

S.S. 398 "Via Val di Cornia"
Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12
e il Porto di Piombino
LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI2**

PROGETTAZIONE: **ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
MANDATARIA: MANDANTI:

 Sintagma

 GEOTECHNICAL DESIGN GROUP

 ICARIA società di ingegneria

Dott.Ing. N.Granieri
Dott.Arch. N.Kamenicky
Dott.Ing. V.Truffini
Dott.Arch. A.Bracchini
Dott.Ing. F.Durastanti
Dott.Geol. G.Cerquiglini
Geom. S.Scopetta
Dott.Ing. L.Sbrenna
Dott.Ing. E.Sellari
Dott.Ing. E.Bartolucci
Dott.Ing. L.Dinelli
Dott.Ing. L.Nani
Dott.Ing. F.Pambianco
Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. G.Cordua
Dott. Ing. V.De Gori
Dott. Ing. C.Consorti
Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. F.Macchioni
Geom. C.Vischini
Dott. Ing. V.Piunno
Dott. Ing. G.Pulli
Geom. C.Sugaroni

IL PROGETTISTA:
Dott. Ing. Vladimiro Rotisciani
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A376

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.
Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

MARZO 2019



OPERE D'ARTE MINORI
PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
Relazione Tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00-TM04-STR-RE01

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPFI12 E 1801

CODICE ELAB. T00TM04STRRE01

A

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Emissione	29/03/2019	F.Macchioni	V.Rotisciani	N.Granieri

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO.....	5
3.1 STRATIGRAFIE DI CALCOLO.....	5
4. GEOMETRIA DELL'OPERA.....	7
5. MATERIALI.....	8
5.1 CALCESTRUZZO.....	8
5.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO.....	9
6. ANALISI DEI CARICHI.....	10
6.1 SPINTA DEL TERRENO SULLE PARETI.....	10
6.2 CRITERI DI CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE.....	14
7. CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	16
7.1 CONDIZIONI DI CARICO.....	16
7.2 COMBINAZIONI DI CARICO.....	17
8. RISULTATI DELL'ANALISI.....	20
8.1 MODELLAZIONE: INPUT.....	20
8.2 MODELLAZIONE: OUTPUT.....	31
8.2.1 Convenzioni relative alle caratteristiche di sollecitazione.....	31
8.3 VERIFICHE STRUTTURALI.....	38
8.3.1 Verifiche pareti.....	38
8.3.2 Verifiche platee C.A.....	42

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

9. CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO.....	44
9.1 VALUTAZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO	44
9.2 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL COMPLESSO TERRENO-FONDAZIONE.....	44

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono presentati i calcoli di verifica delle opere strutturali dei manufatti di scarico relativi ai prolungamenti dei un tombini circolari esistenti, da realizzarsi nell'ambito dell'intervento denominato "SS. 398 Via Val di Cornia - Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12 e il Porto di Piombino - LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno".

I manufatti in oggetto sono 5 ma presentano tutti le stesse caratteristiche e la stessa geometria, pertanto si riportano i calcoli di verifica di un solo manufatto tipologico.

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L. 05.11.1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica

D.M. del 09.01.1996. Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. del 16.01.1996. Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

D.M. del 16.01.1996. Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Circolare Ministeriale del 04.07.1996 n. 156AA.GG./STC. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al Decreto Ministeriale 16.01.1996.

L. 02.02.1974, n. 64. Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche.

D.M. LL. PP. 11.03.1988. Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 24.07.1988, n. 30483/STC.

Legge 2 Febbraio 1974 n. 64, art. 1 - D.M. 11 Marzo 1988. Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 15.10.1996 N°252. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M.09.01.1996

Circolare Ministeriale del 10.04.1997 N°65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M.16.01.1996

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3274 del 20.03.2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3431 del 10.05.2005. Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza N°3274.

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.09.2005 (TU 2005)

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.01.2008 (NTC 2008)

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018).

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO

La campagna di indagini effettuata ha permesso il riconoscimento dei litotipi, la successione stratigrafica e la caratterizzazione meccanica dei terreni lungo tutto lo sviluppo del tracciato di progetto. I risultati di dette indagini sono descritti nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

3.1 STRATIGRAFIE DI CALCOLO

Facendo riferimento a quanto riportato nella relazione geotecnica, nella tabella che segue sono riportati i valori dei parametri meccanici degli strati interessati dal calcolo delle strutture in esame:

Litotipi		Parametri geotecnici				
Cod.	Descrizione	γ (KN/m ³)	c' (KPa)	ϕ' (deg)	C _u (KPa)	E' (MPa)
UG0	Riporti, coperture antropiche, colmate	18.0	-	35	-	15
UG1	Argille e limi lacustri organici	17.0	-	24	25	5
UG2	Argille e limi poco consistenti	19.5	25	25	75	15
UG3	Sabbie limose mediamente addensate	20.0	0	32	-	20
UG4b	Limi sabbioso ghiaiosi molto consistenti	20.0	25	30	-	25
UG4a	Substrato roccioso	26.0	50	38	-	100

La stratigrafia assunta nei calcoli, riferita al manufatto con le condizioni litologiche peggiori, corrispondente al prolungamento del tombino al km 2+648, è specificata di seguito, assumendo come quota 0.00 la quota di fondo scavo:

Da 0.00 a -4.40	Litotipo UG0 – Riporti, coperture antropiche, colmate
Da -4.40 a -6.50	Litotipo UG2 – Argille e limi poco consistenti
Da -6.50 a -12.70	Litotipo UG3 – Sabbie limose mediamente addensate

La falda risulta ubicata a circa 3.00 m di profondità dal piano di campagna.

Dal punto di vista sismico il sottosuolo è individuato nella **categoria "C"**, come riportato nella Relazione geologica allegata al progetto esecutivo.

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Per quanto riguarda il materiale con cui si effettua il riempimento a tergo delle opere, si assumono le seguenti caratteristiche:

Cod.	Descrizione	γ (KN/m ³)	c' (KPa)	ϕ' (deg)
R	Riempimento	19	0	35

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche dei terreni si faccia riferimento agli elaborati di carattere geotecnico (relazione geotecnica, profili geotecnici).

4.GEOMETRIA DELL'OPERA

Il manufatto di sbocco da realizzare per il prolungamento del tombino idraulico circolare esistente che sotto passa la strada, è realizzato in c.a. gettato in opera, ed è costituito da tre pareti di spessore pari a 25 cm ed altezza massima pari a 1.50 m, con muri d'ala di chiusura della scarpata di altezza pari a 1.00 m. La platea di fondazione presenta lo stesso spessore delle pareti.

Per ulteriori dettagli si vedano gli elaborati grafici di progetto.

5. MATERIALI

5.1 CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo può essere preconfezionato in centrale di betonaggio o impastato in cantiere con inerti di caratteristiche meccaniche appropriate, granulometria e rapporto acqua-cemento controllati.

Gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti e di prematuro inizio della presa al momento del getto.

I componenti dovranno soddisfare i seguenti requisiti normativi:

Leganti	-	L. 26/05/1965 n. 595
	-	Norme serie EN 197 armonizzata
Aggregati	-	UNI EN 12620 armonizzata
	-	UNI EN 13055-1 armonizzata
	-	UNI 8520-1 : 2005
	-	UNI 8520-2: 2005
Aggiunte	-	EN 450-1
	-	UNI EN 206-1 :2006
	-	UNI 11104:2004
Additivi	-	EN 934-2 armonizzata
Acqua di impasto	-	UNI EN 1008: 2003

Le miscele di calcestruzzo da utilizzare nel confezionamento degli elementi saranno progettate in funzione della resistenza caratteristica richiesta, della carpenteria, delle armature e del tipo di getto.

CALCESTRUZZO TIPO 1 (Strutture di fondazione ed in elevazione)

Classe di resistenza	C25/30 ($R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$)
Classe di esposizione (UNI EN 206-1)	XC2
Classe di consistenza	S4
Rapporto acqua - cemento (a/c)	0.60
Contenuto minimo di cemento	280 kg/m ³
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.80 \text{ N/mm}^2$
Fattore parz. di sicurezza resistenza	$\gamma_c = 1.5$
Coeff. Riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 14.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.20 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità	$E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 31476$
N/mm ²	
Copriferro di calcolo	5 cm

Calcestruzzo magro per fondazione:

Si prevede un calcestruzzo di classe C 12/15.

5.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

Si prevede l'impiego di acciaio del tipo B450C saldabile controllato in stabilimento.

L'accertamento delle proprietà meccaniche dovrà essere conforme alle seguenti normative sull'acciaio: EN 10002/1° (marzo 1990)-UNI 564 (febbraio 1960)-UNI 6407 (marzo 1969).

Acciaio	B450C
Tensione di rottura nominale	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione di snervamento nominale	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Allungamento a rottura caratteristico	$(A_{gt})_k \geq 7.5 \%$
Coefficiente parziale di sicurezza:	$\phi_s = 1.15$
Tensione di snervamento di calcolo:	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391 \text{ N/mm}^2$

Le caratteristiche degli acciai impiegati saranno comprovate mediante prove su campioni da prelevare in cantiere in fase di esecuzione dell'opera con le modalità prescritte nel D.M. 14.01.08.

6. ANALISI DEI CARICHI

I valori dei carichi sono riepilogati di seguito.

6.1 SPINTA DEL TERRENO SULLE PARETI

Si riportano di seguito i grafici delle spinte del terreno sulle pareti del manufatto tenendo conto della presenza di materiale di riporto a tergo, per il quale si considerano le seguenti caratteristiche geomeccaniche:

$\gamma_k = 19,0$	kN/m^3	peso di volume caratteristico;
$\varphi'_k = 35$	$^\circ$	angolo di operativo attrito caratteristico.

Considerando che le strutture in esame non sono in grado di subire spostamenti sufficienti alla mobilitazione della spinta attiva le azioni agenti sulle stesse verranno calcolate per mezzo del coefficiente di spinta in quiete.

Nel calcolo delle spinte si è tenuto conto di un'inclinazione del terreno a monte dell'opera di circa 34° e di un sovraccarico accidentale di 20 kN/m^2 , dal momento che sul terrapieno è ubicata la sede stradale.

I risultati e gli andamenti delle pressioni di progetto (comprehensive dei fattori parziali di sicurezza), sono riportati nelle tabelle seguenti.

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Tutti i valori sono riferiti a una striscia di larghezza unitaria.

GEOMETRIA MURO E RINTERRO

γ_M	25	kN/m ³	Peso per unità di volume
s_1	0,25	m	Spessore alla base
s_2	0,25	m	Spessore in testa
h_f	0,25	m	Altezza suola fondazione
h	1,5	m	Altezza paramento
β	34	°	Ang. terrapieno sull'orizzontale (>0 antiorario)
ψ	90	°	Ang. par. interna sull'orizzontale (>0 orario)
H	1,75	m	Altezza totale muro

MODALITA' DI SPINTA

Spinta attiva secondo la teoria di Mononobe-Okabe

PARAMETRI SISMICI

C	Categoria suolo
T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	Caratteristiche pendio
Muro non in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno	Caratteristiche pendio

a_p	0,049	g	Accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale (riferita all'accel. di gravità g)
F_0	2,815		Fattore di amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale
T_c	0,275	s	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
C_C	1,608		Coefficiente che modifica il valore del periodo T_c
S_s	1,500		Coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	1,000		Coefficiente di amplificazione topografica
S	1,500		Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo
a_{max}	0,073	g	Accelerazione massima attesa al sito (riferita all'accelerazione di gravità g)
β_m	1,00		Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito
k_h	0,073		Coefficiente sismico orizzontale
k_v	0,036		Coefficiente sismico verticale con accelerazione diretta verso l'alto
k_v	-0,036		Coefficiente sismico verticale con accelerazione diretta verso il basso
θ_A	4,02	°	Rotazione addizionale terreno-muro per accelerazione sismica verticale verso l'alto
θ_B	4,32	°	Rotazione addizionale terreno-muro per accelerazione sismica verticale verso il basso

SOVRACCARICHI SUL RINTERRO

g_{1k}	g_{2k}	q_{1k}	kN/m ²
0	0	20	
s_{g1k}	s_{g2k}	s_{q1k}	
1	1	0,3	

Carico uniformemente distribuito a tergo del paramento
Coefficiente di riduzione della massa del sovraccarico

Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi

γ_{G1}	γ_{G2}	γ_Q	γ_E
1	1	1	-
1,3	1,5	1,5	-
1	1,3	1,3	-
1	1	1	1

Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi SLE
Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi SLU - APPROCCIO 1 - COMB 1 (A1) E APPROCCIO 2
Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi SLU - APPROCCIO 1 - COMB 2 (A2)
Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi in combinazione sismica SLV

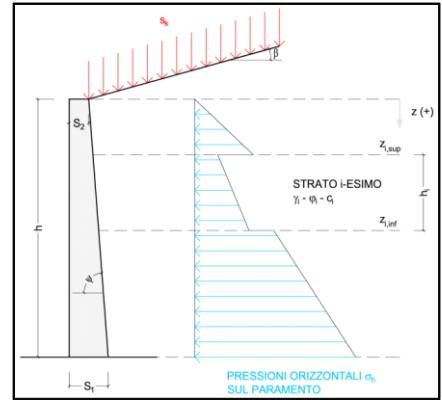
Coefficiente parziali di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

