

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA

INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ASSISI

OPERE MINORI

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

SCALA:

-

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

I R 0 B 0 2 D 1 0 C L I N 0 2 0 0 0 0 3 A

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

File : IROB.01.D.10.CL.SL01.000.04.A.doc

n. Elab.:

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	2 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

Indice

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
2.1	NORMATIVA	7
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	8
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	9
3.1	CALCESTRUZZO	9
3.2	ACCIAIO DI ARMATURA – BARRE	10
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	13
6	SEZIONE SCATOLARE SOTTOPASSO.....	15
6.1	GEOMETRIA E DATI DI INPUT	15
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 (PERM)</i>	18
6.3.3	<i>BALLAST (BALLAST)</i>	18
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>FRENATURA E AVVIAMENTO</i>	21
6.3.9	<i>AZIONI CLIMATICHE</i>	22
6.4	CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI	26
6.4.1	<i>CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI</i>	26

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	3 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

6.4.2	COMBINAZIONI DI CARICO PER SEZIONI DI VERIFICA	27
6.4.3	COMBINAZIONI DI CARICO PER GLI STATI LIMITE CONSIDERATI	33
6.5	VERIFICHE STR	34
6.5.1	SOLETTA SUPERIORE	36
6.5.2	PIEDRITTO.....	42
6.5.3	SOLETTA INFERIORE	49
6.6	VERIFICHE GEO	55
7	INCIDENZE.....	62

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	4 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

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.

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	5 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

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 relative ad una struttura scatolare in cemento armato.

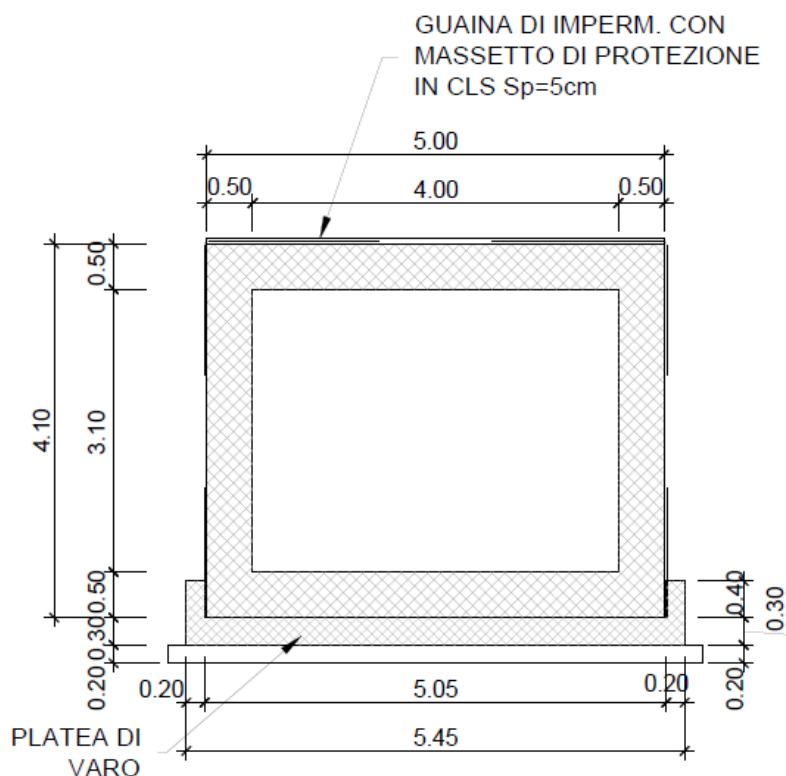


Figura 1 – Sezione trasversale

OPERE MINORI

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	6 di 62

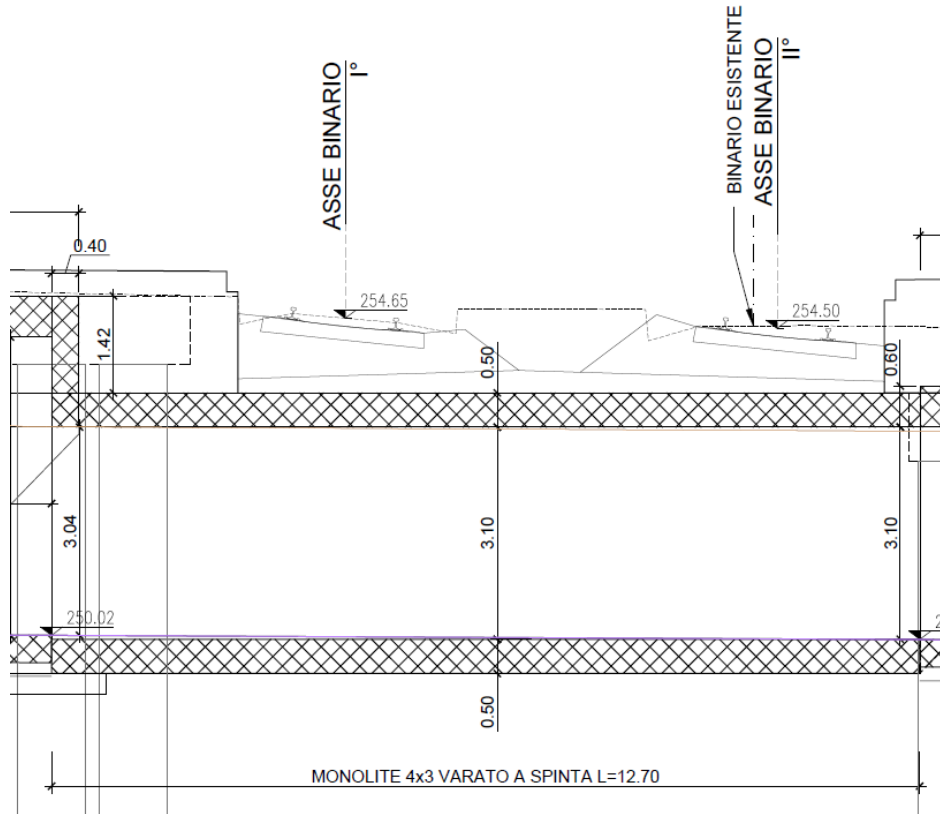



Figura 2 – Sezione longitudinale

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA					
OPERE MINORI FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite	COMMESSA IR0B	LOTTO 02	CODIFICA D10	DOCUMENTO CL IN0200 003	REV. A	FOGLIO 7 di 62

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.

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	9 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

3.1 CALCESTRUZZO

Elevazione

Classe di resistenza = C32/40

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/m³

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

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

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

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

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

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

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

Classe minima di consistenza S4

Classe di esposizione XC2

Copriferro 40 mm

Fondazione

Classe di resistenza = C28/35

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/m³

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

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

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

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

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

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

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

Classe minima di consistenza S4

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	10 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

Classe di esposizione XC2

Copriferro 40 mm

3.2 ACCIAIO DI ARMATURA – BARRE

Tipo = B 450 C

γ_a = peso specifico = 78.50 kN/m³

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\varnothing < 12\ mm$ → 4 \varnothing ;

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

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

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

OPERE MINORI

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	11 di 62

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

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

Unità	γ	ϕ'	c'	c_u	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 2 - Ubicazione indagini di fase PD - Google Earth

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	12 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

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.

