

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA

INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ASSISI

SOTTOPASSI E SOTTOVIA

NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI - Relazione di calcolo scatolare

SCALA:

-

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

I R 0 B 0 1 D 1 0 C L S L 0 1 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L. Dinelli <i>L. Dinelli</i>	Luglio 2020	S. Paoloni <i>S. Paoloni</i>	Luglio 2020	T. Paoletti <i>T. Paoletti</i>	Luglio 2020	L. Berardi Luglio 2020

File : IROB.01.D.10.CL.SL01.0.0.002.A.doc

n. Elab.:

Indice

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
2.1	NORMATIVA	7
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	8
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	9
3.1	CALCESTRUZZO	9
3.2	ACCIAIO DI ARMATURA – BARRE	10
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	10
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	12
6	SEZIONE SCATOLARE SOTTOPASSO.....	14
6.1	GEOMETRIA E DATI DI INPUT.....	14
6.2	MODELLO DI CALCOLO	16
6.3	ANALISI DEI CARICHI.....	17
6.3.1	<i>PESO PROPRIO (DEAD)</i>	17
6.3.2	<i>SOVRACCARICO PERMANENTE (PERM)</i>	18
6.3.3	<i>BALLAST (BALLAST)</i>	18
6.3.4	<i>SPINTA DEL TERRENO (SPTSX/SPTDX)</i>	18
6.3.5	<i>SPINTA ORIZZONTALE FALDA</i>	19
6.3.6	<i>SOTTOSPINTA IDRAULICA SU SOLETTA INFERIORE</i>	19
6.3.7	<i>CARICHI VARIABILI</i>	19
6.3.8	<i>FRENATURA E AVVIAMENTO</i>	21
6.3.9	<i>AZIONI CLIMATICHE</i>	21
6.3.10	<i>AZIONI SISMICHE</i>	23

6.4	CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI	26
6.4.1	CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI.....	26
6.4.2	COMBINAZIONI DI CARICO PER SEZIONI DI VERIFICA	27
6.4.3	COMBINAZIONI DI CARICO PER GLI STATI LIMITE CONSIDERATI	33
6.5	VERIFICHE STR	34
6.5.1	SOLETTA SUPERIORE.....	36
6.5.2	PIEDRITTO.....	41
6.5.3	SOLETTA INFERIORE.....	48
6.6	VERIFICHE GEO	54
7	INCIDENZE.....	61

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto “Potenziamento della linea Foligno–Terontola”, rientrano gli interventi di semplificazione e velocizzazione ed upgrade tecnologico presso la stazione di Assisi. Le attività prevedono la velocizzazione degli itinerari in deviata, l’adeguamento a STI dei marciapiedi di stazione e dei relativi sottopassi pedonali e l’upgrading tecnologico dell’impianto esistente ACEI in un più moderno apparato ACC.

Il Programma di Esercizio fornito come input di base dalla Committenza prevede interventi di semplificazione e velocizzazione dell’impianto. In particolare sono previste le seguenti lavorazioni:

- Sostituzione delle comunicazioni esistenti a 30 km/h con comunicazioni a 60 km/h
- Realizzazione di tronchini di indipendenza per i binari di precedenza
- Adeguamento a STI dei marciapiedi di stazione
- Costruzione nuovo sottopasso pedonale

Per la stazione di Assisi è inoltre previsto, come detto in precedenza, l’upgrade tecnologico dell’attuale apparato (con ACC telecomandabile) e conseguente riconfigurazione del Posto Centrale.

L’inizio dell’intervento è previsto alla progressiva Km 14+800 circa e termina alla progressiva Km 16+450 circa.

E’ prevista la modifica dell’attuale PRG di stazione allo schematico comunicato dal Cliente, la realizzazione di un nuovo sottopasso e dei collegamenti perdonali (rampe scale ed ascensori), innalzamento dei due marciapiedi esistenti ad H=55cm. Inoltre, verrà prevista la realizzazione di un nuovo sottopasso pedonale in aggiunta a quello esistente.

Entrambi i marciapiedi verranno dotati di due nuove pensiline ferroviarie in continuità a quelle esistenti a copertura del nuovo sottopasso.

A tal proposito, si evidenzia che per quanto riguarda il marciapiede ad isola, per il soddisfacimento del Programma di Esercizio anzidetto, si viene a determinare un ampliamento di circa 2m della banchina lato III binario. Per quanto riguarda la pensilina attuale prevista sul marciapiede del II e III binario si è deciso, d’intesa con la DTP RFI, di non intervenire sull’ampliamento della pensilina esistente su detta banchina, in virtù del vincolo presente da parte della sovrintendenza BBCC sul fabbricato viaggiatori.

Verrà previsto un nuovo Fabbricato Tecnologico per ospitare la cabina ACC, i locali tecnologici e la Cabina MT/BT, quest'ultima necessaria per una migliore gestione dei carichi elettrici presenti in stazione.

Saranno previsti inoltre, dal punto di vista impiantistico:

- illuminazione punte scambi;
- impianti RED;
- illuminazione scale, sottopasso, banchine
- impianti IaP e DS

La presente relazione riporta le analisi e le verifiche relative al nuovo sottopasso al km 15+555.45 costituito da una struttura scatolare in cemento armato.

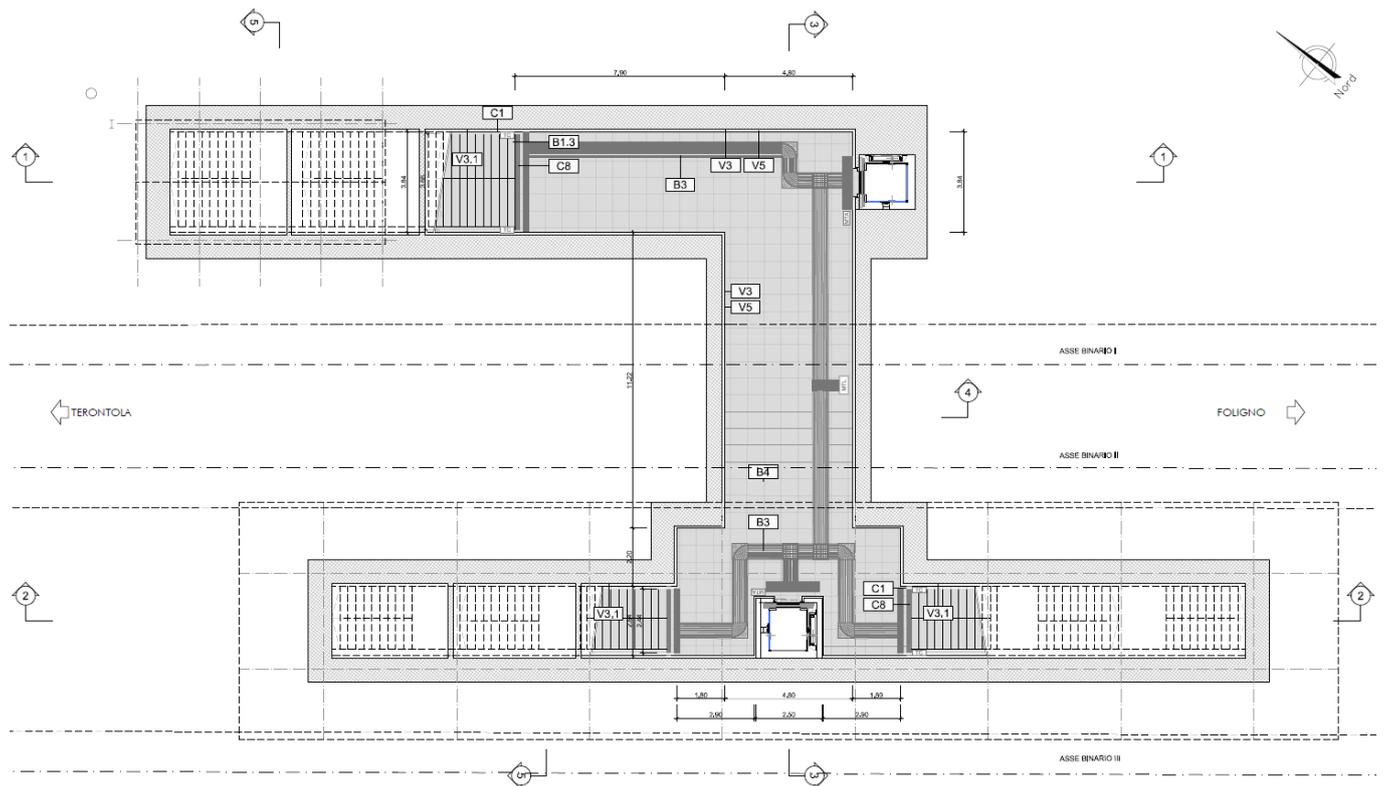


Figura 1 – Planimetria

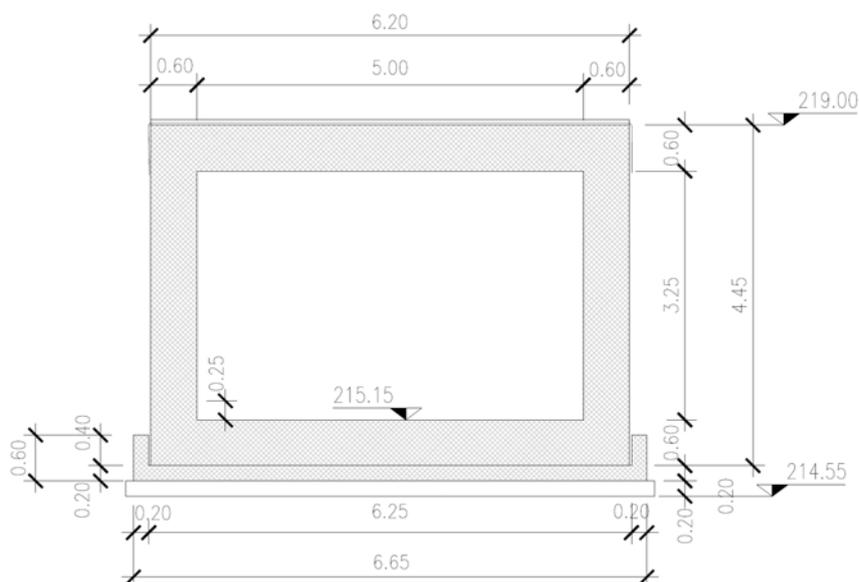


Figura 2 – Sezioni trasversali

Il manufatto è costituito da una struttura scatolare in conglomerato cementizio armato gettato in opera. Si procede di seguito al dimensionamento e alla verifica della struttura dello scatolare nella più critica situata in corrispondenza del binario ferroviario.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

2.1 **Normativa**

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le seguenti normative.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”;
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea
- Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

