

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 ELLERA

SOTTOPASSI E SOTTOVIA

NUOVO SOTTOPASSO DI STAZIONE ELLERA - Relazione di calcolo scale

SCALA:

-

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

I R 0 B 0 2 D 1 0 C L S L 0 1 0 0 0 0 3 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. Paolotti <i>T. Paolotti</i>	Luglio 2020	L. Berardi Luglio 2020 

File : IROB.02.D.10.CL.SL01.000.03.A.doc

n. Elab.:

Indice

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
2.1	NORMATIVA	8
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	9
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	11
3.1	CALCESTRUZZO	11
3.2	ACCIAIO DI ARMATURA – BARRE	11
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	12
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	14
6	SEZIONE MURI AD U	16
6.1	GEOMETRIA E DATI DI INPUT.....	16
6.2	MODELLO DI CALCOLO	16
6.3	ANALISI DEI CARICHI.....	18
6.3.1	<i>PESO PROPRIO (DEAD)</i>	18
6.3.2	<i>SOVRACCARICO PERMANENTE</i>	18
6.3.3	<i>BALLAST (BALLAST)</i>	19
6.3.4	<i>SPINTA DEL TERRENO (SPTSX/SPTDX)</i>	19
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>SOVRACCARICO ACCIDENTALE SULLA SOLETTA DI FONDO</i>	21
6.3.9	<i>FRENATURA E AVVIAMENTO</i>	22
6.3.10	<i>AZIONI CLIMATICHE</i>	22

6.3.11	AZIONI SISMICHE	22
6.4	CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI	25
6.4.1	CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI.....	25
6.4.2	COMBINAZIONI DI CARICO PER SEZIONI DI VERIFICA	26
6.4.3	COMBINAZIONI DI CARICO PER GLI STATI LIMITE CONSIDERATI	29
7	VERIFICHE STR.....	30
7.1.1	PIEDRITTO.....	31
7.1.2	SOLETTA INFERIORE.....	36
8	VERIFICHE GEO.....	43
9	RAMPE SCALE E PIANEROTTOLI	51
9.1	ANALISI DEI CARICHI RAMPA.....	51
9.2	ANALISI DEI CARICHI PIANEROTTOLO.....	57
10	SOLETTA DI COPERTURA	62
11	INCIDENZE.....	67

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</p>					
<p>SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale</p>	<p>COMMESSA IR0B</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO CL SL0100 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 4 di 67</p>

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 Ellera. Le attività prevedono la velocizzazione degli itinerari in deviata, l'adeguamento a STI dei marciapiedi di stazione e l'upgrading tecnologico dell'impianto esistente ACEI in un più moderno apparato ACC.

Il Programma di Esercizio fornito come input prevede interventi di semplificazione e velocizzazione dei deviatori dell'impianto. In particolare si effettuano le seguenti lavorazioni:

- Sostituzione delle comunicazioni esistenti a 30 km/h con comunicazioni a 60 km/h lato Foligno. La sostituzione era prevista anche per i deviatori lato Terontola ma è stato deciso successivamente da RFI di mantenere l'attuale velocità per le comunicazioni lato Terontola
- Realizzazione di tronchini di indipendenza per i binari di precedenza
- Ampliamento del marciapiede al servizio dei binari II e futuro III, accessibile attraverso un nuovo sottopasso, e adeguamento a STI del marciapiede esistente
- Dismissione dei binari di scalo lato F.V. e della relativa comunicazione di accesso posta sul I binario

Per la stazione di Ellera 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 49+050 circa e termina alla progressiva Km 49+900 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 del marciapiede del binario I H=55cm e realizzazione di un nuovo marciapiede ad isola H=55cm. Inoltre verrà prevista la realizzazione di un nuovo sottopasso pedonale.

Verranno previste due nuove pensiline ferroviarie su ciascun marciapiede a copertura del nuovo sottopasso.

Le suddette modifiche al PRG di stazione comportano la necessità di demolire e ricostruire il cavalcaferrovia di Via Corcianese.

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 infine, 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 delle rampe di accesso al sottopasso di stazione costituite da muri ad U in cemento armato. Le rampe delle scale sono ordite nella direzione longitudinale della rampa e poggiano su setti intermedi.

