



PROVINCIA DI BENEVENTO

Settore Tecnico

Servizio Edilizia Scolastica

*Interventi di adeguamenti sismico
dell'Istituto di istruzione Superiore "Carafa-Giustiniani"
piazza L. Sodo - Cerreto Sannita*

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

TAVOLA N°	TITOLO:	DATA: Gennaio 2021
4	CALCOLI STRUTTURALI PRELIMINARI	

Il Responsabile del Procedimento

(arch. Giancarlo Marcarelli)



Il Dirigente

(Ing. Angelo Carmine Giordano)

RELAZIONE SULL'APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA PER I CALCOLI STRUTTURALI

Comune: Cerreto Sannita

Titolo del progetto: Supporto alla progettazione di fattibilità tecnica-economica , definitiva ed esecutiva dei lavori di miglioramento/adequamento sismico dell'Istituto di Istruzione Superiore Carafa Giustiniani di Cerreto Sannita

Committente: Provincia di Benevento

Opere: Strutture in muratura e in c.a.

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

Il plesso scolastico oggetto di verifica è ubicata in Cerreto Sannita (prov. di Benevento) in Piazza Luigi Sodo ed è costituito da sei volumi con pianta principalmente rettangolare e giuntati tra loro. La struttura originaria è in muratura portante, di cui non abbiamo molte notizie, probabilmente risale alla fine del 1600. Con il susseguirsi degli anni, ci sono state delle trasformazioni che hanno portato non solo al cambio di destinazione d'uso, ma anche alla realizzazione ex novo di strutture in c.a., quali blocco aule, palestra, auditorium, spogliatoi e la zona di collegamento con l'impianto originario.

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	III
Coefficiente d'uso	1.500
Periodo di riferimento(anni)	75.000
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=75.4
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=711.8

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

MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

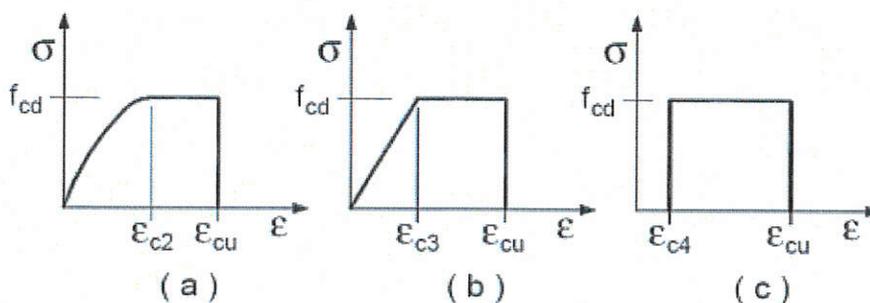
Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, di cui si riportano nell'ordine le proprietà meccaniche adottate nel calcolo elastico e le resistenze di calcolo per le verifiche di sicurezza:

Materiali

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

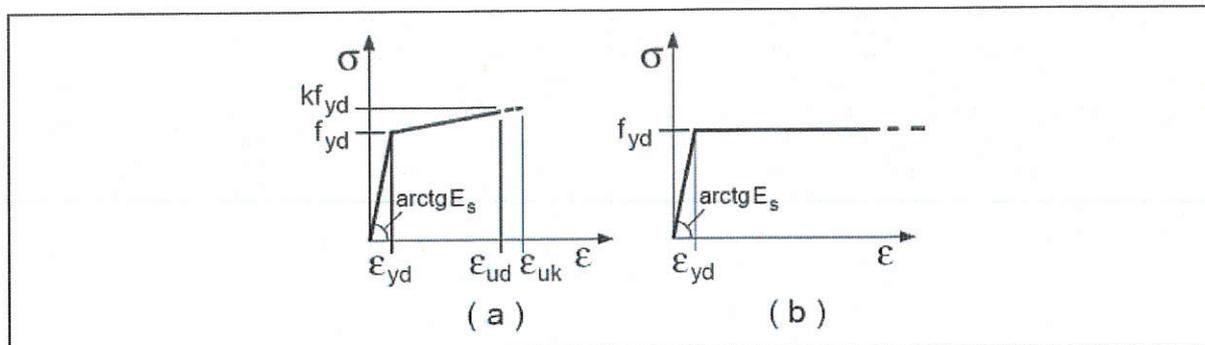
Parti in calcestruzzo armato		
Classe calcestruzzo		Cls Rcm271Kg/cmq
Resistenza cubica media Rcm	kg/cmq	271
Resistenza di calcolo per verifiche duttilifcd	kg/cmq	191
Resistenza di calcolo per verifiche fragilifcd	kg/cmq	127
Resistenza a trazione di calcolo per verifiche duttilifctd	kg/cmq	19
Resistenza a trazione di calcolo per verifiche fragilifctd	kg/cmq	13
Resistenza cilindrica fck	kg/cmq	225
Resistenza a trazione mediafctm	kg/cmq	27
Classe acciaio		
Resistenza allo snervamento fyk	kg/cmq	>=4500
Resistenza alla rottura ftk	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 un insieme di:
di travi rovesce 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 45,70 m x 26,70 m.

