



**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 03 - TRATTO NR.3-10 - RELAZIONI	
1.3.V	DI CALCOLO	

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	10
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	19
Verifica degli elementi strutturali	20
Criteri di verifica	20
Validazione del calcolo	25
Reazioni nodali	25
Reazioni Terreno	26
Taglianti di piano	27
Informazioni dell'elaborazione	33
Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza	33

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.

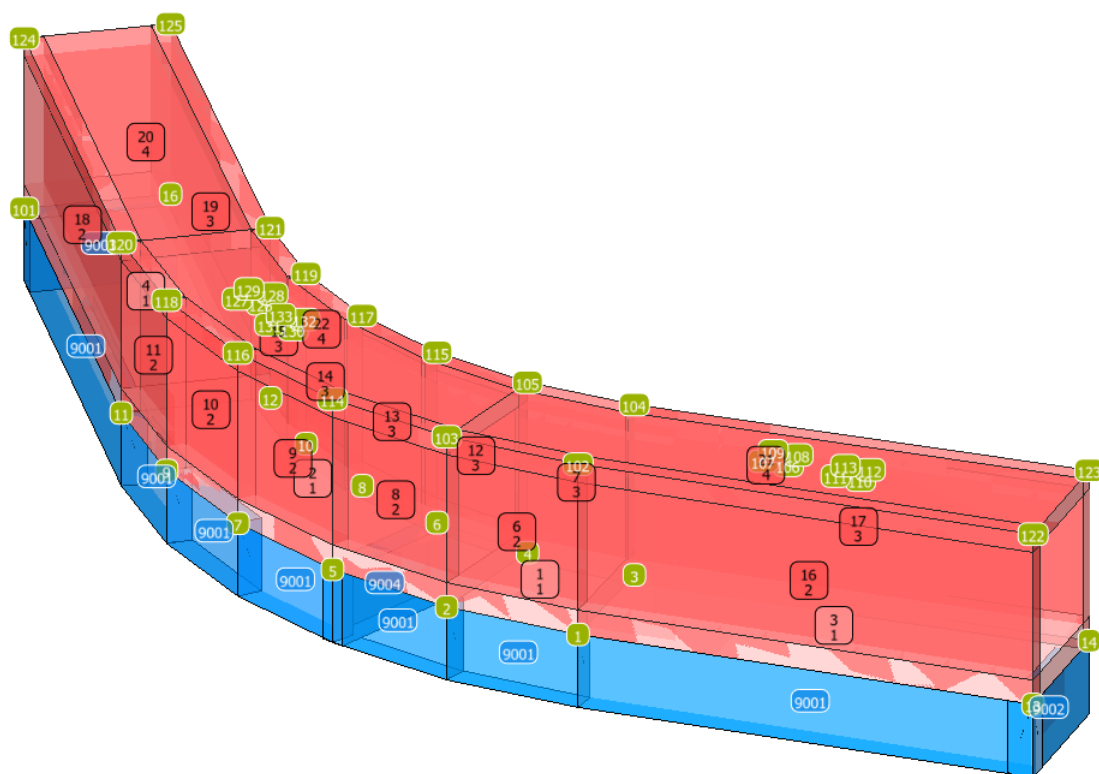
La struttura oggetto del presente calcolo è ubicata in CARDINALE (prov. di CATANZARO sulla collina "COSTA" II particella n.°nn/A foglio n.°ff. La lunghezza della struttura dei vari tronconi che compongono il canale di deflusso delle acque, è variabile da 10/12 ml a circa 30.00 ml.; la sua sezione ha 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 alcuni tratti, della lunghezza di circa 25,00 ml cadauno, collocati a valle di una strada, adiacente ad essa, con paramento libero dall'altra, quindi con spinta del terreno da una sola parte, con andamento cirvo.retto. I tratti sono previsti anche con sottofondazione con travi/setti delle dimensioni variabili di circa cm. 40 x120, o superiori in relazione al quanto riscontrato all'atto degli scavi.

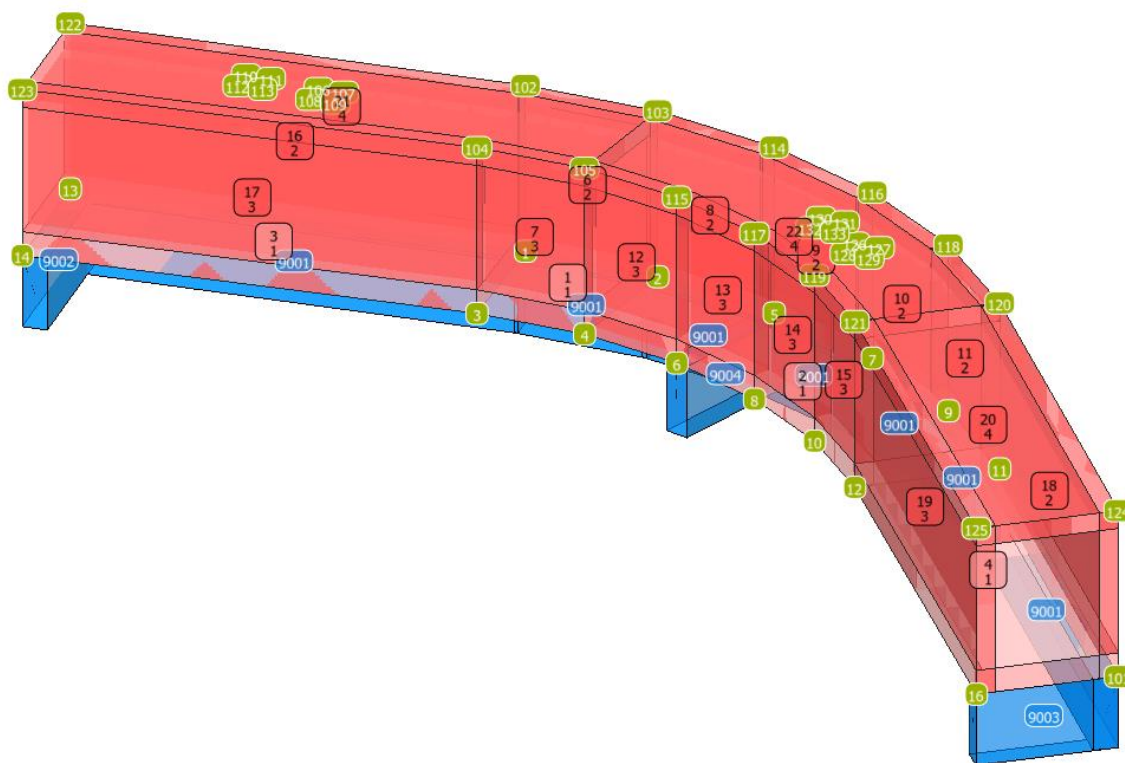
Le dimensioni del tombino scatolare, composto da una platea dello spessore di cm. 40, delle pareti e della soletta superiore di cm. 30, misura netta interna di ml. 1.5 x2.50