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	6 di 67

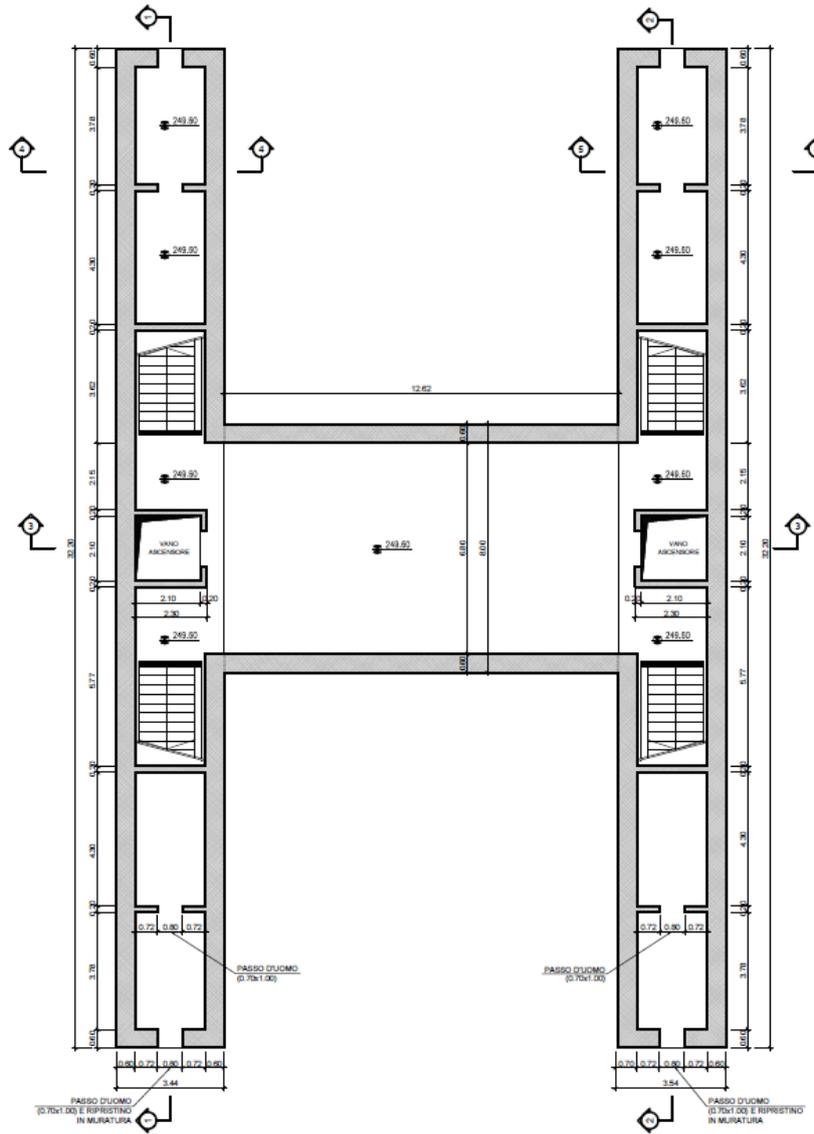


Figura 1 – Planimetria

SEZIONE 1-1

SCALA 1:100

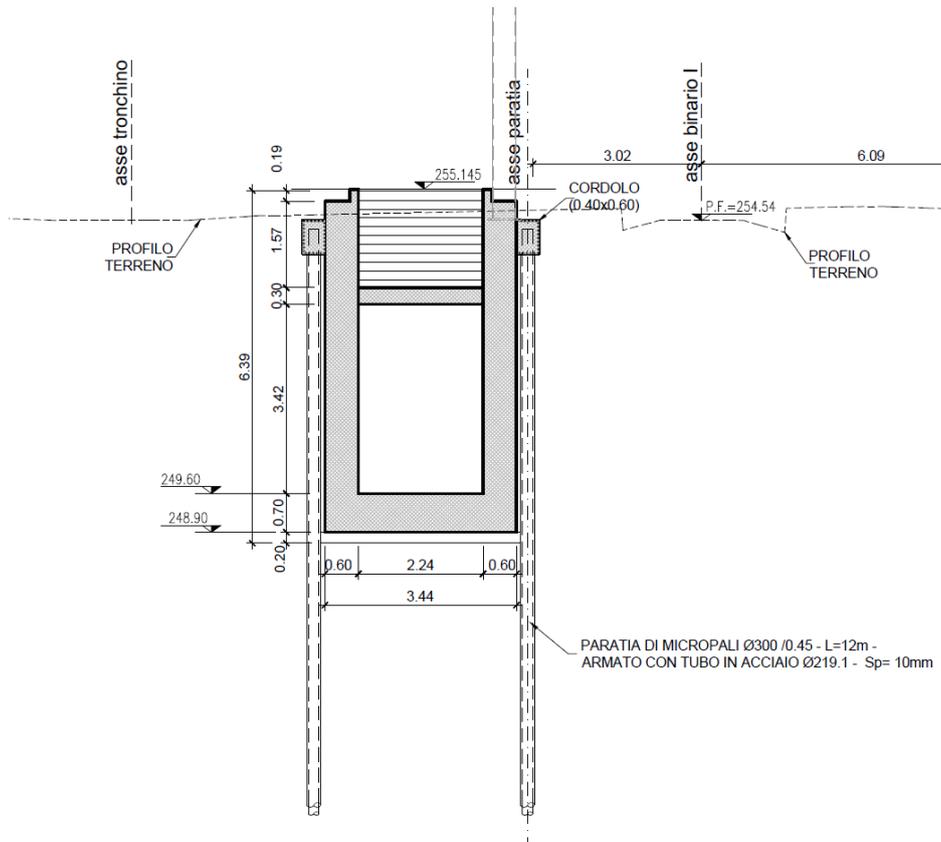
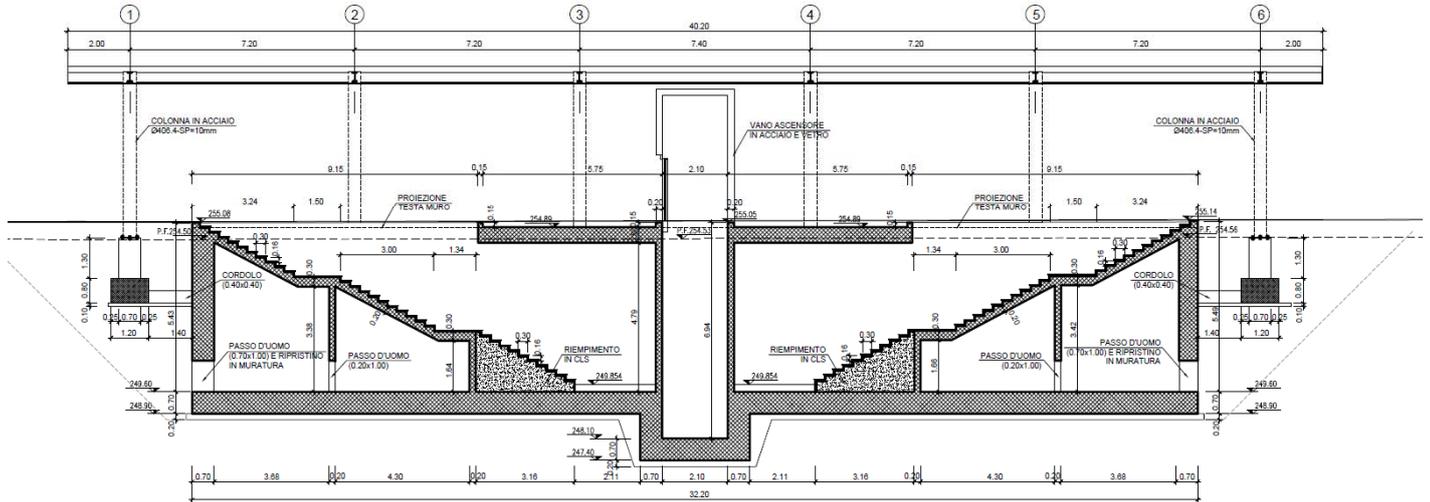


Figura 2 – Sezioni

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</p>					
<p>SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale</p>	<p>COMMESSA IR0B</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO CL SL0100 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 8 di 67</p>

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.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA					
SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale	COMMESSA IR0B	LOTTO 02	CODIFICA D10	DOCUMENTO CL SL0100 003	REV. A	FOGLIO 9 di 67

- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- 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”.
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- Calcestruzzo Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1 UNI 11104/2016;
- RFI DTC SI MA IFS 001 D – Dicembre 2019: Manuale di progettazione delle opere civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 D – Dicembre 2019: Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – RFI;
- 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, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

2.2 Elaborati di riferimento

Costituiscono parte integrante di quanto esposto nel presente documento, l’insieme degli elaborati di progetto specifici relativi all’opera in esame e riportati in elenco elaborati.

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	10 di 67

SOTTOPASSI E SOTTOVIA																					
Nuovo sottopasso di stazione Ellera - Piante e sezioni scale e sottopasso	I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	A	S	L	0	1	0	0	0	0	1	A
Nuovo sottopasso di stazione Ellera - carpenteria scatolare	I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	B	S	L	0	1	0	0	0	0	1	A
Nuovo sottopasso di stazione Ellera - fasi di varo del monolite	I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	A	S	L	0	1	0	0	0	0	2	A
Nuovo sottopasso di stazione Ellera - opere provvisionali: pianta, prospetto e dettagli	I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	Z	S	L	0	1	0	0	0	0	1	A
Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo opere provvisionali	I	R	0	B	0	2	D	1	0	C	L	S	L	0	1	0	0	0	0	1	A
Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scatolare	I	R	0	B	0	2	D	1	0	C	L	S	L	0	1	0	0	0	0	2	A
Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale	I	R	0	B	0	2	D	1	0	C	L	S	L	0	1	0	0	0	0	3	A

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

3.1 CALCESTRUZZO

Elevazione

Classe di resistenza = C32/40

$$\gamma_c = \text{peso specifico} = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

$$R_{ck} = \text{resistenza cubica} = 40.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = \text{resistenza cilindrica caratteristica} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} = \text{resistenza cilindrica media} = f_{ck} + 8 = 41.2 \text{ N/mm}^2$$

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

$$f_{cfm} = \text{resistenza a traz. per flessione media} = 1.20 \cdot f_{ctm} = 3.72 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk} = \text{resistenza a traz. per flessione caratt.} = 0.70 \cdot f_{cfm} = 2.60 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = \text{modulo elast. tra 0 e } 0.40f_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33642.8 \text{ N/mm}^2$$

Fondazione

Classe di resistenza = C28/35

$$\gamma_c = \text{peso specifico} = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

$$R_{ck} = \text{resistenza cubica} = 35.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = \text{resistenza cilindrica caratteristica} = 0.83 \cdot R_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} = \text{resistenza cilindrica media} = f_{ck} + 8 = 37.05 \text{ N/mm}^2$$

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

$$f_{cfm} = \text{resistenza a traz. per flessione media} = 1.20 \cdot f_{ctm} = 3.40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk} = \text{resistenza a traz. per flessione caratt.} = 0.70 \cdot f_{cfm} = 2.38 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = \text{modulo elast. tra 0 e } 0.40f_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 32588.11 \text{ N/mm}^2$$

3.2 ACCIAIO DI ARMATURA – BARRE

Tipo = B 450 C

$$\gamma_a = \text{peso specifico} = 78.50 \text{ kN/m}^3$$

$$f_{y \text{ nom}} = \text{tensione nominale di snervamento} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t \text{ nom}} = \text{tensione nominale di rottura} = 540 \text{ N/mm}^2$$

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

$$f_{tk \text{ min}} = \text{minima tensione caratteristica di rottura} = 540 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

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

$$E = \text{modulo di elasticità dell'acciaio} = 206000 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\varnothing < 12 \text{ mm} \quad \rightarrow 4 \varnothing;$$

$$12 \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm} \quad \rightarrow 5 \varnothing;$$

$$16 < \varnothing \leq 25 \text{ mm} \quad \rightarrow 8 \varnothing;$$

$$25 < \varnothing \leq 40 \text{ mm} \quad \rightarrow 10 \varnothing.$$

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dal punto di vista geotecnico le unità che caratterizzano le stratigrafia di progetto sono le seguenti:

- R: materiale di riporto;
- T1 e T2: travertino fratturato, ghiaie e sabbie. Seppur geologicamente accomunate in un'unica litologia (PGL3a), dal punto di vista geotecnico si è preferito operare la suddivisione nelle due unità indicate sulla base della risposta ottenuta dalle prove SPT e da quelle geofisiche. Inoltre, considerando l'elevato stato di fratturazione e alterazione descritto nei report stratigrafici, per il travertino è stato cautelativamente assunto un approccio di caratterizzazione da terreno sabbioso (grana grossa);
- LA: limi, limi argillosi, limi sabbiosi e argille con locali intercalazioni di sabbie e ghiaie. Rappresenta l'unità geologica PGU1a.

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

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	13 di 67

Unità	γ	ϕ'	c'	c_u	G_0	E_{op}	k
	kN/m ³	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(m/s)
T1	19.0	32÷35	0	-	95 ÷ 200	20 ÷ 50	1E-04 ÷ 1E-05
T2	19.0	34÷38	0	-	175 ÷ 310	40 ÷ 75	1E-04 ÷ 1E-05
LA	20.0	22÷24	5 ÷ 10	100 ÷ 250	350 ÷ 500	85 ÷ 120	1E-07 ÷ 1E-08

La stratigrafia è stata dedotta in base ai risultati del sondaggio DPSH3 situato proprio in corrispondenza del fosso.