I valori delle tensioni sul piano di posa e le sollecitazioni negli elementi di fondazione, sono riportati nell'allegato 'Fascicolo dei calcoli'. Dalla Relazione Geologica redatta dal geologo Dott. Gianpiero Monti risulta che nell'area in oggetto, si ha un terreno di tipo B con la seguente stratigrafia:

Strato n°		1	2
Spessore	cm	150	1100
Peso spec.	kg/mc	1850	1950
Peso spec. Sat.	kg/mc	1900	2000
Angolo attrito	°	26	28
Addensato		No	No
OCR		--	--
coesione	kg/cmq	0.05	2.05
cu	kg/cmq	0.00	0.00
Modulo edometrico	kg/cmq	5E01	1E02
Coeff. Poisson		0.3	0.3
Descrizione		Strato 1	Strato 2

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 fanno riferimento ai dati riportati nella Relazione integrativa e di variante all'epoca di costruzione.

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.

SOVRACCARICO NEVE

Provincia : BENEVENTO
 Zona : 2
 Altitudine a_s : 255 m s.l.m.
 Esposizione : Normale
 Periodo di ritorno : 50 anni

Il carico neve sulle coperture viene valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \text{ KN/m}^2$$

dove:

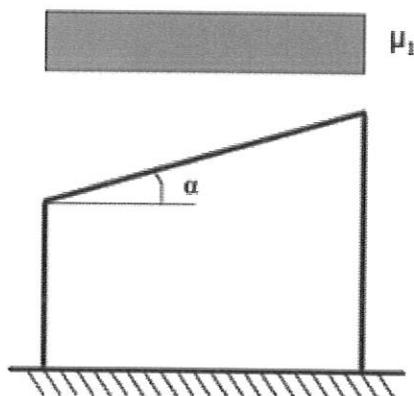
μ_i	Coefficiente di forma della copertura
$C_E = 1.0$	Coefficiente di esposizione
$C_t = 2.0$	Coefficiente termico
$q_{sk} = 1.09 \text{ KN/m}^2$	Carico neve al suolo

Nel caso in esame (copertura ad una falda), con

$$\alpha = 1.00^\circ$$

il coefficiente di forma vale:

$$\mu_1(\alpha) = 0.80 \quad \Rightarrow \quad q_s = 1.74 \text{ KN/m}^2$$



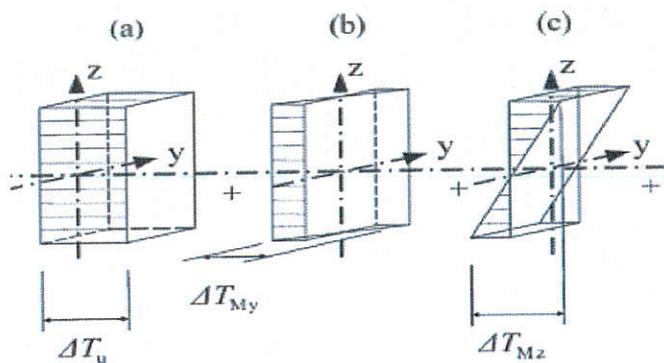
SOVRACCARICO TERMICO

Il campo di temperatura sulla sezione di un elemento strutturale monodimensionale con asse longitudinale x può essere descritto mediante:

a) la componente uniforme $\cdot T_u = T - T_0$ pari alla differenza tra la temperatura media attuale T e quella iniziale alla data della costruzione T_0 ;

b) le componenti variabili con legge lineare secondo gli assi principali y e z della sezione, $\cdot T_{My}$ e

$\cdot T_{Mz}$



Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente $\cdot T_u$.