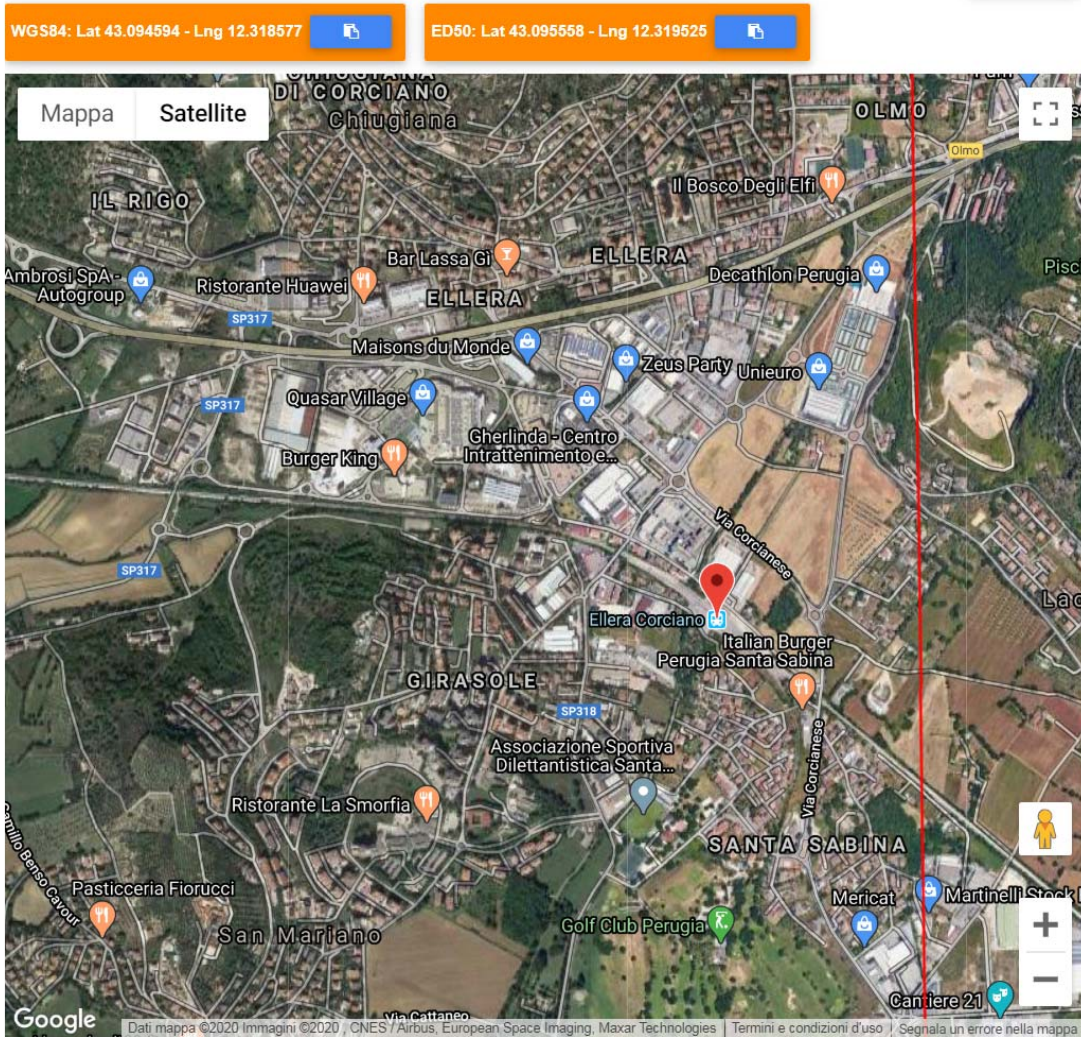
Dal punto di vista sismico il terreno è classificato di tipo B.

OPERE MINORI

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	13 di 62

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA



OPERE MINORI

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	14 di 62

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]	F_o	T_c^* [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)

u_s (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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	15 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

6 SEZIONE SCATOLARE SOTTOPASSO

6.1 GEOMETRIA E DATI DI INPUT

Si procede al dimensionamento della struttura dello scatolare facendo riferimento ad una struttura piana che descrive una striscia larga 1.00 m. Lo spessore della soletta superiore è pari a 0.50 m, quello dei piedritti e del solettone di fondo è anch'esso pari a 0.50 m. Il ricoprimento, ovvero la distanza tra la quota del Piano del Ferro e l'estradosso della soletta superiore, si assume cautelativamente pari a circa 1.25 m. Poiché l'opera ricade in zona sismica, saranno applicate le azioni di rito previste dalla norma così come riportato nei capitoli successivi.

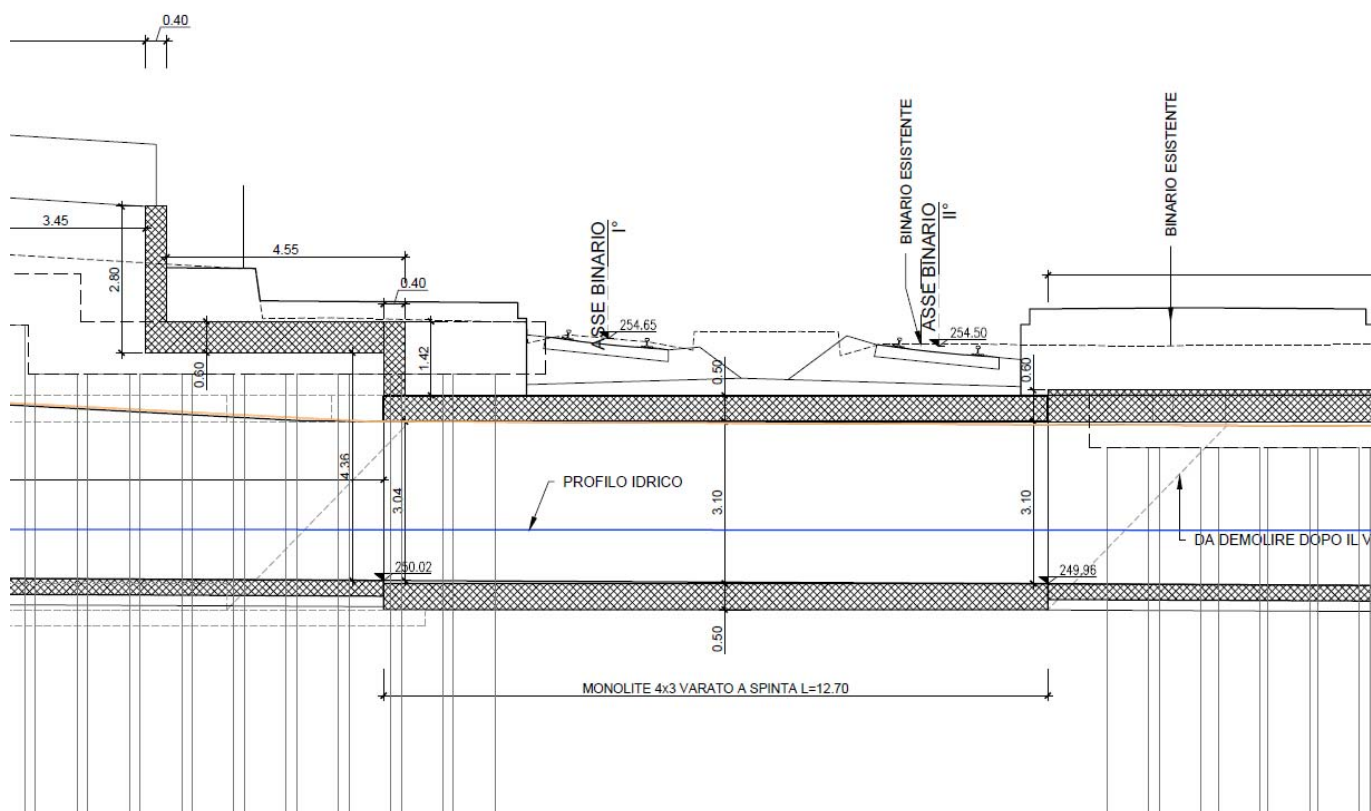


Figura 3 – Sezione longitudinale

Caratteristiche geometriche e di carico dello scatolare:

dati di input

h (m)	3.10	altezza netta interna
l (m)	4	larghezza netta interna
b (m)	1	profondità striscia di telaio
s_i (m)	0.5	spessore soletta inferiore

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	16 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

s_p (m)	0.5	spessore piedritti
s_s (m)	0.5	spessore soletta superiore

dati rilevato ferroviario

s_r (m)	0	spessore ricoprimento (escluso ballast)
γ_r (kN/m ³)	20	peso di volume ricoprimento/rilevato
s_m (m)	0.25	spessore massetto pendenze
γ_m (kN/m ³)	24	peso di volume massetto pendenze
γ_b (kN/m ³)	18	peso di volume ballast
s (m)	0.7	spessore armamento (inclusa traversina)
L_{trasv} (m)	2.4	larghezza traversina
L_{long} (m)	0.3	lunghezza traversina

6.2 MODELLO DI CALCOLO

Come modello di calcolo (si vedano le Figure successive) si è assunto lo schema statico di telaio chiuso analizzato attraverso un'analisi elastico – lineare attraverso il programma di calcolo agli Elementi Finiti SAP2000 v.20.0.0 della Computers and Structures.