Figura 3 – Ubicazione indagini di fase PD - Google Earth

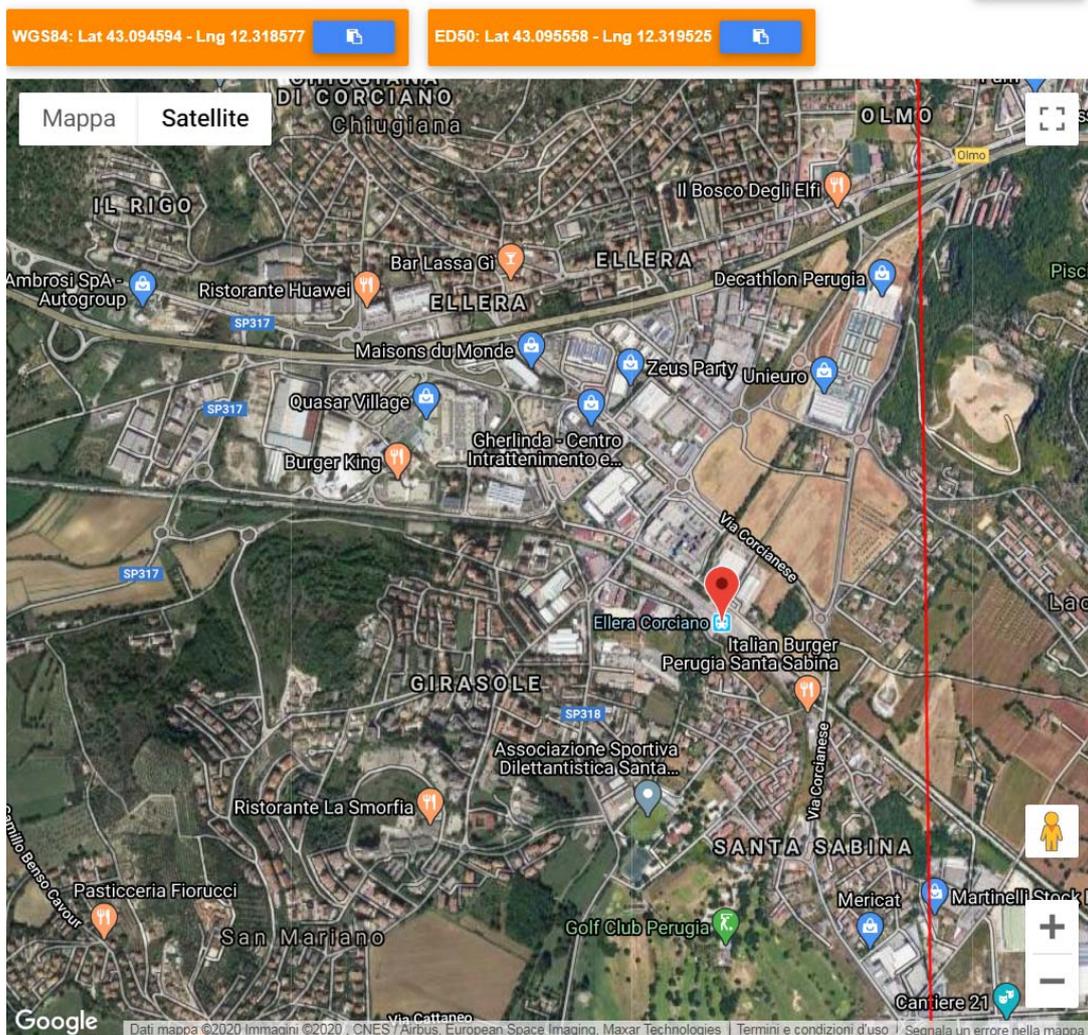
strato	profondità da	profondità a
--------	---------------	--------------

	m da pc	m da pc
R	0	1.0
T1	1.0	9.0
T2	9.0	24.0
LA	24.0	-

Tabella 1 - Stratigrafia di calcolo Materiali in sito.

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

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA



Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.059	2.505	0.268
Danno (SLD)	50	0.073	2.493	0.277
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.172	2.438	0.307
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.214	2.461	0.316
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Muri di sostegno NTC 2018

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

B



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,19
CC Coeff. funz categoria	1,43	1,42	1,39	1,38
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

6 SEZIONE MURI AD U

6.1 GEOMETRIA E DATI DI INPUT

Si procede al dimensionamento della struttura ad U delle rampe scale facendo riferimento ad una struttura piana che descrive una striscia larga 1.00 m ipotizzando a favore di sicurezza nullo il contrasto tra le pareti verticali offerto dalle rampe scale. Lo spessore dei piedritti è 60 cm e del solettone di fondo è 70 cm. Poiché l'opera ricade in zona sismica, saranno applicate le azioni di rito previste dalla norma così come riportato nei capitoli successivi.

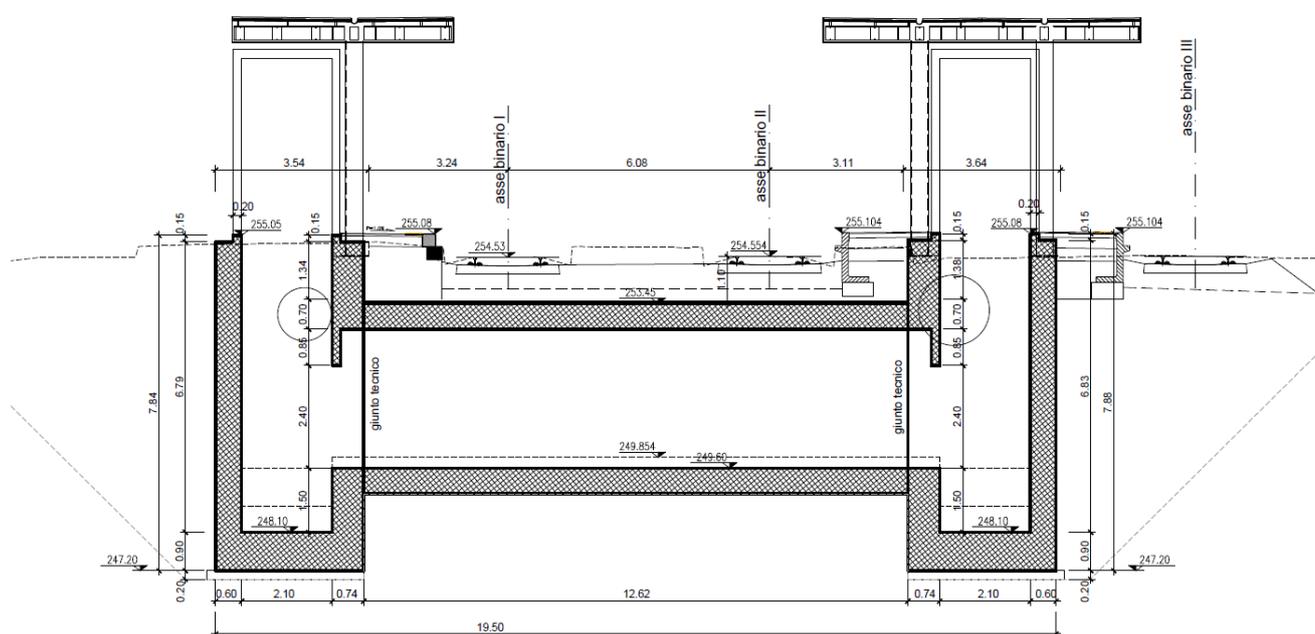


Figura 4 – Sezione longitudinale

Caratteristiche geometriche :

h (m)	5.29	altezza netta interna
l (m)	2.24	larghezza netta interna
b (m)	1	profondità striscia di telaio
s _i (m)	0.7	spessore soletta inferiore
s _p (m)	0.6	spessore piedritti
s _s (m)	0	spessore soletta superiore

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.22.0.0 della Computers and Structures.

La mesh (si vedano le Figure seguenti) è composta da 12 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)	3.44	dimensione trasversale dell'opera
b _l (m)	1	dimensione longitudinale dell'opera
k _s (kN/m ³)	14591	costante di sottofondo (formulazione di Vogt)
k ₁ (kN/m)	4144	rigidezza molle centrali
k ₂ (kN/m)	12898	rigidezza molle spigolo
k ₃ (kN/m)	6216	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

$$k_s = 14591 \text{ kN/m}^3$$

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

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

$$K17, \dots, K21 = 4144 \text{ kN/m}$$

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

$$K1 = K2 = 2 \cdot k_s \cdot [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2)/10/2 + (L_p/2)] = 12898 \text{ kN/m}$$

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

$$K_{15} = K_{16} = K_{22} = K_{23} = 1.5 \cdot k_{\text{centrale}} = 6216 \text{ kN/m}$$

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

- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.70 \text{ m}$ 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.

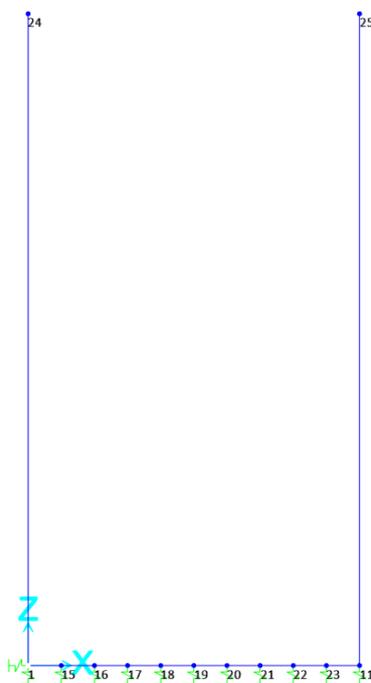


Figura 5 – Numerazione dei nodi e delle aste.

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

Sul solettone inferiore si considera che scarichi la rampa delle scale avente uno spessore di 0.30 m con $\gamma_r = 20.00 \text{ kN/m}^3$.

6.3.3 *BALLAST (BALLAST)*

Assente.

6.3.4 *SPINTA DEL TERRENO (SPTSX/SPTDX)*

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

γ_t (kN/m ³)	19	peso di volume terreno ai lati
φ' (°)	33	angolo di attrito terreno ai lati
k_0	0.455	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)	0.00	pressione all'estradosso soletta superiore
p_2 (kN/m ²)	0.00	pressione in asse soletta superiore
p_3 (kN/m ²)	48.80	pressione in asse soletta inferiore
p_4 (kN/m ²)	51.98	pressione all'intradosso soletta inferiore

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 24 (per la SPTSX) e 11 e 25 (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.