3.1 CALCESTRUZZO

Elevazione

Classe di resistenza = C32/40

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/m³

R_{ck} = resistenza cubica = 40.00 N/mm²

f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = $0.83 \cdot R_{ck} = 33.2$ N/mm²

f_{cm} = resistenza cilindrica media = $f_{ck} + 8 = 41.2$ N/mm²

f_{ctm} = resistenza a trazione media = $0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10$ N/mm²

f_{cfm} = resistenza a traz. per flessione media = $1.20 \cdot f_{ctm} = 3.72$ N/mm²

f_{cfk} = resistenza a traz. per flessione caratt. = $0.70 \cdot f_{cfm} = 2.60$ N/mm²

E_{cm} = modulo elast. tra 0 e $0.40f_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33642.8$ N/mm²

Classe minima di consistenza S4

Classe di esposizione XC4

Copriferro 40 mm

Fondazione

Classe di resistenza = C28/35

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/m³

R_{ck} = resistenza cubica = 35.00 N/mm²

f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = $0.83 \cdot R_{ck} = 29.05$ N/mm²

f_{cm} = resistenza cilindrica media = $f_{ck} + 8 = 37.05$ N/mm²

f_{ctm} = resistenza a trazione media = $0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.83$ N/mm²

f_{cfm} = resistenza a traz. per flessione media = $1.20 \cdot f_{ctm} = 3.40$ N/mm²

f_{cfk} = resistenza a traz. per flessione caratt. = $0.70 \cdot f_{cfm} = 2.38$ N/mm²

E_{cm} = modulo elast. tra 0 e $0.40f_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 32588.11$ N/mm²

Classe minima di consistenza S4

Classe di esposizione XC2

Copriferro 40 mm

3.2 ACCIAIO DI ARMATURA – BARRE

Tipo = B 450 C

γ_a = peso specifico = 78.50 kN/m³

$f_{y\text{ nom}}$ = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²

$f_{t\text{ nom}}$ = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²

$f_{yk\text{ min}}$ = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm²

$f_{tk\text{ min}}$ = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm²

$(f_t/f_y)_{k\text{ min}}$ = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15

$(f_t/f_y)_{k\text{ max}}$ = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

$(f_y/f_{y\text{ nom}})_k$ = massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k$ = allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm²

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:

$\emptyset < 12$ mm → 4 \emptyset ;

$12 \leq \emptyset \leq 16$ mm → 5 \emptyset ;

$16 < \emptyset \leq 25$ mm → 8 \emptyset ;

$25 < \emptyset \leq 40$ mm → 10 \emptyset .

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dal punto di vista geotecnico le unità geotecniche individuate sono le seguenti:

- R: materiale di riporto/rilevato ferroviario esistente
- Als: Spessore variabile tra 6.0 e 12.0 m ca.; composizione variabile da argilla limosa a sabbia limosa. Per tale strato, si dispone di 8 prove NSPT, di 7 campioni rimaneggiati e di 2 campioni indisturbati sottoposti a prove di laboratorio. L'unità rappresenta la porzione più superficiale delle litofacies bb2 e bb3.
- Gs: composizione variabile da sabbia limosa a ghiaia sabbiosa; rappresenta la litofacies geologica bb1.
- Al: argilla limosa a profondità superiori di 15 m; rappresenta la litofacies geologica bb3.

L'interpretazione delle prove in sito e di laboratorio ha condotto alla definizione dei seguenti valori dei parametri meccanici per i terreni tipo individuati:

Unità	γ	ϕ'	c'	c_u	E_{op}	k
	kN/m ³	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(m/s)

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	11 di 61

Als	19.5	25÷28	0 ÷ 5	25 ÷ 75	8 ÷ 14	1E-05 ÷ 1E-06
Gs	20.0	31÷35	0	-	25 ÷ 35	1E-04 ÷ 1E-05
Al	19.5	25÷28	5 ÷ 10	50 ÷ 100	19÷ 25	1E-06

La stratigrafia è stata dedotta in base ai risultati del sondaggio S3 situato proprio in corrispondenza del futuro sottopasso.

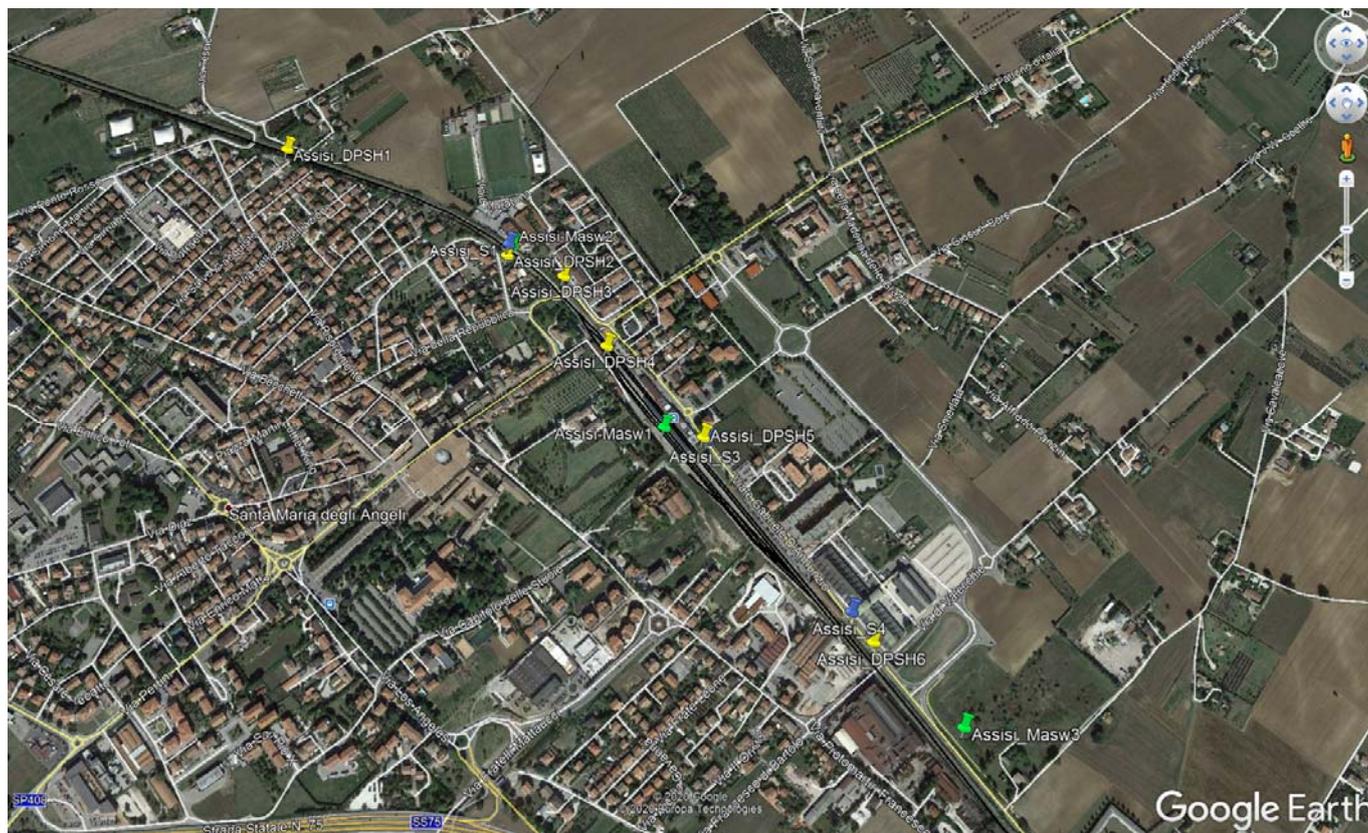


Figura 3 - Ubicazione indagini di fase PD - Google Earth

I dati della falda libera indicano un livello piezometrico che si attesta a circa 10.0 m dal piano campagna.

strato	profondità da	profondità a
	m da pc	m da pc
R	0	2.0
Als	2.0	8.0
Gs	8.0	17.0

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	12 di 61

Al	17.0	19.5
Gs	19.5	24.5
Al	24.5	28.5
Gs	28.5	-

Tabella 1 - Stratigrafia di calcolo Materiali in sito.

Dal punto di vista sismico il terreno è classificato di tipo C.

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La determinazione dell'azione sismica è stata svolta sulla base della normativa vigente con l'utilizzo del software freeware di geostru "Parametri Sismci". Tale software in funzione delle coordinate del sito, della vita utile e della categoria di sottosuolo fornisce i parametri sismici necessari alla definizione delle azioni sismiche.

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

Sito in esame.

latitudine: 43,060062 [°]

longitudine: 12,586150 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	23185	43,080940	12,531700	4995,2
Sito 2	23186	43,081480	12,600190	2640,6
Sito 3	23408	43,031490	12,600910	3395,9
Sito 4	23407	43,030940	12,532470	5432,7

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

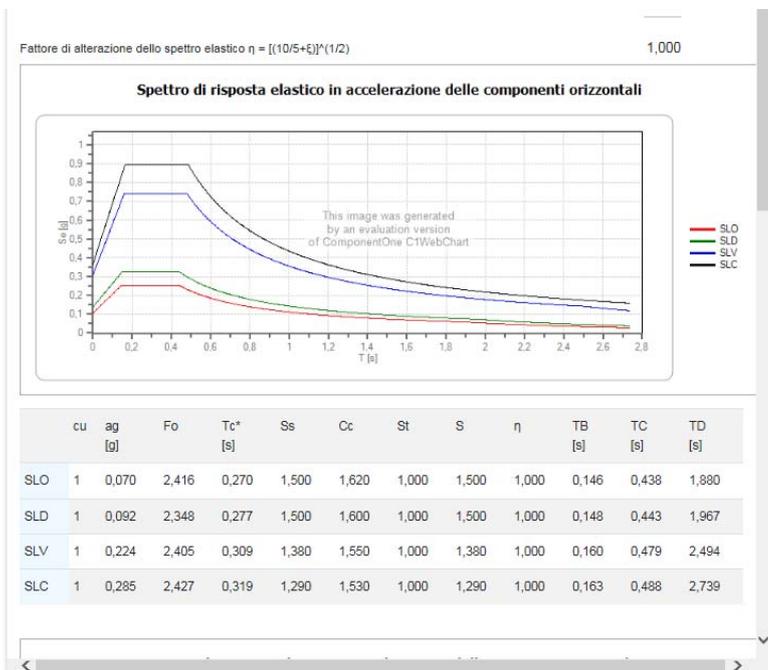
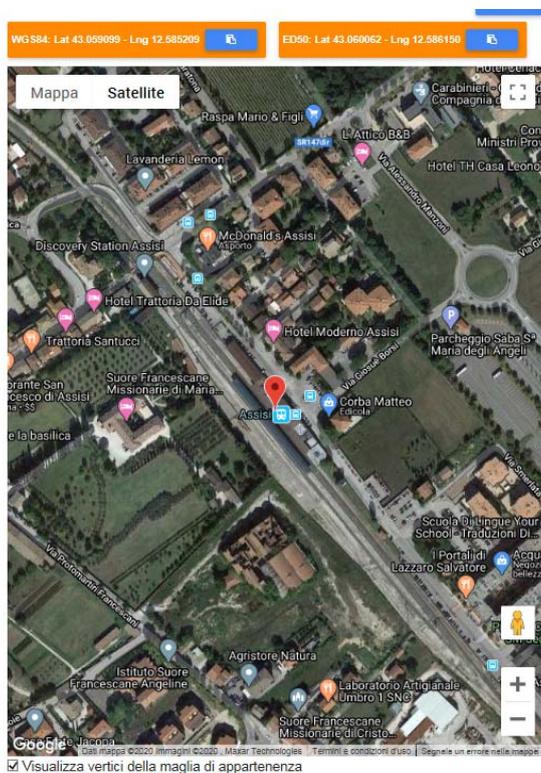
Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,070	2,416	0,270
Danno (SLD)	63	50	0,092	2,348	0,277
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,224	2,405	0,309
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,285	2,427	0,319

