

COMUNE DI NAPOLI

COMMITTENTE
COMUNE DI NAPOLI
DIREZIONE CENTRALE VI

Appalto integrato per la progettazione esecutiva e l'esecuzione dei lavori di Edilizia
Sostitutiva per la realizzazione di 90 alloggi in via Croce di Pipemo - Soccavo

VARIANTE N. 4

ELABORATO

- ☐ STmuro-01 Relazione di calcolo
- ☐ STmuro-02 Fascicolo dei calcoli
- ☐ STmuro-03 Relazione geotecnica
- ☐ STmuro-04 Relazione sui materiali
- ☐ STmuro-05 Piano di manutenzione
- ☐ STmuro-06 Grafici strutturali

ELABORATI MURO CONTENIMENTO LATO CHIESA EVANGELICA

Impresa appaltatrice:

Impresa : **LAVORI GENERALI s.r.l**
via Duomo n.290/C -80138 Napoli

Progettisti:

Elaborato:

STmuro-01

RELAZIONE DI CALCOLO

Comune:

Titolo del progetto: MURO A GRADONI

Committente:

Opera:

Data:

Progettista:

INDICE:

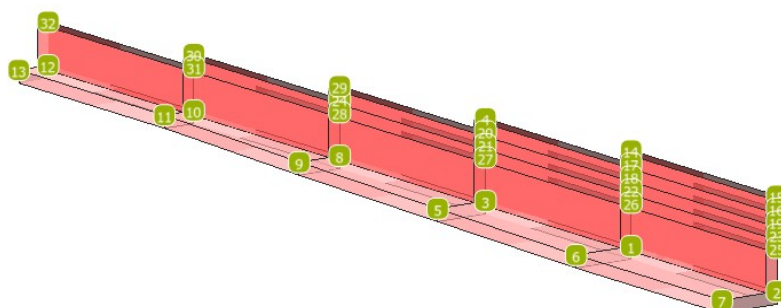
- **DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA**
- **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**
- **VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO**
- **MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO**
- **TERRENO DI FONDAZIONE**
- **ANALISI DEI CARICHI**
- **VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA**
- **ELEMENTI DI FONDAZIONE.**
- **METODO DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA.**
- **AZIONI SULLA STRUTTURA**
- **CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO**
- **VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI**
- **VALIDAZIONE DEL CALCOLO-INFORMAZIONI
SULL'ELABORAZIONE**
- **TABULATI DI CALCOLO**

DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

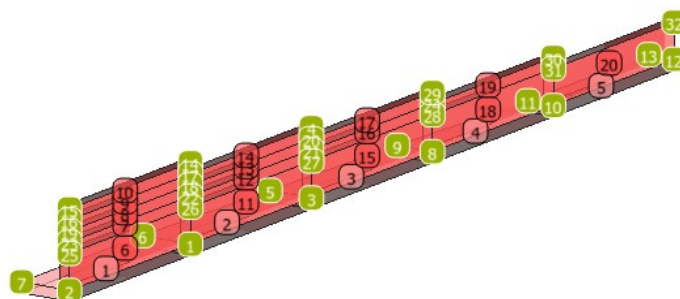
Realizzazione di un muro di calcestruzzo armato, di confine tra i costruendo Edificio A1 e la Chiesa Evangelica

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"

L.R. Campania N° 9/83

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)

Il calcolo delle sollecitazioni e la loro combinazione è stato eseguito seguendo le indicazioni delle NT secondo l'APPROCCIO 2

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(anni)	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso	1.000
Periodo di riferimento(anni)	50.000
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=50.0
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=475.0

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:

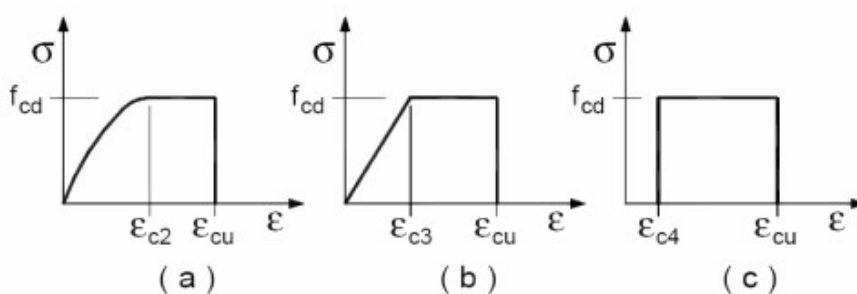
Materiali

Materiale: C25/30		
Peso specifico	kg/mc	2500
Modulo di Young E	kg/cmq	3E05
Modulo di Poisson v		0.13
Coefficiente di dilatazione termica λ	1/°C	1e-05

Parti in calcestruzzo armato		
Classe calcestruzzo		Clc 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

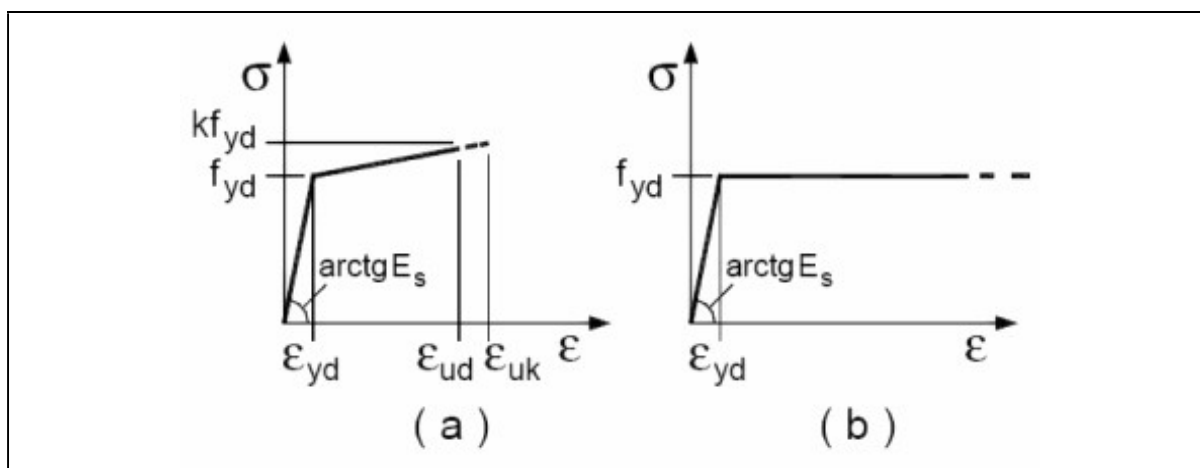
Classe acciaio		Acciaio B450C
Resistenza allo snervamento f_{yk}	kg/cmq	≥ 4500
Resistenza alla rottura f_{tk}	kg/cmq	≥ 5400

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 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 per 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 platea in c.a. Dalla Relazione Geologica redatta dal geologo Dott. Antonio Iorio risulta che nell'area in oggetto, si ha un terreno di tipo aggregato con la seguente stratigrafia:

Strato n°		1
Spessore	cm	160

Peso spec.	kg/mc	1600
Peso spec. Sat.	kg/mc	1650
Angolo attrito	°	29
Addensato		Si
OCR		--
coesione	kg/cm ²	0.00
cu	kg/cm ²	0.00
Modulo edometrico	kg/cm ²	3E01
Coeff. Poisson		0.3
Descrizione		Strato 1

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:

