

Città
metropolitana
di Milano

Westfield

WESTFIELD MILAN S.p.a.
C.so Giacomo Matteotti, 10
20121 Milano

ACCORDO DI PROGRAMMA
(APPROVATO CON D.P.G.R. DEL 22.05.2009 N.5095)
PRIMO ATTO INTEGRATIVO
(APPROVATO CON D.P.G.R. DEL 29.03.2010 N.3148)

POTENZIAMENTO DELLA S.P. N.103
"ANTICA DI CASSANO"
1° LOTTO - 2° STRALCIO
TRATTA B

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO elaborato : OPERE D'ARTE MINORI Relazione di calcolo attraversamenti AT01a-AT06a				Cod. Elaborato: E.08.14
CODICE WM : WM-ERR-TB-00-M2-C-95297				Scala:
	Redatto PALADIN	Controllato VISCHIONI	Approvato RINALDI	Data: Maggio 2015

Revisioni	Redatto	Controllato	Approvato	DATA:
A	PALADIN	VISCHIONI	RINALDI	VERIFICA - SETT. 2015
B				
C				
D				

Progettazione :



Il Direttore Tecnico
Dott. Ing. Alberto RINALDI

Visto

Visto

WESTFIELD MILAN S.p.a.
C.so Giacomo Matteotti, 10
20121 Milano

.....

.....

INDICE

- **PREMESSE**
 - **DESCRIZIONE**
 - **MATERIALI**
 - **METODO COSTRUTTIVO**
 - **CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO**
 - **CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI RIEMPIMENTO**
 - **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**
 - **METODO DI CALCOLO**
 - **SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA E DEI VINCOLI**
 - **ANALISI DEI CARICHI**
 - **TABULATO DI CALCOLO**
 - **VERIFICHE DI RESISTENZA E FESSURAZIONE**
 - **VERIFICA DI PORTATA**
 - **SCHEMA ARMATURE**
-

PREMESSE

La presente relazione è relativa agli attraversamenti idraulici previsti nell'ambito dei lavori per il potenziamento della S.P. n. 103 "Antica di Cassano".

In particolare si riporta l'analisi statica e il dimensionamento dei seguenti scatolari idraulici prefabbricati aventi dimensioni interne pari a 2.0x1.0 m e spessori strutturali pari a 20 cm con ricoprimento 0.20m a 0.50m:

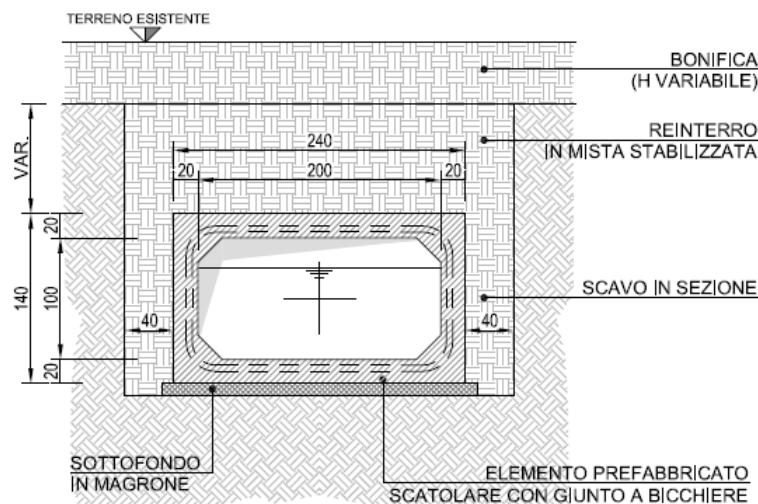
Nome opera	Dimensioni (m)	Lunghezza (m)	Ricoprimento (m)	Quota scorrimento
AT01a	2.0x1.0 sp. 0.20	28.00	0.20	≅114.50
AT06a	2.0x1.0 sp. 0.20	6.00	0.50	≅113.80

Nell'analisi svolta si considera un ricoprimento sulla soletta superiore pari a 0.20 m al di sopra del quale è presente la sede stradale (situazione più gravosa) la falda è al di sotto del piano di posa del manufatto.

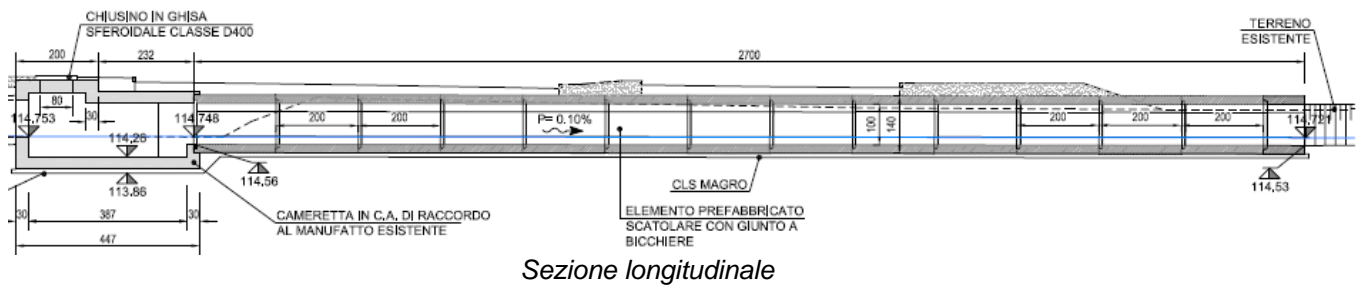
Nella presente relazione si riportano l'analisi dei carichi, le sollecitazioni e le verifiche degli elementi principali.

Le fasi realizzative del manufatto prevedono un rinterro

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche delle strutture interrato, con l'aggiunta delle azioni dovute al traffico stradale, per le quali si fa riferimento alle "Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 14 Gennaio 2008". Dal punto di vista sismico l'opera ricade nel comune di Segrate.



Sezione trasversale



Per le geometrie dettagliate dei manufatti si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

DESCRIZIONE

Si tratta di manufatti prefabbricati in c.a.v. a sezione rettangolare scatolare di profondità 200 cm avente le dimensioni interne (200x100) cm sp.20 cm.

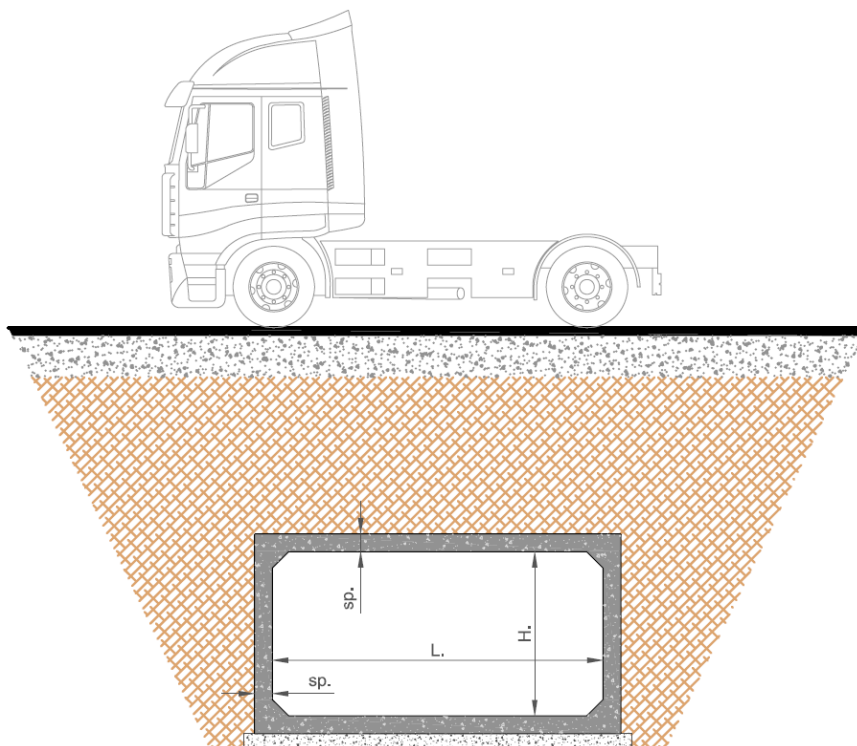
E' previsto prefabbricato in cantiere specializzato data la cura necessaria per produrre tale manufatto.

La quota tra l'estradosso dell'elemento e il terreno è pari a 20 cm;

lo spessore dei traversi e ritti è di 20 cm.

Gli elementi scatolari dovranno essere autoportanti ed idonei a sopportare:

- carichi permanenti dovuti al rilevato soprastante;
- carichi variabili del traffico per strade di I^a categoria;
- spinta laterale del terreno di riempimento a tergo delle murature e dei carichi variabili previsti;
- spinta idraulica interna in condizioni statiche (salvo diversamente specificato);
- spinta idraulica esterna dovuta alla presenza eventuale di falda;
- azione sismica di riferimento per la località (tipo di costruzione 2, vita nominale dell'opera 100 anni, classe d'uso III, zona sismica 4 – bassa sismicità).



MATERIALI

Calcestruzzo C40/50

R_{ck}	500	(daN/cm ²)
f_{ck}	415	(daN/cm ²)
f_{cd}	277	(daN/cm ²)
f_{ct1}	235	(daN/cm ²) (S.L.U.)
σ_c	187	(daN/cm ²) (S.L.E.)
f_{ctd}	16,01	(daN/cm ²)
E_c	350000	(daN/cm ²)
ν		0,2

Classe di esposizione XC2-XF3-XA1 – “Corrosione indotta da carbonatazione – ambiente aggressivo”

Valori nominali di massima fessurazione (mm)

Combinazione frequente	0,30
Combinazione quasi permanente	0,20

Acciaio B450C

f_{tk}	5400	(daN/cm ²)
f_{yk}	4500	(daN/cm ²)
f_{sd}	3910	(daN/cm ²) (S.L.U.)
σ_y	3000	(daN/cm ²) (S.L.E.)
ϵ	0,0100	
E_a	2100000	(daN /cm ²)

Raggi di curvatura

D =diametro minimo del mandrino

barre	per $\phi \leq 16$ mm D=6 ϕ
	per $\phi \geq 16$ mm D=11 ϕ
staffe, ripartitori, legature/spilli	per $\phi \leq 12$ mm D=2 ϕ
	per $\phi > 12$ mm e < 18 mm D=4 ϕ
	per $\phi > 18$ mm e < 25 mm D=5 ϕ

Lunghezza di ancoraggio armature

La lunghezza di ancoraggio di base $l_{b,rqd}$ necessaria ad ancorare le forze di trazione nell'armatura è data da:

$$l_{b,rqd} = (\phi / 4) (\sigma_{sd} / f_{bd}) \text{ dove: } \sigma_{sd} = f_{yd} \text{ } 391,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bd} = 3,69 \text{ N/mm}^2 \text{ (calcestruzzo C40/50)}$$

la lunghezza di ancoraggio di progetto $l_{b,rqd}$ è data da:

$$l_{bd} = a_1 \times a_2 \times a_3 \times a_4 \times a_5 \times (\phi / 4) \text{ } l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \text{ } \max \{15\text{cm}; 26,5 \phi\}$$

dove: $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 = 1$

Si assume di conseguenza come valore di progetto il valore minimo $l_{b,min} = \max \{15\text{cm}; 26,5 \phi\}$

spessore minimo del copriferro 3 cm.

Il copriferro è dettato dalla classe di esposizione del calcestruzzo; nel nostro caso si è indicato un ambiente debolmente aggressivo (XC2-XF3-XA1); dai prospetti 4.3N e 4.4N per classe strutturale S4, vita utile di progetto pari a 100 anni, classe di resistenza maggiore di C35/45, controllo di qualità speciale della produzione del calcestruzzo ed elemento simile ad una soletta, si evince che il copriferro da considerare è pari a 25 mm + 5 mm (cdev) = 30 mm (come riportato dalle tabelle sotto riportate tratte dalle UNI EN1992-1-1 Eurocodice 2);

prospetto 4.3N **Classificazione strutturale raccomandata**

Classe Strutturale							
Criterio	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Vita utile di progetto di 100 anni	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi
Classe di resistenza ^{1) 2)}	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C35/45 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C45/55 ridurre di 1 classe
Elemento di forma simile ad una soletta (posizione delle armature non influenzata dal processo costruttivo)	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe
È assicurato un controllo di qualità speciale della produzione del calcestruzzo	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe

prospetto 4.4N **Valori del copriferro minimo, $c_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080**

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

METODO COSTRUTTIVO

Nell'ambito del presente lavoro è inclusa la fornitura di elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso armato, a sezione rettangolare di dimensioni interne nette riportate nelle tavole di progetto.

I manufatti prefabbricati dovranno essere conformi alla norma Uni EN 14844:2006 (con marcatura CE secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 e relativi Eurocodici) con ricoprimenti minimi e massimi rilevati dal profilo longitudinale di progetto.

Le armature dovranno essere dimensionate secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 e s.m.i., in particolare dovranno essere realizzate con doppia rete elettrosaldata e ferri aggiuntivi sagomati.

I manufatti dovranno essere vibrocompressi, ben stagionati, compattati, levigati, lisci, perfettamente rettilinei, a sezione interna rettangolare, di spessore uniforme su tutte le pareti, scevri da screpolature e fessure, conforme alle Norme Tecniche per le Costruzioni e successiva Circolare applicativa.

I manufatti prefabbricati dovranno essere confezionati con calcestruzzo di cemento tipo 425 Portland o come previsto da voce capitolato cementi, con classe di resistenza C40/50 N/mm², con inerti perfettamente lavati di granulometria assortita di almeno tre granulometrie, rispettando il fuso granulometrico di Fuller, in conformità a quanto prescritto dalla UNI 206-2001. Il calcestruzzo dovrà essere prodotto nel cantiere di prefabbricazione con propri impianti di betonaggio, provvedendo oltre al controllo delle miscele, anche il controllo del rapporto a/c tenendo conto dell'umidità degli inerti.

I manufatti prefabbricati dovranno essere armati con gabbia rigida costituita da rete elettrosaldata di acciaio B450C e da eventuali ferri sagomati, saldati e posizionati correttamente in acciaio B450C, opportunamente calcolata e dimensionata in funzione dei carichi e delle sollecitazioni previste, copriferro min. come da normativa, verifica al rischio sismico ed alla fessurazione secondo la normativa vigente.

I manufatti dovranno essere posti in opera su base continua di calcestruzzo a consistenza plastica e resistenza caratteristica pari a $R_{ck} 150 \text{ daN/cm}^2$, armata con rete elettrosaldata di acciaio, dimensioni 6 mm, maglia 20x20 cm, stesa sovrapponendo maglia a maglia sulle giunzioni, con spessore minimo di 20 cm, compreso l'onere del controllo della livelletta con l'ausilio di idonee apparecchiature laser; **indicazioni da verificare e confermare da parte del Progettista e del Direttore dei Lavori delle strutture in opera anche sulla base di specifiche indagini geologiche e geotecniche**

I manufatti dovranno avere lunghezza utile non inferiore a quanto indicato negli elaborati di progetto, completo di giunto a risega a tutto spessore, con possibilità di posizionamento di guarnizione, conforme alle norme UNI EN 681-1:2006, alloggiata su apposita sede, atta a garantire la perfetta tenuta idraulica con spessore di rinterro e caratteristiche come dai disegni di progetto, in conformità a quanto previsto dalla normativa italiana vigente sui cementi armati D.M. 14.01.2008 e compreso di ganci di sollevamento a fungo per la movimentazione.