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,620	1,000	0,000	--	1,031	--
SLD	1,500	1,600	1,000	0,065	0,032	1,350	0,470
SLV	1,380	1,550	1,000	0,117	0,059	3,025	0,380
SLC	1,290	1,530	1,000	0,000	--	3,603	--



6 SEZIONE SCATOLARE SOTTOPASSO

6.1 GEOMETRIA E DATI DI INPUT

Si procede al dimensionamento della struttura dello scatolare facendo riferimento ad una struttura piana che descrive una striscia larga 1.00 m. Lo spessore della soletta superiore è pari a 0.60 m, quello dei piedritti e del solettone di fondo è anch'esso pari a 0.60 m. Il ricoprimento, ovvero la distanza tra la quota del Piano del Ferro e l'estradosso della soletta superiore, si assume cautelativamente pari a circa 1.25 m. Poiché l'opera ricade in zona sismica, saranno applicate le azioni di rito previste dalla norma così come riportato nei capitoli successivi.

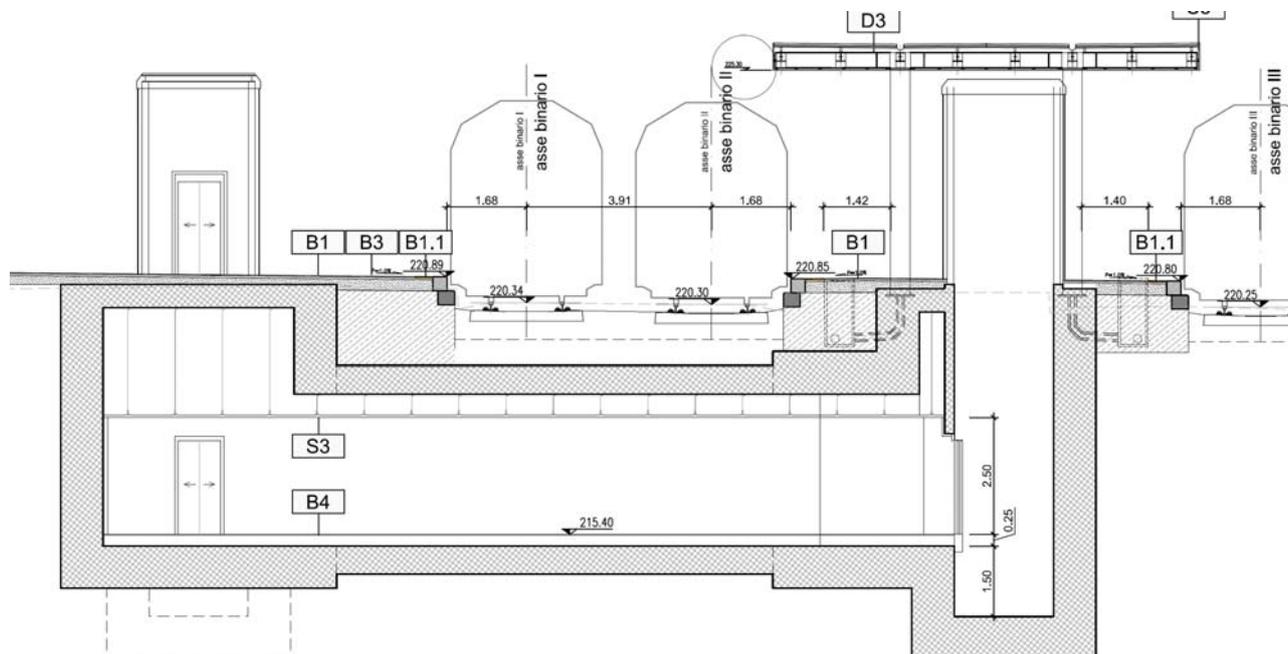


Figura 4 – Sezione longitudinale

Caratteristiche geometriche e di carico dello scatolare:

dati di input

h (m)	3.25	altezza netta interna
l (m)	5	larghezza netta interna
b (m)	1	profondità striscia di telaio
s_i (m)	0.6	spessore soletta inferiore
s_p (m)	0.6	spessore piedritti
s_s (m)	0.6	spessore soletta superiore

dati rilevato ferroviario

s_r (m)	0.2	spessore ricoprimento (escluso ballast)
γ_r (kN/m ³)	20	peso di volume ricoprimento/rilevato
s_m (m)	0	spessore massetto pendenze
γ_m (kN/m ³)	24	peso di volume massetto pendenze
γ_b (kN/m ³)	18	peso di volume ballast
s (m)	0.8	spessore armamento (inclusa traversina)
L_{travsv} (m)	2.4	larghezza traversina
L_{long} (m)	0.3	lunghezza traversina

6.2 MODELLO DI CALCOLO

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.20.0.0 della Computers and Structures.

La mesh (si vedano le Figure seguenti) è composta da 13 beam elements 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.

rigidezza molle

E (kN/m ²)	25000	modulo di Young terreno di fondazione
b _t (m)	6.2	dimensione trasversale dell'opera
b _l (m)	1	dimensione longitudinale dell'opera
k _s (kN/m ³)	9852	costante di sottofondo (formulazione di Vogt)
k ₁ (kN/m)	5517	rigidezza molle centrali
k ₂ (kN/m)	11428	rigidezza molle spigolo
k ₃ (kN/m)	8276	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

Nella presente relazione si adotta un modulo di reazione verticale

$$k_s = 9852 \text{ kN/m}^3$$

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

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

$$K7, \dots, K11 = 5517 \text{ kN/m}$$

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

$$K1 = K2 = 2 \cdot k_s \cdot [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2)/10/2 + (L_p/2)] = 11428 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 5, 6, 12 e 13 come da letteratura si assumono:

$$K5 = K6 = K12 = K13 = 1.5 \cdot k_{\text{centrale}} = 8276 \text{ kN/m}$$

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

- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.60 \text{ m}$ per la soletta superiore
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.60 \text{ m}$ per la soletta di fondazione
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.60 \text{ m}$ 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.

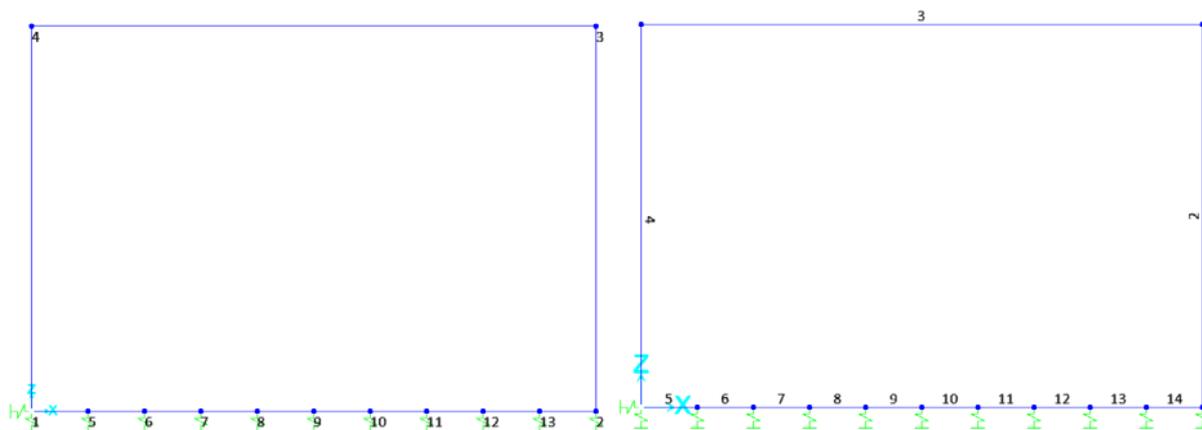


Figura 5 – Numerazione dei nodi e delle aste.

6.3 ANALISI DEI CARICHI

6.3.1 PESO PROPRIO (DEAD)

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso dell'unità di volume del calcestruzzo armato pari a $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$.

6.3.2 SOVRACCARICO PERMANENTE (PERM)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ricoprimento (escluso il ballast) di 0.20 m con $\gamma_r = 20.00 \text{ kN/m}^3$.

6.3.3 BALLAST (BALLAST)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ballast compresa la traversina pari a $s_b = 0.80$ m con peso dell'unità di volume $\gamma_b = 18.00 \text{ kN/m}^3$.

Ai lati dello scatolare si ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti di intensità $\Delta p_b = 5.53 \text{ kN/m}$.

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1, 4 e 2, 3, la parte di spinta del ballast esercitata su 1/2 spessore della soletta superiore e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Spinta semispessore soletta superiore

$$\Delta F_{b3,4} = 1.66 \text{ kN}$$

Spinta semispessore soletta inferiore

$$\Delta F_{b1,2} = 1.66 \text{ kN}$$

6.3.4 SPINTA DEL TERRENO (SPTSX/SPTDX)

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo con:

γ_t (kN/m^3)	20	peso di volume terreno ai lati
ϕ' ($^\circ$)	38	angolo di attrito terreno ai lati
k_0	0.384	coefficiente di spinta a riposo

Tali parametri si traducono ad un diagramma di pressioni trapezoidale ($p = k_0 \cdot \gamma \cdot z$) da applicare sui piedritti dello scatolare con valori di:

p_1 (kN/m^2)	1.54	pressione all'estradosso soletta superiore
p_2 (kN/m^2)	3.84	pressione in asse soletta superiore
p_3 (kN/m^2)	33.44	pressione in asse soletta inferiore
p_4 (kN/m^2)	35.74	pressione all'intradosso soletta inferiore

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 4 (per la SPTSX) e 2 e 3 (per la SPTDX), la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta superiore e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

$$F_{1,2} \text{ (kN/m)} \quad 0.81 \text{ forza concentrata semispessore soletta superiore}$$

$$F_{3,4} \text{ (kN/m)} \quad 10.38 \text{ forza concentrata semispessore soletta inferiore}$$

6.3.5 *SPINTA ORIZZONTALE FALDA*

Assente.

