



**STUDIO MACRI'
TECNICI ASSOCIATI**

Progetti integrati
d' Ingegneria
ed Architettura

RECAPITI e - mail:
studiomacriz@outlook.com
studiomacriassociati@hotmail.it
[pec: domenico.macri1@ingpec.eu](mailto:pec:domenico.macri1@ingpec.eu)

SEDE OPERATIVA ED
AMM.VA
Centro Lucrezia della Valle
Via Lucrezia della Valle n.19/40

88100 CATANZARO (CZ)

Tel. e Fax 0961 753475

COMUNE DI CARDINALE

(PROVINCIA DI CATANZARO)

PERIZIA DI VARIANTE E SUPPLETIVA

DATA:		
FEBBRAIO 2026	PROGETTISTA :	DIRETTORE DEI LAVORI:
	ING. DOMENICO MACRI'	ING. DOMENICO MACRI'

	TITOLO DEL PROGETTO:
	INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DELLE PENDICI SOVRASTANTI IL CENTRO STORICO DEL COMUNE DI CARDINALE – CODICE CZ042A/10.

Prot. Dis.	Modifiche:	1
	Sostituisce il N.	2
	Sostituito dal N.	3
ALL. N.	Oggetto del Disegno:	
A7.3.	TOMBINO IN C.A. MARCHESE-GIACCO - TIPOLOGIA 01 - TRATTO NR.1 - RELAZIONI DI CALCOLO	
1.1.V		

SCALA:	ENTE APPALTANTE:
	COMMISSARIO DEL GOVERNO per il contrasto dissesto R. Calabria- info@pec.dissestocalabria.it
	RESPONSABILE U.P. – Geom. A. FALVO- e-mail: a.falvo@dissestocalabria.it

A TERMINI DI LEGGE – ART. 2578 DEL C.C. CI RISERVIAMO L'ESCLUSIVA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO TECNICO, CON DIVIETO DI COPIARLO O RIPRODURLO SENZA IL NOSTRO CONSENSO SCRITTO

RELAZIONE DI CALCOLO

Comune:

Titolo del progetto:

Committente:

Opera:

Data:

Progettista:

Sommario:

Descrizione generale dell'opera	3
Normativa di riferimento	4
Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento	4
Materiali impiegati e resistenze di calcolo	5
Terreno di fondazione	6
Analisi dei carichi	7
Valutazione dell'azione sismica	7
Spettri di risposta	8
Elementi di fondazione	9
Metodo di analisi e criteri di verifica	9
Percentuali Spostamento masse impalcati	10
Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale	10
Periodi di vibrazione e Masse modali	11
Azioni sulla struttura	15
Scenario di calcolo	16
Codice di calcolo impiegato	18
Verifica degli elementi strutturali	19
Criteri di verifica	20
Validazione del calcolo	23
Reazioni nodali	23
Reazioni Terreno	24
Taglianti di piano	24
Informazioni dell'elaborazione	30
Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza	31

Il Progettista

Descrizione generale dell'opera

Trattasi di struttura scatolare in c.a. della lunghezza complessiva di circa 300 ml. Realizzata a tratti che hanno diverse condizioni al contorno.

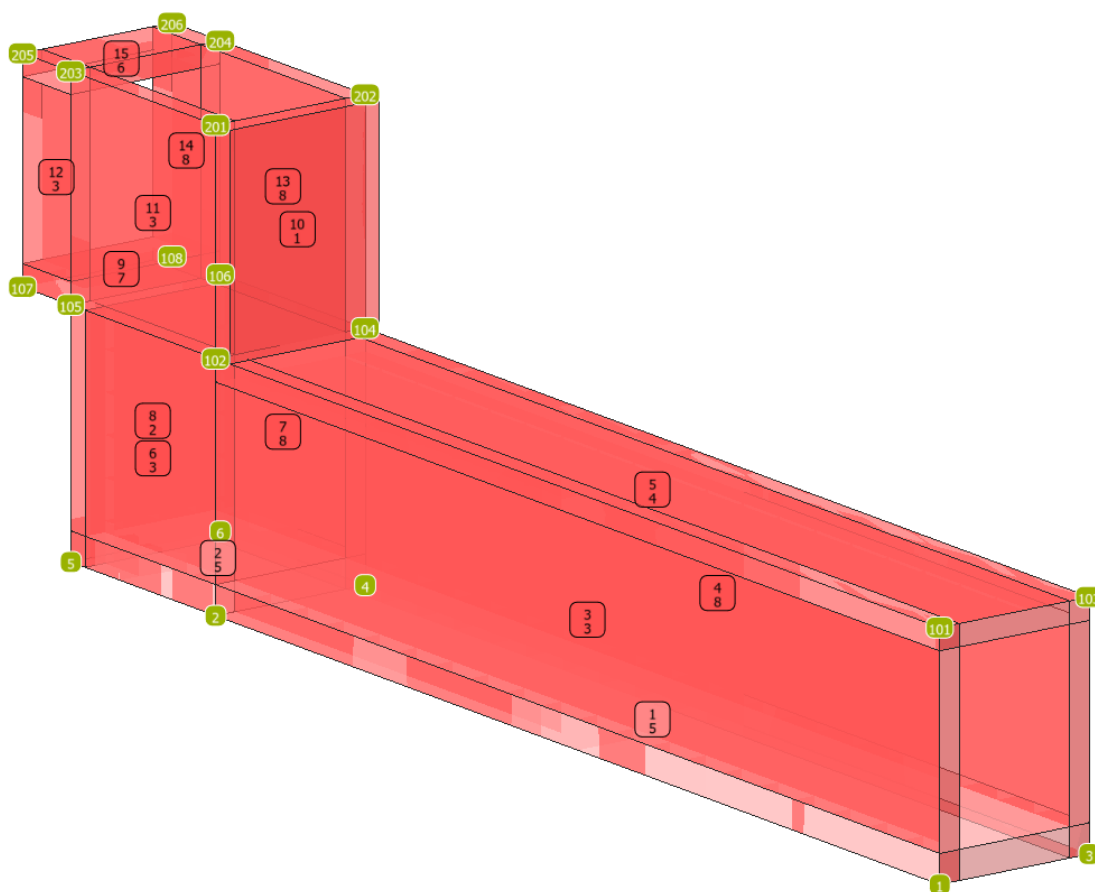
La struttura oggetto del presente calcolo è ubicata in CARDINALE (prov. di CATANZARO sulla collina "COSTA" II particella n.°nn/A foglio n.°ff. La lunghezza della struttura dei vari tronconi che compongono il canale di deflusso delle acque, è variabile da 10/12 ml a circa 30.00 ml. ; la sua sezione ha una forma rettangolare, ha dimensioni 2.1 m ed una altezza totale strutturale variabile tra 3.30m e 5.3m, (in relazione alla previsione o meno di sottofondazioni). Il piano delle fondazioni si trova da minimo a circa 1.5m a circa 3.3 ml. al di sotto del piano campagna attuale, in fase di realizzazione verranno asportati nei vari tratti alcuni m. di terreno, dove verrà attestata la fondazione a platea/con sottofondazioni.

Quanto interessa dalla presente relazione riguarda il tratto di imbocco, della lunghezza di circa 20,00 ml, collocato completamente incassato nel terreno e interrato superiormente, quindi con spinta del terreno e carico superiore.

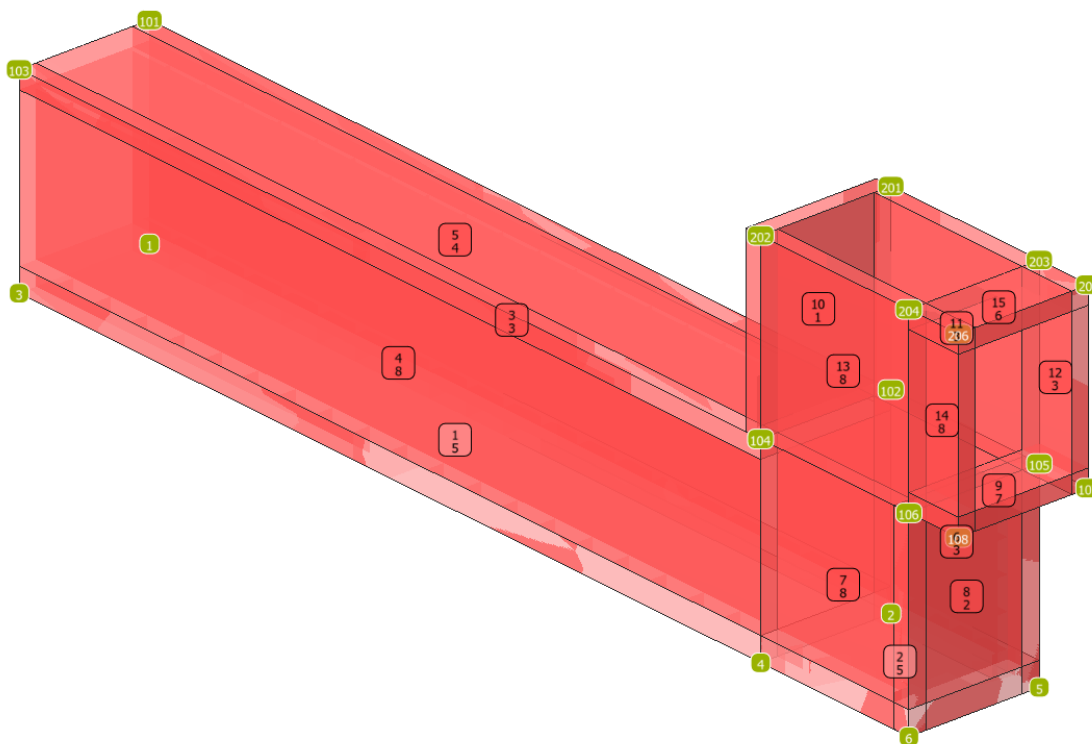
Le dimensioni del tombino scatolare, composto da una platea dello spessore di cm. 40, delle pareti e della soletta superiore di cm. 30, misura netta interna di ml. 1.5 x 2.50, oltre parte superiore per carico acque

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

Vista Anteriore



Vista Posteriore



Normativa di riferimento

Nel seguente elenco sono riportate le norme di riferimento secondo le quali sono state condotte le fasi di calcolo e verifica degli elementi strutturali:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico

D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni")

Nel seguito denominate NT (norme tecniche)

Nel caso in cui la progettazione coinvolga anche azioni di tipo geotecnico, le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) sono state condotte adottando l'Approccio Progettuale 2 previsto dalle NT.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

La costruzione in oggetto è definita dalla seguente tipologia (p.to 2.4 delle NT):

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	100.0
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso CU	1.500

Periodo di riferimento VR [anni]	150.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	150.9
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	1423.7

Per maggiori dettagli riguardo l'azione sismica si veda la definizione degli spettri di risposta