$F_{1,2}$ (kN/m)	0.00	forza concentrata semispessore soletta superiore
$F_{3,4}$ (kN/m)	17.64	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*

A monte della parete di sinistra si considera l'azione del treno in esercizio, mentre in destra l'azione più sfavorevole è data dai mezzi meccanici assunti come un carico uniformemente distribuito di 10 kN/mq agente al livello del piano campagna.

Il carico ferroviario è valutato per una larghezza di diffusione funzione della distanza del binario dal muro del vano scala più vicino secondo lo schema in figura.

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)	7.59	larghezza di diffusione
q/L_d (kN/m ²)	30.59	

6.3.7.1 SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RILEVATO (SPACCSX/SPACCDX)

Il carico accidentale ferroviario 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, a favore di sicurezza si applica per l'intera altezza delle pareti:

L_d (m)	7.59	larghezza di diffusione
q (kN/m)	171.88	$q = q_{eq} \cdot \alpha$
q/L_d (kN/m ²)	22.66	
Δp_{acc} (kN/m ²)	10.32	

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 24 (per la SPACCSX) e 11 e 25 (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.

$\Delta F_{1,2,acc}$ (kN/m)	0.00	ΔF dovuto al sovrac. accidentale semispessore soletta superiore
$\Delta F_{3,4,acc}$ (kN/m)	3.61	ΔF dovuto al sovrac. accidentale semispessore soletta inferiore

Sulla parete di destra si considera la sovra spinta associata al sovraccarico accidentale della folla compatta:

SPACCDX	
q (kN/m)	10.00
Δp_{acc} (kN/m ²)	4.55
$\Delta F_{1,2,acc}$ (kN/m)	0.00
$\Delta F_{3,4,acc}$ (kN/m)	1.59

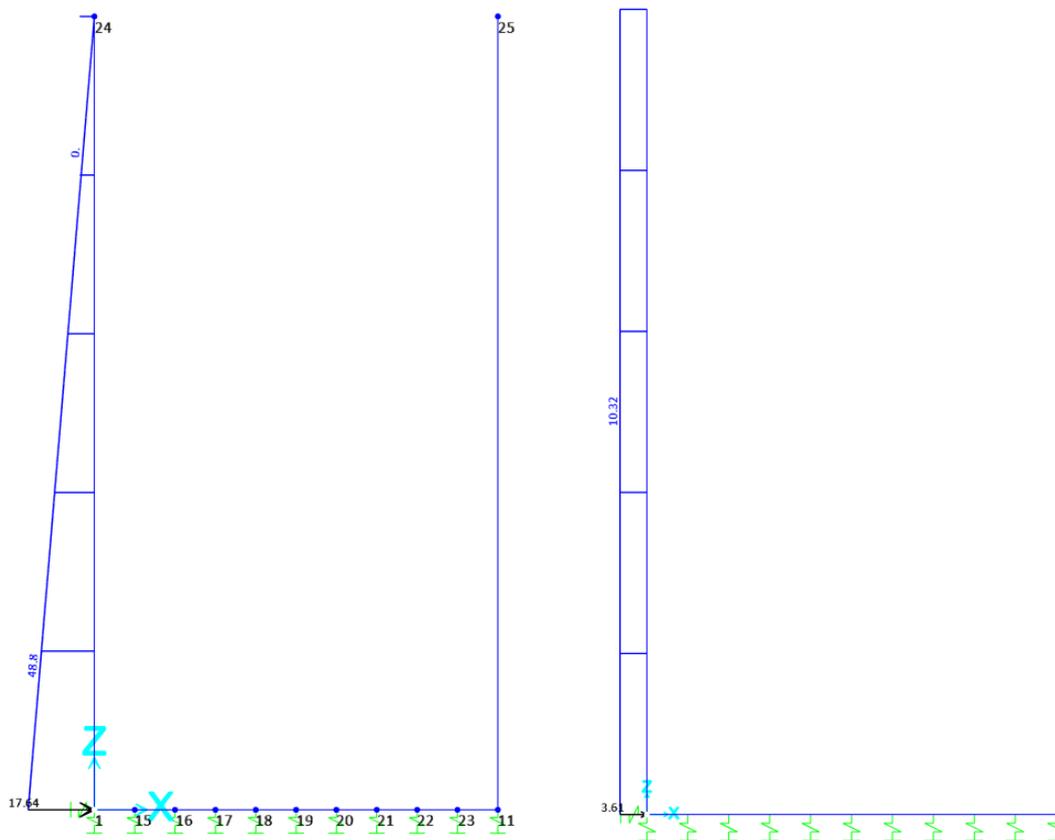


Figura 6 – Spinta delle terre e sovra spinta associata al sovraccarico accidentale sulla parete sinistra

6.3.8 *SOVRACCARICO ACCIDENTALE SULLA SOLETTA DI FONDO*

Si applica alle rampe delle scale il sovraccarico accidentale associato alla folla compatta e si ripartisce sulla soletta di fondo in funzione dell'interasse dei setti di appoggio delle rampe.

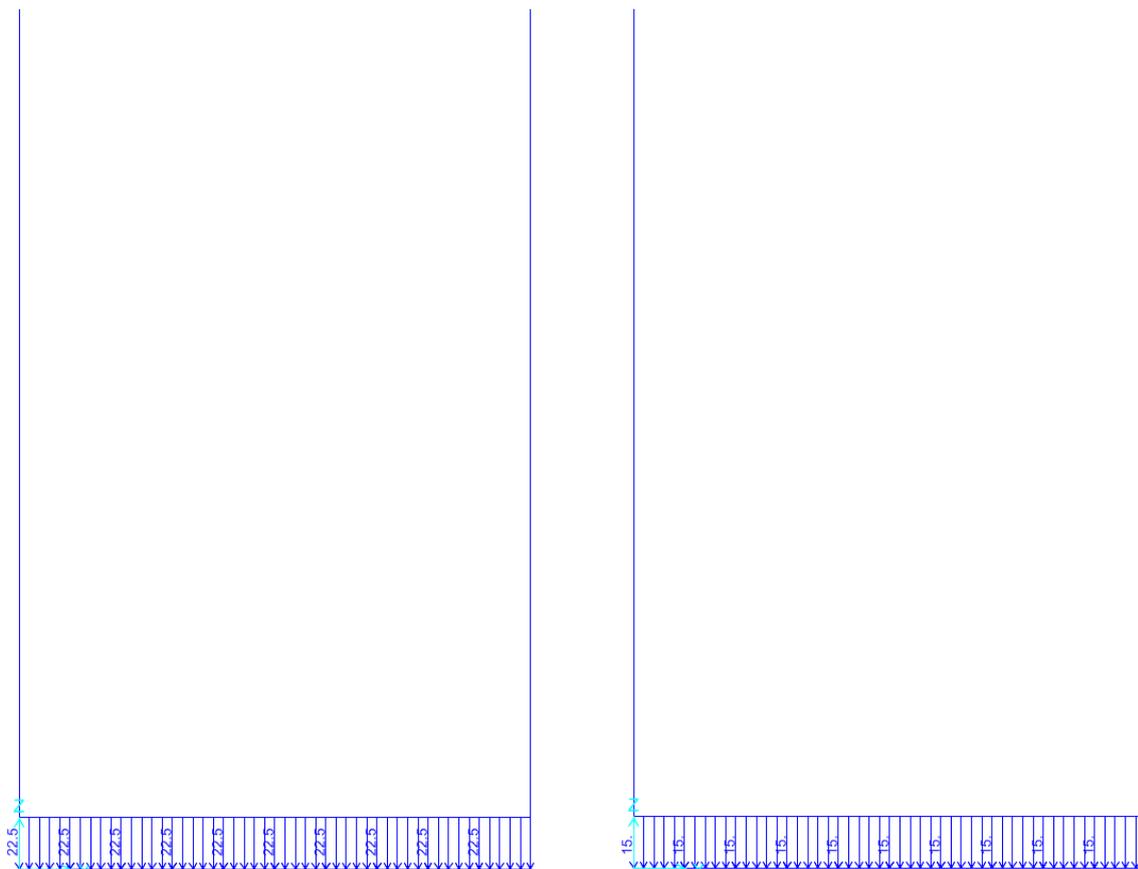


Figura 7 – Sovraccarico permanente ed accidentale trasmesso dalle rampe scale

6.3.9 FRENATURA E AVVIAMENTO

Assente

6.3.10 AZIONI CLIMATICHE

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 $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

6.3.10.1 RITIRO (RITIRO)

Si trascurano gli effetti del ritiro in una struttura isostatica.

6.3.11 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.

SLV

P_{VR}	0.10	probabilità di superamento
T_R (anni)	475	tempo di ritorno per SLV
a_g (g)	0.172	accelerazione su sito riferimento rigido
F_O (-)	2.438	
T_C^* (s)	0.307	
S_S	1.200	coefficiente amplificazione stratigrafica (cat. C)
S_T	1.00	coefficiente amplificazione topografica (cat. T1)
a_{max} (g)	0.21	$a_{max}(g) = S_S \cdot S_T \cdot a_g(g)$

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	0.21	coefficiente sismico orizzontale
k_v	0.10	coefficiente sismico verticale

6.3.11.1 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 $h/2$. 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.

hscat (m)	5.99	altezza
Δp_E (kN/m ²)	23.49	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)	0.00	ΔF dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta superiore per SLV
$\Delta F_{3,4,E}$ (kN/m)	8.22	ΔF dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta inferiore per SLV

6.3.11.2 SOVRASPINTA ORIZZONTALE FALDA IN CONDIZIONI SISMICHE

Assente.