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

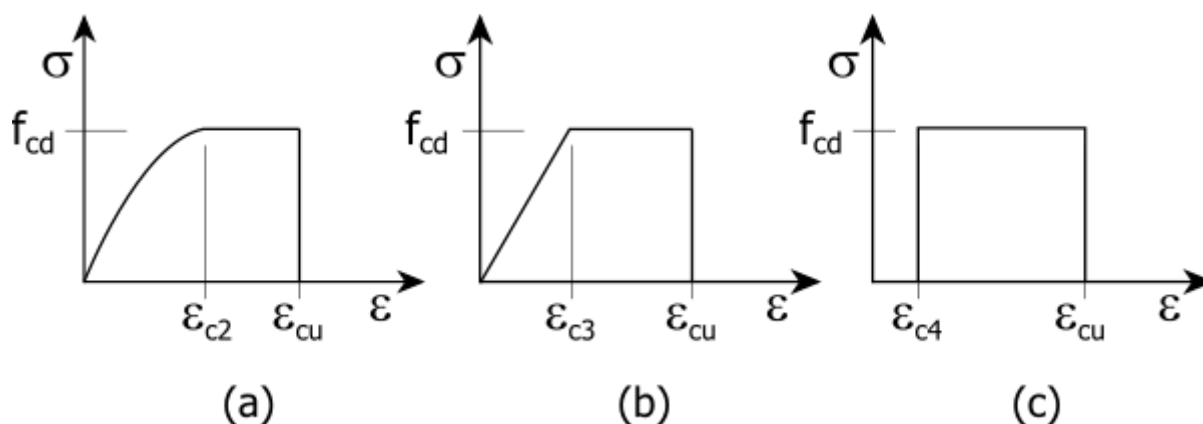
Materiali impiegati e resistenze di calcolo

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/cmq	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/cmq	3E05
Modulo di Poisson ν		0.13
Coefficiente di dilatazione termica λ	1/°C	1e-05

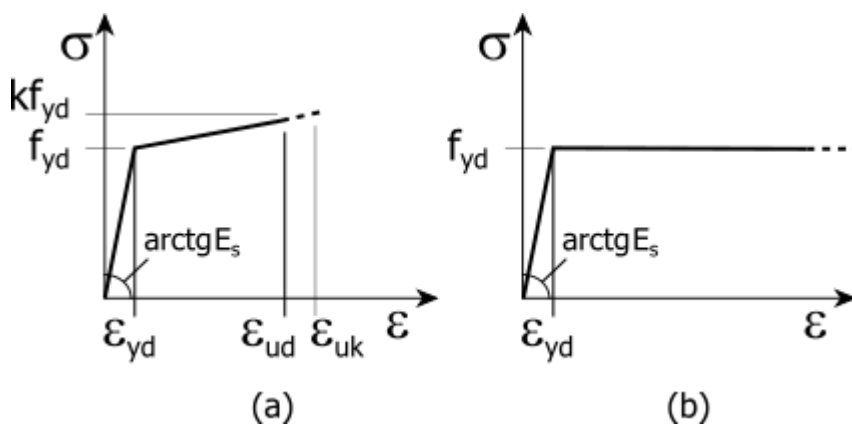
Caratteristiche dei materiali delle parti in calcestruzzo armato		
Classe calcestruzzo		Cl. C20/25
Resistenza cubica R_{ck}	kg/cmq	250
Resistenza di calcolo f_{cd}	kg/cmq	118
Resistenza a trazione di calcolo f_{ctd}	kg/cmq	11
Resistenza cilindrica f_{ck}	kg/cmq	208
Resistenza a trazione media f_{ctm}	kg/cmq	23
Classe acciaio barre longitudinali		Acciaio barre B450C
Resistenza allo snervamento f_{yk}	kg/cmq	≥ 4500
Resistenza alla rottura barre f_{tk}	kg/cmq	≥ 5400
Classe acciaio staffe		Acciaio barre B450C
Resistenza allo snervamento f_{yk}	kg/cmq	≥ 4500
Resistenza alla rottura barre f_{tk}	kg/cmq	≥ 5400
Classe calcestruzzo		Cl. C25/30
Resistenza cubica R_{ck}	kg/cmq	300
Resistenza di calcolo f_{cd}	kg/cmq	141
Resistenza a trazione di calcolo f_{ctd}	kg/cmq	12
Resistenza cilindrica f_{ck}	kg/cmq	249
Resistenza a trazione media f_{ctm}	kg/cmq	26
Classe acciaio barre longitudinali		Acciaio barre B450C
Resistenza allo snervamento f_{yk}	kg/cmq	≥ 4500
Resistenza alla rottura barre f_{tk}	kg/cmq	≥ 5400
Classe acciaio staffe		Acciaio barre B450C
Resistenza allo snervamento f_{yk}	kg/cmq	≥ 4500
Resistenza alla rottura barre f_{tk}	kg/cmq	≥ 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. 1.5 dal piano campagna e di dimensioni planimetriche massime pari a m.25 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.	ϕ	A	OCR	c	cu	Eed	nu	Note
	cm	kg/mc	kg/mc	°			kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		
1	100	1900	2000	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

