

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA898**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N.Granieri
Dott. Ing. F.Durastanti
Dott. Ing. V.Truffini
Dott. Arch. A.Bracchini
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram
Dott. Ing. F.Pambianco
Dott. Ing. M.Briganti Botta
Dott. Ing. L.Gagliardini
Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci
Dott. Ing. A.Signorelli
Dott. Ing. E.Moscatelli
Dott. Ing. A.Bela

Dott. Ing. G.Lucibello
Dott. Arch. G.Guastella
Dott. Geol. M.Leonardi
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi
Dott. Ing. M.Panfilì
Dott. Arch. P.Ghirelli
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci
Dott. Arch. A.Strati
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. G.Pulli
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi
Dott. Ing. V.Piunno
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



SOTTOVIA

SOTTOVIA AL KM 3+674 - SVINCOLO 8 RAMPA 6

Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

L O 4 0 8 Z E 2 1 0 1

NOME FILE

T04ST03STRRE01A

CODICE ELAB.

T 0 4 S T 0 3 S T R R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

A

-

A

Emissione

Giu 2021

M. Botta

F. Durastanti

N.Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVE E SOFTWARE	4
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
2.2	SOFTWARE UTILIZZATI	4
3	MATERIALI	6
3.1	CALCESTRUZZO	6
3.1.1	Magrone.....	6
3.1.2	Fondazione.....	6
3.1.3	Elevazione	6
3.2	ACCIAIO.....	6
3.2.1	Acciaio di armatura.....	6
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	7
5	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	8
6	MODELLO DI CALCOLO	9
6.1	GEOMETRIA E ANALISI	9
6.2	ANALISI DEI CARICHI	12
6.2.1	Peso proprio della struttura.....	12
6.2.2	Carichi permanenti non strutturali	12
6.2.3	Spinte del terreno in condizioni statiche	13
6.2.4	Carichi veicolari sulla soletta superiore	13
6.2.5	Azione di frenatura	16
6.2.6	Spinta sulle pareti dovuta al sovraccarico accidentale.....	17
6.2.7	Variazioni termiche.....	17
6.2.8	Azione sismica.....	17

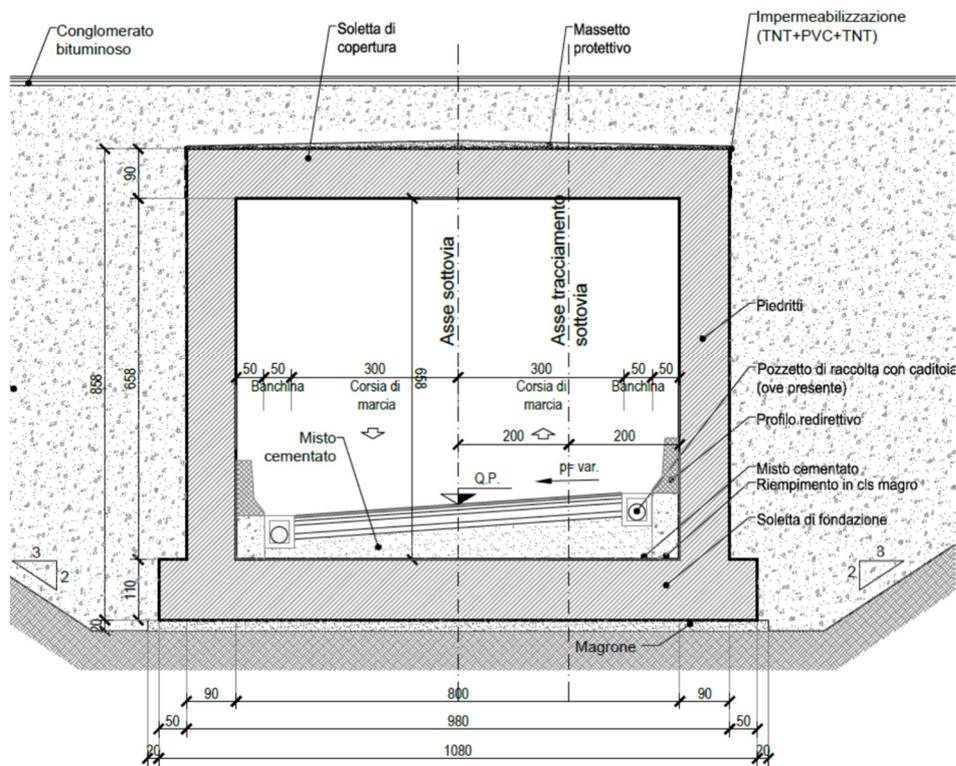
RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

6.2.9	Incremento di spinta sismica del terreno	17
6.2.10	Forze di inerzia della struttura e del terreno	18
6.3	COMBINAZIONI DI CARICO	18
7	VERIFICHE STRUTTURALI STRUTTURA SCATOLARE.....	26
7.1	IMPOSTAZIONI DI PROGETTO	26
7.1.1	Stato limite ultimo	26
7.1.2	Stato limite di esercizio.....	27
7.2	VERIFICA SOLETTA DI COPERTURA.....	28
7.3	VERIFICA PIEDRITTI	33
7.4	VERIFICA SOLETTA DI FONDO	38
8	VERIFICA A CAPACITA' PORTANTE.....	43
9	MURI AD U	49
9.1	VERIFICA PIEDRITT SPESSORE 110.....	50
9.2	VERIFICA PIEDRITT SPESSORE 90	54
9.3	VERIFICA SOLETTA DI FONDO	58

1 PREMESSA

La presente relazione si inserisce nell'ambito del progetto esecutivo «Itinerario Ragusa - Catania, Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 di "Chiaromonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della "Ragusana"».

In particolare questo documento riguarda la progettazione strutturale del sottovia al km 3+674. L'opera in esame è costituita da uno scatolare gettato in opera di larghezza interna pari a 8.0 m ed altezza interna pari a 7.0 m. Lo spessore della fondazione è pari a 110 cm mentre quello della soletta superiore e dei piedritti è 90 cm. Gli imbrocchi dell'opera sono realizzati tramite muri ad U aventi fondazione e piedritti di spessore 110 cm.



Sezione trasversale sottovia

2 NORMATIVE E SOFTWARE

2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano le normative assunte come riferimento per la progettazione.

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge n. 64 del 02/02/1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- Circolare Min. LL.PP. n. 252 del 15 ottobre 1996 istruzioni per l'applicazione "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 09.01.1996;
- D.M. 16 gennaio 1996 "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- Circolare Min. LL.PP. n. 156 del 04 luglio 1996 Istruzioni per l'applicazione "Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16 gennaio 1996;
- UNI EN 206: Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- EC 2: Progettazione delle strutture cementizie;
- EC 7: Progettazione geotecnica;
- OPCM 3274 della Presidenza Consiglio dei Ministri del 25 marzo 2003 "Normativa sismica";
- OPCM 3519 del 28.04.2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

2.2 SOFTWARE UTILIZZATI

Tutti i codici di calcolo automatico utilizzati per il calcolo e la verifica delle strutture sono di sicura ed accertata validità e sono impiegati conformemente alle loro caratteristiche.

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti:

Titolo	SAP2000
Versione	23.0.0 advanced
Distributore	CSI Italia

2.2.1.1 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La struttura viene discretizzata in elementi finiti con aste (frames).

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

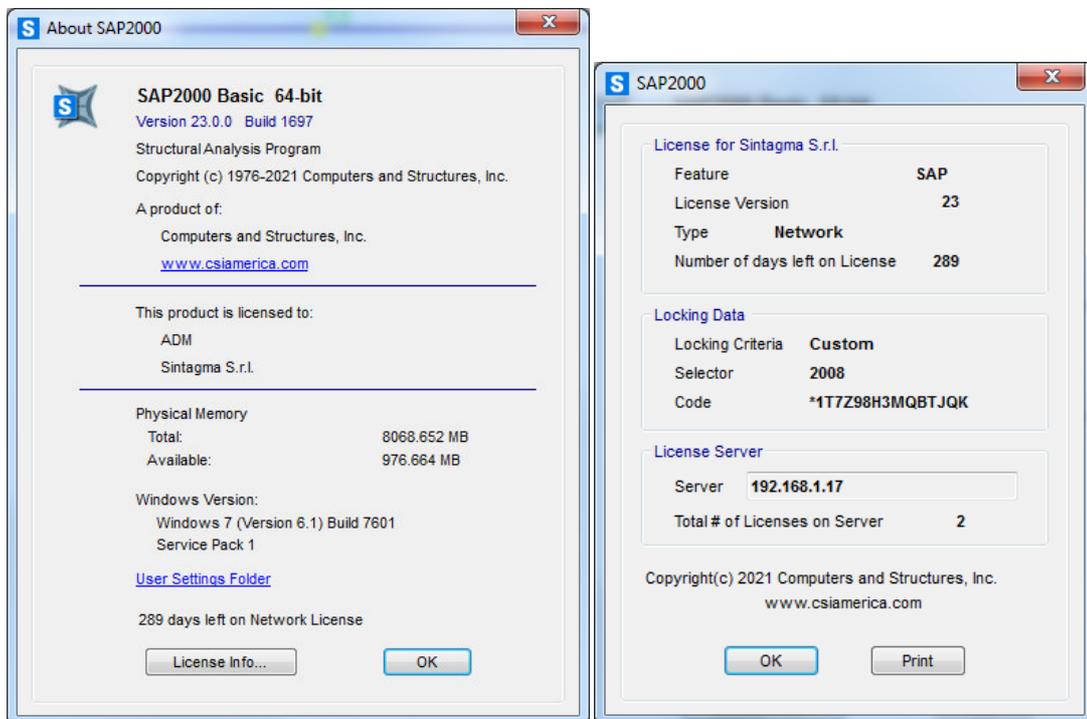
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

2.2.1.2 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

Come detto, per la risoluzione del modello di calcolo si è fatto uso del programma di calcolo SAP2000 NL

Di seguito si riporta una schermata con tutte le informazioni del programma, del produttore e della licenza d'uso:



IL PRODUTTORE FORNISCE IDONEA DOCUMENTAZIONE UTILE AL CORRETTO USO DEL PROGRAMMA. SUL SITO DEL PRODUTTORE E' INOLTRE POSSIBILE SCARICARE LA NECESSARIA DOCUMENTAZIONE UTILE ALLA VALIDAZIONE DEL PROGRAMMA.

2.2.1.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

3 MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali previsti per le opere in progetto.

3.1 CALCESTRUZZO

3.1.1 Magrone

Classe di resistenza C12/15

3.1.2 Fondazione

Classe di resistenza C32/40
Resistenza cubica caratteristica, R_{ck} 40.00 MPa
Resistenza cilindrica caratteristica, f_{ck} 33.20 MPa
Resistenza di calcolo, f_{cd} 18.81 MPa
Classe di consistenza Slump S4
Max dimensione aggregato 30 mm
Classe di esposizione XA2
Copriferro 40 mm

3.1.3 Elevazione

Classe di resistenza C32/40
Resistenza cubica caratteristica, R_{ck} 40.00 MPa
Resistenza cilindrica caratteristica, f_{ck} 33.20 MPa
Resistenza di calcolo, f_{cd} 18.81 MPa
Classe di consistenza Slump S4
Max dimensione aggregato 25 mm
Classe di esposizione XA2
Copriferro 40 mm

3.2 ACCIAIO

3.2.1 Acciaio di armatura

Tipo B450C
Resistenza caratteristica, f_{yk} 450.0 MPa
Resistenza di calcolo, f_{yd} 391.3 MPa

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

I dati relativi ai terreni e alla falda sono stati desunti dalla relazione geotecnica. Di seguito viene riportata la caratterizzazione geotecnica in corrispondenza dell'opera.

Strato	Unità geotecnica	z [m da p.c.]	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	σ_c (MPa)	RQD	GSI	E (MPa)
1	Qca - sabbia /Calcareniti	0 - 20.0	17.5-18.5	38-42	0	-	-	-	-	50

La falda è collocata ad una quota tale da non interessare le opere in oggetto.