6.3.11.3 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.

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
 stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	25 di 67

SISMAH

F_1 (kN/m ²)	0.00	inerzia orizzontale ballast + ricoprimento + massetto per SLV
F_2 (kN/m ²)	0.00	inerzia orizzontale soletta superiore per SLV
F_3 (kN/m ²)	3.10	inerzia orizzontale piedritti per SLV

6.3.11.4 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).

SISMAV

F_1 (kN/m ²)	0.00	inerzia verticale ballast + ricoprimento + massetto per SLV
F_2 (kN/m ²)	0.00	inerzia verticale soletta superiore per SLV
F_3 (kN/m ²)	1.55	inerzia verticale piedritti per SLV
F_4 (kN/m ²)	0.63	inerzia verticale treno di carico LM71 per SLV
F_5 (kN/m ²)	1.81	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 PERMAMENTI (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.

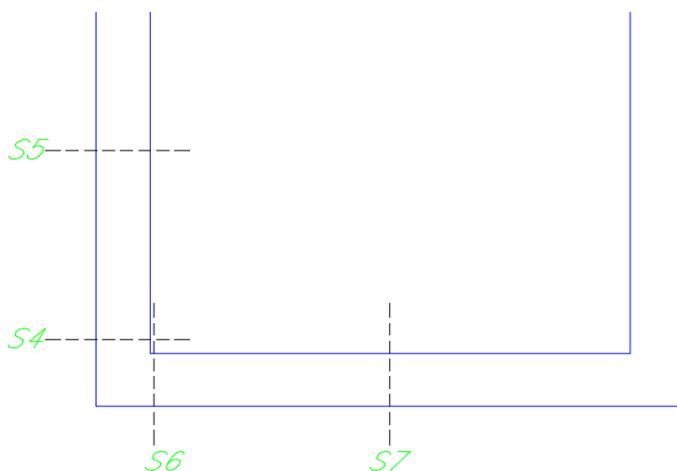


Figura 8 – Sezioni di verifica.

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

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

$k_A/k_0 = 0.65$ per SLU sisma con A2 + M2 (se si utilizza k_A)

che corrispondono rispettivamente:

- al rapporto fra i coefficienti di spinta a riposo nella condizione M1 e M2;
- al rapporto fra spinta attiva e in quiete se si utilizza la spinta attiva in fase sismica (altrimenti = 1);

6.4.2.1 PIEDRITTI

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
SPTSX	1.35	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
 stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	28 di 67

PERM	1.5	1.3	1	1	1	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
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
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
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 (S7)

	$\gamma (A1)$	$\gamma (A2)$	$\gamma (Asis)$	$\gamma (M1)$	$\gamma (M2)$	$k_A/k_0 (sis)$	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
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
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
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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</p>					
<p>SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale</p>	<p>COMMESSA IR0B</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO CL SL0100 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 29 di 67</p>

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 interrato 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori del coefficiente 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 $\psi_{2i} = 0.2$.

7 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 $\sigma_s < 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{MPa}$.

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

7.1.1 **PIEDRITTO**

7.1.1.1 NODO CON SOLETTA INFERIORE

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-82.29	0.00	0.00
PERM	0.00	0.00	0.00
SPTSX	0.00	-130.28	238.31
SPTDX	0.00	0.00	0.00
ACC	0.00	0.00	0.00
SPACCSX	0.00	-56.63	155.39
SPACCDX	0.00	0.00	0.00
TERMU	0.00	0.00	0.00
SPSSX	0.00	-128.90	353.69
SISMAV	-9.93	0.00	0.00
SISMAH	0.00	-17.01	46.68

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S4				
PIEDRITTO APPOGGIO INFERIORE SINISTRO		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	111.1	-258.0	547.0
SLU	A2+M2	82.3	-245.9	528.9
SLU	SLV	85.3	-319.1	729.8
SLE	RARA	82.3	-186.9	393.7
SLE	FESS. RARA	82.3	-175.6	362.6
SLE	Q.PERM.	82.3	-130.3	238.3

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: PIEDRITTO_ELLERA

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di Trave

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	32 di 67

Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.65	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	30.23	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	128.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk:		4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:		4500.0	daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:		3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:		3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef:		2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. β1*β2:		1.00	
Coeff. Aderenza differito β1*β2:		0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	11109	54703	-25799	0
2	8229	52893	-24588	0
3	8527	72978	-31908	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

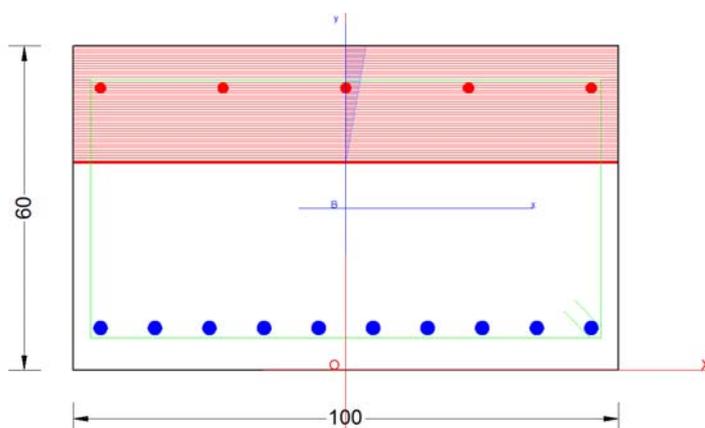
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	33 di 67

N°Comb.	N	Mx
1	8229	39369
2	8229	36262

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	8229	23831 (25339)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.7	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	11109	54703	11134	99590	1.817	47.8	0.23	0.73	53.1 (9.1)
2	S	8229	52893	8224	98989	1.868	47.9	0.23	0.73	53.1 (9.1)
3	S	8527	72978	8524	99051	1.356	47.9	0.23	0.73	53.1 (9.1)

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
 stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	34 di 67

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00126	52.2	-0.01146	7.8
2	0.00350	60.0	0.00124	52.2	-0.01164	7.8
3	0.00350	60.0	0.00124	52.2	-0.01163	7.8

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	10	mm	
Passo staffe:	10.0	cm	[Passo massimo di normativa = 10.5 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.7	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast
1	S	-25799	33829	148354	72191	100.0 52.2	2.500	1.010	5.6
2	S	-24588	33453	147965	72191	100.0 52.2	2.500	1.008	5.3
3	S	-31908	33492	148005	72191	100.0 52.2	2.500	1.008	6.9

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	74.4	60.0	0.0	38.3	-1573	52.2	12.8	1278	53.1	9.4
2	S	68.7	60.0	0.0	38.2	-1443	52.2	12.8	1276	53.1	9.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
 stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	35 di 67

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compressione: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	$= (e1 + e3)/(2 \cdot e3)$ secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	N	-0.00099	0.00056	-0.00066	0.83	0.60	0.000514 (0.000472)	398	0.195 (0.20)	24995
2	S	-0.00091	0.00051	-0.00060	0.83	0.60	0.000449 (0.000433)	398	0.179 (0.20)	25040

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	45.5	60.0	0.0	37.8	-925	52.2	12.6	1261	53.1	9.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00058	0.00034	-0.00039	0.83	0.40	0.000282 (0.000277)	396	0.112 (0.20)	25339

7.1.1.2 MEZZERIA

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-41.15	0.00	0.00
PERM	0.00	0.00	0.00
SPTSX	0.00	-32.57	29.79
SPTDX	0.00	0.00	0.00
ACC	0.00	0.00	0.00
SPACCSX	0.00	-28.32	38.85
SPACCDX	0.00	0.00	0.00
TERMU	0.00	0.00	0.00
SPSSX	0.00	-64.45	88.42
SISMAV	-4.97	0.00	0.00
SISMAH	0.00	-8.51	11.67

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S5			
PIEDRITTO MEZZERIA	P	V2	M3
	kN	kN	kNm

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
 stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	36 di 67

SLU	A1+M1	55.5	-32.6	29.8
SLU	A2+M2	41.1	-39.8	36.4
SLU	SLV	42.6	-112.8	136.5
SLE	RARA	41.1	-32.6	29.8
SLE	FESS. RARA	41.1	-32.6	29.8
SLE	Q.PERM.	41.1	-32.6	29.8

Essendo le sollecitazioni in mezzeria inferiori a quelle calcolate nella sezione di incastro con la soletta inferiore si rimanda al paragrafo precedente per le verifiche della sezione.