6.3.6 *SOTTOSPINTA IDRAULICA SU SOLETTA INFERIORE*

Assente.

6.3.7 *CARICHI VARIABILI*

6.3.7.1 COEFFICIENTE DI INCREMENTO DINAMICO

Si considera il caso di portale a luce singola, per il quale vale la seguente espressione:

$$L_m = \frac{1}{n} \times (L_1 + L_2 + L_3)$$

in cui $n = 3$.

Considerando le linee d'asse risulta:

$L_1 = 3.85$ m altezza piedritto di sinistra

$L_2 = 5.60$ m lunghezza solettone

$L_3 = 3.85$ m altezza piedritto di destra

$L_\phi = k \cdot L_m = 5.76$ m con $k = 1.3$.

Il coefficiente di incremento dinamico risulta pari a (linea con ridotto standard manutentivo):

$$\Phi_3 = 0.9 \times \left(\frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 \right) = 1.54$$

Essendo $l < 8$ m ed $h < 5$ m si assume invece il valore $\Phi = 1.35$.

6.3.7.2 LARGHEZZA DI DIFFUSIONE TRASVERSALE

La diffusione trasversale dei carichi è stata effettuata, a partire dall'intradosso della traversina, nell'ipotesi di ripartizione nel ballast, nel terreno, nel massetto e nel solettone di copertura nei rapporti di seguito indicati:

	ai	:	bi
ballast	4	:	1
terreno	3	:	2
soletta	1	:	1
massetto	1	:	1

$s_s = 0.60$ m : spessore del solettone

$s_m = 0.00$ m : spessore del massetto pendenze

$s_r = 0.20$ m : spessore del ricoprimento

$L_{tr} = 2.40$ m : lunghezza traversina

Diffusione trasversale

$$L_d = L_{trasv} + 2 \cdot (s_r \cdot b_r / a_r + s_b \cdot b_b / a_b) + 2 \cdot (s_s / 2) \cdot b_s / a_s + 2 \cdot s_m \cdot b_m / a_m = 3.67 \text{ m}$$

6.3.7.3 SOVRACCARICHI MOBILI (ACC)

Treno di carico LM71

Il modello di carico LM71 è costituito dalla presenza del locomotore con gli assi da 250 kN disposti ad interasse longitudinale pari ad 1.60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m. Il coefficiente di adattamento α è pari a 1.1.

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.1$$

Il carico complessivo Q agente su una striscia di lunghezza unitaria vale pertanto, incrementato del coefficiente dinamico e diviso sulla larghezza di diffusione trasversale:

q_{eq} (kN/m)	156.25	carico distribuito equivalente 4 assi
a	1.10	coefficiente adattamento
Φ	1.35	coefficiente incremento dinamico
q (kN/m)	232.03	$q = q_{eq} \cdot \alpha \cdot \Phi$
L_d (m)	3.67	larghezza di diffusione
q/L_d (kN/m ²)	63.28	

Tale carico viene introdotto nel modello con la dicitura ACC:

Treno di carico SW/2

$$q_{vk} = 150.0 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.0 : \text{coefficiente di adattamento}$$

Nell'analisi condotta tale treno di carico non risulta dimensionante.

6.3.7.4 SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RILEVATO (SPACCSX/SPACCDX)

Il carico accidentale sul rilevato a ridosso del piedritto ha intensità pari al treno di carico ripartito su una L_d che tiene conto delle diffusioni prima indicate, limitatamente al ricoprimento e al ballast:

L_d (m)	3.07	larghezza di diffusione
q (kN/m)	171.88	$q = q_{eq} \cdot \alpha$
q/L_d (kN/m ²)	56.05	

$$\Delta p_{acc} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad 21.54$$

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 4 (per la SPACCSX) e 2 e 3 (per la SPACCDX), la parte di sovrappinta dei carichi esercitata su 1/2 spessore della soletta superiore e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

$$\Delta F_{1,2,acc} \text{ (kN/m)} \quad 6.46 \quad \Delta F \text{ dovuto al sovrac. accidentale semispessore soletta superiore}$$

$$\Delta F_{3,4,acc} \text{ (kN/m)} \quad 6.46 \quad \Delta F \text{ dovuto al sovrac. accidentale semispessore soletta inferiore}$$

6.3.8 **FRENATURA E AVVIAMENTO**

Per il carico di frenatura e avviamento viene assunto quello dovuto all'avviamento del treno LM71, moltiplicato per il coefficiente di adattamento $\alpha=1.1$, per cui si ha:

$$Q_{avv} \text{ (kN/m)} \quad 33 \quad \text{carico dovuto all'avviamento treno di carico LM71}$$

$$q_{avv} \text{ (kN/m/m)} \quad 9.90 \quad \text{carico distribuito dovuto all'avviamento treno di carico LM71}$$

$$M_{avv} \text{ (kNm/m)} \quad 12.87 \quad \text{momento flettente distribuito dovuto all'avviamento treno di carico LM71}$$

6.3.9 **AZIONI CLIMATICHE**

6.3.9.1 AZIONI TERMICHE UNIFORMI (TERMU)

Si considera una variazione termica uniforme $\Delta T = 15.00^\circ\text{C}$ sulla soletta superiore e sui piedritti, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

6.3.9.2 AZIONI TERMICHE DIFFERENZIALI (TERMF)

Si considera una variazione termica differenziale $\Delta T = 5.00^\circ\text{C}$ sulla soletta superiore, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

6.3.9.3 RITIRO (RITIRO)

Si considera una variazione termica uniforme equivalente $\Delta T = -11.15^\circ\text{C}$ sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.14-01-2008.

	R_{ck}	40
	f_{ck}	33.20 N/mm ²
resistenza a compressione media	f_{cm}	41.20 N/mm ²
modulo elastico secante	E_{cm}	33642.78 N/mm ²

NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	22 di 61

coefficiente di dilatazione termica	α	0.00001	
classe del cemento	cls tipo	R	
età del cls all'inizio del ritiro	t_s	2 gg	
età del cls al momento del carico	t_0	2 gg	
età del cls	t	27375 gg	
	B	100 cm	
	H	60.00 cm	
sezione dell'elemento	A_c	600000 mm	
perimetro a contatto con l'atmosfera	u	1000 mm	
dimensione elemento di cls	$h_0=2A_c/u$	1200 mm	
umidità relativa percentuale	RH	75 %	
calcolo del modulo elastico			
coeff. del tipo di cemento	α	1	
tempo t_0 corretto in funz del tipo di cem	t_0	6.189 gg	> 0.5
coeff. della resistenza del cls	$\beta_c(f_{cm})$	2.62	
coeff. della viscosità nel tempo	$\beta_c(t_0)$	0.649	
coeff. della resistenza del cls	α_1	0.892	
coeff. della resistenza del cls	α_2	0.968	
coeff. della resistenza del cls	α_3	0.922	
coeff. che tiene conto dell'umidità relativa	β_H	1383	
coeff. della variabilità viscosità nel tempo	$\beta_c(t, t_0)$	0.985	
coeff. che tiene conto dell'umidità	Φ_{RH}	1.203	

coeff. nominale della viscosità	φ_0	2.045
coeff. di viscosità	$\varphi(t, t_0)$	2.02
Modulo elastico al tempo t	$E_{cm}(t, t_0)$	11158.4 N/mm ²
calcolo della deformazione di ritiro		
parametro fusione di h_0	k_h	0.7
coeff. variabilità deformazione nel tempo	$\beta_{cs}(t, t_s)$	0.943
def. di ritiro per essiccamento	$\varepsilon_{cd}(t)$	0.0002811 4
deformazione di base	$\varepsilon_{cd,0}$	0.0004260 2
coeff. per il tipo di cemento	α_{ds1}	6
coeff. per il tipo di cemento	α_{ds2}	0.11
	β_{RH}	0.8960937 5
	$\beta_{as}(t)$	1
	$\varepsilon_{ca\ oo}$	0.000058
deformazione dovuta al ritiro autogeno	ε_{ca}	5.8E-05
deformazione di ritiro	$\varepsilon_s(t, t_0)$	0.0003391 4
variazione termica uniforme	ΔT_{ritiro}	-11.25 °C

6.3.10 AZIONI SISMICHE

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni), le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli stati limite.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;

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

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

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto §7.9.2. delle NTC, assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica il comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato:

- la vita nominale (V_N) dell'opera.
- la classe d'uso.
- il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso.

dati sisma

V_N (anni)	50.00	vita nominale
C_U	1.00	coefficiente d'uso (classe d'uso II)
V_R (anni)	50.00	periodo di riferimento
SLV		
P_{VR}	0.10	probabilità di superamento
T_R (anni)	475	tempo di ritorno per SLV
$a_g(g)$	0.224	accelerazione su sito riferimento rigido
$F_O (-)$	2.405	
$T_C^* (s)$	0.309	
S_S	1.380	coefficiente amplificazione stratigrafica (cat. C)
S_T	1.00	coefficiente amplificazione topografica (cat. T1)
$a_{max}(g)$	0.31	$a_{max}(g) = S_S S_T a_g(g)$

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g}; \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove

$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore unitario.

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

β_m	1.00	
k_h	0.31	coefficiente sismico orizzontale
k_v	0.15	coefficiente sismico verticale

6.3.10.1 SPINTA DELLE TERRE IN FASE SISMICA (SPSSX)

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (par. 7.11.6.2.1 D.M. 17.01.18), sono calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni; l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato attraverso la trattazione di Wood valida per pareti che accettano piccoli spostamenti:

$$\Delta F_E = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

e va a sommarsi alle condizioni statiche valutate in condizioni di spinta a riposo.

Il punto di applicazione della spinta che interessa lo scatolare è posto $h_{scat}/2$, con h_{tot} altezza dal piano di progetto alla fondazione dello scatolare e h_{scat} l'altezza dello scatolare.

Essendo ΔF_E la risultante globale, ed il diagramma di spinta di tipo rettangolare, è immediato ricavare la quota parte della spinta che agisce sul piedritto dello scatolare.

h_{tot} (m)	5.45	altezza da P.F. di progetto a fondazione
h_{scat} (m)	4.45	altezza scatolare
Δp_E (kN/m ²)	33.69	incremento sismico di pressione (secondo Wood) per SLV

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 4, la parte di sovraspinta esercitata su 1/2 spessore della soletta superiore e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

$\Delta F_{1,2,E}$ (kN/m)	10.11	ΔF dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta superiore per SLV
---------------------------	-------	--

$\Delta F_{3,4,E}$ (kN/m)	10.11	ΔF dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta inferiore per SLV
---------------------------	-------	--

6.3.10.2 SOVRASPINTA ORIZZONTALE FALDA IN CONDIZIONI SISMICHE

Assente.