I carichi relativi ai pesi propri vengono valutati in automatico in funzione della geometria degli elementi ed al loro peso specifico i tamponamenti vengono valutati per metro lineare di trave su cui insistono maggiori dettagli ad essi relativi sono riportati nel tabulato di calcolo alla sezione dei carichi relativi alle aste, nodi ed 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 ai quali si determina il Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Determinazione attraverso latitudine e longitudine dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per lo Stato Limite di interesse; l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 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_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

- 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:

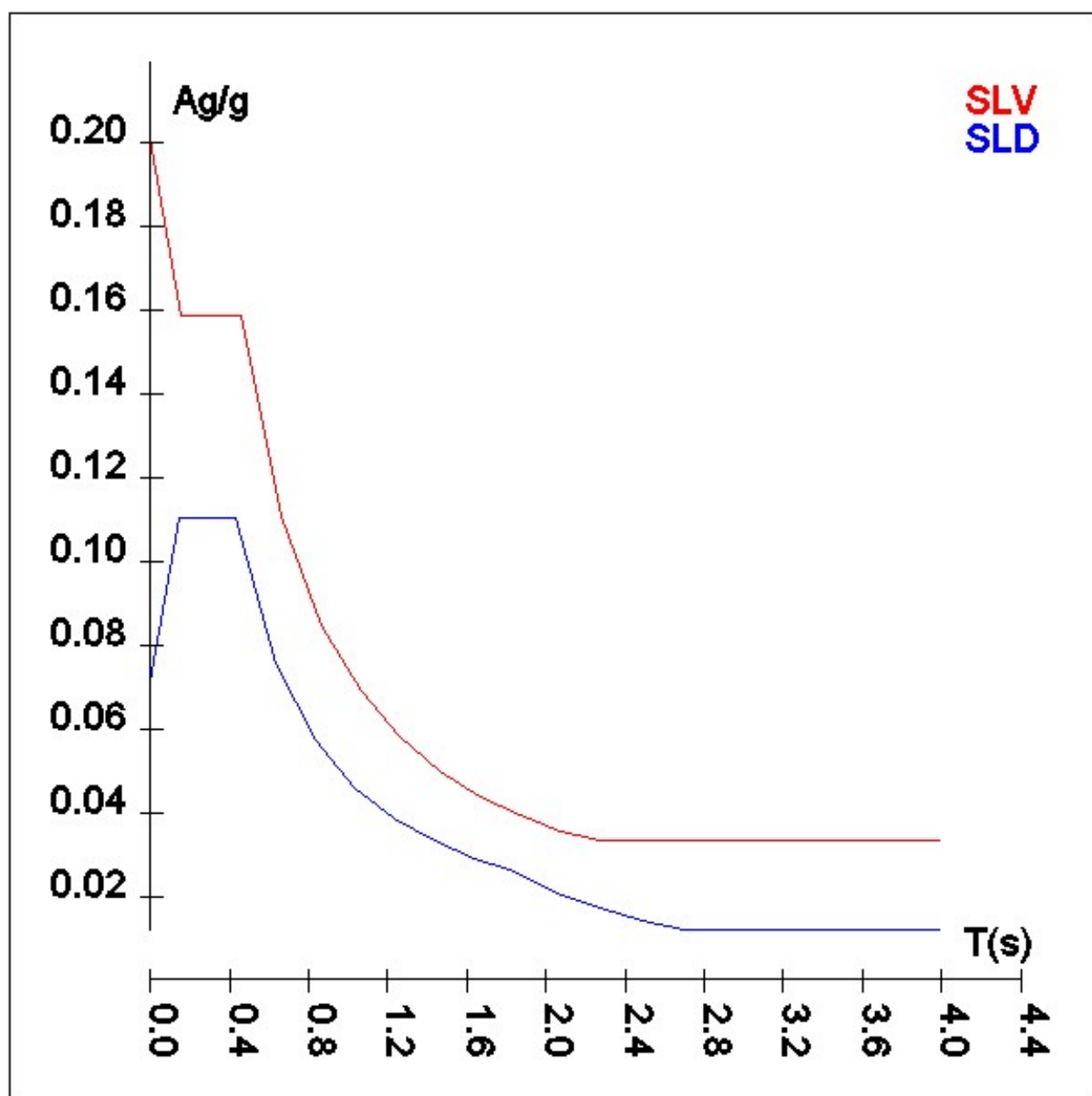
Spettri di risposta

Spettro :SpettroNT 2018

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(anni)	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso	1.000
Periodo di riferimento(anni)	50.000
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=50.0
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=475.0
Parametri del sito	
Comune	Napoli - (NA)
Longitudine	14.251
Latitudine	40.854
Id reticolo del sito	32978-33200-33201-32979
Valori di riferimento del sito	
Ag/g(TR=50.0) SLD	0.0592
F0(TR=50.0) SLD	2.3347
T*C(TR=50.0) SLD	0.310
Ag/g(TR=475.0) SLV	0.1674
F0(TR=475.0) SLV	2.3720
T*C(TR=475.0) SLV	0.337
Coefficiente Amplificazione Topografica	St=1.000
Categoria terreno B	
stato limite SLV	
	Ss=1.20
	TB=0.15
	TC=0.46
	TD=2.27
stato limite SLD	
	Ss=1.20
	TB=0.14
	TC=0.43
	TD=1.84
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Cemento armato
Struttura regolare in altezza	Kr=1.000000
	Kw=1.000
Regolare in pianta	SI
Tipologia : struttura a pareti non accoppiate	Ce=3.000
Fattore di comportamento q=Kw*Kr*Ce	3.000
Fattore di comportamento (SLD)	1.500

TSLV [s]	SLV[a/g]	TSLD [s]	SLD[a/g]
0.00000	0.20086	0.00000	0.07101
0.15372	0.15881	0.14367	0.11052
0.46117	0.15881	0.43100	0.11052
0.66210	0.11062	0.63182	0.07539
0.86303	0.08487	0.83263	0.05721
1.06396	0.06884	1.03345	0.04609
1.26489	0.05790	1.23426	0.03859
1.46582	0.04997	1.43507	0.03319
1.66675	0.04394	1.63589	0.02912
1.86768	0.03922	1.83670	0.02594
2.06861	0.03541	2.05303	0.02076
2.26954	0.03348	2.26936	0.01699
2.48584	0.03348	2.48569	0.01416
2.70215	0.03348	2.70202	0.01198
2.91846	0.03348	2.91835	0.01184
3.13477	0.03348	3.13468	0.01184
3.35108	0.03348	3.35101	0.01184
3.56738	0.03348	3.56734	0.01184
3.78369	0.03348	3.78367	0.01184
4.00000	0.03348	4.00000	0.01184



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 $q=1$ e non maggiori delle resistenze degli elementi sovrastanti la fondazione. Le precedenti limitazioni comprendo anche il caso di struttura calcolata con spettro elastico o con $q=1$.