I manufatti dovranno essere privi di fori passanti e dovranno essere posti in opera con idonee attrezzature omologate secondo quanto previsto dalle norme vigenti sulla sicurezza nei cantieri.

Eventuali ispezioni per passo d'uomo dovranno essere predisposte con apposite dime in ferro zincato debitamente fissate all'armatura con adeguati cordoli di collegamento, il tutto integrato nel getto a perfetta regola d'arte.

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche tecniche medie:

$$\gamma_t = 18,00 \text{ KN/mc (peso di volume del terreno)}$$

$$\gamma_{t,sat} = 23,00 \text{ KN/mc (peso di volume del terreno saturo in falda)}$$

$$\gamma^*_t = 13,00 \text{ KN/mc (peso di volume del terreno immerso)}$$

$$\gamma_w = 10,00 \text{ KN/mc (peso di volume dell'acqua di falda)}$$

$$\Phi \text{ (angolo di attrito interno) } 34^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa (non considerata a favore di sicurezza)}$$

$$c_u = 0 \text{ kPa (non considerata a favore di sicurezza)}$$

$$k_{\text{Winkler}} = 5 \times 10^4 \text{ KN/m}^3$$

categoria di sottosuolo tipo C (per la definizione dell'azione sismica di progetto)

In fase di apertura degli scavi dovrà essere confermato il dato di progetto assunto o in caso contrario dovranno essere assunte tutte le cautele del caso.

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI RIEMPIMENTO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche tecniche medie:

$$\gamma_t = 20,00 \text{ KN/mc (peso di volume del terreno)}$$

$$\gamma_{t,sat} = 23,00 \text{ KN/mc (peso di volume del terreno saturo in falda)}$$

$$\gamma^*_t = 13,00 \text{ KN/mc (peso di volume del terreno immerso)}$$

$$\gamma_w = 10,00 \text{ KN/mc (peso di volume dell'acqua di falda)}$$

$$\Phi \text{ (angolo di attrito interno) } 35^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa (non considerata a favore di sicurezza)}$$

$$c_u = 0 \text{ kPa (non considerata a favore di sicurezza)}$$

$$k_0 \text{ (spinta a riposo) } = 1 - \sin \Phi = 0,426$$

categoria di sottosuolo tipo C (per la definizione dell'azione sismica di progetto)

In fase di chiusura degli scavi il materiale di reinterro dovrà essere adeguatamente compattato a tergo del manufatto.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a:

- UNI EN 1992: 2005 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 1998: 2005 - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica;
- DM 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare applicativa 02.02.2009 n 617 C.S.LL.PP.

METODO DI CALCOLO

Per il calcolo e verifica delle sollecitazioni si è utilizzato un programma agli elementi finiti:

SISMICAD della società Concrete srl.

Per le verifiche di resistenza si sono utilizzate le procedure del metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi (S.L.U.) secondo quanto prescritto dal D.M. 14-01-2008 eseguendo anche le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che prevedono il controllo delle aperture delle fessure.

Le specifiche di calcolo sono riportate nell'allegato "Tabulati di calcolo".

SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA E DEI VINCOLI

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico su appoggio continuo su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- carichi permanenti dovuti al rilevato soprastante;
- carichi variabili del traffico per strade di I^a categoria;
- spinta laterale del terreno di riempimento a tergo delle murature e dei carichi variabili previsti;
- spinta idraulica interna in condizioni statiche (salvo diversamente specificato);
- spinta idraulica esterna dovuta alla presenza eventuale di falda;
- azione sismica di riferimento per la località.

ANALISI DEI CARICHI

Il ricoprimento tra l'estradosso dell'elemento e la sede stradale è considerato pari a 20 cm.

Carichi permanenti

Le azioni dovute ai carichi permanenti sono costituite dal peso della pavimentazione stradale + sottofondo sovrastante il manufatto e dal peso proprio dei traversi:

$$P_{v,pav} = 0,20 \times 20,00 = 4,00 \text{ kN/m}^2$$

Il peso proprio, il cui peso specifico definito di 25 kN/m³, è valutato automaticamente dal programma.

Carichi variabili

Per il carico variabile (strade di I^a categoria) sulla soletta superiore dello scatolare viene considerato un carico equivalente uniforme tra i più gravosi tra le seguenti condizioni:

- Una ruota da 150 kN;
- Un asse da 300 kN;
- Due assi da 600 kN complessivi;

Nel caso in esame il contributo più gravoso è rappresentato da un asse da 300 kN del mezzo convenzionale (larghezza impronta 160cm x 40cm, asse stradale perpendicolare allo scatolare) che genera un carico distribuito (diffusione carico a 45°) riferito alla quota media della soletta superiore pari a:

$$Q_{V,veic, sup} = 300 / ((1,60 + 0,20 \cdot \text{tg}45^\circ \times 2 + 0,20) \times (0,40 + 0,20 \cdot \text{tg}45^\circ \times 2 + 0,20)) = \\ = 300 / (2,20 \times 1,00) = 136,40 \text{ kN/m}^2$$

Al quale va aggiunto il carico distribuito di 9,00 kN/m²

$$Q'_{V,veic, sup} = 136,40 + 9,00 = 145,40 \text{ kN/m}^2$$

Spinta orizzontale del terreno

Viene schematizzata come un carico trapezoidale agente sulle pareti laterali a partire dall'interasse della soletta superiore fino all'interasse di quella inferiore:

$$P_{H,terr,sup} = 0,30 \times 20,00 \times 0,426 = 2,56 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H,terr,inf} = 1,50 \times 20,00 \times 0,426 = 12,78 \text{ kN/m}^2$$

Incremento della spinta orizzontale dovuta ai carichi variabili

Il sovraccarico variabile agente sul terreno ai lati della struttura è posto cautelativamente pari allo stesso valore del sovraccarico accidentale:

Al livello superiore vale:

$$Q_{H,veic,sup} = Q'_{V,veic, sup} \times 0,426 = 61,94 \text{ kN/m}^2$$

Al livello inferiore vale:

$$Q_{H,veic,inf} = ((300 \times 2 / (4,39 \times 3,59)) + 9,00) \times 0,426 = 20,05 \text{ kN/m}^2$$

Frenamento

Come riportato nella norma europea UNI EN 14844 – versione italiana del dicembre 2013 - si può considerare che ogni carico orizzontale dovuto al traffico di superficie può senza pericolo essere assorbito dalla massicciata stradale o altre superfici, senza che abbia effetto sugli elementi scatolari.

Dato che il progetto prevede un ricoprimento pari a 20 cm, si ipotizza che gli effetti dovuti alla frenatura incidano per una quota parte del 50% sullo scatolare secondo la formula dettata dalla normativa vigente:

$$L_{\text{carreggiata}} = 5,0 \text{ m} \quad L_{\text{scatolare}} = 2,20 \text{ m}$$

$$Q_{H,fren,sup} = 0,5 \times ((0,6 \times 600) + (0,1 \times 9,00 \times 5,0 \times 2,20)) / (5,0 \times 2,20) = 16,80 \text{ kN/m}^2$$

Carichi variabili interni

Si è ipotizzato l'elemento a massimo livello non in pressione.

Sulla soletta inferiore si avrà sovraccarico accidentale pari a:

$$P_{v,acqua \text{ int}} = 1,00 \times 10,00 = 10,00 \text{ kN/m}^2$$

Sulle pareti il valore massimo della spinta al livello superiore sarà pari a:

$$Q_{H,idri,sup} = 0 \text{ kN/m}^2$$

Sulle pareti il valore massimo della spinta al livello inferiore sarà pari a:

$$Q_{H,idri,inf} = 1,00 \times 10,00 = 10,00 \text{ kN/m}^2$$

Falda acquifera

Non è prevista la presenza della falda alle quote in progetto.

Azioni termiche

Dato che il manufatto (dimensioni modeste) risulta essere interrato e quindi non direttamente esposto agli eventi atmosferici, gli effetti dovuti alle variazioni termiche possono essere trascurati.

Azioni sismiche

Si considera la presenza di un sisma in accordo a quanto riportato dal D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i., tuttavia tale condizione risulta tra le meno impegnative se raffrontata all'applicazione degli SLU e degli SLE.

Sismicamente lo scatolare viene schematizzato come descritto al paragrafo 7.9.5.6.2 del DM 14.01.2008 dove si specifica: "Nel caso in cui la spalla sostenga un terreno rigido naturale per più dell'80% della sua altezza, si può considerare che esso si muova con il suolo. In questo caso si assume un fattore di struttura $q=1$ e le forze di inerzia di progetto sono determinate considerando un'accelerazione pari ad $a_g \times S$."

Si ammette quindi che lo scatolare si muova insieme al terreno e non si applicano i particolari costruttivi inerenti la duttilità del capitolo 7 della normativa vigente.

Le forze di inerzia di progetto o forze pseudo statiche vengono determinate moltiplicando le masse per l'accelerazione pari a $a_g \times S$, in cui a_g è la massima accelerazione dello spettro orizzontale elastico del sito.

Le masse che generano tali forze di inerzia sono: peso proprio del traverso superiore, peso proprio dei piedritti, peso del terreno di ricoprimento, peso dei carichi permanenti gravanti sul traverso, considerando nullo il valore delle masse corrispondenti ai carichi da traffico (paragrafo 5.1.3.8 del D.M. 14/01/2008).

Oltre a questa forza bisogna considerare la spinta sismica dovuta al rinfiamento agente sui piedritti.

Inoltre la spinta sismica verticale non è stata presa in considerazione in quanto non significativa per opere interrato con queste dimensioni.

SLV:

Tipo di costruzione 2

Vita nominale dell'opera 100 anni

Classe d'uso III

Periodo di riferimento $V_r = 100 \times 1,5 = 150$ anni

$a_g = 0,0793$ g $F_0 = 2,6698$ $T^*c = 0,3017$ s

Suolo tipo C

Categoria topografica T1

$S = S_s \times S_T = 1,50 \times 1,00 = 1,50$

Accelerazione massima del sito $a_{max} = 0,1190$ g

$\beta_m = 1$

$k_h = \beta_m \times a_{max} = 0,1190$

$k_v = 0,50 \times 0,1189 = 0,0595$

La forza orizzontale sismica da applicare a livello dell'interasse della soletta superiore è pari a:

$S_r = k_h \times ((\gamma_t \times H_{ric.}) + (\text{peso manufatto}/2/L))$

peso manufatto = 36,00 kN

$L = \text{larghezza scatolare} = 2,20$ m

$S_r = 0,1190 \times ((0,20 \times 20,00) + (36,00 / 2 / 2,20)) = 1,45$ kN/m²

La spinta dinamica da applicare sui piedritti dello scatolare è pari a:

$E_d = E_{ws} + E_{wd} + E_{dd} = \gamma_w \times h_w + 7/12 \times k_h \times \gamma_w \times h_w + 1/2 \gamma^* (1 - k_v) K H$

$H = \text{altezza scatolare} = 1,20$ m

$E_{ws} = \gamma_w \times h_w$, spinta statica dell'acqua esterna = 0

$E_{wd} = 7/12 \times k_h \times \gamma_w \times h_w$, spinta idrodinamica acqua esterna = 0

$\gamma^* = \text{peso di volume del terreno}$

$K = \text{coefficiente di spinta della terra statica + dinamica calcolata secondo la formula di Mononobe e Okabe:}$

$$K = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos^2\theta} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin\varphi \cdot \sin(\varphi - \beta - \theta)}{\cos\theta \cdot \cos\beta}} \right]^{-2}$$

ϕ = angolo di attrito interno = 30°

θ = $\arctan((k_h / (1 - k_v))) = 0,126$

β = inclinazione paramento = 0

$K = 0,415$

$E_{dd} = 1/2 \times 20,00 \times (1 + 0,0595) \times 0,415 \times 1,20 = 5,30 \text{ kN/m}^2$ (carico rettangolare sulla parete)

TABULATO DI CALCOLO

Si riporta a seguire l'estrapolazione del tabulato di calcolo dello scatolare (tutti i valori si riferiscono a 1,00 m di profondità del manufatto).

1 Materiali

1.1 Materiali c.a.

Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Rck: Resistenza caratteristica cubica; valore medio nel caso di edificio esistente. [kN/m²]

E: Modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [kN/m²]

Gamma: Peso specifico del materiale. [kN/m³]

Poisson: Coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

G: Modulo di elasticità tangenziale del materiale, viene impiegato nella modellazione di aste. [kN/m²]

Alfa: Coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C⁻¹]

Descrizione	Rck	E	Gamma	Poisson	G	Alfa
C40/50_1	50000	35547105	25	0.1	16157775	0.00001

1.2 Curve di materiali c.a.

Rck: Resistenza caratteristica cubica; valore medio nel caso di edificio esistente. [kN/m²]

E: Modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [kN/m²]

Gamma: Peso specifico del materiale. [kN/m³]

Poisson: Coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

G: Modulo di elasticità tangenziale del materiale, viene impiegato nella modellazione di aste. [kN/m²]

Alfa: Coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C⁻¹]

Curva: Curva caratteristica.

Reaz.traz.: Reagisce a trazione.

Comp.frag.: Ha comportamento fragile.

E.compr.: Modulo di elasticità a compressione. [kN/m²]

Incr.compr.: Incrudimento di compressione. Il valore è adimensionale.

EpsEc: Epsilon elastico a compressione. Il valore è adimensionale.

EpsUc: Epsilon ultimo a compressione. Il valore è adimensionale.

E.traz.: Modulo di elasticità a trazione. [kN/m²]

Incr.traz.: Incrudimento di trazione. Il valore è adimensionale.

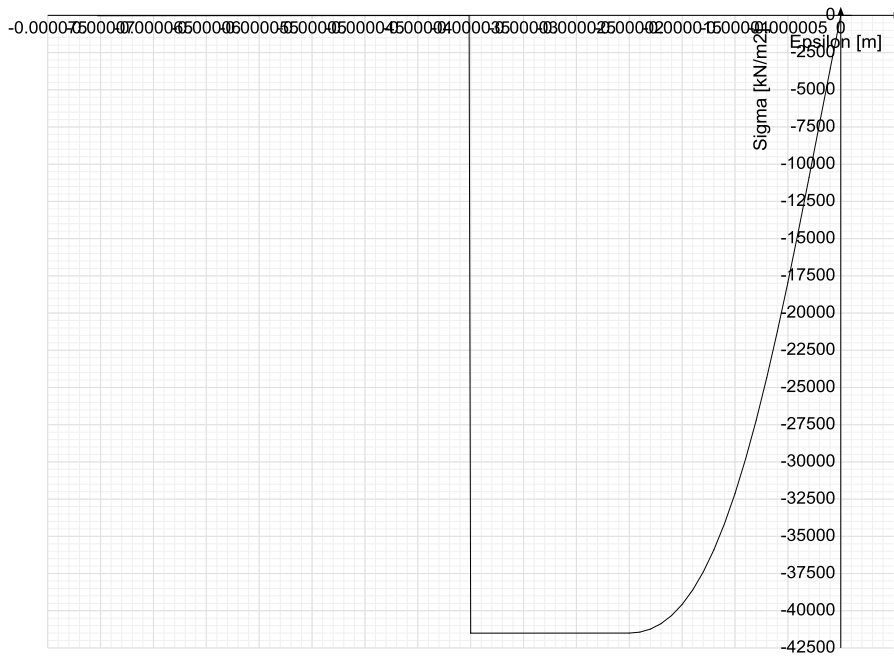
EpsEt: Epsilon elastico a trazione. Il valore è adimensionale.