Per il terreno da rilevato si assumono le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\phi' = 35^\circ$
- $c' = 0 \text{ kPa}$

5 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La costruzione in oggetto è classificabile, secondo il DM 2008, con il tipo 2, come "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale", per la quale viene prevista una vita nominale ≥ 50 anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la costruzione è definita di Classe IV, ossia afferente a "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia Elettrica".

In virtù di quanto affermato, il periodo di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche risulta dal prodotto della vita nominale per la classe d'uso:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 2 = 100 \text{ anni,}$$

cui compete un valore del tempo di ritorno per lo SLV pari a:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{200}{\ln(1 - 0.10)} = 949 \text{ anni.}$$

6 MODELLO DI CALCOLO

L'analisi strutturale del manufatto in oggetto è condotta per le azioni statiche e sismiche illustrate nei paragrafi precedenti. Il seguente paragrafo descrive i metodi di analisi adottati, i codici di calcolo automatici per il calcolo e la verifica delle strutture ed il modello agli elementi finiti utilizzato per la valutazione delle sollecitazioni.

La ricerca dei parametri di sollecitazione è fatta secondo le disposizioni di carico più gravose, avvalendosi di codici di calcolo per l'analisi strutturale.

6.1 GEOMETRIA E ANALISI

Come modello di calcolo (si vedano le Figure successive) si è assunto lo schema statico di telaio chiuso analizzato attraverso un'analisi elastico – lineare attraverso il programma di calcolo agli Elementi Finiti SAP2000 v.23.0.0 della Computers and Structures.

La mesh (si vedano le Figure seguenti) è composta da 13 beamelements e da 13 nodi. Tale telaio viene descritto attraverso le linee d'asse delle singole membrature e, pertanto, le aste del modello avranno lunghezza pari alla dimensione netta interna maggiorate della metà degli spessori delle aste adiacenti.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici.

E (kN/m ²)	50000	modulo di Young terreno di fondazione
b _t (m)	8.90	dimensione trasversale dell'opera
b _l (m)	1	dimensione longitudinale dell'opera
k _s (kN/m ³)	15484	costante di sottofondo (formulazione di Vogt)
k _{centrale} (kN/m)	13781	rigidezza molle centrali
k _{spigolo} (kN/m)	27717	rigidezza molle spigolo
k _{laterale} (kN/m)	20672	rigidezza molle laterali

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno – struttura.

Considerando un numero fisso e pari ad 11 di molle elastiche, la caratteristica elastica della generica molla viene calcolata attraverso la formulazione di Vogt:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b_t^2 \cdot b_l}} \text{ dove:}$$

k_s = costante di sottofondo [F/L³]

b_t = dimensione trasversale dell'opera

b_l = dimensione longitudinale dell'opera

E = modulo di Young del terreno di fondazione

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Nella presente relazione si adotta un modulo di reazione verticale

$$k_s = 15484 \text{ kN/m}^3$$

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle, ottenendo per le 5 molle centrali un valore di:

$$k_{\text{centrale}} = k_s \cdot (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2)/10$$

$$K_4, \dots, K_8 = 13781 \text{ kN/m}$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_1 = K_{11} = 2 \cdot k_s \cdot [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2)/10/2 + (L_p/2)] = 27717 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 2, 3, 9, 10 come da letteratura si assumono:

$$K_2 = K_3 = K_9 = K_{10} = 1.5 \cdot k_{\text{centrale}} = 20672 \text{ kN/m}$$

Agli effetti delle caratteristiche geometriche delle varie aste si è quindi assunto:

- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.90$ m per la soletta superiore
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.10 \times 1.10$ m per la soletta di fondazione
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.90$ m per i piedritti

Per le aste del reticolo si è assunto:

$$E_{\text{cm}} = 22000 \cdot [f_{\text{cm}}/10]^{0.3} = 33642.8 \text{ N/mm}^2 - \text{ modulo elastico del calcestruzzo } (R_{\text{ck}} = 40 \text{ N/mm}^2)$$

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle figure di seguito.

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

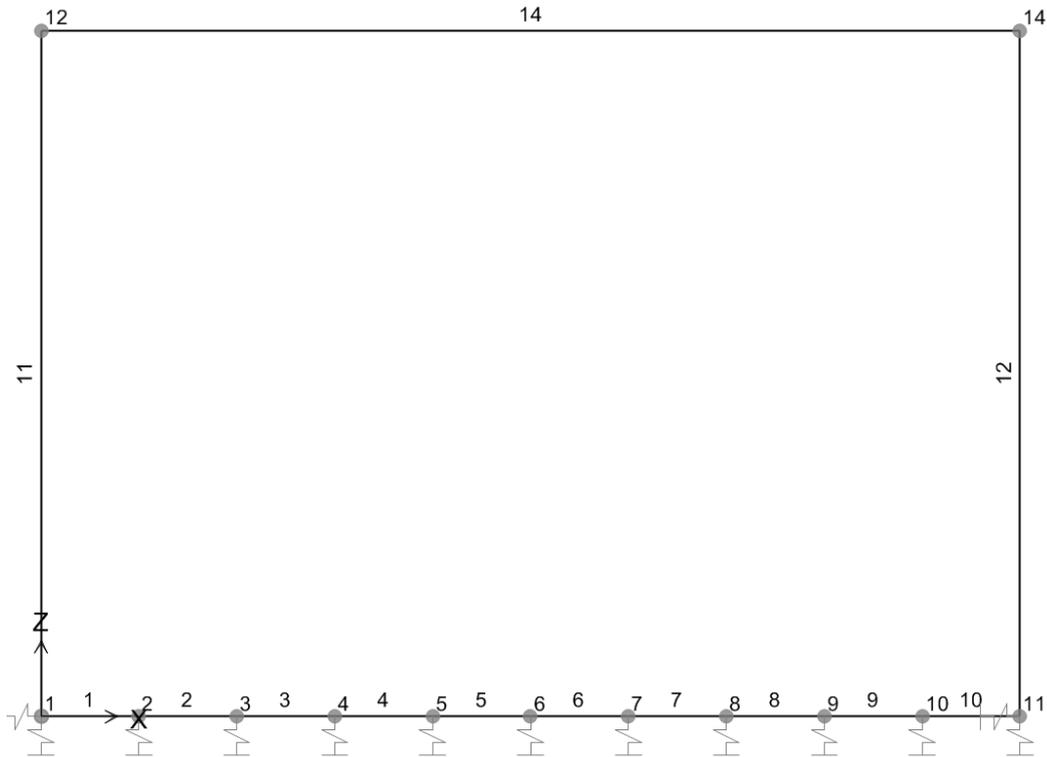


Figura 1 – Numerazione dei nodi e delle aste modello scatolare.

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

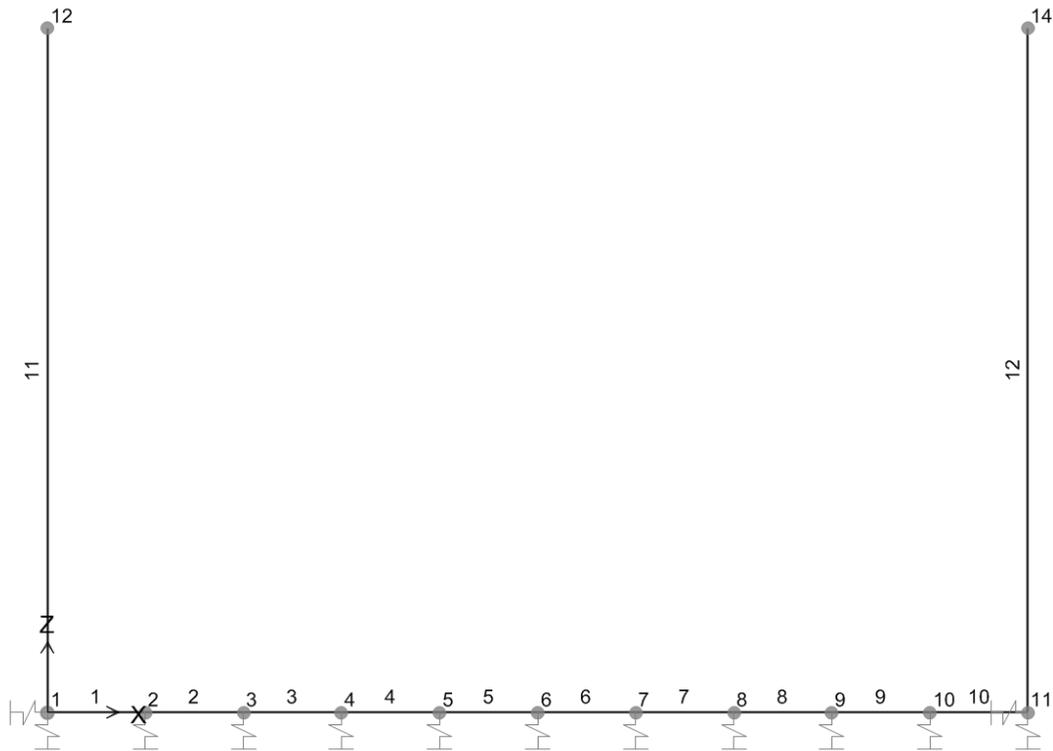


Figura 2 – Numerazione dei nodi e delle aste modello muri a U.

6.2 ANALISI DEI CARICHI

I carichi utilizzati per il calcolo delle membrature strutturali sono specificati nel seguito. Le azioni derivanti dai carichi mobili sono assunti assimilando lo scatolare ad un ponte ferroviario, nel quale gli stessi carichi mobili ammessi al transito sono presi con il loro valore intero.

Nella distribuzione dei carichi si tiene conto del fatto che lo scatolare ferroviario forma un angolo di circa 86° con l'asse stradale.

6.2.1 Peso proprio della struttura

Il peso proprio delle membrature strutturali viene valutato assumendo per il calcestruzzo armato un peso specifico pari a 25 kN/m³; il peso di ciascuna membratura strutturale viene determinato direttamente dal programma come prodotto tra il peso specifico e la dimensione dell'elemento stesso.

6.2.2 Carichi permanenti non strutturali

Si considera che al di sopra della soletta superiore sia presente:

ricoprimento	s = 1.30 m	$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$:	$1.30 \times 19 = 24.70 \text{ kN/m}^2$.
pavimentazione	s = 0.40 m	$\gamma = 30.0 \text{ kN/m}^3$:	$0.40 \times 30 = 12.00 \text{ kN/m}^2$.

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

6.2.3 Spinte del terreno in condizioni statiche

Si assume che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo. Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione

$$K_0 = 1 - \sin\phi$$

dove ϕ rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfiacco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità z e la spinta totale sulla parete di altezza H valgono

$$\sigma = \gamma z K_0 + p_v K_0$$

$$S = 1/2 \gamma H^2 K_0 + p_v K_0 H$$

dove p_v è la pressione verticale agente in corrispondenza della soletta superiore.

SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL TERRENO ED AL CARICO SOVRASTANTE

Spinta parete in corrispondenza linea d'asse soletta superiore (KN/mq)	19.30
Spinta parete a metà altezza (KN/mq)	51.50
Spinta parete in corrispondenza linea d'asse soletta inferiore (KN/mq)	83.71

6.2.4 Carichi veicolari sulla soletta superiore

Gli effetti dovuti al transito dei veicoli al di sopra della struttura, sono stati valutati sulla base dei carichi descritti nel paragrafo 5.1.3.3 del D.M. 14/01/2008, considerando il carico tandem Q_{k1} , di entità pari a 300 kN per singolo assale, ed il carico distribuito q_{k1} di 9 kN/m². Per quanto riguarda il carico tandem si ipotizza che questo sia applicato su un'impronta rettangolare di dimensione 2.40x1.60 m (misurati rispettivamente nelle direzioni trasversale e longitudinale della corsia di carico) contenente le quattro impronte di carico.