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

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

rigidezza molle

E (kN/m ²)	25000	modulo di Young terreno di fondazione
b_t (m)	5	dimensione trasversale dell'opera
b_l (m)	1	dimensione longitudinale dell'opera
k_s (kN/m ³)	11371	costante di sottofondo (formulazione di Vogt)
k_1 (kN/m)	5117	rigidezza molle centrali
k_2 (kN/m)	10803	rigidezza molle spigolo
k_3 (kN/m)	7676	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:

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	17 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b t^2 \cdot l}} \text{ dove:}$$

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

$$k_s = 11371 \text{ kN/m}^3$$

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

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

$$K_{21}, \dots, K_{24} = 5117 \text{ kN/m}$$

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

$$K_1 = K_2 = 2 \cdot k_s \cdot [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2)/10/2 + (L_p/2)] = 10803 \text{ kN/m}$$

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

$$K_{19} = K_{20} = K_{26} = K_{27} = 1.5 \cdot k_{\text{centrale}} = 7676 \text{ kN/m}$$

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

- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.50$ m per la soletta superiore
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.50$ m per la soletta di fondazione
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.50$ m per i piedritti

Per le aste del reticolo si è assunto:

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

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

OPERE MINORI

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	18 di 62

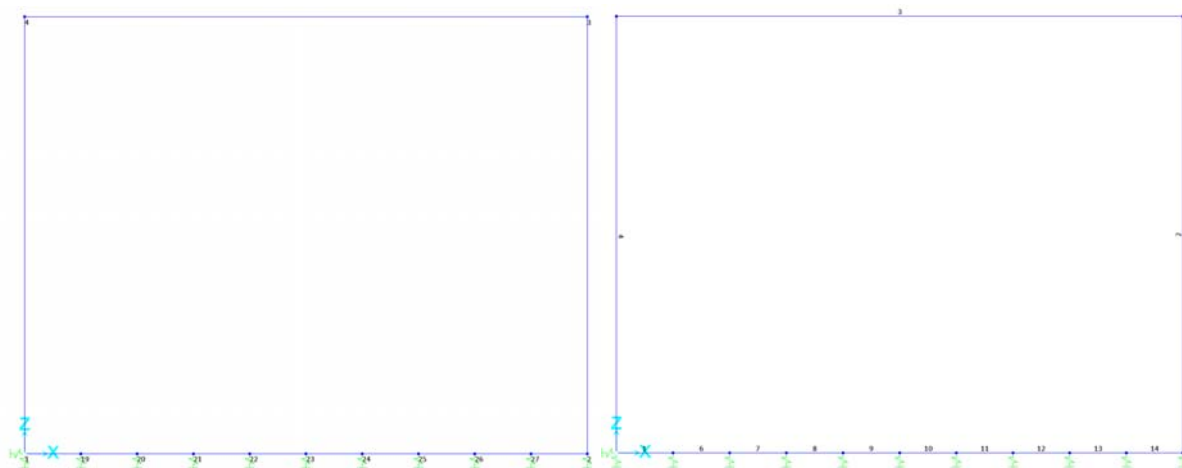


Figura 4 – Numerazione dei nodi e delle aste.

6.3 ANALISI DEI CARICHI

6.3.1 PESO PROPRIO (DEAD)

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

6.3.2 SOVRACCARICO PERMANENTE (PERM)

Sul solettone superiore si considera uno spessore relativo al massetto delle pendenze di 0.25 m con $\gamma_r = 24.00 \text{ kN/m}^3$.

6.3.3 BALLAST (BALLAST)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ballast compresa la traversina pari a $s_b = 0.70 \text{ m}$ con peso dell'unità di volume $\gamma_b = 18.00 \text{ kN/m}^3$.

Ai lati dello scatolare si ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti di intensità $\Delta p_b = 5.74 \text{ kN/m}$.

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

Spinta semispessore soletta superiore

$$\Delta F_{b3,4} = 1.43 \text{ kN}$$

Spinta semispessore soletta inferiore

$$\Delta F_{b1,2} = 1.43 \text{ kN}$$

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	19 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite
6.3.4 SPINTA DEL TERRENO (SPTSX/SPTDX)

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

γ_t (kN/m ³)	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)	2.73	pressione all'estradosso soletta superiore
p_2 (kN/m ²)	4.90	pressione in asse soletta superiore
p_3 (kN/m ²)	35.18	pressione in asse soletta inferiore
p_4 (kN/m ²)	37.45	pressione all'intradosso soletta inferiore

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

$F_{1,2}$ (kN/m)	0.95	forza concentrata semispessore soletta superiore
$F_{3,4}$ (kN/m)	9.08	forza concentrata semispessore soletta inferiore

6.3.5 SPINTA ORIZZONTALE FALDA

Assente.

6.3.6 SOTTOSPINTA IDRAULICA SU SOLETTA INFERIORE

Assente.

6.3.7 CARICHI VARIABILI
6.3.7.1 COEFFICIENTE DI INCREMENTO DINAMICO

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

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

in cui $n = 3$.

Considerando le linee d'asse risulta:

$L_1 = 3.50$ m altezza piedritto di sinistra

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	20 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

$L_2 = 4.5$ m larghezza soletta inferiore

$L_3 = 3.50$ m altezza piedritto di destra

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

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

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

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

6.3.7.2 LARGHEZZA DI DIFFUSIONE TRASVERSALE

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

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

$s_s = 0.50$ m : spessore del solettone

$s_m = 0.25$ m : spessore del massetto pendenze

$s_r = 0.00$ m : spessore del ricoprimento

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

Diffusione trasversale

$$L_d = L_{trasv} + 2 \cdot (s_r \cdot b_r / a_r + s_b \cdot b_b / a_b) + 2 \cdot (s_s / 2) \cdot b_s / a_s + 2 \cdot s_m \cdot b_m / a_m = 3.75$$
 m

6.3.7.1 SOVRACCARICHI MOBILI (ACC)

Treno di carico LM71

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

$$Q_{vk} = 250$$
 kN

$$q_{vk} = 80$$
 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:

$$q_{eq} \text{ (kN/m)} \quad 156.25 \text{ carico distribuito equivalente 4 assi}$$

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	21 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

a	1.10	coefficiente adattamento
Φ	1.35	coefficiente incremento dinamico
q (kN/m)	232.03	$q = q_{eq} \cdot \alpha \cdot \Phi$
L_d (m)	3.75	larghezza di diffusione
q/L_d (kN/m ²)	61.88	

Tale carico viene introdotto nel modello con la dicitura ACC:

Treno di carico SW/2

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

$\alpha = 1.0$: coefficiente di adattamento

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

6.3.7.2 SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RILEVATO (SPACCSX/SPACCDX)

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

L_d (m)	2.75	larghezza di diffusione
q (kN/m)	171.88	$q = q_{eq} \cdot \alpha$
q/L_d (kN/m ²)	62.50	
Δp_{acc} (kN/m ²)	28.46	

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

$\Delta F_{1,2,acc}$ (kN/m)	7.12	ΔF dovuto al sovrac. accidentale semispessore soletta superiore
$\Delta F_{3,4,acc}$ (kN/m)	7.12	ΔF dovuto al sovrac. accidentale semispessore soletta inferiore

6.3.8 FRENATURA E AVVIAMENTO

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

Q_{avv} (kN/m)	33	carico dovuto all'avviamento treno di carico LM71
q_{avv} (kN/m/m)	9.90	carico distribuito dovuto all'avviamento treno di carico LM71
M_{avv} (kNm/m)	12.87	momento flettente distribuito dovuto all'avviamento treno di carico LM71

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	22 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

6.3.9 AZIONI CLIMATICHE

6.3.9.1 AZIONI TERMICHE UNIFORMI (TERMU)

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

6.3.9.2 AZIONI TERMICHE DIFFERENZIALI (TERMF)

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

6.3.9.3 RITIRO (RITIRO)

Si considera una variazione termica uniforme equivalente $\Delta T = -11.30^{\circ}\text{C}$ sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.14-01-2008.

Calcolo dell'azione prodotta da ritiro

	Rck	40
	f_{ck}	33.20 N/mm ²
resistenza a compressione media	f_{cm}	41.20 N/mm ²
modulo elastico secante	E_{cm}	33642.78 N/mm ²
coefficiente di dilatazione termica	α	0.00001
classe del cemento	cls tipo	R
età del cls all'inizio del ritiro	t_s	2 gg
età del cls al momento del carico	t_0	2 gg
età del cls	t	27375 gg
	B	100 cm
	H	50 cm
sezione dell'elemento	A_c	500000 mm
perimetro a contatto con l'atmosfera	u	1000 mm
dimensione elemento di cls	$h_0 = 2A_c/u$	1000 mm
umidità relativa percentuale	RH	75 %
Calcolo del modulo elastico		
coeff. del tipo di cemento	α	1
tempo t_0 corretto in funz del tipo di cem	t_0	6.189 gg
coeff. della resistenza del cls	$\beta_c(f_{cm})$	2.62
coeff. della viscosità nel tempo	$\beta_c(t_0)$	0.649

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	23 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

coeff. della resistenza del cls	α_1	0.892
coeff. della resistenza del cls	α_2	0.968
coeff. della resistenza del cls	α_3	0.922
coeff. che tiene conto dell'umidità relativa	β_H	1383
coeff. della variabilità viscosità nel tempo	$\beta_c(t, t_0)$	0.985
coeff. che tiene conto dell'umidità	φ_{RH}	1.216
coeff. nominale della viscosità	φ_0	2.067
coeff. di viscosità	$\varphi(t, t_0)$	2.04
Modulo elastico al tempo t	$E_{cm}(t, t_0)$	11080.1 N/mm ²
Calcolo della deformazione di ritiro		
parametro fuazione di h_0	k_h	0.7
coeff. variabilità deformazione nel tempo	$\beta_{cs}(t, t_s)$	0.956
def. di ritiro per essiccamento	$\varepsilon_{cd}(t)$	0.000285
deformazione di base	$\varepsilon_{cd,0}$	0.000426
coeff. per il tipo di cemento	α_{ds1}	6
coeff. per il tipo di cemento	α_{ds2}	0.11
	β_{RH}	0.896094
	$\beta_{as}(t)$	1
	$\varepsilon_{ca\infty}$	0.000058
deformazione dovuta al ritiro autogeno	ε_{ca}	5.8E-05
deformazione di ritiro	$\varepsilon_s(t, t_0)$	0.000343
Variazione termica uniforme	ΔT_{ritiro}	-11.30 °C

6.3.9.4 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.

