICHI INCASTRO PALO

	N (daN)	Tt (daN)	Tl (daN)	Mt (daNm)	Ml (daNm)	Mz (daNm)
SLU1	210	125	0	688	0	0
SLU2	244	75	0	572	0	0
TA	178	83	0	518	0	0

SLU1: VENTO AZIONE VARIABILE DOMINANTE

SLU2: NEVE AZIONE VARIABILE DOMINANTE

TA: TENSIONI AMMISSIBILI (COEFFICIENTI PARZIALI UNITARI)

N = azioni verticali

Tt = azioni orizzontali trasversali perpendicolari all'asse stradale

Tl = azioni orizzontali longitudinali parallele all'asse stradale

Mt = momento flettente trasversale avente asse parallelo all'asse stradale

Ml = momento flettente longitudinale avente asse perpendicolare all'asse stradale

Mz = momento torcente avente asse verticale (parallelo al palo)

Combinazioni di carico

SLU1      Linear Add No      Linear Static DEAD      0.9

SLU1		Linear Static	folla	0
SLU1		Linear Static	rete antilancio	0.9
SLU1		Linear Static	veletta	0.9
SLU1		Linear Static	palo-SLU1-	1
SLU1		Linear Static	vento	-1.5
SLU2	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU2		Linear Static	folla	1.5
SLU2		Linear Static	rete antilancio	1.5
SLU2		Linear Static	veletta	1.5
SLU2		Linear Static	vento	0.9
SLU2		Linear Static	palo-SLU1+	1
SLU3	Linear Add No	Linear Static	DEAD	0.9
SLU3		Linear Static	folla	0
SLU3		Linear Static	rete antilancio	0.9
SLU3		Linear Static	veletta	0.9
SLU3		Linear Static	palo-SLU2-	1
SLU3		Linear Static	vento	-1.5
SLU4	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU4		Linear Static	folla	1.5
SLU4		Linear Static	rete antilancio	1.5
SLU4		Linear Static	veletta	1.5
SLU4		Linear Static	palo-SLU2+	0.9
SLU4		Linear Static	vento	1
SLE-	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1
SLE-		Linear Static	folla	0
SLE-		Linear Static	rete antilancio	1
SLE-		Linear Static	veletta	1
SLE-		Linear Static	palo-TA-	1
SLE-		Linear Static	vento	1
SLE+	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1
SLE+		Linear Static	folla	1
SLE+		Linear Static	rete antilancio	1
SLE+		Linear Static	veletta	1
SLE+		Linear Static	palo-TA+	1
SLE+		Linear Static	vento	-0.6

## Verifiche

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	0	SLU1	Combination	0	-27.15	0	0	0	-22.06
1	0	SLU2	Combination	0	-55.25	0	0	0	-72.22
1	0	SLU3	Combination	0	-27.487	0	0	0	-23.90
1	0	SLU4	Combination	0	-55.341	0	0	0	-70.93
1	0	SLE-	Combination	0	-29.61	0	0	0	-32.54
1	0	SLE+	Combination	0	-39.61	0	0	0	-48.9

La sbalzo è armato con  $\Phi 20/20$

### Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertza
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40

Resis. compr. di calcolo fcd :	188.10 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	94.05 daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	336430 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.400 mm
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	144.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta 1 \cdot \beta 2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. $\beta 1 \cdot \beta 2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	48.00
3	50.00	48.00
4	50.00	0.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-42.40	7.60	20
2	-42.40	40.40	20
3	42.40	40.40	20
4	42.40	7.60	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	4	3	20
2	2	3	3	20

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	-7222	0	10	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	-4890	0

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	0	-4890	0

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	0	-4890	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 19.2 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.8 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	-7222	0	0	-24813	0	3.436

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N. Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00854	-50.0	0.0	-0.00095	-42.4	7.6	-0.02014	42.4	40.4

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.

x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000585137	0.003500000	0.148	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
 Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
 K3 Coeff. (§ B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni  
 Ap.fess. Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	21.5	50.0	0.0	-859	21.2	40.4	1838	303	0.138	0.088

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	21.5	50.0	0.0	-859	21.2	40.4	1838	303	0.138	0.088

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	21.5	50.0	0.0	-859	21.2	40.4	1838	303	0.138	0.088

## 9.9 Armatura longitudinale

Per l'armatura longitudinale è stato adottato un valore minimo pari al 20% dell'armatura trasversale.

## 10. CONFRONTO MODELLI DI CALCOLO

Gli elementi scatolari che compongono le rampe del cavalcavia presentano dimensioni variabili in altezza e larghezza lungo il tracciato. Le verifiche sono state condotte con riferimento ad una sezione di calcolo estendendo i risultati, ritenuti rappresentativi, a tutte le diverse configurazioni geometriche presenti lungo lo sviluppo delle rampe. La sezione analizzata è quella con larghezza massima posta in corrispondenza della curva (*sezione 8*).

Per dare evidenza della rappresentatività del modello di riferimento, di seguito vengono esposti i risultati, in termini di sollecitazioni, di due modelli che rappresentano le condizioni “limite”:

- ✓ *sezione 5A*, sezione con la massima larghezza e minima altezza;
- ✓ *sezione 11A*, sezione con massima altezza.

### 10.1 Risultati modelli

Nei sottoparagrafi a seguire si riportano i risultati dei diversi modelli in termini di sollecitazioni relative agli involucri delle combinazioni allo *SLU*, delle combinazioni allo *SLE Frequenti* e combinazioni *SLE Quasi-Permanenti*. Per ciascun elemento strutturale, *piedritti* (PD), *soletta superiore* (SS), *soletta inferiore* (SI), vengono riportati i risultati relativi ai valori massimo e minimo del momento flettente dei diversi involucri. Per l'involucro delle combinazioni SLU si riportano inoltre i risultati relativi ai valori massimo e minimo del taglio.

Le immagini sono riferite alle condizioni più gravose riscontrate e sono riportate principalmente per evidenziare l'andamento dei diagrammi delle sollecitazioni. Per una più esauriente esposizione dei risultati occorre far riferimento ai valori riportati nelle tabelle.