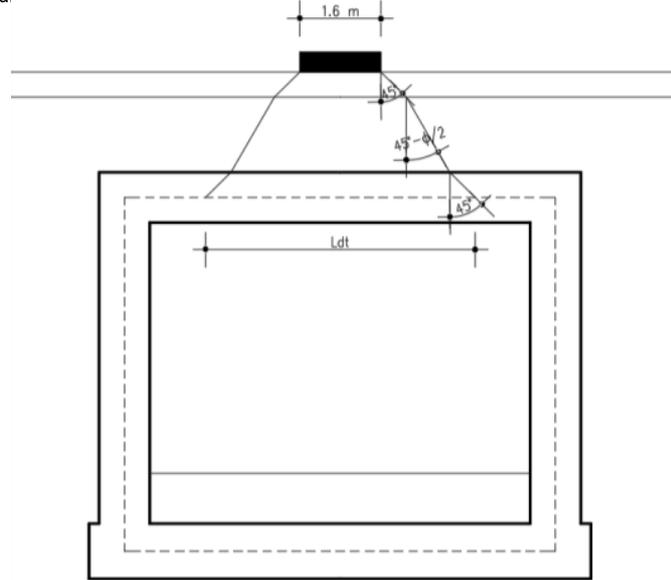
I carichi tandem vengono posizionati considerando il numero di corsie compatibile con la larghezza della carreggiata (comprese le eventuali banchine di rispetto e la corsia di emergenza), tenendo conto che la larghezza di ingombro convenzionale di ciascuna corsia è pari a 3.00 m.

Inoltre, i carichi tandem applicati sulla pavimentazione vengono poi ripartiti longitudinalmente e trasversalmente all'asse dello scatolare sia in direzione verticale che in direzione orizzontale, al fine di valutare un'impronta di carico equivalente in corrispondenza del piano medio della soletta superiore. Si assume che la diffusione verticale avvenga con un angolo di $(45^\circ - \Phi/2)$ attraverso il rilevato stradale (con Φ pari all'angolo di attrito interno del terreno di ricoprimento) e con un angolo di 45° nella pavimentazione stradale e nella soletta superiore del sottovia. La diffusione orizzontale avviene con un angolo di 30° verso il piedritto, considerando il baricentro dell'impronta di carico in corrispondenza della mezzzeria della soletta superiore.

A favore di sicurezza si sono applicati carichi tandem Q_{k1} pari a 300 kN per singolo asse sulle 3 corsie compatibili con la viabilità superiore.

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Figura 6.2 Diffusione del carico tandem all'interno dello scatolare "A" della sottovia



La larghezza di diffusione del carico tandem, in direzione trasversale all'asse dello scatolare, come mostrato in figura vale:

$$L_{dt} = 1.60 + 2 \cdot \left(H_p \tan(45^\circ) + H_r \cdot \tan(45^\circ - \phi/2) + \left(\frac{S_s}{2} \right) \cdot \tan(45^\circ) \right)$$

essendo 1.60 m la dimensione dell'impronta di carico in direzione trasversale all'asse dello scatolare.

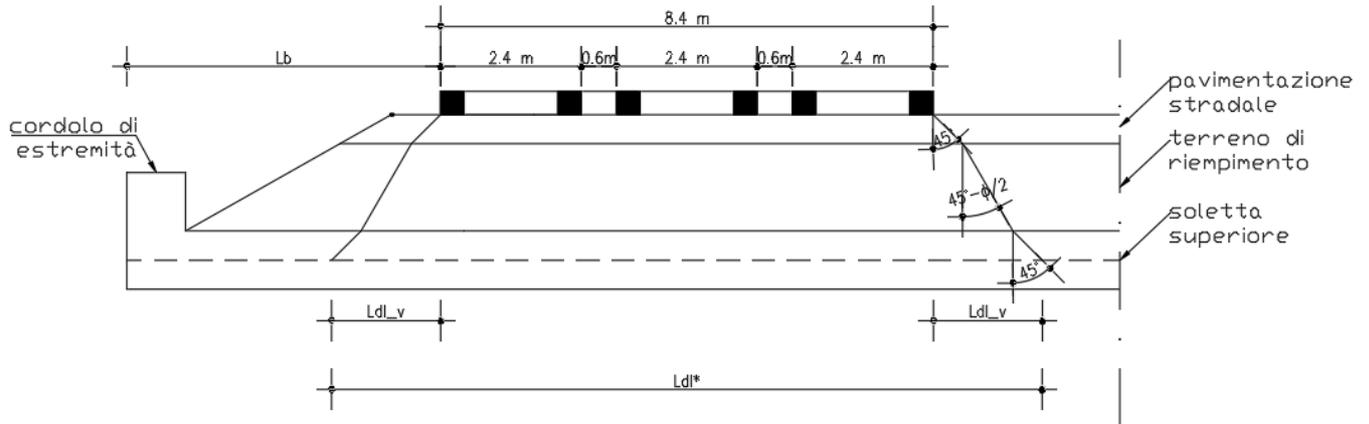
La larghezza di diffusione in direzione longitudinale all'asse dello scatolare vale, invece:

$$L_{dl} = 8.40 + 2 \cdot \left(H_p \tan(45^\circ) + H_r \cdot \tan(45^\circ - \phi/2) + \left(\frac{S_s}{2} \right) \cdot \tan(45^\circ) \right)$$

essendo 8.40 m la dimensione dell'impronta di carico in direzione longitudinale all'asse dello scatolare, considerando le 3 corsie di carico.

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Figura 6.4: Diffusione verticale del carico nel rilevato longitudinalmente all'asse del sottovia

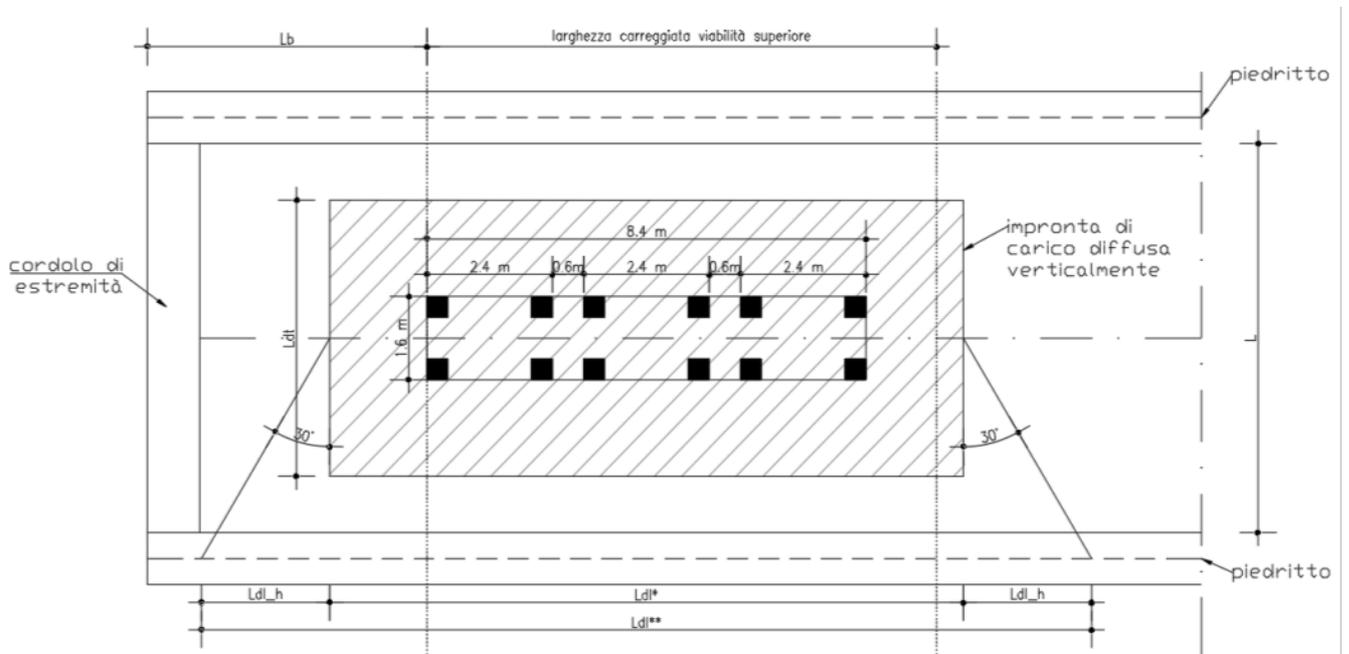


A questo punto, considerando che la diffusione verticale sia possibile, in quanto si ha sufficiente spazio da entrambi i lati dell'impronta di carico sulla pavimentazione, la larghezza di diffusione effettiva coincide con quella calcolata utilizzando la formula precedente, divenendo:

$$L_{dl}^* = L_{dl}$$

Il prodotto tra la larghezza trasversale e longitudinale sopra definite corrisponde all'area dell'impronta di carico diffusa verticalmente.

Figura 6.5: Diffusione orizzontale del carico nel rilevato



RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Partendo dalle superficie precedentemente definita, si valuta la diffusione orizzontale, che in questo caso riguarderà esclusivamente la direzione longitudinale dello scatolare, lasciando inalterata la larghezza di diffusione trasversale:

$$L_{dl} = L_{dl}^* + 2 \cdot \left(\left(\frac{L}{2} + \frac{S_p}{2} \right) \cdot \tan(30^\circ) \right)$$

Anche in questo caso, la diffusione risulta possibile da entrambi i lati dell'impronta di partenza, in quanto la distanza di diffusione necessaria è minore di quella dal bordo dello scatolare e quindi si ottiene:

$$L_{dl}^{**} = L_{dl}$$

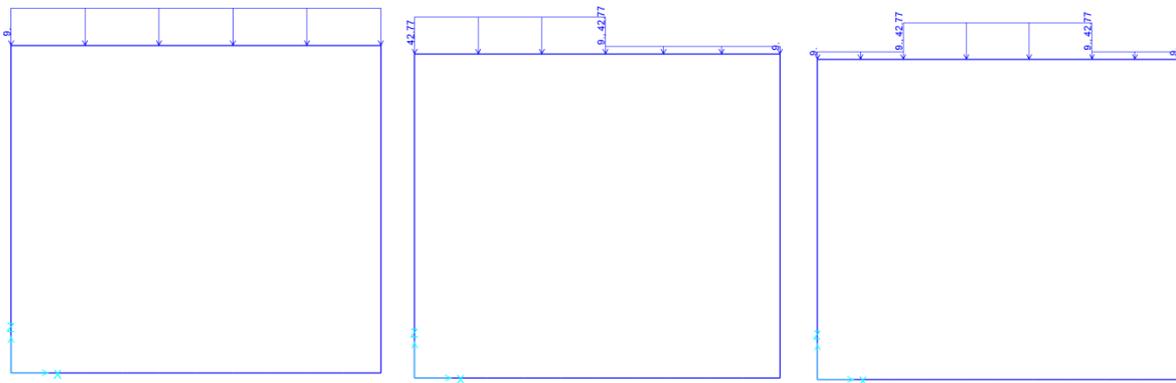
Noti i valori dell'impronta di carico diffusa e del carico che complessivamente grava su di essa, pari a 1800 kN (3x2xQ_{k1}), è possibile calcolare il carico distribuito equivalente da applicare alla soletta superiore. Tale carico è pari a:

Carico equivalente su soletta (diffusione tandem) $1800 / (4.65 \times 11.45) = 33.77 \text{ kN/m}^2$

Carico UDL su soletta superiore (carico uniformemente distribuito) 9.00 kN/m^2

La posizione del carico q_{eq} viene variata in modo tale da massimizzare l'azione tagliante sul entrambi i piedritti ed il momento flettente nella mezzeria della soletta superiore.

Figura 6.6: Disposizione sovraccarico accidentale



6.2.5 Azione di frenatura

La forza di frenatura è stata ricavata dalla formula 5.1.4 della NTC2008 sottoriportata.