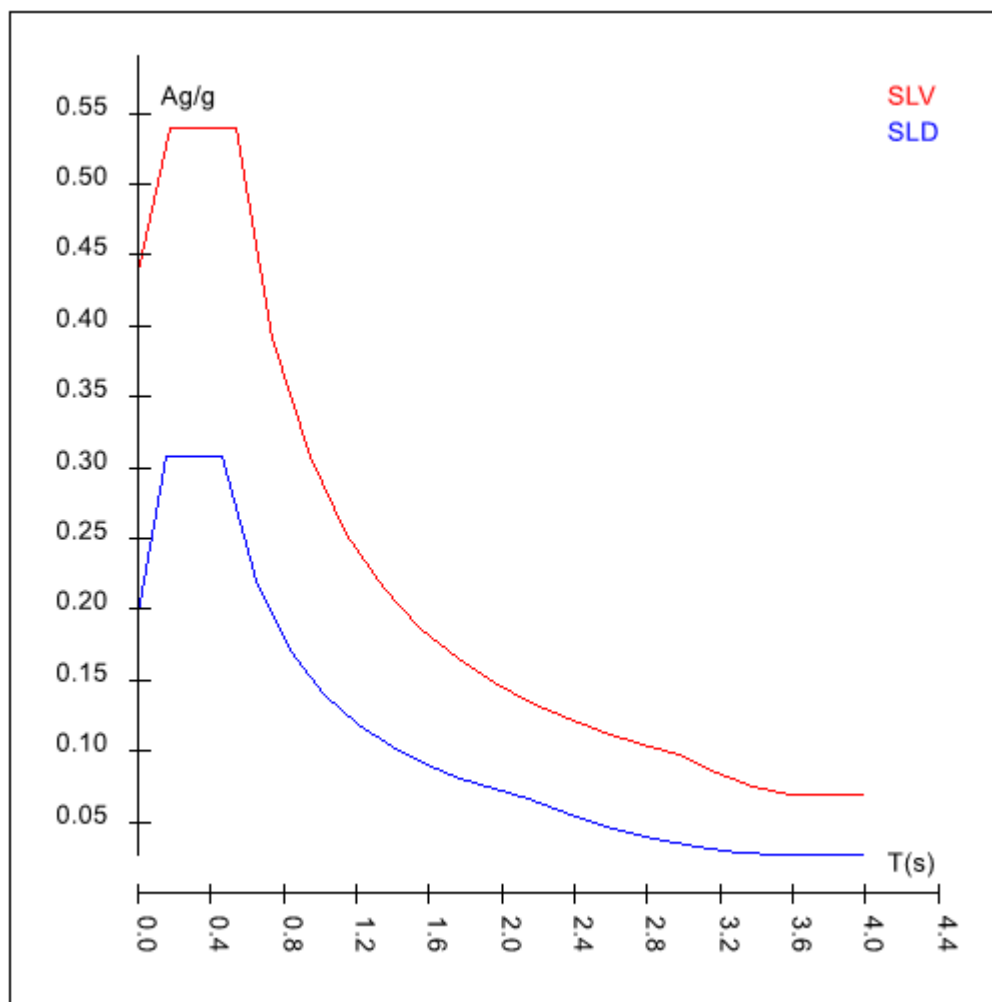
Spettro: **SpettroNT_ 2018 (q=1.5)**

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 Ss	1.06
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.18
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.54
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	2.98
Stato limite SLD	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.20
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.16
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.47
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [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 deformabile torsionalmente	2.000
Fattore di comportamento $q = Kw \cdot Kr \cdot Ce$	2.000
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	0.54028	0.15543	0.30776
0.53652	0.54028	0.46629	0.30776
0.73976	0.39185	0.65276	0.21985
0.94299	0.30740	0.83924	0.17100
1.14622	0.25290	1.02571	0.13991
1.34946	0.21481	1.21218	0.11839
1.55269	0.18669	1.39866	0.10260
1.75592	0.16508	1.58513	0.09053
1.95916	0.14796	1.77160	0.08100
2.16239	0.13405	1.95808	0.07329
2.36562	0.12254	2.14455	0.06692
2.56885	0.11284	2.37648	0.05449
2.77209	0.10457	2.60841	0.04523
2.97532	0.09743	2.84034	0.03815
3.18026	0.08527	3.07228	0.03261
3.38519	0.07526	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=28

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		s		kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.0988	-85.210	-1.606	71204	25	71.56	0.03
2(2)	0.0567	-6.085	-38.056	363	14203	0.36	14.27
3(3)	0.0506	1.590	-26.888	25	7090	0.02	7.13
4(4)	0.0446	-0.861	17.362	7	2956	0.01	2.97
5(5)	0.0355	10.769	-4.631	1137	210	1.14	0.21
6(7)	0.0189	6.658	3.005	435	89	0.44	0.09
7(8)	0.0164	-35.783	-4.824	12557	228	12.62	0.23
8(9)	0.0143	-9.832	-2.677	948	70	0.95	0.07
9(10)	0.0138	16.140	-9.968	2555	974	2.57	0.98
10(11)	0.0135	3.734	-30.600	137	9183	0.14	9.23
11(12)	0.0107	-3.699	11.366	134	1267	0.13	1.27
12(13)	0.0102	9.525	2.061	890	42	0.89	0.04
13(14)	0.0097	4.145	-27.481	168	7406	0.17	7.44
14(15)	0.0097	-3.696	3.751	134	138	0.13	0.14
15(16)	0.0090	4.050	7.896	161	611	0.16	0.61
16(17)	0.0085	-6.584	17.415	425	2974	0.43	2.99
17(18)	0.0085	-6.992	5.913	479	343	0.48	0.34
18(19)	0.0082	1.235	16.367	15	2627	0.02	2.64
19(20)	0.0077	-1.376	-8.002	19	628	0.02	0.63
20(21)	0.0076	-1.820	-13.966	32	1913	0.03	1.92
21(22)	0.0074	-0.861	16.917	7	2807	0.01	2.82
22(23)	0.0073	-0.129	-11.591	0	1317	0.00	1.32
23(24)	0.0072	-7.414	9.284	539	845	0.54	0.85
24(25)	0.0070	2.187	-20.168	47	3989	0.05	4.01
25(26)	0.0069	9.069	-25.658	806	6456	0.81	6.49
26(27)	0.0068	-2.590	-38.551	66	14575	0.07	14.65
27(28)	0.0067	0.257	-20.553	1	4142	0.00	4.16
28(30)	0.0062	-1.368	-3.255	18	104	0.02	0.10
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				93310	87212		
Masse strutturali libere [kgm*g]				99502	99502		
Percentuale				93.78	87.65	93.78	87.65

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali				
N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1(1)	0.0988	-60.504	35900	0.79
2(2)	0.0567	-146.320	209955	4.61
3(3)	0.0506	-180.200	318441	6.99
4(4)	0.0446	543.275	2894405	63.50
5(5)	0.0355	-94.021	86691	1.90
6(7)	0.0189	21.345	4468	0.10
7(8)	0.0164	-16.088	2538	0.06
8(9)	0.0143	-37.722	13954	0.31
9(10)	0.0138	-100.334	98722	2.17
10(11)	0.0135	72.552	51621	1.13
11(12)	0.0107	79.956	62693	1.38
12(13)	0.0102	49.952	24470	0.54
13(14)	0.0097	60.095	35416	0.78
14(15)	0.0097	12.792	1605	0.04
15(16)	0.0090	-35.859	12610	0.28
16(17)	0.0085	-23.870	5588	0.12
17(18)	0.0085	-21.864	4688	0.10
18(19)	0.0082	-46.342	21060	0.46
19(20)	0.0077	17.876	3134	0.07
20(21)	0.0076	46.366	21083	0.46
21(22)	0.0074	-31.985	10033	0.22