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$

z<Per la valutazione degli effetti delle azioni termiche, inoltre, si può fare riferimento ai coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente $\cdot T$.

Materiale	$\alpha_T [10^{-6}/$
Alluminio	24
Acciaio da carpenteria	12
Calcestruzzo strutturale	10
Strutture miste acciaio calcestruzzo	12
Calcestruzzo alleggerito	7
Muratura	6 ÷ 10
Legno (parallelo alle fibre)	5
Legno (ortogonale alle fibre)	30 ÷ 70

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:
 - ag accelerazione orizzontale massima al sito;
 - Fo 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:

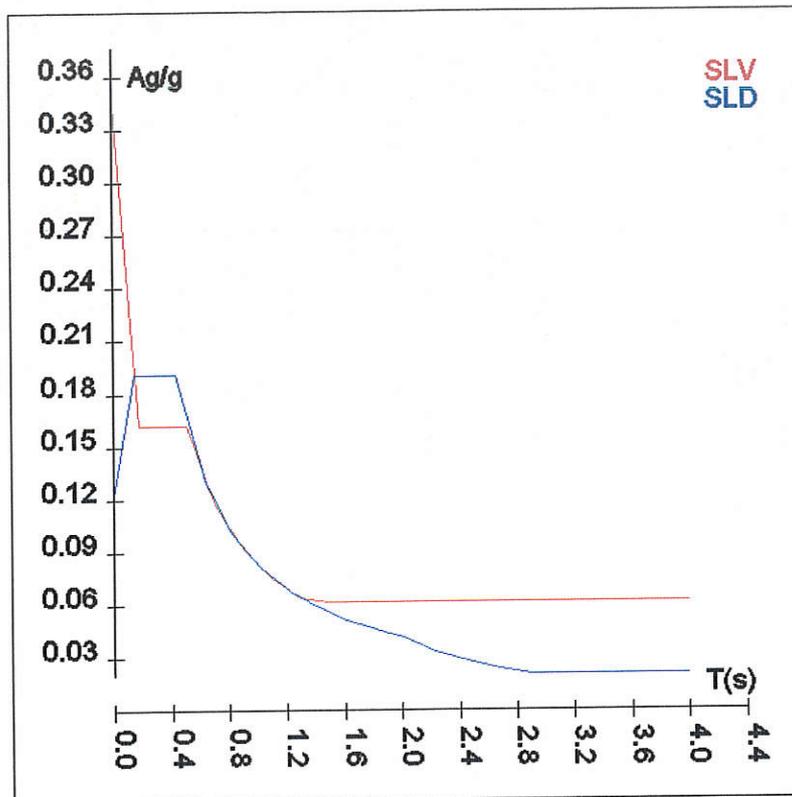
Spettri di risposta

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(anni)	50.0
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso	1.500
Periodo di riferimento(anni)	75.000
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=75.4
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=711.8
Parametri del sito	
Comune	Cerreto Sannita - (BN)
Longitudine	14.56
Latitudine	41.286
Id reticolo del sito	30985-31207-31208-30986
Valori di riferimento del sito	
A _g /g(TR=75.4) SLD	0.1017
F ₀ (TR=75.4) SLD	2.3470
T [*] C(TR=75.4) SLD	0.311
A _g /g(TR=711.8) SLV	0.3098
F ₀ (TR=711.8) SLV	2.3206
T [*] C(TR=711.8) SLV	0.381
Coefficiente Amplificazione Topografica	St=1.000
Categoria terreno B	
stato limite SLV	
	S _s =1.11
	TB=0.17
	TC=0.51
	TD=2.84
stato limite SLD	
	S _s =1.20
	TB=0.14
	TC=0.43
	TD=2.01
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	
Tipo struttura	A
Struttura regolare in altezza	Cemento armato
	K _r =1.000000
Regolare in pianta	K _w =1.000
Tipologia : struttura a telaio, a pareti accoppiate e miste	SI
Telaio 1 piano	C _e =4.500
Fattore di comportamento q=K _w *K _r *q ₀ =K _w *K _r *C _e *a _u /a _l	A _u /A _l =1.100
Fattore di comportamento (SLD)	4.950
	1.500