EpsUt: Epsilon ultimo a trazione. Il valore è adimensionale.

Materiale: C40/50_1

Rck	E	Gamma	Poisson	G	Alfa
50000	35547105	25	0.1	16157775	0.00001

Curva									
Reaz.traz.	Comp.frag.	E.compr.	Incr.compr.	EpsEc	EpsUc	E.traz.	Incr.traz.	EpsEt	EpsUt
No	Si	35547105	0.0001	-0.002	-0.0035	35547105	0.0001	0.0000708	0.0000779



1.3 Armature

Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

fyk: Resistenza caratteristica. [kN/m²]

Sigma amm.: Tensione ammissibile. [kN/m²]

Tipo: Tipo di barra.

E: Modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [kN/m²]

Gamma: Peso specifico del materiale. [kN/m³]

Poisson: Coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

G: Modulo di elasticità tangenziale del materiale, viene impiegato nella modellazione di aste. [kN/m²]

Alfa: Coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C⁻¹]

Livello di conoscenza: Indica se il materiale è nuovo o esistente, e in tal caso il livello di conoscenza secondo Circ. 02/02/09 n. 617 §C8A. Informazione impiegata solo in analisi D.M. 14-01-08 (N.T.C.).

Descrizione	fyk	Sigma amm.	Tipo	E	Gamma	Poisson	G	Alfa	Livello di conoscenza
B450C	450000	255000	Aderenza migliorata	206000000	78.5	0.3	79230769	0.000012	Nuovo

2 Dati di definizione

2.1 Preferenze commessa

2.1.1 Preferenze di analisi

Metodo di analisi	Sismica pseudo-statica
Coefficiente di sicurezza portanza fondazioni superficiali	3
Coefficiente di sicurezza scorrimento fondazioni superficiali	1.3
Coefficiente di sicurezza portanza pali	2.5

2.1.2 Preferenze di verifica

2.1.2.1 Normativa di verifica in uso

Norma di verifica	D.M. 14-01-08 (N.T.C.)
Cemento armato	Preferenze analisi di verifica in stato limite
Legno	Preferenze di verifica legno NTC08
Acciaio	Preferenze di verifica acciaio EC3
Alluminio	Preferenze di verifica alluminio EC3
Psi	

2.1.2.2 Normativa di verifica C.A.

Coefficiente di omogeneizzazione	15	
Gamma s (fattore di sicurezza parziale per l'acciaio)	1.15	
Gamma c (fattore di sicurezza parziale per il calcestruzzo)	1.5	
Limite σ_{mac}/f_{ck} in combinazione rara	0.6	
Limite σ_{mac}/f_{ck} in combinazione quasi permanente	0.45	
Limite σ_{maf}/f_{yk} in combinazione rara	0.8	
Coefficiente di riduzione della tau per cattiva aderenza	0.7	
Dimensione limite fessure w1 §4.1.2.2.4.1	0.0002	[m]
Dimensione limite fessure w2 §4.1.2.2.4.1	0.0003	[m]
Dimensione limite fessure w3 §4.1.2.2.4.1	0.0004	[m]
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore q	No	
Copriferro secondo EC2	Si	

2.1.3 Preferenze FEM

Dimensione massima ottimale mesh pareti (default)	0.3	[m]
Dimensione massima ottimale mesh piastre (default)	0.3	[m]
Tipo di mesh dei gusci (default)	Quadrilateri o triangoli	
Tipo di mesh imposta ai gusci	Specifico dell'elemento	
Metodo P-Delta	non utilizzato	
Analisi buckling	non utilizzata	
Rapporto spessore flessionale/membranale gusci muratura verticali	0.2	
Rapporto spessore flessionale/membranale gusci di pareti in legno	1	
Tolleranza di parallelismo	4.99	[deg]
Tolleranza di unicità punti	0.1	[m]
Tolleranza generazione nodi di aste	0.01	[m]
Tolleranza di parallelismo in suddivisione aste	4.99	[deg]
Tolleranza generazione nodi di gusci	0.04	[m]
Tolleranza eccentricità carichi concentrati	1	[m]
Considera deformazione a taglio delle piastre	No	
Modello elastico pareti in muratura	Gusci	
Concentra masse pareti nei vertici	No	
Segno risultati analisi spettrale	Analisi statica	
Memoria utilizzabile dal solutore	8000000	
Metodo di risoluzione della matrice	Matrici sparse	
Scrivi commenti nel file di input	No	
Scrivi file di output in formato testo	No	
Solidi colle e corpi ruvidi (default)	Solidi reali	
Moltiplicatore rigidità molla torsionale applicata ad aste di fondazione	1	
Modello trave su suolo alla Winkler nel caso di modellazione lineare	Equilibrio elastico	

2.1.4 Moltiplicatori inerziali

Tipologia: Tipo di entità a cui si riferiscono i moltiplicatori inerziali.

J2: Moltiplicatore inerziale di J2. Il valore è adimensionale.

J3: Moltiplicatore inerziale di J3. Il valore è adimensionale.

Jt: Moltiplicatore inerziale di Jt. Il valore è adimensionale.

A: Moltiplicatore dell'area della sezione. Il valore è adimensionale.

A2: Moltiplicatore dell'area a taglio in direzione 2. Il valore è adimensionale.

A3: Moltiplicatore dell'area a taglio in direzione 3. Il valore è adimensionale.

Conci rigidi: Fattore di riduzione dei tronchi rigidi. Il valore è adimensionale.

Tipologia	J2	J3	Jt	A	A2	A3	Conci rigidi
Trave C.A.	1	1	0.01	1	1	1	0.5
Pilastro C.A.	1	1	0.01	1	1	1	0.5
Trave di fondazione	1	1	0.01	1	1	1	0.5
Palo	1	1	0.01	1	1	1	0
Trave in legno	1	1	1	1	1	1	1
Colonna in legno	1	1	1	1	1	1	1
Trave in acciaio	1	1	1	1	1	1	1
Colonna in acciaio	1	1	1	1	1	1	1
Trave di reticolare in acciaio	1	1	1	1	1	1	1
Maschio in muratura	0	1	0	1	1	1	1
Trave di accoppiamento in muratura	0	1	0	1	1	1	1
Trave di scala C.A. nervata	1	1	1	1	1	1	0.5
Trave tralicciata	1	1	0.01	1	1	1	0.5

2.1.5 Preferenze di analisi non lineare FEM

Metodo iterativo
Tolleranza iterazione
Numero massimo iterazioni

Secante
0.0001
50

2.2 Azioni e carichi

2.2.1 Condizioni elementari di carico

Descrizione: Nome assegnato alla condizione elementare.
Nome breve: Nome breve assegnato alla condizione elementare.
I/II: Descrive la classificazione della condizione (necessario per strutture in acciaio e in legno).
Durata: Descrive la durata della condizione (necessario per strutture in legno).
Psi0: Coefficiente moltiplicatore Psi0. Il valore è adimensionale.
Psi1: Coefficiente moltiplicatore Psi1. Il valore è adimensionale.
Psi2: Coefficiente moltiplicatore Psi2. Il valore è adimensionale.
Var.segno: Descrive se la condizione elementare ha la possibilità di variare di segno.

Descrizione	Nome breve	I/II	Durata	Psi0	Psi1	Psi2	Var.segno
Permanenti	Perm.		Permanente	0	0	0	
Spinta riposo Sx	Spinta riposo Sx	I	Media	0.75	0.75	0.3	
Spinta riposo Dx	Spinta riposo Dx	I	Media	0.75	0.75	0.3	
Acqua esterna	Acqua esterna	I	Media	0.75	0.75	0.3	
Variabile interno	Variabile interno	I	Media	0.7	0.5	0.3	
Variabile centrale	Variabile centrale	I	Media	0.75	0.75	0	
Variabile laterale	Variabile laterale	I	Media	0.75	0.75	0	
Variabile distribuito	Variabile distribuito	I	Media	0.4	0.4	0	
Spinta sovraccarico Sx	Spinta sovraccarico Sx	I	Media	0.75	0.75	0	
Spinta sovraccarico Dx	Spinta sovraccarico Dx	I	Media	0.75	0.75	0	
Frenamento Sx Dx	Frenamento Sx Dx	I	Media	0.75	0.75	0	
Spinta dinamica terra	Spinta dinamica terra	I	Media	1	0	0	
Spinta dinamica acqua esterna	Spinta dinamica acqua esterna	I	Media	1	0	0	
Delta T	Dt	II	Media	0.6	0.6	0.5	No

2.2.2 Combinazioni di carico

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

Famiglia Limite ultimo

Il nome compatto della famiglia è LU.

Poiché il numero di condizioni elementari previste per le combinazioni di questa famiglia è cospicuo, la tabella verrà spezzata in più parti.

Nome	Nome breve	Perm.	Spinta riposo Sx	Spinta riposo Dx	Acqua esterna	Variabile interno	Variabile centrale	Variabile laterale
1	LU 1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	0	0
2	LU 2	1.35	1.35	1	1.35	1.5	0	0
3	LU 3	1.35	1	1.35	1.35	1.5	0	0
4	LU 4	1.35	1	1	1.35	1.5	0	0
5	LU 5	1.35	1.35	1.35	1.35	1.05	1.35	0
6	LU 6	1.35	1.35	1	1.35	1.05	1.35	0
7	LU 7	1.35	1	1.35	1.35	1.05	1.35	0
8	LU 8	1.35	1.35	1.35	1.35	1.05	1.35	0
9	LU 9	1.35	1.35	1	1.35	1.05	1.013	0
10	LU 10	1.35	1	1.35	1.35	1.05	1.013	0
11	LU 11	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0
12	LU 12	1.35	1.35	1	1.35	0	0	0
13	LU 13	1.35	1	1.35	1.35	0	0	0
14	LU 14	1.35	1	1	1.35	0	0	0
15	LU 15	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0
16	LU 16	1.35	1.35	1	1.35	0	1.35	0
17	LU 17	1.35	1	1.35	1.35	0	1.35	0
18	LU 18	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0
19	LU 19	1.35	1.35	1	1.35	0	1.013	0
20	LU 20	1.35	1	1.35	1.35	0	1.013	0
21	LU 21	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	0	0
22	LU 22	1.35	1.35	1	1.35	1.5	0	0
23	LU 23	1.35	1	1.35	1.35	1.5	0	0
24	LU 24	1.35	1	1	1.35	1.5	0	0
25	LU 25	1.35	1.35	1.35	1.35	1.05	0	1.35
26	LU 26	1.35	1.35	1	1.35	1.05	0	1.35
27	LU 27	1.35	1	1.35	1.35	1.05	0	1.35
28	LU 28	1.35	1.35	1.35	1.35	1.05	0	1.35
29	LU 29	1.35	1.35	1	1.35	1.05	0	1.013
30	LU 30	1.35	1	1.35	1.35	1.05	0	1.013
31	LU 31	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0
32	LU 32	1.35	1.35	1	1.35	0	0	0
33	LU 33	1.35	1	1.35	1.35	0	0	0
34	LU 34	1.35	1	1	1.35	0	0	0
35	LU 35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	1.35
36	LU 36	1.35	1.35	1	1.35	0	0	1.35
37	LU 37	1.35	1	1.35	1.35	0	0	1.35

TABULATO DI CALCOLO

Nome	Nome breve	Perm.	Spinta riposo Sx	Spinta riposo Dx	Acqua esterna	Variabile interno	Variabile centrale	Variabile laterale
38	LU 38	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	1.35
39	LU 39	1.35	1.35	1	1.35	0	0	1.013
40	LU 40	1.35	1	1.35	1.35	0	0	1.013
41	LU 41	1	1	1	1	1.3	0	0
42	LU 42	1	1	0.75	1	1.3	0	0
43	LU 43	1	1	1	1	0.91	1.15	0
44	LU 44	1	1	0.75	1	0.91	1.15	0
45	LU 45	1	0.75	1	1	0.91	1.15	0
46	LU 46	1	1	1	1	0.91	1.15	0
47	LU 47	1	1	0.75	1	0.91	0.863	0
48	LU 48	1	0.75	1	1	0.91	0.863	0
49	LU 49	1	1	1	1	0	0	0
50	LU 50	1	1	0.75	1	0	0	0
51	LU 51	1	1	1	1	0	1.15	0
52	LU 52	1	1	0.75	1	0	1.15	0
53	LU 53	1	0.75	1	1	0	1.15	0
54	LU 54	1	1	1	1	0	1.15	0
55	LU 55	1	1	0.75	1	0	0.863	0
56	LU 56	1	0.75	1	1	0	0.863	0
57	LU 57	1	1	1	1	1.3	0	0
58	LU 58	1	1	0.75	1	1.3	0	0
59	LU 59	1	1	1	1	0.91	0	1.15
60	LU 60	1	1	0.75	1	0.91	0	1.15
61	LU 61	1	0.75	1	1	0.91	0	1.15
62	LU 62	1	1	1	1	0.91	0	1.15
63	LU 63	1	1	0.75	1	0.91	0	0.863
64	LU 64	1	0.75	1	1	0.91	0	0.863
65	LU 65	1	1	1	1	0	0	0
66	LU 66	1	1	0.75	1	0	0	0
67	LU 67	1	1	1	1	0	0	1.15
68	LU 68	1	1	0.75	1	0	0	1.15
69	LU 69	1	0.75	1	1	0	0	1.15
70	LU 70	1	1	1	1	0	0	1.15
71	LU 71	1	1	0.75	1	0	0	0.863
72	LU 72	1	0.75	1	1	0	0	0.863
SLV1	LU SLV1	1	1	1	1	0	0	0
SLV2	LU SLV2	1	1	1	1	1	0	0
SLV3	LU SLV3	1	1	1	1	0	0	0
SLV4	LU SLV4	1	1	1	1	1	0	0