### 10.1.1 Sollecitazioni modello sezione 8

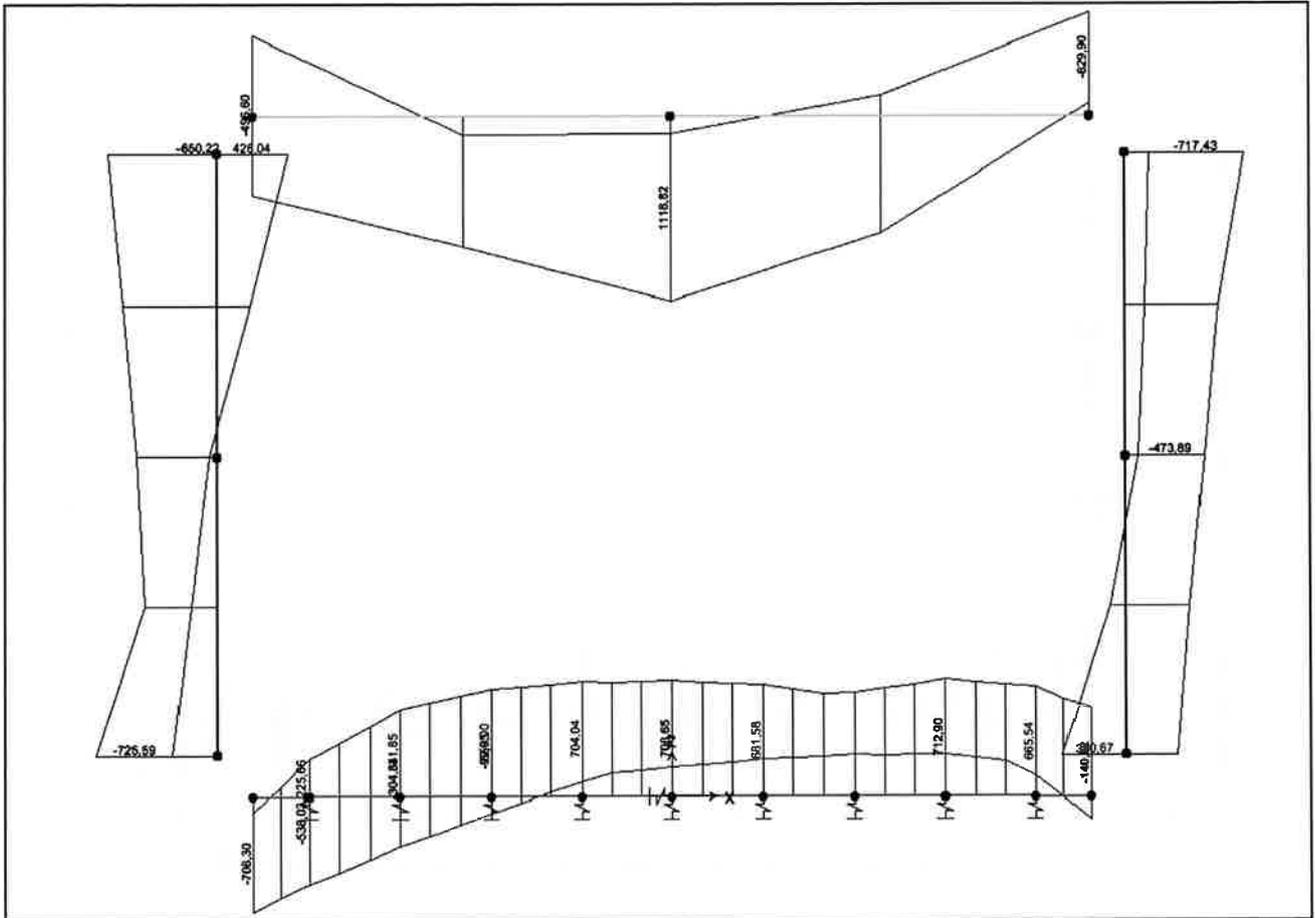


Figura 21 – Diagramma di involuppo del momento flettente  $M_3$  per le combinazioni allo SLU