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	24 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

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

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

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

dati sisma

V_N (anni)	50.00	vita nominale
C_U	1.00	coefficiente d'uso (classe d'uso II)
V_R (anni)	50.00	periodo di riferimento
SLV		
P_{VR}	0.10	probabilità di superamento
T_R (anni)	475	tempo di ritorno per SLV
a_g (g)	0.172	accelerazione su sito riferimento rigido
F_O (-)	2.438	
T_C^* (s)	0.307	
S_S	1.380	coefficiente amplificazione stratigrafica (cat. C)
S_T	1.00	coefficiente amplificazione topografica (cat. T1)
a_{max} (g)	0.21	$a_{max}(g) = S_S S_T a_g(g)$

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

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

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

dove

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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	25 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

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

6.3.9.5 SPINTA DELLE TERRE IN FASE SISMICA (SPSSX)

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

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

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

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

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

h_{tot} (m)	4.95	altezza da P.F. di progetto a fondazione
h_{scat} (m)	4	altezza scatolare
Δp_E (kN/m ²)	19.41	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)	4.85	ΔF dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta superiore per SLV
$\Delta F_{3,4,E}$ (kN/m)	4.85	ΔF dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta inferiore per SLV

6.3.9.6 SOVRASPINTA ORIZZONTALE FALDA IN CONDIZIONI SISMICHE

Assente.

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	26 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite
6.3.9.7 FORZE SISMICHE ORIZZONTALI (SISMAH)

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

F_1 (kN/m ²)	3.84	inerzia orizzontale ballast + ricoprimento + massetto per SLV
F_2 (kN/m ²)	2.58	inerzia orizzontale soletta superiore per SLV
F_3 (kN/m ²)	2.58	inerzia orizzontale piedritti per SLV

6.3.9.8 FORZE SISMICHE VERTICALI (SISMAV)

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

F_1 (kN/m ²)	1.92	inerzia verticale ballast + ricoprimento + massetto per SLV
F_2 (kN/m ²)	1.29	inerzia verticale soletta superiore per SLV
F_3 (kN/m ²)	1.29	inerzia verticale piedritti per SLV
F_4 (kN/m ²)	1.28	inerzia verticale treno di carico LM71 per SLV
F_5 (kN/m ²)	1.29	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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	27 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

SISMAH	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI
SISMAV	AZIONI SISMICHE VERTICALI

6.4.2 COMBINAZIONI DI CARICO PER SEZIONI DI VERIFICA

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

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

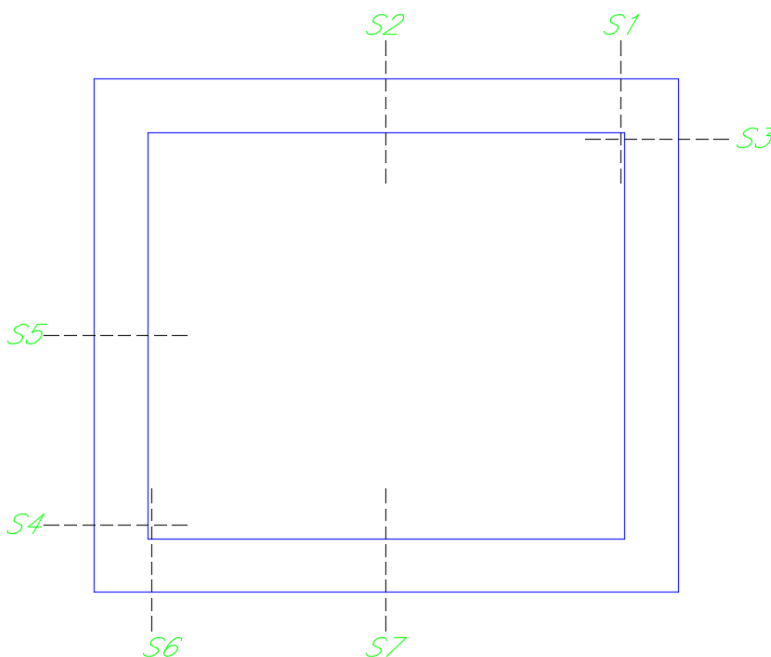


Figura 5 – Sezioni di verifica.

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);
- al rapporto fra le accelerazioni massime attese al sito nelle condizioni SLV ed SLD.

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	28 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

6.4.2.1 SOLETTA SUPERIORE

INCASTRO (S1)

	$\gamma (A1)$	$\gamma (A2)$	$\gamma (Asis)$	$\gamma (M1)$	$\gamma (M2)$	$k_A/k_0 (sis)$	SLV/SLD	ψ_0	ψ_1	ψ_2
DEAD	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
BALLAST	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1.5	1.3	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTSX	1.35	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
ACC	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
ACC2	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
SPACCSX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
SPACCDX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
AVV	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
TERMF	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
RITIRO	1.2	1	0	1	1	1	1	1	1	1
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 (S2)

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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	29 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

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

6.4.2.2 PIEDRITTI
INCASTRO SUPERIORE DESTRO (S3)

	γ (A1)	γ (A2)	γ (Asis)	γ (M1)	γ (M2)	k_A/k_0 (sis)	SLV/SLD	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
DEAD	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
BALLAST	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1.5	1.3	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTSX	1.35	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
ACC	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
ACC2	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
SPACCSX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
SPACCDX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
AVV	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	30 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

TERMF	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
RITIRO	1.2	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SPSSX	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAV	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
SISMAH	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0

INCASTRO INFERIORE SINISTRO (S4)

	$\gamma (A1)$	$\gamma (A2)$	$\gamma (Asis)$	$\gamma (M1)$	$\gamma (M2)$	$k_A/k_0 (sis)$	SLV/SLD	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
DEAD	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
BALLAST	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1.5	1.3	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTSX	1.35	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
ACC	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
ACC2	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
SPACCSX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
SPACCDX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
AVV	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
TERMF	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
RITIRO	1.2	1	0	1	1	1	1	1	1	1
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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	31 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

MEZZERIA PIEDRITTO SINISTRO (S5)

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

6.4.2.3 SOLETTA INFERIORE

INCASTRO SINISTRO (S6)

	$\gamma (A1)$	$\gamma (A2)$	$\gamma (Asis)$	$\gamma (M1)$	$\gamma (M2)$	$k_A/k_0 (sis)$	SLV/SLD	ψ_0	ψ_1	ψ_2
--	---------------	---------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	---------	----------	----------	----------

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	32 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

DEAD	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
BALLAST	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1.5	1.3	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1.5	1.3	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTSX	1.35	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
ACC	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
ACC2	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
SPACCSX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
SPACCDX	1.45	1.25	0.2	1	1.22	1	1	1	0.8	0
AVV	1.45	1.25	0.2	1	1	1	1	1	0.8	0
TERMF	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
TERMU	1.5	1.3	0	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
RITIRO	1.2	1	0	1	1	1	1	1	1	1
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
BALLAST	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1.22	1	1	1	1	1

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	33 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

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

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

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

Gli stati limite ultimi delle opere 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)

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	34 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

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 $\psi_{2i} = 0.2$.