Nome	Nome breve	Variabile distribuito	Spinta sovraccarico Sx	Spinta sovraccarico Dx	Frenamento Sx Dx	Spinta dinamica terra	Spinta dinamica acqua esterna	Dt
1	LU 1	0	0	0	0	0	0	1.2
2	LU 2	0	0	0	0	0	0	1.2
3	LU 3	0	0	0	0	0	0	1.2
4	LU 4	0	0	0	0	0	0	1.2
5	LU 5	1.35	0	0	0	0	0	0.72
6	LU 6	1.35	1.35	0	0	0	0	0.72
7	LU 7	1.35	0	1.35	0	0	0	0.72
8	LU 8	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0.72
9	LU 9	0.54	1.013	0	1.35	0	0	0.72
10	LU 10	0.54	0	1.013	-1.35	0	0	0.72
11	LU 11	0	0	0	0	0	0	1.2
12	LU 12	0	0	0	0	0	0	1.2
13	LU 13	0	0	0	0	0	0	1.2
14	LU 14	0	0	0	0	0	0	1.2
15	LU 15	1.35	0	0	0	0	0	0.72
16	LU 16	1.35	1.35	0	0	0	0	0.72
17	LU 17	1.35	0	1.35	0	0	0	0.72
18	LU 18	1.35	0	0	0	0	0	0.72
19	LU 19	0.54	1.013	0	1.35	0	0	0.72
20	LU 20	0.54	0	1.013	-1.35	0	0	0.72
21	LU 21	0	0	0	0	0	0	1.2
22	LU 22	0	0	0	0	0	0	1.2
23	LU 23	0	0	0	0	0	0	1.2
24	LU 24	0	0	0	0	0	0	1.2
25	LU 25	1.35	0	0	0	0	0	0.72
26	LU 26	1.35	1.35	0	0	0	0	0.72
27	LU 27	1.35	0	1.35	0	0	0	0.72
28	LU 28	1.35	0	0	0	0	0	0.72
29	LU 29	0.54	1.013	0	1.35	0	0	0.72
30	LU 30	0.54	0	1.013	-1.35	0	0	0.72
31	LU 31	0	0	0	0	0	0	1.2
32	LU 32	0	0	0	0	0	0	1.2
33	LU 33	0	0	0	0	0	0	1.2
34	LU 34	0	0	0	0	0	0	1.2
35	LU 35	1.35	0	0	0	0	0	0.72
36	LU 36	1.35	1.35	0	0	0	0	0.72
37	LU 37	1.35	0	1.35	0	0	0	0.72
38	LU 38	1.35	0	0	0	0	0	0.72
39	LU 39	0.54	1.013	0	1.35	0	0	0.72
40	LU 40	0.54	0	1.013	-1.35	0	0	0.72
41	LU 41	0	0	0	0	0	0	1
42	LU 42	0	0	0	0	0	0	1
43	LU 43	1.15	0	0	0	0	0	0.6
44	LU 44	1.15	1.15	0	0	0	0	0.6
45	LU 45	1.15	0	1.15	0	0	0	0.6
46	LU 46	1.15	0	0	0	0	0	0.6
47	LU 47	0.46	0.863	0	1.15	0	0	0.6
48	LU 48	0.46	0	0.863	-1.15	0	0	0.6
49	LU 49	0	0	0	0	0	0	1
50	LU 50	0	0	0	0	0	0	1
51	LU 51	1.15	0	0	0	0	0	0.6
52	LU 52	1.15	1.15	0	0	0	0	0.6
53	LU 53	1.15	0	1.15	0	0	0	0.6
54	LU 54	1.15	0	0	0	0	0	0.6
55	LU 55	0.46	0.863	0	1.15	0	0	0.6
56	LU 56	0.46	0	0.863	-1.15	0	0	0.6

Nome	Nome breve	Variabile distribuito	Spinta sovraccarico Sx	Spinta sovraccarico Dx	Frenamento Sx Dx	Spinta dinamica terra	Spinta dinamica acqua esterna	Dt
57	LU 57	0	0	0	0	0	0	1
58	LU 58	0	0	0	0	0	0	1
59	LU 59	1.15	0	0	0	0	0	0.6
60	LU 60	1.15	1.15	0	0	0	0	0.6
61	LU 61	1.15	0	1.15	0	0	0	0.6
62	LU 62	1.15	0	0	0	0	0	0.6
63	LU 63	0.46	0.863	0	1.15	0	0	0.6
64	LU 64	0.46	0	0.863	-1.15	0	0	0.6
65	LU 65	0	0	0	0	0	0	1
66	LU 66	0	0	0	0	0	0	1
67	LU 67	1.15	0	0	0	0	0	0.6
68	LU 68	1.15	1.15	0	0	0	0	0.6
69	LU 69	1.15	0	1.15	0	0	0	0.6
70	LU 70	1.15	0	0	0	0	0	0.6
71	LU 71	0.46	0.863	0	1.15	0	0	0.6
72	LU 72	0.46	0	0.863	-1.15	0	0	0.6
SLV1	LU SLV1	0	0	0	0	1	1	0
SLV2	LU SLV2	0	0	0	0	1	1	0
SLV3	LU SLV3	0	0	0	0	-1	-1	0
SLV4	LU SLV4	0	0	0	0	-1	-1	0

Famiglia Esercizio rara

Il nome compatto della famiglia è RA.

Poiché il numero di condizioni elementari previste per le combinazioni di questa famiglia è cospicuo, la tabella verrà spezzata in più parti.

Nome	Nome breve	Perm.	Spinta riposo Sx	Spinta riposo Dx	Acqua esterna	Variabile interno	Variabile centrale	Variabile laterale
1	RA 1	1	1	0.75	1	1	1	0
2	RA 2	1	1	0.75	1	1	0.75	0
3	RA 3	1	0.75	1	1	1	0.75	0
4	RA 4	1	1	1	1	1	1	0
5	RA 5	1	1	0.75	1	1	0	1
6	RA 6	1	1	0.75	1	1	0	0.75
7	RA 7	1	0.75	1	1	1	0	0.75
8	RA 8	1	1	1	1	1	0	1
9	RA 9	1	1	0.75	1	0	1	0
10	RA 10	1	1	0.75	1	0	0.75	0
11	RA 11	1	0.75	1	1	0	0.75	0
12	RA 12	1	1	1	1	0	1	0
13	RA 13	1	1	0.75	1	0	0	1
14	RA 14	1	1	0.75	1	0	0	0.75
15	RA 15	1	0.75	1	1	0	0	0.75
16	RA 16	1	1	1	1	0	0	1

Nome	Nome breve	Variabile distribuito	Spinta sovraccarico Sx	Spinta sovraccarico Dx	Frenamento Sx Dx	Spinta dinamica terra	Spinta dinamica acqua esterna	Dt
1	RA 1	1	0	0	0	0	0	0.6
2	RA 2	0.4	0.75	0	1	0	0	0.6
3	RA 3	0.4	0	0.75	-1	0	0	0.6
4	RA 4	1	0	0	0	0	0	0.6
5	RA 5	1	0	0	0	0	0	0.6
6	RA 6	0.4	0.75	0	1	0	0	0.6
7	RA 7	0.4	0	0.75	-1	0	0	0.6
8	RA 8	1	0	0	0	0	0	0.6
9	RA 9	1	0	0	0	0	0	0.6
10	RA 10	0.4	0.75	0	1	0	0	0.6
11	RA 11	0.4	0	0.75	-1	0	0	0.6
12	RA 12	1	0	0	0	0	0	0.6
13	RA 13	1	0	0	0	0	0	0.6
14	RA 14	0.4	0.75	0	1	0	0	0.6
15	RA 15	0.4	0	0.75	-1	0	0	0.6
16	RA 16	1	0	0	0	0	0	0.6

Famiglia Esercizio frequente

Il nome compatto della famiglia è FR.

Poiché il numero di condizioni elementari previste per le combinazioni di questa famiglia è cospicuo, la tabella verrà spezzata in più parti.

Nome	Nome breve	Perm.	Spinta riposo Sx	Spinta riposo Dx	Acqua esterna	Variabile interno	Variabile centrale	Variabile laterale
1	FR 1	1	1	0.75	1	0	0.75	0
2	FR 2	1	1	0.75	1	0	0.75	0
3	FR 3	1	0.75	1	1	0	0.75	0
4	FR 4	1	1	1	1	0	0.75	0
5	FR 5	1	1	0.75	1	0	0	0.75
6	FR 6	1	1	0.75	1	0	0	0.75
7	FR 7	1	0.75	1	1	0	0	0.75
8	FR 8	1	1	1	1	0	0	0.75
9	FR 9	1	1	0.75	1	0.7	0	0
10	FR 10	1	1	0.75	1	0.7	0	0
11	FR 11	1	0.75	1	1	0.7	0	0
12	FR 12	1	1	1	1	0.7	0	0
13	FR 13	1	1	0.75	1	0.7	0	0
14	FR 14	1	1	0.75	1	0.7	0	0
15	FR 15	1	0.75	1	1	0.7	0	0
16	FR 16	1	1	1	1	0.7	0	0

Nome	Nome breve	Variabile distribuito	Spinta sovraccarico Sx	Spinta sovraccarico Dx	Frenamento Sx Dx	Spinta dinamica terra	Spinta dinamica acqua esterna	Dt
1	FR 1	0.4	0	0	0	0	0	0.6
2	FR 2	0.4	0.75	0	0.75	0	0	0.6
3	FR 3	0.4	0	0.75	-0.75	0	0	0.6
4	FR 4	0.4	0	0	0	0	0	0.6
5	FR 5	0.4	0	0	0	0	0	0.6
6	FR 6	0.4	0.75	0	0.75	0	0	0.6

Nome	Condizione	Valori											
		Fx i.	Fx f.	Fy i.	Fy f.	Fz i.	Fz f.	Mx i.	Mx f.	My i.	My f.	Mz i.	Mz f.
	Spinta dinamica acqua esterna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soletta copertura - distribuito	Permanenti	0	0	0	0	-4	-4	0	0	0	0	0	0
	Spinta riposo Sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta riposo Dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Acqua esterna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile interno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile centrale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile laterale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile distribuito	0	0	0	0	-9	-9	0	0	0	0	0	0
	Spinta sovraccarico Sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta sovraccarico Dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frenamento Sx Dx	16.8	16.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta dinamica terra	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta dinamica acqua esterna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soletta inferiore	Permanenti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta riposo Sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta riposo Dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Acqua esterna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile interno	0	0	0	0	-10	-10	0	0	0	0	0	0
	Variabile centrale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile laterale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile distribuito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta sovraccarico Sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta sovraccarico Dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frenamento Sx Dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta dinamica terra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta dinamica acqua esterna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piedritto Sx	Permanenti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta riposo Sx	2.6	12.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta riposo Dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Acqua esterna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile interno	0	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile centrale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile laterale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile distribuito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta sovraccarico Sx	61.9	20.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta sovraccarico Dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frenamento Sx Dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta dinamica terra	5.3	5.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta dinamica acqua esterna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piedritto Dx	Permanenti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta riposo Sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta riposo Dx	-2.6	-12.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Acqua esterna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile interno	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile centrale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile laterale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile distribuito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta sovraccarico Sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta sovraccarico Dx	-61.9	-20.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frenamento Sx Dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta dinamica terra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta dinamica acqua esterna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2.3 Quote

2.3.1 Livelli

Descrizione breve: Nome sintetico assegnato al livello.

Descrizione: Nome assegnato al livello.

Quota: Quota superiore espressa nel sistema di riferimento assoluto. [m]

Spessore: Spessore del livello. [m]

Descrizione breve	Descrizione	Quota	Spessore
L1	Fondazione	-1.2	0.2
L2	Raccordo inf.	-0.9	0.2
L3	Mezzeria	-0.6	0.2
L4	Raccordo sup.	-0.3	0.2
L5	Superiore	0	0.2

2.3.2 Tronchi

Descrizione breve: Nome sintetico assegnato al tronco.

Descrizione: Nome assegnato al tronco.

Quota 1: Riferimento della prima quota di definizione del tronco. esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Quota 2: Riferimento della seconda quota di definizione del tronco. esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Descrizione breve	Descrizione	Quota 1	Quota 2
T1	Fondazione - Raccordo inf.	Fondazione	Raccordo inf.
T2	Raccordo inf. - Mezzeria	Raccordo inf.	Mezzeria
T3	Raccordo sup. - Superiore	Raccordo sup.	Superiore
T4	Mezzeria - Raccordo sup.	Mezzeria	Raccordo sup.

2.4 Elementi di input

2.4.1 Fili fissi

2.4.1.1 Fili fissi di piano

Livello: Quota di inserimento espressa con notazione breve esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Punto: Punto di inserimento.

X: Coordinata X. [m]

Y: Coordinata Y. [m]

Estradosso: Distanza dalla quota di inserimento misurata in direzione ortogonale al piano della quota e con verso positivo verso l'alto. [m]

Angolo: Angolo misurato dal semiasse positivo delle ascisse in verso antiorario. [deg]

Tipo: Tipo di simbolo.

T.c.: Testo completo visualizzato accanto al filo fisso, costituito dalla concatenazione del prefisso e del testo.

Livello	Punto		Estradosso	Angolo	Tipo	T.c.	Livello	Punto		Estradosso	Angolo	Tipo	T.c.
	X	Y						X	Y				
L1	0.132	-1.729	0	0	Croce	5	L1	-1.468	-1.729	0	0	Croce	1
L1	0.432	-1.729	0	0	Croce	5	L1	-1.768	-1.729	0	0	Croce	1
L5	0.432	-1.729	0	0	Croce	2	L5	0.132	-1.729	0	0	Croce	2
L5	-1.768	-1.729	0	0	Croce	2	L5	-1.468	-1.729	0	0	Croce	2

2.4.2 Travi di fondazione

2.4.2.1 Fondazioni di travi

Descrizione breve: Descrizione breve usata nelle tabelle dei capitoli delle travi di fondazione.

Stratigrafia: Stratigrafia del terreno nel punto medio in pianta dell'elemento.

Sondaggio: È possibile indicare esplicitamente un sondaggio definito nelle preferenze oppure richiedere di estrapolare il sondaggio dalla definizione del sito espressa nelle preferenze.

Estradosso: Distanza dalla quota superiore del sondaggio misurata in verticale con verso positivo verso l'alto. [m]

Deformazione volumetrica: Valore della deformazione volumetrica impiegato nel calcolo della pressione limite a rottura con la formula di Vesic. Il valore è adimensionale. Accetta anche il valore di default espresso nelle preferenze.

K verticale: Coefficiente di sottofondo verticale del letto di molle. [kN/m3]

Limite compressione: Pressione limite di plasticizzazione a compressione del letto di molle. [kN/m2]

Limite trazione: Pressione limite di plasticizzazione a trazione del letto di molle. [kN/m2]

Sbordo magrone: Allargamento dell'impronta della trave dovuta al magrone: nel calcolare la reazione del terreno la larghezza della trave sarà incrementata del doppio dello sbordo. [m]

Terreno riporto: Caratteristiche dell'eventuale terreno di riporto presente lateralmente all'elemento di fondazione. Esso costituisce un sovraccarico agente sul piano di posa.