Scalare rampe – Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	94 di 112

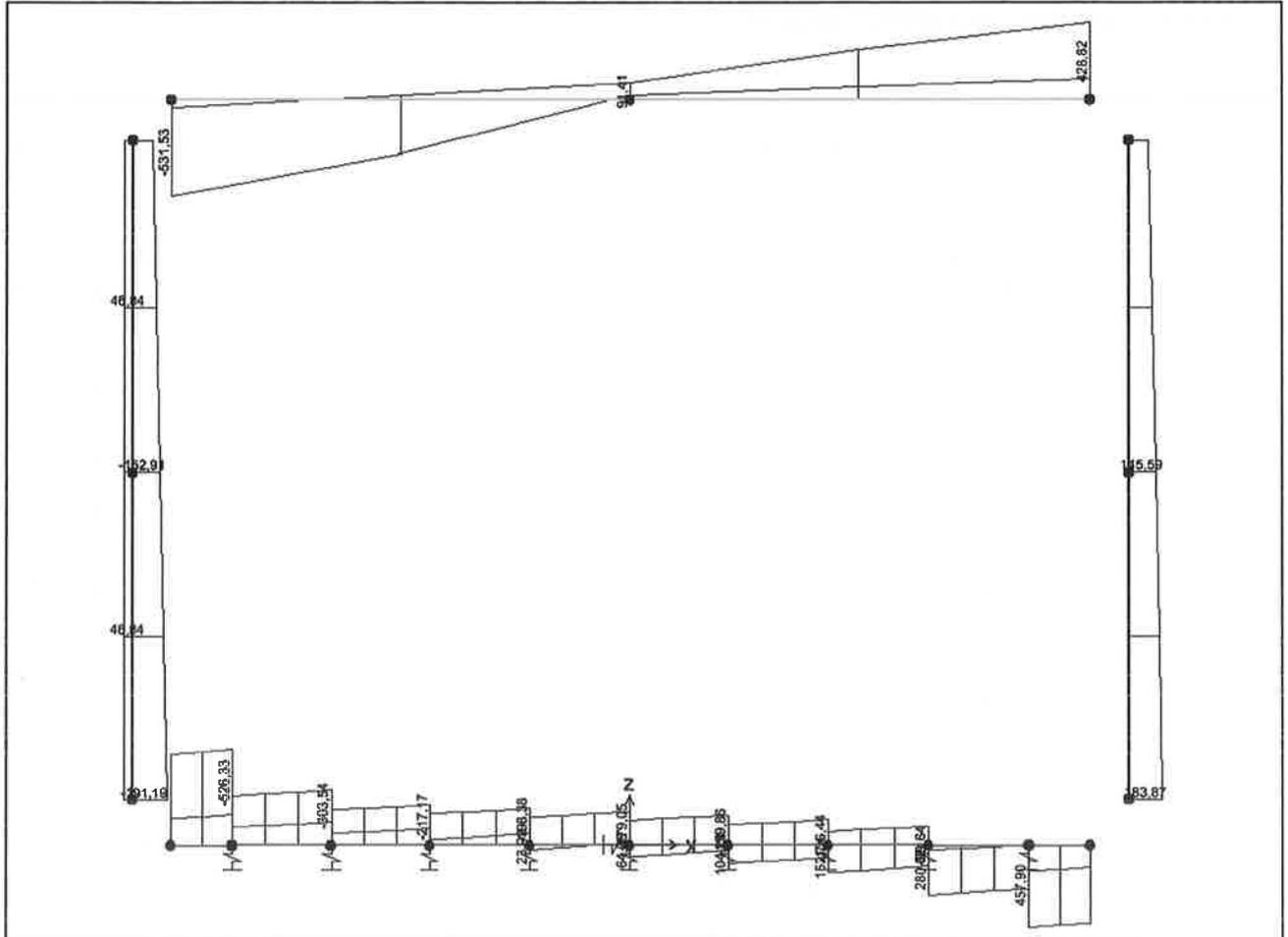


Figura 22 – Diagramma di involuppo del taglio V2 per le combinazioni allo SLU

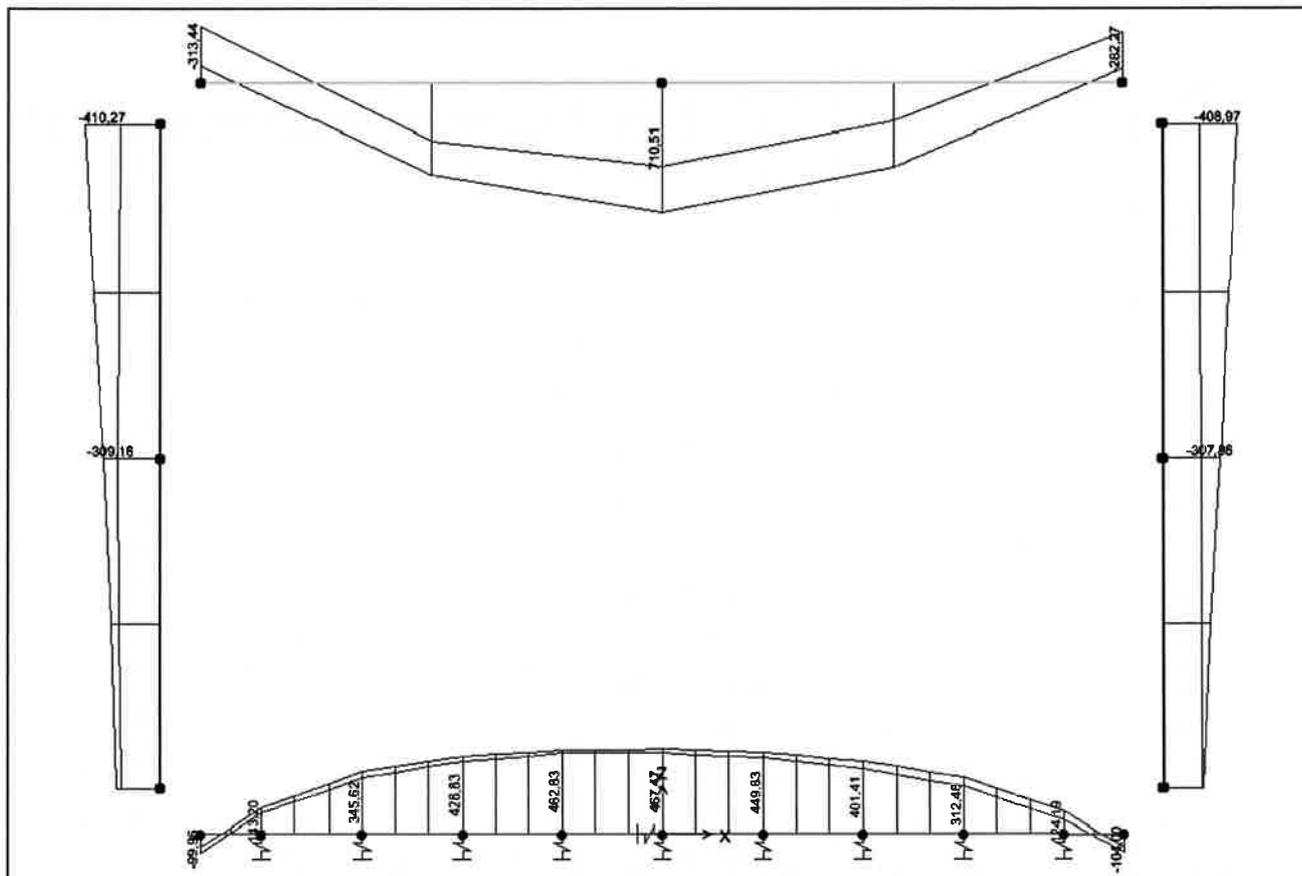


Figura 23 – Diagramma di involucro del momento flettente  $M_3$  per le combinazioni allo SLE Frequente

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
PD01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-843	-191	0	0	0	-726
PD02	3,68	env_SLU-SLV	Combination	Max	-88	47	0	0	0	426
PD01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-843	-191	0	0	0	-726
PD03	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	-259	184	0	0	0	381
PD02	3,68	env_FREQ	Combination	Min	-397	-2	0	0	0	-410
PD04	3,68	env_FREQ	Combination	Max	-270	27	0	0	0	-199
PD04	3,68	env_QPERM	Combination	Min	-196	-15	0	0	0	-228
PD02	3,68	env_QPERM	Combination	Max	-203	8	0	0	0	-63
SS02	5	env_SLU-SLV	Combination	Min	-95	117	0	0	0	-630
SS02	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	16	91	0	0	0	1119
SS01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-47	-532	0	0	0	-497
SS02	5	env_SLU-SLV	Combination	Max	-3	429	0	0	0	-82
SS01	0	env_FREQ	Combination	Min	-27	-330	0	0	0	-313
SS02	0	env_FREQ	Combination	Max	2	31	0	0	0	711
SS01	0	env_QPERM	Combination	Min	-8	-155	0	0	0	-179
SS02	0	env_QPERM	Combination	Max	15	-3	0	0	0	387
SI01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-196	-504	0	0	0	-708
SI09	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	189	280	0	0	0	713
SI01	0,66	env_SLU-SLV	Combination	Min	-196	-526	0	0	0	-538
SI10	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	189	458	0	0	0	666
SI10	0,66	env_FREQ	Combination	Min	-2	267	0	0	0	-104
SI06	0	env_FREQ	Combination	Max	27	42	0	0	0	467
SI10	0,66	env_QPERM	Combination	Min	-15	214	0	0	0	-98
SI06	0	env_QPERM	Combination	Max	8	25	0	0	0	317