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 queste vengono generate attraverso i carichi agenti sulle membrature che collegano i nodi come la massa relativa alla azione di incastro perfetto del carico considerato. 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 per varie posizioni dei baricentri delle masse e composte secondo combinazioni di posizioni prestabilite, come riportato in seguito, il risultato di tali combinazioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Per tener conto della eccentricità accidentale delle masse si sono considerate varie posizioni delle masse ad ogni impalcato modificando la posizione del baricentro di una distanza, rispetto alla posizione originaria, come percentuale della dimensione della struttura nella direzione considerata. Le azioni risultanti dai calcoli per le varie posizioni delle masse, in fase di verifica vengono combinati al fine di ottenere le azioni piu' 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 delle dimensione della struttura secondo cui viene spostato il baricentro ad ogni impalcato la percentuale è assegnata nelle due direzioni ortogonali secondo cui agisce il sisma, 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 nel seguente modo 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	0

Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale

Comb	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy	Fz
1	1	1	1	0	0
2	1	1	0	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_SLV_SLD_A2STR/GEO_2018

Posizione masse 1

Numero di Frequenze calcolate =85, filtrate=57

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali kgm*g		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.1458	-38.755	0.690	14729	5	65.29	0.02
2(2)	0.0689	8.749	2.693	751	71	3.33	0.32
3(3)	0.0407	4.111	-0.203	166	0	0.73	0.00
4(4)	0.0370	-14.845	-5.600	2161	308	9.58	1.36
5(5)	0.0318	14.899	-6.037	2177	357	9.65	1.58
6(6)	0.0295	-4.787	1.591	225	25	1.00	0.11
7(7)	0.0251	3.001	-0.065	88	0	0.39	0.00
8(8)	0.0220	-1.450	-3.068	21	92	0.09	0.41
9(9)	0.0196	-0.041	4.326	0	183	0.00	0.81
10(10)	0.0170	0.476	-3.258	2	104	0.01	0.46
11(12)	0.0129	-0.194	-2.120	0	44	0.00	0.20
12(13)	0.0120	-0.050	2.872	0	81	0.00	0.36
13(16)	0.0085	0.199	-5.212	0	266	0.00	1.18
14(17)	0.0081	-0.330	-2.238	1	49	0.00	0.22
15(20)	0.0061	-7.900	2.881	612	81	2.71	0.36
16(21)	0.0060	2.865	2.419	80	57	0.36	0.25
17(23)	0.0053	3.773	2.183	140	47	0.62	0.21
18(25)	0.0050	2.363	7.325	55	526	0.24	2.33
19(27)	0.0045	0.927	1.743	8	30	0.04	0.13
20(29)	0.0043	5.594	-2.310	307	52	1.36	0.23
21(30)	0.0041	-2.285	-0.771	51	6	0.23	0.03
22(32)	0.0038	-0.206	-6.189	0	376	0.00	1.67
23(33)	0.0036	1.184	8.300	14	676	0.06	2.99
24(34)	0.0035	0.475	-5.805	2	330	0.01	1.46
25(35)	0.0034	0.153	7.497	0	551	0.00	2.44
26(36)	0.0032	0.637	-15.185	4	2261	0.02	10.02
27(37)	0.0032	-1.467	14.982	21	2201	0.09	9.76
28(38)	0.0032	3.813	17.641	143	3052	0.63	13.53

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
29(39)	0.0031	1.026	-6.377	10	399	0.05	1.77
30(40)	0.0030	2.685	-8.031	71	633	0.31	2.80
31(41)	0.0029	0.911	6.104	8	365	0.04	1.62
32(42)	0.0028	0.694	-7.102	5	495	0.02	2.19
33(43)	0.0027	0.348	-5.403	1	286	0.01	1.27
34(44)	0.0027	-0.505	10.714	3	1126	0.01	4.99
35(45)	0.0027	0.099	-5.644	0	312	0.00	1.38
36(47)	0.0026	0.523	3.811	3	142	0.01	0.63
37(48)	0.0026	-0.688	4.310	5	182	0.02	0.81
38(50)	0.0025	-0.950	-6.460	9	409	0.04	1.81
39(51)	0.0025	0.049	6.167	0	373	0.00	1.65
40(52)	0.0024	-0.079	-7.113	0	496	0.00	2.20
41(54)	0.0023	0.081	-7.483	0	549	0.00	2.43
42(55)	0.0022	3.875	4.440	147	193	0.65	0.86
43(56)	0.0022	-0.415	-3.834	2	144	0.01	0.64
44(57)	0.0022	-0.215	-3.643	0	130	0.00	0.58
45(58)	0.0022	2.245	-3.608	49	128	0.22	0.57
46(60)	0.0021	-0.585	-5.174	3	263	0.01	1.16
47(61)	0.0021	0.723	-2.290	5	51	0.02	0.23
48(63)	0.0021	-1.434	6.304	20	390	0.09	1.73
49(65)	0.0020	-0.278	7.561	1	561	0.00	2.49
50(66)	0.0020	0.668	-4.726	4	219	0.02	0.97
51(68)	0.0019	-0.136	4.486	0	197	0.00	0.87
52(70)	0.0019	1.399	5.621	19	310	0.09	1.37
53(71)	0.0019	-1.836	1.830	33	33	0.15	0.15
54(74)	0.0018	-0.353	-1.713	1	29	0.01	0.13
55(83)	0.0016	0.874	2.403	7	57	0.03	0.25
56(84)	0.0016	0.431	5.483	2	295	0.01	1.31
57(85)	0.0016	0.669	2.827	4	78	0.02	0.35
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				22173	20678		
Masse strutturali libere [kgm*g]				22559	22559		
Percentuale				98.29	91.66	98.29	91.66

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1	0.1458	-7.125	498	0.04
2	0.0689	-331.189	1075654	84.26
3	0.0407	34.858	11916	0.93
4	0.0370	-110.863	120530	9.44
5	0.0318	-173.054	293688	23.01
6	0.0295	47.732	22343	1.75
7	0.0251	-84.746	70430	5.52
8	0.0220	-23.738	5526	0.43
9	0.0196	-31.491	9725	0.76
10	0.0170	-31.508	9736	0.76
11	0.0151	-39.124	15011	1.18
12	0.0129	-36.062	12754	1.00
13	0.0120	-18.467	3344	0.26
14	0.0108	-20.626	4172	0.33
15	0.0094	-20.618	4169	0.33
16	0.0085	-1.557	24	0.00
17	0.0081	9.729	928	0.07
18	0.0073	-57.253	32145	2.52
19	0.0065	37.508	13796	1.08
20	0.0061	-22.287	4871	0.38
21	0.0060	2.114	44	0.00
22	0.0057	-22.514	4971	0.39
23	0.0053	-10.154	1011	0.08
24	0.0051	-10.774	1138	0.09
25	0.0050	-5.010	246	0.02
26	0.0045	9.289	846	0.07
27	0.0045	0.150	0	0.00

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
28	0.0043	-1.495	22	0.00
29	0.0043	11.362	1266	0.10
30	0.0041	1.998	39	0.00
31	0.0040	12.504	1533	0.12
32	0.0038	-2.103	43	0.00
33	0.0036	3.876	147	0.01
34	0.0035	4.906	236	0.02
35	0.0034	-11.076	1203	0.09
36	0.0032	12.272	1477	0.12
37	0.0032	-13.941	1906	0.15
38	0.0032	24.595	5932	0.46
39	0.0031	24.595	5932	0.46
40	0.0030	43.741	18763	1.47
41	0.0029	14.223	1984	0.16
42	0.0028	-25.387	6321	0.50
43	0.0027	8.598	725	0.06
44	0.0027	-4.060	162	0.01
45	0.0027	7.173	505	0.04
46	0.0026	1.532	23	0.00
47	0.0026	-12.011	1415	0.11
48	0.0026	13.384	1757	0.14
49	0.0025	9.039	801	0.06
50	0.0025	10.470	1075	0.08
51	0.0025	-9.820	946	0.07
52	0.0024	-2.520	62	0.00
53	0.0023	1.169	13	0.00
54	0.0023	-6.326	393	0.03
55	0.0022	15.398	2325	0.18
56	0.0022	-32.647	10452	0.82
57	0.0022	2.996	88	0.01
58	0.0022	49.177	23717	1.86
59	0.0021	-16.639	2715	0.21
60	0.0021	-9.694	922	0.07
61	0.0021	1.137	13	0.00
62	0.0021	-0.960	9	0.00
63	0.0021	-24.118	5704	0.45
64	0.0020	1.178	14	0.00
65	0.0020	-14.447	2047	0.16
66	0.0020	14.535	2072	0.16
67	0.0020	-7.592	565	0.04
68	0.0019	4.872	233	0.02
69	0.0019	-13.346	1747	0.14
70	0.0019	-18.686	3424	0.27
71	0.0019	-3.147	97	0.01
72	0.0019	-2.287	51	0.00
73	0.0018	-3.804	142	0.01
74	0.0018	-6.590	426	0.03
75	0.0018	-5.122	257	0.02
76	0.0018	25.930	6593	0.52
77	0.0018	-8.610	727	0.06
78	0.0017	-7.794	596	0.05
79	0.0017	-1.947	37	0.00
80	0.0017	-2.201	48	0.00
81	0.0017	-15.052	2222	0.17
82	0.0017	3.860	146	0.01
83	0.0016	17.975	3168	0.25
84	0.0016	0.610	4	0.00
85	0.0016	1.961	38	0.00