6.3.10.3 FORZE SISMICHE ORIZZONTALI (SISMAH)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti ed applicate nei rispettivi baricentri. Le masse sismiche sono valutate considerando le azioni dovute al carico ferroviario con coefficiente pari a 0.20.

F_1 (kN/m ²)	5.69	inerzia orizzontale ballast + ricoprimento + massetto per SLV
F_2 (kN/m ²)	4.64	inerzia orizzontale soletta superiore per SLV
F_3 (kN/m ²)	4.64	inerzia orizzontale piedritti per SLV

6.3.10.4 FORZE SISMICHE VERTICALI (SISMAV)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli. Le masse sismiche sono valutate considerando le azioni dovute al carico ferroviario con coefficiente pari a 0.20 (cfr tab.5.2.V).

F_1 (kN/m ²)	2.84	inerzia verticale ballast + ricoprimento + massetto per SLV
F_2 (kN/m ²)	2.32	inerzia verticale soletta superiore per SLV
F_3 (kN/m ²)	2.32	inerzia verticale piedritti per SLV
F_4 (kN/m ²)	1.96	inerzia verticale treno di carico LM71 per SLV
F_5 (kN/m ²)	2.32	inerzia verticale soletta inferiore per SLV

6.4 CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI

6.4.1 CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

DEAD	PESO PROPRIO
PERM	CARICHI PERMANENTI (ricoprimento + massetto)
BALLAST	BALLAST
SPBSX/SPBDX	SPINTA DEL BALLAST SU PIEDRITTI

SPTSX/SPTDX	SPINTA DELLE TERRE SU PIEDRITTI
ACC	CARICHI VARIABILI VERTICALI SU OPERA (treni di carico)
SPACCSX/ SPACCDX	SPINTA CARICHI VARIABILI SU PIEDRITTI (treni di carico)
AVV	FRENATURA LM71
TERMF e TERMU	VARIAZIONI TERMICHE (ΔT_u , ΔT_f)
RITIRO	RITIRO
SPSSX	SOVRASPINTA SISMICA
SISMAH	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI
SISMAV	AZIONI SISMICHE VERTICALI

6.4.2 COMBINAZIONI DI CARICO PER SEZIONI DI VERIFICA

Si riportano di seguito i coefficienti parziali utilizzati nelle combinazioni agli SLU, SLE e SLUS relativamente ad ogni sezione di verifica scelta in accordo con le tabelle 5.2.IV, 5.2.V, 5.2.VI e 5.2.VII delle DM2018.

Dall'analisi agli elementi finiti del modello di calcolo, in ogni sezione di verifica sono ricavate le sollecitazioni delle condizioni di carico elementari tutte valutate con coefficienti parziali unitari. Relativamente alla condizione sismica si valuta l'effetto del sisma nelle condizioni di SLD.

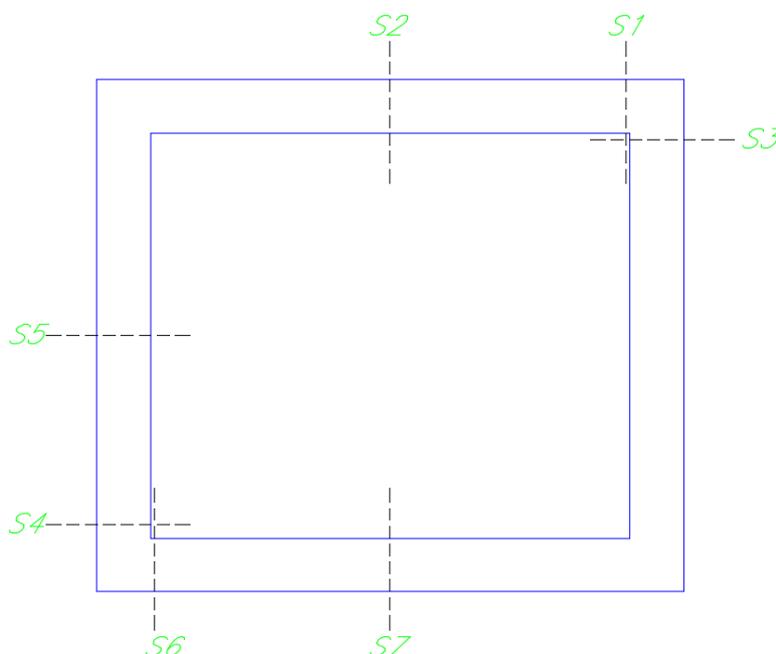


Figura 6 – Sezioni di verifica.

Nell'ipotesi di analisi elatico-lineare le condizioni geotecniche (M2) e quelle di carico sismico SLV sono stimate attraverso l'utilizzo dei coefficienti amplificativi:

$$k_{M1}/k_{M2} = 1.22 \quad \text{coefficiente di scambio M1/M2}$$

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
 Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	29 di 61

SPBSX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
ACC	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
ACC2	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
SPACCSX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
SPACCDX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
AVV	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
TERMF	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
RITIRO	1.2	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SPSSX	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAV	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAH	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0

6.4.2.2 PIEDRITTI

INCASTRO SUPERIORE DESTRO (S3)

	$\gamma (A1)$	$\gamma (A2)$	$\gamma (Asis)$	$\gamma (M1)$	$\gamma (M2)$	k_A/k_0 (sis)	SLV/SLD	ψ_0	ψ_1	ψ_2
DEAD	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
BALLAST	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1.5	1.3	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTSX	1.35	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
ACC	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
ACC2	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
 Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	30 di 61

SPACCSX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
SPACCDX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
AVV	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
TERMF	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
RITIRO	1.2	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SPSSX	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAV	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAH	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0

INCASTRO INFERIORE SINISTRO (S4)

	$\gamma (A1)$	$\gamma (A2)$	$\gamma (Asis)$	$\gamma (M1)$	$\gamma (M2)$	$k_A/k_0 (sis)$	SLV/SLD	ψ_0	ψ_1	ψ_2
DEAD	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
BALLAST	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1.5	1.3	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTSX	1.35	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
ACC	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
ACC2	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
SPACCSX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
SPACCDX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
AVV	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
TERMF	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
RITIRO	1.2	1	0	1	1	1	1	1	1	1

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	31 di 61

SPSSX	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAV	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAH	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0

MEZZERIA PIEDRITTO SINISTRO (S5)

	$\gamma (A1)$	$\gamma (A2)$	$\gamma (Asis)$	$\gamma (M1)$	$\gamma (M2)$	$k_A/k_0 (sis)$	SLV/SLD	ψ_0	ψ_1	ψ_2
DEAD	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
BALLAST	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
ACC	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
ACC2	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
SPACCSX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
SPACCDX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
AVV	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
TERMF	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
RITIRO	1.2	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SPSSX	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAV	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAH	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0

BALLAST	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
ACC	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
ACC2	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
SPACCSX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
SPACCDX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
AVV	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
TERMF	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
RITIRO	1.2	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SPSSX	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAV	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAH	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0

6.4.3 **COMBINAZIONI DI CARICO PER GLI STATI LIMITE CONSIDERATI**

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle DM2018.

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

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

- SLU di tipo geotecnico (GEO)

collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;

- SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche possono essere condotte secondo l'approccio progettuale Approccio 1, utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V delle DM2018 per i parametri geotecnici e le azioni.

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

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

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

STR) $\gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$ ($\Phi_d' = \Phi_k'$)

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

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (tensioni e fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

Rara) $G1 + G2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

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

Quasi permanente) $G1 + G2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

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

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

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

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

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

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

6.5 VERIFICHE STR

A partire dalle sollecitazioni di output dovute ai singoli casi di carico, si sono determinate le sollecitazioni agenti nelle sezioni di verifica attraverso un foglio di calcolo Excel che si riporta in allegato.

Si riportano di seguito le verifiche nelle condizioni di SLE ed SLU condotte con il software RC-SEC della Geostru.

Per le verifiche a fessurazione, in riferimento a quanto indicato nella EN206, per il caso in esame si identifica una classe di esposizione XC4, che corrisponde a condizioni ambientali aggressive.

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree	Parti di strutture marine
5 Attacco di cicli gelo/disgelo		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e ad agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente ad agenti antigelo e al gelo Zone di strutture marine soggette a spruzzi ed esposte al gelo
6 Attacco chimico		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

A vantaggio di sicurezza si effettuano le verifiche considerando anche le combinazioni rare, ponendo come limite il valore $w_1=0.2\text{mm}$.

La massime tensioni (RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – par. 1.8.3.2.1) di compressione del calcestruzzo per tutte le combinazioni di carico SLE, risulta sempre inferiore a $\sigma_c < 0.40 f_{ck} = 13.28 \text{ MPa}$.

La massime tensioni (RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – par. 1.8.3.2.1) di trazione nell'acciaio per tutte le combinazioni di carico SLE risulta sempre inferiore a $\sigma_s < 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$.

Il valore di apertura delle fessure è sempre inferiore a $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Com'è possibile osservare da quanto riportato nel paragrafi seguenti, tutte le verifiche risultano tutte soddisfatte.