7.1.2 **SOLETTA INFERIORE**

7.1.2.1 NODO CON PIEDRITTO

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	0.00	17.81	-15.29
PERM	0.00	-1.96	3.25
SPTSX	0.00	130.66	190.92
SPTDX	-155.26	-43.06	19.82
ACC	0.00	-1.31	2.16
SPACCSX	0.00	82.89	121.13
SPACCDX	-27.25	-12.04	5.54
TERMU	0.00	0.00	0.00
SPSSX	0.00	184.7	275.70
SISMAV	0.00	3.29	-2.42
SISMAH	17.48	33.11	32.61

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S6				
SOLETTA INFERIORE APPOGGIO SINISTRO		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	181.7	272.7	440.6
SLU	A2+M2	217.9	247.5	434.5
SLU	SLV	193.9	361.8	583.3
SLE	RARA	172.9	185.0	322.0
SLE	FESS. RARA	172.9	168.7	297.3
SLE	Q.PERM.	172.9	103.4	198.7

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	37 di 67

NOME FILE SEZIONE: FONDAZIONE ELLERA

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di progetto fcd:	158.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	79.30	daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	323080	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	28.80	daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	168.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	126.00	daN/cm ²
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	70.0
3	50.0	70.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.8	24
2	45.0	5.8	24
3	-45.0	64.2	20
4	45.0	64.2	20

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	38 di 67

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	24
2	3	4	3	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	10	mm
Passo staffe:	10.4	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	18172	44055	0	27273	0
2	21790	43448	0	24745	0
3	19394	58329	0	36575	0
4	17290	16856	0	0	0
5	21142	21019	0	0	0
6	22891	7824	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	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	17290	32198	0
2	17290	29732	0
3	17290	16893	0
4	17290	16818	0

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

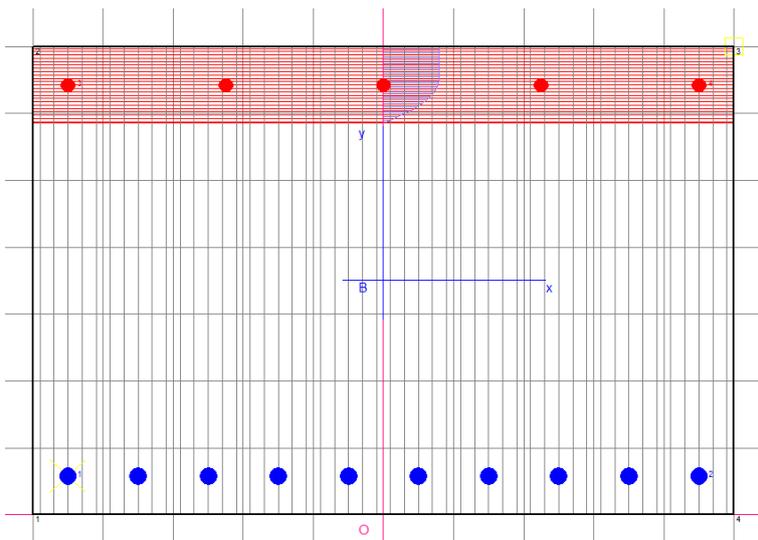
N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	39 di 67

My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	17290	19869 (34879)	0 (0)
2	17290	16520 (35728)	0 (0)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6 cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	18172	44055	0	18151	113572	0	2.56	45.2(11.6)
2	S	21790	43448	0	21799	114461	0	2.61	45.2(11.6)
3	S	19394	58329	0	19408	113878	0	1.94	45.2(11.6)
4	S	17290	16856	0	17291	113362	0	6.58	45.2(11.6)
5	S	21142	21019	0	21139	114300	0	5.33	45.2(11.6)
6	S	22891	7824	0	22890	114726	0	13.73	45.2(11.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	40 di 67

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.178	50.0	70.0	0.00172	45.0	64.2	-0.01616	-45.0	5.8
2	0.00350	0.181	50.0	70.0	0.00175	45.0	64.2	-0.01582	-45.0	5.8
3	0.00350	0.179	50.0	70.0	0.00173	45.0	64.2	-0.01605	-45.0	5.8
4	0.00350	0.177	50.0	70.0	0.00172	45.0	64.2	-0.01624	-45.0	5.8
5	0.00350	0.181	50.0	70.0	0.00175	45.0	64.2	-0.01588	-45.0	5.8
6	0.00350	0.182	50.0	70.0	0.00176	45.0	64.2	-0.01572	-45.0	5.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000306246	-0.017937218	0.178	0.700
2	0.000000000	0.000300961	-0.017567285	0.181	0.700
3	0.000000000	0.000304441	-0.017810899	0.179	0.700
4	0.000000000	0.000307470	-0.018022934	0.177	0.700
5	0.000000000	0.000301928	-0.017634956	0.181	0.700
6	0.000000000	0.000299350	-0.017454501	0.182	0.700

verifica a taglio

h	700 mm	Rck	40
d	641 mm	fck	33.2
bw	1000 mm	γc	1.5
$1+(200/d)$	1.559		
k	1.559	As	10 Φ 26.0
Asl	5309 mm ²		
Asl/(bw·c	0.0083		
p1	0.008	Vrd	361.9 kN
vmin	0.392	Ved	361.77 KN
vmin·bw·c	251530 N		
Vrd	361860 N	VERIFICATO	

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm ²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	35.1	50.0	70.0	-339	5.0	5.8	----	----

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
 stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	41 di 67

2	S	32.6	-50.0	70.0	-310	15.0	5.8	----	----
3	S	19.6	-50.0	70.0	-164	5.0	5.8	----	----
4	S	19.5	-50.0	70.0	-163	35.0	5.8	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	22.6	-50.0	70.0	-198	35.0	5.8	----	----
2	S	19.2	-50.0	70.0	-159	35.0	5.8	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera f_{ctm} in almeno una combinazione Esito della verifica
e1	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area $A_{c\ eff}$
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k3	= Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	34879	0
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	35728	0

7.1.2.2 MEZZERIA

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	0.0	4.3	-44.1
PERM	0.0	1.5	11.5
SPTSX	0.0	95.0	137.6
SPTDX	-187.2	-94.5	135.5
ACC	0.0	1.0	7.7
SPACCSX	0.0	80.8	117.0
SPACCDX	-36.6	-35.5	50.8
TERMU	0.0	0.0	0.0
SPSSX	0.0	236.5	342.5
SISMAV	0.0	0.6	-9.6
SISMAH	32.5	66.7	0.7

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	42 di 67

SOLETTA INFERIORE MEZZERIA		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	187.2	9.8	241.8
SLU	A2+M2	228.9	7.9	314.2
SLU	SLV	261.3	-296.6	-43.4
SLE	RARA	187.2	7.1	248.0
SLE	FESS. RARA	187.2	6.9	246.5
SLE	Q.PERM.	187.2	6.2	240.4

Essendo le sollecitazioni in mezzeria inferiori a quelle calcolate nella sezione di incastro con il piedritto si rimanda al paragrafo precedente per le verifiche della sezione.

8 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	G_0	E_{op}	k
	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[m/s]
T1	19	33	0	-	95 ÷ 200	25 ÷ 50	1E-04 ÷ 1E-05

Tabella 2 – Stratigrafia del sito in esame.

Joint	1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	11
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	48.54	18.41	13.78	6.58	4.43	2.71	1.36	0.31	-0.80	-1.89	-6.08
PERM	9.46	5.28	5.96	4.34	4.57	4.65	4.58	4.34	5.97	5.29	9.45
SPTSX	-108.06	-22.60	-1.51	8.18	13.53	15.96	16.29	15.20	19.88	16.40	26.74
SPTDX	26.72	16.34	19.84	15.19	16.29	15.98	13.58	8.27	-1.33	-22.36	-108.51
ACC	6.31	3.52	3.98	2.89	3.05	3.10	3.05	2.90	3.98	3.53	6.30
SPACCSX	-68.56	-14.34	-0.96	5.19	8.58	10.12	10.33	9.64	12.61	10.41	16.97
SPACCDX	7.47	4.57	5.55	4.25	4.56	4.47	3.80	2.31	-0.37	-6.25	-30.35
TERMU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPSSX	-156.05	-32.63	-2.18	11.82	19.53	23.04	23.52	21.95	28.71	23.69	38.62
SISMAV	4.98	1.94	1.51	0.80	0.67	0.62	0.67	0.80	1.51	1.93	4.99
SISMAH	-25.69	-7.42	-4.07	-1.34	-0.53	-0.01	0.52	1.32	4.04	7.39	25.78

A1+M1

α	Γ (A2)	γ (M2)	ψ_0	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
				kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1	1.35	1	1	65.53	24.86	18.60	8.88	5.98	3.66	1.84	0.42	-1.08	-2.55	-8.20

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	45 di 67

-1	1	1	2.14	333.44	69.72	4.66	-25.25	-41.74	-49.24	-50.25	-46.89	-61.34	-50.61	-82.52	
0.3	1	1	2.14	3.19	1.24	0.97	0.51	0.43	0.40	0.43	0.51	0.97	1.24	3.20	
-1	1	1	2.14	54.89	15.85	8.69	2.85	1.13	0.01	-1.10	-2.82	-8.64	-15.78	-55.08	
				351.32	103.56	57.27	18.19	5.89	-1.78	-7.85	-15.28	-40.37	-68.33	-229.75	172.87

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

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	46 di 67

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 ($e_B = M_b/N$)