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, vengono 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 speciali aste (aste a sezione nulla) che hanno la sola funzione di riportare il carico su di esse agente nei nodi degli elementi della platea ad esse 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 moltiplicati per i coefficienti 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
Terreno	Utente
Carico terreno	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, e 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 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 e per ogni 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 formazione della massa (colonna Massa)
- il fattore con cui partecipa alla formazione della massa (se non è esclusa dalla formazione della massa)

Scenario di calcolo

Scenario : Set_NT_SLV_SLD_A2STR/GEO_2018

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	α	K _{mod}	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
1) Permanenti	STR+GEO				0.60					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						Terreno	1.5	Si	Si	1
						Carico terreno	1	No	Si	0.6
2) AD Scala	STR+GEO				0.80					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						Terreno	1.5	Si	Si	1
						Carico terreno	1.5	Si	Si	0.6
3) SISMAX1_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT_2018	1	0	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Carico terreno	0.6	Si	Si	0.6
4) SISMAX1_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT_2018	1	90	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Carico terreno	0.6	Si	Si	0.6
5) Ad scala	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Carico terreno	1	Si	Si	0.6
6) Ad scala	SLE Freq.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Carico terreno	0.7	Si	Si	0.6
7) Quasi P1	SLE Q.Perm.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Carico terreno	0.6	Si	Si	0.6
8) SISMAX_SLD	Modale SLE	SpettroNT_2018	1	0	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Carico terreno	0.6	Si	Si	0.6
9) SISMAX_SLD	Modale SLE	SpettroNT_2018	1	90	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Carico terreno	0.6	Si	Si	0.6

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 2.1.0
Licenza n.	Concesso in licenza a FORLIANO NICOLA codice utente C05016

Il modello di calcolo assunto è di tipo spaziale e l'analisi condotta è una Analisi Elastica Lineare, esso è fondamentalmente 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 piano dello shell.

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 mal condizionare la matrice di rigidezza della struttura. Qualora una maglia di travi non è collegata da solaio lo shell non viene inserito rendendo tale campo libero di deformarsi con il solo vincolo dato dalle travi della. La loro rigidezza flessionale 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, quindi non è necessario definire preventivamente definire il centro di massa e momento d'inerzia delle masse, questo perché 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 questa 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, quindi il codice di calcolo considera i carichi presenti sull'asta che sono stati indicati come quelli che contribuiscono alla formazione della massa (tipicamente $G + \sqrt{2} \cdot Q$) e calcola le reazioni di incastro perfetto verticali, tali reazioni divise per l'accelerazione di gravità g danno il contributo dell'elemento alla massa del nodo, sommando i contributi di tutti gli elementi che convergono nel nodo si ottiene la massa complessiva nel nodo; per gli elementi shell invece si utilizza il metodo delle aree di influenza ossia in ognuno dei 3 oppure 4 nodi che definiscono lo shell si assegna $\frac{1}{3}$ oppure $\frac{1}{4}$ del peso dello shell e $\frac{1}{3}$ oppure $\frac{1}{4}$ dell'eventuale carico variabile ridotto, sommando su tutti gli shell che convergono nel nodo si ottiene la massa da assegnare al nodo.

VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifiche di resistenza degli elementi è condotta 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. Le verifiche sono condotte secondo i seguenti criteri di verifica validi sia per lo SLU che per lo SLD, i criteri di verifica sono una raccolta di parametri che vengono usati in fase di verifica secondo le esigenze strutturali, ognuno di essi contiene i dati per tutti gli elementi, è sottointeso 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). Ognuno di essi 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 verificare che assegnate le sollecitazioni di verifica le deformazioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori a quelle ultime cio' 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

Criterio di verifica: CLS Platee		
Generici		
Resistenza caratteristica R_{ck}	kg/cmq	300
Tensione caratteristica snervamento acciaio 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	3.5
Copriferro di disegno	cm	2.0
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
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		Si
Classe di esposizione		XC2
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 wk(*wm)		1
fc efficace	kg/cmq	25.99
Coefficiente di breve o lunga durata kt		0.40
Coefficiente di aderenza kl		0.80
Tensioni ammissibili di esercizio		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl} s	kg/cmq	149
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl} s	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 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

<u>Criterio di verifica: CLS Muri</u>		
Generici		
Resistenza caratteristica Rck	kg/cmq	300
Tensione caratteristica snervamento acciaio fyk	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
Copriferro di calcolo	cm	3.5
Copriferro di disegno	cm	2.0
Coefficiente di sicurezza γ_{Cl} s		1.5
Coefficiente di sicurezza γ_{Acc}		1.15
Riduzione fcd 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
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		Si
Verifica aperture fessure	kg/cmq	No
Tensioni ammissibili di esercizio		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl} s	kg/cmq	149

Tensione ammissibile σ Acciaio	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile σ Cls	kg/cmq	112
Tensione ammissibile σ 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

VALIDAZIONE DEL CALCOLO-INFORMAZIONI SULL'ELABORAZIONE

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.

Taglianti di piano

Scenario di calcolo : Set_NT_SLV_SLD_A2STR/GEO_2018

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,...)