γ_s	γ_ϕ	γ_c
1	1	1
1	1,25	1,25

Coefficiente parziali di sicurezza dei parametri geotecnici SLE / SLU - APPROCCIO 1 - COMB 1 (M1), APPROCCIO 2 / SLV
Coefficiente parziali di sicurezza dei parametri geotecnici - SLU - APPROCCIO 1 - COMB 2 (M2)

CARATTERISTICHE STRATI TERRENO

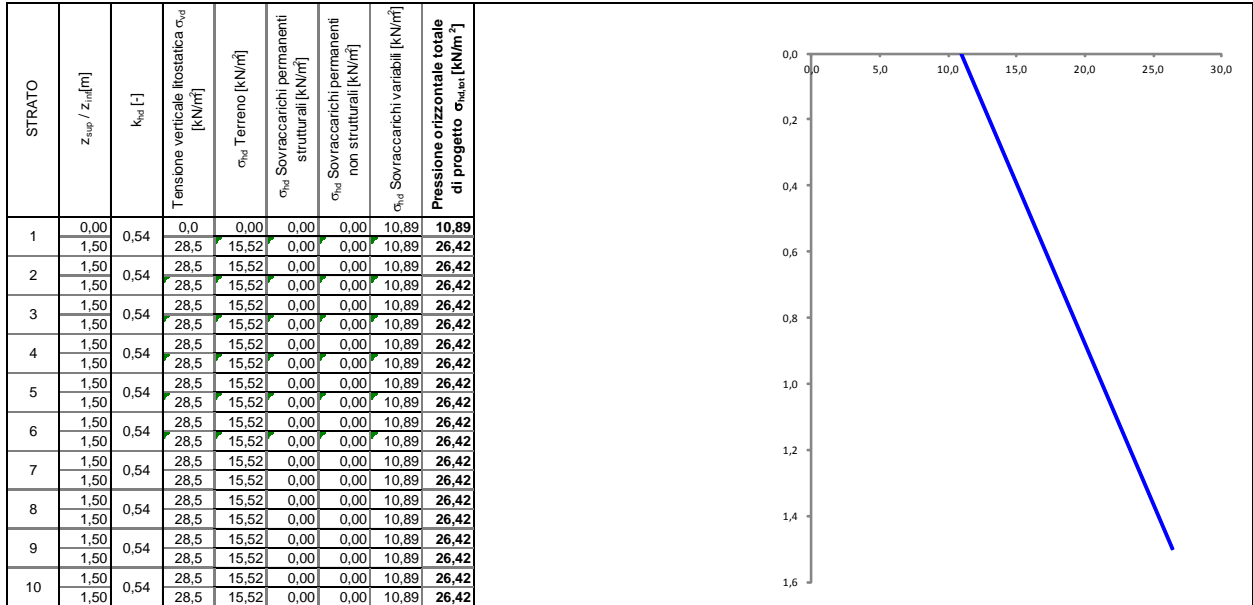
Strato	z_{sup} [m]	z_{inf} [m]	h [m]	PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICHI				PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO SLE / SLU - APPROCCIO 1 - COMB 1 (M1), APPROCCIO 2 / SLV				COEFF. DI SPINTA DI PROGETTO SLE / SLU - APPROCCIO 1 - COMB 1 (M1), APPROCCIO 2 / SLV				PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO SLU - APPROCCIO 1 - COMB 2 (M2)				COEFF. DI SPINTA DI PROGETTO SLU - APPROCCIO 1 - COMB 2 (M2)			
				γ_k [kN/m ³]	ϕ_k [°]	δ_k [°]	c'_k [kN/m ²]	γ_d [kN/m ³]	$\phi_{d,0}$ [°]	$\delta_{d,0}$ [°]	$c'_{d,0}$ [kN/m ²]	$k_{0,d}$ [-]	$k_{s,d}$ [-]	$k_{ba,d}$ [-]	$k_{eb,d}$ [-]	γ_d [kN/m ³]	ϕ_d [°]	δ_d [°]	c'_d [kN/m ²]	$k_{0,d}$ [-]	$k_{s,d}$ [-]	$k_{ba,d}$ [-]	$k_{eb,d}$ [-]
1	0,00	1,50	1,50	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827
2	1,50	1,50	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827
3	1,50	1,50	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827
4	1,50	1,50	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827
5	1,50	1,50	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827
6	1,50	1,50	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827
7	1,50	1,50	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827
8	1,50	1,50	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827
9	1,50	1,50	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827
10	1,50	1,50	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,545	0,739	0,744	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,761	0,822	0,827



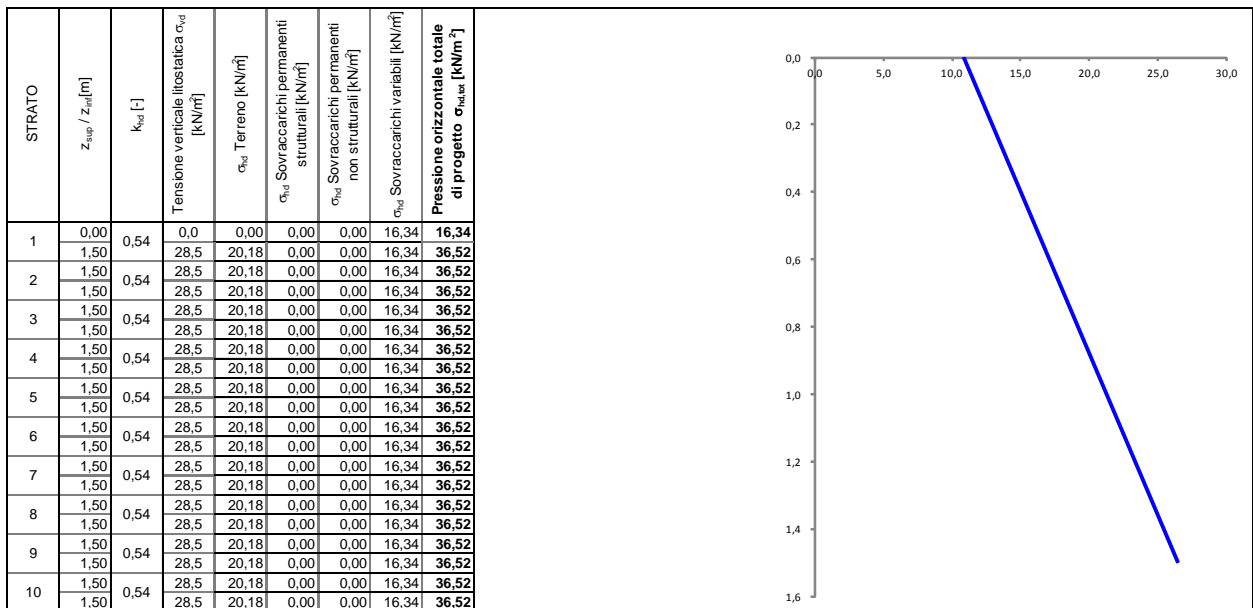
PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

PRESSIONI DI PROGETTO SUL PARAMENTO (INCLUDONO I FATTORI DI SICUREZZA PARZIALI DELLE AZIONI)

PRESSIONI DI PROGETTO CONDIZIONI STATICHE SLE

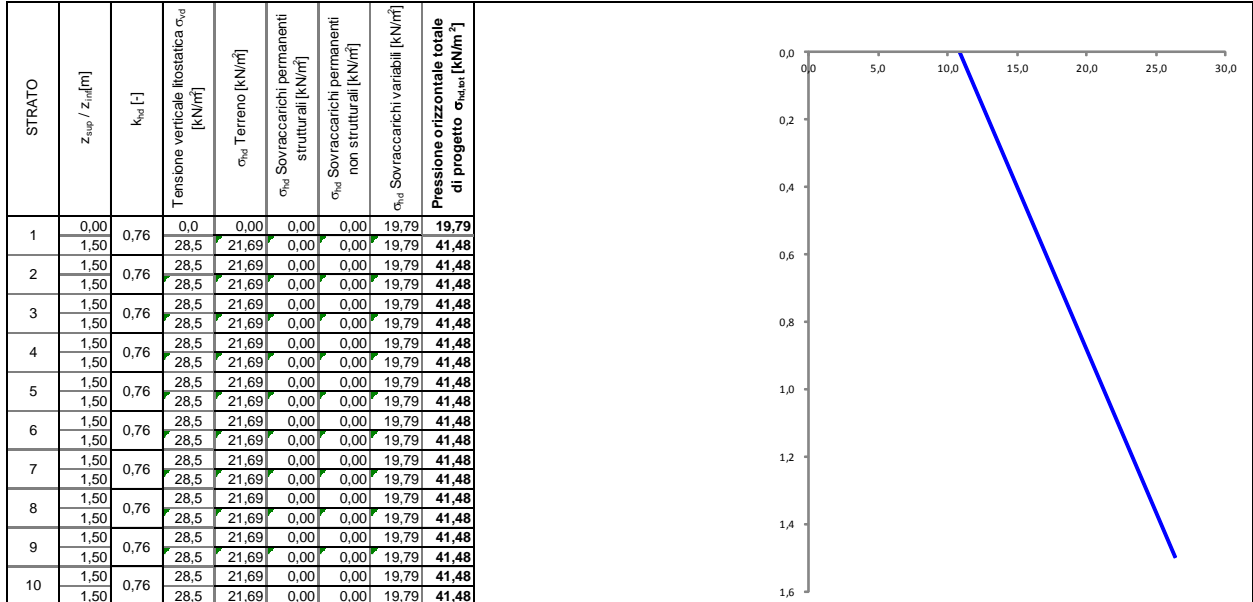


PRESSIONI DI PROGETTO CONDIZIONI STATICHE SLU APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 1 E APPROCCIO 2

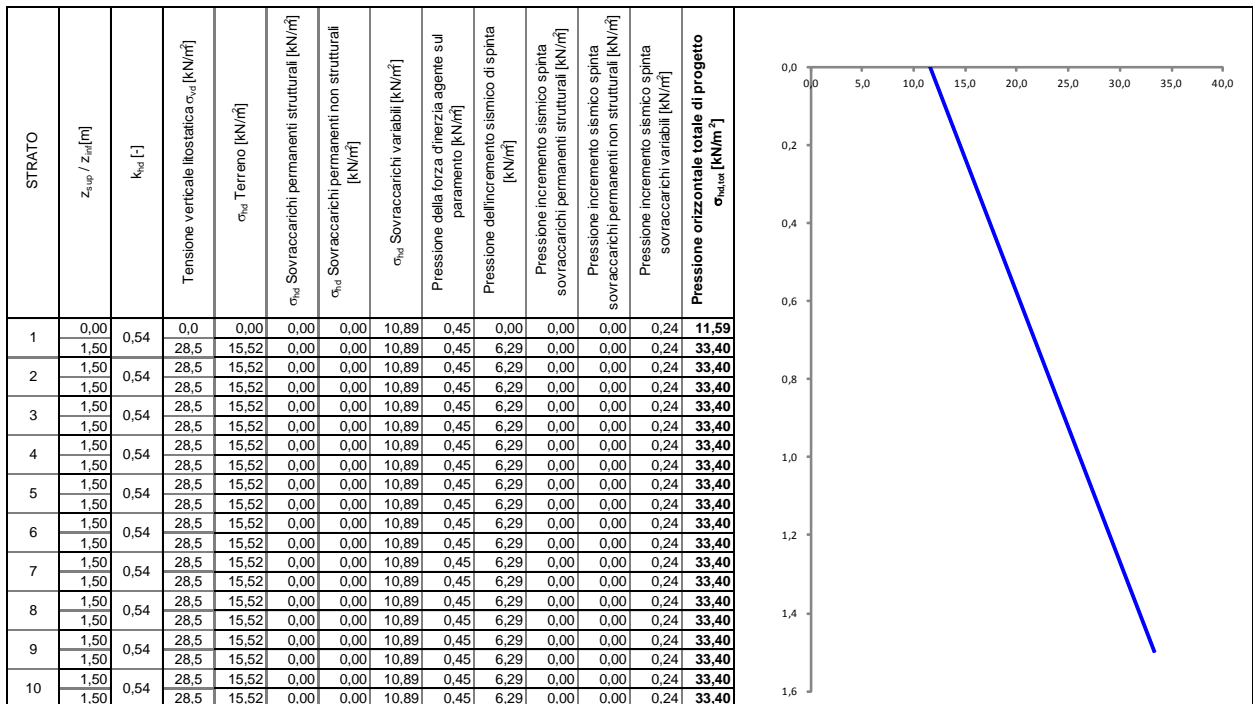


PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

PRESSIONI DI PROGETTO CONDIZIONI STATICHE SLU APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2



PRESSIONI DI PROGETTO CONDIZIONI SISMICHE SLV



PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

6.2 CRITERI DI CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare i diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Tutti i parametri che definiscono tale caratterizzazione dipendono dalla probabilità di superamento PVR dell'evento sismico nel periodo di riferimento VR.

Per il progetto in essere, in accordo con la committenza, sono stati scelti i seguenti valori dei parametri di progetto relativi alla tipologia e all'uso a cui le strutture sono destinate:

Vita nominale $V_N = 50$ anni

Classe d'uso II (coefficiente d'uso $C_U = 1$)

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50$ anni

Gli stati limite rispetto ai quali effettuare le verifiche sono:

STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

SLO – Stato limite di operatività

SLD – Stato limite di danno

STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

SLV – Stato limite di salvaguardia della vita

SLC – Stato limite di collasso

Per costruzioni di classe d'uso II le verifiche possono essere limitate ai soli SLD e SLV.