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

Tale forza è stata poi ripartita trasversalmente, con il metodo precedentemente illustrato, e longitudinalmente (sulla luce L dello scatolare).

$$q_3 = 0.6 \cdot (2 \cdot 300) + 0.1 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 16.38 = 404.2 \text{ kN}$$

$$p = q_3 / (B \cdot L) = 404.2 / 11.45 = 33.53 \text{ kN/m}^2$$

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

6.2.6 Spinta sulle pareti dovuta al sovraccarico accidentale

La pressione del terreno sui piedritti ed indotta dal sovraccarico accidentale verrà calcolata secondo la formula $P=q \times K_0$

$$\text{Pressione} = 18.24 \text{ kN/m}^2$$

6.2.7 Variazioni termiche

Si applica la variazione uniforme della temperatura di $\pm 15^\circ$ alle membrature in cls

6.2.8 Azione sismica

	GRANDEZZA	VALORE
S_T	Coefficiente di amplificazione stratigrafica	1
S_S	Coefficiente di amplificazione topografica	1.04
$\frac{a_g}{g}$	Accelerazione orizz. attesa Accelerazione di gravità	0.391

Sono distinti i carichi applicati sui manufatti scapolari e quelli esercitati dal terrapieno a tergo dei muri.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima, in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti), è di 949 anni.

6.2.9 Incremento di spinta sismica del terreno

Per manufatti come gli scapolari, le analisi in condizioni sismiche, possono essere eseguite mediante i metodi pseudostatici.

L'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente ottenuta dal prodotto delle forze di gravità per i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g = 0.407;$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.203,$$

dove:

g = accelerazione di gravità;

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Nel caso di strutture rigide completamente vincolate in modo tale che non possa svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva, il coefficiente β_m assume valore unitario ed il calcolo dell'incremento dinamico di spinta del terreno può essere effettuato con il metodo di Wood; tale metodo fornisce una sovraspinta sismica uniforme del terreno sulle pareti interrate calcolata come:

$$\Delta P_d = k_h \cdot \gamma \cdot H^2,$$

con punto di applicazione a metà dell'altezza H del muro, il che equivale ad applicare una pressione uniforme:

$$\Delta p_d = k_h \cdot \gamma \cdot H,$$

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

con:

γ = peso dell'unità di volume del terreno di rilevato che interessa il setto verticale;

H = altezza dello scatolare misurata dall'estradosso della soletta superiore all'intradosso della platea di base.

La normativa prescrive di applicare separatamente la spinta statica e dinamica, quest'ultima come sovraspinta sismica.

AZIONE SISMICA SUL TERRENO

Determinata secondo la teoria di Wood

-		SLV	
	$a_{max} =$	0.407	
Incremento spinta (kN/m)	$\Delta S_E =$	611.99	Applicato a metà altezza del paramento ed agente su uno solo dei piedritti

6.2.10 Forze di inerzia della struttura e del terreno

In condizioni sismiche l'opera è soggetta alle forze di inerzia, degli elementi strutturali e delle porzioni di terreno solidali con la struttura, calcolate come:

$$F_{hi} = k_h W ,$$

$$F_{vi} = k_v W ,$$

essendo W il peso dell'elemento o della porzione di terreno, mentre k_v e k_h sono i coefficienti di intensità sismica verticale ed orizzontali descritti nel precedente paragrafo. Tali forze sono applicate nel baricentro delle masse dell'elemento considerato.

AZIONE SISMICA SU STRUTTURA

Coefficiente carichi mobili ψ	0.00
Forza orizzontale su soletta sup. (KN/m)	235.92
Forza orizzontale su piedritti (KN/mq)	9.15
Forza verticale su soletta sup. (KN/mq)	12.04

6.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche agli stati limite, la combinazione delle azioni è effettuata secondo quanto disposto dal D. Min. 14/01/2008.

In particolare, si fa riferimento alle seguenti combinazioni:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q,3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione quasi permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Per quanto riguarda i carichi mobili, sezione per sezione, sono considerati i massimi ed i minimi del momento flettente con i valori del taglio concomitante ed i tagli massimi e minimi con i concomitanti momenti flettenti, al fine di determinare la condizione di verifica più gravosa.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i coefficienti parziali per le azioni e coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni.

Tabella 6.1: Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni.

AZIONE	γ_{SUP}	γ_{INF}	AZIONE	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Peso proprio	1.35	1	Variazioni termiche	0.6	0.6	0.5
Permanenti soletta superiore	1.35	1	Azioni dovute al carico tandem Q_{k1}	1	0.75	0
Permanenti soletta inferiore	1.35	0	Azioni dovute al carico distribuito q_{k1}	1	0.4	0
Variazioni termiche	1.2	0	Sisma	0	0	0
Spinte del terreno	1.35	1				
Azioni dovute al carico tandem Q_{k1}	1.5	0				
Azioni dovute al carico distribuito q_{k1}	1.5	0				
Sisma	0	0				

Ai fini delle verifiche geotecniche delle fondazioni, sono definiti dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici (M1 ed M2) e per le resistenze (R1 e R2).

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

La tabella seguente riassume i coefficienti parziali per i parametri geotecnici.

Tabella 6.2: Coefficienti parziali di sicurezza per i parametri geotecnici.

parametro		coefficiente e parziale	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \varphi'$	$\gamma_{\varphi'}$	1.00	1.25
Coazione efficace	c'	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_u	γ_{c_u}	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1.00	1.00

I coefficienti parziali per le resistenze sono definiti dalla normativa per ogni tipologia di fondazione e sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 6.3: Coefficienti parziali di γ_R per le verifiche agli stati limite.

Verifica	coefficiente parziale (R1)	coefficiente parziale (R2)
Capacità portante	1.00	1.00
Scorrimento	1.00	1.00

Secondo quanto stabilito nelle NTC 2008, le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dimensionate sia nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio), sia nei confronti degli Stati Limite Ultimi (capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, che possano compromettere l'incolumità delle persone, ovvero mettere fuori servizio l'opera).

Alla luce di quanto riportato al § 6.5.3.1.1 NTC 2008, le verifiche sono state effettuate secondo l'approccio progettuale "Approccio 2" (A1+M1+R3)

Simbologia adottata

- γ Coefficiente di partecipazione della condizione
- Ψ Coefficiente di combinazione della condizione
- C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Simbologia adottata

- γ_{G1sfav} Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
- γ_{G1fav} Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
- γ_{G2sfav} Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali
- γ_{G2fav} Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali
- γ_Q Coefficiente parziale sulle azioni variabili
- $\gamma_{\tan\phi'}$ Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
- $\gamma_{c'}$ Coefficiente parziale di riduzione della coazione drenata
- γ_{c_u} Coefficiente parziale di riduzione della coazione non drenata
- γ_{qu} Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.35	1.00	1.35

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Permanente	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno sinistra	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno destra	1.0	1.00	1.0
Stradale 1	1.5	1.00	1.5
Temperatura	1.2	0.60	0.72
Ritiro	1.2	0.60	0.72

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.35	1.00	1.35
Permanente	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno sinistra	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno destra	1.0	1.00	1.0
Stradale 2	1.5	1.00	1.5
Temperatura	1.2	0.60	0.72
Ritiro	1.2	0.60	0.72

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.35	1.00	1.35
Permanente	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno sinistra	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno destra	1.0	1.00	1.0
Stradale 3	1.5	1.00	1.5
Temperatura	1.2	0.60	0.72
Ritiro	1.2	0.60	0.72

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.35	1.00	1.35
Permanente	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno sinistra	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno destra	1.0	1.00	1.0
Stradale 1	1.5	1.00	1.5
Frenatura	1.5	1.00	1.5
Temperatura	1.2	0.60	0.72
Ritiro	1.2	0.60	0.72

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.35	1.00	1.35
Permanente	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno sinistra	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno destra	1.0	1.00	1.0
Stradale 2	1.5	1.00	1.5
Frenatura	1.5	1.00	1.5
Temperatura	1.2	0.60	0.72

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Ritiro	1.2	0.60	0.72
--------	-----	------	------

Combinazione n° 6 SLU (Approccio 2)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.35	1.00	1.35
Permanente	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno sinistra	1.5	1.00	1.5
Spinta terreno destra	1.0	1.00	1.0
Stradale 3	1.5	1.00	1.5
Frenatura	1.5	1.00	1.5
Temperatura	1.2	0.60	0.72
Ritiro	1.2	0.60	0.72

Combinazione n° 7 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Sisma H	0.33	1.00	0.33
Sisma V	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sismica	0.33	1.00	0.33
Temperatura	1.2	0.60	0.72
Ritiro	1.2	0.60	0.72

Combinazione n° 8 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Sisma H	0.33	1.00	0.33
Sisma V	-1.00	1.00	-1.00
Spinta terreno sismica	0.33	1.00	0.33
Temperatura	1.2	0.60	0.72
Ritiro	1.2	0.60	0.72

Combinazione n° 9 SLU (Approccio 2) – Sisma H princ Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Sisma H	1.00	1.00	1.00
Sisma V	0.33	1.00	0.33
Spinta terreno sismica	1.00	1.00	1.00
Temperatura	1.2	0.60	0.72

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Ritiro	1.2	0.60	0.72
--------	-----	------	------

Combinazione n° 10 SLU (Approccio 2) – Sisma H princ Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Sisma H	1.00	1.00	1.00
Sisma V	-0.33	1.00	-0.33
Spinta terreno sismica	1.00	1.00	1.00
Temperatura	1.2	0.60	0.72
Ritiro	1.2	0.60	0.72

Combinazione n° 11 SLE (Quasi Permanente)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Temperatura	1.00	0.50	0.50
Ritiro	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 12 SLE (Frequente)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Stradale 1	1.00	0.75	0.75
Temperatura	1.00	0.60	0.60
Ritiro	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 13 SLE (Frequente)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Stradale 2	1.00	0.75	0.75
Temperatura	1.00	0.60	0.60
Ritiro	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Stradale 3	1.00	0.75	0.75
Temperatura	1.00	0.60	0.60
Ritiro	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 15 SLE (Frequente)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Frenatura	1.00	0.75	0.75
Temperatura	1.00	0.60	0.60
Ritiro	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 16 SLE (Rara)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Stradale 1	1.00	1.00	1.00
Temperatura	1.00	0.60	0.60
Ritiro	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 17 SLE (Rara)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Stradale 2	1.00	1.00	1.00
Temperatura	1.00	0.60	0.60
Ritiro	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 18 SLE (Rara)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Stradale 3	1.00	1.00	1.00
Temperatura	1.00	0.60	0.60
Ritiro	1.00	0.60	0.60

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Combinazione n° 19 SLE (Rara)

	γ	Ψ	C
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Permanente	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	1.00	1.00	1.00
Frenatura	1.00	1.00	1.00
Stradale 3	1.00	0.75	0.75
Temperatura	1.00	0.60	0.60
Ritiro	1.00	0.60	0.60

7 VERIFICHE STRUTTURALI STRUTTURA SCATOLARE

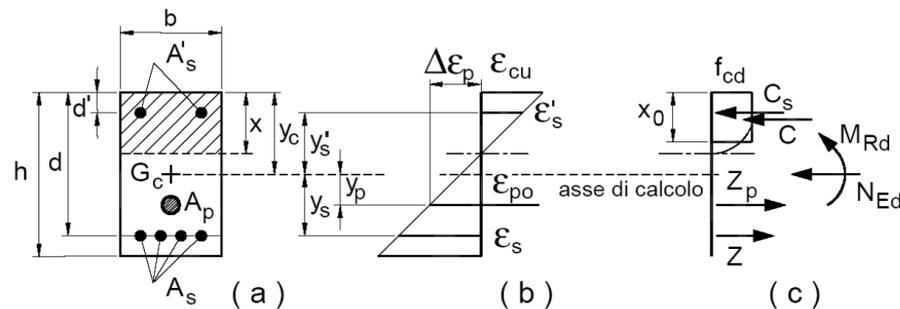
7.1 IMPOSTAZIONI DI PROGETTO

7.1.1 Stato limite ultimo

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo γ_c	1.50
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15

7.1.1.1 Verifica a pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC2008, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

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

dove

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

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

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

7.1.1.2 Verifica a taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

dove:

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

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

$$\rho_1 = A_{sw} / (b_w \cdot d)$$

d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;

b_w = larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

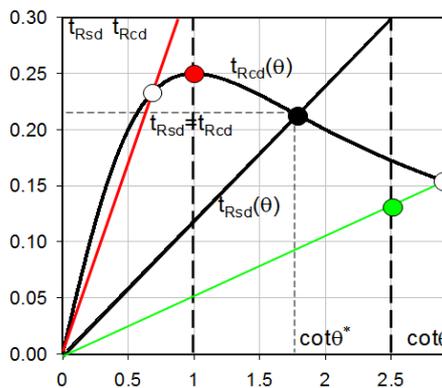
In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd}

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

con $1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$.