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
 Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	36 di 61

6.5.1 SOLETTA SUPERIORE

6.5.1.1 NODO CON PIEDRITTO

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	4.375	-37.489	-10.4718
PERM	-0.641	-10	-3.7434
BALLAST	-2.308	-36	-13.4762
SPBSX	-6.092	-3.49	-10.1053
SPBDX	-6.18	3.49	7.1777
SPTSX	-13.253	-6.675	-21.0747
SPTDX	-13.552	6.675	11.7336
ACC	-10.14	-158.2	-59.2204
SPACCSX	-23.725	-13.593	-39.3563
SPACCDX	-24.07	13.593	27.9527
AVV	-24.65	-32.778	-49.5803
TERMF	6.459	3.55E-15	21.3671
TERMU	-10.804	-7.1E-14	-20.4747
RITIRO	8.103	7.82E-14	15.356
SPSSX	-37.11	-21.262	-61.5613
SISMAV	0.236	-17.8	-5.9399
SISMAH	-25.657	-25.479	-63.3781

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S1				
SOLETTA SUPERIORE APPOGGIO DESTRO		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	145.7	-420.3	-317.1
SLU	A2+M2	142.7	-358.1	-280.4
SLU	SLV	121.8	-177.1	-200.8
SLE	RARA	106.5	-288.1	-213.2
SLE	FESS. RARA	94.8	-247.1	-183.6
SLE	Q.PERM.	46.3	-83.5	-60.9

6.5.1.2 MEZZERIA

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	4.375	-1.8E-14	36.3893
PERM	-0.641	-8.9E-16	8.7566

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	37 di 61

BALLAST	-2.308	-2.1E-14	31.5238
SPBSX	-6.092	-3.49	-1.3799
SPBDX	-6.18	3.49	-1.5478
SPTSX	-13.253	-6.675	-4.3876
SPTDX	-13.552	6.675	-4.9535
ACC	-10.14	-4.6E-14	138.5296
SPACCSX	-23.725	-13.593	-5.3748
SPACCDX	-24.07	13.593	-6.0287
AVV	0.1	-32.778	0.1891
TERMF	6.459	3.55E-15	21.3671
TERMU	-10.804	-7.1E-14	-20.4747
RITIRO	8.103	7.82E-14	15.356
SPSSX	-37.11	-21.262	-8.4065
SISMAV	0.236	3.44E-15	16.3101
SISMAH	0.168	-25.479	0.3192

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S2				
SOLETTA SUPERIORE MEZZERIA		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	27.0	0.0	354.2
SLU	A2+M2	38.4	0.0	294.9
SLU	SLV	59.1	-31.9	103.5
SLE	RARA	29.3	0.0	243.4
SLE	Q.PERM.	20.9	0.0	100.7
SLE	FESS. RARA	27.3	0.0	215.7

VERIFICHE

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: copertura

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40

Resis. compr. di calcolo fcd :	181.33 daN/cm ²
Resis. compr. ridotta fcd' :	90.67 daN/cm ²
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	38 di 61

Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm: 30.24 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 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	-50.00	0.00
2	-50.00	60.00
3	50.00	60.00
4	50.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

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

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-45.00	5.90	20
2	45.00	5.90	20
3	-45.00	54.10	20
4	45.00	54.10	20

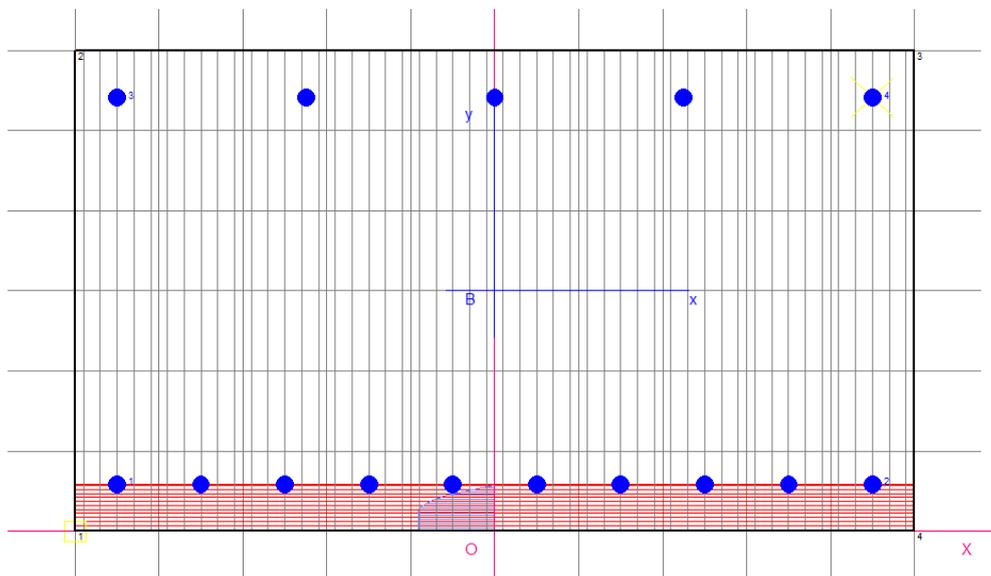
DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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	2	8	20
2	3	4	3	20

NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	39 di 61



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	14566	-31715	0	-42032	0
2	14270	-28036	0	-35807	0
3	12182	-20080	0	-17709	0
4	2704	35423	0	0	0
5	3835	29491	0	0	0
6	5912	10348	0	0	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	10652	-21322	0
2	9482	-18359	0
3	0	-12148	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	4628	-6088	0
2	2092	10068	0

RISULTATI DEL CALCOLO

NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	40 di 61

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inertzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inertzia
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'inertzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inertzia
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	14566	-31715	0	14538	-37946	0	1.198
2	S	14270	-28036	0	14288	-37887	0	1.353
3	S	12182	-20080	0	12179	-37387	0	1.868
4	S	2704	35423	0	2681	65686	0	1.854
5	S	3835	29491	0	3829	65941	0	2.234
6	S	5912	10348	0	5900	66402	0	6.381

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,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	-0.01208	-50.0	0.0	-0.00008	-45.0	5.9	-0.02929	45.0	54.1
2	0.00350	-0.01210	-50.0	0.0	-0.00008	-45.0	5.9	-0.02931	45.0	54.1
3	0.00350	-0.01220	-50.0	0.0	-0.00010	-45.0	5.9	-0.02953	45.0	54.1
4	0.00350	-0.00864	50.0	60.0	0.00071	45.0	54.1	-0.02205	-45.0	5.9
5	0.00350	-0.00858	50.0	60.0	0.00073	45.0	54.1	-0.02191	-45.0	5.9
6	0.00350	-0.00846	50.0	60.0	0.00076	45.0	54.1	-0.02165	-45.0	5.9

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	-0.000606062	0.003500000		
2	0.000000000	-0.000606521	0.003500000		
3	0.000000000	-0.000610578	0.003500000		
4	0.000000000	0.000472268	-0.024836091		
5	0.000000000	0.000469666	-0.024679947		
6	0.000000000	0.000464920	-0.024395214		

ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 18.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0]
N.Bracci staffe: 2
Area staffe/m : 8.7 cm²/m [Area Staffe Minima normativa = 2.4]

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
 Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	41 di 61

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. 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 [cm²/m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	42032	159679	43026	56.0	100.0	21.80°	1.013	8.5
2	S	35807	159636	43026	56.0	100.0	21.80°	1.013	7.3
3	S	17709	159334	43026	56.0	100.0	21.80°	1.011	3.6
4	S	0	229044	17210	56.0	100.0	45.00°	1.002	0.0
5	S	0	229281	17210	56.0	100.0	45.00°	1.004	0.0
6	S	0	229717	17210	56.0	100.0	45.00°	1.005	0.0

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]
 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/cm²]
 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 [cm²] 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	29.7	50.0	0.0	-336	22.5	54.1	0	0		0.000
2	S	25.6	0.0	0.0	-289	22.5	54.1	0	0		0.000
3	S	16.1	50.0	0.0	-206	22.5	54.1	0	0		0.000

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

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.7	0.0	0.0	-92	22.5	54.1	0	0		0.000
2	S	14.4	-50.0	60.0	-155	35.0	5.9	0	0		0.000

6.5.2 PIEDRITTO
6.5.2.1 NODO CON SOLETTA SUPERIORE

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-46.486	-4.375	-23.7059
PERM	-11.2	0.641	-6.7311
BALLAST	-40.32	2.308	-24.2319
SPBSX	-3.49	6.092	-9.3249
SPBDX	3.49	2.861	9.332

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
 Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	42 di 61

SPTSX	-6.675	13.253	-19.1012
SPTDX	6.675	11.244	17.3512
ACC	-177.184	10.14	-106.486
SPACCSX	-13.593	23.725	-36.3166
SPACCDX	13.593	11.148	36.3442
AVV	-32.778	27.62	-47.2666
TERMF	7.11E-15	-6.459	19.4293
TERMU	4.55E-13	10.804	-17.2335
RITIRO	1.14E-13	-8.103	12.9252
SPSSX	-21.262	37.11	-56.8068
SISMAV	-20.632	-0.236	-11.671
SISMAH	-25.479	30.148	-62.1864

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S3				
PIEDRITTO APPOGGIO SUPERIORE DESTRO		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	468.3	144.3	-400.1
SLU	A2+M2	398.0	139.5	-345.8
SLU	SLV	196.3	120.0	-218.9
SLE	RARA	288.8	76.2	-221.2
SLE	FESS. RARA	250.6	69.5	-192.7
SLE	Q.PERM.	98.0	40.7	-74.7

6.5.2.2 NODO CON SOLETTA INFERIORE

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-95.222	-4.375	37.9253
PERM	-11.2	0.641	4.6479
BALLAST	-40.32	2.308	16.7325
SPBSX	3.49	-15.2	10.7209
SPBDX	-3.49	6.18	-10.6195
SPTSX	6.675	-49.635	23.0498
SPTDX	-6.675	13.552	-24.4653
ACC	-177.184	10.14	73.5301
SPACCSX	13.593	-59.202	41.7547
SPACCDX	-13.593	24.07	-41.3597
AVV	32.778	-27.82	42.8294

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	43 di 61

TERMF	0	-6.459	1.5634
TERMU	0	10.804	-17.8791
RITIRO	-5.7E-14	-8.103	13.4093
SPSSX	21.262	-92.599	65.312
SISMAV	-28.172	-0.236	12.4369
SISMAH	25.479	-45.564	60.8557

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S4				
PIEDRITTO APPOGGIO INFERIORE SINISTRO		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	391.4	-208.3	358.2
SLU	A2+M2	320.6	-195.4	305.9
SLU	SLV	134.0	-212.8	221.1
SLE	RARA	277.6	-141.9	241.2
SLE	FESS. RARA	251.4	-126.5	209.6
SLE	Q.PERM.	146.7	-63.3	81.1

6.5.2.3 MEZZERIA

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-70.854	-4.375	30.8156
PERM	-11.2	0.641	5.6895
BALLAST	-40.32	2.308	20.4822
SPBSX	3.49	-6.214	-6.6775
SPBDX	-3.49	6.18	-0.5767
SPTSX	6.675	-9.194	-21.9995
SPTDX	-6.675	13.552	-2.4438
ACC	-177.184	10.14	90.008
SPACCSX	13.593	-24.2	-26.0094
SPACCDX	-13.593	24.07	-2.2464
AVV	32.778	-27.82	-2.3778
TERMF	0	-6.459	-8.933
TERMU	0	10.804	-0.3228
RITIRO	-5.7E-14	-8.103	0.2421
SPSSX	21.262	-37.853	-40.6807
SISMAV	-24.402	-0.236	12.0539
SISMAH	25.479	-38.024	-7.0603

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	44 di 61

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S5				
PIEDRITTO MEZZERIA		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	477.4	44.2	191.7
SLU	A2+M2	400.3	40.7	149.0
SLU	SLV	124.9	-64.5	-7.4
SLE	RARA	332.3	30.1	123.5
SLE	FESS. RARA	290.3	22.6	105.0
SLE	Q.PERM.	122.4	5.1	20.7

VERIFICHE

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: piedritti

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo fcd : 181.33 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 90.67 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 30.24 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 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

NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	45 di 61

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	60.00
3	50.00	60.00
4	50.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