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
22(23)	0.0073	35.520	12373	0.27
23(24)	0.0072	-32.380	10282	0.23
24(25)	0.0070	88.003	75948	1.67
25(26)	0.0069	71.606	50283	1.10
26(27)	0.0068	103.673	105402	2.31
27(28)	0.0067	52.144	26664	0.59
28(30)	0.0062	23.121	5242	0.12

Posizione masse 2

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=27

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
	s			kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.1004	-84.310	-0.162	69707	0	70.06	0.00
2(2)	0.0581	0.520	-42.638	3	17828	0.00	17.92
3(3)	0.0515	16.983	1.564	2828	24	2.84	0.02
4(4)	0.0481	-0.134	25.643	0	6449	0.00	6.48
5(5)	0.0380	10.754	-0.601	1134	4	1.14	0.00
6(6)	0.0224	0.983	3.317	9	108	0.01	0.11
7(7)	0.0195	-3.629	0.316	129	1	0.13	0.00
8(8)	0.0161	-32.486	1.070	10349	11	10.40	0.01
9(10)	0.0140	-19.580	-8.183	3760	657	3.78	0.66
10(11)	0.0137	-4.673	35.328	214	12240	0.22	12.30
11(12)	0.0109	-0.734	13.061	5	1673	0.01	1.68
12(13)	0.0101	11.720	13.463	1347	1778	1.35	1.79
13(14)	0.0099	-9.373	18.665	862	3417	0.87	3.43
14(15)	0.0097	2.293	-13.798	52	1867	0.05	1.88
15(16)	0.0092	-3.543	-10.526	123	1087	0.12	1.09
16(17)	0.0089	-4.666	-6.364	214	397	0.21	0.40
17(18)	0.0086	-3.963	-1.546	154	23	0.15	0.02
18(19)	0.0082	-5.700	17.349	319	2952	0.32	2.97
19(20)	0.0081	-11.482	-2.075	1293	42	1.30	0.04
20(21)	0.0080	-1.175	20.612	14	4166	0.01	4.19
21(22)	0.0076	2.297	-3.944	52	153	0.05	0.15
22(23)	0.0074	0.433	-16.179	2	2567	0.00	2.58
23(25)	0.0071	-0.654	-15.945	4	2493	0.00	2.51
24(26)	0.0068	-1.192	-10.758	14	1135	0.01	1.14
25(27)	0.0067	-1.738	-47.837	30	22441	0.03	22.55
26(28)	0.0067	-8.054	11.067	636	1201	0.64	1.21
27(30)	0.0063	-14.633	-10.818	2100	1148	2.11	1.15
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				95352	85860		
Masse strutturali libere [kgm*g]				99502	99502		
Percentuale				95.83	86.29	95.83	86.29

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1(1)	0.1004	23.140	5251	0.10
2(2)	0.0581	-183.147	328941	6.26
3(3)	0.0515	20.505	4123	0.08
4(4)	0.0481	631.601	3912066	74.48
5(5)	0.0380	46.169	20904	0.40
6(6)	0.0224	11.851	1377	0.03
7(7)	0.0195	33.865	11247	0.21
8(8)	0.0161	36.930	13375	0.25
9(10)	0.0140	80.611	63725	1.21
10(11)	0.0137	4.858	231	0.00
11(12)	0.0109	114.222	127944	2.44
12(13)	0.0101	-7.516	554	0.01
13(14)	0.0099	-51.115	25623	0.49

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
14(15)	0.0097	31.596	9790	0.19
15(16)	0.0092	25.418	6336	0.12
16(17)	0.0089	43.381	18455	0.35
17(18)	0.0086	31.267	9587	0.18
18(19)	0.0082	-34.251	11505	0.22
19(20)	0.0081	1.486	22	0.00
20(21)	0.0080	-56.681	31506	0.60
21(22)	0.0076	16.198	2573	0.05
22(23)	0.0074	47.766	22374	0.43
23(25)	0.0071	44.875	19748	0.38
24(26)	0.0068	41.892	17210	0.33
25(27)	0.0067	168.830	279526	5.32
26(28)	0.0067	-34.946	11976	0.23
27(30)	0.0063	2.621	67	0.00

Posizione masse 3

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=28

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
	s			kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.0988	-85.167	1.413	71131	20	71.49	0.02
2(2)	0.0570	6.342	-37.000	394	13426	0.40	13.49
3(3)	0.0503	1.402	28.108	19	7748	0.02	7.79
4(4)	0.0443	-1.500	-17.621	22	3045	0.02	3.06
5(5)	0.0357	10.699	3.885	1123	148	1.13	0.15
6(6)	0.0219	4.297	0.592	181	3	0.18	0.00
7(7)	0.0189	-5.897	3.564	341	125	0.34	0.13
8(8)	0.0165	-35.194	6.376	12147	399	12.21	0.40
9(9)	0.0143	-13.497	-1.429	1787	20	1.80	0.02
10(10)	0.0138	14.426	6.878	2041	464	2.05	0.47
11(11)	0.0134	4.016	32.110	158	10111	0.16	10.16
12(12)	0.0107	2.091	13.625	43	1820	0.04	1.83
13(13)	0.0101	10.352	3.419	1051	115	1.06	0.12
14(14)	0.0097	6.626	3.158	431	98	0.43	0.10
15(15)	0.0091	2.407	16.607	57	2705	0.06	2.72
16(16)	0.0088	0.159	19.887	0	3879	0.00	3.90
17(17)	0.0085	1.031	-3.262	10	104	0.01	0.10
18(18)	0.0084	6.729	8.898	444	776	0.45	0.78
19(19)	0.0082	-4.029	24.602	159	5936	0.16	5.97
20(20)	0.0080	-0.234	14.735	1	2129	0.00	2.14
21(21)	0.0077	1.932	-11.385	37	1271	0.04	1.28
22(22)	0.0076	1.539	-10.453	23	1072	0.02	1.08
23(23)	0.0074	-1.715	-4.604	29	208	0.03	0.21
24(24)	0.0072	-6.259	-8.094	384	642	0.39	0.65
25(25)	0.0070	6.850	21.103	460	4367	0.46	4.39
26(26)	0.0070	-9.821	-13.601	946	1814	0.95	1.82
27(27)	0.0068	0.503	-46.012	2	20761	0.00	20.87
28(28)	0.0067	2.556	24.686	64	5976	0.06	6.01
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				93485	89181		
Masse strutturali libere [kgm*g]				99502	99502		
Percentuale				93.95	89.63	93.95	89.63