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC2008, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione. $1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$ $45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$.



- Se la $\text{cot} \theta^*$ è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il t resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la $\text{cot} \theta^*$ è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rsd})$ coincide con il massimo taglio supportato dalle armature trasversali valutabile per una $\text{cot} \theta = 2,5$.
- Se la $\text{cot} \theta^*$ è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd})$ coincide con il massimo taglio supportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una $\text{cot} \theta = 1,0$.

L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle (θ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato:

$$\text{cot} \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

con

θ^* angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature;

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5;$$

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima;

f_{cd} = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima;

α_c = coefficiente maggiorativo che tiene conto dell'eventuale compressione del calcestruzzo;

ω_{sw} : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

7.1.2 Stato limite di esercizio

Criteria di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente poco aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare)

$$0.60 f_{ck} = 19.9 \text{ MPa}$$

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.)

$$0.45 f_{ck} = 14.9 \text{ MPa}$$

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare)

0.80 $f_{yk} = 360$ MPa

Criteria verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure $w_1=0.20$ $w_2=0.30$ $w_3=0.40$

SLE frequente: $w < w_2$

SLE quasi permanente: $w < w_1$

Copriferro sezioni 5.00 [cm]

7.2 VERIFICA SOLETTA DI COPERTURA

Le sollecitazioni massime ottenute sono riportate nella tabella seguente:

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-148	4	958.8	14	2.45	SLU5
M3	min	-456	768	-1421.2	14	8.45	SLU6
V2	max	-456	768.47	-1421.2	14	8.45	SLU6
V2	min	-248	-492	-118.9	14	0.45	SLU2
P	max	-39	-141	715.0	14	0.45	SLU4
P	min	-491	-161	381.8	14	0.45	SLU9

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-167.6	19.6	558.8	14	3.45	SLE-RAR4
M3	min	-293.3	473.0	-766.5	14	8.45	SLE-RAR4
V2	max	-293.3	473.0	-766.5	14	8.45	SLE-RAR4
V2	min	-188.3	-352.3	-153.7	14	0.45	SLE-RAR2
P	max	-92.1	-229.9	205.7	14	0.45	SLE-RAR4
P	min	-293.3	473.0	-766.5	14	8.45	SLE-RAR4

$M_{qp} = 291.41$ kNm

$N_{qp} = -147.14$ kNm

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza della sezione di dimensioni 100 x 90 cm, armata superiormente ed inferiormente con 10 Φ 24; l'armatura secondaria è costituita da 5 Φ 20.

L'armatura a taglio è costituita da spilli Φ 12/20x40 in corrispondenza degli incastri, e da spilli Φ 12/40x40 nella parte centrale degli elementi.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_sup

(Percorso File: \\Oceano\C4F\LAVORO\MICHELA\SV svincolo 8\sol_sup.sez)

Descrizione Sezione:

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

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:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertzia
Riferimento alla sismicit�:	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 ²
Resis. compr. ridotta fcd' :	94.05 daN/cm ²
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	336428 daN/cm ²
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm ²
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	199.20 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	149.40 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm ²
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm ²
Resist. ultima di calcolo ftd:	4500.0 daN/cm ²
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. B1*B2 :	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza diff. B1*B2 :	0.50 daN/cm ²
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

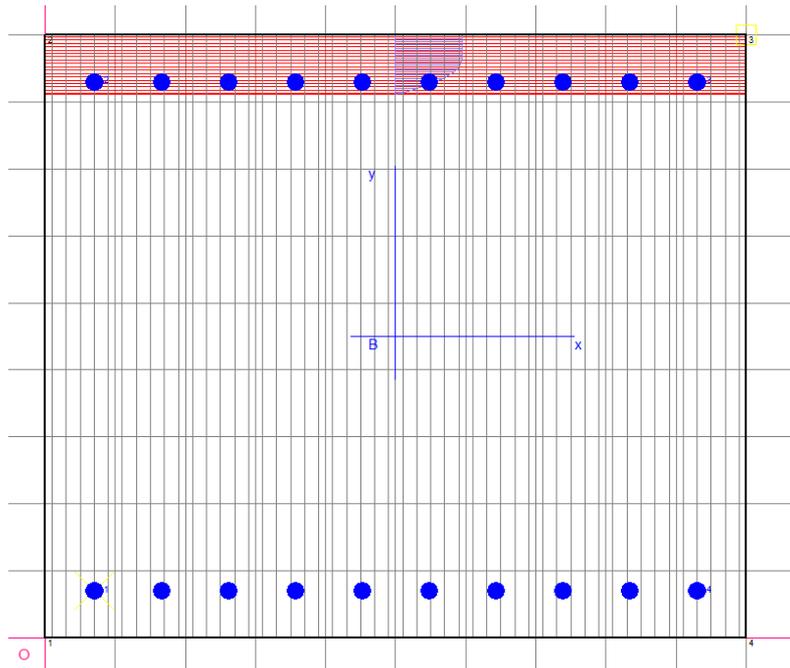
N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	0.00	0.00
2	0.00	90.00
3	100.00	90.00
4	100.00	0.00

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	7.00	7.00	24
2	7.00	83.00	24
3	93.00	83.00	24
4	93.00	7.00	24

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674



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	24
2	2	3	8	24

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	14764	95877	0	434	0
2	45598	-142119	0	76847	0
3	45598	-142119	0	76847	0
4	24823	-11889	0	-49160	0
5	3937	71500	0	-14088	0
6	49096	38176	0	-16133	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
---------	---	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

1	16757	55878	0
2	29331	-76652	0
3	29331	-76652	0
4	18834	-15369	0
5	9213	20574	0
6	29331	-76652	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	14714	29141	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.6 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 ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	14764	95877	0	14750	152987	0	1.596
2	S	45598	-142119	0	45602	-163875	0	1.153
3	S	45598	-142119	0	45602	-163875	0	1.153
4	S	24823	-11889	0	24800	-156537	0	13.167
5	S	3937	71500	0	3920	149159	0	2.086
6	S	49096	38176	0	49088	165103	0	4.325

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	-0.01168	100.0	90.0	0.00074	93.0	83.0	-0.02917	7.0	7.0
2	0.00350	-0.01054	0.0	0.0	0.00095	7.0	7.0	-0.02671	93.0	83.0
3	0.00350	-0.01054	0.0	0.0	0.00095	7.0	7.0	-0.02671	93.0	83.0
4	0.00350	-0.01130	0.0	0.0	0.00081	7.0	7.0	-0.02835	93.0	83.0
5	0.00350	-0.01210	100.0	90.0	0.00067	93.0	83.0	-0.03006	7.0	7.0
6	0.00350	-0.01041	100.0	90.0	0.00098	93.0	83.0	-0.02643	7.0	7.0

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000393630	-0.031926711		
2	0.000000000	-0.000363927	0.003500000		
3	0.000000000	-0.000363927	0.003500000		
4	0.000000000	-0.000383762	0.003500000		
5	0.000000000	0.000404395	-0.032895547		
6	0.000000000	0.000360588	-0.028952925		

ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12 mm	
Passo staffe:	20.0 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0]
N.Bracci staffe:	2	
Area staffe/m :	11.3 cm ² /m	[Area Staffe Minima normativa = 2.3]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	434	244373	82646	83.0	100.0	21.80°	1.009	0.1
2	S	76847	248785	82646	83.0	100.0	21.80°	1.027	10.5
3	S	76847	248785	82646	83.0	100.0	21.80°	1.027	10.5
4	S	49160	245812	82646	83.0	100.0	21.80°	1.015	6.7
5	S	14088	242823	82646	83.0	100.0	21.80°	1.002	1.9
6	S	16133	249286	82646	83.0	100.0	21.80°	1.029	2.2

COMBINAZIONI RARE 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	45.8	0.0	90.0	-1472	83.4	7.0	2355	225	0.180	0.113
2	S	63.3	0.0	0.0	-1956	83.4	83.0	2355	225	0.179	0.150
3	S	63.3	0.0	0.0	-1956	83.4	83.0	2355	225	0.179	0.150
4	S	13.5	0.0	0.0	-272	93.0	83.0	2355	218	0.166	0.020

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

5	S	17.1	100.0	90.0	-512	7.0	7.0	2355	224	0.178	0.039
6	S	63.3	0.0	0.0	-1956	83.4	83.0	2355	225	0.179	0.150

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	24.4	0.0	90.0	-709	64.3	7.0	2355	224	0.178	0.054

7.3 VERIFICA PIEDRITTI

Le sollecitazioni massime ottenute sono riportate nella tabella seguente:

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-361.4	929.6	1778.8	11	0.5	SLU9
M3	min	-247.9	608.7	-885.2	11	3.975	SLU10
V2	max	-326.0	931.8	1763.2	11	0.5	SLU10
V2	min	-616.0	-477.4	1313.8	12	7.5	SLU9
P	max	-168.6	-231.0	-442.7	11	7.5	SLU10
P	min	-1039.2	-110.0	-694.7	12	0.5	SLU6

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-428.2	423.7	902.7	11	0.5	SLE-RAR4
M3	min	-651.6	-2.6	-215.7	12	1.375	SLE-RAR4
V2	max	-428.2	423.7	902.7	11	0.5	SLE-RAR4
V2	min	-513.8	-295.1	851.3	12	7.5	SLE-RAR4
P	max	-270.7	-63.1	-127.8	11	7.5	SLE-RAR4
P	min	-671.3	64.0	-189.3	12	0.5	SLE-RAR4

$M_{qp} = 292.43 \text{ kNm}$ $N_{qp} = -430.99 \text{ kNm}$

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza della sezione di dimensioni 100 x 90 cm, armata superiormente ed inferiormente con 10Φ26; l'armatura secondaria è costituita da 5 Φ20.

L'armatura a taglio è costituita da spilli Φ 12/20x40 in corrispondenza degli incastri, e da spilli Φ 12/40x40 nella parte centrale degli elementi.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: **pie**

(Percorso File: \\Oceano\C4F\LAVORO\MICHELA\SV svincolo 8\pie.sez)

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

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Condizioni Ambientali: Moderat. 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/cm²
Resis. compr. ridotta fcd' : 94.05 daN/cm²
Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
Def.unit. ultima ecu : 0.0035
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec : 336428 daN/cm²
Coeff. di Poisson : 0.20
Resis. media a trazione fctm: 31.00 daN/cm²
Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 199.20 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : Non prevista
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 149.40 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm²
Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm²
Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. B1*B2 : 1.00 daN/cm²
Coeff. Aderenza diff. B1*B2 : 0.50 daN/cm²
Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	0.00	0.00
2	0.00	90.00
3	100.00	90.00
4	100.00	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

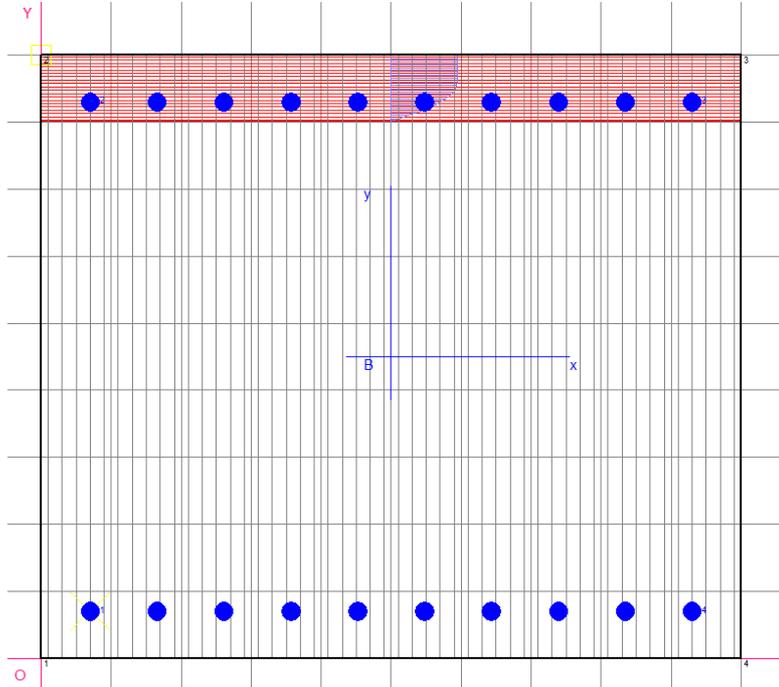
N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	7.00	7.00	26
2	7.00	83.00	26
3	93.00	83.00	26
4	93.00	7.00	26