6.5 VERIFICHE STR

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

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

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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	35 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

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

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

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

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

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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	36 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite
6.5.1 SOLETTA SUPERIORE
6.5.1.1 NODO CON PIEDRITTO

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	3.171	-24.993	-4.3127
PERM	-0.448	-8	-2.1386
BALLAST	-1.41	-25.2	-6.7366
SPBSX	-5.69	-3.62	-8.531
SPBDX	-5.757	3.62	5.8314
SPTSX	-13.269	-7.468	-19.1707
SPTDX	-13.506	7.468	10.2906
ACC	-6.924	-123.76	-33.084
SPACCSX	-28.225	-17.96	-42.3222
SPACCDX	-28.561	17.96	28.9372
AVV	-19.296	-29.226	-35.1011
TERMF	4.017	0	11.9239
TERMU	-7.383	0	-12.759
RITIRO	5.537	-2.9E-14	9.5692
SPSSX	-19.247	-12.247	-28.8594
SISMAV	-1.103	-8.98	-2.7121
SISMAH	-12.758	-15.678	-31.2129

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S1				
SOLETTA SUPERIORE APPOGGIO DESTRO		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	133.4	-335.8	-224.1
SLU	A2+M2	132.9	-288.2	-202.3
SLU	SLV	89.9	-123.8	-112.2
SLE	RARA	98.2	-229.1	-150.1
SLE	FESS. RARA	87.3	-194.9	-128.0
SLE	Q.PERM.	42.6	-58.2	-37.1

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	37 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

 6.5.1.2 MEZZERIA

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	3.171	-18.744	6.6216
PERM	-0.448	-6	1.3614
BALLAST	-1.41	-18.9	4.2884
SPBSX	-5.69	-3.62	-6.7211
SPBDX	-5.757	3.62	4.0215
SPTSX	-13.269	-7.468	-15.4369
SPTDX	-13.506	7.468	6.5568
ACC	-6.924	-92.82	21.061
SPACCSX	-28.225	-17.96	-33.3421
SPACCDX	-28.561	17.96	19.9571
AVV	-14.456	-29.226	-26.2981
TERMF	4.017	0	11.9239
TERMU	-7.383	0	-12.759
RITIRO	5.537	-2.9E-14	9.5692
SPSSX	-19.247	-12.247	-22.7361
SISMAV	-1.103	-6.735	1.2167
SISMAH	-9.548	-15.678	-23.3741

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S2				
SOLETTA SUPERIORE MEZZERIA		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	29.9	-197.2	70.1
SLU	A2+M2	40.2	-167.1	55.0
SLU	SLV	63.2	-88.3	-26.7
SLE	RARA	31.5	-136.5	46.1
SLE	Q.PERM.	25.7	-43.6	22.6
SLE	FESS. RARA	30.1	-117.9	41.9

VERIFICHE
DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.
 NOME FILE SEZIONE: SOLETTA SUP_S1_S2

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

 Stati Limite Ultimi
 N.T.C.
 Sezione predefinita di Trave

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	38 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
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:	50.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.6	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.6	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	13342	-22414	-33584	0
2	13288	-20232	-28817	0
3	8991	-11222	-12380	0
4	2986	7007	0	0
5	4021	5495	0	0
6	6324	-2666	0	0

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	39 di 62

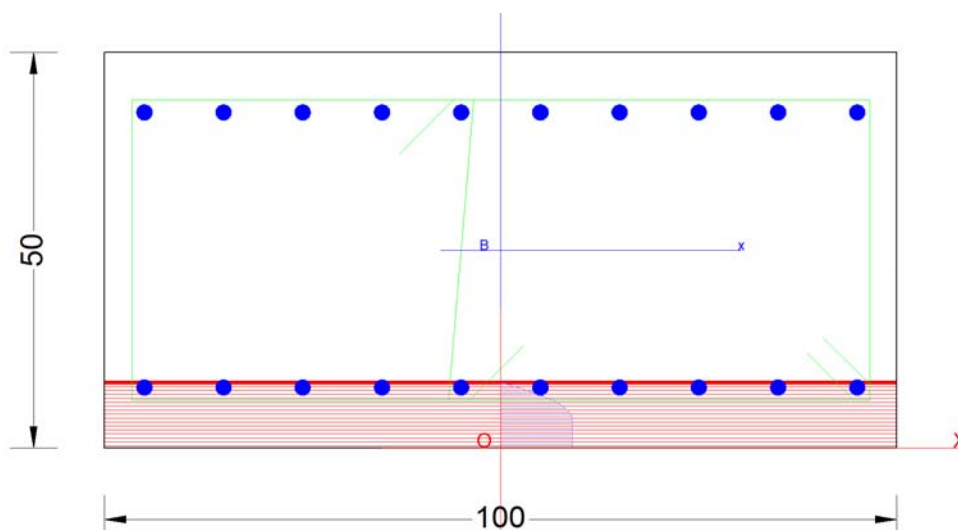
FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

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	
N°Comb.	N	Mx
1	9819	-15009
2	8731	-12798
3	3146	4613
4	3007	4192

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	4261	-3711 (-17880)
2	2567	2260 (17858)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	8.0	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	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.

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	40 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

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 [cm ²] 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	13342	-22414	13335	-50140	2.237	8.2	0.19	0.70	31.4 (7.4)
2	S	13288	-20232	13264	-50127	2.478	8.2	0.19	0.70	31.4 (7.4)
3	S	8991	-11222	9018	-49375	4.400	8.1	0.19	0.70	31.4 (7.4)
4	S	2986	7007	2965	48301	6.893	42.1	0.19	0.70	31.4 (7.4)
5	S	4021	5495	3993	48483	8.822	42.0	0.19	0.70	31.4 (7.4)
6	S	6324	-2666	6331	-48898	18.345	8.0	0.19	0.70	31.4 (7.4)

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	0.0	0.00026	7.6	-0.01460	42.4
2	0.00350	0.0	0.00025	7.6	-0.01461	42.4
3	0.00350	0.0	0.00021	7.6	-0.01485	42.4
4	0.00350	50.0	0.00015	42.4	-0.01520	7.6
5	0.00350	50.0	0.00016	42.4	-0.01514	7.6
6	0.00350	0.0	0.00018	7.6	-0.01501	42.4

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

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 22.6 cm]
N.Bracci staffe:	3		
Area staffe/m :	17.0	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	-33584	26353	121040	63329	100.0 42.4	2.500	1.015	9.0
2	S	-28817	26346	121032	63329	100.0 42.4	2.500	1.015	7.7
3	S	-12380	25800	120467	63329	100.0 42.4	2.500	1.010	3.3
4	S	0	25036	173531	25332	100.0 42.4	1.000	1.003	0.0
5	S	0	25167	173728	25332	100.0 42.4	1.000	1.004	0.0
6	S	0	25460	174168	25332	100.0 42.4	1.000	1.007	0.0

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	41 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite
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	44.6	0.0	0.0	15.7	-1141	7.6	11.4	1145	31.4	9.4
2	S	38.1	0.0	0.0	15.8	-967	7.6	11.4	1143	31.4	9.4
3	S	13.7	50.0	0.0	34.2	-349	42.4	11.4	1143	31.4	9.4
4	S	12.5	50.0	0.0	34.1	-315	42.4	11.4	1140	31.4	9.4

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

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $-(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)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	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00073	0.00033	0.50	0.60	0.000342 (0.000342)	348	0.119 (0.20)	-17042
2	S	-0.00062	0.00028	0.50	0.60	0.000290 (0.000290)	348	0.101 (0.20)	-17087
3	S	-0.00022	0.00010	0.50	0.60	0.000105 (0.000105)	348	0.036 (0.20)	17087
4	S	-0.00020	0.00009	0.50	0.60	0.000094 (0.000094)	348	0.033 (0.20)	17145

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	11.2	0.0	0.0	16.9	-255	7.6	11.1	1106	31.4	9.4
2	S	6.8	50.0	0.0	33.2	-155	42.4	11.1	1107	31.4	9.4

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00017	0.00008	0.50	0.40	0.000076 (0.000076)	344	0.026 (0.20)	-17880
2	S	-0.00010	0.00005	0.50	0.40	0.000047 (0.000047)	344	0.016 (0.20)	17858

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	42 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite
6.5.2 PIEDRITTO
6.5.2.1 NODO CON SOLETTA SUPERIORE

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-31.241	-3.171	-11.744
PERM	-9	0.448	-4.1517
BALLAST	-28.35	1.41	-13.0779
SPBSX	-3.62	5.69	-8.0136
SPBDX	3.62	2.892	7.6389
SPTSX	-7.468	13.269	-17.7203
SPTDX	7.468	11.061	15.1209
ACC	-139.23	6.924	-64.2269
SPACCSX	-17.96	28.225	-39.7558
SPACCDX	17.96	14.326	37.8981
AVV	-29.226	21.716	-34.0738
TERMF	1.42E-14	-4.017	10.9197
TERMU	0	7.383	-10.9133
RITIRO	0	-5.537	8.185
SPSSX	-12.247	19.247	-27.1093
SISMAV	-9.78	1.103	-4.8216
SISMAH	-15.678	15.323	-31.4216

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S3				
PIEDRITTO APPOGGIO SUPERIORE DESTRO		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	372.9	131.6	-274.7
SLU	A2+M2	319.1	129.4	-241.4
SLU	SLV	137.5	86.5	-122.0
SLE	RARA	225.8	73.6	-149.0
SLE	FESS. RARA	194.3	66.6	-128.2
SLE	Q.PERM.	68.6	37.3	-42.9

6.5.2.2 NODO CON SOLETTA INFERIORE

OutputCase	P	V2	M3
------------	---	----	----

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	43 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