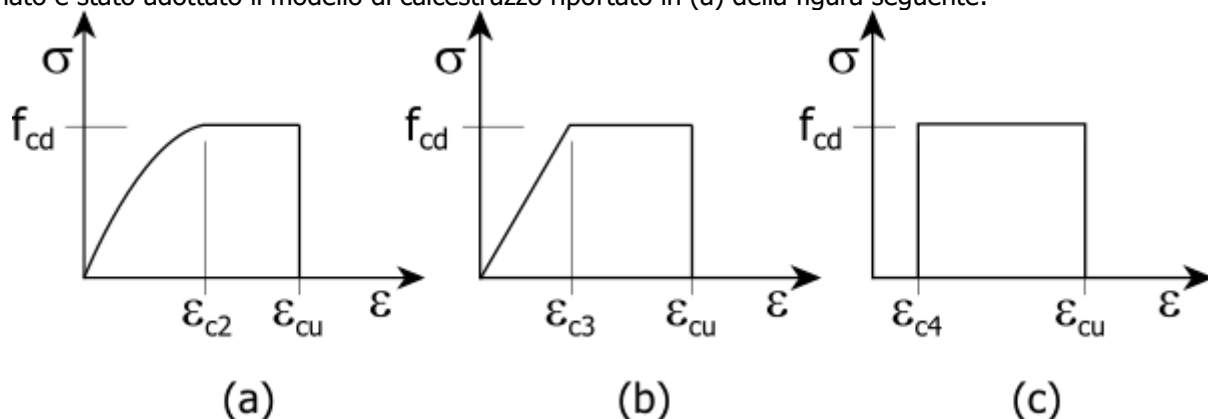
Materiali impiegati e resistenze di calcolo

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, di cui si riportano nell'ordine le proprietà meccaniche adottate nel calcolo elastico e le resistenze di calcolo per le verifiche di sicurezza:

Materiali		
C20/25		
Peso specifico	kg/mc	2500
Modulo di Young E	kg/cm ²	3E05
Modulo di Poisson ν		0.13
Coefficiente di dilatazione termica λ	1/°C	1e-05
C25/30		
Peso specifico	kg/mc	2500
Modulo di Young E	kg/cm ²	3E05
Modulo di Poisson ν		0.13
Coefficiente di dilatazione termica λ	1/°C	1e-05

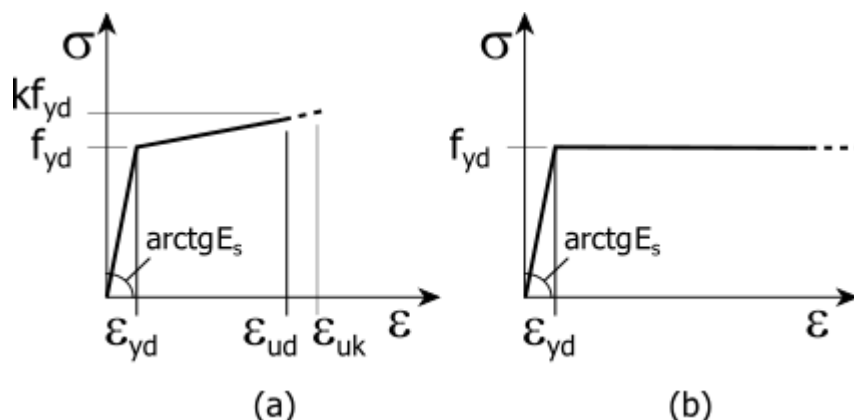
Caratteristiche dei materiali delle parti in calcestruzzo armato		
Classe calcestruzzo		Cl. C20/25
Resistenza cubica R_{ck}	kg/cm ²	250
Resistenza di calcolo f_{cd}	kg/cm ²	118
Resistenza a trazione di calcolo f_{ctd}	kg/cm ²	11
Resistenza cilindrica f_{ck}	kg/cm ²	208
Resistenza a trazione media f_{ctm}	kg/cm ²	23
Classe acciaio barre longitudinali		Acciaio barre B450C
Resistenza allo snervamento f_{yk}	kg/cm ²	≥ 4500
Resistenza alla rottura barre f_{tk}	kg/cm ²	≥ 5400
Classe acciaio staffe		Acciaio barre B450C
Resistenza allo snervamento f_{yk}	kg/cm ²	≥ 4500
Resistenza alla rottura barre f_{tk}	kg/cm ²	≥ 5400

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2 delle NT; in particolare per le verifiche delle sezioni in calcestruzzo armato è stato adottato il modello di calcestruzzo riportato in (a) della figura seguente:



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

ed il modello di acciaio riportato in a) o b) della figura seguente:



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione dell'acciaio per calcestruzzo.

La resistenza di calcolo è data da f_{yk} / γ_f . Il coefficiente di sicurezza è γ_f .

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa. Riguardo ai coefficienti di sicurezza parziali, alle deformazioni del calcestruzzo e dell'acciaio (modello incrudente) si faccia riferimento ai criteri di verifica nella sezione "Verifica Elementi Strutturali"

Terreno di fondazione

Le fondazioni del fabbricato in oggetto sono costituite da un insieme di: platea in conglomerato cementizio armato. La struttura di fondazione è posta ad una profondità media di m. 3 dal piano campagna e di dimensioni planimetriche massime pari a m.20 x 2.2. I valori delle tensioni sul piano di posa e le sollecitazioni negli elementi di fondazione, sono riportati nell'allegato 'Calcoli Strutturali'. Dalla Relazione Geologica redatta dal geologo Dr. Geol. Mariano Bellezza risulta che nell'area in oggetto, si ha un terreno di tipo B con la seguente stratigrafia:

N°	s	G	GSat.	Ø	A	OCR	c	cu	Eed	nu	Note
	cm	kg/mc	kg/mc	°			kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		
1	100	1800	1900	28	Si	--	0.00	0.00	2E02	0.3 2	Strato 1
2	800	2000	2100	30	Si	--	0.00	0.00	3E02	0.3	Strato 2

N° = Numero strato, s = spessore, G = peso specifico, GSat. = peso specifico saturo, OCR = grado di sovraconsolidazione, A = Addensato, c = coesione, cu = coesione non drenata, Eed = modulo edometrico, nu = coefficiente di Poisson

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione, pertanto, si sono assunti i parametri fisico-meccanici precedentemente indicati. Per maggiori dettagli riguardo i parametri che caratterizzano il terreno si rimanda alla relazione geologica e a quella geotecnica.

Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni contenute nel **D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni")**

I carichi adottati sono i seguenti: VEDI ANALISI DEI CARICHI

I carichi relativi ai pesi propri sono valutati in automatico in funzione della geometria degli elementi e del loro peso specifico. Maggiori dettagli a essi relativi sono riportati nel tabulato di calcolo, alla sezione dei carichi relativi alle aste, nodi e shell.

Valutazione dell'azione sismica

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 delle NT. La valutazione

degli spettri di risposta per un dato Stato Limite avviene attraverso le seguenti fasi:

- Definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, in base alle quali si determina il Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Determinazione, attraverso latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_o e T_c^* per lo Stato Limite di interesse; l'individuazione è stata effettuata interpolando i dati relativi ai 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio, secondo quanto disposto dall'allegato alle NTC "Pericolosità Sismica", dove:
 - a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
 - F_o : 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.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerati, per ogni direzione dell'azione sismica.

Oltre alla determinazione dei parametri sismici del sito si è considerata la tipologia di terreno, la posizione topografica e la tipologia strutturale (classe di duttilità, regolarità, ecc..) che ha condotto alla determinazione dei seguenti spettri di risposta:

Spettri di risposta

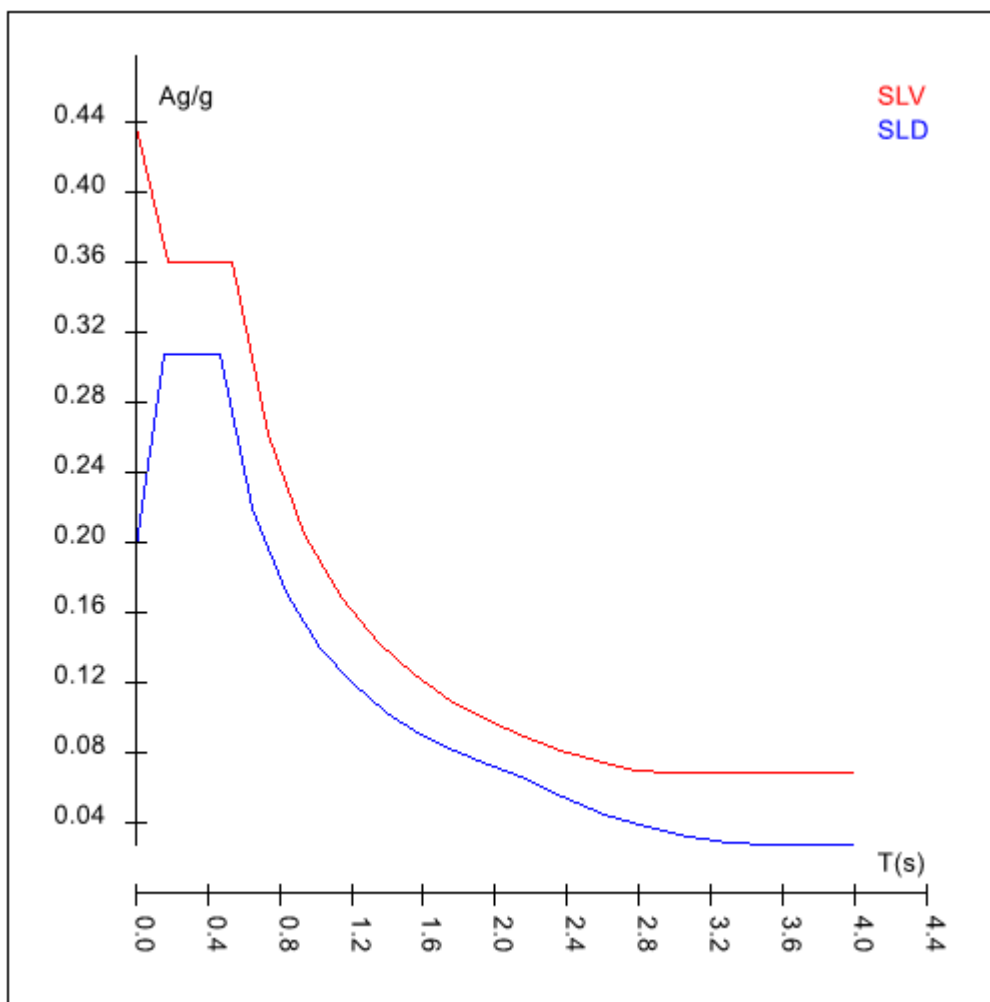
Spettro: **SpettroNT_ 2018 (q=1.5)**

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura.