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

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	4	8	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	36138	177884	0	92963	0
2	24786	-88523	0	60874	0
3	32602	176316	0	93182	0
4	61597	131379	0	-47736	0
5	16857	-44275	0	-23102	0
6	103921	-69472	0	-10999	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	42819	90270	0
2	65157	-21566	0
3	26281	-76535	0
4	24553	-87733	0
5	15811	-40485	0
6	28447	-83631	0

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

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	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.5 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 >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	36138	177884	0	36150	184730	0	1.038
2	S	24786	-88523	0	24775	-180735	0	2.042
3	S	32602	176316	0	32596	183483	0	1.041
4	S	61597	131379	0	61613	193654	0	1.474
5	S	16857	-44275	0	16841	-177946	0	4.019
6	S	103921	-69472	0	103939	-208405	0	3.000

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	-0.01027	0.0	90.0	0.00100	7.0	83.0	-0.02614	7.0	7.0
2	0.00350	-0.01065	0.0	0.0	0.00093	7.0	7.0	-0.02694	93.0	83.0
3	0.00350	-0.01039	0.0	90.0	0.00098	7.0	83.0	-0.02638	7.0	7.0
4	0.00350	-0.00948	0.0	90.0	0.00115	7.0	83.0	-0.02442	7.0	7.0
5	0.00350	-0.01091	0.0	0.0	0.00089	7.0	7.0	-0.02750	93.0	83.0
6	0.00350	-0.00822	0.0	0.0	0.00137	7.0	7.0	-0.02173	93.0	83.0

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

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000357099	-0.028638951		
2	0.000000000	-0.000366768	0.003500000		
3	0.000000000	0.000360040	-0.028903587		
4	0.000000000	0.000336417	-0.026777531		
5	0.000000000	-0.000373496	0.003500000		
6	0.000000000	-0.000303973	0.003500000		

ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12 mm	
Passo staffe:	10.0 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0]
N.Bracci staffe:	2	
Area staffe/m :	22.6 cm ² /m	[Area Staffe Minima normativa = 2.3]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vru	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vcd	Taglio [daN] assorbito dal conglomerato nel calcolo delle staffe
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Afst	Area staffe strettamente necessarie a taglio per metro di trave [cm ² /m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	92963	247431	165292	83.0	100.0	21.80°	1.021	12.7
2	S	60874	245807	165292	83.0	100.0	21.80°	1.015	8.3
3	S	93182	246925	165292	83.0	100.0	21.80°	1.019	12.8
4	S	47736	251075	165292	83.0	100.0	21.80°	1.036	6.5
5	S	23102	244672	165292	83.0	100.0	21.80°	1.010	3.2
6	S	10999	257131	165292	83.0	100.0	21.80°	1.061	1.5

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 ²]
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 ²]
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 ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	69.4	100.0	90.0	-1904	16.6	7.0	2489	218	0.174	0.181
2	S	19.0	100.0	0.0	-107	7.0	83.0	1500	170	0.125	0.006
3	S	58.0	100.0	0.0	-1697	83.4	83.0	2489	219	0.176	0.126
4	S	66.1	100.0	0.0	-1992	16.6	83.0	2489	219	0.176	0.194
5	S	30.9	100.0	0.0	-882	7.0	83.0	2489	218	0.175	0.065
6	S	63.4	100.0	0.0	-1857	16.6	83.0	2489	219	0.176	0.159

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.
---------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	----	----------

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

1 S 24.4 0.0 90.0 -709 64.3 7.0 2355 224 0.178 0.054

7.4 VERIFICA SOLETTA DI FONDO

Le sollecitazioni massime ottenute sono riportate nella tabella seguente:

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-498.9	515.4	2027.8	1	0.45	SLU9
M3	min	-377.7	121.4	-1325.5	8	0.89	SLU6
V2	max	-384.3	667.7	924.6	2	0.89	SLU5
V2	min	-377.7	-534.92	-298.7	10	0	SLU3
P	max	-377.7	594.2	892.8	1	0.45	SLU3
P	min	-501.1	490.5	2024.4	1	0.45	SLU10

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-299.2	417.0	941.8	1	0.45	SLE-RAR4
M3	min	-299.2	130.5	-641.7	7	0.89	SLE-RAR4
V2	max	-303.6	434.8	312.9	1	0.89	SLE-RAR2
V2	min	-299.2	-389.1	-31.8	10	0	SLE-RAR3
P	max	-299.2	404.4	495.7	1	0.45	SLE-RAR3
P	min	-308.7	349.4	495.3	1	0.45	SLE-RAR1

$$M_{qp} = 277.87 \text{ kNm} \quad N_{qp} = -270.57 \text{ kNm}$$

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza della sezione di dimensioni 100 x 110 cm, armata superiormente ed inferiormente con 10 Φ 24; l'armatura secondaria è costituita da 5 Φ 20.

L'armatura a taglio è costituita da spilli Φ 12/20x40 in corrispondenza degli incastri, e da spilli Φ 12/40x40 nella parte centrale degli elementi.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_inf

(Percorso File: \\Oceano\C4F\LAVORO\MICHELA\SV svincolo 8\sol_inf.sez)

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: Moderat. 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/cm²
Resis. compr. ridotta fcd': 94.05 daN/cm²

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	336428 daN/cm ²
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm ²
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	199.20 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	149.40 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	0.200 mm

ACCIAIO	-	Tipo: B450C	
		Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
		Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm ²
		Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm ²
		Resist. ultima di calcolo ftd:	4500.0 daN/cm ²
		Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
		Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm ²
		Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
		Coeff. Aderenza ist. B1*B2 :	1.00 daN/cm ²
		Coeff. Aderenza diff. B1*B2 :	0.50 daN/cm ²
		Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	0.00	0.00
2	0.00	110.00
3	100.00	110.00
4	100.00	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	7.00	7.00	24
2	7.00	103.00	24
3	93.00	103.00	24
4	93.00	7.00	24

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	24
2	2	3	8	24

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

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
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	49895	202782	0	51538	0
2	37771	-132555	0	12143	0
3	38425	92465	0	66769	0
4	37771	-29874	0	-53492	0
5	37771	89277	0	59417	0
6	50112	202441	0	49052	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	29924	94182	0
2	29924	-64173	0
3	30361	31293	0
4	29924	-3178	0
5	29924	49572	0
6	30871	49531	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	27057	27787	0

RISULTATI DEL CALCOLO

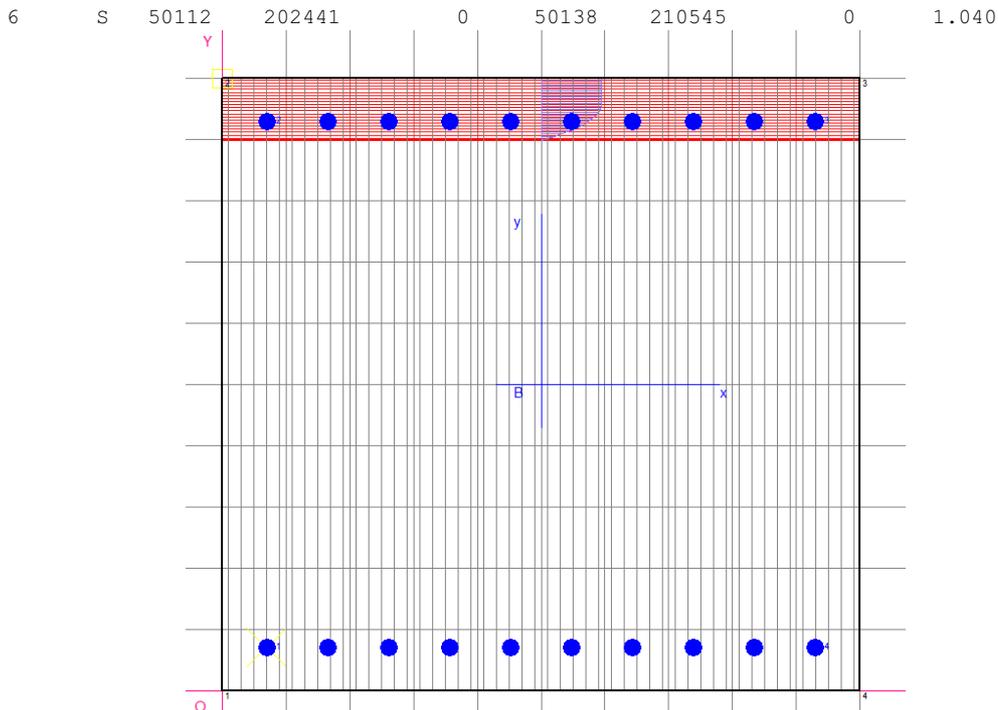
Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.6 cm

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 ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	49895	202782	0	49865	210425	0	1.038
2	S	37771	-132555	0	37782	-205122	0	1.547
3	S	38425	92465	0	38424	205404	0	2.221
4	S	37771	-29874	0	37782	-205122	0	6.866
5	S	37771	89277	0	37782	205122	0	2.298

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674



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	-0.01334	100.0	110.0	0.00100	93.0	103.0	-0.03329	7.0	7.0
2	0.00350	-0.01387	0.0	0.0	0.00092	7.0	7.0	-0.03446	93.0	103.0
3	0.00350	-0.01384	100.0	110.0	0.00092	93.0	103.0	-0.03440	7.0	7.0
4	0.00350	-0.01387	0.0	0.0	0.00092	7.0	7.0	-0.03446	93.0	103.0
5	0.00350	-0.01387	100.0	110.0	0.00092	93.0	103.0	-0.03446	7.0	7.0
6	0.00350	-0.01333	100.0	110.0	0.00100	93.0	103.0	-0.03327	7.0	7.0

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	0.000357198	-0.035791813		
2	0.000000000	-0.000368515	0.003500000		
3	0.000000000	0.000367913	-0.036970453		
4	0.000000000	-0.000368515	0.003500000		
5	0.000000000	0.000368515	-0.037036669		
6	0.000000000	0.000356958	-0.035765327		

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12 mm	
Passo staffe:	20.0 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0]
N.Bracci staffe:	2	
Area staffe/m :	11.3 cm ² /m	[Area Staffe Minima normativa = 2.3]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vru	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vcd	Taglio [daN] assorbito dal conglomerato nel calcolo delle staffe
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Afst	Area staffe strettamente necessarie a taglio per metro di trave [cm ² /m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	51538	307885	102561	103.0	100.0	21.80°	1.024	5.7
2	S	12143	306124	102561	103.0	100.0	21.80°	1.018	1.3
3	S	66769	306219	102561	103.0	100.0	21.80°	1.019	7.4
4	S	53492	306124	102561	103.0	100.0	21.80°	1.018	5.9
5	S	59417	306124	102561	103.0	100.0	21.80°	1.018	6.6
6	S	49052	307917	102561	103.0	100.0	21.80°	1.024	5.4

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 ²]
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 ²]
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 ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	55.5	100.0	110.0	-1907	7.0	7.0	2355	231	0.192	0.150
2	S	38.4	100.0	0.0	-1207	83.4	103.0	2355	230	0.190	0.094
3	S	19.4	100.0	110.0	-445	7.0	7.0	2355	226	0.182	0.034
4	S	3.7	100.0	0.0	20	93.0	103.0	2489	0	0.176	0.000
5	S	30.0	100.0	110.0	-868	7.0	7.0	2355	229	0.188	0.068
6	S	30.1	100.0	110.0	-859	16.6	7.0	2355	229	0.188	0.067

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	17.2	100.0	110.0	-394	7.0	7.0	2355	226	0.182	0.030

8 VERIFICA A CAPACITA' PORTANTE

Viene di seguito condotta la verifica a capacità portante del manufatto considerando l'approccio 2 con la combinazione A1-M1-R3.