Azioni complessive, riferite al sistema WCS

$\Theta = F_z * dr / (F_h * H)$ con: F_z =forza verticale, dr =spostamento medio del piano rispetto al piano inferiore, F_h =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 1 (Permanenti)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-132578	0	42900	0.00	0.00	--
1	17078	-0	-16088	6.55	-0.05	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-132578	0	-132578	0
1	0	0	0	0	17078	-0	17078	-0

Combinazione 2 (AD Scala)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
0	-132578	0	42900	0.00	0.00	--
1	17078	-0	-16088	6.55	-0.15	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-132578	0	-132578	0
1	0	0	0	0	17078	-0	17078	-0

Combinazione 3-I-1 (SISMAX1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-85773	41	31542	0.00	0.00	--
1	9352	5	-11212	11.51	-0.19	0.005111

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-85773	41	-85773	41
1	0	0	0	0	9352	5	9352	5

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 4-I-1 (SISMAY1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-88340	2479	33189	0.00	0.00	--
1	11395	-2158	-12604	266.13	-4.34	0.107139

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-88340	2479	-88340	2479
1	0	0	0	0	11395	-2158	11395	-2158

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 5 (Ad scala)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-88385	0	33000	0.00	0.00	--
1	11385	-0	-12375	4.54	-0.10	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-88385	0	-88385	0
1	0	0	0	0	11385	-0	11385	-0

Combinazione 6 (Ad scala)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-88385	0	33000	0.00	0.00	--
1	11385	-0	-12375	4.54	-0.08	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-88385	0	-88385	0
1	0	0	0	0	11385	-0	11385	-0

Combinazione 7 (Quasi P1)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-88385	0	33000	0.00	0.00	--
1	11385	-0	-12375	4.54	-0.07	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-88385	0	-88385	0
1	0	0	0	0	11385	-0	11385	-0

Combinazione 8-I-1 (SISMAX_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-86828	27	31798	0.00	0.00	--
1	10133	-43	-11536	11.31	-0.19	0.004769

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-86828	27	-86828	27
1	0	0	0	0	10133	-43	10133	-43

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	-88365	902	33023	0.00	0.00	--
1	11383	-794	-12481	248.66	-4.07	0.100751

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

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
0	0	0	0	0	-88365	902	-88365	902
1	0	0	0	0	11383	-794	11383	-794

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

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

Tipo: Intel Pentium

Capacità di memoria: 7567 MB

Unità di memoria di massa: Disco C 1836.77 GB

Unità periferiche:

Sistema operativo e sua versione: Microsoft Windows NT 6.2 (Build: 9200)

La valutazione sulla correttezza dei dati in ingresso e sulla 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 ed 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: $8.650124e+02$. Tale valore è accettabile quando risulta minore di 10 elevato al numero di cifre significative. Nel caso dell'elaborazione in oggetto si ha:

$$\text{Max/Min} = 8.650124e+02 < 1.000000e+16$$

Si riporta la tabella relativa alle statistiche sulla matrice di rigidezza

Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza
Scenario di calcolo : Set_NT_SLV_SLD_A2STR/GEO_2018

Minimo della diag.	2.714952e+07
Massimo della diag.	2.348467e+10
Rapporto Max/Min	8.650124e+02
Media della diag.	4.360960e+09
Densita'	2.466810e+01

Pertanto i risultati si ritengono accettabili per quanto riguarda la correttezza del calcolo automatico.

Il Progettista

RELAZIONE DI CALCOLO

Comune:

Titolo del progetto: MURO LINEARE

Committente:

Opera:

Data:

Progettista:

INDICE:

- **DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA**
- **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**
- **VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO**
- **MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO**
- **TERRENO DI FONDAZIONE**
- **ANALISI DEI CARICHI**
- **VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA**
- **ELEMENTI DI FONDAZIONE.**
- **METODO DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA.**
- **AZIONI SULLA STRUTTURA**
- **CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO**
- **VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI**
- **VALIDAZIONE DEL CALCOLO-INFORMAZIONI
SULL'ELABORAZIONE**
- **TABULATI DI CALCOLO**

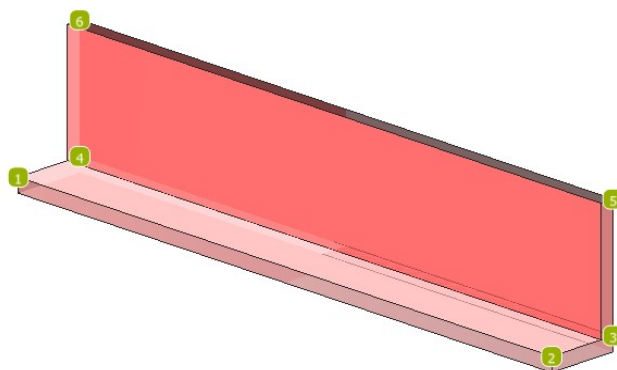
DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Questa sezione va compilata a cura dello strutturista, quanto segue è riportato a titolo di esempio.

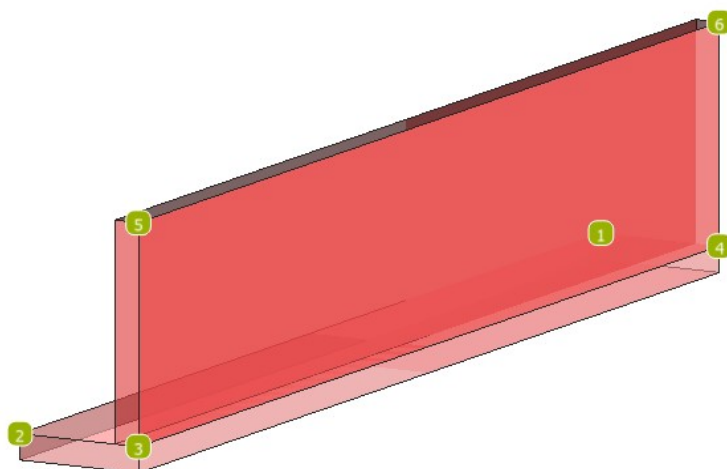
La struttura oggetto del presente calcolo è ubicata in PONTE (prov. di Benevento) in Via Borgo II particella n.°nn/A foglio n.°ff. La struttura, che in pianta ha una forma rettangolare, ha dimensioni 13.3 m x 7.8 m ed una altezza totale strutturale variabile tra 9.30m e 11.3m, il piano delle fondazioni si trova a circa 1.5m al di sotto del piano campagna attuale, un fase di realizzazione sfruttando la pendenza del sito verranno asportati circa 0.9m di terreno e la fondazione a platea verrà attestata a circa 0.6m in modo da raggiungere lo strato di terreno di caratteristiche tecniche miglior

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"

L.R. Campania N° 9/83

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)

Il calcolo delle sollecitazioni e la loro combinazione è stato eseguito seguendo le indicazioni delle NT secondo l'APPROCCIO 2

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(anni)	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso	1.000
Periodo di riferimento(anni)	50.000
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=50.0
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=475.0

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:

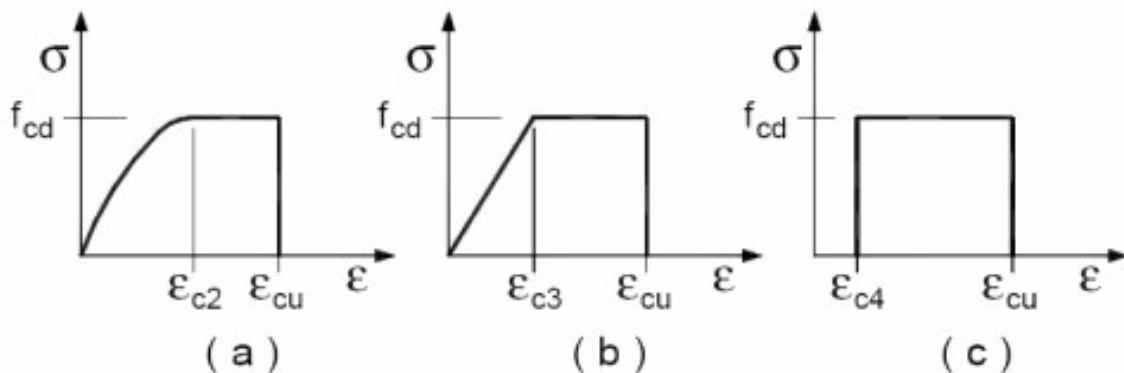
Materiali

Materiale: 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

Parti in calcestruzzo armato		
Classe calcestruzzo		Cl _s C25/30
Resistenza cubica R_{ck}	kg/cm ²	300