Per gli scopi progettuali l'azione sismica viene definita mediante forme spettrali dipendenti da tre parametri a loro volta funzione della localizzazione geografica del sito e del periodo di ritorno considerato:

a_g – Accelerazione massima orizzontale al sito

F_0 – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_c – Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Nel caso in esame, per un periodo di ritorno pari a 475 anni (relativo allo stato SLV) risulta:

$a_g = 0.0485$ g

$F_0 = 2.815$

$T^*_c = 0.275$ s

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Dal punto di vista sismico il suolo di fondazione è classificabile come di tipo "C".

L'amplificazione stratigrafica è descritta mediante i coefficienti S_S e S_T che assumono i seguenti valori:

$$S_S = 1.432$$

$$S_T = 1.0 \text{ (categoria T1 - superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con pendenza < 15\%)}$$

Pertanto risulta:

$$S = S_S \times S_T = 1.432 \times 1.0 = 1.432$$

Lo spettro di progetto coincide con quello elastico dal momento che le strutture vengono considerate non dissipative. Pertanto il fattore di struttura impiegato nelle analisi risulta:

$$q = 1.00, \text{ fattore di struttura.}$$

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

7. CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

7.1 CONDIZIONI DI CARICO

Con riferimento al D.M. 17 gennaio 2018 le condizioni di carico prese in considerazione saranno le seguenti:

Descrizione	Nome breve	Durata	Psi0	Psi1	Psi2
Pesi strutturali	Pesi	Permanente			
Permanenti portati	Port.	Permanente			
Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A1-M1	Permanente	1	1	1
Spinta terreno A2-M2	Spinta terreno A2-M2	Permanente	1	1	1
Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A1-M1	Media	0.7	0.5	0.3
Sovr accidentale A2-M2	Sovr accidentale A2-M2	Media	0.7	0.5	0.3
Sisma terreno X sx	Sisma terreno X sx	Istantaneo	0	0	0
Sisma terreno X dx	Sisma terreno X dx	Istantaneo	0	0	0
Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y sx	Istantaneo	0	0	0
Sisma terreno Y dx	Sisma terreno Y dx	Istantaneo	0	0	0
ΔT	ΔT	Media	0.6	0.5	0
Sisma X SLV	X SLV				
Sisma Y SLV	Y SLV				
Sisma Z SLV	Z SLV				
Eccentricità Y per sisma X SLV	EY SLV				
Eccentricità X per sisma Y SLV	EX SLV				
Sisma X SLD	X SLD				
Sisma Y SLD	Y SLD				
Sisma Z SLD	Z SLD				
Eccentricità Y per sisma X SLD	EY SLD				
Eccentricità X per sisma Y SLD	EX SLD				
Terreno sisma X SLV	Tr x SLV				
Terreno sisma Y SLV	Tr y SLV				
Terreno sisma Z SLV	Tr z SLV				
Terreno sisma X SLD	Tr x SLD				
Terreno sisma Y SLD	Tr y SLD				
Terreno sisma Z SLD	Tr z SLD				
Rig. Ux	R Ux				
Rig. Uy	R Uy				
Rig. Rz	R Rz				

Una rappresentazione grafica dei carichi agenti per ciascuna delle singole condizioni è fornita ai paragrafi successivi.

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

7.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche sono state elaborate tenendo conto di quanto riportato nel D.M.17 gennaio 2018.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \times Q_{k2} + \Psi_{03} \times Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

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

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica **E**:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \times Q_{k1} + \Psi_{22} \times Q_{k2} + \dots$$

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a $\gamma_P=1$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza sono riportati nelle tabelle seguenti.

Famiglia SLU

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno X sx	Sisma terreno X dx	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	ΔT
1	SLU 1	1.3	1.5	1.3	0	1.5	0	0	0	0	0	0
2	SLU 2	1.3	1.5	1.3	0	1.5	0	0	0	0	0	0
3	SLU 3	1.3	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	SLU 4	1	1.3	0	1	0	1.3	0	0	0	0	0
5	SLU 5	1	1.3	0	1	0	1.3	0	0	0	0	0
6	SLU 6	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Famiglia SLE rara

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno X sx	Sisma terreno X dx	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	ΔT
1	SLE RA 1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0

Famiglia SLE frequente

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno X sx	Sisma terreno X dx	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	ΔT
1	SLE FR 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SLE FR 2	1	1	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0
3	SLE FR 3	1	1	0	0	0.3	0.5	0	0	0	0	0
4	SLE FR 4	1	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0
5	SLE FR 5	1	1	0	0	0.5	0.3	0	0	0	0	0
6	SLE FR 6	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7	SLE FR 7	1	1	0	1	0	0.3	0	0	0	0	0
8	SLE FR 8	1	1	0	1	0.3	0	0	0	0	0	0
9	SLE FR 9	1	1	0	1	0.3	0.3	0	0	0	0	0
10	SLE FR 10	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	SLE FR 11	1	1	1	0	0	0.3	0	0	0	0	0
12	SLE FR 12	1	1	1	0	0.3	0	0	0	0	0	0
13	SLE FR 13	1	1	1	0	0.3	0.3	0	0	0	0	0

Famiglia SLE quasi permanente

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno X sx	Sisma terreno X dx	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	ΔT
1	SLE QP 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SLE QP 2	1	1	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0
3	SLE QP 3	1	1	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0
4	SLE QP 4	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0	0	0	0
5	SLE QP 5	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	SLE QP 6	1	1	0	1	0	0.3	0	0	0	0	0
7	SLE QP 7	1	1	0	1	0.3	0	0	0	0	0	0
8	SLE QP 8	1	1	0	1	0.3	0.3	0	0	0	0	0
9	SLE QP 9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	SLE QP 10	1	1	1	0	0	0.3	0	0	0	0	0
11	SLE QP 11	1	1	1	0	0.3	0	0	0	0	0	0
12	SLE QP 12	1	1	1	0	0.3	0.3	0	0	0	0	0
13	SLE QP 13	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
14	SLE QP 14	1	1	1	1	0	0.3	0	0	0	0	0
15	SLE QP 15	1	1	1	1	0.3	0	0	0	0	0	0
16	SLE QP 16	1	1	1	1	0.3	0.3	0	0	0	0	0

Famiglia SLD

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

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno X sx	Sisma terreno X dx	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx
1	SLD 1	1	1	0	1	0.3	0	0	1	0	0
2	SLD 2	1	1	0	1	0.3	0	0	1	0	0
3	SLD 3	1	1	0	1	0.3	0	1	0	0	0
4	SLD 4	1	1	0	1	0.3	0	1	0	0	0
5	SLD 5	1	1	0	1	0.3	0	0	0.3	0	0
6	SLD 6	1	1	0	1	0.3	0	0	0.3	0	0
7	SLD 7	1	1	0	1	0.3	0	0.3	0	0	0
8	SLD 8	1	1	0	1	0.3	0	0.3	0	0	0

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Nome	Nome breve	ΔT	X SLD	Y SLD	Z SLD	EY SLD	EX SLD	Tr x SLD	Tr y SLD	Tr z SLD
1	SLD 1	0	1	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
2	SLD 2	0	1	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
3	SLD 3	0	-1	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLD 4	0	-1	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
5	SLD 5	0	0.3	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
6	SLD 6	0	0.3	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
7	SLD 7	0	-0.3	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLD 8	0	-0.3	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0

Famiglia SLV

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

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno X sx	Sisma terreno X dx	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx
1	SLV 1	1	1	1	1	0.3	0	1	0	0	0
2	SLV 2	1	1	1	1	0.3	0	1	0	0	0
3	SLV 3	1	1	1	1	0.3	0	0.3	0	0	0
4	SLV 4	1	1	1	1	0.3	0	0.3	0	0	0
5	SLV 5	1	1	1	1	0	0.3	0	1	0	0
6	SLV 6	1	1	1	1	0	0.3	0	1	0	0
7	SLV 7	1	1	1	1	0	0.3	0	0.3	0	0
8	SLV 8	1	1	1	1	0	0.3	0	0.3	0	0
9	SLV 9	1	1	1	1	0.3	0	0	0	1	0
10	SLV 10	1	1	1	1	0.3	0	0	0	1	0
11	SLV 11	1	1	1	1	0.3	0	0	0	0.3	0
12	SLV 12	1	1	1	1	0.3	0	0	0	0.3	0
13	SLV 13	1	1	1	1	0	0.3	0	0	0	1
14	SLV 14	1	1	1	1	0	0.3	0	0	0	1
15	SLV 15	1	1	1	1	0	0.3	0	0	0	0.3
16	SLV 16	1	1	1	1	0	0.3	0	0	0	0.3

Nome	Nome breve	ΔT	X SLV	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV	Tr x SLV	Tr y SLV	Tr z SLV
1	SLV 1	0	-1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
2	SLV 2	0	-1	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
3	SLV 3	0	-1	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLV 4	0	-1	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
5	SLV 5	0	-0.3	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
6	SLV 6	0	-0.3	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
7	SLV 7	0	-0.3	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLV 8	0	-0.3	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
9	SLV 9	0	0.3	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
10	SLV 10	0	0.3	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
11	SLV 11	0	0.3	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
12	SLV 12	0	0.3	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
13	SLV 13	0	1	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
14	SLV 14	0	1	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
15	SLV 15	0	1	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
16	SLV 16	0	1	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

8. RISULTATI DELL'ANALISI

La struttura è stata modellata con analisi agli elementi finiti (FEM), mediante il software Sismicad 12.13 della Concrete.

Si riportano di seguito i risultati della modellazione ed i dati di input utilizzati.

8.1 MODELLAZIONE: INPUT

Si riportano di seguito i dati di input del modello di calcolo.

1 Dati generali

1.1 Materiali

1.1.1 Materiali c.a.

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

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

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

G: modulo di elasticità tangenziale del materiale, viene impiegato nella modellazione di aste e di elementi guscio a comportamento ortotropo. [kN/m²]

Poisson: coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

γ: peso specifico del materiale. [kN/m³]

α: coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C⁻¹]

Descrizione	Rck	E	G	Poisson	γ	α
C25/30	30000	31447161	Default (14294164)	0.1	25	0.00001

1.1.2 Curve di materiali c.a.

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

Curva: curva caratteristica.

Reaz.traz.: reagisce a trazione.

Comp.frag.: ha comportamento fragile.

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

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

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

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

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

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

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

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

Descrizione	Curva									
	Reaz.traz.	Comp.frag.	E.compr.	Incr.compr.	EpsEc	EpsUc	E.traz.	Incr.traz.	EpsEt	EpsUt
C25/30	No	Si	31447161	0.0001	-0.002	-0.0035	31447161	0.0001	0.0000569	0.0000626

1.1.3 Armature

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

f_{yk}: resistenza caratteristica. [kN/m²]

σ_{amm}: tensione ammissibile. [kN/m²]

Tipo: tipo di barra.

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

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

γ : peso specifico del materiale. [kN/m³]

Poisson: coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

α : coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C⁻¹]

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

Descrizione	fyk	oamm.	Tipo	E	γ	Poisson	α	Livello di conoscenza
B450C	450000	255000	Aderenza migliorata	206000000	78.5	0.3	0.000012	Nuovo

2 Preferenze commessa

2.1 Preferenze di analisi

Metodo di analisi	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)	
Tipo di costruzione	2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	
Vn	50	
Classe d'uso	II	
Vr	50	
Tipo di analisi	Lineare dinamica	
Località	Livorno, Piombino, Colmata; Latitudine ED50 42,967° (42° 58' 1"); Longitudine ED50 10,5539° (10° 33' 14"); Altitudine s.l.m. 1,96 m.	
Categoria del suolo	C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti	
Categoria topografica	T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	
Ss orizzontale SLD	1.5	
Tb orizzontale SLD	0.116	[s]
Tc orizzontale SLD	0.347	[s]
Td orizzontale SLD	1.706	[s]
Ss orizzontale SLV	1.5	
Tb orizzontale SLV	0.148	[s]
Tc orizzontale SLV	0.443	[s]
Td orizzontale SLV	1.794	[s]
St	1	
PVr SLD (%)	63	
Tr SLD	50	
Ag/g SLD	0.0265	
Fo SLD	2.68	
Tc* SLD	0.191	[s]
PVr SLV (%)	10	
Tr SLV	475	
Ag/g SLV	0.0485	
Fo SLV	2.815	
Tc* SLV	0.275	[s]
Smorzamento viscoso (%)	5	
Classe di duttilità	Non dissipativa	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[m]
Regolarità in pianta	No	
Regolarità in elevazione	No	
Edificio C.A.	Si	
Edificio esistente	No	
T1,x	0.04699	[s]
T1,y	0.01972	[s]
λ SLD,x	1	
λ SLD,y	1	
λ SLV,x	1	
λ SLV,y	1	
Numero modi	50	
Metodo di Ritz	applicato	
Limite spostamenti interpiano	0.005	
Fattore di comportamento per sisma SLD X	1.28	
Fattore di comportamento per sisma SLD Y	1.28	
Fattore di comportamento per sisma SLV X	1.28	
Fattore di comportamento per sisma SLV Y	1.28	
Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	2.3	
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	1.1	

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, punta	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza trasversale pali	1.3
Fattore di correlazione resistenza caratteristica dei pali in base alle verticali indagate	1.7
Coefficiente di sicurezza per ribaltamento (plinti superficiali)	1.15