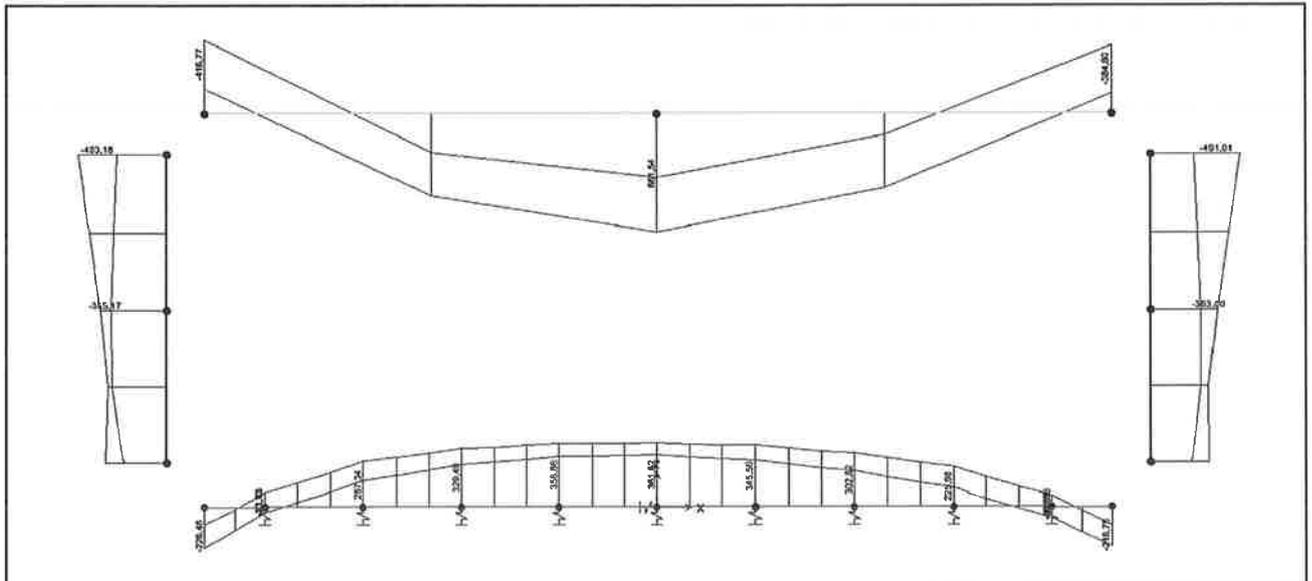


Figura 26 – Diagramma di involuppo del momento flettente  $M_3$  per le combinazioni allo SLE Frequente

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
PD02	1,755	env_SLU-SLV	Combination	Min	-636	-142	0	0	0	-779
PD02	1,755	env_SLU-SLV	Combination	Max	-121	118	0	0	0	138
PD02	1,755	env_FREQ	Combination	Min	-398	-19	0	0	0	-493
PD03	0	env_FREQ	Combination	Max	-343	73	0	0	0	-224
PD04	1,755	env_QPERM	Combination	Min	-197	-43	0	0	0	-282
PD02	1,755	env_QPERM	Combination	Max	-203	36	0	0	0	-84
PD01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-735	-179	0	0	0	-508
PD03	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	-190	172	0	0	0	68
SS01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-118	-534	0	0	0	-657
SS02	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	47	54	0	0	0	1031
SS01	0	env_FREQ	Combination	Min	-73	-332	0	0	0	-417
SS02	0	env_FREQ	Combination	Max	19	30	0	0	0	662
SS01	0	env_QPERM	Combination	Min	-36	-155	0	0	0	-242
SS02	0	env_QPERM	Combination	Max	43	-3	0	0	0	377
SS01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-118	-534	0	0	0	-657
SS02	5	env_SLU-SLV	Combination	Max	21	429	0	0	0	1
SI01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-184	-458	0	0	0	-460
SI06	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	177	64	0	0	0	557
SI01	0	env_FREQ	Combination	Min	-19	-296	0	0	0	-226
SI06	0	env_FREQ	Combination	Max	73	42	0	0	0	362
SI10	0,66	env_QPERM	Combination	Min	-43	164	0	0	0	-188
SI06	0	env_QPERM	Combination	Max	36	25	0	0	0	231
SI01	0,66	env_SLU-SLV	Combination	Min	-184	-480	0	0	0	-319
SI10	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	177	410	0	0	0	304