Di seguito si riassumono le reazioni alla base ottenute nella combinazione A1

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
SLU1	Combination	-422.24	0	1663.46
SLU2	Combination	-422.24	0	1899.01
SLU3	Combination	-422.24	0	1899.51
SLU4	Combination	-869.87	0	1663.46
SLU5	Combination	-869.87	0	1899.01
SLU6	Combination	-869.87	0	1899.51
SLU7	Combination	-327.82	0	1451.53
SLU8	Combination	-327.82	0	1237.21
SLU9	Combination	-993.40	0	1379.73
SLU10	Combination	-993.40	0	1309.01

La profondità del piano di posa viene considerata in favore di sicurezza pari all'altezza del piano campagna dalla fondazione delle scatolare D=2.0 m

La larghezza dello scatolare è pari a : B= 9.80 m

Il terreno di fondazione su cui insiste il manufatto è lo strato 1.

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

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

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

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

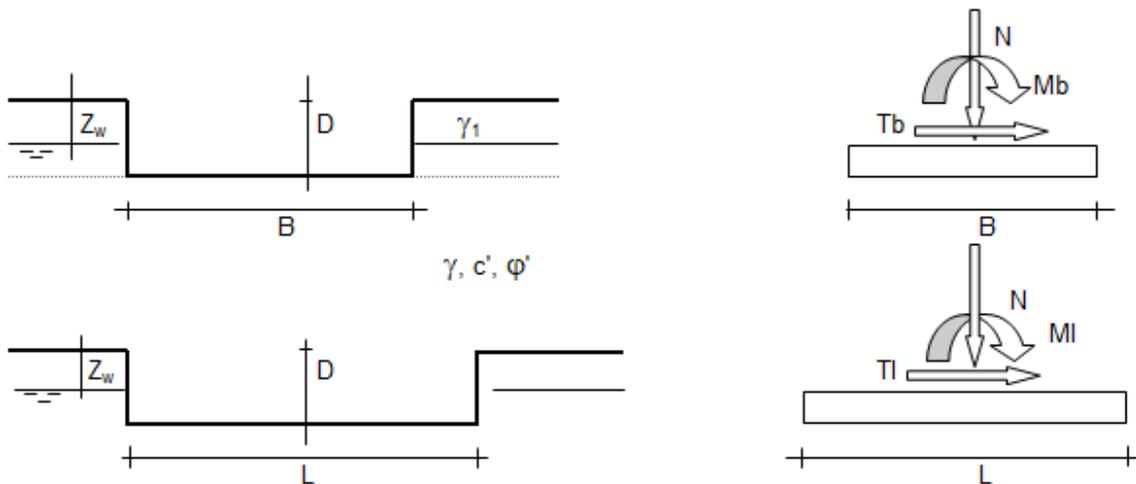
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

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	$\tan \phi'$	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	1.00	1.00	2.30	1.10	



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 9.80 (m)
L = 100.00 (m)
D = 2.00 (m)

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1899.51	0.00	1899.51
Mb [kNm]	0.00	0.00	0.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	993.40	0.00	993.40
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	993.40	0.00	993.40

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 18.00$ (kN/mc)

$\gamma = 18.00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0.00$ (kN/mq)

$\varphi' = 40.00$ (°)

Valori di progetto

$c^* = 0.00$ (kN/mq)

$\varphi^* = 40.00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 15.00$ (m)

$e_B = 0.00$ (m)

$e_L = 0.00$ (m)

$B^* = 9.80$ (m)

$L^* = 1.00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 36.00$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 18.00$ (kN/mc)

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

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

$N_q = 64.20$

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

$N_c = 75.31$

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

$$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan\varphi'$$

$$N\gamma = 109.41$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.00$$

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

$$s_q = 1.00$$

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

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 0.00 \quad \theta = \arctg(Tb/TI) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cot\varphi'))^m \quad (m=2 \text{ nel caso di fondazione nastriforme e } m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta) \text{ in tutti gli altri casi)}$$

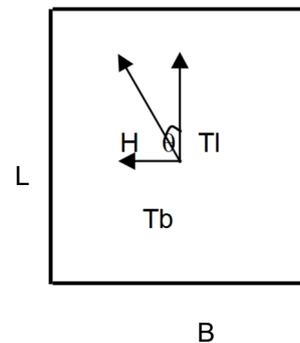
$$i_q = 0.23$$

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

$$i_c = 0.22$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cot\varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.11$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

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

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

$$d_q = 1.24$$

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

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

$$d_c = 1.24$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 757.44 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 193.83 \quad (\text{kN/m}^2)$$

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 329.32 \geq q = 193.83 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 993.40 \text{ (kN)}$$

Azione Resistente

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

$$S_d = 1593.88 \text{ (kN)}$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 1448.98 \geq H_d = 993.40 \text{ (kN)}$$

9 MURI AD U

Il modello di calcolo è generato in analogia a quanto fatto per la struttura scatolare, si riassumono di seguito i carichi applicati. La parete più alta a contenimento del rilevato stradale ha spessore maggiore e pari a 1.10 come la soletta di fondo mentre la parete più bassa ha spessore 90 cm. Si assume cautelativamente come altezza delle parete destra la massima che si ha in corrispondenza della sezione di attacco con lo scatolare e si considera che il terreno spingente lateralmente parta da una quota di 50 cm rispetto alla testa del muro.

Parete destra

SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL TERRENO ED AL CARICO SOVRASTANTE			
Spinta parete in corrispondenza linea d'asse soletta superiore (KN/mq)			0.00
Spinta parete a metà altezza (KN/mq)			34.64
Spinta parete in corrispondenza linea d'asse soletta inferiore (KN/mq)			69.27
SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE			
Accidentale stradale 20: (KN/mq)		8.53	
AZIONE SISMICA SU STRUTTURA			
Forza orizzontale su piedritti (KN/mq)		11.18	
AZIONE SISMICA SUL TERRENO			
Determinata secondo la teoria di Wood			
		SLV	
	$a_{max} =$	0.407	
Incremento spinta (kN/m)	$\Delta S_E =$	639.80	Applicato a metà altezza del paramento ed agente su uno solo dei piedritti

Parete sinistra

SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL TERRENO ED AL CARICO SOVRASTANTE			
Spinta parete in corrispondenza linea d'asse soletta superiore (KN/mq)			0.00
Spinta parete a metà altezza (KN/mq)			16.41
Spinta parete in corrispondenza linea d'asse soletta inferiore (KN/mq)			32.81
SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE			
Accidentale 10 (KN/mq)		4.26	
AZIONE SISMICA SU STRUTTURA			
Forza orizzontale su piedritti (KN/mq)		9.15	
AZIONE SISMICA SUL TERRENO			
Determinata secondo la teoria di Wood			
		SLV	
	$a_{max} =$	0.407	
Incremento spinta (kN/m)	$\Delta S_E =$	163.49	Applicato a metà altezza del paramento ed agente su uno solo dei piedritti

9.1 VERIFICA PIEDRITT SPESSORE 110

Le sollecitazioni massime ottenute sono riportate nella tabella seguente:

		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-219.9	1056.7	3705.3	12	0.55	SLU9
M3	min	0.0	0.0	0.0	12	8.55	SLU9
V2	max	-219.9	1056.7	3705.3	12	0.55	SLU9
V2	min	0.0	0.0	0.0	12	8.55	SLU1
P	max	0.0	0.0	0.0	12	8.55	SLU7
P	min	-296.9	491.2	1446.5	12	0.55	SLU1

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-219.9	327.5	964.3	12	0.55	SLE-RAR1
M3	min	0.0	0.0	0.0	12	8.55	SLE-RAR1
V2	max	-219.9	327.5	964.3	12	0.55	SLE-RAR1
V2	min	0.0	0.0	0.0	12	8.55	SLE-RAR4
P	max	0.0	0.0	0.0	12	8.55	SLE-RAR1
P	min	-219.9	327.5	964.3	12	0.55	SLE-RAR1

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza della sezione di dimensioni 100 x 110 cm, armata internamente con 5Φ20 ed esternamente con due strati di 10Φ26; l'armatura secondaria è costituita esternamente da 10 Φ20 ed internamente da 5 Φ16.

L'armatura a taglio è costituita da spilli Φ 12/20x40 in corrispondenza degli incastri, e da spilli Φ 12/40x40 nella parte centrale degli elementi.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: **pie-d-muroU-110**

(Percorso File: \\Oceano\C4F\LAVORO\MICHELA\SV svincolo 8\pie-d-muroU-110.sez)

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: Moderat. 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/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd': 94.05 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 336428 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 31.00 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 199.20 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 149.40 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

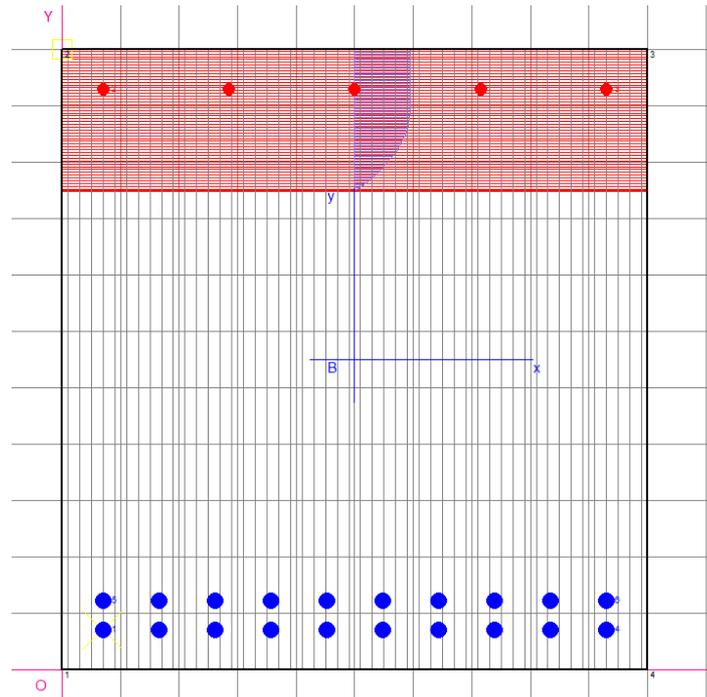
ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1*\beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1*\beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	0.00	0.00
2	0.00	110.00
3	100.00	110.00
4	100.00	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, 0
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	7.00	7.00	26

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

2	7.00	103.00	20
3	93.00	103.00	20
4	93.00	7.00	26
5	7.00	12.20	26
6	93.00	12.20	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	20
3	5	6	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	21994	370532	0	105674	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	21994	96431	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	21994	69135	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.6 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 4.9 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

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

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 ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	21994	370532	0	22005	392776	0	1.060

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	-0.00304	0.0	110.0	0.00253	7.0	103.0	-0.01079	7.0	7.0

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	0.000138767	-0.011764329		

ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 8 mm
Passo staffe: 6.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0]
N.Bracci staffe: 2
Area staffe/m : 16.8 cm²/m [Area Staffe Minima normativa = 2.4]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu Taglio agente [daN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vru Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vcd Taglio [daN] assorbito dal conglomerato nel calcolo delle staffe
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Afst Area staffe strettamente necessarie a taglio per metro di trave [cm²/m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	105674	303831	151942	103.0	100.0	21.80°	1.011	11.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
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 ²]
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 ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	50.8	0.0	110.0	-999	93.0	7.0	3021	179	0.184	0.061

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	37.0	0.0	110.0	-692	83.4	7.0	3021	178	0.183	0.042

9.2 VERIFICA PIEDRITT SPESSORE 90

Le sollecitazioni massime ottenute sono riportate nella tabella seguente:

		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-78.7	96.6	140.0	11	0.55	SLU9
M3	min	0.0	0.0	0.0	11	4.05	SLU10
V2	max	-106.3	96.8	126.0	11	0.55	SLU1
V2	min	0.0	0.0	0.0	11	4.05	SLU7
P	max	0.0	0.0	0.0	11	4.05	SLU1
P	min	-106.3	96.8	126.0	11	0.55	SLU1

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-78.7	64.5	84.0	11	0.55	SLE-RAR4
M3	min	0.0	0.0	0.0	11	4.05	SLE-RAR4
V2	max	-78.7	64.5	84.0	11	0.55	SLE-RAR4
V2	min	0.0	0.0	0.0	11	4.05	SLE-RAR4
P	max	0.0	0.0	0.0	11	4.05	SLE-RAR1
P	min	-78.7	49.6	57.9	11	0.55	SLE-RAR1

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza della sezione di dimensioni 100 x 90 cm, armata internamente con 5Φ20 ed esternamente con 10Φ22; l'armatura secondaria è costituita esternamente ed internamente da 5 Φ16.