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	100.0
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso CU	1.500
Periodo di riferimento VR [anni]	150.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	150.9
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	1423.7
Parametri del sito	
Comune	Cardinale (CZ)
Longitudine	16.3861
Latitudine	38.6424
Id reticolo del sito	42780-42781-43002-43003
Valori di riferimento del sito	
Accelerazione orizzontale massima del sito A_g/g - SLD (TR=150.9)	0.1361
Fattore di amplificazione dello spettro F_o - SLD (TR=150.9)	2.3549
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T^*C [s] - SLD (TR=150.9)	0.342
Accelerazione orizzontale massima del sito A_g/g - SLV (TR=1423.7)	0.3438
Fattore di amplificazione dello spettro F_o - SLV (TR=1423.7)	2.4700
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T^*C [s] - SLV (TR=1423.7)	0.408
Coefficiente Amplificazione Topografica St	1.200
Categoria terreno	B
Stato limite SLV	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.06
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro T_B [s]	0.18
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C [s]	0.54
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro T_D [s]	2.98
Stato limite SLD	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.20
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro T_B [s]	0.16
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C [s]	0.47
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro T_D [s]	2.14
Fattore di comportamento (SLV)	

Classe duttilità	B
Tipo progettazione	Dissipativa
Tipo struttura	Cemento armato
Fattore di riduzione per regolarità in altezza Kr- Struttura regolare	1.000000
Fattore di riduzione per rottura pareti Kw	1.000
Regolare in pianta	SI
Coefficiente moltiplicativo Ce - struttura a pareti non accoppiate	3.000
Fattore di comportamento q = Kw*Kr*Ce	3.000
Fattore di comportamento (SLD)	
q	1.500

T SLV [s]	Sd SLV[a/g]	T SLD [s]	Sd SLD[a/g]
0.00000	0.43747	0.00000	0.19604
0.17884	0.36019	0.15543	0.30776
0.53652	0.36019	0.46629	0.30776
0.73976	0.26123	0.65276	0.21985
0.94299	0.20493	0.83924	0.17100
1.14622	0.16860	1.02571	0.13991
1.34946	0.14321	1.21218	0.11839
1.55269	0.12446	1.39866	0.10260
1.75592	0.11006	1.58513	0.09053
1.95916	0.09864	1.77160	0.08100
2.16239	0.08937	1.95808	0.07329
2.36562	0.08169	2.14455	0.06692
2.56885	0.07523	2.37648	0.05449
2.77209	0.06971	2.60841	0.04523
2.97532	0.06877	2.84034	0.03815
3.18026	0.06877	3.07228	0.03261
3.38519	0.06877	3.30421	0.02819
3.59013	0.06877	3.53614	0.02723
3.79506	0.06877	3.76807	0.02723
4.00000	0.06877	4.00000	0.02723



Elementi di fondazione

Il calcolo della struttura di fondazione è condotto considerando le azioni che la struttura sovrastante le trasmette amplificate per un γ_{Rd} pari a 1,1 in CD "B" e 1,3 in CD "A", e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di comportamento per struttura non dissipativa ($1 < q < 1.5$) e non maggiori delle resistenze degli elementi sovrastanti la fondazione. Le precedenti limitazioni comprendono anche il caso di struttura calcolata con spettro elastico o con fattore di comportamento q relativo a struttura non dissipativa.

Metodo di analisi e criteri di verifica

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare. Le masse sono applicate nei nodi del modello. Tali masse sono ottenute considerando le reazioni vincolari di incastro perfetto che si ottengono per effetto dei carichi agenti sulle membrature che collegano i nodi. La risposta massima di una generica caratteristica E , conseguente alla sovrapposizione dei modi, è valutata con la tecnica della combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;
 ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
 β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state calcolate considerando varie posizioni del baricentro delle masse e composte secondo diverse combinazioni di posizioni prestabilite, come riportato in seguito; il risultato di tali combinazioni, successivamente, è stato composto con quello derivante dai carichi non sismici, secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche.

Per tener conto dell'aleatorietà della posizione del baricentro delle masse, per ogni impalcato si è considerato uno spostamento del centro di massa dalla sua posizione originaria di una quantità pari a una percentuale della dimensione della struttura nella direzione considerata. Le azioni risultanti dai calcoli per le varie posizioni delle masse, in fase di verifica vengono combinate al fine di ottenere le azioni più sfavorevoli; di seguito vengono riportate sia le posizioni che le combinazioni delle masse. Le due tabelle vanno lette nel seguente modo:

- la prima indica la percentuale della dimensione della struttura secondo cui viene spostato il baricentro ad ogni impalcato; lo spostamento è assegnato nelle due direzioni ortogonali secondo cui agisce il sisma e per ognuna di tali posizioni è eseguito un calcolo modale della struttura;
- la seconda tabella è usata in fase di verifica per la valutazione dell'azione sismica: l'effetto del sisma in una direzione è combinato con quello ortogonale di un'altra posizione con i fattori specificati nelle due colonne.

Percentuali Spostamento masse impalcati

Posizione	% Spostamento direzione X	% Spostamento direzione Y
1	0	-5
2	5	0
3	0	5
4	-5	0

Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale

Comb.	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy	Fz
1	1	2	1	0.3	0
2	1	2	0.3	1	0
3	1	4	1	0.3	0
4	1	4	0.3	1	0
5	3	2	1	0.3	0
6	3	2	0.3	1	0
7	3	4	1	0.3	0
8	3	4	0.3	1	0

- Comb. Numero di combinazione dei sismi
 Pos. SismaX Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione X
 Pos. SismaY Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione Y
 Fx Fattore con cui il sisma X partecipa
 Fy Fattore con cui il sisma Y partecipa
 Fz Fattore con cui il sisma Verticale partecipa (quando richiesto)

Ogni combinazione genera al massimo 8 sotto-combinazioni in base a tutte le combinazioni possibili dei segni di Fx ed Fy ed Fz.

Si è considerato un numero di modi di vibrazione sufficiente ad eccitare almeno l'85% della massa sismica in ogni posizione delle masse, di seguito si riportano i risultati salienti dell'analisi modale sia per il calcolo allo Stato Limite Ultimo che per quello di Esercizio.

Periodi di vibrazione e Masse modali

Scenario di calcolo: **Set_NT_ 2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

Posizione masse 1

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=21

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		s		kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.5241	135.001	-0.000	178730	0	91.42	0.00
2(2)	0.1213	0.000	-70.866	0	49249	0.00	25.19
3(3)	0.0965	-0.000	26.874	0	7083	0.00	3.62
4(4)	0.0708	-16.525	-0.000	2678	0	1.37	0.00
5(5)	0.0530	17.700	0.000	3072	0	1.57	0.00
6(7)	0.0298	0.000	5.445	0	291	0.00	0.15
7(8)	0.0254	23.707	0.000	5512	0	2.82	0.00
8(9)	0.0212	9.201	-0.000	830	0	0.42	0.00
9(10)	0.0206	-0.000	43.734	0	18757	0.00	9.59
10(12)	0.0175	0.000	-26.552	0	6914	0.00	3.54
11(13)	0.0165	-6.678	-0.007	437	0	0.22	0.00
12(14)	0.0165	-0.001	65.969	0	42677	0.00	21.83
13(17)	0.0142	-0.000	-6.810	0	455	0.00	0.23
14(18)	0.0133	0.000	15.703	0	2418	0.00	1.24
15(21)	0.0127	4.654	-0.000	212	0	0.11	0.00
16(22)	0.0119	-13.382	0.000	1756	0	0.90	0.00
17(24)	0.0109	0.000	-74.758	0	54807	0.00	28.03
18(25)	0.0107	0.000	12.208	0	1462	0.00	0.75
19(27)	0.0099	0.000	6.743	0	446	0.00	0.23
20(29)	0.0096	0.000	6.697	0	440	0.00	0.22
21(30)	0.0094	0.000	12.764	0	1598	0.00	0.82
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				193228	186596		
Masse strutturali libere [kgm*g]				195497	195497		
Percentuale				98.84	95.45	98.84	95.45

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
				kgm*g			
1(1)	0.5241	237.785		554484		8.41	
2(2)	0.1213	0.001		0		0.00	
3(3)	0.0965	-0.001		0		0.00	
4(4)	0.0708	-742.824		5411182		82.12	
5(5)	0.0530	237.812		554610		8.42	
6(7)	0.0298	0.000		0		0.00	
7(8)	0.0254	55.337		30030		0.46	
8(9)	0.0212	-81.416		65004		0.99	
9(10)	0.0206	-0.000		0		0.00	
10(12)	0.0175	-0.000		0		0.00	
11(13)	0.0165	30.335		9024		0.14	
12(14)	0.0165	0.003		0		0.00	
13(17)	0.0142	0.000		0		0.00	
14(18)	0.0133	0.000		0		0.00	
15(21)	0.0127	-36.090		12773		0.19	
16(22)	0.0119	184.823		334989		5.08	
17(24)	0.0109	0.000		0		0.00	
18(25)	0.0107	-0.000		0		0.00	
19(27)	0.0099	0.000		0		0.00	
20(29)	0.0096	0.000		0		0.00	
21(30)	0.0094	0.000		0		0.00	

Posizione masse 2

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=26

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		s		kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
1(1)	0.5332	134.413	0.043	177176	0	90.63	0.00
2(2)	0.1211	1.146	-75.255	13	55538	0.01	28.41
3(3)	0.0986	-4.892	-5.514	235	298	0.12	0.15
4(4)	0.0718	-21.621	-2.141	4584	45	2.34	0.02
5(5)	0.0566	13.713	0.813	1844	6	0.94	0.00
6(7)	0.0313	0.539	-12.146	3	1447	0.00	0.74
7(8)	0.0261	-11.332	-1.886	1259	35	0.64	0.02
8(9)	0.0231	21.716	0.558	4625	3	2.37	0.00
9(10)	0.0208	4.599	-39.260	207	15116	0.11	7.73
10(11)	0.0200	5.259	15.283	271	2290	0.14	1.17
11(12)	0.0175	3.788	-14.111	141	1953	0.07	1.00
12(13)	0.0170	3.197	14.177	100	1971	0.05	1.01
13(14)	0.0169	1.721	10.828	29	1150	0.01	0.59
14(15)	0.0154	-0.205	40.937	0	16434	0.00	8.41
15(16)	0.0151	1.530	56.159	23	30929	0.01	15.82
16(17)	0.0143	-13.164	5.518	1699	299	0.87	0.15
17(18)	0.0139	-1.161	-23.917	13	5610	0.01	2.87
18(19)	0.0131	6.175	4.041	374	160	0.19	0.08
19(20)	0.0129	2.824	12.840	78	1617	0.04	0.83
20(22)	0.0124	5.158	9.679	261	919	0.13	0.47
21(24)	0.0113	-4.326	9.144	184	820	0.09	0.42
22(25)	0.0112	3.071	29.940	92	8791	0.05	4.50
23(26)	0.0110	2.502	-40.477	61	16067	0.03	8.22
24(27)	0.0108	1.444	-49.991	20	24508	0.01	12.54
25(28)	0.0105	0.436	-4.985	2	244	0.00	0.12
26(29)	0.0097	-0.911	8.998	8	794	0.00	0.41
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				193304	187042		
Masse strutturali libere [kgm*g]				195497	195497		
Percentuale				98.88	95.67	98.88	95.67