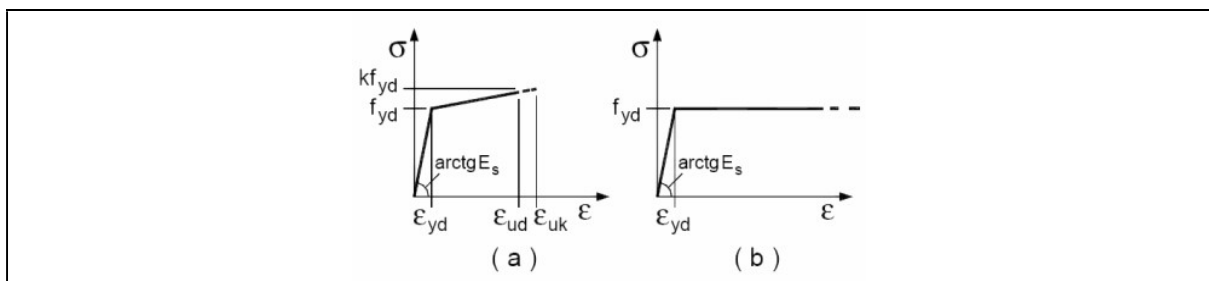
Resistenza di calcolo f_{cd}	kg/cmq	141
Resistenza a trazione di calcolo f_{ctd}	kg/cmq	12
Resistenza cilindrica f_{ck}	kg/cmq	249
Resistenza a trazione media f_{ctm}	kg/cmq	26
Classe acciaio		Acciaio B450C
Resistenza allo snervamento f_{yk}	kg/cmq	≥ 4500
Resistenza alla rottura f_{tk}	kg/cmq	≥ 5400

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 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 per 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 platea in c.a. Dalla Relazione Geologica redatta dal geologo Dott. Antonio Iorio risulta che nell'area in oggetto, si ha un terreno di tipo aggregato con la seguente stratigrafia:

Strato n°		1
Spessore	cm	160
Peso spec.	kg/mc	1600
Peso spec. Sat.	kg/mc	1650
Angolo attrito	°	29
Addensato		Si
OCR		--
coesione	kg/cm ^q	0.00
cu	kg/cm ^q	0.00
Modulo edometrico	kg/cm ^q	3E01
Coeff. Poisson		0.3
Descrizione		Strato 1

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:

I carichi relativi ai pesi propri vengono valutati in automatico in funzione della geometria degli elementi ed al loro peso specifico i tamponamenti vengono valutati per metro lineare di trave su cui insistono maggiori dettagli ad essi relativi sono riportati nel tabulato di calcolo alla sezione dei carichi relativi alle aste, nodi ed 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 ai quali si determina il Periodo di Riferimento dell'azione sismica.

- Determinazione attraverso latitudine e longitudine dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per lo Stato Limite di interesse; l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 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_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

- 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

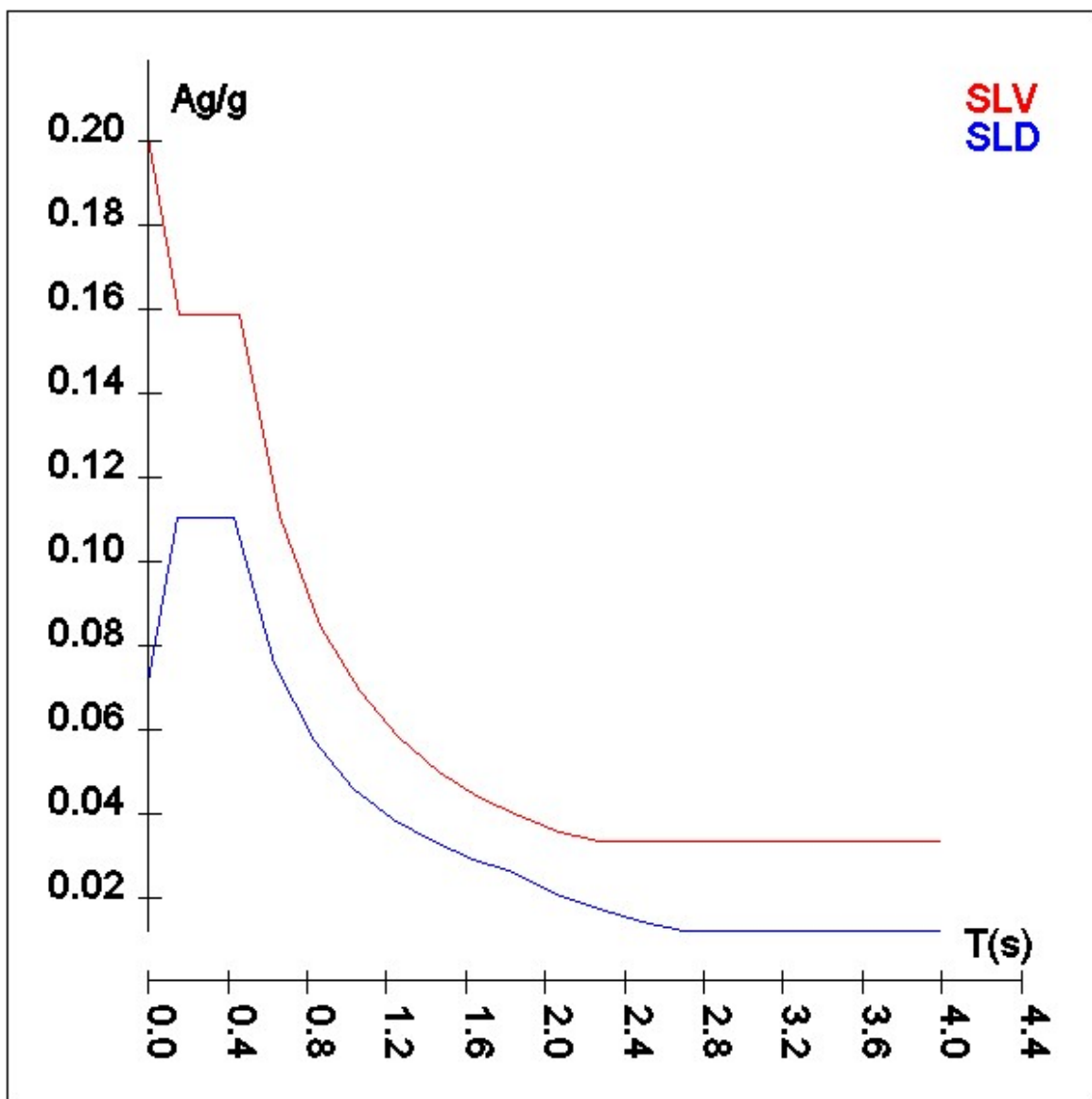
Spettro :SpettroNT 2018

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(anni)	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso	1.000
Periodo di riferimento(anni)	50.000
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=50.0
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=475.0
Parametri del sito	
Comune	Napoli - (NA)
Longitudine	14.251
Latitudine	40.854
Id reticolo del sito	32978-33200-33201-32979
Valori di riferimento del sito	
A_g/g (TR=50.0) SLD	0.0592
F_0 (TR=50.0) SLD	2.3347
T_c^* (TR=50.0) SLD	0.310
A_g/g (TR=475.0) SLV	0.1674
F_0 (TR=475.0) SLV	2.3720
T_c^* (TR=475.0) SLV	0.337
Coefficiente Amplificazione Topografica	$S_t=1.000$
Categoria terreno B	
stato limite SLV	
	$S_s=1.20$
	$T_B=0.15$
	$T_C=0.46$
	$T_D=2.27$
stato limite SLD	
	$S_s=1.20$
	$T_B=0.14$
	$T_C=0.43$