2.2 Preferenze di verifica

2.2.1 Normativa di verifica in uso

Norma di verifica	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)
Cemento armato	Preferenze analisi di verifica in stato limite
Legno	Preferenze di verifica legno D.M. 17-01-18 (N.T.C.)
Acciaio	Preferenze di verifica acciaio D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

2.2.2 Normativa di verifica C.A.

Coefficiente di omogeneizzazione	15
γ_s (fattore di sicurezza parziale per l'acciaio)	1.15
γ_c (fattore di sicurezza parziale per il calcestruzzo)	1.5
Limite σ_c/f_{ck} in combinazione rara	0.6
Limite σ_c/f_{ck} in combinazione quasi permanente	0.45
Limite σ_s/f_{yk} in combinazione rara	0.8
Coefficiente di riduzione della τ per cattiva aderenza	0.7
Dimensione limite fessure w_1 §4.1.2.2.4	0.0002 [m]
Dimensione limite fessure w_2 §4.1.2.2.4	0.0003 [m]
Dimensione limite fessure w_3 §4.1.2.2.4	0.0004 [m]
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore γ	No
Copriferro secondo EC2	No

2.2.4 Normativa di verifica acciaio

γ_{m0}	1.05
γ_{m1}	1.05
γ_{m2}	1.25
Coefficiente riduttivo per effetto vettoriale	0.7
Calcolo coefficienti C_1, C_2, C_3 per M_{cr}	automatico
Coefficienti α, β per flessione deviata	unitari
Verifica semplificata conservativa	si
L/e_0 iniziale per profili accoppiati compressi	500
Metodo semplificato formula (4.2.82)	si
Escludi 6.2.6.7 e 6.2.6.8 in 7.5.4.3 e 7.5.4.5	si
Applica Nota 1 del prospetto 6.2	si
Riduzione f_y per tubi tondi di classe 4	no
Effettua la verifica secondo 6.2.8 con irrigidimenti superiori (piastra di base)	si
Limite spostamento relativo interpiano e monopiano colonne	0.00333
Limite spostamento relativo complessivo multipiano colonne	0.002
Considera taglio resistente estremità sagomati	no
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore γ	no

2.3 Preferenze FEM

Dimensione massima ottimale mesh pareti (default)	0.8
Dimensione massima ottimale mesh piastre (default)	0.8
Tipo di mesh dei gusci (default)	Quadrilateri o triangoli
Tipo di mesh imposta ai gusci	Specifico dell'elemento
Metodo P-Delta	non utilizzato
Analisi buckling	non utilizzata
Rapporto spessore flessionale/membranale gusci muratura verticali	0.2
Spessori membranale e flessionale pareti XLAM da sole tavole verticali	No
Moltiplicatore rigidità connettori pannelli pareti legno a diaframma	1
Tolleranza di parallelismo	4.99
Tolleranza di unicità punti	0.1
Tolleranza generazione nodi di aste	0.01
Tolleranza di parallelismo in suddivisione aste	4.99
Tolleranza generazione nodi di gusci	0.04

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Tolleranza eccentricità carichi concentrati	1
Considera deformazione a taglio delle piastre	No
Modello elastico pareti in muratura	Gusci
Concentra masse pareti nei vertici	No
Segno risultati analisi spettrale	Analisi statica
Memoria utilizzabile dal solutore	8000000
Metodo di risoluzione della matrice	Intel MKL PARDISO
Scrivi commenti nel file di input	No
Scrivi file di output in formato testo	No
Solidi colle e corpi ruvidi (default)	Solidi reali
Moltiplicatore rigidezza molla torsionale applicata ad aste di fondazione	1
Modello trave su suolo alla Winkler nel caso di modellazione lineare	Equilibrio elastico

2.4 Moltiplicatori inerziali

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.5 Preferenze di analisi non lineare FEM

Metodo iterativo	Secante
Tolleranza iterazione	0.00001
Numero massimo iterazioni	50

2.6 Preferenze di analisi carichi superficiali

Detrazione peso proprio solai nelle zone di sovrapposizione	non applicata
Metodo di ripartizione	a zone d'influenza
Percentuale carico calcolato a trave continua	0
Esegui smoothing diagrammi di carico	applicata
Tolleranza smoothing altezza trapezi	0.001[kN/m]
Tolleranza smoothing altezza media trapezi	0.001[kN/m]

3 Quote

3.1 Livelli

Descrizione breve: nome sintetico assegnato al livello.

Descrizione: nome assegnato al livello.

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

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Spessore: spessore del livello. [m]

Descrizione breve	Descrizione	Quota	Spessore
L1	Fondazione	0	0.25
L2	Piano 1	1	0
L3	Piano 2	1.5	0

3.2 Falde

Descrizione breve: nome sintetico assegnato alla falda.

Descrizione: nome assegnato alla falda.

Sp.: spessore del piano della falda. [m]

Primo punto: primo punto di definizione del piano dell'estradosso della falda.

X: coordinata X. [m]

Y: coordinata Y. [m]

Quota: quota. esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Secondo punto: secondo punto di definizione del piano dell'estradosso della falda.

X: coordinata X. [m]

Y: coordinata Y. [m]

Quota: quota. esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Terzo punto: terzo punto di definizione del piano dell'estradosso della falda.

X: coordinata X. [m]

Y: coordinata Y. [m]

Quota: quota. esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Descrizione breve	Descrizione	Sp.	Primo punto			Secondo punto			Terzo punto		
			X	Y	Quota	X	Y	Quota	X	Y	Quota
F1	Falda 1	0	35.079	26.573	Piano 1	34.079	26.573	Piano 2	34.079	24.123	Piano 2

3.3 Tronchi

Descrizione breve: nome sintetico assegnato al tronco.

Descrizione: nome assegnato al tronco.

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

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

Descrizione breve	Descrizione	Quota 1	Quota 2
T1	Fondazione - Falda 1	Fondazione	Falda 1
T2	Fondazione - Piano 1	Fondazione	Piano 1
T3	Fondazione - Piano 2	Fondazione	Piano 2
T4	110 - Piano 2	1.1	Piano 2

1.5 Definizioni di carichi potenziali

Nome: nome identificativo della definizione di carico.

Valori: valori associati alle condizioni di carico.

Condizione: condizione di carico a cui sono associati i valori.

Descrizione: nome assegnato alla condizione elementare.

Valore i.: valore del carico pressorio alla quota iniziale. [kN/m²]

Quota i.: quota assoluta in cui il carico pressorio assume il valore iniziale. [m]

Valore f.: valore del carico pressorio alla quota finale. [kN/m²]

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Quota f.: quota assoluta in cui il carico pressorio assume il valore finale. [m]

Nome	Valori				
	Condizione	Valore i.	Quota i.	Valore f.	Quota f.
	Descrizione				
Spinta pareti normale X+	Pesi strutturali	0	0	0	0
	Permanententi portati	0	0	0	0
	Spinta terreno A1-M1	15.52	0	0	1.5
	Spinta terreno A2-M2	21.69	0	0	1.5
	Sovr accidentale A1-M1	10.9	0	10.9	1.5
	Sovr accidentale A2-M2	19.8	0	19.8	1.5
	Sisma terreno X sx	6.29	0	6.29	1.5
	Sisma terreno X dx	-6.29	0	-6.29	1.5
	Sisma terreno Y sx	0	0	0	0
Spinta pareti normale Y+	Pesi strutturali	0	0	0	0
	Permanententi portati	0	0	0	0
	Spinta terreno A1-M1	15.52	0	0	1.5
	Spinta terreno A2-M2	21.69	0	0	1.5
	Sovr accidentale A1-M1	10.9	0	10.9	1.5
	Sovr accidentale A2-M2	19.8	0	19.8	1.5
	Sisma terreno X sx	0	0	0	0
	Sisma terreno X dx	0	0	0	0
	Sisma terreno Y sx	6.29	0	6.29	1.5
Spinta pareti normale Y-	Pesi strutturali	0	0	0	0
	Permanententi portati	0	0	0	0
	Spinta terreno A1-M1	15.52	0	0	1.5
	Spinta terreno A2-M2	21.69	0	0	1.5
	Sovr accidentale A1-M1	10.9	0	10.9	1.5
	Sovr accidentale A2-M2	19.8	0	19.8	1.5
	Sisma terreno X sx	0	0	0	0
	Sisma terreno X dx	0	0	0	0
	Sisma terreno Y sx	-6.29	0	-6.29	1.5
	Sisma terreno Y dx	6.29	0	6.29	1.5

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Rappresentazione grafica modello input

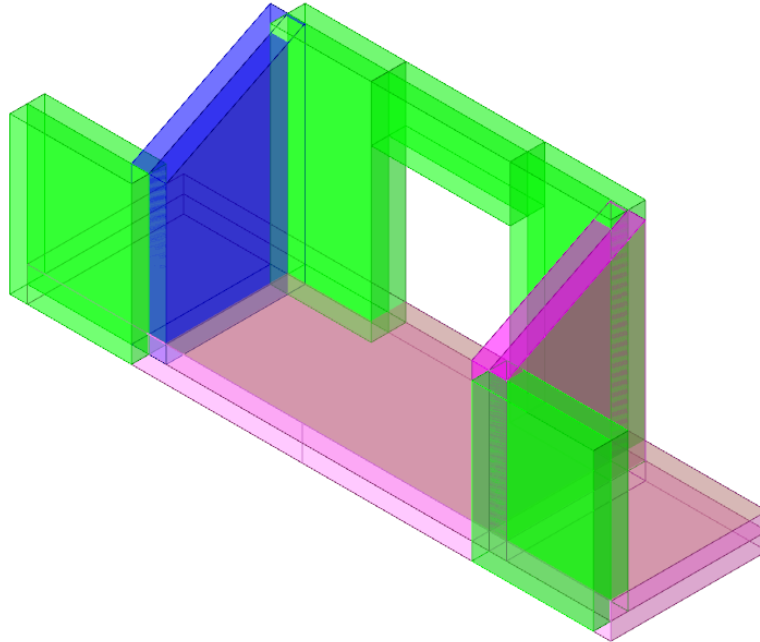


Figura 1 - Rappresentazione Grafica del Modello di Calcolo

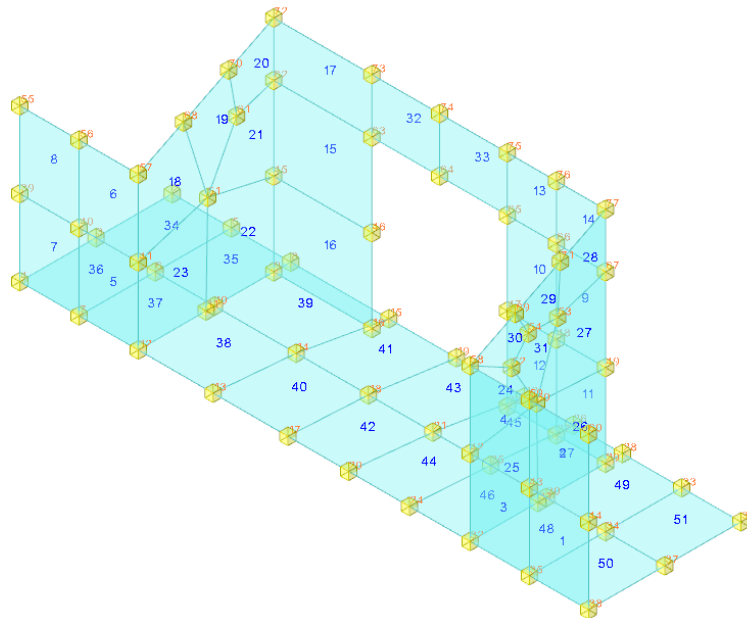


Figura 2 - Rappresentazione Grafica del Modello di Calcolo – Numerazione NODI e GUSCI