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

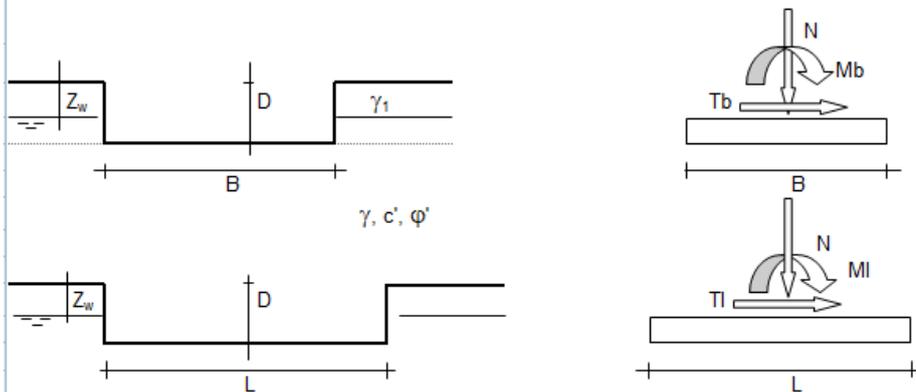
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

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

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

coefficienti parziali

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



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 3.44 (m)
L = 100.00 (m)
D = 6.30 (m)



SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	47 di 67

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	275.55		275.55
Mb [kNm]	0.00		0.00
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 33.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 33.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 7.00 \quad (\text{m})$$

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

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

$$B^* = 3.44 \quad (\text{m})$$

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

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 119.70 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 11.03 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 26.09$$

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

$$N_c = 38.64$$

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

$$N_y = 35.19$$

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	48 di 67

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

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

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

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

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

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

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

$$i_q = 1.00$$

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

$$i_c = 1.00$$

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

$$i_\gamma = 1.00$$

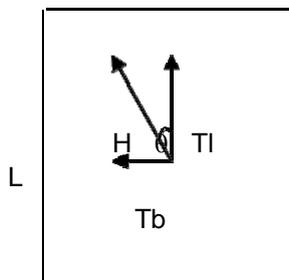
d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

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

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

$$d_q = 1.38$$

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



B

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	49 di 67

$$d_c = 1.40$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

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

$$q_{lim} = 4506.19 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 80.10 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	50 di 67

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 1959.21 \geq q = 80.10 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

9 RAMPE SCALE E PIANEROTTOLI

La scala è costituita da rampe e pianerottoli, di spessore rispettivamente 20 cm e 30 cm.

Si effettua di seguito la verifica della rampa e del pianerottolo caratterizzati dalle sollecitazioni maggiori.

9.1 ANALISI DEI CARICHI RAMPA

La Tabella 5 e la Tabella 6 riportano i carichi agenti sulla rampa.

α (°)	27.83	inclinazione rampa sull'orizzontale
s (m)	0.2	spessore rampa
l (m)	3.3	luce rampa
b (m)	0.31	base gradino
h (m)	0.16	altezza gradino
A (m ²)	0.025	area gradino
h_{eq} (m)	0.071	altezza equivalente gradino

g_1 (kN/m)	5	permanenti strutturali
s_{fin} (m)	0.03	spessore pavimentazione
γ_{fin} (kN/m ³)	20	peso dell'unità di volume finitura
g_2 (kN/m)	2.38	permanenti portati (gradini + finitura)
q (kN/m ²)	5	variabile (folla compatta)

Tabella 5 – Azioni caratteristiche agenti sulla rampa.

γ_{G1}	1.3	coefficiente parziale permanente strutturale
γ_{G2}	1.5	coefficiente parziale permanente portato
γ_Q	1.5	coefficiente parziale variabile
ψ_1	0.7	coefficiente di combinazione frequente
ψ_2	0.6	coefficiente di combinazione quasi permanente

p_{SLU}	17.57	carico distribuito SLU
$p_{SLE, rara}$	12.38	carico distribuito SLE rara
$p_{SLE, freq}$	10.88	carico distribuito SLE frequente
$P_{SLE, qpe}$	10.38	carico distribuito SLE quasi permanente

Tabella 6 – Azioni di progetto agenti sulla rampa.

Le verifiche sono effettuate considerando un metro di profondità della rampa e assimilando quest'ultima a una trave appoggio – appoggio (trave inclinata) con luce massima di 3.30 m.

Le sollecitazioni per trave inclinata con carico verticale uniformemente distribuito sono riportate nella Figura 9.

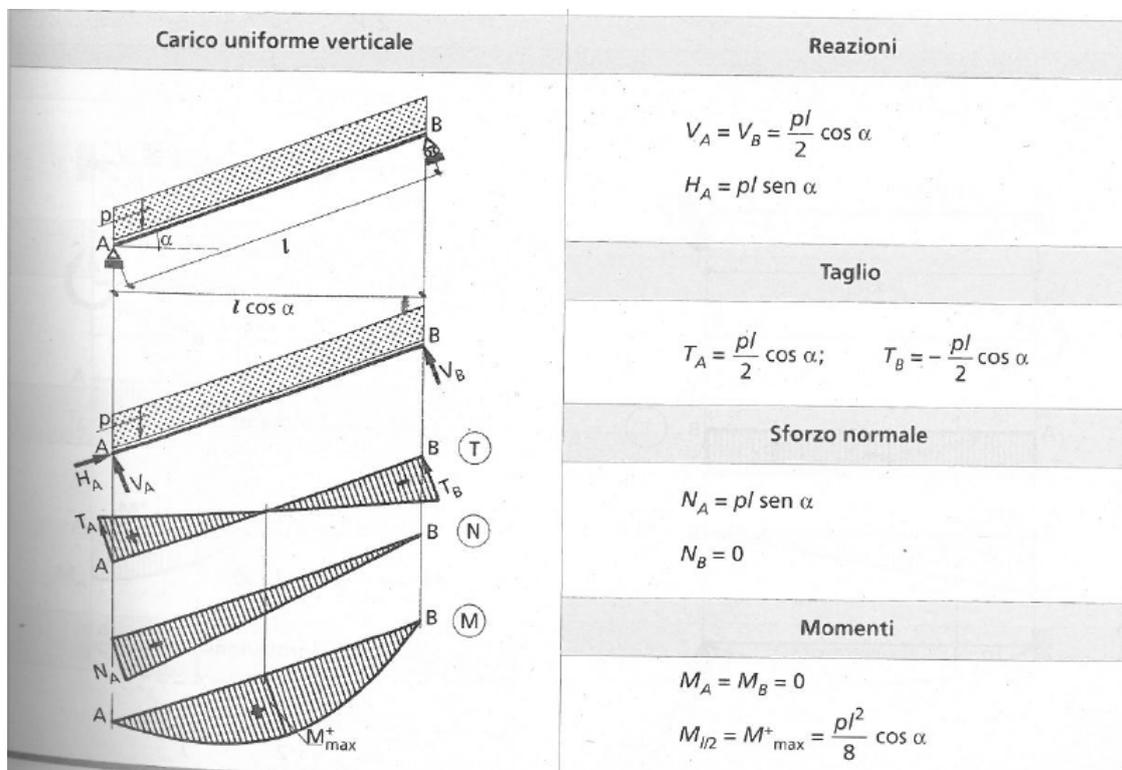


Figura 9 – Sollecitazioni per trave inclinata.

	SLU	SLE RAR	SLE FREQ	SLE QPE
T_A (kN)	25.63	18.06	15.87	15.14
T_B (kN)	-25.63	-18.06	-15.87	-15.14
N_A (kN)	27.06	19.07	16.76	15.99
N_B (kN)	0.00	0.00	0.00	0.00
$M_A = M_B$ (kNm)	0.00	0.00	0.00	0.00
$M_{l/2} = M_{\max}^+$ (kNm)	21.15	14.90	13.09	12.49

Tabella 7 – Sollecitazioni rampa scale.

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

Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza:
Tipologia sezione:
Normativa di riferimento:

Stati Limite Ultimi
Sezione generica
N.T.C.

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	53 di 67

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: C25/30
 Resis. compr. di calcolo fcd : 141.60 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 70.80 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 314750 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 26.00 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 150.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 150.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 112.50 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: C25/30

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	20.00
3	50.00	20.00
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	-40.00	5.50	16
2	-40.00	14.50	16
3	40.00	14.50	16
4	40.00	5.50	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

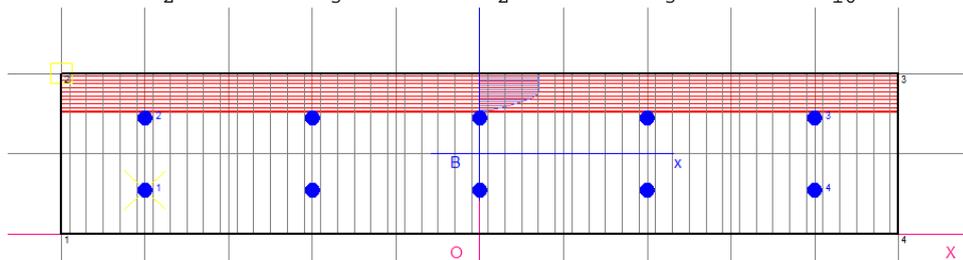
N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	54 di 67

N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.
Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	3	16
2	3	2	3	16



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	2706	2115	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	1907	1490	0

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	1587	1309	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	1599	1249	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.7 cm

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	55 di 67

Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.9 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
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	2706	2115	0	2705	5617	0	2.656

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	-0.00285	-50.0	20.0	-0.00057	-40.0	14.5	-0.00724	-40.0	5.5

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	0.000740410	-0.011308209		

verifica a taglio

h	200	mm	Rck	37
d	140	mm	yc	1.5
bw	1000	mm		
$1+(200/d)^{0,5}$	2.195		As	5 Φ 16.0
k	2.000			
Asl	1005	mm ²		
Asl/(bw·d)	0.007		Vrd	94.2 kN
ρ_1	0.007		Ved	26 KN
vmin	0.549			
vmin·bw·d	76803	N		