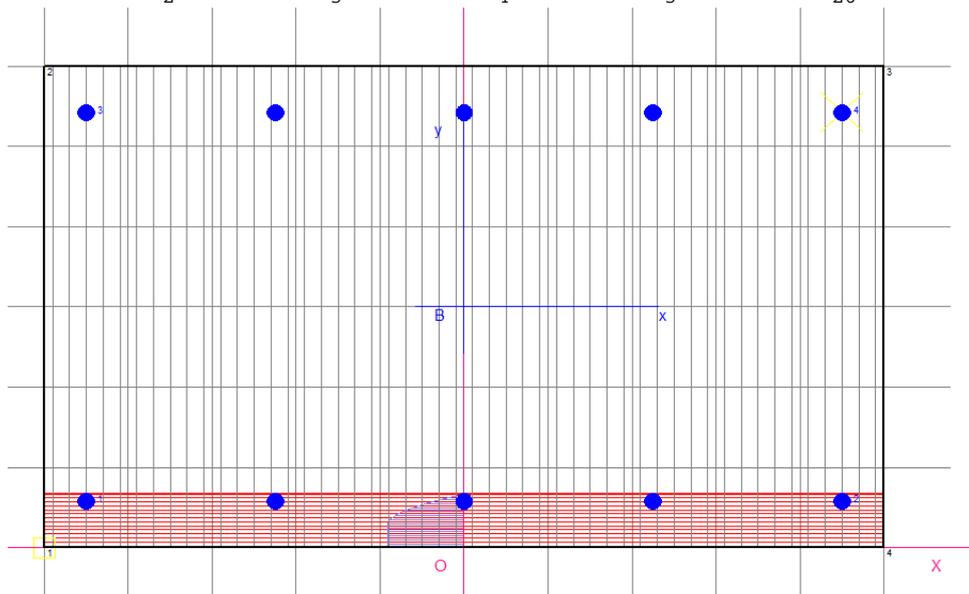
N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-45.00	5.80	20
2	45.00	5.80	20
3	-45.00	54.20	20
4	45.00	54.20	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	2	3	20
2	3	4	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

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	46 di 61

Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	46827	-40014	0	10	0
2	39797	-34581	0	10	0
3	19625	-21893	0	10	0
4	39143	35824	0	10	0
5	32065	30589	0	10	0
6	13401	22108	0	10	0
7	47738	19174	0	10	0
8	40028	14902	0	10	0
9	12495	-742	0	10	0

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	28878	-22121	0
2	25063	-19265	0
3	27756	24118	0
4	25139	20956	0
5	33234	12347	0
6	29034	10499	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	9801	-7474	0
2	14674	8112	0
3	12237	2066	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.5 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	46827	-40014	0	46836	-45615	0	1.140
2	S	39797	-34581	0	39815	-43974	0	1.272
3	S	19625	-21893	0	19619	-39235	0	1.792
4	S	39143	35824	0	39132	43814	0	1.223
5	S	32065	30589	0	32047	42154	0	1.378
6	S	13401	22108	0	13384	37771	0	1.708
7	S	47738	19174	0	47762	45831	0	2.390

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	47 di 61

8	S	40028	14902	0	40043	44027	0	2.954
9	S	12495	-742	0	12481	-37559	0	50.611

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	-0.01004	-50.0	0.0	0.00045	-45.0	5.8	-0.02504	45.0	54.2
2	0.00350	-0.01054	-50.0	0.0	0.00033	-45.0	5.8	-0.02609	45.0	54.2
3	0.00350	-0.01203	-50.0	0.0	0.00000	-45.0	5.8	-0.02923	45.0	54.2
4	0.00350	-0.01058	-50.0	60.0	0.00032	-45.0	54.2	-0.02619	-45.0	5.8
5	0.00350	-0.01109	-50.0	60.0	0.00021	-45.0	54.2	-0.02725	-45.0	5.8
6	0.00350	-0.01253	-50.0	60.0	-0.00012	-45.0	54.2	-0.03028	-45.0	5.8
7	0.00350	-0.00997	-50.0	60.0	0.00046	-45.0	54.2	-0.02490	-45.0	5.8
8	0.00350	-0.01052	-50.0	60.0	0.00034	-45.0	54.2	-0.02605	-45.0	5.8
9	0.00350	-0.01260	-50.0	0.0	-0.00013	-45.0	5.8	-0.03044	45.0	54.2

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	-0.000526625	0.003500000		
2	0.000000000	-0.000545876	0.003500000		
3	0.000000000	-0.000603782	0.003500000		
4	0.000000000	0.000547710	-0.029362574		
5	0.000000000	0.000567419	-0.030545144		
6	0.000000000	0.000623339	-0.033900343		
7	0.000000000	0.000524028	-0.027941657		
8	0.000000000	0.000545265	-0.029215899		
9	0.000000000	-0.000626242	0.003500000		

verifica a taglio

h	600 mm	Rck	40
d	542 mm	fck	33.2
bw	1000 mm	yc	1.5
$1+(200/d)^{0,5}$	1.607		
k	1.607	As	5 Φ 20.0
AsI	1571 mm ²		
AsI/(bw·d)	0.0029		
ρ_1	0.003	Vrd	222.8 KN
vmin	0.411	Ved	144.34 KN
vmin·bw·d	222764 N		
Vrd	222764 N	VERIFICATO	

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
 Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	48 di 61

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]
 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/cm²]
 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 [cm²] 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	59.9	50.0	0.0	-1980	22.5	54.2	1827	284	0.154	0.191
2	S	52.2	0.0	0.0	-1727	22.5	54.2	1827	284	0.154	0.167
3	S	65.3	-50.0	60.0	-2265	22.5	5.8	1827	286	0.156	0.120
4	S	56.7	50.0	60.0	-1938	-22.5	5.8	1827	286	0.155	0.188
5	S	32.7	-50.0	60.0	-661	22.5	5.8	1775	262	0.134	0.059
6	S	27.8	-50.0	60.0	-544	22.5	5.8	1744	259	0.133	0.048

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	20.2	0.0	0.0	-668	22.5	54.2	1827	284	0.154	0.065
2	S	21.9	-50.0	60.0	-614	22.5	5.8	1827	278	0.148	0.058
3	S	5.2	50.0	60.0	-17	-45.0	5.8	800	176	0.125	0.001

6.5.3 SOLETTA INFERIORE
6.5.3.1 NODO CON PIEDRITTO

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-4.375	64.258	20.6352
PERM	0.641	7.956	2.0687
BALLAST	2.308	28.643	7.4473
SPBSX	6.092	1.315	15.1353
SPBDX	-18.43	-1.208	-12.1113
SPTSX	13.253	4.036	38.1651
SPTDX	-69.402	-3.656	-27.4339
ACC	10.14	125.871	32.7269
SPACCSX	23.725	5.121	58.9483
SPACCDX	-71.779	-4.704	-47.1693
AVV	27.62	-4.337	52.4765
TERMF	-6.459	0.123	3.4644
TERMU	10.804	-0.74	-20.8984
RITIRO	-8.103	0.555	15.6738
SPSSX	37.11	8.01	92.2047
SISMAV	-0.236	20.544	6.3446
SISMAH	46.62	3.687	73.6279

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	49 di 61

6.5.3.2 MEZZERIA

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-4.375	9.022	-45.7079
PERM	0.641	0.69	-6.6921
BALLAST	2.308	2.483	-24.0917
SPBSX	6.092	7.128	1.4842
SPBDX	-18.43	-7.103	1.325
SPTSX	13.253	16.795	5.2527
SPTDX	-69.402	-16.705	4.7161
ACC	10.14	10.909	-105.87
SPACCSX	23.725	27.763	5.781
SPACCDX	-71.779	-27.664	5.161
AVV	27.62	31.31	0.1793
TERMF	-6.459	0.029	3.2182
TERMU	10.804	-0.176	-19.4135
RITIRO	-8.103	0.132	14.5601
SPSSX	37.11	43.426	9.042
SISMAV	-0.236	1.786	-16.3084
SISMAH	46.62	39.834	0.3027

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S7				
SOLETTA INFERIORE MEZZERIA		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	79.8	-12.7	-269.2
SLU	A2+M2	92.7	-12.4	-220.3
SLU	SLV	172.5	-74.5	-96.3
SLE	RARA	21.8	54.4	-183.0
SLE	FESS. RARA	29.3	46.0	-161.8
SLE	Q.PERM.	61.3	12.2	-75.0

VERIFICHE

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

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	50 di 61

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C28/35
 Resist. compr. di calcolo fcd : 158.60 daN/cm²
 Resist. compr. ridotta fcd' : 79.30 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 323080 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resist. media a trazione fctm : 28.80 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 168.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 126.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 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: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	60.00
3	50.00	60.00
4	50.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

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

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-45.00	5.90	20
2	45.00	5.90	20
3	-45.00	54.10	20
4	45.00	54.10	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.

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	51 di 61

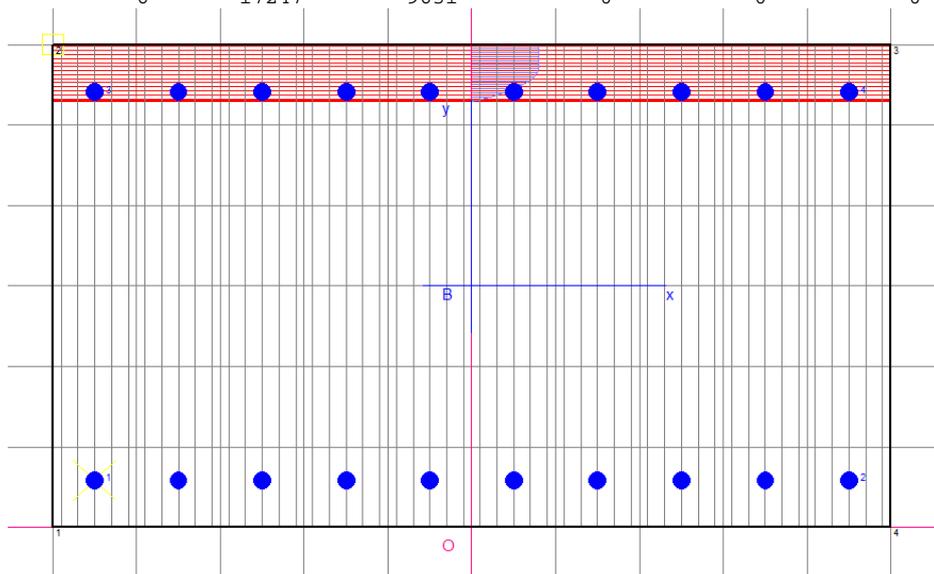
N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	2	8	20
2	3	4	8	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	761	32051	0	32869	0
2	2692	28222	0	27345	0
3	-1184	24617	0	14487	0
4	7978	-26924	0	0	0
5	9268	-22032	0	0	0
6	17247	-9631	0	0	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	2689	21835	0
2	3919	18952	0
3	2180	-18298	0
4	2935	-16184	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