Descrizione breve	Stratigrafia			K verticale	Limite compressione	Limite trazione	Sbordo magrone	Terreno riporto
	Sondaggio	Estradosso	Deformazione volumetrica					
FT1	Piu' vicino in sito	0		Default (50000)	Default (1000)	Default (0.1)	0	Default (Ghiaia); Default (0.2); 0

2.4.2.2 Travi di fondazione C.A. di piano

Sezione: Riferimento ad una definizione di sezione C.A..

P.i.: Posizione dei punti d'inserimento rispetto alla geometria della sezione. SA=Sinistra anima, CA=Centro anima, DA=Destra anima

Liv.: Quota del punto di inserimento iniziale. esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Punto i.: Punto di inserimento iniziale.

X: Coordinata X. [m]

Y: Coordinata Y. [m]

Punto f.: Punto di inserimento finale.

X: Coordinata X. [m]

Y: Coordinata Y. [m]

Estr.: Distanza dalla quota di inserimento misurata in direzione ortogonale al piano della quota e con verso positivo verso l'alto. [m]

Mat.: Riferimento ad una definizione di materiale calcestruzzo.

Car.lin.: Riferimento alla definizione di un carico lineare.L: valori del carico espressi nel sistema locale dell'elemento.G: valori del carico espressi nel sistema globale.

DeltaT: Riferimento alla definizione di una variazione termica. Accetta anche il valore "Nessuno".

Sovr.: Aliquota di sovrarresistenza da assicurare in verifica.

S.Z: Indica se l'elemento deve essere verificato considerando il sisma verticale.

C.i.: Svincolo o cerniera da applicare al relativo estremo dell'asta nel modello.

C.f.: Svincolo o cerniera da applicare al relativo estremo dell'asta nel modello.

P.lin.: Peso per unità di lunghezza. [kN/m]

Fond.: Riferimento alla fondazione sottostante l'elemento.

Sezione	P.i.	Liv.	Punto i.	Punto f.	Estr.	Mat.	Car.lin.	DeltaT	Sovr.	S.Z	C.i.	C.f.	P.lin.	Fond.
---------	------	------	----------	----------	-------	------	----------	--------	-------	-----	------	------	--------	-------

			X	Y	X	Y										
R 100x20	CA	L1	0.132	-1.729	0.432	-1.729	0	C40/50_1	Nessuno; G		0	No	No	No		5 FT1
R 100x20	CA	L1	-1.468	-1.729	0.132	-1.729	0	C40/50_1	Nessuno; G		0	No	No	No		5 FT1
R 100x20	CA	L1	-1.768	-1.729	-1.468	-1.729	0	C40/50_1	Nessuno; G		0	No	No	No		5 FT1

2.4.3 Travi C.A.

2.4.3.1 Travi C.A. di piano

Sezione: Riferimento ad una definizione di sezione C.A..

P.i.: Posizione dei punti d'inserimento rispetto alla geometria della sezione. SA=Sinistra anima, CA=Centro anima, DA=Destra anima

Liv.: Quota del punto di inserimento iniziale. esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Punto i.: Punto di inserimento iniziale.

X: Coordinata X. [m]

Y: Coordinata Y. [m]

Punto f.: Punto di inserimento finale.

X: Coordinata X. [m]

Y: Coordinata Y. [m]

Estr.: Distanza dalla quota di inserimento misurata in direzione ortogonale al piano della quota e con verso positivo verso l'alto. [m]

Mat.: Riferimento ad una definizione di materiale calcestruzzo.

Car.lin.: Riferimento alla definizione di un carico lineare.L: valori del carico espressi nel sistema locale dell'elemento.G: valori del carico espressi nel sistema globale.

DeltaT: Riferimento alla definizione di una variazione termica. Accetta anche il valore "Nessuno".

Sovr.: Aliquota di sovraresistenza da assicurare in verifica.

S.Z: Indica se l'elemento deve essere verificato considerando il sisma verticale.

C.i.: Svincolo o cerniera da applicare al relativo estremo dell'asta nel modello.

C.f.: Svincolo o cerniera da applicare al relativo estremo dell'asta nel modello.

P.lin.: Peso per unità di lunghezza. [kN/m]

Sezione	P.i.	Liv.	Punto i.		Punto f.		Estr.	Mat.	Car.lin.	DeltaT	Sovr.	S.Z	C.i.	C.f.	P.lin.
			X	Y	X	Y									
R 100x20	CA	L5	0.132	-1.729	0.432	-1.729	0	C40/50_1	Nessuno; G		0	No	No	No	5
R 100x20	CA	L5	-1.468	-1.729	0.132	-1.729	0	C40/50_1	Nessuno; G		0	No	No	No	5
R 100x20	CA	L5	-1.768	-1.729	-1.468	-1.729	0	C40/50_1	Nessuno; G		0	No	No	No	5

2.4.4 Pilastri C.A.

Tr.: Riferimento al tronco indicante la quota inferiore e superiore.

Sezione: Riferimento ad una definizione di sezione C.A..

P.i.: Posizione del punto di inserimento rispetto alla geometria della sezione. SS=Sinistra-sotto, SC=Sinistra-centro, SA=Sinistra-alto, CS=Centro-sotto, CC=Centro-centro, CA=Centro-alto, DS=Destra-sotto, DC=Destra-centro, DA=Destra-alto

Punto: Posizione del punto di inserimento rispetto alla geometria della sezione.

X: Coordinata X. [m]

Y: Coordinata Y. [m]

Ang.: Angolo misurato dal semiasse positivo delle ascisse in verso antiorario. [deg]

Mat.: Riferimento ad una definizione di materiale cemento armato.

Car.lin.: Riferimento alla definizione di un carico lineare.L: valori del carico espressi nel sistema locale dell'elemento.G: valori del carico espressi nel sistema globale.

DeltaT: Riferimento alla definizione di una variazione termica. Accetta anche il valore "Nessuno".

Sovr.: Aliquota di sovraresistenza da assicurare in verifica.

S.Z: Indica se l'elemento deve essere verificato considerando il sisma verticale.

C.i.: Svincolo o cerniera da applicare al relativo estremo dell'asta nel modello.

C.f.: Svincolo o cerniera da applicare al relativo estremo dell'asta nel modello.

P.lin.: Peso per unità di lunghezza. [kN/m]

Corr.: Lista di elementi correlati all'elemento generati durante la modellazione.

Tr.	Sezione	P.i.	Punto		Ang.	Mat.	Car.lin.	DeltaT	Sovr.	S.Z	C.i.	C.f.	P.lin.	Corr.
			X	Y										
T1	R 100x20	CC	-1.768	-1.729	90	C40/50 1	Nessuno; G		0	No	No	No	5	1
T1	R 100x20	CC	0.432	-1.729	90	C40/50 1	Nessuno; G		0	No	No	No	5	2
T2	R 100x20	CC	0.432	-1.729	90	C40/50 1	Nessuno; G		0	No	No	No	5	4
T2	R 100x20	CC	-1.768	-1.729	90	C40/50 1	Nessuno; G		0	No	No	No	5	3
T4	R 100x20	CC	-1.768	-1.729	90	C40/50 1	Nessuno; G		0	No	No	No	5	13
T4	R 100x20	CC	0.432	-1.729	90	C40/50 1	Nessuno; G		0	No	No	No	5	14
T3	R 100x20	CC	0.432	-1.729	90	C40/50 1	Nessuno; G		0	No	No	No	5	6
T3	R 100x20	CC	-1.768	-1.729	90	C40/50 1	Nessuno; G		0	No	No	No	5	5

3 Dati di modellazione

3.1 Nodi modello

3.1.1 Nodi di definizione del modello

Indice: Numero dell'elemento nell'insieme che lo contiene.

Posizione: Coordinate del nodo.

X: Coordinata X. [m]

Y: Coordinata Y. [m]

Z: Coordinata Z. [m]

TABULATO DI CALCOLO

Indice	Posizione			Indice	Posizione			Indice	Posizione			Indice	Posizione		
	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
2	-1.768	-1.729	-1.3	3	-1.468	-1.729	-1.3	4	0.132	-1.729	-1.3	5	0.432	-1.729	-1.3
6	-1.768	-1.729	-1	7	0.432	-1.729	-1	8	-1.768	-1.729	-0.7	9	0.432	-1.729	-0.7
10	-1.768	-1.729	-0.4	11	0.432	-1.729	-0.4	12	-1.768	-1.729	-0.1	13	-1.468	-1.729	-0.1
14	0.132	-1.729	-0.1	15	0.432	-1.729	-0.1								

3.2 Aste

3.2.1 Caratteristiche meccaniche aste

I seguenti dati si riferiscono alle caratteristiche meccaniche delle aste utilizzate dal solutore ad elementi finiti. Normalmente differiscono dalle caratteristiche inerziali delle sezioni definite nel database. Tengono conto dei moltiplicatori inerziali espressi nelle preferenze FEM e di indicazioni tratte dalla bibliografia (SAP 90 Volume I Figura X-8; Belluzzi Vol. 1).

I.: Numero dell'elemento nell'insieme che lo contiene.

Area: Area della sezione trasversale. [m2]

Area 2: Area di taglio per sforzo di taglio nella direzione 2. [m2]

Area 3: Area di taglio per sforzo di taglio nella direzione 3. [m2]

In.2: Momento d'inerzia attorno all'asse locale 2. [m4]

In.3: Momento d'inerzia attorno all'asse locale 3. [m4]

In.tors.: Momento d'inerzia torsionale corretto con il fattore di torsione. [m4]

E: Modulo di elasticità longitudinale. [kN/m2]

G: Modulo di elasticità tangenziale. [kN/m2]

Alfa: Coefficiente di dilatazione termica longitudinale. [°C-1]

P.unit.: Peso per unità di lunghezza dell'elemento. [kN/m]

S.fibre: Caratteristiche della sezione a fibre

Sez.corr.: Sezione degli elementi correlati.

Desc.: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Mat.corr.: Materiale degli elementi correlati.

Desc.: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

I.	Area	Area 2	Area 3	In.2	In.3	In.tors.	E	G	Alfa	P.unit.	S.fibre	Sez.corr. Desc.	Mat.corr. Desc.
1	0.2	0.1667	0.1667	1.67E-02	6.67E-04	2.33E-05	35547105	16157775	0.00001	5		R 100x20	C40/50 1
2	0.2	0.1667	0.1667	1.67E-02	6.67E-04	2.33E-05	35547105	16157775	0.00001	5		R 100x20	C40/50 1
3	0.2	0.1667	0.1667	1.67E-02	6.67E-04	2.33E-05	35547105	16157775	0.00001	5		R 100x20	C40/50 1

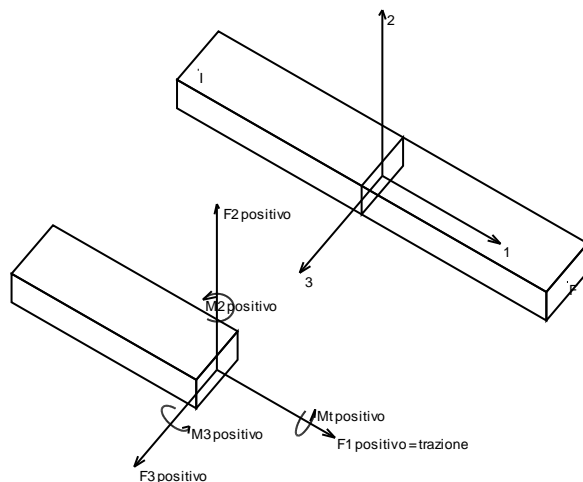
4 Risultati numerici

4.1 Sollecitazioni aste

4.1.1 Convenzioni di segno aste

Le abbreviazioni relative alle sollecitazioni sugli elementi aste sono da intendersi:

- F1 (N): sforzo normale nell'asta;
- F2: sforzo di taglio agente nella direzione dell'asse locale 2;
- F3: sforzo di taglio agente nella direzione dell'asse locale 3;
- M1 (Mt): momento attorno all'asse locale 1; equivale al momento torcente;
- M2: momento attorno all'asse locale 2;
- M3: momento attorno all'asse locale 3;



La convenzione sui segni per i parametri di sollecitazione delle aste è la seguente:

presa un'asta con nodo iniziale i e nodo finale f, asse 1 che va da i a f, assi 2 e 3 presi secondo quanto indicato nei paragrafi successivi relativi al sistema locale delle aste sezionando l'asta in un punto e considerando la sezione sinistra del punto in cui si è effettuato il taglio (sezione da cui esce il versore asse 1) i parametri di sollecitazione sono positivi se hanno verso e direzione concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta 1, 2, 3 (per i

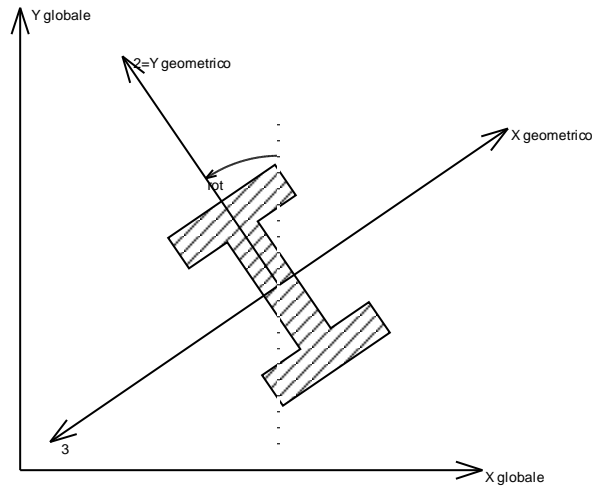
momenti si adotta la regola della mano destra).

Il sistema è definito diversamente per tre categorie di aste, a seconda che siano originate da:

- aste verticali ad esempio pilastri e colonne;
- aste non verticali non di c.a., ad esempio travi di acciaio o legno;
- aste non verticali in c.a.: travi in c.a. di piano, falda o a quota generica.

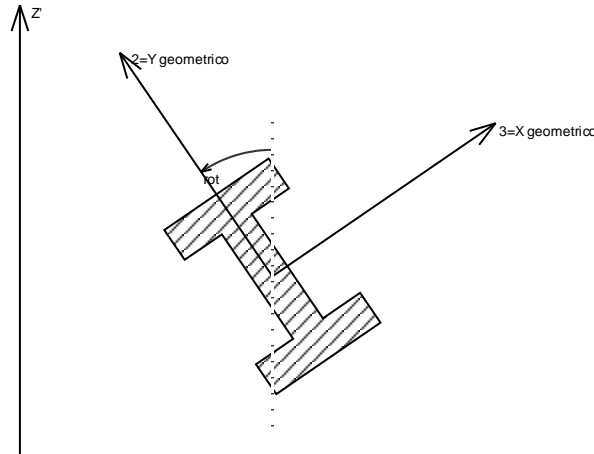
Nel seguito si indica con 1, 2 e 3 il sistema locale dell'asta che non sempre coincide con gli assi principali della sezione. Si ricorda che per assi principali si intendono gli assi rispetto a cui si ha il raggio di inerzia minimo e massimo. Gli assi 1, 2 e 3 rispettano la regola della mano destra.