TSLV [s]	SLV[a/g]	TSLD [s]	SLD[a/g]
0.00000	0.34459	0.00000	0.12208
0.16948	0.16155	0.14417	0.19101
0.50844	0.16155	0.43251	0.19101
0.70266	0.11690	0.62932	0.13128
0.89687	0.09158	0.82612	0.10000
1.09109	0.07528	1.02292	0.08076
1.28530	0.06391	1.21972	0.06773
1.47952	0.06195	1.41652	0.05832
1.67373	0.06195	1.61332	0.05121
1.86795	0.06195	1.81012	0.04564
2.06216	0.06195	2.00692	0.04116
2.25638	0.06195	2.22838	0.03339
2.45059	0.06195	2.44983	0.02763
2.64481	0.06195	2.67128	0.02324
2.83902	0.06195	2.89274	0.02035
3.07122	0.06195	3.11419	0.02035
3.30341	0.06195	3.33564	0.02035
3.53561	0.06195	3.55709	0.02035
3.76780	0.06195	3.77855	0.02035
4.00000	0.06195	4.00000	0.02035



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. La 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
- è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- _{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	-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 SLV_SLD_A2_STR/GEO_2018

Posizione masse 1

Numero di Frequenze calcolate =15, filtrate=11

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali kgm*g		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.6228	14.139	620.964	1960	3781408	0.04	85.96
2(2)	0.5970	-579.534	17.308	3293653	2938	74.87	0.07
3(3)	0.5258	-228.324	-5.702	511238	319	11.62	0.01
4(4)	0.2094	-28.042	-203.522	7712	406202	0.18	9.23
5(5)	0.2044	211.597	-33.773	439075	11186	9.98	0.25
6(6)	0.1836	21.916	60.363	4710	35732	0.11	0.81
7(7)	0.1316	12.931	53.896	1640	28487	0.04	0.65

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
8(8)	0.1298	49.283	64.901	23818	41307	0.54	0.94
9(10)	0.1260	-79.664	51.028	62237	25535	1.41	0.58
10(11)	0.1227	15.500	-34.753	2356	11844	0.05	0.27
11(14)	0.1146	27.555	-1.061	7446	11	0.17	0.00
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				4355845	4344968		
Masse strutturali libere [kgm*g]				4399062	4399062		
Percentuale				99.02	98.77	99.02	98.77

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1	0.6228	1399.299	19201779	1.59
2	0.5970	-4255.051	177553905	14.73
3	0.5258	9248.540	838816620	69.60
4	0.2094	-635.387	3959104	0.33
5	0.2044	393.517	1518615	0.13
6	0.1836	-3489.513	119412664	9.91
7	0.1316	553.233	3001494	0.25
8	0.1298	985.306	9520576	0.79
9	0.1265	24.418	5847	0.00
10	0.1260	-406.865	1623381	0.13
11	0.1227	-152.674	228586	0.02
12	0.1200	-161.508	255805	0.02
13	0.1163	-213.132	445468	0.04
14	0.1146	-88.137	76179	0.01
15	0.1111	450.992	1994613	0.17

Posizione masse 2

Numero di Frequenze calcolate =15, filtrate=10

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.6395	20.129	588.079	3973	3391503	0.09	77.10
2(2)	0.5859	-621.562	30.548	3788690	9152	86.12	0.21
3(3)	0.5220	-37.433	-197.590	13741	382869	0.31	8.70
4(4)	0.2207	42.887	-184.022	18038	332092	0.41	7.55
5(5)	0.2044	208.827	48.888	427653	23438	9.72	0.53
6(6)	0.1739	26.248	-98.437	6756	95025	0.15	2.16
7(7)	0.1368	2.617	94.022	67	86692	0.00	1.97
8(10)	0.1249	-96.371	12.630	91077	1564	2.07	0.04
9(11)	0.1238	28.229	27.926	7815	7648	0.18	0.17
10(13)	0.1187	21.612	-4.642	4581	211	0.10	0.00
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				4362391	4330195		
Masse strutturali libere [kgm*g]				4399062	4399062		
Percentuale				99.17	98.43	99.17	98.43