MANDATARIA



MANDANTE



ICARIA
società di ingegneria

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

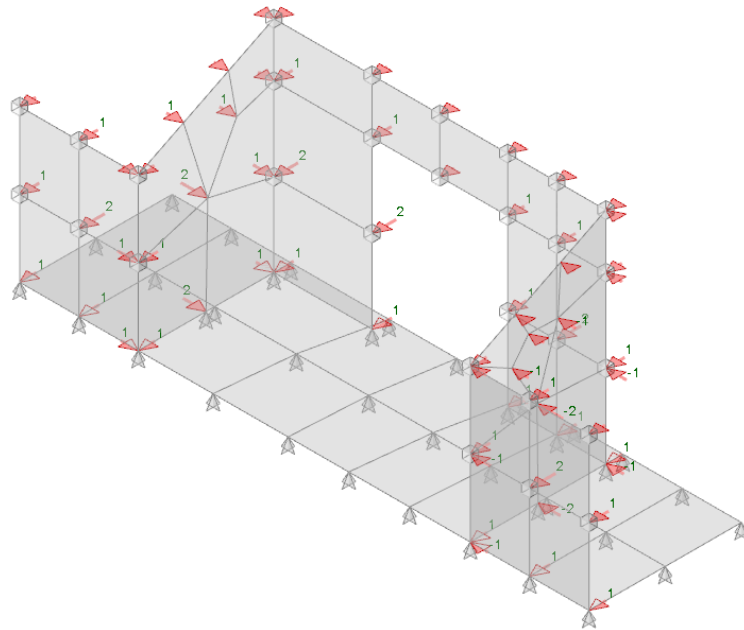


Figura 3 - Condizione spinta terreno A1-M1

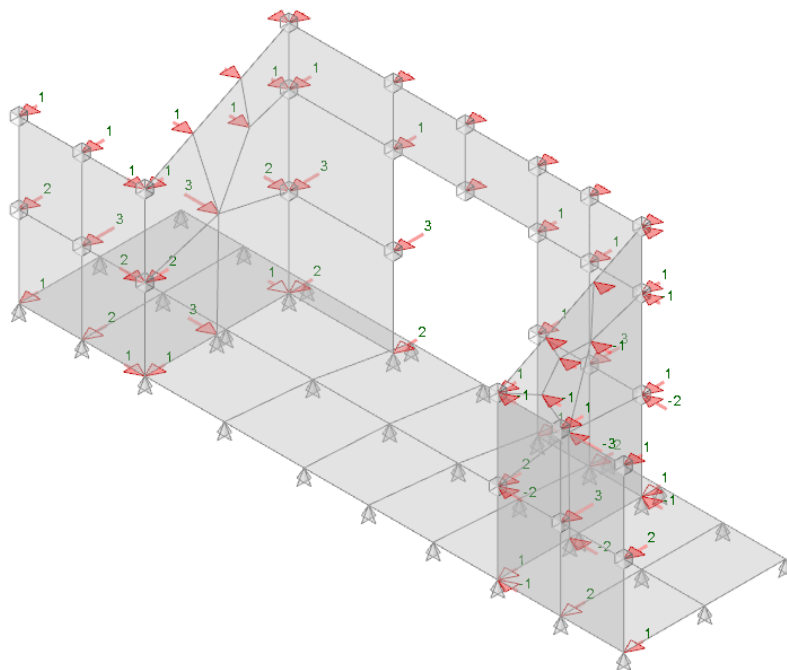


Figura 4 - Condizione spinta terreno A2-M2

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

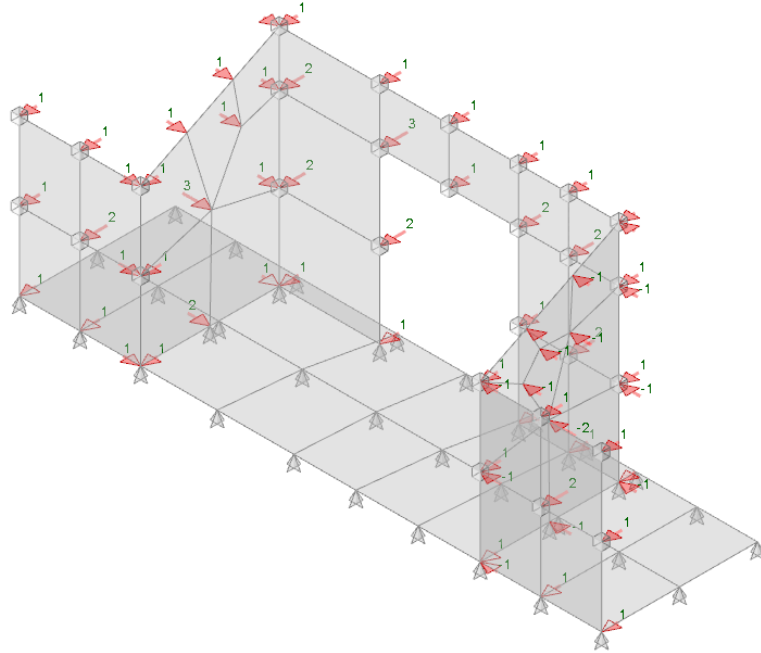


Figura 5 - Condizione sovraccarico accidentale A1-M1

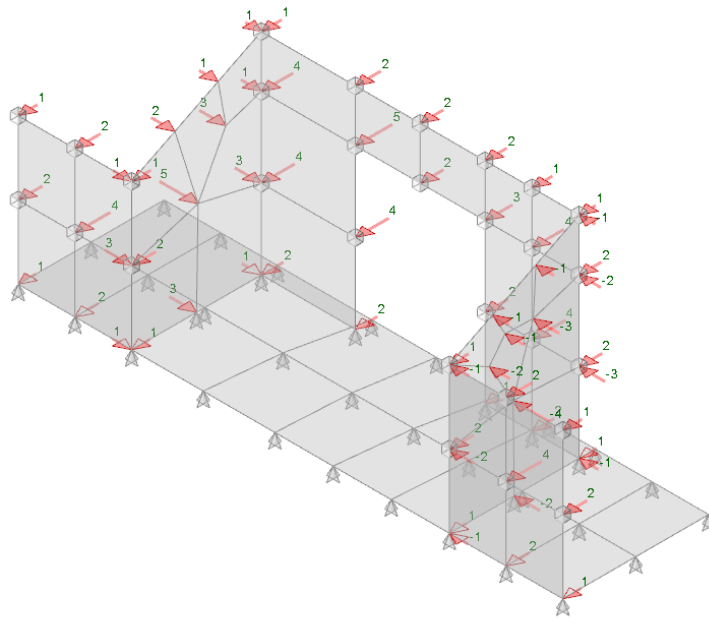


Figura 6 - Condizione sovraccarico accidentale A2-M2

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

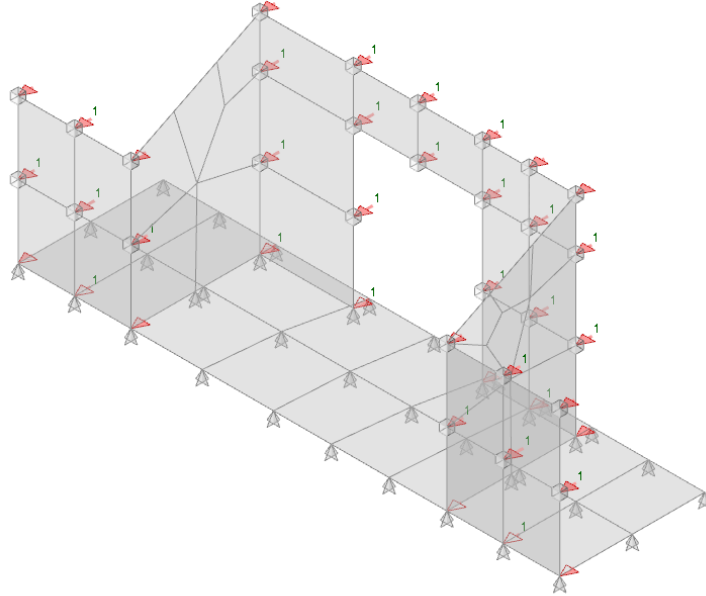


Figura 7 - Condizione sisma terreno X+

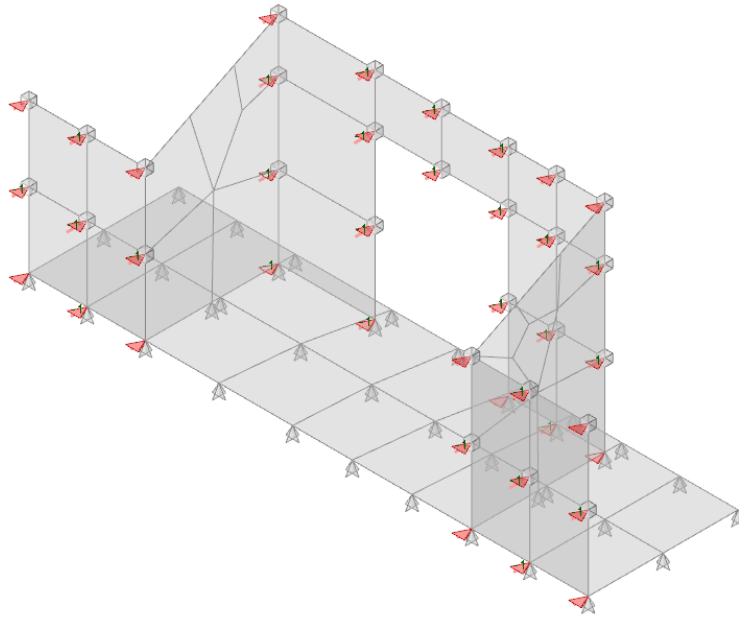


Figura 8 - Condizione sisma terreno X-

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

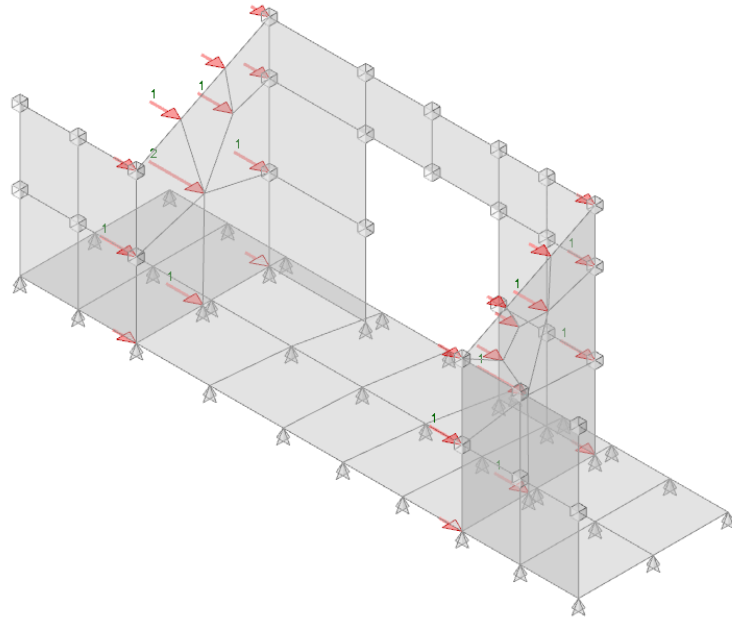


Figura 9 - Condizione sisma terreno Y+

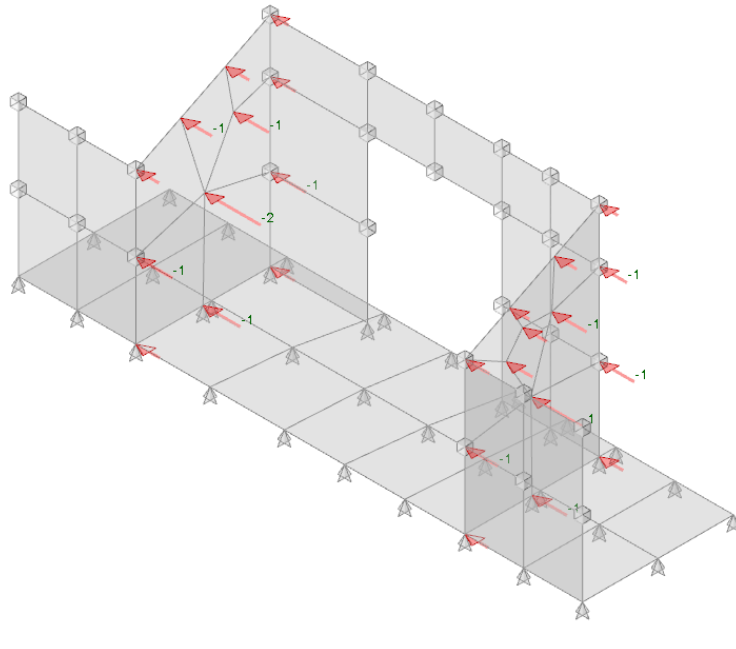


Figura 10 - Condizione sisma terreno Y -

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

8.2 MODELLAZIONE: OUTPUT

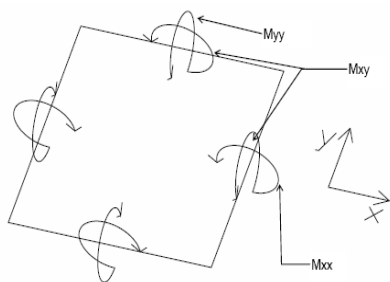
Si riportano i risultati grafici dell'analisi agli elementi finiti. I valori massimi delle caratteristiche di sollecitazione saranno utilizzati per le successive verifiche.

8.2.1 Convenzioni relative alle caratteristiche di sollecitazione

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

- sforzo normale $F1$ (N): viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 2. Nel caso di sforzo normale positivo (di trazione) viene disegnato lungo l'asta dalla parte del semiasse 2 positivo;
- $F2$: viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 2. Nel caso di $F2$ positivo viene disegnato lungo l'asta dalla parte del semiasse 2 positivo;
- $F3$: viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 3. Nel caso di $F3$ positivo viene disegnato lungo l'asta dalla parte del semiasse 3 positivo;
- momento torcente $M1$ (Mt): viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 2. Nel caso di momento torcente positivo viene disegnato lungo l'asta dalla parte del semiasse 2 positivo;
- momento $M2$: viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 3. Nel caso di $M2$ positivo viene disegnato dalla parte del semiasse 3 negativo;
- momento $M3$: viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 2. Nel caso di $M3$ positivo viene disegnato dalla parte del semiasse 2 negativo.

In figura è mostrato un elemento infinitesimo di shell orizzontale con indicato il sistema di riferimento e i parametri di sollecitazione M_{xx} , M_{yy} , M_{xy} .



si definiscono:

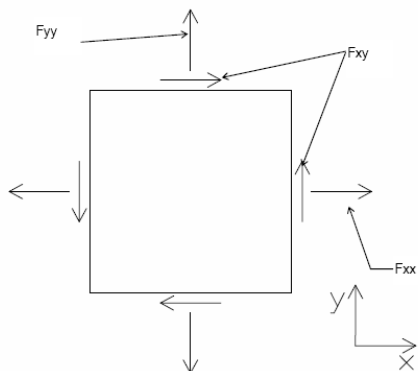
M_{xx} : momento flettente [Forza*Lunghezza/Lunghezza] agente sul bordo di normale x (verso positivo indicato dalla freccia in figura che tende le fibre inferiori);

M_{yy} : momento flettente [Forza*Lunghezza/Lunghezza] agente sul bordo di normale y (verso positivo indicato dalla freccia in figura che tende le fibre inferiori);

M_{xy} : momento torcente [Forza*Lunghezza/Lunghezza] agente sui bordi (verso positivo indicato dalla freccia in figura).