Sistema locale aste verticali



Nella figura si considera l'asse 1 uscente dal foglio (l'osservatore guarda in direzione opposta a quella dell'asse 1).

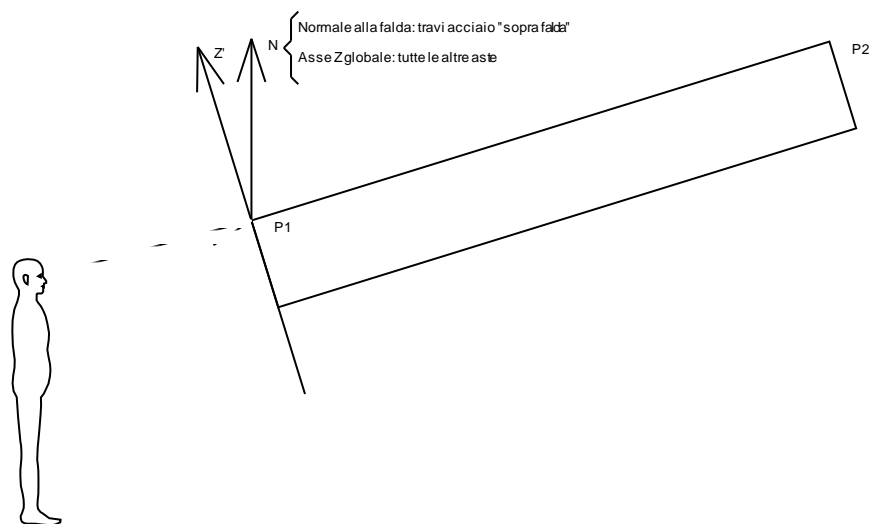
Sistema locale aste non verticali



Nella figura si considera l'asse 1 entrante nel foglio (l'osservatore guarda in direzione coincidente a quella dell'asse 1).

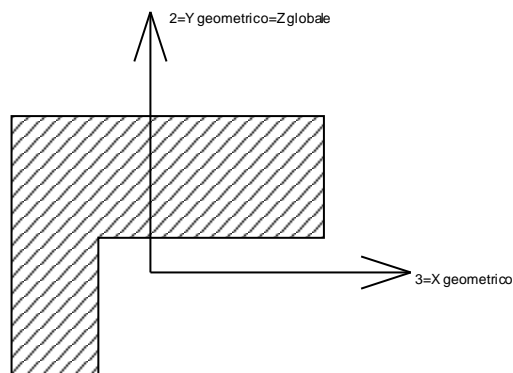
L'asse Z' è illustrato nella figura seguente dove:

- $P1$ è il punto di inserimento iniziale dell'asta
- $P2$ è il punto di inserimento finale dell'asta
- N è la normale al piano o falda di inserimento



Z' è quindi l'intersezione tra il piano passante per P1, P2 contenente N e il piano della sezione iniziale dell'asta.

Sistema locale aste derivanti da travi in c.a.



Nella figura si considera l'asse 1 entrante nel foglio (l'osservatore guarda in direzione coincidente a quella dell'asse 1). L'asse 2 è sempre verticale e quindi coincidente con l'asse Z globale nonché con l'asse y geometrico. L'asse 3 coincide con l'asse x geometrico. Si sottolinea il fatto che gli assi 2 e 3 non corrispondono agli assi principali della sezione.

4.1.2 Sollecitazioni estreme aste

Asta: Elemento asta a cui si riferiscono le sollecitazioni.

Ind.: Indice dell'asta.

Cont.: Contesto a cui si riferisce la sollecitazione

n.br.: Nome breve della condizione o combinazione di carico.

Pos.: Numero della sezione all'interno dell'asta (tra 1 e 31, dove 1 corrisponde alla sezione al nodo iniziale, 16 è la sezione in mezzeria, 31 corrisponde alla sezione al nodo finale).

Posizione: Posizione a cui si riferisce la sollecitazione dell'asta.

X: Componente X della posizione a cui si riferisce la sollecitazione dell'asta. [m]

Y: Componente Y della posizione a cui si riferisce la sollecitazione dell'asta. [m]

Z: Componente Z della posizione a cui si riferisce la sollecitazione dell'asta. [m]

Soll.traslazionale: Componente traslazionale della sollecitazione dell'asta.

F1: Componente F1 della sollecitazione dell'asta. [kN]

F2: Componente F2 della sollecitazione dell'asta. [kN]

F3: Componente F3 della sollecitazione dell'asta. [kN]

Soll.rotazionale: Componente rotazionale della sollecitazione dell'asta.

M1: Componente M1 della sollecitazione dell'asta. [kN*m]

M2: Componente M2 della sollecitazione dell'asta. [kN*m]

M3: Componente M3 della sollecitazione dell'asta. [kN*m]

Sollecitazioni con sforzo normale (N) minimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta	Cont.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
Ind.	n.br.		X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3

Asta Ind.	Cont. n.br.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
			X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
2	LU 6	1	0.43	-1.73	-1.3	-246.99	-18.99	0	0	0	45.1675
1	LU 7	1	-1.77	-1.73	-1.3	-246.99	18.99	0	0	0	-45.1675
4	LU 6	1	0.43	-1.73	-1	-244.96	-19.68	0	0	0	50.9679
3	LU 7	1	-1.77	-1.73	-1	-244.96	19.68	0	0	0	-50.9679
14	LU 6	1	0.43	-1.73	-0.7	-242.94	-20.4	0	0	0	56.9798

Sollecitazioni con sforzo normale (N) massimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta Ind.	Cont. n.br.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
			X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
10	LU 10	1	-1.77	-1.73	-1.3	38.45	200.7	0	0	0	20.2078
12	LU 9	31	0.43	-1.73	-1.3	38.45	-200.7	0	0	0	20.2078
11	LU 10	1	-1.47	-1.73	-1.3	24.38	114.5	0	0	0	-26.6559
7	Frenamento Sx Dx	1	-1.77	-1.73	-0.1	18.48	10.83	0	0	0	11.9156
8	Frenamento Sx Dx	1	-1.47	-1.73	-0.1	13.44	10.83	0	0	0	8.6659

Sollecitazioni con momento M2 minimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta Ind.	Cont. n.br.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
			X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
12	LU 17	31	0.43	-1.73	-1.3	-54.9	-227.78	0	0	0	72.4563
10	LU 16	1	-1.77	-1.73	-1.3	-54.9	227.78	0	0	0	72.4563
8	LU 5	16	-0.67	-1.73	-0.1	-3.08	0	0	0	0	68.2127
11	LU 39	1	-1.47	-1.73	-1.3	-54.06	28.62	0	0	0	26.9141
7	LU 29	1	-1.77	-1.73	-0.1	10.18	3.19	0	0	0	18.5413

Sollecitazioni con momento M2 massimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta Ind.	Cont. n.br.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
			X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
9	LU 16	31	0.43	-1.73	-0.1	-23.94	238.89	0	0	0	-69.8769
7	LU 17	1	-1.77	-1.73	-0.1	-23.94	-238.89	0	0	0	-69.8769
11	LU 7	14	-0.77	-1.73	-1.3	-10.3	-1.85	0	0	0	-66.7476
10	LU 10	31	-1.47	-1.73	-1.3	24.38	114.5	0	0	0	-26.6559
12	LU 9	1	0.13	-1.73	-1.3	24.38	-114.5	0	0	0	-26.6559

Sollecitazioni con momento M3 minimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

Asta Ind.	Cont. n.br.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
			X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	LU 16	1	-1.77	-1.73	-1.3	-227.78	-54.9	0	0	0	-72.4563
5	LU 17	31	-1.77	-1.73	-0.1	-238.89	23.94	0	0	0	-69.8769
7	LU 17	1	-1.77	-1.73	-0.1	-23.94	-238.89	0	0	0	-69.8769
9	LU 16	31	0.43	-1.73	-0.1	-23.94	238.89	0	0	0	-69.8769
11	LU 7	14	-0.77	-1.73	-1.3	-10.3	-1.85	0	0	0	-66.7476

Sollecitazioni con momento M3 massimo

Vengono mostrate le sole 5 aste più sollecitate.

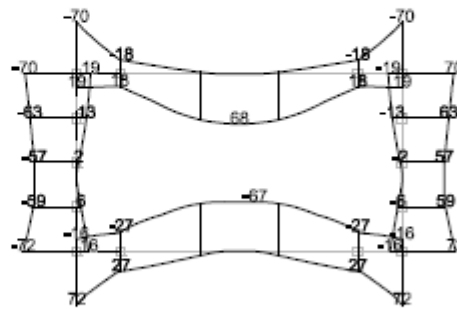
Asta Ind.	Cont. n.br.	Pos.	Posizione			Soll.traslazionale			Soll.rotazionale		
			X	Y	Z	F1	F2	F3	M1	M2	M3
2	LU 17	1	0.43	-1.73	-1.3	-227.78	54.9	0	0	0	72.4563
12	LU 17	31	0.43	-1.73	-1.3	-54.9	-227.78	0	0	0	72.4563
10	LU 16	1	-1.77	-1.73	-1.3	-54.9	227.78	0	0	0	72.4563
6	LU 16	31	0.43	-1.73	-0.1	-238.89	-23.94	0	0	0	69.8769
8	LU 5	16	-0.67	-1.73	-0.1	-3.08	0	0	0	0	68.2127

5 Diagrammi involuppi

5.1 Involuppi SLU

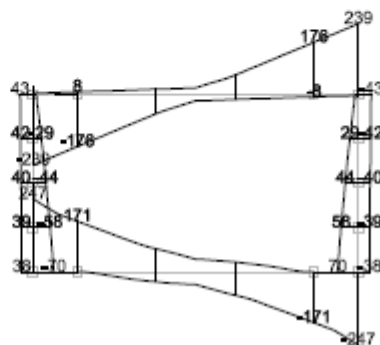
INVILUPPO MOMENTI

[kNm]



INVILUPPO TAGLIO

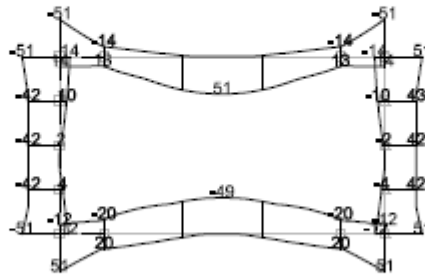
[kN]



5.2 Involuppi SLE

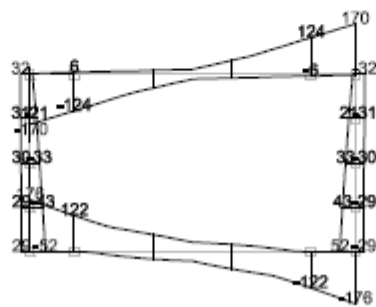
INVILUPPO MOMENTI

[kNm]



INVILUPPO TAGLIO

[kN]

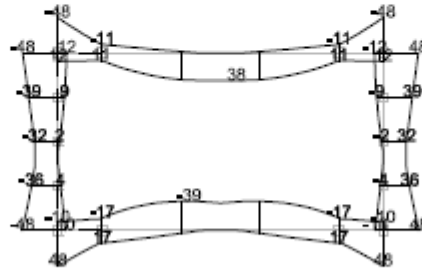


5.3 Involuppi SLE (frequente e quasi permanente)

INVILUPPO MOMENTI

COMB. FREQUENTE

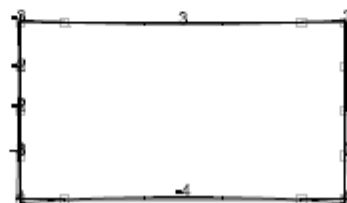
[kNm]



INVILUPPO MOMENTI

COMB. QUASI PERMANENTE

[kNm]



5.4 Involuppi N carichi permanenti

pesi permanenti

INVILUPPO ASSIALI

[kN]



6. Verifiche

Verifica della sezione della soletta sup. per flessione (Mmax)

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
εc1	2 ‰		
εcu	3,5 ‰		

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.
εsd	1,90 ‰		
εsu	10 ‰		

Coefficienti di omogeneizzazione

m	14	S.L.E.
r	16,6	S.L.U.

Sezione trave e azioni agenti

combinazione rara			
b	h	Mk	Msd
[cm]	[cm]	[kNm]	[kNm]
100	20	51,00	68,00

d'	3,0	cm
d	17,0	cm

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
4	14	6,16
		12,10

N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
0	0	0,00
0	0	0,00
		1,41

Verifiche S.L.E.

ρ _s	0,00711		
ρ' _s	0,00083		
ω _t	0,11125		
δ	0,91382		
x	6,00	cm	
J _i	27867	cm ⁴	
σ _c =	10,99	N/mm ²	OK
σ _s =	281,73	N/mm ²	OK

Verifiche S.L.U.

ω _{sc}	0,5186	limite verso le forti armature	
ω _s	0,11839	OK	
ω' _s	0,01384	OK	
x	1,78	cm	
Z _s	16,11	cm	
Z' _s	-2,11	cm	
ε _s	0,0233		
ε' _s	0,0012		
Mrd=	75,09	kNm	OK

Verifiche S.L.E. fessurazione

combinazione frequente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ω _k max	0,3	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	14,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0161		
Stm	136,81	mm	
Mk	38,00	kNm	
σ _s	209,92	N/mm ²	
ε _{sm}	0,0010		
ω _k =	0,24	mm	OK

combinazione quasi permanente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ω _k max	0,2	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	14,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0161		
Stm	136,81	mm	
Mk	3,00	kNm	
σ _s	16,57	N/mm ²	
ε _{sm}	0,0001		
ω _k =	0,02	mm	OK

Verifica della sezione alla fine del ringrosso d'angolo della soletta superiore per flessione

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
εc1	2 ‰		
εcu	3,5 ‰		

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.
εsd	1,90 ‰		
εsu	10 ‰		

Coefficienti di omogeneizzazione

m	14	S.L.E.
r	16,6	S.L.U.

Sezione trave e azioni agenti

combinazione rara			
b	h	Mk	Msd
[cm]	[cm]	[kNm]	[kNm]
100	20	14,00	18,00

d'	3,0	cm
d	17,0	cm

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
0	0	0,00
		5,94

N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
4	14	6,16
0	0	0,00
		7,57

Verifiche S.L.E.

ρ _s	0,00349		
ρ' _s	0,00445		
ω _t	0,11125		
δ	0,53844		
x	4,29	cm	
J _i	16237	cm ⁴	
σ _c =	3,70	N/mm ²	OK
σ _s =	153,43	N/mm ²	OK

Verifiche S.L.U.