	TD=1.84
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Cemento armato
Struttura regolare in altezza	Kr=1.000000
	Kw=1.000
Regolare in pianta	SI
Tipologia : struttura a pareti non accoppiate	Ce=3.000
Fattore di comportamento $q=K_w \cdot K_r \cdot C_e$	3.000
Fattore di comportamento (SLD)	1.500

TSLV [s]	SLV[a/g]	TSLD [s]	SLD[a/g]
0.00000	0.20086	0.00000	0.07101
0.15372	0.15881	0.14367	0.11052
0.46117	0.15881	0.43100	0.11052
0.66210	0.11062	0.63182	0.07539
0.86303	0.08487	0.83263	0.05721
1.06396	0.06884	1.03345	0.04609
1.26489	0.05790	1.23426	0.03859
1.46582	0.04997	1.43507	0.03319
1.66675	0.04394	1.63589	0.02912
1.86768	0.03922	1.83670	0.02594
2.06861	0.03541	2.05303	0.02076
2.26954	0.03348	2.26936	0.01699
2.48584	0.03348	2.48569	0.01416
2.70215	0.03348	2.70202	0.01198
2.91846	0.03348	2.91835	0.01184
3.13477	0.03348	3.13468	0.01184
3.35108	0.03348	3.35101	0.01184
3.56738	0.03348	3.56734	0.01184
3.78369	0.03348	3.78367	0.01184
4.00000	0.03348	4.00000	0.01184



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 $q=1$ e non maggiori delle resistenze degli elementi sovrastanti la fondazione. Le precedenti limitazioni comprendo anche il caso di struttura calcolata con spettro elastico o con $q=1$.

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 queste vengono generate attraverso i carichi agenti sulle membrature che collegano i nodi come la massa relativa alla azione di incastro perfetto del carico considerato. 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 per varie posizioni dei baricentri delle masse e composte secondo combinazioni di posizioni prestabilite, come riportato in seguito, il risultato di tali combinazioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Per tener conto della eccentricità accidentale delle masse si sono considerate varie posizioni delle masse ad ogni impalcato modificando la posizione del baricentro di una distanza, rispetto alla posizione originaria, come percentuale della dimensione della struttura nella direzione considerata. Le azioni risultanti dai calcoli per le varie posizioni delle masse, in fase di verifica vengono combinati al fine di ottenere le azioni piu' 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 delle dimensione della struttura secondo cui viene spostato il baricentro ad ogni impalcato la percentuale è assegnata nelle due direzioni ortogonali secondo cui agisce il sisma, 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 nel seguente modo 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	0

Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale

Comb	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy	Fz
1	1	1	1	0	0
2	1	1	0	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_SLV_SLD_A2STR/GEO_2018

Posizione masse 1

Numero di Frequenze calcolate =25, filtrate=21

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali kgm*g		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.1772	-31.526	-0.105	9747	0	83.63	0.00
2(2)	0.0648	0.055	-5.582	0	306	0.00	2.62
3(3)	0.0423	-5.998	12.416	353	1512	3.03	12.97
4(4)	0.0366	-1.154	-1.952	13	37	0.11	0.32
5(5)	0.0332	9.939	6.690	969	439	8.31	3.77
6(8)	0.0109	0.705	-1.440	5	20	0.04	0.17
7(9)	0.0094	-3.763	-1.406	139	19	1.19	0.17
8(10)	0.0077	5.260	2.567	271	65	2.33	0.55
9(11)	0.0067	-0.078	-1.635	0	26	0.00	0.22
10(12)	0.0059	-2.704	9.184	72	827	0.62	7.10
11(14)	0.0050	2.369	2.056	55	41	0.47	0.36
12(15)	0.0042	0.450	-7.516	2	554	0.02	4.75
13(16)	0.0039	-0.075	-22.085	0	4783	0.00	41.04
14(17)	0.0038	-0.679	-11.810	5	1368	0.04	11.74
15(18)	0.0038	0.147	-3.737	0	137	0.00	1.18
16(19)	0.0035	-0.049	2.293	0	52	0.00	0.44
17(20)	0.0034	0.916	-4.550	8	203	0.07	1.74
18(21)	0.0033	-0.512	-8.826	3	764	0.02	6.56
19(23)	0.0030	-0.166	-4.316	0	183	0.00	1.57
20(24)	0.0029	0.053	-1.811	0	32	0.00	0.28
21(25)	0.0028	0.405	-2.198	2	47	0.01	0.41
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				11642	11416		
Masse strutturali libere [kgm*g]				11654	11654		
Percentuale				99.90	97.95	99.90	97.95

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1	0.1772	-4.389	189	0.10
2	0.0648	122.503	147168	78.18
3	0.0423	68.328	45785	24.32
4	0.0366	-11.057	1199	0.64
5	0.0332	24.360	5819	3.09
6	0.0267	42.121	17398	9.24
7	0.0149	2.202	48	0.03
8	0.0109	-0.610	4	0.00
9	0.0094	-1.896	35	0.02
10	0.0077	-1.565	24	0.01
11	0.0067	14.010	1925	1.02
12	0.0059	11.224	1235	0.66
13	0.0055	-4.635	211	0.11
14	0.0050	-9.063	806	0.43
15	0.0042	-12.248	1471	0.78
16	0.0039	16.007	2513	1.33
17	0.0038	4.918	237	0.13
18	0.0038	0.036	0	0.00
19	0.0035	-3.166	98	0.05
20	0.0034	2.141	45	0.02
21	0.0033	4.025	159	0.08
22	0.0032	5.612	309	0.16
23	0.0030	-1.963	38	0.02
24	0.0029	5.530	300	0.16
25	0.0028	0.502	2	0.00

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, vengono 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 speciali aste (aste a sezione nulla) che hanno la sola funzione di riportare il carico su di esse agente nei nodi degli elementi della platea ad esse 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 moltiplicati per i coefficienti 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
Terreno	Utente
Peso terreno	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, e 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 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 e per ogni 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 formazione della massa (colonna Massa)
- il fattore con cui partecipa alla formazione della massa (se non è esclusa dalla formazione della massa)

Scenario di calcolo

Scenario : Set NT SLV SLD A2STR/GEO 2018

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	α	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
1) Permanenti	STR+GEO				0.60					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						Terreno	1.5	Si	Si	1
						Peso terreno	1	No	Si	0.6
2) AD Scala	STR+GEO				0.80					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						Terreno	1.5	Si	Si	1
						Peso terreno	1.5	Si	Si	0.6
3) SISMAX1_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT _2018	1	0	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Peso terreno	0.6	Si	Si	0.6
4) SISMAX1_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT _2018	1	90	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Peso terreno	0.6	Si	Si	0.6
5) Ad scala	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Peso terreno	1	Si	Si	0.6
6) Ad scala	SLE Freq.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Peso terreno	0.7	Si	Si	0.6

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	α	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
7) Quasi P1	SLE Q.Perm.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Peso terreno	0.6	Si	Si	0.6
8) SISMAX_SLD	Modale SLE	SpettroNT _2018	1	0	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Peso terreno	0.6	Si	Si	0.6
9) SISMAX_SLD	Modale SLE	SpettroNT _2018	1	90	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						Terreno	1	Si	Si	1
						Peso terreno	0.6	Si	Si	0.6

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 2.1.0
Licenza n.	Concesso in licenza a FORLIANO NICOLA codice utente C05016

Il modello di calcolo assunto è di tipo spaziale e l'analisi condotta è una Analisi Elastica Lineare, esso è fondamentalmente 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 piano dello shell.