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali kgm*g	Percentuali
1(1)	0.5332	103.338	104723	1.71
2(2)	0.1211	-5.460	292	0.00
3(3)	0.0986	-17.736	3085	0.05
4(4)	0.0718	-754.535	5583146	91.32
5(5)	0.0566	-61.336	36893	0.60
6(7)	0.0313	-9.054	804	0.01
7(8)	0.0261	-110.503	119748	1.96
8(9)	0.0231	2.052	41	0.00
9(10)	0.0208	-37.028	13445	0.22
10(11)	0.0200	-71.240	49771	0.81
11(12)	0.0175	-23.663	5491	0.09
12(13)	0.0170	-76.225	56980	0.93
13(14)	0.0169	47.885	22486	0.37
14(15)	0.0154	6.006	354	0.01
15(16)	0.0151	-3.379	112	0.00
16(17)	0.0143	116.407	132887	2.17
17(18)	0.0139	1.038	11	0.00
18(19)	0.0131	-6.639	432	0.01
19(20)	0.0129	-19.773	3834	0.06
20(22)	0.0124	-72.456	51483	0.84
21(24)	0.0113	44.935	19801	0.32
22(25)	0.0112	-48.660	23220	0.38
23(26)	0.0110	20.078	3953	0.06
24(27)	0.0108	-39.157	15036	0.25
25(28)	0.0105	6.494	414	0.01
26(29)	0.0097	-50.904	25411	0.42

Posizione masse 3

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=20

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
	s			kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.5425	133.889	0.000	175796	0	89.92	0.00
2(2)	0.1256	-0.000	70.127	0	48228	0.00	24.67
3(3)	0.0950	0.000	31.886	0	9970	0.00	5.10
4(4)	0.0733	25.992	0.000	6625	0	3.39	0.00
5(5)	0.0569	-7.905	-0.000	613	0	0.31	0.00
6(6)	0.0335	-4.776	0.000	224	0	0.11	0.00
7(7)	0.0321	0.000	17.014	0	2839	0.00	1.45
8(9)	0.0235	21.839	0.000	4677	0	2.39	0.00
9(10)	0.0204	-0.000	38.560	0	14581	0.00	7.46
10(11)	0.0198	-11.289	0.000	1250	0	0.64	0.00
11(14)	0.0169	0.000	-18.710	0	3433	0.00	1.76
12(15)	0.0160	-17.939	-0.000	3156	0	1.61	0.00
13(16)	0.0151	-0.000	26.559	0	6917	0.00	3.54
14(17)	0.0140	-0.000	53.857	0	28445	0.00	14.55
15(18)	0.0138	7.443	0.000	543	0	0.28	0.00
16(19)	0.0133	0.000	-65.866	0	42545	0.00	21.76
17(20)	0.0129	0.000	4.801	0	226	0.00	0.12
18(23)	0.0123	-0.000	-9.973	0	975	0.00	0.50
19(27)	0.0107	-0.000	52.280	0	26803	0.00	13.71
20(30)	0.0097	-8.484	-0.000	706	0	0.36	0.00
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				193590	184963		
Masse strutturali libere [kgm*g]				195497	195497		
Percentuale				99.02	94.61	99.02	94.61

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1(1)	0.5425	-26.207	6735	0.12
2(2)	0.1256	-0.001	0	0.00
3(3)	0.0950	0.001	0	0.00
4(4)	0.0733	645.960	4091962	72.58
5(5)	0.0569	333.312	1089486	19.32
6(6)	0.0335	8.441	699	0.01
7(7)	0.0321	0.000	0	0.00
8(9)	0.0235	77.998	59661	1.06
9(10)	0.0204	-0.000	0	0.00
10(11)	0.0198	81.367	64926	1.15
11(14)	0.0169	-0.000	0	0.00
12(15)	0.0160	129.695	164955	2.93
13(16)	0.0151	0.000	0	0.00
14(17)	0.0140	-0.000	0	0.00
15(18)	0.0138	17.824	3115	0.06
16(19)	0.0133	0.000	0	0.00
17(20)	0.0129	0.000	0	0.00
18(23)	0.0123	-0.000	0	0.00
19(27)	0.0107	0.001	0	0.00
20(30)	0.0097	35.673	12480	0.22

Posizione masse 4

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=26

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
	s			kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.5332	134.413	-0.043	177176	0	90.63	0.00
2(2)	0.1211	-1.146	-75.255	13	55538	0.01	28.41
3(3)	0.0986	4.892	-5.514	235	298	0.12	0.15

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
4(4)	0.0718	-21.621	2.141	4584	45	2.34	0.02
5(5)	0.0566	13.713	-0.813	1844	6	0.94	0.00
6(7)	0.0313	-0.539	-12.146	3	1447	0.00	0.74
7(8)	0.0261	11.332	-1.886	1259	35	0.64	0.02
8(9)	0.0231	21.716	-0.558	4625	3	2.37	0.00
9(10)	0.0208	4.599	39.260	207	15116	0.11	7.73
10(11)	0.0200	5.259	-15.283	271	2290	0.14	1.17
11(12)	0.0175	-3.788	-14.110	141	1953	0.07	1.00
12(13)	0.0170	-3.197	14.177	100	1971	0.05	1.01
13(14)	0.0169	-1.721	10.827	29	1150	0.01	0.59
14(15)	0.0154	0.205	40.937	0	16434	0.00	8.41
15(16)	0.0151	-1.530	56.159	23	30929	0.01	15.82
16(17)	0.0143	-13.164	-5.518	1699	299	0.87	0.15
17(18)	0.0139	1.161	-23.917	13	5610	0.01	2.87
18(19)	0.0131	6.175	-4.041	374	160	0.19	0.08
19(20)	0.0129	-2.824	12.840	78	1617	0.04	0.83
20(22)	0.0124	-5.158	9.679	261	919	0.13	0.47
21(24)	0.0113	4.326	9.144	184	820	0.09	0.42
22(25)	0.0112	-3.071	29.941	92	8791	0.05	4.50
23(26)	0.0110	2.502	40.476	61	16066	0.03	8.22
24(27)	0.0108	-1.444	-49.991	20	24508	0.01	12.54
25(28)	0.0105	0.436	4.985	2	244	0.00	0.12
26(29)	0.0097	0.911	8.998	8	794	0.00	0.41
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				193304	187042		
Masse strutturali libere [kgm*g]				195497	195497		
Percentuale				98.88	95.67	98.88	95.67

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1(1)	0.5332	103.338	104723	1.71
2(2)	0.1211	5.462	293	0.00
3(3)	0.0986	17.734	3084	0.05
4(4)	0.0718	-754.535	5583146	91.32
5(5)	0.0566	-61.336	36894	0.60
6(7)	0.0313	9.054	804	0.01
7(8)	0.0261	110.503	119748	1.96
8(9)	0.0231	2.052	41	0.00
9(10)	0.0208	-37.028	13446	0.22
10(11)	0.0200	-71.240	49770	0.81
11(12)	0.0175	23.664	5491	0.09
12(13)	0.0170	76.224	56977	0.93
13(14)	0.0169	-47.887	22488	0.37
14(15)	0.0154	-6.006	354	0.01
15(16)	0.0151	3.379	112	0.00
16(17)	0.0143	116.407	132887	2.17
17(18)	0.0139	-1.039	11	0.00
18(19)	0.0131	-6.640	432	0.01
19(20)	0.0129	19.773	3834	0.06
20(22)	0.0124	72.456	51483	0.84
21(24)	0.0113	-44.936	19802	0.32
22(25)	0.0112	48.658	23218	0.38
23(26)	0.0110	20.078	3953	0.06
24(27)	0.0108	39.157	15036	0.25
25(28)	0.0105	6.494	414	0.01
26(29)	0.0097	50.904	25411	0.42

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del **D.M. 17.01.2018**. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, sono assegnati alle aste in modo automatico in relazione all'influenza delle diverse aree di carico. I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste. In presenza di platee il tamponamento è inserito considerando delle aste a sezione nulla la cui funzione è quella di ripartire il carico sui nodi degli elementi della platea ad essa collegati. Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite. Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

I solai, oltre a generare le condizioni di carico per carichi fissi e variabili, generano anche altre condizioni di carico che derivano dal carico accidentale moltiplicato per i coefficienti di contemporaneità ψ_0 , ψ_1 e ψ_2 da utilizzare per le varie combinazioni di carico e per la determinazione delle masse sismiche.

Le azioni sono state assegnate su aste e piastre, definendo le seguenti condizioni di carico:

Descrizione	Tipo
Peso Proprio	Automatica
Spinta terreno	Utente
Schema di Carico 1	Utente
Q permanente no strutturale	Utente
Idrostatico	Utente

In fase di combinazione delle condizioni di carico si è agito su coefficienti moltiplicatori delle condizioni per definirne l'esatto contributo, sia in termini di carico che di massa; sono stati infine definiti gli scenari di calcolo come gruppi omogenei di combinazioni di carico. Di seguito vengono riportate le combinazioni di carico usate per lo Stato Limite Ultimo e per lo Stato Limite di Esercizio. Le verifiche sono riportate nel fascicolo dei calcoli. Le tabelle riportano nell'ordine:

- Il nome della combinazione di carico.
- Il tipo di analisi svolta:
 - STR=Strutturale,
 - Statica STR=Sismica statica Strutturale,
 - Modale STR=Sismica modale strutturale,
 - SLE Rara=Stato Limite Esercizio combinazione rara,
 - SLE Freq=Stato Limite Esercizio combinazione frequente,
 - SLE Q.Perm=Stato Limite Esercizio combinazione quasi Permanente,
 - GEO=Geotecnica,
 - Statica GEO=Sismica Statica Geotecnica,
 - Modale GEO=Sismica modale Geotecnica,
 - STR+GEO=Strutturale+Geotecnica,
 - Statica STR+GEO=Sismica Statica Strutturale+Geotecnica,
 - Modale STR+GEO=Sismica modale Strutturale+Geotecnica,
 - Modale SLE= Combinazione sismica modale con spettro di progetto SLD,
 - Statica SLE=Combinazione sismica statica con spettro di progetto SLD.

I termini "**Strutturale**", "**Geotecnica**" e "**Strutturale+Geotecnica**" indicano rispettivamente che la combinazione è usata dal programma per la determinazione delle verifiche di resistenza degli elementi strutturali, delle sole verifiche geotecniche, sia per le verifiche strutturali che geotecniche.

- Lo spettro usato, se sismica.
- Il fattore amplificativo del sisma.
- L'angolo di ingresso del sisma, se trattasi di analisi sismica.
- Il nome della condizione di carico.
- Il fattore di combinazione per i carichi verticali.
- Se la condizione (con il suo coefficiente di peso) è inclusa nella combinazione (colonna Attiva).
- Se la condizione partecipa alla determinazione della massa (colonna Massa).
- Il fattore con cui partecipa alla determinazione della massa (se non è esclusa dalla determinazione della massa).