ω _{sc}	0,5186	limite verso le forti armature	
ω _s	0,05812	OK	
ω' _s	0,07411	OK	
x	-0,27	cm	
z _s	17,14	cm	
z' _s	-3,14	cm	
ε _s	-0,1786		
ε' _s	-0,0344		
Mrd=	32,52	kNm	OK

Verifiche S.L.E. fessurazione

combinazione frequente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ω _k max	0,3	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	12,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0079		
Stm	201,58	mm	
Mk	11,00	kNm	
σ _s	120,56	N/mm ²	
ε _{sm}	0,0006		
ω _k =	0,20	mm	OK

combinazione quasi permanente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ω _k max	0,2	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	12,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0079		
Stm	201,58	mm	
Mk	1,00	kNm	
σ _s	10,96	N/mm ²	
ε _{sm}	0,0001		
ω _k =	0,02	mm	OK

Verifica della sezione alla fine del ringrosso d'angolo della soletta superiore per taglio

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
fctm	3,60	N/mm ²	
fctk _{0,05}	2,52	N/mm ²	
fctd	1,68	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
fc2	13,8	N/mm ³	S.L.U.ridotta
τrd	0,42	N/mm ²	
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
σ'c	11,2	N/mm ³	S.L.E.ridotta

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.

Sezione trave e azioni agenti

combinazione rara

b	h	Vk	Vsd
[cm]	[cm]	[kN]	[kN]
100	20	124,00	176,00

d'	3,0	cm
d	17,0	cm

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
0	0	0,00
		5,94

N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
4	14	6,16
0	0	0,00
		7,57

Verifica di resistenza trave non armata al taglio

Vsd	176,00	kN		
k	2,08			
kmax	2,00	vmin	0,68	
ρ	0,003	vrd	0,61	KO
Nsd	0,00	kN	solo carichi permanenti	
σ	0,000	kN/cm ²		
Vrd	103,69	kN	>Vsd	KO
elemento fessurato dal momento flettente				

Dimensionamento delle armature trasversali

Vsd	176,00	kN			
Nsd	0,00	kN	solo carichi permanenti		
molle φ	10				
n°braccia	5				
Area staffe	3,93	cm ²			
passo staffe	12	cm			
α	90	ctg(α)	0	sin(α)	1
θ	45	ctg(θ)	1	sin(θ)	0,71
Vrsd	195,92	kN	verifica a taglio trazione Vrsd>Vsd		
f'cd	13,8	N/mm ²			
σcp	0,00	N/mm ²	0,25fcd	6,9	N/mm ²
αc	1,00				
Vrcd	1058,25	kN	verifica a taglio compressione Vrcd>Vsd		
Vrd	195,92	kN	verifica a taglio Vrd>Vsd		
					OK

Verifica della sezione della soletta inf. per flessione (Mmax)

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
εc1	2	‰	
εcu	3,5	‰	

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.
εsd	1,90	‰	
εsu	10	‰	

Coefficienti di omogeneizzazione

m	14	S.L.E.
r	16,6	S.L.U.

Sezione trave e azioni agenti

combinazione rara			
b	h	Mk	Msd
[cm]	[cm]	[kNm]	[kNm]
100	20	49,00	67,00

d'	3,0	cm
d	17,0	cm

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
4	14	6,16
		12,10

N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
0	0	0,00
0	0	0,00
		1,41

Verifiche S.L.E.

ρ _s	0,00711		
ρ' _s	0,00083		
ω _t	0,11125		
δ	0,91382		
x	6,00	cm	
J _i	27867	cm ⁴	
σ _c =	10,56	N/mm ²	OK
σ _s =	270,68	N/mm ²	OK

Verifiche S.L.U.

ω _{sc}	0,5186	limite verso le forti armature	
ω _s	0,11839	OK	
ω' _s	0,01384	OK	
x	1,78	cm	
Z _s	16,11	cm	
Z' _s	-2,11	cm	
ε _s	0,0233		
ε' _s	0,0012		
Mrd=	75,09	kNm	OK

Verifiche S.L.E. fessurazione

combinazione frequente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ω _k max	0,3	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	14,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0161		
Stm	136,81	mm	
Mk	39,00	kNm	
σ _s	215,44	N/mm ²	
ε _{sm}	0,0010		
ω _k =	0,24	mm	OK

combinazione quasi permanente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ω _k max	0,2	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	14,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0161		
Stm	136,81	mm	
Mk	4,00	kNm	
σ _s	22,10	N/mm ²	
ε _{sm}	0,0001		
ω _k =	0,02	mm	OK

Verifica della sezione alla fine del ringrosso d'angolo della soletta inferiore per flessione

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
εc1	2 ‰		
εcu	3,5 ‰		

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.
εsd	1,90 ‰		
εsu	10 ‰		

Coefficienti di omogeneizzazione

m	14	S.L.E.
r	16,6	S.L.U.

Sezione trave e azioni agenti

combinazione rara			
b	h	Mk	Msd
[cm]	[cm]	[kNm]	[kNm]
100	20	20,00	27,00

d'	3,0	cm
d	17,0	cm

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
0	0	0,00
		5,94

N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
4	14	6,16
0	0	0,00
		7,57

Verifiche S.L.E.

ρ _s	0,00349		
ρ' _s	0,00445		
ω _t	0,11125		
δ	0,53844		
x	4,29	cm	
J _i	16237	cm ⁴	
σ _c =	5,28	N/mm ²	OK
σ _s =	219,19	N/mm ²	OK

Verifiche S.L.U.

ω _{sc}	0,5186	limite verso le forti armature	
ω _s	0,05812	OK	
ω' _s	0,07411	OK	
x	-0,27	cm	
Z _s	17,14	cm	
Z' _s	-3,14	cm	
ε _s	-0,1786		
ε' _s	-0,0344		
Mrd=	32,52	kNm	OK

Verifiche S.L.E. fessurazione

combinazione frequente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ω _k max	0,3	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	12,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0079		
Stm	201,58	mm	
Mk	17,00	kNm	
σ _s	186,31	N/mm ²	
ε _{sm}	0,0009		
ω _k =	0,29	mm	OK

combinazione quasi permanente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ω _k max	0,2	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	12,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0079		
Stm	201,58	mm	
Mk	1,00	kNm	
σ _s	1,00	N/mm ²	
ε _{sm}	0,0000		
ω _k =	0,00	mm	OK

Verifica della sezione alla fine del ringrosso d'angolo della soletta inferiore per taglio

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
fctm	3,60	N/mm ²	
fctk _{0,05}	2,52	N/mm ²	
fctd	1,68	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
fc2	13,8	N/mm ³	S.L.U.ridotta
τrd	0,42	N/mm ²	
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
σ'c	11,2	N/mm ³	S.L.E.ridotta

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.

Sezione trave e azioni agenti

combinazione rara

b	h	Vk	Vsd
[cm]	[cm]	[kN]	[kN]
100	20	122,00	171,00

d'	3,0	cm
d	17,0	cm

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
0	0	0,00
		5,94

N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
4	14	6,16
0	0	0,00
		7,57

Verifica di resistenza trave non armata al taglio

Vsd	171,00	kN		
k	2,08			
kmax	2,00	vmin	0,68	
ρ	0,003	vrd	0,61	KO
Nsd	0,00	kN	solo carichi permanenti	
σ	0,000	kN/cm ²		
Vrd	103,69	kN	>Vsd	KO
elemento fessurato dal momento flettente				

Dimensionamento delle armature trasversali

Vsd	171,00	kN			
Nsd	0,00	kN	solo carichi permanenti		
molle φ	10				
n°braccia	5				
Area staffe	3,93	cm ²			
passo staffe	12	cm			
α	90	ctg(α)	0	sin(α)	1
θ	45	ctg(θ)	1	sin(θ)	0,71
Vrsd	195,92	kN	verifica a taglio trazione Vrsd>Vsd		
f'cd	13,8	N/mm ²			
σcp	0,00	N/mm ²	0,25fcd	6,9	N/mm ²
αc	1,00				
Vrcd	1058,25	kN	verifica a taglio compressione Vrcd>Vsd		
Vrd	195,92	kN	verifica a taglio Vrd>Vsd		
					OK

**Verifica della sezione in mezzeria
del piedritto per presso-flessione (fibra esterna)**

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
εc1	2	‰	
εcu	3,5	‰	

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.
εsd	1,90	‰	
εsu	63	‰	

Coefficienti di omogeneizzazione

m	14	S.L.E.
r	16,6	S.L.U.

Sezione trave e azioni agenti

b	h	Mk	Msd
[cm]	[cm]	[kNm]	[kNm]
100	20	42,00	57,00
		Nk	Nsd
		[kN]	[kN]
carichi permanenti		13,00	17,55

d'	3,0	cm
d	17,0	cm
Ai	2194,40	cm ²
Ji	76192	cm ⁴
i ²	34,72	cm ²
u	3,5	cm
e	323,08	cm sez. parz.

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
4	12	4,52
		10,46

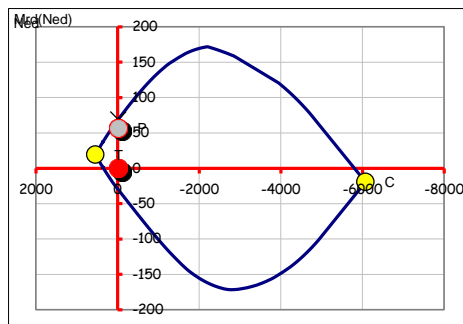
N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
4	8	2,01
0	0	0,00
		3,42

Verifiche S.L.E.(sezione parzializzata)

d _o	313,08	cm
d _s	330,08	cm
d' _s	316,08	cm
δm/b	0,84	cm ⁻¹
equaz.	4,28E-07	
x	5,67	cm
Si	79,12	cm ²
σ _c =	9,32	N/mm ² OK
σ _s =	260,53	N/mm ² OK

Verifiche S.L.U.



Verifiche S.L.E.(sezione interamente reagente)

σ _c =	1,90	N/mm ²	OK
σ _s =	26,57	N/mm ²	OK

Mrd=	68,98	kN	OK
------	-------	----	----

Verifiche S.L.E. fessurazione

combinazione frequente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ωk max	0,3	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	12,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0139		
Stm	136,03	mm	
Mk	32,00	KNm	
Nk	13,00	KN	
σ _s	197,06	N/mm ²	
ε sm	0,0010		
ω _k =	0,22	mm	OK

combinazione quasi permanente			
condizioni ambientali aggressive			
armatura poco sensibile			
ωk max	0,2	mm	
β	1,70		
K ₁	0,80		
K ₂	0,50		
Φ	12,00	mm	
A _{ceff.}	750,00	cm ²	
δ	0,0139		
Stm	136,03	mm	
Mk	2,00	KNm	
Nk	13,00	KN	
σ _s	57,08	N/mm ²	
ε sm	0,0003		
ω _k =	0,06	mm	OK

**Verifica della sezione alla fine del ringrosso d'angolo sup.
del piedritto per presso-flessione (fibra esterna)**

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
εc1	2	‰	
εcu	3,5	‰	

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.
εsd	1,90	‰	
εsu	63	‰	

Coefficienti di omogeneizzazione

m	14	S.L.E.
r	16,6	S.L.U.

Sezione trave e azioni agenti

b	h	Mk	Msd
[cm]	[cm]	[kNm]	[kNm]
100	20	43,00	63,00
		Nk	Nsd
		[kN]	[kN]
carichi permanenti		11,00	14,85

d'	3,0	cm
d	17,0	cm
Ai	2194,40	cm ²
Ji	76192	cm ⁴
i ²	34,72	cm ²
u	3,5	cm
e	390,91	cm sez.parz.

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
4	12	4,52
		10,46

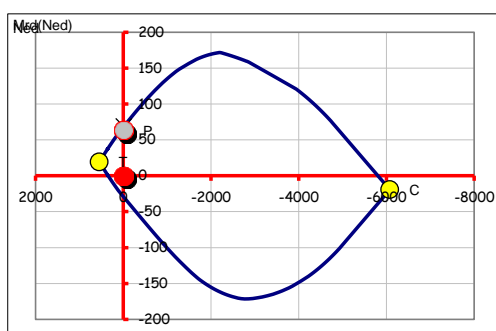
N° ferri area compressa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	8	2,01
0	0	0,00
		3,42

Verifiche S.L.E.(sezione parzializzata)

d _o	380,91	cm
d _s	397,91	cm
d' _s	383,91	cm
6m/b	0,84	cm ⁻¹
equaz.	-0,00061	
x	5,66	cm
Si	65,23	cm ³
σ _c =	9,54	N/mm ² OK
σ _s =	267,81	N/mm ² OK

Verifiche S.L.U.



Verifiche S.L.E.(sezione interamente reagente)

σ _c =	1,64	N/mm ² OK
σ _s =	22,96	N/mm ² OK

Mrd =	68,78	kN	OK
-------	-------	----	----

Verifiche S.L.E. fessurazione

combinazione frequente		
condizioni ambientali aggressive		
armatura poco sensibile		
ωk max	0,3	mm
β	1,70	
K ₁	0,80	
K ₂	0,50	
Φ	12,00	mm
A _{ceff.}	750,00	cm ²
δ	0,0139	
Stm	136,03	mm
Mk	39,00	KNm
Nk	11,00	KN
σ _s	242,42	N/mm ²
ε sm	0,0012	
ω _k =	0,27	mm OK

combinazione quasi permanente		
condizioni ambientali aggressive		
armatura poco sensibile		
ωk max	0,2	mm
β	1,70	
K ₁	0,80	
K ₂	0,50	
Φ	12,00	mm
A _{ceff.}	750,00	cm ²
δ	0,0139	
Stm	136,03	mm
Mk	2,00	KNm
Nk	11,00	KN
σ _s	7,87	N/mm ²
ε sm	0,0000	
ω _k =	0,01	mm OK

**Verifica della sezione alla fine del ringrosso d'angolo sup.
del piedritto per taglio**

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
fctm	3,60	N/mm ²	
fctk _{0,05}	2,52	N/mm ²	
fctd	1,68	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
fc2	13,8	N/mm ³	S.L.U.ridotta
τrd	0,42	N/mm ²	
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
σ'c	11,2	N/mm ³	S.L.E.ridotta

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.

Sezione trave e azioni agenti

combinazione rara

b	h	Vk	Vsd
[cm]	[cm]	[kN]	[kN]
100	20	31,00	42,00

d'	3,0	cm
d	17,0	cm

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
4	12	4,52
		10,46

N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
4	8	2,01
0	0	0,00
		3,42

Verifica di resistenza trave non armata al taglio

Vsd	42,00	kN		
k	2,08			
kmax	2,00	vmin	0,68	
ρ	0,006	vrd	0,74	OK
Nsd	14,85	kN	solo carichi permanenti	
σ	0,007	kN/cm ²		
Vrd	122,04	kN	>Vsd	OK
elemento fessurato dal momento flettente				

Verifica della sezione alla fine del ringrosso d'angolo inf. del piedritto per presso-flessione (fibra esterna)

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fdcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
εc1	2	‰	
εcu	3,5	‰	

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.
εsd	1,90	‰	
εsu	63	‰	

Coefficienti di omogeneizzazione

m	14	S.L.E.
r	16,6	S.L.U.

Sezione trave e azioni agenti

b	h	Mk	Msd
[cm]	[cm]	[kNm]	[kNm]
100	20	42,00	59,00
		Nk	Nsd
		[kN]	[kN]
carichi permanenti		14,00	18,90

d'	3,0	cm
d	17,0	cm
Ai	2194,40	cm ²
Ji	76192	cm ⁴
i ²	34,72	cm ²
u	3,5	cm
e	300,00	cm sez.parz.