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Per quanto riguarda le sollecitazioni estensionali si faccia riferimento alla figura seguente dove per lo stesso elemento infinitesimo di shell orizzontale con indicato il sistema di riferimento e i parametri di sollecitazione F_{xx} , F_{yy} , F_{xy} .



Si definiscono:

F_{xx} : sforzo estensionale [Forza/Lunghezza] agente sul bordo di normale x (verso positivo indicato dalla freccia in figura che mette in trazione l'elemento);

F_{yy} : sforzo estensionale [Forza/Lunghezza] agente sul bordo di normale all'asse y (verso positivo indicato dalla freccia in figura che mette in trazione l'elemento);

F_{xy} : sforzo di taglio [Forza/Lunghezza] agente sui bordi (verso positivo indicato dalla freccia in figura).

Vengono riportati inoltre i tagli fuori dal piano dell'elemento shell:

V_x : taglio fuori piano [Forza/Lunghezza] applicato al bordo di normale parallela all'asse x (per il segno si veda l'immagine relativa ai tagli fuori piano nel sistema locale 1, 2, 3 riportata più avanti);

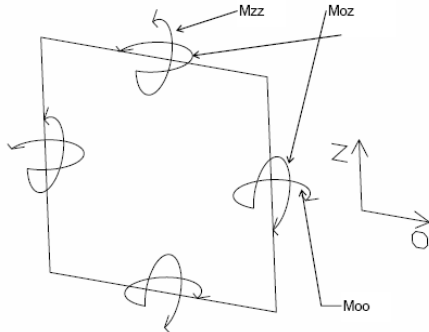
V_y : taglio fuori piano [Forza/Lunghezza] applicato al bordo di normale parallela all'asse y (per il segno si veda l'immagine relativa ai tagli fuori piano nel sistema locale 1, 2, 3 riportata più avanti).

Gusci verticali: pareti e muri

Il sistema di riferimento nel quale sono espressi i parametri di sollecitazione è così definito: "origine appartenente al piano dell'elemento, asse O (ascisse) e z (ordinate) contenuti nel piano dell'elemento e terzo asse ortogonale al piano dell'elemento a formare una terna destrorsa". In particolare l'asse O è orizzontale e l'asse z parallelo ed equiverso con l'asse Z globale. Si sottolinea che non ha alcun interesse collocare esattamente nel piano dell'elemento la posizione dell'origine in quanto i parametri di sollecitazione sono invarianti rispetto a tale posizione.

In figura è mostrato un elemento infinitesimo di shell orizzontale con indicato il sistema di riferimento e i parametri di sollecitazione M_{oo} , M_{zz} , M_{oz} .

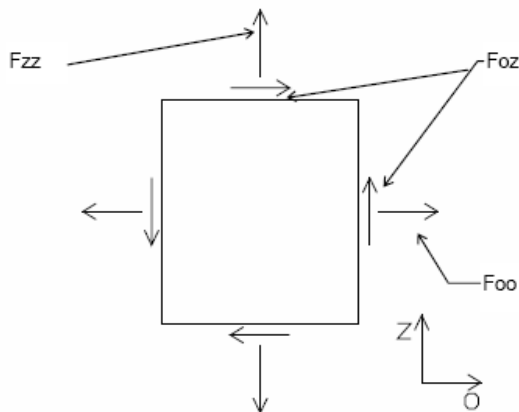
PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



Moo: momento flettente distribuito $[Forza \cdot Lunghezza / Lunghezza]$ applicato al bordo di normale parallela all'asse O (verso positivo indicato dalla freccia in figura che tende le fibre inferiori);

Mzz: momento flettente distribuito $[Forza \cdot Lunghezza / Lunghezza]$ applicato al bordo di normale parallela all'asse z (verso positivo indicato dalla freccia in figura che tende le fibre inferiori);

Moz: momento "torcente" distribuito $[Forza \cdot Lunghezza / Lunghezza]$ applicato sui bordi (verso positivo indicato dalla freccia in figura). Per quanto riguarda le sollecitazioni estensionali si faccia riferimento alla figura seguente dove per lo stesso elemento infinitesimo di shell con indicato il sistema di riferimento i parametri di sollecitazione Foo, Fzz, Foz sono rispettivamente:



Fzz: sforzo tensionale distribuito $[Forza / Lunghezza]$ applicato al bordo di normale parallela all'asse z (verso positivo indicato dalla freccia in figura che mette in trazione l'elemento);

Foo: sforzo tensionale distribuito $[Forza / Lunghezza]$ applicato al bordo di normale parallela all'asse O (verso positivo indicato dalla freccia in figura che mette in trazione l'elemento);

Foz: sforzo tagliante distribuito $[Forza / Lunghezza]$ applicato sui bordi (verso positivo indicato dalla freccia in figura).