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 mal condizionare la matrice di rigidità della struttura. Qualora una maglia di travi non è collegata da solaio lo shell non viene inserito rendendo tale campo libero di deformarsi con il solo vincolo dato dalle travi della. La loro rigidità flessionale 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, quindi non è necessario definire preventivamente definire il centro di massa e momento d'inerzia delle masse, questo perché 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 questa 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, quindi il codice di calcolo considera i carichi presenti sull'asta che sono stati indicati come quelli che contribuiscono alla formazione della massa (tipicamente $G + \psi^2 \cdot Q$) e calcola le reazioni di incastro perfetto verticali, tali reazioni divise per l'accelerazione di gravità g danno il contributo dell'elemento alla massa del nodo, sommando i contributi di tutti gli elementi che convergono nel nodo si ottiene la massa complessiva nel nodo; per gli elementi shell invece si utilizza il metodo delle aree di influenza ossia in ognuno dei 3 oppure 4 nodi che definiscono lo shell si assegna $\frac{1}{3}$ oppure $\frac{1}{4}$ del peso dello shell e $\frac{1}{3}$ oppure $\frac{1}{4}$ dell'eventuale carico variabile ridotto, sommando su tutti gli shell che convergono nel nodo si ottiene la massa da assegnare al nodo.

VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica di resistenza degli elementi è condotta 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. Le verifiche sono condotte secondo i seguenti criteri di verifica validi sia per lo SLU che per lo SLD, i criteri di verifica sono una raccolta di parametri che vengono 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). Ognuno di essi 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 verificare che assegnate le sollecitazioni di verifica le deformazioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori a quelle ultime cioè 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

Criterio di verifica: CLS Platee		
Generici		
Resistenza caratteristica R_{ck}	kg/cmq	300
Tensione caratteristica snervamento acciaio 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
Copri ferro di calcolo	cm	3.5
Copri ferro di disegno	cm	2.0
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
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/cm ²	2600.0
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	kg/cm ²	6.0
Tensione tangenziale massima τ_{c1}	kg/cm ²	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		Si
Classe di esposizione		XC2
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
f_c efficace	kg/cm ²	25.99
Coefficiente di breve o lunga durata k_t		0.40
Coefficiente di aderenza k_l		0.80
Tensioni ammissibili di esercizio		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl} s	kg/cm ²	149
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cm ²	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl} s	kg/cm ²	112
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

Criterio di verifica: CLS Muri		
Generici		
Resistenza caratteristica R_{ck}	kg/cm ²	300
Tensione caratteristica snervamento acciaio 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	3.5
Copriferro di disegno	cm	2.0
Coefficiente di sicurezza γ_{Cl} s		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
Elemento esistente		No
Generici D.M. 96 T.A.		
Tensione ammissibile σ_c	kg/cm ²	97.5
Tensione ammissibile σ_c in trazione	kg/cm ²	21.8
Tensione ammissibile σ_c acciaio	kg/cm ²	2600.0

Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	kg/cm ²	6.0
Tensione tangenziale massima τ_{c1}	kg/cm ²	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		Si
Classe di esposizione		X0
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
f_c efficace	kg/cm ²	25.99
Coefficiente di breve o lunga durata k_t		0.40
Coefficiente di aderenza k_l		0.80
Tensioni ammissibili di esercizio		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl}	kg/cm ²	149
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cm ²	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile σ_{Cl}	kg/cm ²	112
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

VALIDAZIONE DEL CALCOLO-INFORMAZIONI SULL'ELABORAZIONE

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.

Taglianti di piano

Scenario di calcolo : Set_NT_SLV_SLD_A2STR/GEO_2018

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,...)

Azioni complessive, riferite al sistema WCS

$\Theta = F_z * dr / (F_h * H)$ con: F_z =forza verticale, dr =spostamento medio del piano rispetto al piano inferiore, F_h =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 μd

Combinazione 1 (Permanenti)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-23516	0	32321	0.00	0.00	--
1	-0	-0	0	12.25	0.00	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-23516	0	-23516	0
1	0	0	0	0	-0	-0	-0	-0

Combinazione 2 (AD Scala)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-23516	0	32321	0.00	0.00	--
1	-0	-0	0	12.25	0.00	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-23516	0	-23516	0
1	0	0	0	0	-0	-0	-0	-0

Combinazione 3-I-1 (SISMAX1_SLV)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-14098	102	24559	0.00	0.00	--
1	-580	13	40	122.65	-0.10	0.000000

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-14098	102	-14098	102
1	0	0	0	0	-580	13	-580	13

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	-15971	1575	24699	0.00	0.00	--
1	-187	-383	163	2095.62	3.86	0.000000

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

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-15971	1575	-15971	1575
1	0	0	0	0	-187	-383	-187	-383

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 5 (Ad scala)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-15677	0	24862	0.00	0.00	--
1	-0	-0	0	8.86	0.00	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-15677	0	-15677	0
1	0	0	0	0	-0	-0	-0	-0

Combinazione 6 (Ad scala)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-15677	0	24862	0.00	0.00	--
1	-0	-0	0	8.86	0.00	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-15677	0	-15677	0
1	0	0	0	0	-0	-0	-0	-0

Combinazione 7 (Quasi P1)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-15677	0	24862	0.00	0.00	--
1	-0	-0	0	8.86	0.00	--

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-15677	0	-15677	0
1	0	0	0	0	-0	-0	-0	-0

Combinazione 8-I-1 (SISMAX_SLD)

Piano	Fx	Fy	Fz	dx	dy	Θ
	kg	kg	kg	mm	mm	
0	-14591	45	24648	0.00	0.00	--
1	-386	-88	99	117.69	0.01	0.000000

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

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
0	0	0	0	0	-14591	45	-14591	45
1	0	0	0	0	-386	-88	-386	-88

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	-15817	588	24781	0.00	0.00	--
1	-78	-205	61	1959.54	1.74	0.000000

Piano	FxPil/Isol.	FyPil/Isol.	FxPar	FyPar	FxShell	FyShell	FxTot	FyTot
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	0	-15817	588	-15817	588
1	0	0	0	0	-78	-205	-78	-205

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 ELABORAZIONE

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

Tipo: Intel Pentium

Capacità di memoria: 7567 MB

Unità di memoria di massa: Disco C 1836.77 GB

Unità periferiche:

Sistema operativo e sua versione: Microsoft Windows NT 6.2 (Build: 9200)

La valutazione sulla correttezza dei dati in ingresso e sulla 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 ed 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: 9.641056e+01. Tale valore è accettabile quando risulta minore di 10 elevato al numero di cifre significative. Nel caso dell'elaborazione in oggetto si ha:

$$\text{Max/Min} = 9.641056e+01 < 1.000000e+16$$

Si riporta la tabella relativa alle statistiche sulla matrice di rigidezza

Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza	
Scenario di calcolo : Set_NT_SLV_SLD_A2STR/GEO_2018	

Minimo della diag.	6.839096e+07
Massimo della diag.	6.593610e+09
Rapporto Max/Min	9.641056e+01
Media della diag.	1.407722e+09
Densita'	6.014247e+01

Pertanto i risultati si ritengono accettabili per quanto riguarda la correttezza del calcolo automatico.

Il Progettista