Text	kN	kN	kNm
DEAD	-68.73	-3.171	21.2565
PERM	-9	0.448	2.8091
BALLAST	-28.35	1.41	8.8486
SPBSX	3.62	-14.395	9.6169
SPBDX	-3.62	5.757	-9.1585
SPTSX	7.468	-49.296	22.7712
SPTDX	-7.468	13.506	-22.4483
ACC	-139.23	6.924	43.4564
SPACCSX	17.96	-71.39	47.7043
SPACCDX	-17.96	28.561	-45.4314
AVV	29.226	-21.844	31.269
TERMF	0	-4.017	1.1305
TERMU	1.71E-13	7.383	-11.2348
RITIRO	5.68E-14	-5.537	8.4261
SPSSX	12.247	-48.686	32.5305
SISMAV	-5.91	1.103	1.5117
SISMAH	15.678	-27.007	32.077

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S4				
PIEDRITTO APPOGGIO INFERIORE SINISTRO		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	277.9	-212.4	258.5
SLU	A2+M2	226.0	-202.6	225.3
SLU	SLV	97.5	-151.4	125.5
SLE	RARA	198.1	-144.4	172.0
SLE	FESS. RARA	179.7	-127.2	147.5
SLE	Q.PERM.	106.1	-57.0	48.3

6.5.2.3 MEZZERIA

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-49.985	-3.171	16.5003
PERM	-9	0.448	3.4804
BALLAST	-28.35	1.41	10.9632
SPBSX	3.62	-5.785	-5.5185
SPBDX	-3.62	5.757	-0.5224

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	44 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

SPTSX	7.468	-9.503	-18.8948
SPTDX	-7.468	13.506	-2.1891
ACC	-139.23	6.924	53.8417
SPACCSX	17.96	-28.7	-27.3628
SPACCDX	-17.96	28.561	-2.5894
AVV	29.226	-21.844	-1.4974
TERMF	0	-4.017	-4.8946
TERMU	1.71E-13	7.383	-0.1607
RITIRO	5.68E-14	-5.537	0.1205
SPSSX	12.247	-19.571	-18.6616
SISMAV	-7.845	1.103	3.1666
SISMAH	15.678	-21.247	-4.114

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S5				
PIEDRITTO MEZZERIA		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	367.8	34.5	101.8
SLU	A2+M2	309.1	31.9	75.3
SLU	SLV	95.5	-31.2	-13.0
SLE	RARA	255.8	23.9	62.3
SLE	FESS. RARA	222.1	18.1	51.2
SLE	Q.PERM.	87.3	4.3	1.3

VERIFICHE
DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: PIEDRITTI_S3_S4_S5

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Trave
Forma della sezione:	Rettangolare
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:	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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	45 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

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:	50.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.6	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.6	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	37293	-27471	13162	0
2	31915	-24139	12941	0
3	13753	-12197	8647	0
4	27785	25851	-21243	0
5	22601	22529	-20257	0
6	9754	12554	-15145	0
7	36777	10175	3452	0
8	30911	7535	3190	0
9	9546	-1298	-3119	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

N°Comb.	N	Mx
1	22578	-14903
2	19434	-12823

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	46 di 62

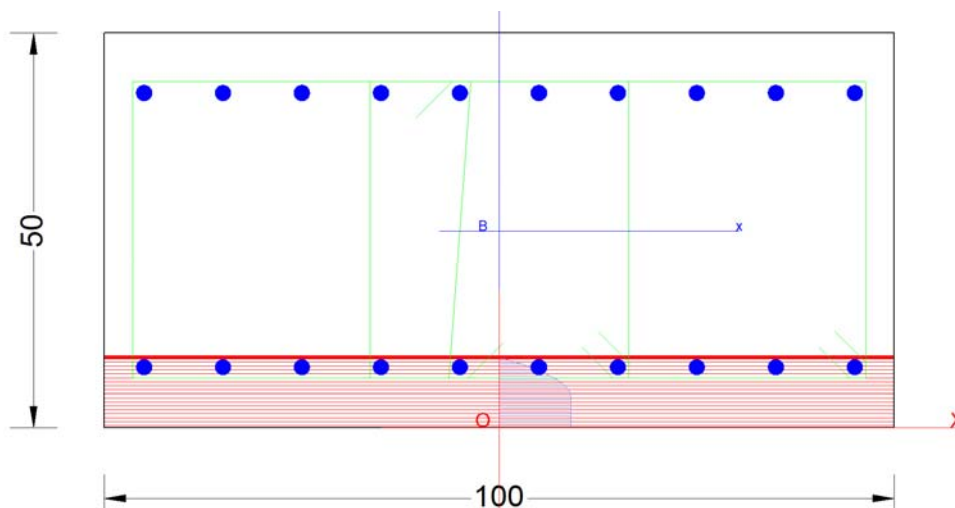
FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

3	19812	17197
4	17972	14748
5	25579	6231
6	22210	5124

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	6859	-4286 (-18722)
2	10608	4830 (19962)
3	8734	129 (0)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.2	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	37293	-27471	37282	-54354	1.979	8.8	0.21	0.70	31.4 (7.4)
2	S	31915	-24139	31902	-53412	2.213	8.7	0.20	0.70	31.4 (7.4)

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	47 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

3	S	13753	-12197	13764	-50216	4.117	8.2	0.19	0.70	31.4 (7.4)
4	S	27785	25851	27757	52683	2.038	41.4	0.20	0.70	31.4 (7.4)
5	S	22601	22529	22601	51775	2.298	41.6	0.20	0.70	31.4 (7.4)
6	S	9754	12554	9741	49503	3.943	41.9	0.19	0.70	31.4 (7.4)
7	S	36777	10175	36752	54262	5.333	41.2	0.21	0.70	31.4 (7.4)
8	S	30911	7535	30927	53240	7.066	41.3	0.20	0.70	31.4 (7.4)
9	S	9546	-1298	9524	-49464	38.099	8.1	0.19	0.70	31.4 (7.4)

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	0.0	0.00049	7.6	-0.01331	42.4
2	0.00350	0.0	0.00044	7.6	-0.01359	42.4
3	0.00350	0.0	0.00026	7.6	-0.01458	42.4
4	0.00350	50.0	0.00040	42.4	-0.01382	7.6
5	0.00350	50.0	0.00035	42.4	-0.01410	7.6
6	0.00350	50.0	0.00022	42.4	-0.01481	7.6
7	0.00350	50.0	0.00048	42.4	-0.01333	7.6
8	0.00350	50.0	0.00043	42.4	-0.01364	7.6
9	0.00350	0.0	0.00022	7.6	-0.01482	42.4

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

Diametro staffe:	8	mm	
Passo staffe:	16.7	cm	[Passo massimo di normativa = 16.8 cm]
N.Bracci staffe:	5		
Area staffe/m :	15.0	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

verifica a taglio

h	500 mm	Rck	40
d	442 mm	fck	33.2
bw	1000 mm	γc	1.5
1+(200/d)	1.673		
k	1.673	As	10 Φ 20.0
Asl	3142 mm ²		
Asl/(bw·c)	0.0071		
ρ1	0.007	Vrd	254.5 kN
vmin	0.436	Ved	131.62 KN
vmin·bw·c	192831 N		
Vrd	254470 N	VERIFICATO	

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)]

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	48 di 62

FOSSO BULAGAI - Relazione di calcolo monolite

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	45.2	0.0	0.0	17.8	-942	7.6	10.8	1076	31.4	9.4
2	S	38.9	0.0	0.0	17.8	-810	7.6	10.8	1076	31.4	9.4
3	S	51.7	50.0	0.0	33.2	-1178	42.4	11.1	1106	31.4	9.4
4	S	44.4	50.0	0.0	33.0	-996	42.4	11.0	1100	31.4	9.4
5	S	19.3	50.0	0.0	24.1	-186	42.4	8.1	805	31.4	9.4
6	S	15.9	50.0	0.0	23.3	-140	42.4	7.8	777	31.4	9.4

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

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $-(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)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	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00062	0.00034	0.50	0.60	0.000283 (0.000283)	341	0.096 (0.20)	-18558
2	S	-0.00053	0.00029	0.50	0.60	0.000243 (0.000243)	341	0.083 (0.20)	-18559
3	S	-0.00076	0.00039	0.50	0.60	0.000354 (0.000354)	344	0.122 (0.20)	17887
4	S	-0.00065	0.00033	0.50	0.60	0.000299 (0.000299)	343	0.103 (0.20)	18006
5	S	-0.00014	0.00015	0.50	0.60	0.000056 (0.000056)	312	0.017 (0.20)	25336
6	S	-0.00010	0.00012	0.50	0.60	0.000042 (0.000042)	308	0.013 (0.20)	26183