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1	0.6395	5732.673	322281193	25.72
2	0.5859	-125.436	154300	0.01
3	0.5220	8811.604	761431114	60.76
4	0.2207	-1750.277	30042358	2.40
5	0.2044	-189.331	351531	0.03
6	0.1739	3071.989	92546526	7.39
7	0.1368	1261.856	15614949	1.25
8	0.1323	110.653	120073	0.01
9	0.1287	162.362	258516	0.02
10	0.1249	-159.756	250286	0.02
11	0.1238	403.687	1598122	0.13
12	0.1203	-213.558	447252	0.04
13	0.1187	-66.970	43982	0.00
14	0.1150	-149.412	218922	0.02
15	0.1128	-253.834	631861	0.05

Posizione masse 3

Numero di Frequenze calcolate =15, filtrate=13

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.6228	-11.495	621.090	1296	3782942	0.03	85.99
2(2)	0.5910	-598.579	-14.030	3513689	1930	79.87	0.04
3(3)	0.5309	-171.791	6.049	289414	359	6.58	0.01
4(4)	0.2134	-152.778	121.931	228898	145797	5.20	3.31
5(5)	0.2061	128.723	171.152	162493	287267	3.69	6.53
6(6)	0.1779	-80.154	44.243	63004	19196	1.43	0.44
7(7)	0.1340	2.973	-38.104	87	14239	0.00	0.32

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
8(8)	0.1294	41.563	-81.746	16941	65532	0.39	1.49
9(9)	0.1279	-23.831	-2.708	5569	72	0.13	0.00
10(10)	0.1257	-85.422	-42.843	71559	18000	1.63	0.41
11(11)	0.1207	12.591	27.309	1555	7314	0.04	0.17
12(14)	0.1123	27.887	-17.560	7626	3024	0.17	0.07
13(15)	0.1109	9.106	-30.469	813	9104	0.02	0.21
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				4362942	4354775		
Masse strutturali libere [kgm*g]				4399062	4399062		
Percentuale				99.18	98.99	99.18	98.99

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali		Percentuali
			kgm*g		
1	0.6228	1374.216	18519563	1.53	
2	0.5910	3778.020	139974587	11.57	
3	0.5309	-9489.538	883101912	72.98	
4	0.2134	1530.368	22967424	1.90	
5	0.2061	-842.917	6967711	0.58	
6	0.1779	-3107.535	94700612	7.83	
7	0.1340	-247.771	602037	0.05	
8	0.1294	-798.310	6249759	0.52	
9	0.1279	-23.428	5383	0.00	
10	0.1257	-139.964	192111	0.02	
11	0.1207	38.816	14775	0.00	
12	0.1196	185.965	339142	0.03	
13	0.1157	-235.563	544170	0.04	
14	0.1123	320.816	1009329	0.08	
15	0.1109	1262.790	15638068	1.29	

Posizione masse 4

Numero di Frequenze calcolate =15, filtrate=11

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.6355	-21.386	592.872	4485	3447010	0.10	78.36
2(2)	0.5860	-621.557	-30.675	3788636	9228	86.12	0.21
3(3)	0.5176	34.678	-183.399	11793	329847	0.27	7.50
4(4)	0.2087	-76.913	-194.284	58012	370165	1.32	8.41
5(5)	0.2052	196.807	-83.789	379843	68848	8.63	1.57
6(6)	0.1806	-39.873	-38.967	15591	14891	0.35	0.34
7(7)	0.1321	4.496	-32.682	198	10474	0.00	0.24
8(8)	0.1291	-3.579	-58.361	126	33402	0.00	0.76
9(9)	0.1263	-75.800	-25.445	56346	6349	1.28	0.14
10(10)	0.1249	-45.208	76.104	20042	56798	0.46	1.29
11(11)	0.1230	52.127	28.491	26646	7960	0.61	0.18
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				4361720	4354972		
Masse strutturali libere [kgm*g]				4399062	4399062		
Percentuale				99.15	99.00	99.15	99.00