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1(1)	0.0988	113.835	127080	2.69
2(2)	0.0570	-136.917	183839	3.89
3(3)	0.0503	179.423	315701	6.69
4(4)	0.0443	-539.267	2851857	60.42
5(5)	0.0357	179.445	315780	6.69

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
6(6)	0.0219	88.293	76449	1.62
7(7)	0.0189	93.759	86208	1.83
8(8)	0.0165	97.420	93072	1.97
9(9)	0.0143	117.632	135697	2.87
10(10)	0.0138	68.044	45405	0.96
11(11)	0.0134	-62.141	37869	0.80
12(12)	0.0107	79.998	62759	1.33
13(13)	0.0101	-8.175	655	0.01
14(14)	0.0097	-6.212	378	0.01
15(15)	0.0091	-44.595	19503	0.41
16(16)	0.0088	-66.286	43089	0.91
17(17)	0.0085	-23.113	5239	0.11
18(18)	0.0084	-6.813	455	0.01
19(19)	0.0082	-67.189	44271	0.94
20(20)	0.0080	-38.573	14591	0.31
21(21)	0.0077	26.226	6745	0.14
22(22)	0.0076	23.044	5208	0.11
23(23)	0.0074	13.221	1714	0.04
24(24)	0.0072	30.499	9122	0.19
25(25)	0.0070	-85.508	71703	1.52
26(26)	0.0070	34.197	11469	0.24
27(27)	0.0068	121.013	143611	3.04
28(28)	0.0067	-70.883	49273	1.04

Posizione masse 4

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=27

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
	s			kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.0973	-85.548	-0.019	71770	0	72.13	0.00
2(2)	0.0524	-3.380	-43.364	112	18441	0.11	18.53
3(3)	0.0519	-7.974	18.448	623	3338	0.63	3.35
4(4)	0.0417	0.342	16.487	1	2666	0.00	2.68
5(5)	0.0335	8.196	-0.251	659	1	0.66	0.00
6(7)	0.0186	-13.382	0.341	1756	1	1.76	0.00
7(8)	0.0163	-36.839	0.826	13309	7	13.38	0.01
8(9)	0.0140	-14.284	-3.248	2001	103	2.01	0.10
9(10)	0.0135	-1.377	27.352	19	7337	0.02	7.37
10(11)	0.0130	-0.314	-14.984	1	2202	0.00	2.21
11(12)	0.0105	-0.991	10.504	10	1082	0.01	1.09
12(13)	0.0101	8.115	2.357	646	54	0.65	0.05
13(14)	0.0095	3.986	-0.843	156	7	0.16	0.01
14(15)	0.0090	-0.138	-23.854	0	5580	0.00	5.61
15(16)	0.0085	2.898	-5.056	82	251	0.08	0.25
16(17)	0.0084	4.257	-8.155	178	652	0.18	0.66
17(18)	0.0082	-3.026	11.975	90	1406	0.09	1.41
18(20)	0.0079	-0.983	35.384	9	12279	0.01	12.34
19(21)	0.0075	3.270	3.522	105	122	0.11	0.12
20(22)	0.0073	-0.671	-12.405	4	1509	0.00	1.52
21(23)	0.0073	-2.023	-36.574	40	13118	0.04	13.18
22(24)	0.0072	-8.804	15.100	760	2236	0.76	2.25
23(25)	0.0070	-2.996	-20.406	88	4083	0.09	4.10
24(26)	0.0069	6.303	4.163	390	170	0.39	0.17
25(27)	0.0067	0.987	40.181	10	15833	0.01	15.91
26(29)	0.0063	4.421	-1.043	192	11	0.19	0.01
27(30)	0.0062	-1.677	-10.644	28	1111	0.03	1.12
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				93038	93598		
Masse strutturali libere [kgm*g]				99502	99502		
Percentuale				93.50	94.07	93.50	94.07

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali kgm*g	Percentuali
1(1)	0.0973	29.759	8685	0.22
2(2)	0.0524	-160.511	252658	6.28
3(3)	0.0519	70.417	48627	1.21
4(4)	0.0417	519.983	2651545	65.87
5(5)	0.0335	36.574	13118	0.33
6(7)	0.0186	36.503	13067	0.32
7(8)	0.0163	35.350	12254	0.30
8(9)	0.0140	26.344	6806	0.17
9(10)	0.0135	17.964	3165	0.08
10(11)	0.0130	121.402	144535	3.59
11(12)	0.0105	94.120	86874	2.16
12(13)	0.0101	28.387	7902	0.20
13(14)	0.0095	-16.167	2563	0.06
14(15)	0.0090	61.945	37630	0.93
15(16)	0.0085	14.927	2185	0.05
16(17)	0.0084	21.065	4352	0.11
17(18)	0.0082	-35.129	12102	0.30
18(20)	0.0079	-83.839	68931	1.71
19(21)	0.0075	-12.080	1431	0.04
20(22)	0.0073	32.284	10221	0.25
21(23)	0.0073	86.977	74188	1.84
22(24)	0.0072	-40.015	15702	0.39
23(25)	0.0070	92.593	84078	2.09
24(26)	0.0069	1.122	12	0.00
25(27)	0.0067	-92.946	84719	2.10
26(29)	0.0063	3.687	133	0.00
27(30)	0.0062	25.409	6331	0.16

Azioni sulla struttura

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
Spinta sismica terreno	Utente
Carico 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.
Spinta sismica terreno	1	No	n.a.	n.a.
Carico 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.
Spinta sismica terreno	1	Si	n.a.	n.a.
Carico 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
Spinta sismica terreno	1	Si	No	1
Carico 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
Schema di Carico 1	0.6	Si	No	0.6
Q permanente no strutturale	1	Si	Si	1
Spinta sismica terreno	1	Si	No	1
Carico 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.
Spinta sismica terreno	1	Si	n.a.	n.a.
Carico 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.
Spinta sismica terreno	1	Si	n.a.	n.a.
Carico 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.
Spinta sismica terreno	1	Si	n.a.	n.a.
Carico 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
Spinta sismica terreno	1	Si	No	1
Carico idrostatico	1	Si	No	1