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	13.1	0.0	0.0	19.7	-265	7.6	10.7	1066	31.4	9.4
2	S	14.8	50.0	0.0	30.4	-259	42.4	10.1	1014	31.4	9.4
3	S	1.7	50.0	1.2	0.0	20	42.4	0.0	0	0.0	0.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00017	0.00010	0.50	0.40	0.000079 (0.000079)	340	0.027 (0.20)	-18722
2	S	-0.00017	0.00011	0.50	0.40	0.000078 (0.000078)	334	0.026 (0.20)	19962
3	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	49 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite
6.5.3 SOLETTA INFERIORE
6.5.3.1 NODO CON PIEDRITTO

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-3.171	48.983	1.2721
PERM	0.448	6.375	-0.1715
BALLAST	1.41	20.081	-0.5402
SPBSX	5.69	1.469	12.734
SPBDX	-17.193	-1.365	-9.9834
SPTSX	13.269	4.676	34.0453
SPTDX	-66.664	-4.293	-23.893
ACC	6.924	98.619	-2.6531
SPACCSX	28.225	7.286	63.1624
SPACCDX	-85.289	-6.771	-49.5246
AVV	21.716	-3.695	38.3928
TERMF	-4.017	0.079	2.099
TERMU	7.383	-0.485	-12.8621
RITIRO	-5.537	0.364	9.6466
SPSSX	19.247	4.969	43.0724
SISMAV	1.103	3.941	-0.5378
SISMAH	27.803	2.871	37.6569

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S6				
SOLETTA INFERIORE APPOGGIO SINISTRO		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	1.9	257.1	195.3
SLU	A2+M2	19.8	214.6	179.7
SLU	SLV	20.7	105.8	119.5
SLE	RARA	21.7	178.8	131.0
SLE	FESS. RARA	33.1	158.4	111.2
SLE	Q.PERM.	77.4	76.6	30.6

6.5.3.2 MEZZERIA

OutputCase	P	V2	M3
Text	kN	kN	kNm
DEAD	-3.171	6.355	-27.5325

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	50 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

PERM	0.448	0.556	-4.4958
BALLAST	1.41	1.751	-14.1617
SPBSX	5.69	7.573	1.3588
SPBDX	-17.193	-7.548	1.247
SPTSX	13.269	19.054	5.0041
SPTDX	-66.664	-18.964	4.6135
ACC	6.924	8.6	-69.5496
SPACCSX	28.225	37.563	6.7372
SPACCDX	-85.289	-37.442	6.1825
AVV	21.716	27.901	0.1061
TERMF	-4.017	0.019	1.9885
TERMU	7.383	-0.115	-12.1848
RITIRO	-5.537	0.086	9.1386
SPSSX	19.247	25.615	4.5948
SISMAV	1.103	0.341	-3.1998
SISMAH	27.803	25.593	0.1359

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI S7				
SOLETTA INFERIORE MEZZERIA		P	V2	M3
		kN	kN	kNm
SLU	A1+M1	77.6	-16.0	-166.7
SLU	A2+M2	89.7	-14.7	-135.0
SLU	SLV	130.4	-46.2	-50.9
SLE	RARA	30.7	45.2	-111.9
SLE	FESS. RARA	36.5	37.9	-98.0
SLE	Q.PERM.	60.5	8.7	-41.1

VERIFICHE
DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SOLETTA INF_S6_S7

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di Trave
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Poco aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicit�:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe:

C28/35

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	51 di 62

FOSSO BULAGAI - Relazione di calcolo monolite

Resistenza compress. di progetto fcd:	158.60	daN/cm ²
Resistenza compress. ridotta fcd':	79.30	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:	323080	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	27.60	daN/cm ²
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	154.00	daN/cm ²
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	112.00	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:	50.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.6	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.6	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	195	19529	25714	0
2	1982	17967	21461	0
3	2066	11950	10582	0
4	7758	-16669	0	0
5	8971	-13497	0	0
6	13035	-5087	0	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

N°Comb.	N	Mx
1	2172	13099

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	52 di 62

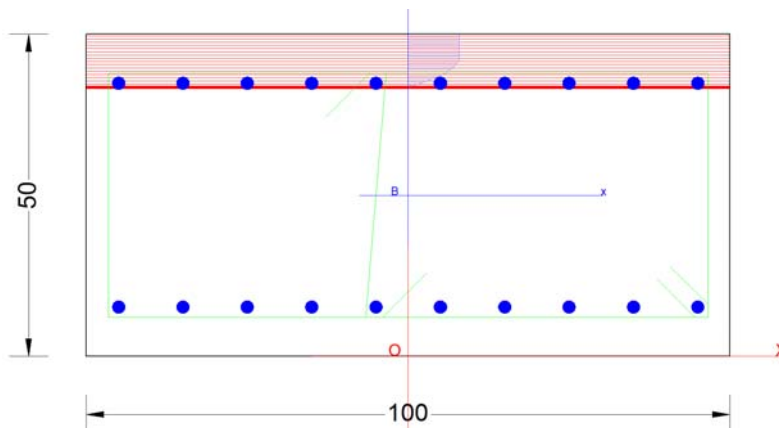
FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

2	3310	11121
3	3073	-11191
4	3646	-9803

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	7745	3059 (18932)
2	6051	-4105 (-16872)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	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 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	195	19529	194	47228	2.418	41.7	0.19	0.70	31.4 (6.8)
2	S	1982	17967	1978	47542	2.646	41.7	0.20	0.70	31.4 (6.8)
3	S	2066	11950	2052	47555	3.979	41.7	0.20	0.70	31.4 (6.8)
4	S	7758	-16669	7756	-48559	2.913	8.5	0.20	0.70	31.4 (6.8)
5	S	8971	-13497	8959	-48771	3.614	8.5	0.20	0.70	31.4 (6.8)
6	S	13035	-5087	13012	-49484	9.728	8.6	0.20	0.70	31.4 (6.8)

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	53 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

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	50.0	0.00028	42.4	-0.01449	7.6
2	0.00350	50.0	0.00029	42.4	-0.01439	7.6
3	0.00350	50.0	0.00029	42.4	-0.01438	7.6
4	0.00350	0.0	0.00035	7.6	-0.01406	42.4
5	0.00350	0.0	0.00036	7.6	-0.01399	42.4
6	0.00350	0.0	0.00041	7.6	-0.01376	42.4

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

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 22.6 cm]
N.Bracci staffe:	3		
Area staffe/m :	17.0	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	25714	23583	104375	63329	100.0 42.4	2.500	1.000	6.9
2	S	21461	23835	104610	63329	100.0 42.4	2.500	1.002	5.7
3	S	10582	23845	104621	63329	100.0 42.4	2.500	1.003	2.8
4	S	0	24569	152786	25332	100.0 42.4	1.000	1.010	0.0
5	S	0	24724	153017	25332	100.0 42.4	1.000	1.011	0.0
6	S	0	25241	153792	25332	100.0 42.4	1.000	1.016	0.0

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.)

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	54 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ 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	38.2	50.0	0.0	35.4	-1094	42.4	11.8	1180	31.4	9.4
2	S	32.6	50.0	0.0	35.1	-906	42.4	11.7	1171	31.4	9.4
3	S	32.9	0.0	0.0	14.9	-916	7.6	11.7	1173	31.4	9.4
4	S	28.9	0.0	0.0	15.1	-787	7.6	11.7	1166	31.4	9.4

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

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)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	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00070	0.00029	0.50	0.60	0.000328 (0.000328)	352	0.116 (0.20)	14870
2	S	-0.00058	0.00024	0.50	0.60	0.000272 (0.000272)	351	0.095 (0.20)	15050
3	S	-0.00058	0.00025	0.50	0.60	0.000275 (0.000275)	351	0.096 (0.20)	-15019
4	S	-0.00050	0.00022	0.50	0.60	0.000236 (0.000236)	351	0.083 (0.20)	-15154

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	9.4	50.0	0.0	29.4	-150	42.4	9.8	982	31.4	9.4
2	S	12.5	0.0	0.0	19.3	-261	7.6	10.8	1077	31.4	9.4

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00010	0.00007	0.50	0.40	0.000045 (0.000045)	331	0.015 (0.20)	18932
2	S	-0.00017	0.00009	0.50	0.40	0.000078 (0.000078)	341	0.027 (0.20)	-16872

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	55 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite
6.6 VERIFICHE GEO

Le verifiche sono state eseguite considerando i risultati dell'analisi strutturale condotta con il programma di calcolo SAP2000 ver. 20.0.0. 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. La stratigrafia del sito in cui ricade l'opera è riportata 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.