### 10.1.3 Sollecitazioni modello sezione 11A

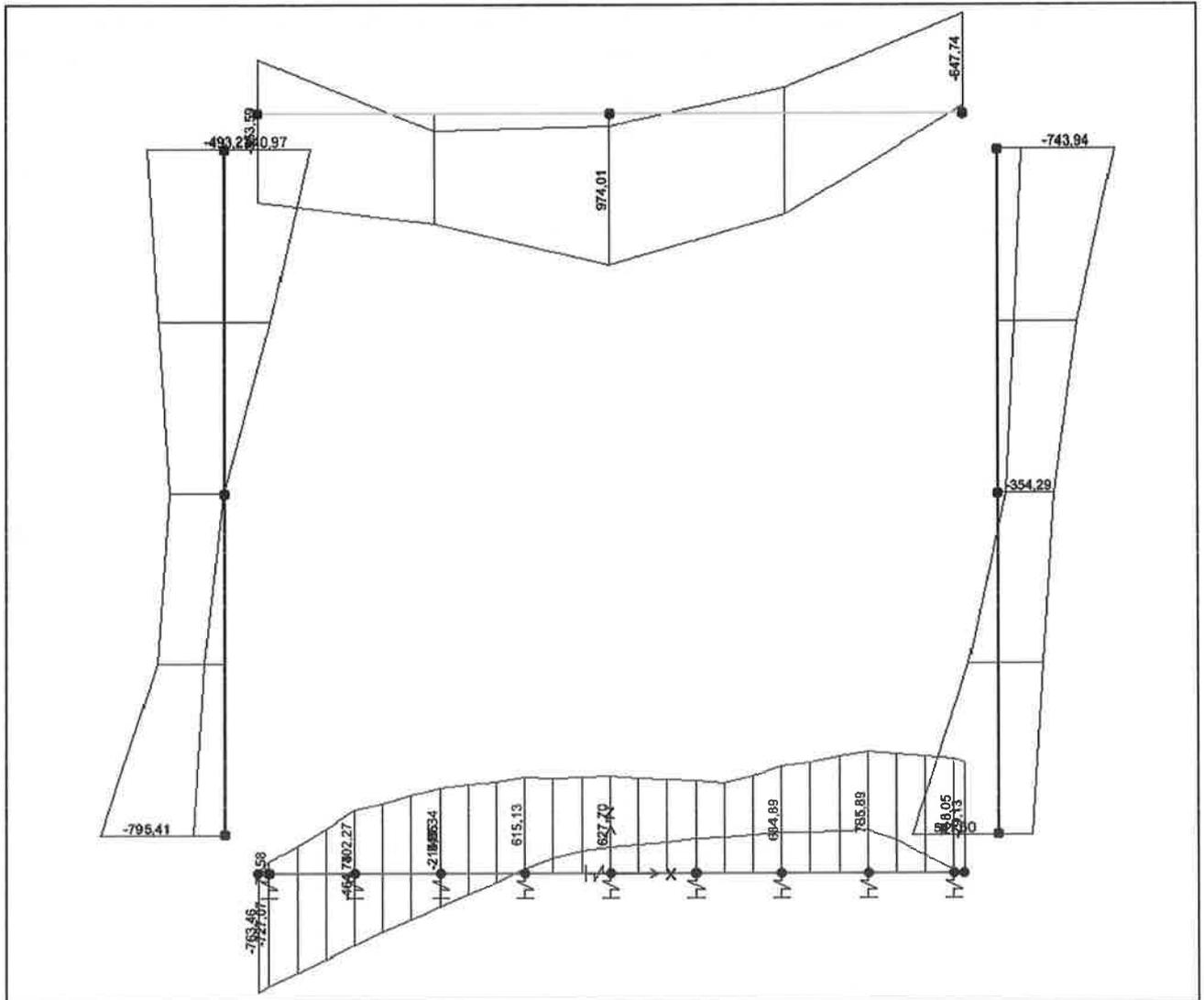


Figura 27 – Diagramma di involuppo del momento flettente  $M_3$  per le combinazioni allo SLU