Combinazione n° 9: SISMAX_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

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
Spinta sismica terreno	1	Si	No	1
Carico idrostatico	1	No	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 rigidezza 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 rigidezza 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 rigidezza 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 rigidezza 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 $\frac{1}{3}$ oppure $\frac{1}{4}$ del peso dell'elemento shell e $\frac{1}{3}$ oppure $\frac{1}{4}$ 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/cm ²	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/cm ²	124
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cm ²	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl}	kg/cm ²	93
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cm ²	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	cm ²	0.01
Verifica muri come pareti		No

CLS_Muri		
Generici		
Resistenza caratteristica R_{ck}	kg/cm ²	250
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre f_{yk}	kg/cm ²	4500
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe f_{yk}	kg/cm ²	4500
Deformazione unitaria ε_{c0}		0.002
Deformazione ultima ε_{cu}		0.0035
ε_{fu} (solo incrudimento)		0.01
Modulo elastico E acciaio	kg/cm ²	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		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/cm ²	85.0
Tensione ammissibile σ_c in trazione	kg/cm ²	27.2
Tensione ammissibile σ_c acciaio	kg/cm ²	2600.0
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	kg/cm ²	5.3
Tensione tangenziale massima τ_{c1}	kg/cm ²	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 - Cls compresso		15
Cl teso - Cls compresso		0.5
Armatura muri		
Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X	%	0.1
Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y	%	0.1
Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X	%	2
Massima percentuale armatura rispetto al Cls 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}	kg/cmq	125
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 - Cls compresso		15
Cls teso - Cls compresso		0.5
Armatura muri		
Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X	%	0.1
Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y	%	0.1
Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X	%	2
Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y	%	2
Verifica muri		
Step incremento armatura	cmq	0.01
Verifica muri come pareti		No

CLS Travi/Setti-Fondazione		
Generici		
Resistenza caratteristica R_{ck}	kg/cmq	300
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	97.5
Tensione ammissibile σ_c in trazione	kg/cmq	21.8
Tensione ammissibile σ_c acciaio	kg/cmq	2600.0
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	kg/cmq	6.0
Tensione tangenziale massima τ_{c1}	kg/cmq	18.3
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		No
Tensioni ammissibili di esercizio		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl}	kg/cmq	149
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl}	kg/cmq	112
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione Freq.		No
Coefficienti di omogeneizzazione		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls teso - Cls compresso		0.5
Armatura travi		
Numero di bracci delle staffe		2
Numero minimo di ferri superiori		2
Numero minimo di ferri inferiori		2
Numero minimo di ferri di parete		6
Numero reggistaffe superiori		0
Numero reggistaffe intermedi		0
Numero reggistaffe inferiori		0
Diametro ferri superiori	mm	18
Diametro ferri inferiori	mm	18
Diametro staffe	mm	18
Percentuale armatura rispetto alla base per verifica a taglio	%	100.00
Minima percentuale armatura compressa rispetto alla tesa	%	50.00
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	0.20
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1.55
Calcolo travi		
Traslazione momento		Si
Verifica travi		
Verifica a torsione		No
Verifica a pressoflessione retta		No
Trave a spessore		No
Verifica N.T. travi		
Trave tozza		No
Gerarchia Flessione-Taglio		Si
Escludi dalla gerarchia trave-pilastro		No
Verifica a taglio DM 3274 travi		
Coefficiente di sovra resistenza γ_{Rd}		1.2
Includi effetto della pressoflessione nel taglio		Si
Verifica a taglio N.T. travi		
Includi effetto spinotto nel taglio		Si
Considera la resistenza a taglio VRDns		NO
Coefficiente di sovra resistenza γ_{Rd} (CDA)		1.2
Coefficiente di sovra resistenza γ_{Rd} (CDB)		1.1
Verifica Duttività N.T. 2018		
Verifica di duttilità		NO
Fattore confinamento minimo		1.000
Calcolo Fattore confinamento		NO
Verifica a taglio D.M. 96 T.A. travi		
Percentuale taglio alle staffe	%	60
Percentuale taglio ferri parete	%	40
Stampa travi		
Stampa informazioni relative all'asse neutro		Si

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	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m
1	71181	202	0	0	0	-385727
2	96964	-1277	0	0	0	-537057
3-I-1	45597	-1458	0	0	0	-302895
3-II-1	115479	-1190	0	0	0	-593190
3-I-2	46035	-1834	0	0	0	-273111
3-II-2	115040	-814	0	0	0	-622975
3-I-3	44424	33	0	0	0	-218830
3-II-3	116652	-2681	0	0	0	-677255
3-I-4	44092	-1266	0	0	0	-251854
3-II-4	116984	-1382	0	0	0	-644231
4-I-1	80173	-43692	0	0	0	-396832
4-II-1	80902	41045	0	0	0	-499254
4-I-2	82713	-60480	0	0	0	-421360
4-II-2	78363	57833	0	0	0	-474725
4-I-3	75909	-52746	0	0	0	-388214
4-II-3	85166	50099	0	0	0	-507872
4-I-4	77080	-8283	0	0	0	-485580
4-II-4	83995	5636	0	0	0	-410506
5	80538	-1324	0	0	0	-448043
6	80538	-1324	0	0	0	-448043
7	80538	-1324	0	0	0	-448043
8-I-1	61652	-1450	0	0	0	-369626
8-II-1	99424	-1198	0	0	0	-526460
8-I-2	61863	-1551	0	0	0	-352671
8-II-2	99212	-1096	0	0	0	-543415
8-I-3	61121	-657	0	0	0	-324443
8-II-3	99954	-1990	0	0	0	-571642
8-I-4	61002	-1296	0	0	0	-343128
8-II-4	100074	-1351	0	0	0	-552958
9-I-1	77831	-21895	0	0	0	-411187
9-II-1	78146	19544	0	0	0	-460376
9-I-2	79070	-30239	0	0	0	-423012
9-II-2	76906	27889	0	0	0	-448550
9-I-3	75718	-26319	0	0	0	-407059
9-II-3	80259	23969	0	0	0	-464504
9-I-4	76371	-4843	0	0	0	-455171
9-II-4	79605	2493	0	0	0	-416391

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	Y	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	cm	cm	kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m
1	144	530	0	0	334855	1774615	-480517	0
2	145	486	0	0	594727	2887473	-865260	0
3-I-1	177	501	0	0	412349	2064311	-728043	0
3-II-1	110	507	0	0	408222	2071517	-447078	0
3-I-2	176	505	0	0	417353	2107122	-736603	0