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
4	12	4,52
		10,46

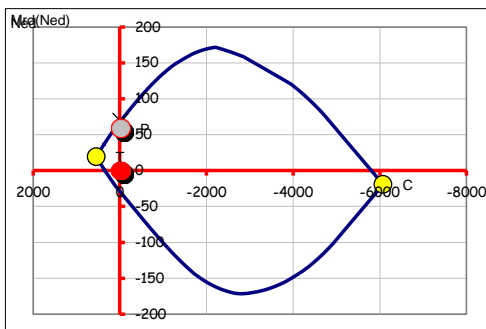
N° ferri area compressa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	8	2,01
0	0	0,00
		3,42

Verifiche S.L.E.(sezione parzializzata)

d _o	290,00	cm
d _s	307,00	cm
d' _s	293,00	cm
6m/b	0,84	cm ⁻¹
equaz.	2,21E-08	
x	5,68	cm
Si	85,30	cm ³
σ _c =	9,33	N/mm ² OK
σ _s =	260,07	N/mm ² OK

Verifiche S.L.U.



Mrd=	70,09	kN	OK
------	-------	----	----

Verifiche S.L.E.(sezione interamente reagente)

σ _c =	2,03	N/mm ²	OK
σ _s =	28,40	N/mm ²	OK

Verifiche S.L.E. fessurazione

combinazione frequente		
condizioni ambientali aggressive		
armatura poco sensibile		
ωk max	0,3	mm
β	1,70	
K ₁	0,80	
K ₂	0,50	
Φ	12,00	mm
A _{ceff.}	750,00	cm ²
δ	0,0139	
Stm	136,03	mm
Mk	36,00	KNm
Nk	14,00	KN
σ _s	221,99	N/mm ²
ε sm	0,0011	
ω _k =	0,25	mm OK

combinazione quasi permanente		
condizioni ambientali aggressive		
armatura poco sensibile		
ωk max	0,2	mm
β	1,70	
K ₁	0,80	
K ₂	0,50	
Φ	12,00	mm
A _{ceff.}	750,00	cm ²
δ	0,0139	
Stm	136,03	mm
Mk	3,00	KNm
Nk	14,00	KN
σ _s	12,82	N/mm ²
ε sm	0,0001	
ω _k =	0,01	mm OK

**Verifica della sezione alla fine del ringrosso d'angolo inf.
del piedritto per taglio**

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
fctm	3,60	N/mm ²	
fctk _{0,05}	2,52	N/mm ²	
fctd	1,68	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
fc2	13,8	N/mm ³	S.L.U.ridotta
τrd	0,42	N/mm ²	
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
σ'c	11,2	N/mm ³	S.L.E.ridotta

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.

Sezione trave e azioni agenti

combinazione rara

b	h	Vk	Vsd
[cm]	[cm]	[kN]	[kN]
100	20	43,00	58,00

d'	3,0	cm
d	17,0	cm

N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
4	12	4,52
		10,46

N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
4	8	2,01
0	0	0,00
		3,42

Verifica di resistenza trave non armata al taglio

Vsd	58,00	kN		
k	2,08			
kmax	2,00	vmin	0,68	
ρ	0,006	vrd	0,74	OK
Nsd	18,90	kN	solo carichi permanenti	
σ	0,009	kN/cm ²		
Vrd	122,56	kN	>Vsd	OK

**Verifica della sezione
del piedritto per presso-flessione (fibra interna)**

Calcestruzzo

Rck	50	N/mm ²	
fck	41,5	N/mm ²	
Ec	34881	N/mm ²	
γc	1,5		
fcd	27,7	N/mm ²	
fc1	23,5	N/mm ²	S.L.U.
σc	18,7	N/mm ²	S.L.E.
εc1	2	‰	
εcu	3,5	‰	

Acciaio B450C

ftk	540	N/mm ²	
fyk	450	N/mm ²	
Es	206000	N/mm ²	
γs	1,15		
fsd	391	N/mm ²	S.L.U.
σs	300	N/mm ²	S.L.E.
εsd	1,90	‰	
εsu	63	‰	

Coefficienti di omogeneizzazione

m	14	S.L.E.
r	16,6	S.L.U.

Sezione trave e azioni agenti

b	h	Mk	Msd
[cm]	[cm]	[kNm]	[kNm]
100	20	10,00	13,00
		Nk	Nsd
		[kN]	[kN]
carichi permanenti		13,00	17,55

d'	3,0	cm
d	17,0	cm
Ai	2194,40	cm ²
Ji	76192	cm ⁴
i ²	34,72	cm ²
u	3,5	cm
e	76,92	cm sez.parz.

Verifiche S.L.E.(sezione parzializzata)

d _o	66,92	cm
d _s	83,92	cm
d' _s	69,92	cm
6m/b	0,84	cm ⁻¹
equaz.	1,23E-07	
x	3,69	cm
Si	144,98	cm ³
σ _c =	3,31	N/mm ² OK
σ _s =	137,05	N/mm ² OK

Verifiche S.L.E.(sezione interamente reagente)

σ _c =	1,75	N/mm ² OK
σ _s =	24,52	N/mm ² OK

Verifiche S.L.E. fessurazione

combinazione frequente		
condizioni ambientali aggressive		
armatura poco sensibile		
ωk max	0,3	mm
β	1,70	
K ₁	0,80	
K ₂	0,50	
φ	8,00	mm
A _{ceff.}	750,00	cm ²
δ	0,0046	
Stm	225,22	mm
Mk	9,00	KNm
Nk	13,00	KN
σ _s	118,44	N/mm ²
ε sm	0,0006	
ω _k =	0,22	mm OK

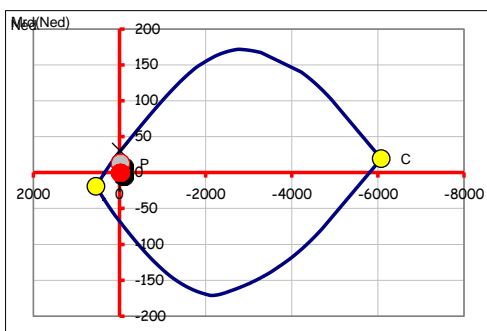
N° ferri area tesa

n°	Φ	A _s [cm ²]
5	6	1,41
4	8	2,01
0	0	0,00
		3,42

N° ferri area compressa

n°	Φ	A' _s [cm ²]
5	6	1,41
4	12	4,52
4	12	4,52
		10,46

Verifiche S.L.U.



Mrd=	30,02	kN	OK
------	-------	----	----

combinazione quasi permanente		
condizioni ambientali aggressive		
armatura poco sensibile		
ωk max	0,2	mm
β	1,70	
K ₁	0,80	
K ₂	0,50	
φ	8,00	mm
A _{ceff.}	750,00	cm ²
δ	0,0046	
Stm	225,22	mm
Mk	1,00	KNm
Nk	13,00	KN
σ _s	2,46	N/mm ²
ε sm	0,0000	
ω _k =	0,00	mm OK

VERIFICA DI PORTATA

Le opere in progetto prevedono fondazioni di tipo diretto, le verifiche di capacità portante sono state svolte secondo quanto proposto da Brinch-Hansen. La portata di base è stata calcolata attraverso l'espressione proposta da Brinch-Hansen per le fondazioni superficiali. La portata limite unitaria è fornita dalla seguente espressione:

$$q_{LIM} = \frac{1}{2} \times \gamma' \times B \times N_{\gamma} \times s_{\gamma} \times i_{\gamma} \times b_{\gamma} \times g_{\gamma} + c' \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c + q' \times N_q \times s_q \times d_q \times i_q \times b_q \times g_q$$

I simboli utilizzati nella precedente relazione e nelle successive sono:

γ'	=	peso specifico terreno
M	=	Momento risultante sulla sottofondazione
N	=	Azione perpendicolare al piano di posa sulla sottofondazione
H	=	Azione parallela al piano di posa sulla sottofondazione
B_R	=	larghezza reale della sottofondazione
e	= M/N	= eccentricità del carico sulla sottofondazione
B	= $(B_R - 2 \times e)$	= larghezza della sottofondazione (valore equivalente)
L	=	lunghezza della sottofondazione
D	=	Profondità del piano di posa della sottofondazione (= sp. sottofondazione)
α	=	angolo di inclinazione del piano di sottofondazione
ω	=	angolo di inclinazione del piano campagna
q'	= $\gamma \times D \times \cos \omega$	= Sovrac. dovuto al peso del terreno posto sopra il livello di sottofondazione
c'	=	coesione
ϕ'	=	angolo di attrito
q_{LIM}	=	portata limite unitaria
FS	=	fattore di sicurezza

La portata ammissibile unitaria è ottenuta dalla portata limite unitaria, dividendo per il fattore di sicurezza (FS), assunto pari a 1.8.

I coefficienti di capacità portante sono:

$$N_{\phi} = \text{tg}^2(45^{\circ} + \phi' / 2)$$

$$N_Q = N_{\phi} \times e^{\pi \cdot \text{tg} \phi'}$$

$$N_C = \frac{(N_Q - 1)}{\text{tg} \phi'}$$

$$N_{\gamma} = 2.0 \times (N_Q + 1) \times \text{tg} \phi'$$

I coefficienti s_{γ} , s_q , s_c sono i fattori di forma della sottofondazione:

$$s_{\gamma} = 1 + 0.1 \times \frac{B}{L} \times \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'}$$

$$s_q = s_{\gamma}$$

$$s_c = 1 + 0.2 \times \frac{B}{L} \times \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'}$$

$$(\text{Per } B > L \Rightarrow B/L = 1)$$

I coefficienti i_{γ} , i_q , i_c sono i fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico:

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{N + B \times L \times c' \times \cot g\phi'} \right]^{(m+1)}$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{N + B \times L \times c' \times \cot g\phi'} \right]^m$$

$$m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - d_q}{N_c \times \operatorname{tg}\phi'}$$

I coefficienti b_γ , b_q , b_c sono i fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della sottofondazione:

$$b_\gamma = (1 - \alpha \times \operatorname{tg}\phi')^2$$

$$b_q = b_\gamma$$

$$b_c = b_q - \frac{1 - d_q}{N_c \times \operatorname{tg}\phi'}$$

I coefficienti g_γ , g_q , g_c sono i fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna:

$$g_\gamma = (1 - \operatorname{tg}\omega)^2$$

$$g_q = g_\gamma$$

$$g_c = g_q - \frac{1 - d_q}{N_c \times \operatorname{tg}\phi'}$$

I coefficienti d_q , d_c sono i fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa:

$$d_q = 1 + 2 \times \frac{D}{B} \times \operatorname{tg}\phi' \times (1 - \sin\phi')^2 \quad \text{per } D/B \leq 1 \quad (1)$$

$$d_q = 1 + 2 \times \operatorname{tg}\phi' \times (1 - \sin\phi')^2 \times \operatorname{ctg}\left(\frac{D}{B}\right) \quad \text{per } D/B > 1$$

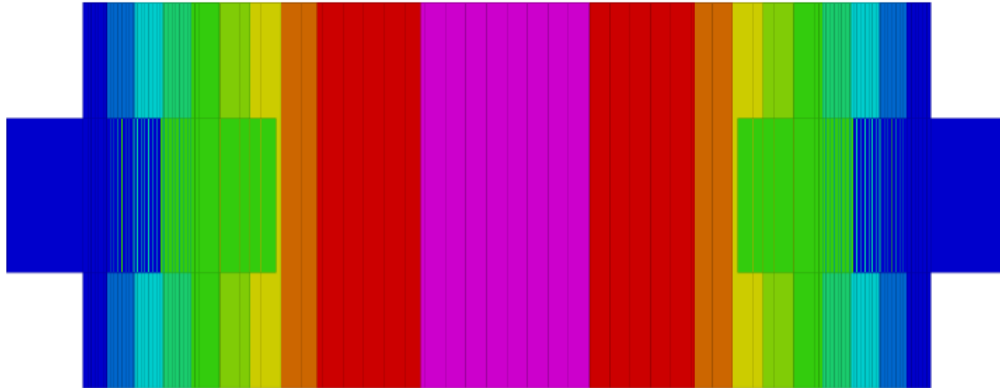
$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \times \operatorname{tg}\phi'}$$

Alla pagina seguente si riporta la verifica di portata per le risultanti massime in fondazione.

⁽¹⁾ Nel caso in cui D/B sia maggiore di 1 si considera cautelativamente $d_q = 1$.

Scatolare 200x100sp 20 ric 20 cm

Inviluppo sle rara



Pressioni massime da 0.25 a 0.16 N/mm² si verifica la combinazione che genera i massimi scarichi sul terreno pari a 0.25 N/mm².

CALCOLO PORTATA LIMITE FONDAZIONE SUPERFICIALE					
Formulazione di Brinch-Hansen					
$q_{LIM} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma} + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$					
$\phi = 28.35^\circ$	$M = 0.00$ kNm				
$c = 0.00$ kN/m ²	$N = 1200.00$ kN				
$B_R = 2.40$ m $\rightarrow B = 2.40$ m	$H = 0.00$ kN				
$L = 2.00$ m					
$e = 0.00$ m					
$D = 1.40$ m $\rightarrow q' = 28.00$ kN/m ²	216.27 +	(contributo forze d'attrito)			
$\gamma_{fond} = 8.00$ kN/m ³	0.00 +	(contributo forze di coesione)			
$\alpha = 0^\circ$	643.91 =	(contributo sovraccarico laterale)			
$\omega = 0^\circ$	q_{LIM} = 860.18 kN/m ²	(Portata Limite)			
$\gamma_{rit} = 20.00$ kN/m ³	q_{Amm} = 477.88 kN/m ²	(Portata Ammissibile $\gamma_r=1.8$)			
$N_{\phi} = 2.81$	$s_{\gamma} = 1.28$	$d_q = 1.17$	$i_{\gamma} = 1.00$	$b_{\gamma} = 1.00$	$g_{\gamma} = 1.00$
$N_q = 15.30$	$s_q = 1.28$	$d_c = 1.19$	$i_q = 1.00$	$b_q = 1.00$	$g_q = 1.00$
$N_c = 26.50$	$s_c = 1.56$		$i_c = 1.00$	$b_c = 1.00$	$g_c = 1.00$
$N_{\gamma} = 17.59$			$m = 1.45$		

La verifica di portata risulta soddisfatta².

² Il valore della tangente dell'angolo di attrito è stato ridotto del fattore 1.25. In favore di sicurezza si considera un affondamento limitato all'altezza della struttura.

SCHEMA ARMATURE - SCATOLARE 200x100x200 sp.20cm

Calcestruzzo C40/50 R_{ck} 500 (daN/cm²)
 Acciaio B450C f_{yk} 4500 (daN/cm²)
 Classe di esposizione XC2 - XF3 - XA1
 Spessore copriferro min.3 cm