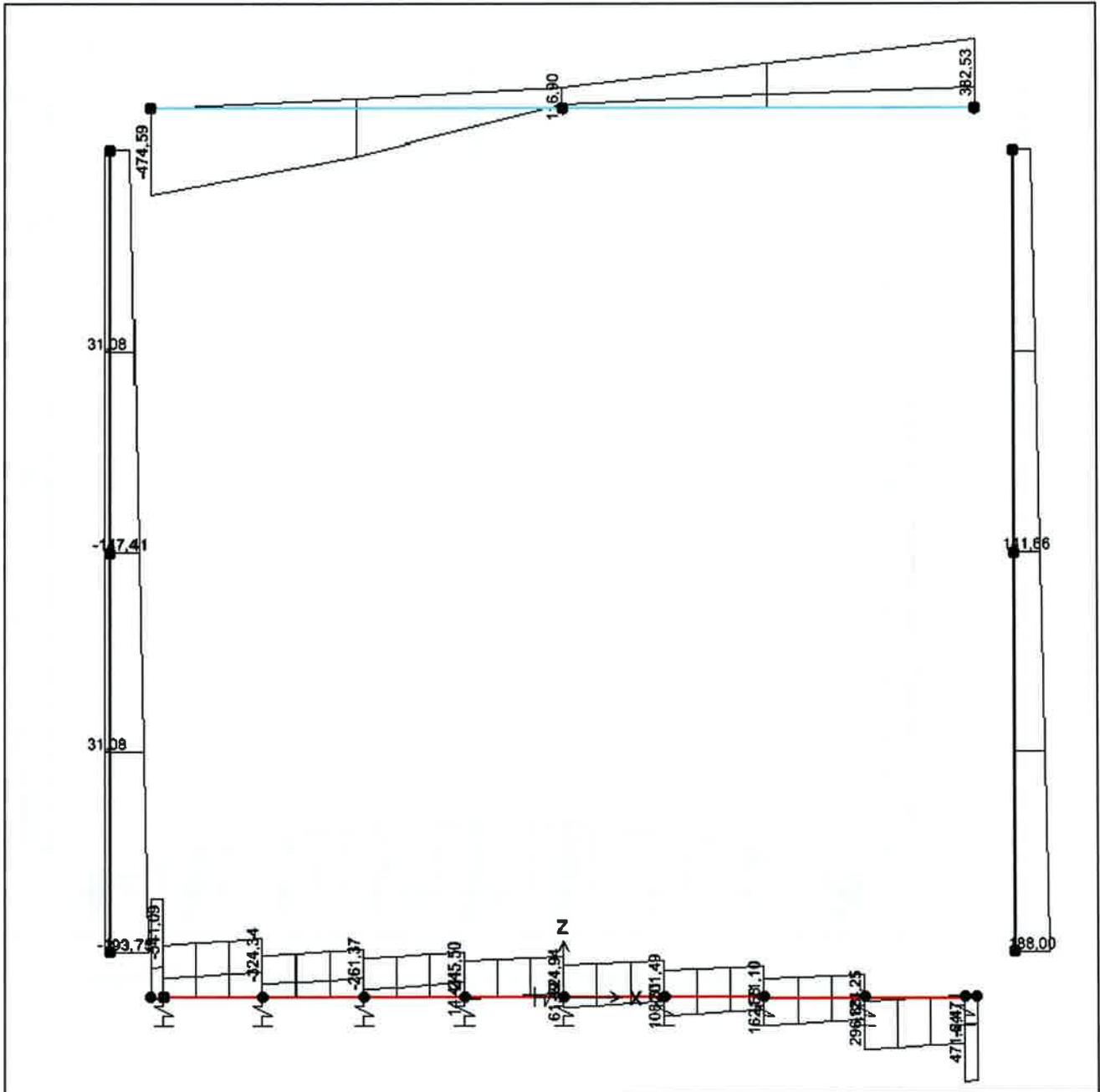


Figura 28 – Diagramma di involuppo del taglio V2 per le combinazioni allo SLU

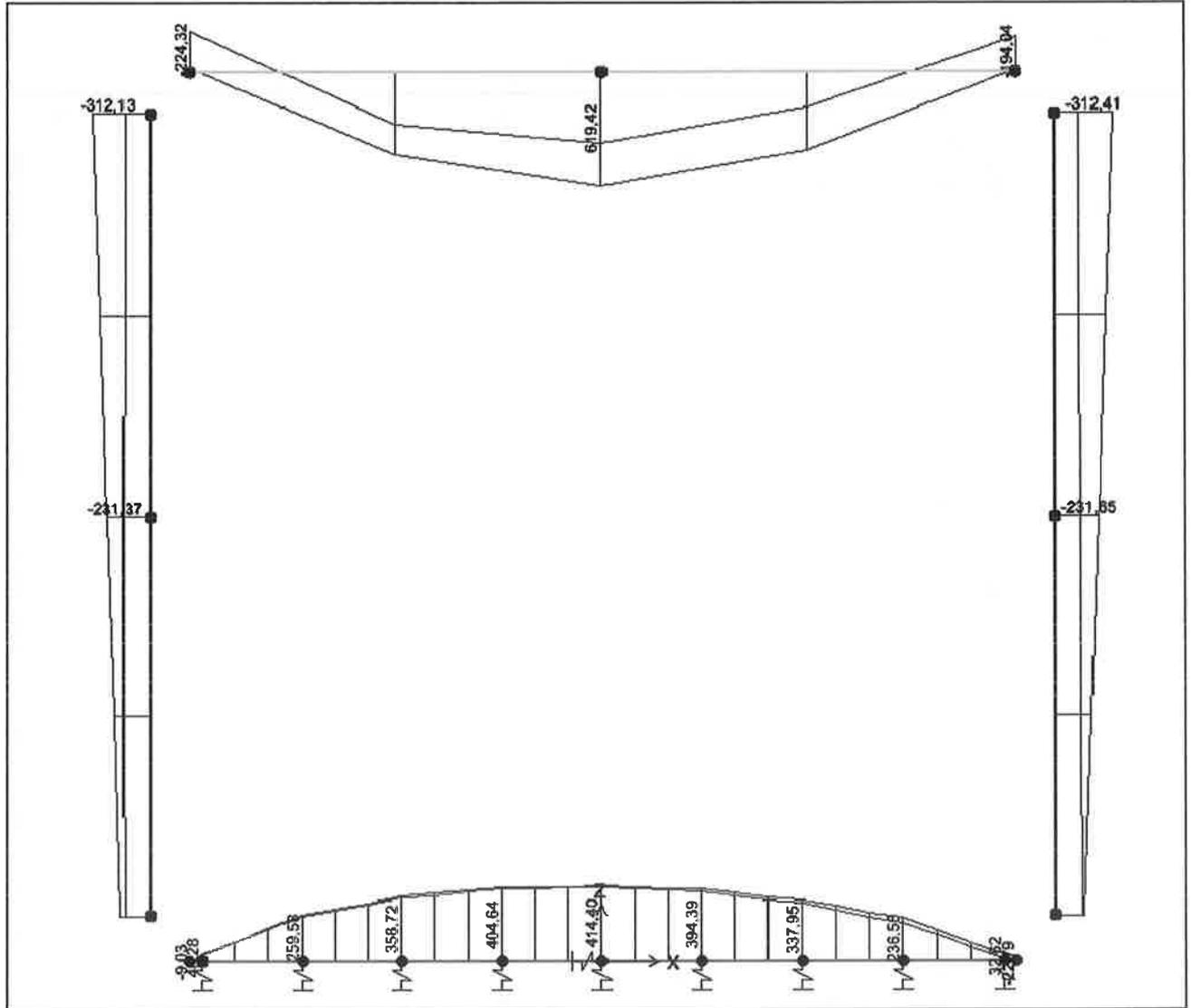


Figura 29 – Diagramma di involucro del momento flettente  $M_3$  per le combinazioni allo SLE Frequente

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
PD01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-830	-194	0	0	0	-795
PD03	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	-278	188	0	0	0	542
PD04	4,445	env_FREQ	Combination	Min	-291	-2	0	0	0	-312
PD04	4,445	env_FREQ	Combination	Max	-247	18	0	0	0	-125
PD04	4,445	env_QPERM	Combination	Min	-180	-11	0	0	0	-180
PD02	4,445	env_QPERM	Combination	Max	-187	5	0	0	0	-23
PD01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-830	-194	0	0	0	-795
PD03	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	-278	188	0	0	0	542
SS02	4,47	env_SLU-SLV	Combination	Min	-83	114	0	0	0	-648
SS02	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	11	117	0	0	0	974
SS01	0	env_FREQ	Combination	Min	-18	-295	0	0	0	-224
SS02	0	env_FREQ	Combination	Max	2	28	0	0	0	619
SS01	0	env_QPERM	Combination	Min	-5	-139	0	0	0	-136
SS02	0	env_QPERM	Combination	Max	11	-4	0	0	0	342
SS01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-31	-475	0	0	0	-354
SS02	4,47	env_SLU-SLV	Combination	Max	-2	383	0	0	0	-51
SI01	0	env_SLU-SLV	Combination	Min	-199	-537	0	0	0	-763
SI09	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	193	297	0	0	0	786
SI10	0,13	env_FREQ	Combination	Min	-2	293	0	0	0	-23
SI06	0	env_FREQ	Combination	Max	18	41	0	0	0	414
SI10	0,13	env_QPERM	Combination	Min	-11	243	0	0	0	-30
SI06	0	env_QPERM	Combination	Max	5	27	0	0	0	289
SI01	0,13	env_SLU-SLV	Combination	Min	-199	-541	0	0	0	-727
SI10	0	env_SLU-SLV	Combination	Max	193	472	0	0	0	738

## 10.2 Conclusioni

Le verifiche strutturali degli elementi scatolari sono state condotte con riferimento ad una sezione di calcolo: la sezione analizzata è quella con larghezza massima posta in corrispondenza della curva (*sezione 8*).