Scenario di calcolo

Scenario : Set_NT_ 2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO

Combinazione n° 1: Solo Permanenti

Tipo: STR
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 0.60

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1.3	Si	n.a.	n.a.
Schema di Carico 1	1	No	n.a.	n.a.
Q permanente no strutturale	1.5	Si	n.a.	n.a.
Idrostatico	1	No	n.a.	n.a.

Combinazione n° 2: AD QVSolai

Tipo: STR+GEO
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 0.90

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1.3	Si	n.a.	n.a.
Schema di Carico 1	1.5	Si	n.a.	n.a.
Q permanente no strutturale	1.5	Si	n.a.	n.a.
Idrostatico	1	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 3: SISMAX1_SLV

Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_ 2018 (q=1.5)
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
Schema di Carico 1	0.6	Si	No	0.6
Q permanente no strutturale	1	Si	Si	1
Idrostatico	1	Si	No	1

Combinazione n° 4: SISMAX1_SLV

Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_ 2018 (q=1.5)
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Schema di Carico 1	0.6	Si	No	0.6
Q permanente no strutturale	1	Si	Si	1
Idrostatico	1	Si	No	1

Combinazione n° 5: AD QVSolai

Tipo: SLE Rara
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1	Si	n.a.	n.a.
Schema di Carico 1	1	Si	n.a.	n.a.
Q permanente no strutturale	1	Si	n.a.	n.a.
Idrostatico	1	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 6: AD QVSolai

Tipo: SLE Freq.
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1	Si	n.a.	n.a.
Schema di Carico 1	0.7	Si	n.a.	n.a.
Q permanente no strutturale	1	Si	n.a.	n.a.
Idrostatico	1	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 7: Quasi P1

Tipo: SLE Q.Perm.
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1	Si	n.a.	n.a.
Schema di Carico 1	0.6	Si	n.a.	n.a.
Q permanente no strutturale	1	Si	n.a.	n.a.
Idrostatico	1	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 8: SISMAX_SLD

Tipo: Modale SLE
 Spettro: SpettroNT_ 2018 (q=1.5)
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
Schema di Carico 1	0.6	Si	No	0.6
Q permanente no strutturale	1	Si	Si	1
Idrostatico	1	Si	No	1

Combinazione n° 9: SISMAY_SLD

Tipo: Modale SLE
 Spettro: SpettroNT_ 2018 (q=1.5)
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
Schema di Carico 1	0.6	Si	No	0.6
Q permanente no strutturale	1	Si	Si	1
Idrostatico	1	Si	No	1

Codice di calcolo impiegato

Autori:	dott. ing. Dario PICA prof. ing. Paolo BISEGNA dott. ing. Donato Sista
Produzione e distribuzione	SOFT.LAB srl via Borgo II - 82030 PONTE (BN) tel. ++39 (824) 874392 fax ++39 (824) 874431 internet: http://www.soft.lab.it e.mail: info@soft.lab.it
Sigla:	IperSpaceBIM 8.0.1
Licenza n.	Concesso in licenza a STUDIO MACRI' TECNICI ASSOCIA STUDIO MACRI' TECNICI ASSOCIA codice utente C00798

Il modello di calcolo assunto è di tipo spaziale e l'analisi condotta è una Analisi Elastica Lineare.

Il modello di calcolo è definito dalla posizione dei nodi collegati da elementi di tipo Beam o elementi di tipo shell, a comportamento sia flessionale che membranale; l'elemento finito shell utilizzato è anche in grado di esprimere una rigidità rotazionale in direzione ortogonale al suo piano.

L'analisi sismica utilizzata è l'analisi modale con Combinazione Quadratica Completa degli effetti del sisma. Il modello è stato analizzato sia per le combinazioni dei carichi verticali sia per le combinazioni di carico verticale e sisma. Un particolare chiarimento richiede la definizione delle masse nell'analisi sismica.

Pur avendo considerato il modello con impalcati rigidi non si rende necessario calcolare il modello con la metodologia del **MASTER-SLAVE**, in quanto gli impalcati rigidi sono stati modellati con elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza dei campi di solaio. Per ottenere tale modellazione il programma inserisce in automatico elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza del campo di solaio intercluso tra una maglia di travi; la loro rigidità membranale è sufficientemente alta da rendere il campo di solaio rigido nel proprio piano, ma tale da non condizionare in modo errato la matrice di rigidità della struttura.

Qualora una maglia di travi non sia collegata da solai, lo shell non viene inserito rendendo tale campo libero di deformarsi con il solo vincolo dato dalle travi; la rigidità flessionale delle travi è trascurabile rispetto a quella

degli elementi che contornano il campo, per cui lo shell impone un vincolo orizzontale solo nel piano dell'impalcato tra i nodi collegati; pertanto, non è necessario definire preventivamente il centro di massa e momento d'inerzia delle masse poiché le masse sono trasferite direttamente nei nodi del modello (modello Lumped Mass) dal codice di calcolo.

Il metodo per calcolare le masse nei nodi può essere quello per aree di influenza, ma questo richiederebbe l'intervento diretto dell'operatore; il codice di calcolo utilizza una metodologia leggermente più raffinata per tener conto del fatto che su un elemento il carico portato non è uniforme. Il codice di calcolo, infatti, considera i carichi presenti sull'asta, che sono stati indicati come quelli che contribuiscono alla formazione della massa (tipicamente $G + \psi_2 Q$) e calcola le reazioni di incastro perfetto verticali; tali reazioni divise per l'accelerazione di gravità g forniscono il contributo dell'elemento alla determinazione della massa del nodo e, sommando i contributi di tutti gli elementi che convergono nel nodo, si ottiene la massa complessiva.

Per gli elementi shell invece si utilizza il metodo delle aree di influenza: in ognuno dei 3 oppure 4 nodi che definiscono lo shell si assegna $1/3$ oppure $1/4$ del peso dell'elemento shell e $1/3$ oppure $1/4$ dell'eventuale carico variabile ridotto; sommando i contributi di tutti gli shell che convergono nel nodo si ottiene la massa da assegnare a quest'ultimo.

Verifica degli elementi strutturali

Le verifiche di resistenza degli elementi sono condotte considerando le sollecitazioni di calcolo ed imponendo che le resistenze siano superiori alle azioni. Gli elementi sono verificati e/o progettati applicando la gerarchia delle resistenze, in particolare la gerarchia flessione-taglio per la verifica/progetto dell'elemento e la gerarchia pilastro-trave per la determinazione delle resistenze del pilastro.

I criteri di verifica sono una raccolta di parametri usati in fase di verifica secondo le esigenze strutturali; ognuno di essi contiene i dati per tutti gli elementi; è sottinteso che nella verifica di un elemento (es. trave) non sono presi in considerazione i dati relativi agli altri elementi (ad es. se si verifica una trave non sono presi in considerazione i dati relativi a pilastri e shell, così come se si esegue una verifica agli SLU non sono presi in considerazione i dati relativi agli SLE). Ogni criterio di verifica è identificato da un nome a scelta dell'operatore, per cui nei tabulati di verifica il nome del criterio ne identifica i parametri usati.

Riguardo alle verifiche agli SLU le resistenze sono determinate in base a quanto specificato dalla norma attraverso il modello plastico-incrudente o elastico-perfettamente plastico. La verifica consiste nel controllare che, assegnate le sollecitazioni, le deformazioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori a quelle ultime; ciò equivale ad affermare che nello spazio tridimensionale N , M_y , M_z il punto rappresentativo delle sollecitazioni è interno al dominio di resistenza della sezione.

Le verifiche agli SLE riguardano le verifiche di:

- deformabilità degli impalcati con $\delta \leq 0.0050 \cdot h$;
- fessurazione;
- tensioni in esercizio.

Criteri di verifica

CLS_Platee		
Generici		
Resistenza caratteristica R_{ck}	kg/cmq	250
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre f_{yk}	kg/cmq	4500
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe f_{yk}	kg/cmq	4500
Deformazione unitaria ε_{c0}		0.002
Deformazione ultima ε_{cu}		0.0035
ε_{fu} (solo incrudimento)		0.0019
Modulo elastico E acciaio	kg/cmq	2E06
Copriferro di calcolo	cm	6.0
Copriferro di disegno	cm	5.0
Coefficiente di sicurezza γ_{Cl}		1.5
Coefficiente di sicurezza γ_{Acc}		1.15
Riduzione f_{cd} calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		Si
Generici N.T.		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$		1.00
Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento E_y/E_0		0.000
Campo Elastico per RES-SLV		No
Campo Elastico per RES-SLD		No
Elemento esistente		No

Generici D.M. 96 T.A.		
Tensione ammissibile σ_c	kg/cmq	85.0
Tensione ammissibile σ_c in trazione	kg/cmq	27.2
Tensione ammissibile σ_c acciaio	kg/cmq	2600.0
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	kg/cmq	5.3
Tensione tangenziale massima τ_{c1}	kg/cmq	16.9
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
Fessurazioni		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC3
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.300
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.400
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
Resistenza media a trazione f_{ctm}	kg/cmq	22.65
Coefficiente di breve o lunga durata k_t		0.40
Coefficiente di aderenza k_1		0.80
Tensioni ammissibili di esercizio		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl}	kg/cmq	124
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl}	kg/cmq	93
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione Freq.		No
Coefficienti di omogeneizzazione		
Acciaio - Cl s compresso		15
Cl s teso - Cl s compresso		0.5
Armatura muri		
Minima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione X	%	0.1
Minima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione Y	%	0.1
Massima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione X	%	2
Massima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione Y	%	2
Verifica muri		
Step incremento armatura	cmq	0.01
Verifica muri come pareti		No

CLS_Muri		
Generici		
Resistenza caratteristica R_{ck}	kg/cmq	250
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre f_{yk}	kg/cmq	4500
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe f_{yk}	kg/cmq	4500
Deformazione unitaria ε_{c0}		0.002
Deformazione ultima ε_{cu}		0.0035
ε_{fu} (solo incrudimento)		0.01
Modulo elastico E acciaio	kg/cmq	2E06
Copri ferro di calcolo	cm	6.0
Copri ferro di disegno	cm	5.0
Coefficiente di sicurezza γ_{Cl}		1.5
Coefficiente di sicurezza γ_{Acc}		1.15
Riduzione f_{cd} calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		Si
Generici N.T.		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$		1.00
Modello acciaio		Elasto-plastico
Campo Elastico per RES-SLV		No