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Non è necessaria armatura a taglio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: pied-muroU-90

(Percorso File: \\Oceano\C4F\LAVORO\MICHELA\SV svincolo 8\pied-muroU-90.sez)

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: Moderat. 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/cm²
Resis. compr. ridotta fcd': 94.05 daN/cm²
Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
Def.unit. ultima ecu : 0.0035
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec : 336428 daN/cm²
Coeff. di Poisson : 0.20
Resis. media a trazione fctm: 31.00 daN/cm²
Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 199.20 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : Non prevista
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 149.40 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm²
Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm²
Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00 daN/cm²
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50 daN/cm²
Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	0.00	0.00
2	0.00	90.00
3	100.00	90.00
4	100.00	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, 0
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	7.00	7.00	20

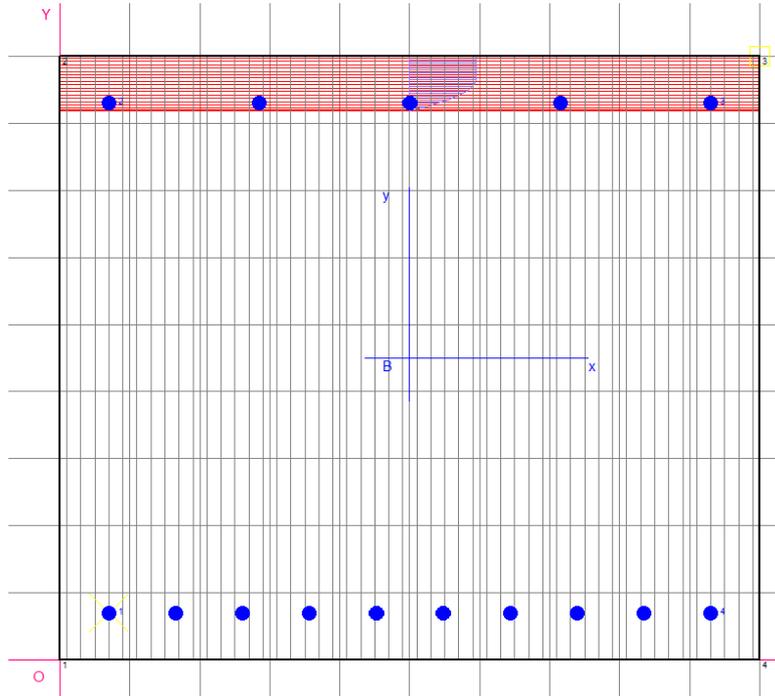
RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

2	7.00	83.00	20
3	93.00	83.00	20
4	93.00	7.00	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	8	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	7873	14003	0	9656	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	7873	8398	0

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

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	7873	5789	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.2 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 ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	7873	14003	0	7897	107371	0	7.621

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	-0.01309	100.0	90.0	0.00049	93.0	83.0	-0.03219	7.0	7.0

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	0.000430011	-0.035201016		

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/cm²]

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

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 ²]
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 ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.2	0.0	90.0	-244	93.0	7.0	2070	234	0.180	0.019

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	6.4	0.0	90.0	-137	93.0	7.0	2070	231	0.173	0.011

Valore limite del taglio senza armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Rck	40	MPa					
fck	33.2	MPa					
γc	1.5						
h	900	mm					
d	834	mm					
bw	1000	mm	As	5	Φ	20.0	
1+(200/d) ^{0,5}	1.490						
k	1.490						
Asl	1571	mmq					
Asl/(bw · d)	0.0019						
ρ1	0.002						
vmin	0.367						
vmin · bw · d	305810						
V _{Rd}	305.8	KN	< V _{Ed}	96.8	KN		

senza considerare il contributo dello sforzo assiale

9.3 VERIFICA SOLETTA DI FONDO

Le sollecitazioni massime ottenute sono riportate nella tabella seguente:

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

M3	max	-623.8	-471.1	4044.6	10	0.34	SLU9
M3	min	-335.1	34.8	125.8	1	0.89	SLU3
V2	max	-351.7	38.4	167.5	1	0.89	SLU1
V2	min	-623.8	-628.35	2822.6	8	0	SLU9
P	max	-335.1	18.5	137.5	1	0.45	SLU3
P	min	-623.8	-116.4	254.8	1	0.45	SLU9

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-228.1	-222.5	1037.5	10	0.34	SLE-RAR1
M3	min	-228.1	30.4	73.5	1	0.89	SLE-RAR1
V2	max	-200.3	47.4	93.3	1	0.89	SLE-RAR4
V2	min	-228.1	-231.9	960.3	10	0	SLE-RAR1
P	max	-200.3	35.3	111.5	1	0.45	SLE-RAR4
P	min	-228.1	18.3	84.2	1	0.45	SLE-RAR1

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza della sezione di dimensioni 100 x 110 cm, armata internamente con 5Φ20 ed esternamente con due strati di 10Φ26; l'armatura secondaria è costituita esternamente da 10 Φ20 ed internamente da 5 Φ16.

L'armatura a taglio è costituita da spilli Φ 12/20x40 in corrispondenza degli incastri, e da spilli Φ 12/40x40 nella parte centrale degli elementi.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: fond-muroU

(Percorso File: \\Oceano\C4F\LAVORO\MICHELA\SV svincolo 8\fond-muroU.sez)

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: Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertzia
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/cm²
Resis. compr. ridotta fcd': 94.05 daN/cm²
Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
Def.unit. ultima ecu : 0.0035
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec : 336428 daN/cm²
Coeff. di Poisson : 0.20
Resis. media a trazione fctm: 31.00 daN/cm²
Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 199.20 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : Non prevista
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 149.40 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

ACCIAIO	-	Tipo: B450C	
		Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
		Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm ²
		Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm ²
		Resist. ultima di calcolo ftd:	4500.0 daN/cm ²
		Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
		Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm ²
		Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
		Coeff. Aderenza ist. B1*B2 :	1.00 daN/cm ²
		Coeff. Aderenza diff. B1*B2 :	0.50 daN/cm ²
		Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	0.00	0.00
2	0.00	110.00
3	100.00	110.00
4	100.00	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	7.00	7.00	26
2	7.00	103.00	20
3	93.00	103.00	20
4	93.00	7.00	26
5	7.00	12.20	26
6	93.00	12.20	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	20
3	5	6	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	62382	404457	0	-47114	0
2	33515	12583	0	3480	0

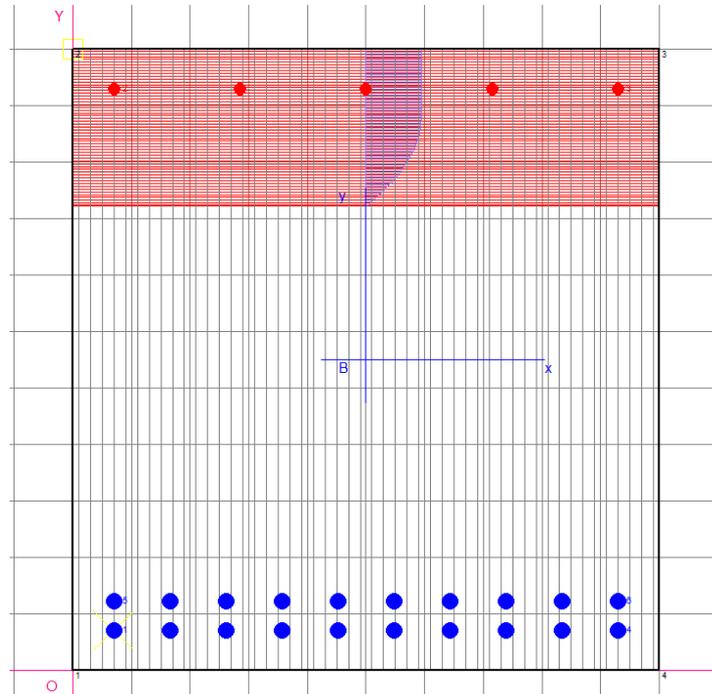
RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

3	35170	16746	0	3842	0
4	62382	282262	0	-62835	0
5	33515	13755	0	1847	0
6	62382	25483	0	-11640	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	22808	103752	0
2	22808	7354	0
3	20034	9330	0
4	22808	96027	0
5	20034	11151	0
6	22808	8425	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	18990	73957	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.6 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.5 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

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 ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	62382	404457	0	62387	405123	0	1.002
2	S	33515	12583	0	33526	396364	0	27.147
3	S	35170	16746	0	35171	396873	0	21.065
4	S	62382	282262	0	62387	405123	0	1.429
5	S	33515	13755	0	33526	396364	0	25.139
6	S	62382	25483	0	62387	405123	0	13.921

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	-0.00244	0.0	110.0	0.00262	7.0	103.0	-0.00947	7.0	7.0
2	0.00350	-0.00286	0.0	110.0	0.00256	7.0	103.0	-0.01039	7.0	7.0
3	0.00350	-0.00283	0.0	110.0	0.00256	7.0	103.0	-0.01034	7.0	7.0
4	0.00350	-0.00244	0.0	110.0	0.00262	7.0	103.0	-0.00947	7.0	7.0
5	0.00350	-0.00286	0.0	110.0	0.00256	7.0	103.0	-0.01039	7.0	7.0
6	0.00350	-0.00244	0.0	110.0	0.00262	7.0	103.0	-0.00947	7.0	7.0

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	0.000125935	-0.010352831		
2	0.000000000	0.000134874	-0.011336134		
3	0.000000000	0.000134332	-0.011276540		
4	0.000000000	0.000125935	-0.010352831		
5	0.000000000	0.000134874	-0.011336134		
6	0.000000000	0.000125935	-0.010352831		

ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 22.6 cm²/m [Area Staffe Minima normativa = 2.4]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA AL KM 3+674

Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vru	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vcd	Taglio [daN] assorbito dal conglomerato nel calcolo delle staffe
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Afst	Area staffe strettamente necessarie a taglio per metro di trave [cm ² /m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	47114	309700	205122	103.0	100.0	21.80°	1.030	5.2
2	S	3480	305505	205122	103.0	100.0	21.80°	1.016	0.4
3	S	3842	305746	205122	103.0	100.0	21.80°	1.017	0.4
4	S	62835	309700	205122	103.0	100.0	21.80°	1.030	6.9
5	S	1847	305505	205122	103.0	100.0	21.80°	1.016	0.2
6	S	11640	309700	205122	103.0	100.0	21.80°	1.030	1.3

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 ²]
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 ²]
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 ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	54.6	100.0	110.0	-1078	35.7	7.0	3021	179	0.184	0.066
2	S	5.4	0.0	110.0	-16	83.4	7.0	1200	154	0.125	0.001
3	S	6.2	0.0	110.0	-39	16.6	7.0	1900	150	0.138	0.002
4	S	50.7	0.0	110.0	-991	93.0	7.0	3021	179	0.184	0.060
5	S	7.2	0.0	110.0	-57	93.0	7.0	2150	156	0.150	0.003
6	S	5.9	0.0	110.0	-25	93.0	7.0	1500	143	0.125	0.001

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	39.2	100.0	110.0	-758	7.0	7.0	3021	179	0.183	0.046