A convalida della scelta effettuata, si è proceduto con un'analisi di sensibilità atta a mostrare l'andamento dei risultati con la variazione geometrica in larghezza ed altezza, tutto ciò al fine di dare evidenza della rappresentatività del modello di riferimento nei confronti dell'intero sviluppo delle rampe scatolari.

A tal proposito sono state condotte analisi su due modelli che rappresentano le condizioni "limite", in termini geometrici, delle rampe scatolari:

- ✓ *sezione 5A*, sezione con la massima larghezza e minima altezza;
- ✓ *sezione 11A*, sezione con massima altezza.

Come si può evincere dai valori riportati nelle tabelle dei paragrafi precedenti, i risultati dei due modelli (*sezione 5A* e *sezione 11A*) hanno evidenziato degli scostamenti rispetto al modello di calcolo di riferimento (*sezione 8*) mediamente pari a circa il 20%÷30%.

Nello specifico il modello *sezione 5A* è risultato più gravoso in condizioni statiche nelle sezioni di incastro delle solette e dei piedritti, mentre il modello *sezione 11A* è risultato più gravoso in condizioni sismiche per i piedritti e per il solettone di fondazione.

D'altra parte i coefficienti di sicurezza di tutte le verifiche esposte nei precedenti paragrafi, per ciascun elemento strutturale, evidenziano coefficienti di sicurezza che coprono ampiamente tali discostamenti (coefficienti di sicurezza prossimi a 2.0).

Per i motivi sopra esposti, si ritiene dunque che il modello di calcolo *sezione 8* interpreti con adeguata approssimazione la variabilità geometrica della struttura scatolare e che le verifiche condotte sulla base delle sollecitazioni che da questo derivano siano valide per tutto lo sviluppo delle rampe scatolari.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI</p>												
<p>Scatolare rampe – Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF0L</td> <td>00 E 09</td> <td>CL</td> <td>IV0100 001</td> <td>A</td> <td>105 di 112</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	105 di 112
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	105 di 112								

## 11. VERIFICHE GEOTECNICHE

### 11.1 Cedimenti

I cedimenti sono stati valutati attraverso l'utilizzo della teoria dell'elasticità facendo ricorso alla teoria del semispazio elastico omogeneo ed isotropo. Con tale analisi si viene a concentrare l'attenzione esclusivamente sul terreno di fondazione e della struttura in elevazione, schematizzate attraverso la distribuzione di carichi applicati sulla superficie imposta.

In tal modo è possibile definire in ogni punto del sottosuolo e per un previsto schema di carico i valori delle corrispondenti tensioni indotte calcolate attraverso la formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974) relativa a una fondazione rettangolare.

Con tale modello le espressioni delle tensioni indotte dal singolo corpo di carico sono:

$$\Delta\sigma_z = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z/R_3)(1/R_1^2 + 1/R_2^2)$$

$$\Delta\sigma_x = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_1^2)$$

$$\Delta\sigma_y = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_2^2)$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{ot} = \Sigma\delta_i = \Sigma(((\Delta\sigma_z - \nu_i(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y))\Delta z_i / E_i)$$

Ricavato ad ogni profondità  $z$  il valore di  $\Delta\sigma_z$  è possibile ricavare il corrispondente valore di  $\varepsilon_z$  come rapporto tra il sovraccarico netto e il modulo edometrico.

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta\sigma_z}{E_{ed}}$$

Suddividendo il terreno di fondazione in strati di spessore finito è possibile valutare il valore del cedimento dello strato  $i$ -mo attraverso l'espressione:

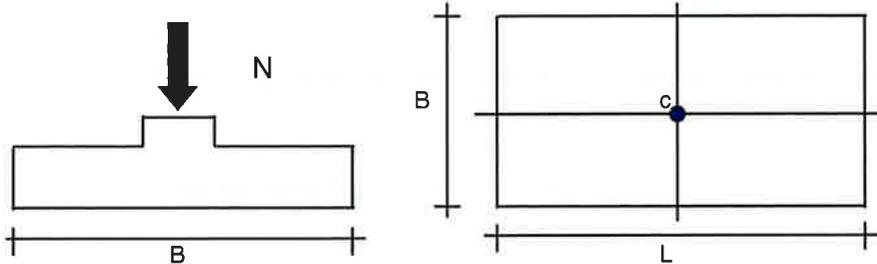
$$\delta z_i = \varepsilon_{z_i} \Delta z_i$$

Il cedimento complessivo sarà pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati e quindi pari a:

$$\delta z_j = \sum_i \delta z_i = \sum_i \varepsilon_i \Delta z_i$$

Se il sottosuolo è composto da n strati il cedimento complessivo è pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati:

$$\delta_{tot} = \sum_j \delta z_j$$



**Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis: 1974)**

$$\Delta\sigma_{zi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z/R_3)(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3R_1^2))$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3R_2^2))$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{ot} = \Sigma\delta_i = \Sigma(((\Delta\sigma_{zi} - \nu_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i/E_i)$$

**DATI DI INPUT:**

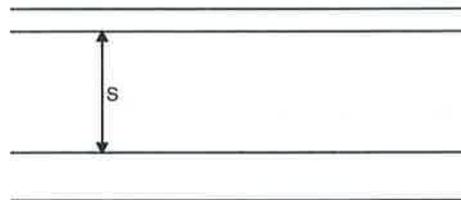
B = 10.85 (m) (Larghezza della Fondazione)  
L = 20.00 (m) (Lunghezza della Fondazione)  
N = 14507 (kN) (Carico Verticale Agente) 5534  
q = 66.85 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B\*L)))  
ns = 3 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z <sub>i</sub>	a z <sub>i+1</sub>	Δz <sub>i</sub>	E	ν	δ <sub>ci</sub>
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	limi sabbiosi	2.50	0.0	2.5	1.0	8000	0.25	1.07
2	tufo	2.00	2.5	4.5	1.0	50000	0.25	0.19
3	sabbie limose	15.00	4.5	19.5	1.0	30000	0.25	1.27
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0	1.0			-

$$\delta_{ctot} = 2.52 \text{ (cm)}$$

Considerando la natura dei terreni, i cedimenti si verificano a breve termine. Tuttavia stimando cautelativamente i cedimenti nell'ipotesi di terreno coesivo, con un coefficiente di consolidazione che da letteratura, per tali tipi di terreni risulta dell'ordine di  $5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , si verifica immediatamente un cedimento di circa 1.5 cm e il restante centimetro si azzerà nell'arco di 6/7 mesi.