Campo Elastico per RES-SLD		No
Elemento esistente		No
Generici D.M. 96 T.A.		
Tensione ammissibile σ_c	kg/cmq	85.0
Tensione ammissibile σ_c in trazione	kg/cmq	27.2
Tensione ammissibile σ_c acciaio	kg/cmq	2600.0
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	kg/cmq	5.3
Tensione tangenziale massima τ_{c1}	kg/cmq	16.9
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
Fessurazioni		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC3
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.300
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.400
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
Resistenza media a trazione f_{ctm}	kg/cmq	22.65
Coefficiente di breve o lunga durata k_t		0.40
Coefficiente di aderenza k_1		0.80
Tensioni ammissibili di esercizio		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl}	kg/cmq	124
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl}	kg/cmq	93
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione Freq.		No
Coefficienti di omogeneizzazione		
Acciaio - Cl s compresso		15
Cl s teso - Cl s compresso		0.5
Armatura muri		
Minima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione X	%	0.1
Minima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione Y	%	0.1
Massima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione X	%	2
Massima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione Y	%	2
Verifica muri		
Step incremento armatura	cmq	0.01
Verifica muri come pareti		No

CLS Solettone		
Generici		
Resistenza caratteristica R_{ck}	kg/cmq	250
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre f_{yk}	kg/cmq	4500
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe f_{yk}	kg/cmq	4500
Deformazione unitaria ε_{c0}		0.002
Deformazione ultima ε_{cu}		0.0035
ε_{fu} (solo incrudimento)		0.0019
Modulo elastico E acciaio	kg/cmq	2E06
Copriferro di calcolo	cm	6.0
Copriferro di disegno	cm	5.0
Coefficiente di sicurezza γ_{Cl}		1.5
Coefficiente di sicurezza γ_{Acc}		1.15
Riduzione f_{cd} calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		Si
Generici N.T.		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$		1.00

Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento E_y/E_0		0.000
Campo Elastico per RES-SLV		No
Campo Elastico per RES-SLD		No
Elemento esistente		No
Generici D.M. 96 T.A.		
Tensione ammissibile σ_c	kg/cmq	85.0
Tensione ammissibile σ_c in trazione	kg/cmq	27.2
Tensione ammissibile σ_c acciaio	kg/cmq	2600.0
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	kg/cmq	5.3
Tensione tangenziale massima τ_{c1}	kg/cmq	16.9
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
Fessurazioni		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC3
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.300
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.400
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
Resistenza media a trazione f_{ctm}	kg/cmq	22.65
Coefficiente di breve o lunga durata k_t		0.40
Coefficiente di aderenza k_1		0.80
Tensioni ammissibili di esercizio		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl} s	kg/cmq	125
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl} s	kg/cmq	93
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione Freq.		No
Coefficienti di omogeneizzazione		
Acciaio - Cl s compresso		15
Cl s teso - Cl s compresso		0.5
Armatura muri		
Minima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione X	%	0.1
Minima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione Y	%	0.1
Massima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione X	%	2
Massima percentuale armatura rispetto al Cl s in direzione Y	%	2
Verifica muri		
Step incremento armatura	cmq	0.01
Verifica muri come pareti		No

Validazione del calcolo

Di seguito si riportano alcuni dati significativi del calcolo in base ai quali si ritiene che il codice di calcolo è affidabile ed i risultati accettati dal progettista.

Reazioni nodali

Scenario di calcolo: **Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

Le reazioni nei nodi sono riferite al sistema globale XYZ, la risultante (Forza+Momento) è riferita all'origine del sistema

Riepilogo risultanti reazioni

Comb	Fx kg	Fy kg	Fz kg	Mx kg*m	My kg*m	Mz kg*m
1	0	-0	0	0	0	-0
2	0	-0	0	0	0	-0
3-I-1	-64489	0	0	0	0	556168
3-II-1	64489	-0	0	0	0	-556168
3-I-2	-64142	251	0	0	0	629805
3-II-2	64142	-251	0	0	0	-629805
3-I-3	-63374	0	0	0	0	683742
3-II-3	63374	-0	0	0	0	-683742
3-I-4	-64142	-243	0	0	0	629235
3-II-4	64142	243	0	0	0	-629235
4-I-1	6	49544	0	0	0	56888
4-II-1	-6	-49544	0	0	0	-56888
4-I-2	111	-38498	0	0	0	-51142
4-II-2	-111	38498	0	0	0	51142
4-I-3	-0	-34581	0	0	0	-39759
4-II-3	0	34581	0	0	0	39759
4-I-4	-113	-38499	0	0	0	-37365
4-II-4	113	38499	0	0	0	37365
5	0	-0	0	0	0	-0
6	0	-0	0	0	0	-0
7	0	-0	0	0	0	-0
8-I-1	-50168	0	0	0	0	431267
8-II-1	50168	-0	0	0	0	-431267
8-I-2	-49082	122	0	0	0	477860
8-II-2	49082	-122	0	0	0	-477860
8-I-3	-48036	0	0	0	0	514816
8-II-3	48036	-0	0	0	0	-514816
8-I-4	-49082	-119	0	0	0	477581
8-II-4	49082	119	0	0	0	-477581
9-I-1	4	27040	0	0	0	31033
9-II-1	-4	-27040	0	0	0	-31033
9-I-2	119	-22134	0	0	0	-29743
9-II-2	-119	22134	0	0	0	29743
9-I-3	-0	-20008	0	0	0	-23003
9-II-3	0	20008	0	0	0	23003
9-I-4	-121	-22135	0	0	0	-21145
9-II-4	121	22135	0	0	0	21145

Reazioni Terreno

Scenario di calcolo: **Set_NT_ 2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

Le reazioni sono intese proiettate sul piano xy (z=0)

Comb	X cm	Y cm	Fx kg	Fy kg	Fz kg	Mx kg*m	My kg*m	Mz kg*m
1	115	913	0	0	400207	3653598	-460233	0
2	115	895	0	0	514104	4600684	-591214	0
3-I-1	206	909	0	0	374727	3405096	-772052	0
3-II-1	24	909	0	0	374739	3405265	-89825	0
3-I-2	207	909	0	0	377518	3431831	-780200	0
3-II-2	22	908	0	0	371947	3378530	-81677	0
3-I-3	208	909	0	0	374727	3405094	-779082	0
3-II-3	22	909	0	0	374739	3405267	-82795	0
3-I-4	208	908	0	0	372004	3379466	-773859	0
3-II-4	23	909	0	0	377462	3430895	-88018	0
4-I-1	115	969	0	0	377483	3657602	-434100	0
4-II-1	115	848	0	0	371983	3152758	-427777	0
4-I-2	115	977	0	0	377241	3684661	-433729	0

Comb	X	Y	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
4-II-2	115	840	0	0	372225	3125700	-428148	0
4-I-3	115	973	0	0	387827	3773787	-445996	0
4-II-3	115	840	0	0	361639	3036573	-415881	0
4-I-4	115	977	0	0	377241	3684661	-433915	0
4-II-4	115	840	0	0	372225	3125700	-427962	0
5	115	903	0	0	388545	3508700	-446823	0
6	115	907	0	0	378186	3431060	-434910	0
7	115	909	0	0	374733	3405180	-430938	0
8-I-1	186	909	0	0	374728	3405114	-696597	0
8-II-1	44	909	0	0	374738	3405246	-165280	0
8-I-2	185	909	0	0	376784	3424962	-698671	0
8-II-2	44	908	0	0	372682	3385398	-163206	0
8-I-3	186	909	0	0	374728	3405115	-695821	0
8-II-3	44	909	0	0	374738	3405246	-166056	0
8-I-4	186	908	0	0	372717	3385990	-693995	0
8-II-4	45	909	0	0	376748	3424371	-167882	0
9-I-1	115	953	0	0	376336	3585599	-432782	0
9-II-1	115	864	0	0	373129	3224761	-429095	0
9-I-2	115	959	0	0	376607	3610802	-433025	0
9-II-2	115	858	0	0	372858	3199559	-428852	0
9-I-3	115	957	0	0	384739	3680329	-442446	0
9-II-3	115	858	0	0	364726	3130032	-419431	0
9-I-4	115	959	0	0	376607	3610802	-433162	0
9-II-4	115	858	0	0	372858	3199559	-428715	0

Taglianti di piano

Scenario di calcolo: **Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

I taglianti sono dati per combinazioni di calcolo C-S-Pm con C=Combinazione(1,2,...) S=Sisma(I,II) Pm=posizione masse(1,2,...). Le azioni, compressive, sono riferite al sistema di riferimento globale.

$\Theta = F_z \cdot dr / (F_h \cdot H)$ con:

Fz Forza verticale

dr Spostamento medio del piano rispetto al piano inferiore

Fh Tagliante

H Altezza del piano

dx spostamento medio di piano in direzione X

dy spostamento medio di piano in direzione Y

dr $((dx_s - dx_i)^2 + (dy_s - dy_i)^2)^{0.5}$ s=impalcato superiore i=impalcato inferiore

Nel caso di combinazioni sismiche l'aliquota dovuta al sisma di dx e dy è valutata secondo le indicazioni in 7.3.3, moltiplicando lo spostamento per μ_d

Combinazione: 3-I-1 (SISMAX1_SLV)

Piano	Fx kg	Fy kg	Fz kg	dx mm	dy mm	Θ
0	64704	-0	271493	0.00	0.00	--
1	-57776	0	-176700	52.96	0.14	0.046281

Piano	FxPil/Isol. kg	FyPil/Isol. kg	FxPar kg	FyPar kg	FxShell kg	FyShell kg	FxTot kg	FyTot kg
0	0	0	0	0	64704	-0	64704	-0
1	0	0	0	0	-57776	0	-57776	0

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	--	--	--

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
1	--	--	--

Combinazione: 3-I-2 (SISMAX1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	64182	-245	269369	0.00	0.00	--
1	-57539	-400	-175238	53.74	0.16	0.046759

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	64182	-245	64182	-245
1	0	0	0	0	-57539	-400	-57539	-400

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 3-I-3 (SISMAX1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	63223	0	271493	0.00	0.00	--
1	-57539	0	-176700	54.07	0.14	0.047442

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	63223	0	63223	0
1	0	0	0	0	-57539	0	-57539	0

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	--	--	--
1	--	--	--

Combinazione: 3-I-4 (SISMAX1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	64183	245	273616	0.00	0.00	--
1	-57539	400	-178162	53.74	0.13	0.047539

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	64183	245	64183	245
1	0	0	0	0	-57539	400	-57539	400

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 4-I-1 (SISMAY1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	0	-48510	267053	0.00	0.00	--
1	0	48237	-181966	-0.00	-5.98	0.006449

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	0	-48510	0	-48510
1	0	0	0	0	0	48237	0	48237

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	--	--	--
1	--	--	--

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 4-I-2 (SISMAY1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-569	38443	266240	0.00	0.00	--
1	388	-37002	-176575	-0.01	1.09	0.001485

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-569	38443	-569	38443
1	0	0	0	0	388	-37002	388	-37002

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 4-I-3 (SISMAY1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	0	32272	252898	0.00	0.00	--
1	0	-24958	-162127	-0.00	1.03	0.001913