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali		Percentuali
			kgm*g		
1	0.6355	-3199.094	100363268	8.64	
2	0.5860	-203.012	404170	0.03	
3	0.5176	-9540.285	892572321	76.80	
4	0.2087	1722.003	29079591	2.50	
5	0.2052	-141.929	197544	0.02	
6	0.1806	-3156.225	97691479	8.41	
7	0.1321	135.437	179885	0.02	
8	0.1291	66.035	42763	0.00	
9	0.1263	-282.620	783295	0.07	
10	0.1249	-241.268	570847	0.05	
11	0.1230	120.016	141254	0.01	
12	0.1170	7.663	576	0.00	
13	0.1162	-134.335	176970	0.02	
14	0.1127	-1094.428	11746142	1.01	
15	0.1121	-1260.022	15569573	1.34	

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 $\cdot 0$, $\cdot 1$ e $\cdot 2$ 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
QP Solai	Automatica
QFissi Solai	Automatica
QV Solai	Automatica
QV SolaiPsi0	Automatica
QV SolaiPsi1	Automatica
QV SolaiPsi2	Automatica
Neve	Utente
Vento X	Utente
Vento Y	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 A2 STR/GEO 2018

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	α	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
1) AD QV Solai	STR+GEO				0.90					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	α	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
						QV Solai	1.5	Si	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.75	Si	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	0.9	Si	No	1
2) AD QV Solai	STR+GEO				0.90					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1
						QV Solai	1.5	Si	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.75	Si	No	1
						Vento X	0.9	Si	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
3) AD Neve	STR+GEO				0.80					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1.5	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	1.5	Si	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	0.9	Si	No	1
4) AD Neve	STR+GEO				0.80					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1.5	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	1.5	Si	No	1
						Vento X	0.9	Si	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
5) AD VentoX	STR+GEO				0.90					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1.5	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.75	Si	No	1
						Vento X	1.5	Si	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
6) AD VentoY	STR+GEO				0.90					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1.5	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.75	Si	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	1.5	Si	No	1
7) AD Termici	STR+GEO				-1.00					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1.5	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.75	Si	No	1
						Vento X	0.9	Si	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
8) AD Termici	STR+GEO				-1.00					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	α	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1.5	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.75	Si	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	0.9	Si	No	1
9) SISMAX_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT_2018(q=1.5)	1	0	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Neve	1	No	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
10) SISMAX_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT_2018(q=1.5)	1	90	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Neve	1	No	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
11) AD QV Solai	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.5	Si	No	1
						Vento X	0.6	Si	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
12) AD QV Solai	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.5	Si	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	0.6	Si	No	1
13) AD Neve	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	1	Si	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	0.6	Si	No	1
14) AD Neve	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	1	Si	No	1
						Vento X	0.6	Si	No	1
						Vento Y	1	No	No	1

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	α	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
15) AD VentoX	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.5	Si	No	1
						Vento X	1	Si	No	1
Vento Y	1	No	No	1						
16) AD vento Y	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.5	Si	No	1
						Vento X	1	No	No	1
Vento Y	1	Si	No	1						
17) AD Termici	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.5	Si	No	1
						Vento X	0.6	Si	No	1
Vento Y	1	No	No	1						
18) AD Termici	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	0.5	Si	No	1
						Vento X	1	No	No	1
Vento Y	0.6	Si	No	1						
19) AD QV Solai	SLE Freq.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Neve	1	No	No	1
						Vento X	1	No	No	1
Vento Y	1	No	No	1						
20) AD Neve	SLE Freq.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Neve	0.2	Si	No	1
						Vento X	1	No	No	1
Vento Y	1	No	No	1						
21) AD VentoX	SLE Freq.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Neve	1	No	No	1
						Vento X	0.2	Si	No	1
Vento Y	1	No	No	1						

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	α	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
22) AD Vento Y	SLE Freq.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Neve	0	No	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	0.2	Si	No	1
23) AD Termici	SLE Freq.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Neve	1	No	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
24) Quasi P1	SLE Q.Perm.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Neve	1	No	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
25) SISMAX_SLD	Modale SLE	SpettroNT_2018(q=1.5)	1	0	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Neve	1	No	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	1	No	No	1
26) SISMAX_SLD	Modale SLE	SpettroNT_2018(q=1.5)	1	90	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Neve	1	No	No	1
						Vento X	1	No	No	1
						Vento Y	1	No	No	1