**DECORSO DEI CEDIMENTI DI CONSOLIDAZIONE**



**Formulazione Teorica (Lancellotta: 1987)**

$$U_m = (4Tv\pi)^{0.5} / ((1 + (4Tv\pi)^{2.6})^{0.179})$$

$$Tv = ((\pi/4)(U_m)^2 / (1 - (U_m)^{5.6})^{0.357})$$

$$Tv = cv \cdot t / h^2$$

$$U_m = \delta_t / \delta_{1max}$$

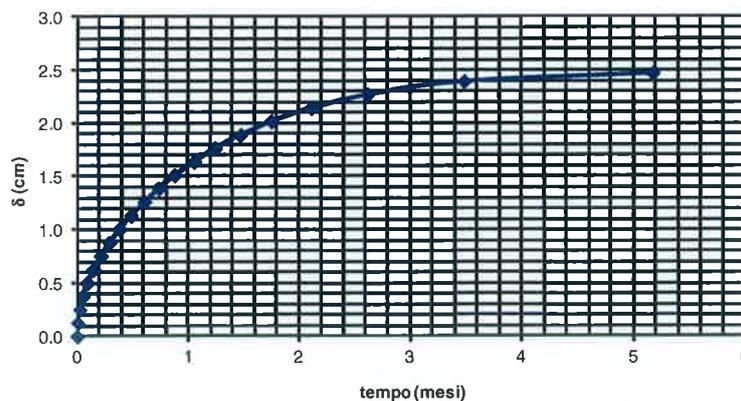
**DATI DI INPUT:**

$\delta_{1max} = 2.52$  (cm) (Cedimento massimo)

$h = 2.00$  (m) (Massimo Percorso di Drenaggio)

$cv = 5.00 \cdot E-07$  ( $\text{m}^2/\text{sec}$ ) (Coeff. di Consolidazione)

**Andamento del Cedimento nel Tempo**



$t = 6$  (mesi)     $U_m = 98.5$  (%)     $\delta_t = 2.48$  (cm)

## 11.2 Carico limite combinazione A2+M2+R2

### Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_b$  = Eccentricità in direzione B ( $e_b = Mb/N$ )

$e_l$  = Eccentricità in direzione L ( $e_l = MI/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_l = 0$ ;  $L^* = L$ )

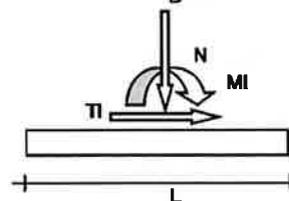
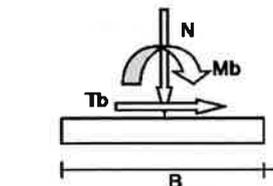
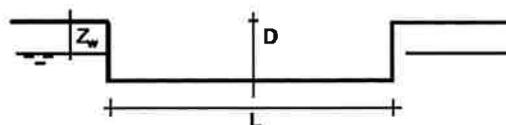
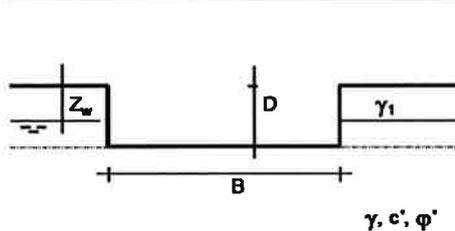
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_b$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_l$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

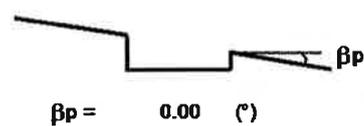
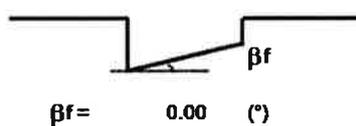
#### coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze			
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr		
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M2+R2	☐	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	☑	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00	



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 10.85 (m)  
L = 20.00 (m)  
D = 1.50 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	37120.00		37120.00
Mb [kNm]	23640.00		23640.00
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

*Peso unità di volume del terreno*

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 17.00 \quad (\text{kN/mc}) \\ \gamma &= 17.00 \quad (\text{kN/mc}) \end{aligned}$$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$$\begin{aligned} c' &= 0.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 30.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

*Valori di progetto*

$$\begin{aligned} c' &= 0.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 24.79 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

*Profondità della falda*

$$Z_w = 3.50 \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} e_B &= 0.64 \quad (\text{m}) \\ e_L &= 0.00 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B^* &= 9.58 \quad (\text{m}) \\ L^* &= 20.00 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 25.50 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 8.84 \quad (\text{kN/mc})$$

**$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \gamma \cdot \varphi')}$$

$$N_q = 10.43$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 20.42$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 10.56$$

**$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$$s_c = 1.24$$

$$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.22$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.81$$

**$i_c, i_q, i_r$  : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.68 \quad \theta = \arctg(T_b/\Pi) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.32 \quad m = 1.68 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\varphi))^m$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta)$  in tutti gli altri casi)

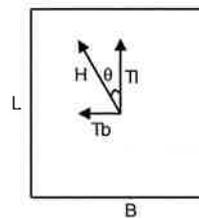
$$i_q = 1.00$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(Nq - 1)$$

$$i_c = 1.00$$

$$i_r = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\varphi))^{(m+1)}$$

$$i_r = 1.00$$



**$d_c, d_q, d_r$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2 D \tan\varphi' (1 - \sin\varphi)^2 / B^*$

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan\varphi' (1 - \sin\varphi)^2) * \arctan(D / B^*)$

$$d_q = 1.05$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\varphi)$$

$$d_c = 1.05$$

$$d_r = 1$$

$$d_r = 1.00$$

**$b_c, b_q, b_r$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi)$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_r = b_q$$

$$b_r = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_r$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi)$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_r = g_q$$

$$g_r = 1.00$$

Scatolare rampe – Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0L	00 E 09	CL	IV0100 001	A	112 di 112

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 702.13 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 193.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 390.07 \geq q = 193.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 0.00 \quad (\text{kN})$$

**Azione Resistente**

$$S_d = N \tan(\phi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 17144.99 \quad (\text{kN})$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 17144.99 \geq H_d = 0.00 \quad (\text{kN})$$