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	0	32272	0	32272
1	0	0	0	0	0	-24958	0	-24958

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	--	--	--

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
1	--	--	--

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 4-I-4 (SISMAY1_SLV)

Piano	Fx kg	Fy kg	Fz kg	dx mm	dy mm	Θ
0	569	38443	266240	0.00	0.00	--
1	-388	-37002	-176575	0.01	1.09	0.001485

Piano	FxPil/Isol. kg	FyPil/Isol. kg	FxPar kg	FyPar kg	FxShell kg	FyShell kg	FxTot kg	FyTot kg
0	0	0	0	0	569	38443	569	38443
1	0	0	0	0	-388	-37002	-388	-37002

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 8-I-1 (SISMAX_SLD)

Piano	Fx kg	Fy kg	Fz kg	dx mm	dy mm	Θ
0	50271	-0	271493	0.00	0.00	--
1	-44638	0	-176700	41.25	0.14	0.046652

Piano	FxPil/Isol. kg	FyPil/Isol. kg	FxPar kg	FyPar kg	FxShell kg	FyShell kg	FxTot kg	FyTot kg
0	0	0	0	0	50271	-0	50271	-0
1	0	0	0	0	-44638	0	-44638	0

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	--	--	--
1	--	--	--

Combinazione: 8-I-2 (SISMAX_SLD)

Piano	Fx kg	Fy kg	Fz kg	dx mm	dy mm	Θ
0	49095	-156	269852	0.00	0.00	--
1	-43721	-203	-175560	41.21	0.15	0.047277

Piano	FxPil/Isol. kg	FyPil/Isol. kg	FxPar kg	FyPar kg	FxShell kg	FyShell kg	FxTot kg	FyTot kg
0	0	0	0	0	49095	-156	49095	-156
1	0	0	0	0	-43721	-203	-43721	-203

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 8-I-3 (SISMAX_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	47965	0	271493	0.00	0.00	--
1	-43224	0	-176700	41.14	0.14	0.048049

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	47965	0	47965	0
1	0	0	0	0	-43224	0	-43224	0

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	--	--	--
1	--	--	--

Combinazione: 8-I-4 (SISMAX_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	49096	156	273133	0.00	0.00	--
1	-43721	203	-177840	41.21	0.13	0.047891

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	49096	156	49096	156
1	0	0	0	0	-43721	203	-43721	203

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 9-I-1 (SISMAY_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	0	-26546	268019	0.00	0.00	--
1	0	24968	-179438	-0.00	-3.55	0.007286

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	0	-26546	0	-26546

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
1	0	0	0	0	0	24968	0	24968

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	--	--	--
1	--	--	--

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 9-I-2 (SISMAY_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-344	22132	268577	0.00	0.00	--
1	228	-21126	-176057	-0.00	0.84	0.001997

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-344	22132	-344	22132
1	0	0	0	0	228	-21126	228	-21126

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 9-I-3 (SISMAY_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	0	18952	259617	0.00	0.00	--
1	0	-15616	-167224	-0.00	0.80	0.002461

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	0	18952	0	18952
1	0	0	0	0	0	-15616	0	-15616

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	--	--	--
1	--	--	--

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Combinazione: 9-I-4 (SISMAY_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	344	22132	268577	0.00	0.00	--
1	-228	-21126	-176057	0.00	0.84	0.001997

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	344	22132	344	22132
1	0	0	0	0	-228	-21126	-228	-21126

Percentuali assorbite in direzione X

Piano	%Pil/Isol. FX	%Par. FX	%Shell. FX
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Percentuali assorbite in direzione Y

Piano	%Pil/Isol. FY	%Par. FY	%Shell. FY
0	0.00	0.00	100.00
1	0.00	0.00	100.00

Informazioni dell'elaborazione

Il calcolo automatico è stato eseguito su un elaboratore con le seguenti caratteristiche:

Tipo:	GenuineIntel - Intel(R) Core(TM) i7-6500U CPU @ 2.50GHz
Capacità di memoria:	12155 MB
Unità di memoria di massa:	Disco C 190.02 GB
Unità periferiche:	
Sistema operativo e sua versione:	Windows 10 (Build :19045)

La valutazione della correttezza dei dati in ingresso e dell'accuratezza dei risultati è stata effettuata sia mediante le visualizzazioni grafiche del post processore, sia mediante il controllo dei tabulati numerici. La verifica che la soluzione ottenuta non sia viziata da errori di tipo numerico, legati all'algoritmo risolutivo e alle caratteristiche dell'elaboratore, è stata effettuata considerando che il numero di cifre significative utilizzate nei procedimenti numerici è 16, e che all'interno della matrice di rigidezza il rapporto tra il pivot massimo e minimo è: 5.847796e+02. Tale valore è accettabile quando risulta minore di 10 elevato al numero di cifre significative. Nel caso dell'elaborazione in oggetto si ha:

$$\text{Max/Min}=5.847796\text{e}+02 < 1.000000\text{e}+16$$

Si riporta la tabella relativa alle statistiche sulla matrice di rigidezza

Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza

Scenario di calcolo: **Set_NT_ 2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

Minimo della diagonale	8.306501e+06
Massimo della diagonale	4.857472e+09
Rapporto Max/Min	5.847796e+02
Media della diagonale	1.000423e+09
Densità	9.196230e-01

RELAZIONE DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

La presente riguarda la realizzazione dei modesti manufatti, sostanzialmente di tipo scatolare aperti e chiusi, del canale di allontanamento acque reflue nel comune di Cardinale CZ.

CALCOLO ELABORATO

Avendo usato l'elaboratore elettronico per la redazione del calcolo strutturale con il metodo già ampiamente esposto nella relazione tecnica, a risultati ottenuti, si è proceduto al controllo ed alla verifica della compatibilità dei risultati con quanto previsto dalle prescrizioni tecniche sulla progettazione ed esecuzione di opere in calcestruzzo cementizio armato.

L'elaboratore ha calcolato e verificato le varie strutture e dall'analisi è risultato che le medesime sono perfettamente compatibili alle sollecitazioni cui sono sottoposte.

Pertanto, che la struttura risulta verificata ai sensi della L. 05-11-71, n. 1086; Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18, e che tutte le strutture, sono idonee per la funzione cui sono destinate.

Tipo Analisi svolta

- Tipo di analisi e motivazione

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare. Per quanto riguarda le azioni sismiche, tenendo conto che la struttura è di limitata altezza, del tipo a pareti e fondazione a platea, si è optato per l'analisi con spettro elastico di progetto e fattore di struttura $q = 1.5$. Nelle analisi sono state considerate le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma.

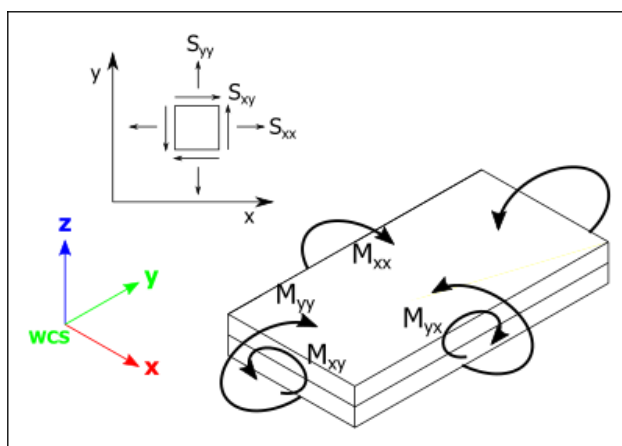
- Metodo di risoluzione della struttura

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali. In particolare, per le fondazioni l'elemento platea non è altro che l'elemento [Thin plate & shell], su suolo alla Winkler.

L'elemento plate-shell è un quadrilatero di geometria arbitraria formato internamente da quattro triangoli compatibili. Il plate-shell è molto usato per risolvere i gusci spaziali e le piastre inflesse. È un elemento molto evoluto in quanto presenta le seguenti particolarità:

1. Disassamento rispetto ai nodi.
2. Rigidezza torsionale effettiva (funzione dello spessore e del modulo G).
3. Comportamento membranale molto corretto anche con piccola discretizzazione.
4. Materiale isotropo e/o ortotropo.

e le pareti sono state schematizzate con elementi shell.



Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti è stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

In particolare, il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazioni superficiali (con elementi piastra) come elementi su suolo elastico alla Winkler.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

- Metodo di verifica sezionale

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17/01/2018.

– **Combinazioni di carico adottate**

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal DM 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018.

– **Motivazione delle combinazioni e dei percorsi di carico**

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.

Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili carico idrostatico, dalle spinte dei terreni e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018 per le prestazioni di SLU ed SLE.

In particolare per le azioni sismiche si sono considerate le azioni derivanti dallo spettro di progetto ridotto del fattore q e le eccentricità accidentali pari al 5%. Inoltre le azioni sismiche sono state combinate spazialmente sommando al sisma della direzione analizzata il 30% delle azioni derivanti dal sisma ortogonale.

(PER IL MANUFATTO STAZIONE DI SOLLEVAMENTO, ESSENDO MANUFATTO TOTALMENTE INTERRATO, NON SI SONO CONSIDERATE LE AZIONI SISMICHE)

Origine e Caratteristiche dei codici di calcolo

Produttore	Soft.lab S.r.l.
Programma	IperspaceBim8
Versione	Rel. 2025
N.ro Licenza	:C00798

• **Affidabilità dei codici utilizzati**

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

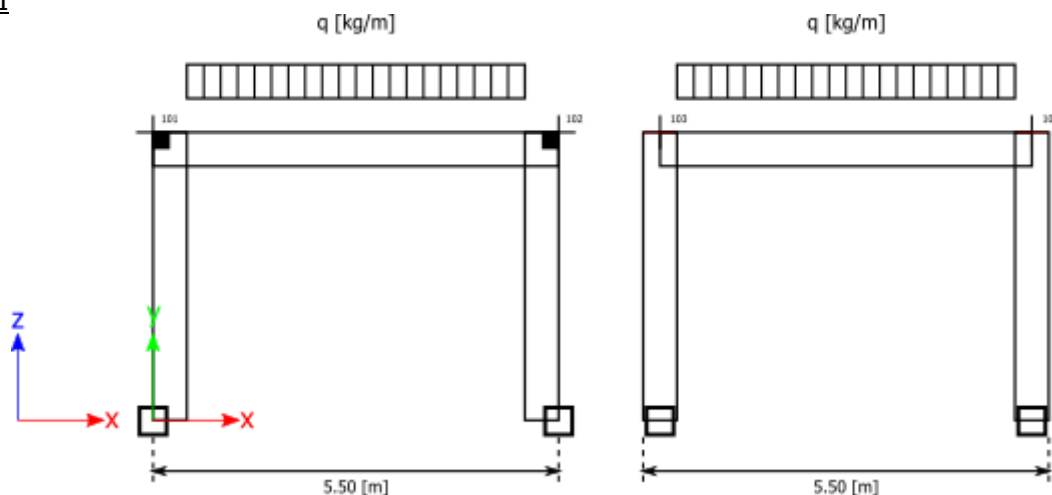
La Soft.Lab. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce i test sui casi prova:

Casi prova

L'affidabilità dei codici utilizzati è stata testata attraverso la risoluzione di alcuni casi prova, che il Produttore fornisce all'Utente, e vengono di seguito documentati.