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	52 di 61

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	8665	7176	0
2	6128	-7503	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	761	32051	0	764	64981	0	2.027
2	S	2692	28222	0	2721	65427	0	2.318
3	S	-1184	24617	0	-1205	64532	0	2.621
4	S	7978	-26924	0	7963	-66621	0	2.474
5	S	9268	-22032	0	9254	-66915	0	3.037
6	S	17247	-9631	0	17260	-68737	0	7.137

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	-0.00912	-50.0	60.0	0.00061	-45.0	54.1	-0.02304	-45.0	5.9
2	0.00350	-0.00903	-50.0	60.0	0.00063	-45.0	54.1	-0.02285	-45.0	5.9
3	0.00350	-0.00921	-50.0	60.0	0.00058	-45.0	54.1	-0.02323	-45.0	5.9
4	0.00350	-0.00879	-50.0	0.0	0.00068	-45.0	5.9	-0.02236	45.0	54.1
5	0.00350	-0.00874	-50.0	0.0	0.00069	-45.0	5.9	-0.02225	45.0	54.1
6	0.00350	-0.00839	-50.0	0.0	0.00077	-45.0	5.9	-0.02152	45.0	54.1

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	0.000490638	-0.025938284		
2	0.000000000	0.000487117	-0.025727031		
3	0.000000000	0.000494159	-0.026149538		
4	0.000000000	-0.000478085	0.003500000		
5	0.000000000	-0.000475942	0.003500000		

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	53 di 61

6 0.000000000 -0.000462471 0.003500000

ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 23.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 6.8 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] = proiez. 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 [cm²/m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	32869	137818	33672	56.0	100.0	21.80°	1.000	6.7
2	S	27345	138208	33672	56.0	100.0	21.80°	1.003	5.5
3	S	14487	137818	33672	56.0	100.0	21.80°	1.000	2.9
4	S	0	201511	13469	56.0	100.0	45.00°	1.008	0.0
5	S	0	201782	13469	56.0	100.0	45.00°	1.010	0.0
6	S	0	203458	13469	56.0	100.0	45.00°	1.018	0.0

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]
 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/cm²]
 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 [cm²] 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	41.0	50.0	60.0	-1391	35.0	5.9	1960	201	0.166	0.095
2	S	35.8	-50.0	60.0	-1184	35.0	5.9	1960	200	0.165	0.081
3	S	34.3	50.0	0.0	-1167	35.0	54.1	1960	201	0.166	0.080
4	S	30.5	0.0	0.0	-1017	35.0	54.1	1960	201	0.165	0.069

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	14.2	-50.0	60.0	-346	35.0	5.9	1940	194	0.154	0.023
2	S	14.6	0.0	0.0	-402	35.0	54.1	1960	197	0.159	0.027

6.6 VERIFICHE GEO

Le verifiche sono state eseguite considerando i risultati dell'analisi strutturale condotta con il programma di calcolo SAP2000 ver. 22.0.0. In particolare, si sono considerate le reazioni delle molle in fondazione per ogni Load Case, combinandole attraverso i coefficienti relativi alle sezioni S6 e S7, con riferimento alla combinazione più gravosa tra A1 + M1 e SISMA SLV. La reazione totale è identica per entrambi i gruppi di coefficienti e, quindi, nel seguito si riporta solo quella che risulta dall'applicazione dei coefficienti relativi alla sezione S7. Le caratteristiche meccaniche del terreno in cui è fondata l'opera sono riassunte nella tabella seguente. Si precisa, inoltre, che si è assunta una profondità del piano di posa D pari alla distanza tra estradosso soletta superiore e intradosso soletta inferiore.

Unità	γ	ϕ'	c'	c_u
	kN/m ³	(°)	(kPa)	(kPa)
Als	19.5	25÷28	0 ÷ 5	25 ÷ 75

Tabella 2 – Stratigrafia del sito in esame.

Joint	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	2
OutputCase	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
Text	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
DEAD	39.96	28.42	27.89	18.30	18.11	18.04	18.11	18.30	27.89	28.42	39.96
PERM	3.24	2.27	2.19	1.42	1.39	1.38	1.39	1.42	2.19	2.27	3.24
BALLAST	11.68	8.17	7.89	5.10	5.00	4.97	5.00	5.10	7.89	8.17	11.68
SPBSX	-4.81	-2.67	-1.93	-0.82	-0.39	0.03	0.44	0.86	1.95	2.65	4.69
SPBDX	4.70	2.65	1.95	0.86	0.44	0.02	-0.39	-0.83	-1.93	-2.67	-4.80
SPTSX	-10.71	-5.92	-4.23	-1.79	-0.83	0.10	1.00	1.92	4.31	5.83	10.31
SPTDX	10.33	5.84	4.31	1.91	0.99	0.09	-0.83	-1.80	-4.23	-5.91	-10.69
ACC	51.31	35.91	34.66	22.42	21.97	21.82	21.97	22.42	34.66	35.91	51.31
SPACCSX	-18.71	-10.41	-7.50	-3.21	-1.52	0.11	1.72	3.35	7.59	10.32	18.27
SPACCDX	18.30	10.32	7.59	3.35	1.70	0.09	-1.53	-3.22	-7.51	-10.40	-18.69
AVV	-28.44	-16.10	-11.82	-5.17	-2.56	0.00	2.56	5.18	11.83	16.09	28.43
TERMF	-0.12	-0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.03	-0.03	-0.12
TERMU	0.74	0.15	-0.15	-0.24	-0.33	-0.35	-0.33	-0.24	-0.15	0.15	0.74
RITIRO	-0.56	-0.11	0.11	0.18	0.24	0.26	0.24	0.18	0.11	-0.11	-0.56

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	56 di 61

				kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	
1	1	1	1	39.96	28.42	27.89	18.30	18.11	18.04	18.11	18.30	27.89	28.42	39.96	
1	1	1	1	3.24	2.27	2.19	1.42	1.39	1.38	1.39	1.42	2.19	2.27	3.24	
1	1	1	1	11.68	8.17	7.89	5.10	5.00	4.97	5.00	5.10	7.89	8.17	11.68	
1	1	1.22	1	-5.88	-3.27	-2.36	-1.01	-0.48	0.03	0.54	1.05	2.38	3.24	5.74	
1	1	1.22	1	5.74	3.24	2.38	1.05	0.54	0.03	-0.48	-1.01	-2.36	-3.27	-5.87	
1	1	1.22	1	-13.10	-7.23	-5.17	-2.19	-1.01	0.12	1.22	2.35	5.27	7.13	12.61	
1	1	1.22	1	12.63	7.14	5.27	2.34	1.21	0.11	-1.02	-2.19	-5.18	-7.23	-13.07	
1	0.2	1	1	10.26	7.18	6.93	4.48	4.39	4.36	4.39	4.48	6.93	7.18	10.26	
0	0.2	1.22	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0.2	1.22	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-1	0.2	1	1	5.69	3.22	2.36	1.03	0.51	0.00	-0.51	-1.04	-2.37	-3.22	-5.69	
1	0	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-1	0	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	0	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-1	1	1	1	29.27	16.28	11.74	5.02	2.38	-0.16	-2.68	-5.24	-11.88	-16.14	-28.58	
0.3	1	1	1	2.50	1.75	1.70	1.10	1.08	1.07	1.08	1.10	1.70	1.75	2.50	
-1	1	1	1	29.17	16.39	11.97	5.21	2.57	-0.01	-2.58	-5.22	-11.98	-16.39	-29.14	
				131.17	83.57	72.79	41.86	35.70	29.94	24.46	19.10	20.50	11.93	3.64	474.65

Tabella 4 – Reazioni ai nodi della fondazione per la combinazione SISMA SLV.

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

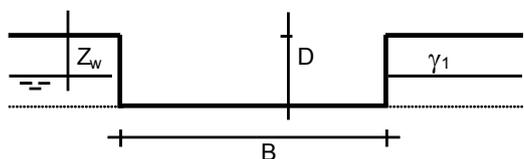
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

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

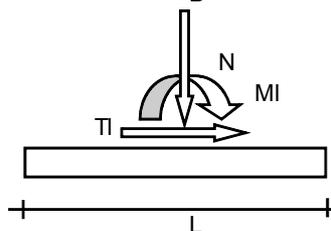
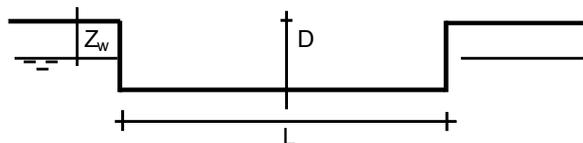
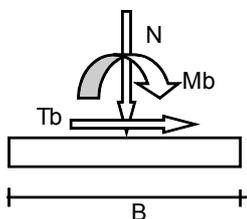
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno		resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	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



γ, c', φ'



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	58 di 61



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1051.01		1051.01
Mb [kNm]	0.00		0.00
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 19.50 \text{ (kN/mc)}$
 $\gamma = 19.50 \text{ (kN/mc)}$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0.00 \text{ (kN/mq)}$
 $\varphi' = 25.00 \text{ (}^\circ\text{)}$

Valori di progetto

$c' = 0.00 \text{ (kN/mq)}$
 $\varphi' = 25.00 \text{ (}^\circ\text{)}$

Profondità della falda

$Z_w = 10.00 \text{ (m)}$

$e_B = 0.00 \text{ (m)}$
 $e_L = 0.00 \text{ (m)}$

$B^* = 6.20 \text{ (m)}$
 $L^* = 1.00 \text{ (m)}$

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 86.78 \text{ (kN/mq)}$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 18.45 \text{ (kN/mc)}$

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

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

$N_q = 10.66$

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

$N_c = 20.72$

NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	59 di 61

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

$$N\gamma = 10.88$$

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

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

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

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

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

$$i_q = 1.00$$

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

$$i_c = 1.00$$

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

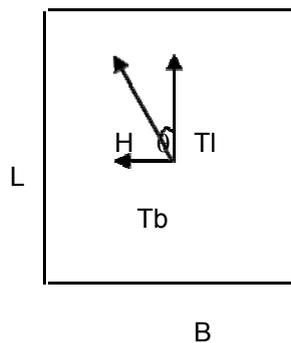
$$i_\gamma = 1.00$$

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

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

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

$$d_q = 1.42$$



NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	60 di 61

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

$$d_c = 1.46$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

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

$$q_{lim} = 1413.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

**NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ASSISI -
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL SL0100 002	A	61 di 61

$$q = 169.52 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 614.7 \geq q = 169.52 \quad (\text{kN/m}^2)$$

7 INCIDENZE

Soletta superiore: 100 kg/mc

Soletta inferiore: 110 kg/mc

Piedritti: 70 kg/mc