Nel caso in esame si interferisce con il solo strato T1, per il quale si riassumono i parametri nella tabella che segue:

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	5	6	7	8	9	10	11	12	13	2
OutputCase	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
Text	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
DEAD	28.494	28.494	19.918	19.582	12.871	12.751	12.71	12.751	12.871	19.582	19.918
PERM	2.625	2.625	1.809	1.753	1.138	1.119	1.112	1.119	1.138	1.753	1.809
BALLAST	8.269	8.269	5.698	5.522	3.586	3.524	3.502	3.524	3.586	5.522	5.698
SPBSX	-5.089	4.981	-2.793	-2.025	-0.871	-0.415	0.026	0.462	0.906	2.047	2.771
SPBDX	4.985	-5.085	2.772	2.046	0.904	0.461	0.023	-0.417	-0.872	-2.026	-2.792
SPTSX	-12.144	11.745	-6.626	-4.772	-2.032	-0.949	0.094	1.122	2.161	4.852	6.547
SPTDX	11.761	-12.128	6.55	4.849	2.156	1.116	0.087	-0.955	-2.037	-4.775	-6.623
ACC	40.611	40.611	27.983	27.119	17.61	17.306	17.201	17.306	17.61	27.119	27.983
SPACCSX	-25.246	24.709	-13.853	-10.045	-4.319	-2.06	0.127	2.294	4.492	10.153	13.748
SPACCDX	24.731	-25.224	13.752	10.149	4.485	2.285	0.116	-2.07	-4.326	-10.049	-13.849
AVV	-25.531	25.523	-14.23	-10.488	-4.599	-2.279	0.001999	2.283	4.602	10.49	14.229
TERMF	-0.079	-0.079	-0.016	0.016	0.026	0.035	0.037	0.035	0.026	0.016	-0.016

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	56 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

TERMU	0.485	0.485	0.096	-0.098	-0.157	-0.211	-0.23	-0.211	-0.157	-0.098	0.096
RITIRO	-0.364	-0.364	-0.072	0.073	0.118	0.159	0.172	0.159	0.118	0.073	-0.072
SPSSX	-17.215	16.849	-9.447	-6.85	-2.945	-1.405	0.087	1.565	3.063	6.923	9.375
SISMAV	1.646	1.646	1.126	1.085	0.701	0.687	0.683	0.687	0.701	1.085	1.126
SISMAH	-18.548	18.538	-10.273	-7.532	-3.29	-1.626	0.00256	1.631	3.293	7.534	10.271

α	γ (A1)	γ (M1)	ψ_0	A1+M1											
				F3 kN	F3 kN	F3 kN	F3 kN	F3 kN	F3 kN	F3 kN	F3 kN	F3 kN	F3 kN	F3 kN	
1	1.35	1	1	38.47	38.47	26.89	26.44	17.38	17.21	17.16	17.21	17.38	26.44	26.89	
1	1.5	1	1	3.94	3.94	2.71	2.63	1.71	1.68	1.67	1.68	1.71	2.63	2.71	
1	1.5	1	1	12.40	12.40	8.55	8.28	5.38	5.29	5.25	5.29	5.38	8.28	8.55	
1	1	1	1	-5.09	4.98	-2.79	-2.03	-0.87	-0.42	0.03	0.46	0.91	2.05	2.77	
1	1	1	1	4.99	-5.09	2.77	2.05	0.90	0.46	0.02	-0.42	-0.87	-2.03	-2.79	
1	1	1	1	-12.14	11.75	-6.63	-4.77	-2.03	-0.95	0.09	1.12	2.16	4.85	6.55	
1	1	1	1	11.76	-12.13	6.55	4.85	2.16	1.12	0.09	-0.96	-2.04	-4.78	-6.62	
1	1.45	1	1	58.89	58.89	40.58	39.32	25.53	25.09	24.94	25.09	25.53	39.32	40.58	
0	1.45	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	1.45	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-1	1.45	1	1	37.02	-37.01	20.63	15.21	6.67	3.30	0.00	-3.31	-6.67	-15.21	-20.63	
-1	1.5	1	0.6	0.07	0.07	0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.01	0.01	
1	1.5	1	0.6	0.44	0.44	0.09	-0.09	-0.14	-0.19	-0.21	-0.19	-0.14	-0.09	0.09	
0	1.2	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0	1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0	1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0	1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				150.73	76.71	99.36	91.87	56.66	52.57	49.01	45.95	43.32	61.46	58.10	785.73

Tabella 3 – Reazioni ai nodi della fondazione per la combinazione A1 + M1.

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	57 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

α	γ (Asis)	γ (M2)	SLV/SLD	SISMA SLV											
				F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	
				kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1	1	1	1	28.49	28.49	19.92	19.58	12.87	12.75	12.71	12.75	12.87	19.58	19.92	
1	1	1	1	2.63	2.63	1.81	1.75	1.14	1.12	1.11	1.12	1.14	1.75	1.81	
1	1	1	1	8.27	8.27	5.70	5.52	3.59	3.52	3.50	3.52	3.59	5.52	5.70	
1	1	1.22	1	-6.22	6.09	-3.42	-2.48	-1.07	-0.51	0.03	0.56	1.11	2.50	3.39	
1	1	1.22	1	6.10	-6.22	3.39	2.50	1.11	0.56	0.03	-0.51	-1.07	-2.48	-3.41	
1	1	1.22	1	-14.85	14.36	-8.10	-5.84	-2.48	-1.16	0.11	1.37	2.64	5.93	8.01	
1	1	1.22	1	14.38	-14.83	8.01	5.93	2.64	1.36	0.11	-1.17	-2.49	-5.84	-8.10	
1	0.2	1	1	8.12	8.12	5.60	5.42	3.52	3.46	3.44	3.46	3.52	5.42	5.60	
0	0.2	1.22	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0.2	1.22	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-1	0.2	1	1	5.11	-5.10	2.85	2.10	0.92	0.46	0.00	-0.46	-0.92	-2.10	-2.85	
1	0	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-1	0	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	0	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-1	1	1	1	17.22	-16.85	9.45	6.85	2.95	1.41	-0.09	-1.57	-3.06	-6.92	-9.38	
0.3	1	1	1	0.49	0.49	0.34	0.33	0.21	0.21	0.20	0.21	0.21	0.33	0.34	
-1	1	1	1	18.55	-18.54	10.27	7.53	3.29	1.63	0.00	-1.63	-3.29	-7.53	-10.27	
				88.28	6.92	55.81	49.21	28.67	24.81	21.16	17.67	14.24	16.17	10.75	333.68

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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	58 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

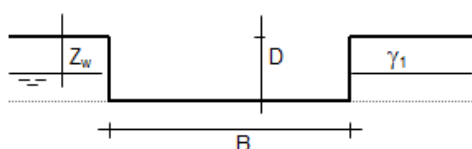
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

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

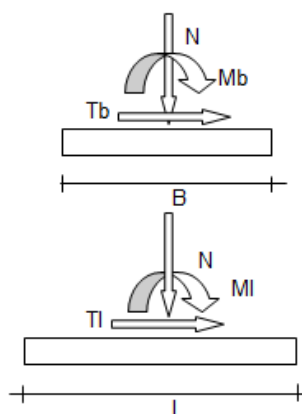
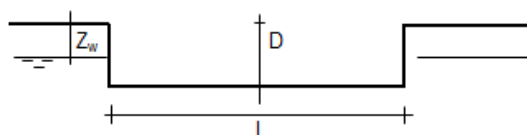
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

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

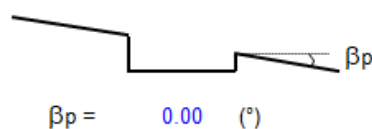
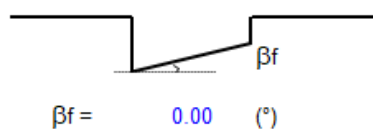


γ, c', φ'



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 5.00 (m)
L = 100.00 (m)
D = 4.50 (m)



OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	59 di 62

FOSSO BULAGAI0 - Relazione di calcolo monolite

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	785.73		785.73
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

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

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

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

$$B^* = 5.00 \quad (\text{m})$$

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

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 85.50 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

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

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 26.09$$

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

$$N_c = 38.64$$

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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	60 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

$$N\gamma = 35.19$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

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

$$s_c = 1.00$$

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

$$s_q = 1.00$$

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

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

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

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

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

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

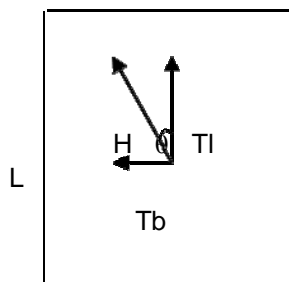
$$i_q = 1.00$$

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

$$i_c = 1.00$$

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

$$i_\gamma = 1.00$$



B

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

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

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

$$d_q = 1.36$$

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

OPERE MINORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	61 di 62

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

$$d_c = 1.38$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

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

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

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

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 3377.51 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 157.15 \quad (\text{kN/m}^2)$$

OPERE MINORI

FOSSO BULAGAIO - Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IN0200 003	A	62 di 62

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 1468.48 \geq q = 157.15 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

7 INCIDENZE

Soletta superiore 140 kg/mc

Soletta inferiore 140 kg/mc

Piedritti 140 kg/mc