CASO PROVA 1: Influenza della posizione dei nodi rispetto agli assi delle aste

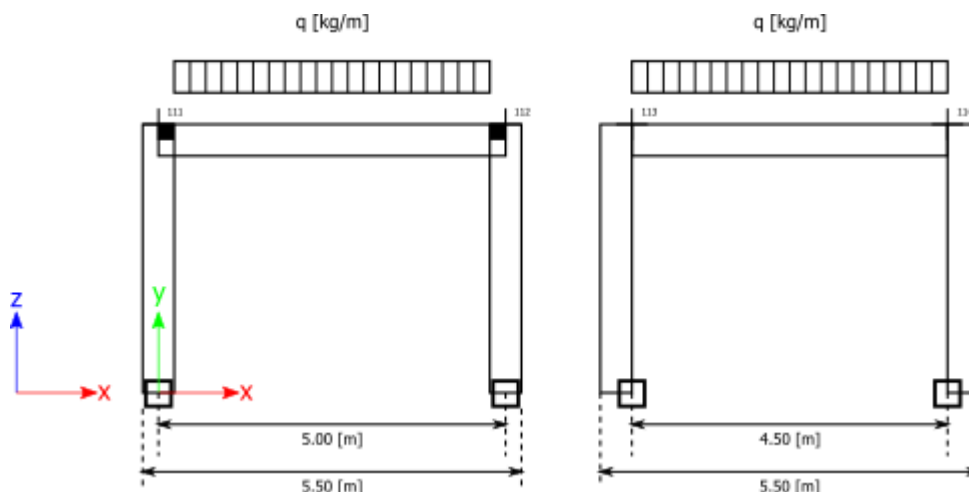
Esempio I



I due portali sono due strutture identiche: il primo, però, ha la luce teorica (da nodo a nodo) del traverso di lunghezza maggiore rispetto al secondo ($5.50 > 5.00$); pertanto i risultati di calcolo sono diversi; se si

introducono nel traverso del primo telaio dei conci rigidi pari a 25 cm, cioè mezzo pilastro, allora la luce flessibile dei due telai coincide praticamente e i risultati sono perfettamente coincidenti.

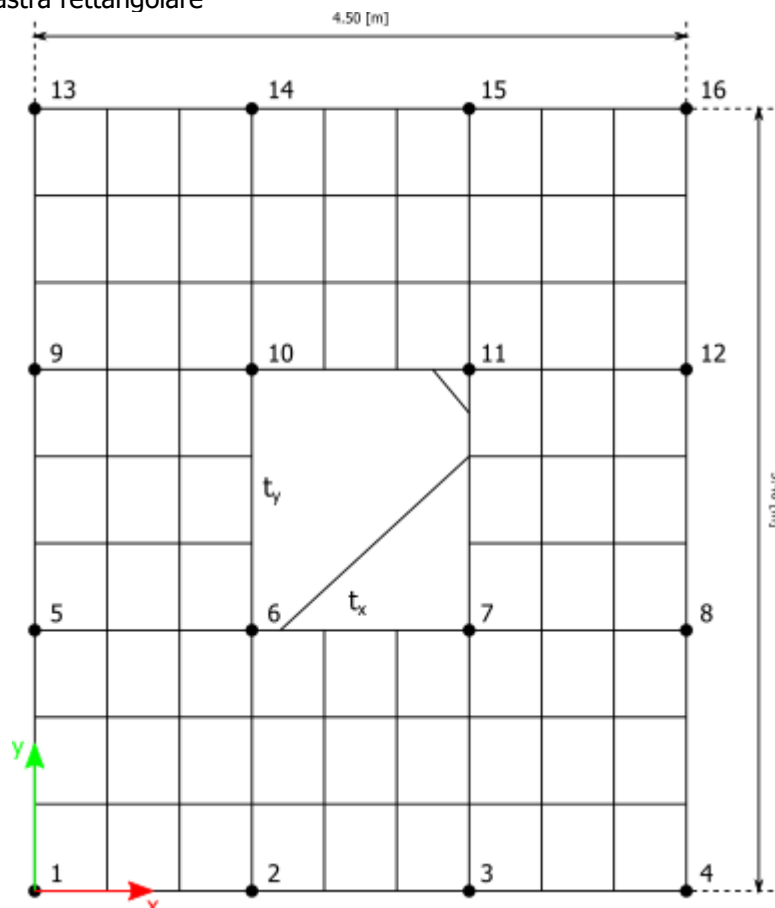
Esempio II



Anche in questo esempio i portali sono due strutture identiche, però il traverso del primo è più lungo rispetto al secondo. I risultati saranno gli stessi se vengono introdotti sul traverso del primo portale dei conci rigidi pari a metà pilastro.

In entrambi gli esempi (anziché introdurre i conci rigidi) si potevano avere gli stessi risultati modificando il filo fisso del traverso del primo portale rispettivamente 8585 per l'esempio I e 8684 per l'esempio II. Concludendo qualunque sia la posizione dei nodi rispetto agli assi delle travi e dei pilastri, le sollecitazioni sugli assi delle aste) sono sempre le stesse, se la geometria 3D è la stessa e se si scelgono oculatamente i fili fissi o si introducono i conci rigidi.

Al riguardo si ribadisce che lo schema di calcolo è quello 3D e NON lo schema unifilare. Infine si fa notare che l'equilibrio nel nodo (ad esempio N° 101) non sussiste in quanto le sollecitazioni nel traverso vengono prese sull'asse dello stesso, mentre le sollecitazioni del pilastro vengono prese nel nodo e quindi in punti diversi. Per l'equilibrio quindi non bisogna prendere in considerazione solo i momenti, ma anche gli effetti delle altre sollecitazioni sul nodo rigido.

CASO PROVA 2: Piastra rettangolare

- Siano L_x ed L_y i lati della piastra ($L_y > L_x$) e t_x t_y i corrispondenti lati del rettangolo carico.
- Siano, inoltre:
 - p il carico uniforme;
 - $P = p \cdot t_x \cdot t_y$, il carico totale;
 - $M_{xm} = a_{xm} \cdot P$, il momento al centro, agente parallelamente al lato L_x (cioè nella sezione di mezzeria parallela al lato L_y);
 - $M_{ym} = a_{ym} \cdot P$, il momento al centro, agente parallelamente al lato L_y (cioè nella sezione di mezzeria parallela al lato L_x).

Nel caso in esame essendo:

$L_x = 4.5$ m; $L_y = 5.4$ m; $t_x = 1.5$ m; $t_y = 1.8$ m; $p = 5000$ dN/m²;

si ha: $P = 13500$ dN.

Per $n = 0$ sarà: $a_{xm} = 0.1377$ e $a_{ym} = 0.1050$.

Pertanto risulta:

$M_{xm} = 1860$ dNm e $M_{ym} = 1418$ dNm.

Se la piastra è discretizzata come in figura (9 x 9) con IperSpace ottengono i seguenti valori:

$M_{xx} = 1731$ dNm e $M_{yy} = 1314$ dNm, con un errore < 8 %.

Se la discretizzazione è di 15 x 15 elementi i valori sono:

$M_{xx} = 1810$ dNm e $M_{yy} = 1382$ dNm, con un errore < 3 %.

Se la discretizzazione è di 21 x 21 elementi i valori sono:

$M_{xx} = 1832$ dNm e $M_{yy} = 1400$ dNm, con un errore < 1.5 %.

Si può concludere che il test eseguito in IperSpace sia nettamente positivo. Inoltre la qualità della soluzione del modello shear-type fornisce risultati tanto più grossolani quanto più ci si allontana dall'ipotesi di traversi infinitamente rigidi.

L'opera in esame non è di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro.

Informazioni sull'elaborazione

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.

Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

Giudizio motivato di accettabilità

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre, la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati.

Si sono eseguite le verifiche con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software. Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

Il Progettista

ANALISI DEI CARICHI

Comune: CARDINALE

Titolo del progetto: ?Interventi di sistemazione delle pendici sovrastanti il centro storico? nel Comune di Cardinale (CZ)

Committente: COMMISSARIO DI GOVERNO CONTRASTO DISSESTOSESTO IDROGEOLOGICO

Opera: MITIGAZIONE DEL RISCHIO
IDROGEOLOGICO

Data:
GENNAIO 2026

Progettista:
ING. DOMENICO AMCRI'

Trattasi di canale scatolare in c.a., che si sviluppa per circa 300 ml. in pratica una serie di manufatti uguali per sezione scatolare ma che attraversa, al contorno, situazioni orografiche differenti e pertanto si sviluppa con diverse soluzioni, in primis come scatolare chiuso e aperto. I carichi applicati, oltre alle spinte del terreno ed i carichi idrostatici, sono conseguenti al suo posizionamento in funzione della quota del solettone superiore.

- Scatolare chiuso incassato e coperto di terreno: carichi in funzione della copertura di terreno e dei sovraccarichi previsti (carichi variabili da veicoli);
- Scatolare chiuso incassato, in corrispondenza di sede stradale: sovraccarico permanente sovrastruttura, oltre carichi stradali;

CARICHI APPLICATI

Tipo	Ht	γ	$\emptyset$	c	δ	β	k0	βm	Ag
	cm	kg/mc	°	kg/cmq	°	°			
Terreno	290	1800	28	0.00	19	0	--	--	--

She II	Cond.	Tipo	Q	Hw	γ
			kg/mq	cm	kg/mc
	Carico idrostatico	Uniforme_GLOBZ	1500		
	Carico idrostatico	Idrostatico		150	1000
	Q permanente no strutturale	Uniforme GLOBZ (copertura terreno)	3000		
	Q permanente no strutturale	Uniforme GLOBZ (pavimentazione carrabile)	500		
	Q permanente no strutturale	Uniforme GLOBZ (pavimentazione)	250		

CARICHI DISTRIBUITI E CONCENTRATI TIPO VEICOLARE

Schema di Carico 1	Uniforme_GLOBZ (veicolare)	900/1000
--------------------	----------------------------	----------

Cond.	Fx	Fy	Fz
			kg
Schema di Carico 1 CONCENTRATO	0	0	3750
	0	0	3750
	0	0	3750
	0	0	3750

Schema di Carico 1	Uniforme_GLOB Z (veicolare)	kg	900/1000
--------------------	-----------------------------	----	----------

Schema di Carico 1	concentrato Z (veicolare) applicato su 4 nodi	Nodo 1° kg	3.750
		Nodo 2° kg	3.750
		Nodo 3° kg	3.750
		Nodo 4° kg	3.750
	Complessivo ad impronta asse	kg	15.000

Il Progettista

ING. DOMENICO AMCRI'