Comb	X	Y	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
3-II-2	109	503	0	0	403219	2028705	-438518	0
3-I-3	177	508	0	0	412380	2095852	-728036	0
3-II-3	110	500	0	0	408191	2039976	-447085	0
3-I-4	177	504	0	0	406590	2049125	-718158	0
3-II-4	110	504	0	0	413981	2086702	-456963	0
4-I-1	142	491	0	0	409407	2008861	-582941	0
4-II-1	144	517	0	0	411164	2126967	-592180	0
4-I-2	142	496	0	0	408315	2026390	-579484	0
4-II-2	144	512	0	0	412256	2109437	-595637	0
4-I-3	145	486	0	0	411635	1999596	-595026	0
4-II-3	142	522	0	0	408937	2136232	-580095	0
4-I-4	143	537	0	0	411429	2208077	-587589	0
4-II-4	144	471	0	0	409142	1927751	-587532	0
5	144	491	0	0	456948	2245058	-660000	0
6	144	501	0	0	421951	2112200	-605670	0
7	143	504	0	0	410286	2067914	-587561	0
8-I-1	161	502	0	0	411402	2065981	-663458	0
8-II-1	125	506	0	0	409169	2069847	-511663	0
8-I-2	161	504	0	0	414130	2089231	-668253	0
8-II-2	125	504	0	0	406442	2046597	-506869	0
8-I-3	161	506	0	0	411418	2083009	-663456	0
8-II-3	125	502	0	0	409153	2052818	-511666	0
8-I-4	161	504	0	0	408288	2057758	-657938	0
8-II-4	125	504	0	0	412283	2078070	-517183	0
9-I-1	135	490	0	0	324948	1591451	-437599	0
9-II-1	136	507	0	0	325824	1650699	-442177	0
9-I-2	134	493	0	0	324391	1600098	-435809	0
9-II-2	136	503	0	0	326381	1642053	-443967	0
9-I-3	136	487	0	0	326054	1586748	-443592	0
9-II-3	134	510	0	0	324718	1655403	-436184	0
9-I-4	135	519	0	0	325960	1691129	-439908	0
9-II-4	135	478	0	0	324812	1551022	-439868	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.

$\Theta = Fz \cdot dr / (Fh \cdot H)$ 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 $((dxs-dxi)^2 + (dys-dyi)^2)^{0.5}$ 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	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	116445	-870	227877	0.00	0.00	--
1	-25418	-259	-125251	0.20	-0.01	0.000281

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	116445	-870	116445	-870
1	0	0	0	0	-25418	-259	-25418	-259

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-2 (SISMAX1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	116101	-1160	222336	0.00	0.00	--
1	-25454	4	-122025	0.20	-0.01	0.000270

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	116101	-1160	116101	-1160
1	0	0	0	0	-25454	4	-25454	4

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	--	--	--

Combinazione: 3-I-3 (SISMAX1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	116515	-1356	228014	0.00	0.00	--
1	-25814	480	-124487	0.20	-0.02	0.000275

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	116515	-1356	116515	-1356
1	0	0	0	0	-25814	480	-25814	480

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-4 (SISMAX1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	116402	-1345	233532	0.00	0.00	--
1	-25651	-34	-128115	0.20	-0.01	0.000284

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	116402	-1345	116402	-1345

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
1	0	0	0	0	-25651	-34	-25651	-34

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	80030	38814	230701	0.00	0.00	--
1	-1867	-26065	-129610	-3.05	0.17	0.004326

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	80030	38814	80030	38814
1	0	0	0	0	-1867	-26065	-1867	-26065

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-2 (SISMAY1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	80548	51053	229718	0.00	0.00	--
1	-1128	-47779	-124979	-3.05	0.28	0.002290

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	80548	51053	80548	51053
1	0	0	0	0	-1128	-47779	-1128	-47779

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	81839	43655	231027	0.00	0.00	--
1	2468	-30906	-121671	-3.08	0.21	0.003463

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	81839	43655	81839	43655
1	0	0	0	0	2468	-30906	2468	-30906

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-4 (SISMAY1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	80504	6703	226174	0.00	0.00	--
1	-32	-3037	-124644	-0.46	0.04	0.005472

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	80504	6703	80504	6703
1	0	0	0	0	-32	-3037	-32	-3037

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	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	99848	-1045	228597	0.00	0.00	--
1	-13701	-179	-125841	-0.02	-0.01	0.000064

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	99848	-1045	99848	-1045
1	0	0	0	0	-13701	-179	-13701	-179

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-2 (SISMAX_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	99673	-1245	225638	0.00	0.00	--

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
1	-13695	-9	-124086	-0.02	-0.01	0.000063

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	99673	-1245	99673	-1245
1	0	0	0	0	-13695	-9	-13695	-9

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	--	--	--

Combinazione: 8-I-3 (SISMAX_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	99878	-1398	228669	0.00	0.00	--
1	-13875	267	-125486	-0.02	-0.01	0.000066

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	99878	-1398	99878	-1398
1	0	0	0	0	-13875	267	-13875	267

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-4 (SISMAX_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	99811	-1333	231664	0.00	0.00	--
1	-13796	-16	-127446	-0.02	-0.01	0.000070

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	99811	-1333	99811	-1333
1	0	0	0	0	-13796	-16	-13796	-16

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	77752	18360	230101	0.00	0.00	--
1	-871	-12685	-128041	-3.00	0.00	0.008634

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	77752	18360	77752	18360
1	0	0	0	0	-871	-12685	-871	-12685

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-2 (SISMAY_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	77985	24511	229628	0.00	0.00	--
1	-542	-23267	-125759	-3.03	0.05	0.004671

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	77985	24511	77985	24511
1	0	0	0	0	-542	-23267	-542	-23267

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	78616	20692	230290	0.00	0.00	--
1	1131	-14958	-124144	-3.01	0.02	0.007123

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	78616	20692	78616	20692
1	0	0	0	0	1131	-14958	1131	-14958

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-4 (SISMAY_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	77971	2973	227949	0.00	0.00	--
1	-11	-1728	-125640	-0.47	0.01	0.009668

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	77971	2973	77971	2973
1	0	0	0	0	-11	-1728	-11	-1728

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: 7.667446e+02. Tale valore è accettabile quando risulta minore di 10 elevato al numero di cifre significative. Nel caso dell'elaborazione in oggetto si ha:

$$\text{Max/Min}=7.667446\text{e}+02<1.000000\text{e}+16$$

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	5.451054e+06
Massimo della diagonale	4.179566e+09
Rapporto Max/Min	7.667446e+02
Media della diagonale	7.728153e+08
Densità	1.067094e+00

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.