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

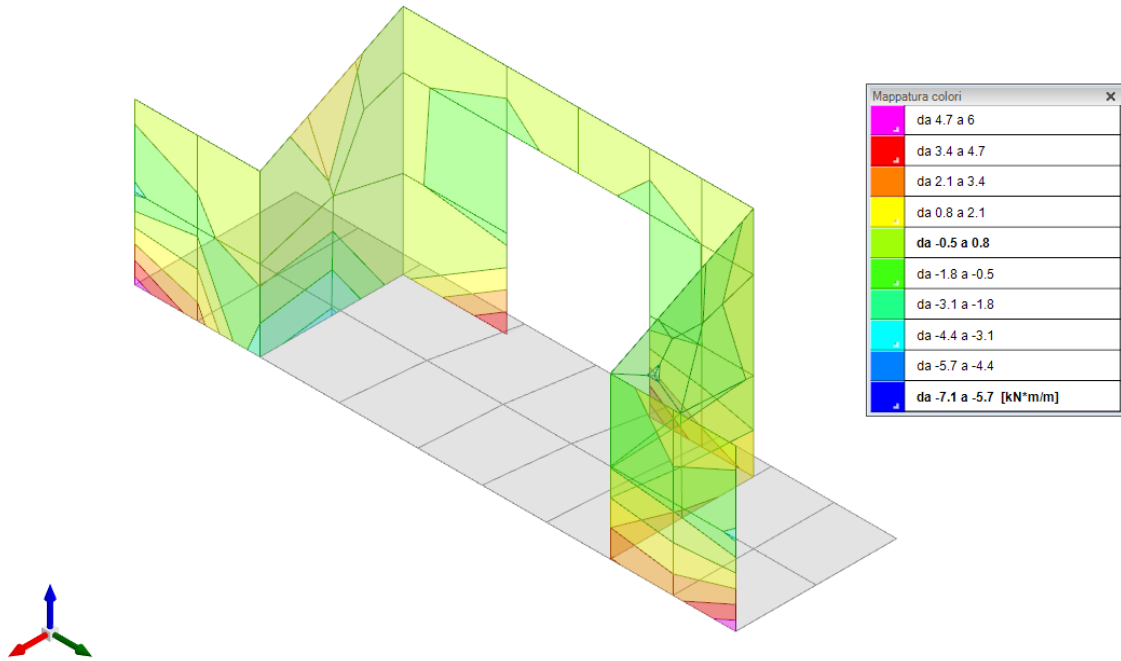


Figura 11 - Involuppo momento flettente Mzz

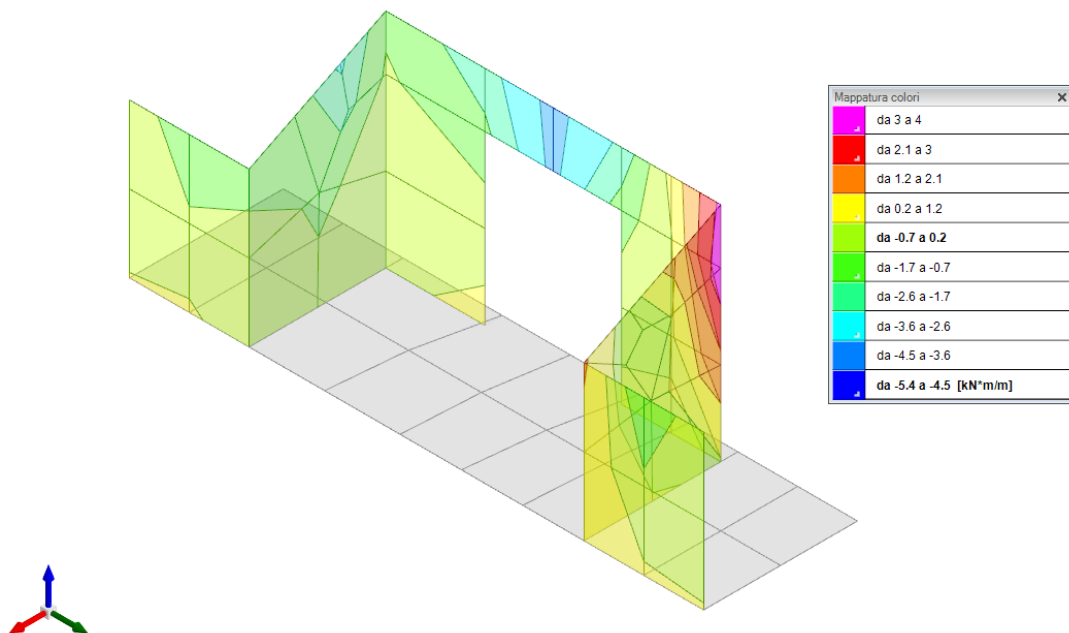


Figura 12 - Involuppo momento flettente Moo

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

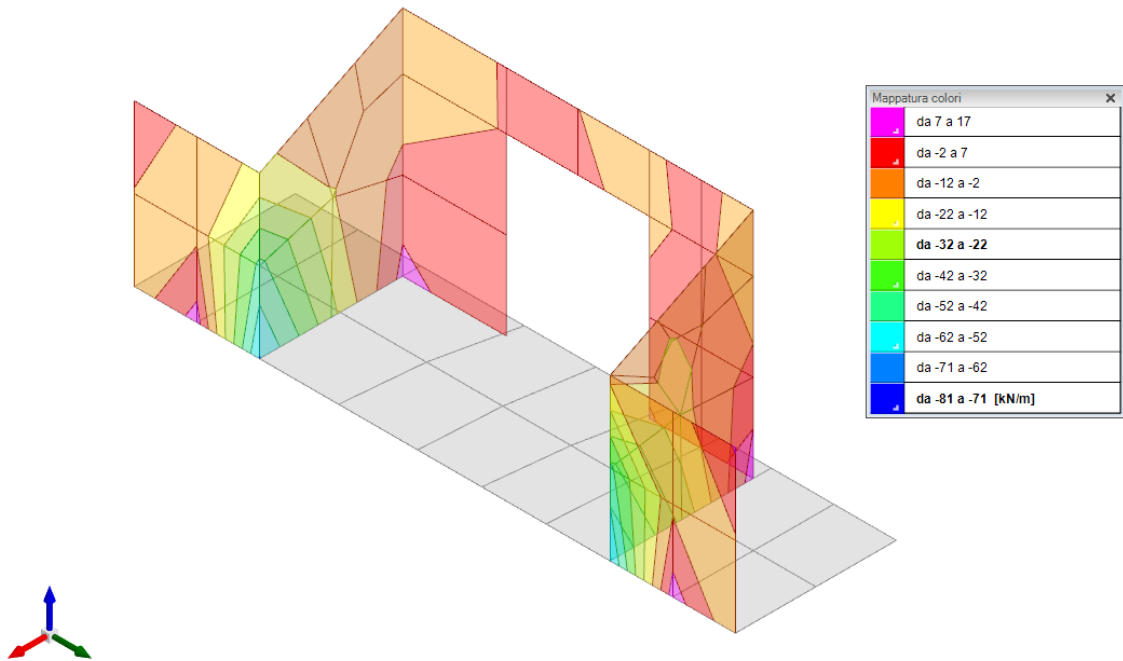


Figura 13 - Involuppo sforzo di taglio F_{zz}

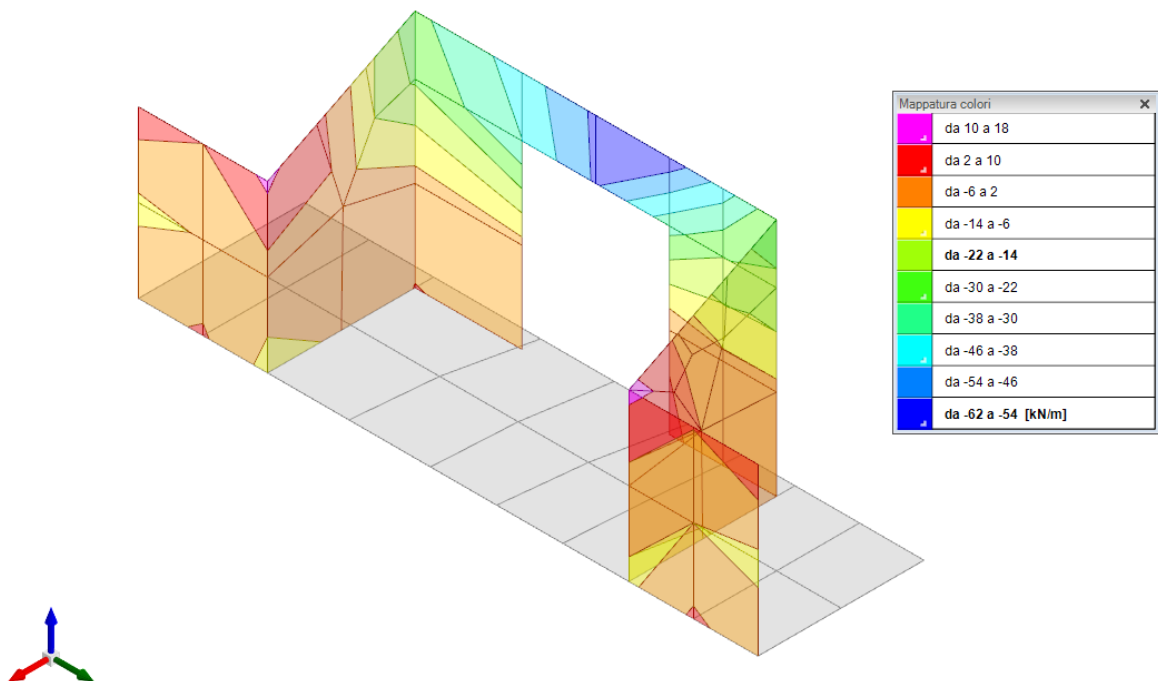


Figura 14 - Involuppo sforzo di taglio F_{00}

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

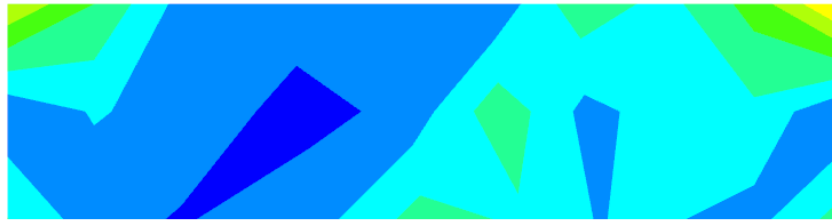


Figura 15 - Involuppo momento flettente Mxx



Figura 16 - Involuppo momento flettente Myy

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



Mappatura colori	
	da 0.98 a 1.1
	da 0.86 a 0.98
	da 0.75 a 0.86
	da 0.63 a 0.75
	da 0.51 a 0.63
	da 0.4 a 0.51
	da 0.28 a 0.4
	da 0.16 a 0.28
	da 0.05 a 0.16
	da -0.07 a 0.05 [kN/m]



Figura 17 - Inviluppo sforzo di taglio Fxx



Mappatura colori	
	da -0.1 a 0.2
	da -0.5 a -0.1
	da -0.8 a -0.5
	da -1.2 a -0.8
	da -1.6 a -1.2
	da -1.9 a -1.6
	da -2.3 a -1.9
	da -2.6 a -2.3
	da -3 a -2.6
	da -3.4 a -3 [kN/m]



Figura 18 - Inviluppo sforzo di taglio Fyy

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

8.3 VERIFICHE STRUTTURALI

Si riportano di seguito i tabulati di calcolo delle verifiche dei vari elementi strutturali.

8.3.1 Verifiche pareti

nod.: nodo del modello FEM

sez.: tipo di sezione (o = orizzontale, v = verticale)

B: base della sezione

H: altezza della sezione

Af+: area di acciaio dal lato B (inferiore per le piastre)

Af-: area di acciaio dal lato A (superiore per le piastre)

c+: copriferro dal lato B (inferiore per le piastre)

c-: copriferro dal lato A (superiore per le piastre)

sc: tensione sul calcestruzzo in esercizio

comb: combinazione di carico

c.s.: coefficiente di sicurezza

N: sforzo normale di calcolo

M: momento flettente di calcolo

Mu: momento flettente ultimo

Nu: sforzo normale ultimo

sf: tensione sull'acciaio in esercizio

Wk: apertura caratteristica delle fessure

Sm: distanza media fra le fessure

st: sigma a trazione nel calcestruzzo in condizioni non fessurate

fck: resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo

fcc: resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo

fctd: resistenza a trazione di calcolo del calcestruzzo

Hcr: altezza critica

q.Hcr: *quota della sezione alla altezza critica

hw: altezza della parete

lw: lunghezza della parete

n.p.: numero di piani

hs: altezza dell'interpiano

Mxd: momento di progetto attorno all'asse x (fuori piano)

Myd: momento di progetto attorno all'asse y (nel piano)

NEd: sforzo normale di progetto

MEd: Momento flettente di progetto di progetto

VEd: sforzo di taglio di progetto

Ngrav.: sforzo normale dovuto ai carichi gravitazionali

NReale.: sforzo normale derivante dall'analisi

VRcd: resistenza a taglio dovuta alle bielle di calcestruzzo

epsilon: coefficiente di maggiorazione del taglio derivante dall'analisi

alfaS: $MEd/(VEd*lw)$ formula 7.4.15

At: area tesa di acciaio

roh: rapporto tra area della sezione orizzontale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

rov: rapporto tra area della sezione verticale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

VRsd: resistenza a taglio della sezione con armature

Somma(Asj)- Ai: somma delle aree delle barre verticali che attraversano la superficie di scorrimento

csi: altezza della parte compressa normalizzata all'altezza della sezione

Vdd: contributo dell'effetto spinotto delle armature verticali

Vfd: contributo della resistenza per attrito

Vid: contributo delle armature inclinate presenti alla base

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

VRd_s: valore di progetto della resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento
M01: momento flettente inferiore per verifica instabilità
M02: momento flettente superiore per verifica instabilità
etot: eccentricità complessiva EC2 12.6.5.2 (12.12)
Fi: coefficiente riduttivo EC2 12.6.5.2 (12.11)
l0: lunghezza libera di inflessione
beta: coefficiente EC2 12.6.5.1 (12.9)
Nrd: resistenza di progetto EC2 12.6.5.2 (12.10)
l_{lim}: snellezza limite EC2 12.6.5.1 (4)
At: area di calcestruzzo del traverso in parete con blocco cassero in legno
Vr_{cls}: resistenza a taglio in assenza di armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno
Mu: momento resistente ultimo del singolo traverso in parete con blocco cassero in legno
Hp: resistenza a trazione dell'elemento teso in parete con blocco cassero in legno
R: fattore di efficienza in parete con blocco cassero in legno
Vr_s: contributo alla resistenza a taglio della armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno
Vrd: resistenza a taglio per trazione del diagonale in parete con blocco cassero in legno
l: luce netta della trave di collegamento
h: altezza della trave di collegamento
b: spessore della trave di collegamento
d: altezza utile della trave di collegamento
Asi: area complessiva della armatura a X
M_{plast}: momenti resistenti della trave a filo appoggio
T_{plast}: sforzi di taglio nella trave derivanti da gerarchia delle resistenze

Parete di fondo

Parete fra le coordinate in pianta (3408;2670) (3408;2400)
da quota -25 a quota 150
Valori in daN, cm
C25/30: rck 300
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	Nu	Mu	Ved	Vcd	
23	o	50	25	3.1	3.1	6.7	6.7	4.190	4	SLU	1214	-50602	5085	-212000	821	4520
	v	63	25	2.4	2.4	5.5	5.5	19.778	4	SLU	619	-3803	12250	-75224	227	6020
27	o	85	25	6.2	6.2	6.7	6.7	4.999	4	SLU	2415	-79427	12075	-397077	1275	8004
	v	50	25	2.4	2.4	5.5	5.5	49.046	4	SLU	19	-4018	938	-197060	186	4825
47	o	50	25	3.1	3.1	6.7	6.7	17.390	13	SLV	870	3462	15132	60202	821	4520
	v	100	25	3.9	3.9	5.5	5.5	49.031	4	SLU	458	-2061	22456	-101032	212	9633

Combinazione rara

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c			
23	o	50	25	3.1	3.1	6.7	6.7	-30.9	1	ra	1.58E03	-5.95E04	1416.3	1	ra	1.58E03	-5.95E04	0.00999	0.00	12.4	0.0	1	ra
	v	63	25	2.4	2.4	5.5	5.5	-1.5	1	ra	7.55E02	-4.45E03	284.9	1	ra	7.55E02	-4.45E03	0.00999	0.00	1.1	0.0	1	ra
27	o	85	25	6.2	6.2	6.7	6.7	-26.8	1	ra	3.03E03	-9.37E04	1176.6	1	ra	3.03E03	-9.37E04	0.00999	0.00	11.7	0.0	1	ra
	v	50	25	2.4	2.4	5.5	5.5	-2.4	1	ra	-7.21E01	-4.95E03	112.7	1	ra	1.71E01	-4.65E03	0.00999	0.00	0.9	0.0	1	ra
47	o	50	25	3.1	3.1	6.7	6.7	-0.8	1	ra	1.14E03	3.50E03	325.5	1	ra	1.49E03	3.00E03	0.00999	0.00	1.7	0.0	1	ra
	v	100	25	3.9	3.9	5.5	5.5	-0.4	1	ra	-4.80E02	2.48E03	113.4	1	ra	5.53E02	-2.40E03	0.00999	0.00	0.4	0.0	1	ra

Combinazione frequente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c			
23	o	50	25	3.1	3.1	6.7	6.7	-13.8	9	fr	4.34E02	-2.68E04	587.8	9	fr	4.34E02	-2.68E04	0.00	0.40	5.4	0.0	1	fr
	v	63	25	2.4	2.4	5.5	5.5	-0.8	9	fr	2.66E02	-1.97E03	109.5	9	fr	2.66E02	-1.97E03	0.00	0.40	0.5	0.0	1	fr
27	o	85	25	6.2	6.2	6.7	6.7	-11.9	9	fr	9.54E02	-4.19E04	489.0	9	fr	9.54E02	-4.19E04	0.00	0.40	5.1	0.0	1	fr
	v	50	25	2.4	2.4	5.5	5.5	-1.0	9	fr	-1.74E01	-1.96E03	41.8	9	fr	-1.74E01	-1.96E03	0.00	0.40	0.4	0.0	1	fr
47	o	50	25	3.1	3.1	6.7	6.7	-1.1	8	fr	1.26E02	2.15E03	113.8	9	fr	3.98E02	2.07E03	0.00	0.40	0.7	0.0	1	fr
	v	100	25	3.9	3.9	5.5	5.5	-0.2	9	fr	1.88E02	-1.05E03	41.8	9	fr	1.88E02	-1.05E03	0.00	0.40	0.2	0.0	1	fr

Combinazione quasi permanente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c			
23	o	50	25	3.1	3.1	6.7	6.7	-18.1	16	q	7.93E02	-3.50E04	808.1	16	q	7.93E02	-3.50E04	0.00	0.30	7.2	0.0	1	q.
	v	63	25	2.4	2.4	5.5	5.5	-0.9	16	q	3.92E02	-2.54E03	153.1	16	q	3.92E02	-2.54E03	0.00	0.30	0.6	0.0	1	q.
27	o	85	25	6.2	6.2	6.7	6.7	-15.7	16	q	1.55E03	-5.51E04	669.4	16	q	1.55E03	-5.51E04	0.00	0.30	6.8	0.0	1	q.
	v	50	25	2.4	2.4	5.5	5.5	-1.2	16	q	-8.80E01	-2.64E03	52.1	16	q	-2.55E01	-2.48E03	0.00	0.30	0.4	0.0	1	q.
47	o	50	25	3.1	3.1	6.7	6.7	-2.0	13	q	2.97E02	3.78E03	219.9	16	q	8.11E02	3.57E03	0.00	0.30	1.3	0.0	1	q.
	v	100	25	3.9	3.9	5.5	5.5	-0.2	16	q	-3.19E02	1.32E03	58.3	16	q	2.73E02	-1.35E03	0.00	0.30	0.2	0.0	1	q.

Parete a "Fondazione - Falda 1"

Parete fra le coordinate in pianta (3395;2412) (3520;2412)
da quota -25 a quota 156

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

44	o	50	25	4.6	4.6	6.7	6.7	-2.0	9	fr	-9.51E01	4.72E03	50.5	9	fr	-9.51E01	4.72E03	0.00	0.40	0.8	0.0	1	fr
	v	100	25	3.9	3.9	5.5	5.5	-0.1	9	fr	-3.12E01	-3.88E02	1.4	9	fr	-3.12E01	-3.88E02	0.00	0.40	0.0	0.0	1	fr
58	o	62	25	4.6	4.6	6.7	6.7	-0.4	9	fr	-4.43E02	1.23E03	-2.7	9	fr	-4.43E02	1.23E03	0.00	0.40	0.0	0.0	1	fr
	v	50	25	2.4	2.4	5.5	5.5	-4.3	9	fr	2.59E02	-8.49E03	259.4	9	fr	2.59E02	-8.49E03	0.00	0.40	1.8	0.0	1	fr

Combinazione		quasi permanente										Wk (mm)		Wklim		st		Sm (mm)		c			
nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sF	c	N	M	Wk	Wklim	st	Sm	c	c		
38	o	50	25	6.2	6.2	6.7	6.7	-11.3	16	q	2.30E02	-2.98E04	320.5	16	q	2.30E02	-2.98E04	0.00	0.30	5.7	0.0	1	q.
	v	63	25	2.7	2.7	5.5	5.5	-0.3	16	q	-2.28E02	-8.15E02	-1.1	3	q.	-1.24E02	2.80E01	0.00	0.30	0.0	0.0	1	q.
44	o	50	25	4.6	4.6	6.7	6.7	-2.9	16	q	-4.53E01	6.84E03	84.1	16	q.	-4.53E01	6.84E03	0.00	0.30	1.2	0.0	1	q.
	v	100	25	3.9	3.9	5.5	5.5	-0.1	16	q	-3.67E01	-5.76E02	5.1	3	q.	3.93E01	-6.37E00	0.00	0.30	0.0	0.0	1	q.
58	o	62	25	4.6	4.6	6.7	6.7	-0.6	16	q	-5.65E02	1.63E03	-3.3	16	q.	-5.65E02	1.63E03	0.00	0.30	0.0	0.0	1	q.
	v	50	25	2.4	2.4	5.5	5.5	-5.8	16	q	3.43E02	-1.14E04	347.4	16	q.	3.43E02	-1.14E04	0.00	0.30	2.4	0.0	1	q.