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 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 $G + \dots Q$) 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 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 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 $\dots 0.0050 \cdot h$
- fessurazione
- tensioni in esercizio

Criteri di verifica

Criterio di verifica: CLS Pilastri piano terra		
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	4.1
Copriferro di disegno	cm	2.5
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		No
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No
Generici N.T.		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(\alpha)$		1.00
Modello acciaio		Elasto-plastico
Elemento esistente		Si
Sforzo normale ammissibile σ_{max} (CDA)		0.550

Sforzo normale ammissibile σ_{max} (CDB)		0.650
Generici N.T. Elementi esistenti		
Resistenza cubica media R_{cm}	kg/cmq	232
Tensione media di snervamento acciaio f_{ym}	kg/cmq	5242
Fattore di confidenza	kg/cmq	1.00
Applica i fattori di struttura per verifiche duttili e fragili		Si
Fattore di comportamento per verifiche duttili		2.00
Fattore di comportamento per verifiche fragili		1.50
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 σ_{c0}	kg/cmq	6.0
Tensione tangenziale massima σ_{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		No
Verifica Combinazione QP		No
Verifica Combinazione Freq.		No
Coefficienti di omogeneizzazione		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls tesoro - Cls compresso		0.5
Armatura pilastri		
Massimo numero di ferri in ogni spigolo		1
Diametro ferri di spigolo	mm	20
Diametro ferri laterali	mm	16
Diametro staffe	mm	8
Numero braccia staffe lato lungo		2
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1.00
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	4.00
Verifica pilastri		
Verifica a carico di punta		No
Verifica a pressoflessione deviata		Si
Verifica come pareti		No
Verifica Duttilita' N.T. 2018		
Verifica di duttilita'		NO
Fattore confinamento minimo		1.000
Calcolo Fattore confinamento		NO
Verifica N.T. pilastri		
Verifica pilastri tozzi		NO
Gerarchia Flessione-Taglio		NO
Verifica a taglio pilastri		
Coefficiente di amplificazione α_{Rd}		1.2
Sforzo normale ammissibile σ_{max}		0.8
Effetto spinotto		Si
Effetto della pressoflessione		Si
Traslazione momento		Si
Considera la resistenza a taglio $V_{Rd,s}$		SI
Verifica a taglio N.T. pilastri		
γ_{Rd} (CDA) Pressoflessione		1.3
γ_{Rd} (CDB) Pressoflessione		1.3
γ_{Rd} (CDA) Taglio		1.3
γ_{Rd} (CDB) Taglio		1.1
Verifica Nodi secondo EC8		SI
Stampa pilastri		
Informazioni sollecitazioni di verifica		No
Verifica per tutte le combinazioni di carico		No
Fattori di amplificazione		No
Gerarchia delle resistenze pilastri		
Direzione Y		No
Direzione Z		No

Criterio di verifica: CLS TraviAlte piano terra		
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)		0.01
Modulo elastico E acciaio	kg/cmq	2E06
Copriferro di calcolo	cm	4.0
Copriferro di disegno	cm	2.5
Coefficiente di sicurezza α_{Cl}		1.5
Coefficiente di sicurezza α_{Acc}		1.15
Riduzione fed calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		No
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No