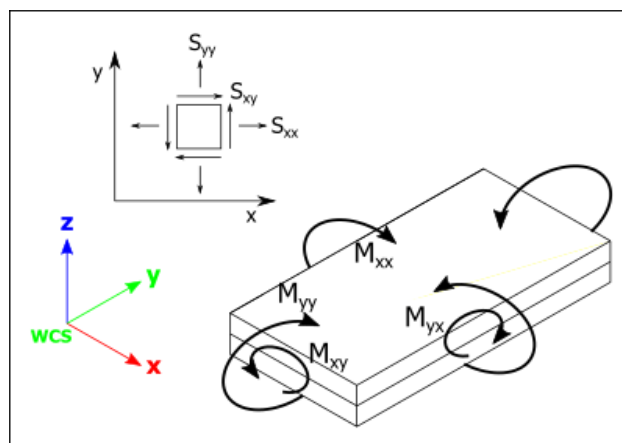
- Metodo di risoluzione della struttura

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.

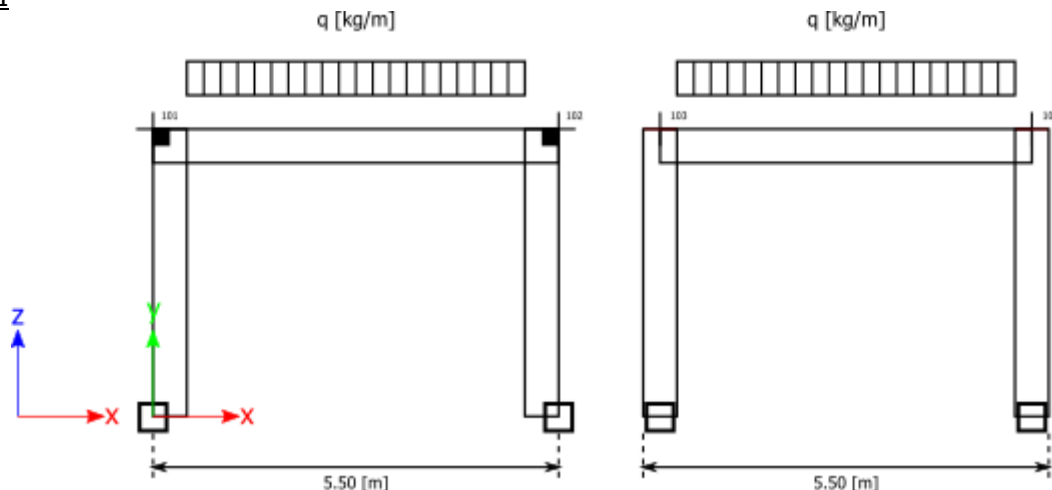
La Soft.Lab. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce i test sui casi prova:

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.

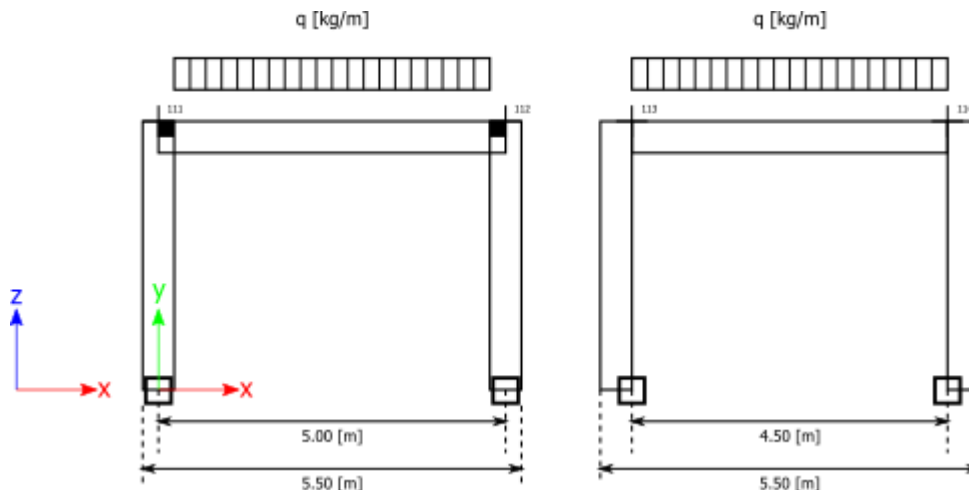
CASO PROVA 1: Influenza della posizione dei nodi rispetto agli assi delle aste

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.

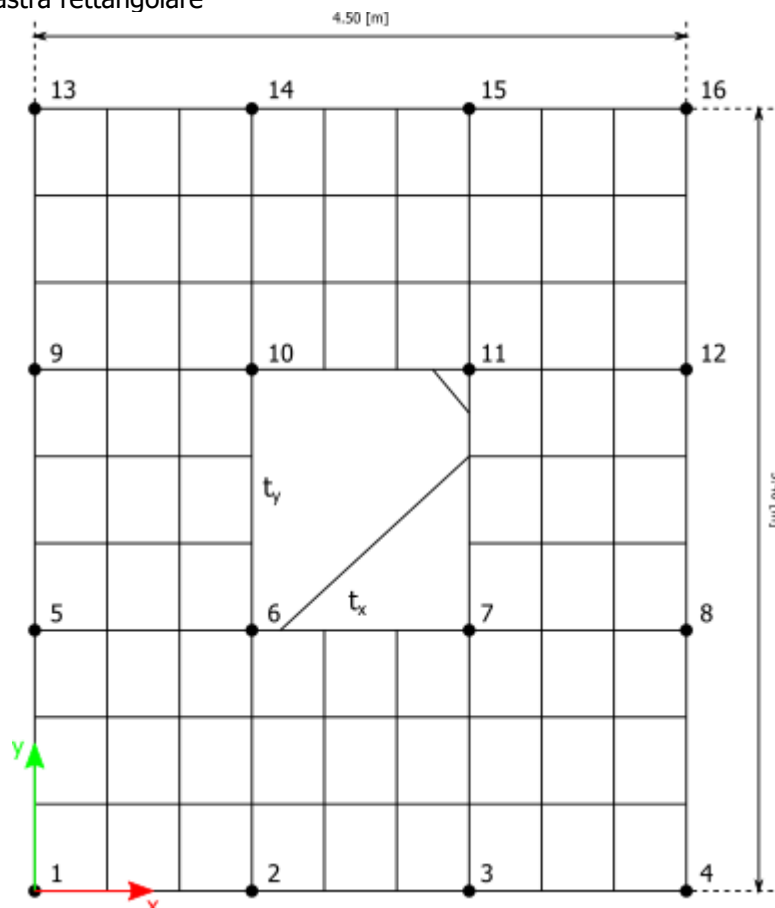
Esempio II



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_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'