8.3.2 Verifiche platee C.A.

Nodo: indice del nodo di verifica

Dir.: direzione della sezione di verifica

B: base della sezione rettangolare di verifica [m]

H: altezza della sezione rettangolare di verifica [m]

A. sup.: area barre armatura superiori [m²]

C. sup.: distanza media delle barre superiori dal bordo superiore della sezione [m]

A. inf.: area barre armatura inferiori [m²]

C. inf.: distanza media delle barre inferiori dal bordo inferiore della sezione [m]

Comb.: combinazione di verifica

M: momento flettente [kN*m]

N: sforzo normale [kN]

Mu: momento flettente ultimo [kN*m]

Nu: sforzo normale ultimo [kN]

c.s.: coefficiente di sicurezza

Verifica: stato di verifica

σc: tensione nel calcestruzzo [kN/m²]

σlim: tensione limite [kN/m²]

Es/Ec: coefficiente di omogenizzazione

σf: tensione nell'acciaio d'armatura [kN/m²]

Le unità di misura delle verifiche elencate nel capitolo sono in [m, kN] ove non espressamente specificato.

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 450000

Calcestruzzo: C25/30 Rck 30000

Sistema di riferimento e direzioni di armatura

Le coordinate citate nel seguito sono espresse in un sistema di riferimento cartesiano con origine in (36.358; 28.556; 0), direzione dell'asse X = (0.01; 0; 0), direzione dell'asse Y = (0; 0.01; 0).

Le direzioni XY di armatura e le sezioni XY di verifica sono individuate dagli assi del sistema di riferimento.

Verifiche nei nodi

Verifiche SLU flessione nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
32	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	SLV 13	6.9704	-0.04	17.4572	-0.11	2.5045	Si
12	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	SLU 4	8.6343	0.13	22.5392	0.34	2.6104	Si
30	X	1	0.25	0.000565	0.068	0.000565	0.068	SLV 13	7.0708	0.07	37.5026	0.37	5.3039	Si
10	X	1	0.25	0.000565	0.068	0.000565	0.068	SLU 4	8.5871	-0.18	47.04	-0.97	5.478	Si
17	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	SLU 4	-4.0238	-0.13	-22.6319	-0.72	5.6245	Si

Verifiche SLU taglio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved	N	Vrd	Vrdc	Vrsd	Vrzd	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
------	------	---	---	---------	---------	---------	---------	--------	---------	-------	-----	---	-----	------	------	------	-------	-----	------	----------

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved.	N	Vrd	Vrdc	Vrsd	Vrcd	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
32	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	0	0	SLU 4	21.36	-0.06	44.96	44.96	0	199.25	2.5	0.0002827	2.1045	Si
12	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	0	0	SLU 4	-19.39	0.13	44.95	44.95	0	199.24	2.5	0.0002827	2.3185	Si
13	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	0	0	SLU 4	-19.36	0.03	44.95	44.95	0	199.24	2.5	0.0002827	2.3214	Si
35	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	0	0	SLU 4	-10.58	0.01	44.95	44.95	0	199.24	2.5	0.0002827	4.2494	Si
32	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	0	0	SLU 4	-10.58	-0.23	44.98	44.98	0	199.27	2.5	0.0002827	4.2517	Si

Verifiche SLE tensione calcestruzzo nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	oc	olim	Es/Ec	Verifica
32	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	SLE RA 1	10.4855	-0.07	-1932	14940	15	Si
12	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	SLE RA 1	10.1432	0.15	-1867	14940	15	Si
32	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	SLE QP 16	6.8689	-0.04	-1266	11205	15	Si
12	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	SLE QP 16	6.6367	0.08	-1222	11205	15	Si
30	X	1	0.25	0.000565	0.068	0.000565	0.068	SLE RA 1	10.1033	0.1	-930	14940	15	Si

Verifiche SLE tensione acciaio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	of	olim	Es/Ec	Verifica
32	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	SLE RA 1	10.4855	-0.07	13203	360000	15	Si
12	X	0.5	0.25	0.000283	0.068	0.000283	0.068	SLE RA 1	10.1432	0.15	12797	360000	15	Si
4	Y	0.5	0.25	0.000283	0.056	0.000283	0.056	SLE RA 1	-4.9152	0.37	7399	360000	15	Si
38	Y	0.5	0.25	0.000283	0.056	0.000283	0.056	SLE RA 1	-4.8799	0.42	7351	360000	15	Si
30	X	1	0.25	0.000565	0.068	0.000565	0.068	SLE RA 1	10.1033	0.1	6370	360000	15	Si

9. CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO

Le strutture di fondazione del tombino scatolare sono costituite da una platea in c.a. di spessore pari a 60 cm, con larghezza pari a 9.00 m e sviluppo di 47 m (lunghezza del tombino), il cui piano di posa è disposto ad una profondità di 5.60 m circa.

9.1 VALUTAZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO

La rigidità delle molle, attraverso la quale viene schematizzata l'interazione terreno-struttura, viene calcolata utilizzando un coefficiente di sottofondo pari a 91000 kN/m³.

Tale valore è stato valutato mediante la metodologia di Joseph E. Bowles, che permette di stimare la costante di Winkler verticale per fondazioni superficiali rettangolari sulla base della capacità portante (carico ultimo) della fondazione, calcolata tramite la formula di Hansen, con la seguente formula:

$$k = 40 \times q_{lim}$$

dove la resistenza ultima del terreno corrisponde ad un cedimento $w = 2.5$ cm, limite per le condizioni di esercizio di una struttura.

In relazione al valore di capacità portante calcolato nei paragrafi successivi si ottiene: $k = 40 \times 2267 = 90685$ kN/m³. Pertanto in sede di modellazione è stato assunto un valore della costante di sottofondo pari a 91000 kN/m³.

9.2 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL COMPLESSO TERRENO-FONDAZIONE

Per il calcolo del carico limite della fondazione del tombino si utilizza la formula di Brinch-Hansen. La verifica viene condotta allo stato limite ultimo secondo l'Approccio di progetto 2:

- Combo 1 : A1 + M1 + R3

In accordo con le sezioni di progetto e con i profili geotecnici, la platea di fondazione dei manufatti di scarico risulta interessare il litotipo UG0. Pertanto ai fini della verifica della capacità portante si impiegano le caratteristiche di questo litotipo.

I calcoli per la valutazione della pressione limite di progetto sono riepilogati nelle tabelle di seguito:

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

AZIONI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

$F_x =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza di taglio in direzione X (Direzione parallela alla base)
$F_y =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza di taglio in direzione Y (Direzione parallela alla lunghezza)
$F_z =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_x =$	<input type="text" value="0,00"/>	kNm	Momento in direzione X
$M_y =$	<input type="text" value="0,00"/>	kNm	Momento in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE

$B =$	<input type="text" value="1,25"/>	m	Base
$L =$	<input type="text" value="2,40"/>	m	Lunghezza
$H =$	<input type="text" value="0,25"/>	m	Altezza
$D =$	<input type="text" value="1,70"/>	m	Profondità piano di posa
$\alpha =$	<input type="text" value="0"/>	°	Inclinazione del piano di posa

Considera peso proprio fondazione

$\gamma_n =$	<input type="text" value="25,00"/>	kN/m ³	Peso per unità di volume fondazione
$P_n =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Peso proprio plinto

AZIONI DALLA BASE DELLA FONDAZIONE

Considera momenti di trasporto

$F_{xd} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza di taglio in direzione X
$F_{yd} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza di taglio in direzione Y
$F_{zd} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_{xd} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kNm	Momento in direzione X
$M_{yd} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kNm	Momento in direzione Y
$V =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Componente verticale del carico
$H =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Componente orizzontale del carico
$\theta_v =$	<input type="text" value="0,00"/>	°	Inclinazione del carico rispetto alla verticale
$\theta_H =$	<input type="text" value="90,00"/>	°	Inclinazione del carico orizzontale rispetto alla direzione della lunghezza
$e_x =$	<input type="text" value="0,00"/>	m	Eccentricità in direzione X
$e_y =$	<input type="text" value="0,00"/>	m	Eccentricità in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE RIDOTTA

$B' =$	<input type="text" value="1,25"/>	m	Base ridotta
$L' =$	<input type="text" value="2,40"/>	m	Lunghezza ridotta
$A' =$	<input type="text" value="3,00"/>		Area ridotta

PARAMETRI DEL TERRENO

$\gamma =$	<input type="text" value="18"/>	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di fondazione
$\phi =$	<input type="text" value="35"/>	°	Angolo di attrito
$c =$	<input type="text" value="0"/>	kN/m ²	Coesione efficace
$c_u =$	<input type="text" value="0"/>	kN/m ²	Coesione non drenata
$\gamma_r =$	<input type="text" value="25"/>	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di riempimento laterale
$K_0 =$	<input type="text" value="3,690"/>		Coefficiente di spinta passiva
$q =$	<input type="text" value="42,50"/>	kN/m ²	Pressione litostatica alla profondità del piano di posa

PROLUNGAMENTO DEI TOMBINI CIRCOLARI E SCARICHI ESISTENTI
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

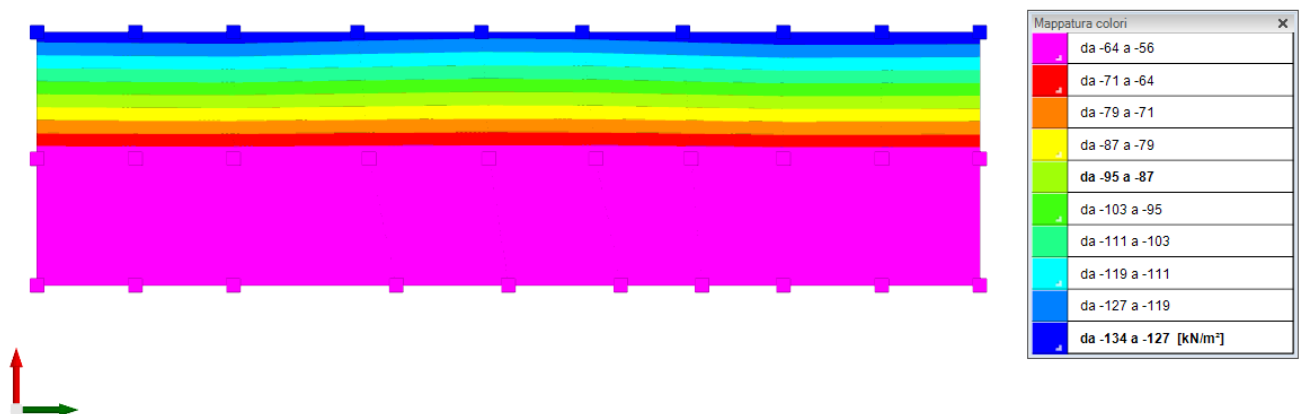
PARAMETRI DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE (BRINCH-HANSEN)

$k=$	0,94	Fattore di profondità
$m_b=$	1,66	Parametro di forma per carico agente in direzione della base
$m_l=$	1,34	Parametro di forma per carico agente in direzione della lunghezza
$m=$	1,66	Parametro di forma complessivo
$N_c=$	46,12	Fattori di capacità portante
$N_q=$	33,30	
$N_r=$	45,23	
$s_c=$	1,31	Fattori di forma
$s_q=$	1,30	
$s_r=$	0,84	
$b_c=$	1,00	Fattori di inclinazione del piano di posa
$b_q=$	1,00	
$b_r=$	1,00	
$i_c=$	1,00	Fattori di inclinazione del carico
$i_q=$	1,00	
$i_r=$	1,00	

PRESSIONI LIMITE ED AMMISSIBILI

Condizioni drenate	
F.S.=	2,3
$Q_{LIM}=$	2267,135 kN/m ²
$Q_{R,D}=$	985,71 kN/m ²
	Fattore di sicurezza
	Pressione limite
	Pressione resistente di progetto

La verifica della capacità portante del complesso terreno fondazione viene effettuata confrontando le pressioni esercitate dalla struttura sul terreno, ottenute dall'analisi ad elementi finiti, con la pressione resistente limite precedentemente determinata. I valori massimi delle pressioni sul terreno sono riportati graficamente nello schema seguente:



Essendo la pressione sul terreno inferiore a quella limite di progetto la verifica risulta soddisfatta.