Generici N.T.		
Inclinazione bielle compresse cotg(\square)		1.00
Modello acciaio		Elasto-plastico
Elemento esistente		Si
Generici N.T. Elementi esistenti		
Resistenza cubica media R_{cm}	kg/cmq	232
Tensione media di snervamento acciaio f_{ym}	kg/cmq	5242
Fattore di confidenza	kg/cmq	1.00
Applica i fattori di struttura per verifiche duttili e fragili		Si
Fattore di comportamento per verifiche duttili		2.00
Fattore di comportamento per verifiche fragili		1.50
Generici D.M. 96 T.A.		
Tensione ammissibile $\square c$	kg/cmq	97.5
Tensione ammissibile $\square c$ in trazione	kg/cmq	21.8
Tensione ammissibile $\square c$ acciaio	kg/cmq	2600.0
Tensione tangenziale ammissibile $\square c_0$	kg/cmq	6.0
Tensione tangenziale massima $\square c_1$	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		No
Verifica Combinazione QP		No
Verifica Combinazione Freq.		No
Coefficienti di omogeneizzazione		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls tesoro - 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		2
Numero reggistaffe superiori		0
Numero reggistaffe intermedi		0
Numero reggistaffe inferiori		0
Diametro ferri superiori	mm	20
Diametro ferri inferiori	mm	20
Diametro staffe	mm	8
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	%	0.31
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		No
Escludi dalla gerarchia trave-pilastro		No
Verifica a taglio travi		
Coefficiente di sovrarresistenza $\square R_d$		1.2
Includi effetto spinotto nel taglio		Si
Includi effetto della pressoflessione nel taglio		Si
Verifica a taglio N.T. travi		
Coefficiente di sovrarresistenza $\square R_d$ (CDA)		1.2
Coefficiente di sovrarresistenza $\square R_d$ (CDB)		1.1
Verifica Dutilita' N.T. 2018		
Verifica di dutilita'		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
Considera la resistenza a taglio VRDns		SI
Stampa travi		
Stampa informazioni relative all'asse neutro		Si

Critero di verifica: CLS TraviFondazione

Generici		
Resistenza caratteristica R_{ck}	kg/cmq	250
Tensione caratteristica snervamento acciaio f_{yk}	kg/cmq	4500
Deformazione unitaria $\square c_0$		0.002
Deformazione ultima $\square c_u$		0.0035
ϵ_{fu} (solo incrudimento)		0.0019
Modulo elastico E acciaio	kg/cmq	2E06
Copriferro di calcolo	cm	4.1

Copriferro di disegno	cm	2.5
Coefficiente di sicurezza <input type="checkbox"/> Cls		1.5
Coefficiente di sicurezza <input type="checkbox"/> Acc		1.15
Riduzione fcd calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		No
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No
Generici N.T.		
Inclinazione bielle compresse cotg(<input type="checkbox"/>)		1.00
Modello acciaio		Elasto-plastico
Elemento esistente		Si
Generici N.T. Elementi esistenti		
Resistenza cubica media Rcm	kg/cmq	232
Tensione media di snervamento acciaio fym	kg/cmq	5242
Fattore di confidenza	kg/cmq	1.00
Applica i fattori di struttura per verifiche duttili e fragili		Si
Fattore di comportamento per verifiche duttili		2.00
Fattore di comportamento per verifiche fragili		1.50
Generici D.M. 96 T.A.		
Tensione ammissibile <input type="checkbox"/> c	kg/cmq	85.0
Tensione ammissibile <input type="checkbox"/> c in trazione	kg/cmq	27.2
Tensione ammissibile <input type="checkbox"/> c acciaio	kg/cmq	2600.0
Tensione tangenziale ammissibile <input type="checkbox"/> c0	kg/cmq	5.3
Tensione tangenziale massima <input type="checkbox"/> 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		No
Tensioni ammissibili di esercizio		
Verifica Combinazione Rara		No
Verifica Combinazione QP		No
Verifica Combinazione Freq.		No
Coefficienti di omogeneizzazione		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls tesato - 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		2
Numero reggistaffe superiori		0
Numero reggistaffe intermedi		4
Numero reggistaffe inferiori		2
Diametro ferri superiori	mm	14
Diametro ferri inferiori	mm	14
Diametro staffe	mm	8
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		No
Escludi dalla gerarchia trave-pilastro		No
Verifica a taglio travi		
Coefficiente di sovraresistenza <input type="checkbox"/> Rd		1.2
Includi effetto spinotto nel taglio		Si
Includi effetto della pressoflessione nel taglio		Si
Verifica a taglio N.T. travi		
Coefficiente di sovraresistenza <input type="checkbox"/> Rd (CDA)		1.2
Coefficiente di sovraresistenza <input type="checkbox"/> Rd (CDB)		1.1
Verifica Duttilita' N.T. 2018		
Verifica di duttilita'		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
Considera la resistenza a taglio VRDns		SI
Stampa travi		
Stampa informazioni relative all'asse neutro		Si