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
 stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	56 di 67

Vrd 94223 N VERIFICATO

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	44.2	50.0	20.0	-1055	-20.0	5.5	700	168	0.125	0.060

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	38.9	50.0	20.0	-931	-40.0	5.5	700	168	0.125	0.053

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

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	37.1	-50.0	20.0	-884	20.0	5.5	700	168	0.125	0.050

9.2 ANALISI DEI CARICHI PIANEROTTOLO

La Tabella 8 e la Tabella 9 riportano i carichi agenti sul pianerottolo. Si precisa che si è considerato, in aggiunta ai carichi permanenti strutturali (peso proprio), permanenti portati (finitura in piastrelle di gres rosso) e variabili (folla compatta), il taglio proveniente dall'analisi della rampa (si veda il paragrafo 9.1).

s (m)	0.3	spessore pianerottolo
l (m)	1	luce pianerottolo
γ_{cls} (kN/m ³)	25	peso dell'unità di volume cls
g_1 (kN/m)	7.5	permanenti strutturali
s_{fin} (m)	0.03	spessore finitura
γ_{fin} (kN/m ³)	0.6	peso dell'unità di volume finitura
g_2 (kN/m)	5	permanenti portati (finitura)
q (kN/m ²)	40.39	accidentale (folla compatta)
$p_{r, SLU}$ (kN/m)	28.46	scarico rampa SLU
$p_{r, SLE\ rara}$ (kN/m)	25.01	scarico rampa SLE rara
$p_{r, SLE\ freq}$ (kN/m)	23.86	scarico rampa SLE frequente
$p_{r, SLE\ qpe}$ (kN/m)	0.3	scarico rampa SLE quasi permanente

Tabella 8 – Azioni caratteristiche agenti sul pianerottolo.

γ_{G1}	1.3	coefficiente parziale permanente strutturale
γ_{G2}	1.5	coefficiente parziale permanente portato
γ_Q	1.5	coefficiente parziale accidentale
ψ_1	0.7	coefficiente di combinazione frequente
ψ_2	0.6	coefficiente di combinazione quasi permanente

p_{SLU}	53.87	carico distribuito SLU
$p_{SLE, rara}$	38.27	carico distribuito SLE rara

$P_{SLE, freq}$	33.72	carico distribuito SLE frequente
$P_{SLE, qpe}$	32.20	carico distribuito SLE quasi permanente

Tabella 9 – Azioni di progetto agenti sul pianerottolo.

	SLU	SLE RAR	SLE FREQ	SLE QPE
mensola				
T_A (kN)	53.87	38.27	33.72	32.20
$M_A = M_B$ (kNm)	-26.93	-19.13	-16.86	-16.10

Le verifiche sono effettuate considerando un metro di profondità del pianerottolo e assimilando quest'ultimo a una trave incastrata ad un estremo di luce di 1.0 m.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: pianerottolo

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: C25/30
 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 141.60 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 70.80 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale E_c : 314750 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione f_{ctm} : 26.00 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 150.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 150.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 112.50 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura f_{tk} : 5400.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo f_{td} : 4500.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
 Modulo Elastico E_f : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	59 di 67

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	30.00
3	50.00	30.00
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	-44.20	5.80	16
2	-44.20	24.20	16
3	44.20	24.20	16
4	44.20	5.80	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	3	16
2	3	2	3	16

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	-2693	0	10	0

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	-1913	0

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

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

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	60 di 67

My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	-1686	0

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	-1610	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.8 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	-2693	0	0	-9529	0	3.538

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	-0.00587	-50.0	0.0	-0.00073	-44.2	5.8	-0.01413	44.2	24.2

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	-0.000728462	0.003500000	0.199	0.700

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
 stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	61 di 67

verifica a taglio

h	300	mm	Rck	30	
d	236	mm	yc	1.5	
bw	1000	mm			
$1+(200/d)^{0,5}$	1.921		As	5	Φ 16
k	1.921		As (raffitt.)	0	Φ 0
Asl	1005	mm ²			
Asl/(bw·d)	0.004		Vrd	119.5	kN
ρ1	0.004		Ved	54	KN
vmin	0.465				
vmin·bw·d	109705	N			
Vrd	119505	N	VERIFICATO		

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	23.7	50.0	0.0	-879	22.1	24.2	1114	225	0.125	0.067

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	20.9	50.0	0.0	-775	22.1	24.2	1114	225	0.125	0.059

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	19.9	50.0	0.0	-740	22.1	24.2	1114	225	0.125	0.057

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	63 di 67

γ_{G1}	1.3	coefficiente parziale permanente strutturale
γ_{G2}	1.5	coefficiente parziale permanente portato
γ_Q	1.5	coefficiente parziale variabile
ψ_1	0.7	coefficiente di combinazione frequente
		coefficiente di combinazione quasi
ψ_2	0.6	permanente

P_{SLU}	24.65	carico distribuito SLU
$P_{SLE, rara}$	18.10	carico distribuito SLE rara
$P_{SLE, freq}$	16.60	carico distribuito SLE frequente
$P_{SLE, qpe}$	16.10	carico distribuito SLE quasi permanente

l (m) 3.44 luce di calcolo

	SLU	SLE RAR	SLE FREQ	SLE QPE
T (kN)	42.40	31.13	28.55	27.69
N (kN)	0.00	0.00	0.00	0.00
$M_{l/2} = M_{max}^+$ (kNm)	36.46	26.77	24.55	23.82

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: soletta

(Percorso File: \\oceano\C39\LAVORO\MODELLI DI CALCOLO\MURI U-ASSISI\rc-sec\soletta.sez)

Descrizione Sezione:

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C28/35

Resis. compr. di calcolo f_{cd} :	158.60 daN/cm ²
Resis. compr. ridotta f_{cd}' :	79.30 daN/cm ²
Def.unit. max resistenza $ec2$:	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale E_c :	323080 daN/cm ²
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione f_{ctm} :	28.80 daN/cm ²
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0

Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite :	168.00 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite :	168.00 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite :	126.00 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	0.300 mm

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	64 di 67

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm ²
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm ²
Resist. ultima di calcolo ftd:	4500.0 daN/cm ²
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	50.00
3	50.00	50.00
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	-44.20	5.80	16
2	-44.20	44.20	16
3	44.20	44.20	16
4	44.20	5.80	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	3	16
2	3	2	3	16

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	3646	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

SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di stazione Ellera - relazione di calcolo scale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	65 di 67

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	2677	0

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	2455	0

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	2382	0

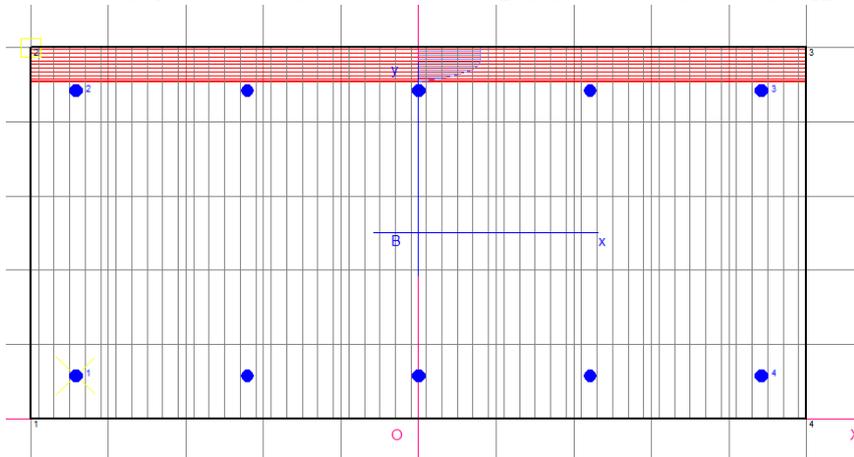
RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.5 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.0 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	0	3646	0	0	18378	0	5.041



**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	66 di 67

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	-0.01268	-50.0	50.0	-0.00088	44.2	44.2	-0.02987	-44.2	5.8

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	0.000754899	-0.034244964	0.105	0.700

verifica a taglio

h	500	mm	Rck	35
c	60	mm	fck	29.05
d	440	mm	yc	1.5
bw	1000	mm		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.674		As	5 Φ 16.0
k	1.674			
Asl	1005	mm ²		
Asl/(bw·d)	0.002		Vrd	179.8 kN
ρ_1	0.002		Ved	42 KN
vmin	0.409			
vmin·bw·d	179806	N		
Vrd	179806	N	VERIFICATO	

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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

**SOTTOPASSI E SOTTOVIA - Nuovo sottopasso di
stazione Ellera - relazione di calcolo scale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL SL0100 003	A	67 di 67

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	12.1	-50.0	50.0	-654	-44.2	5.8	1474	299	0.165	0.067

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	11.1	-50.0	50.0	-600	-44.2	5.8	1474	299	0.165	0.061

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

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	10.8	-50.0	50.0	-582	-44.2	5.8	1474	299	0.165	0.059

11 INCIDENZE

Rampe: 130 kg/mc

Pianerottoli: 90 kg/mc

Soletta inferiore: 110 kg/mc

Piedritti: 130 kg/mc

Soletta 50: 50 kg/mc