

1_ PREMESSA

Il tema progettuale riguarda lo sviluppo di un'analisi dinamica a spettro di risposta di un edificio situato a Bari.

Le verifiche strutturali saranno effettuate secondo le disposizioni dettate dalle NTC 08.

L'edificio è collocato in zona a bassa sismicità nel comune di Bari. La progettazione è stata eseguita adottando la classe di duttilità B (bassa duttilità).

Per il calcolo delle sollecitazioni è stata utilizzata un'analisi lineare dinamica a spettro di risposta.

La regolarità dell'immobile sia in pianta che in alzato, lo rende particolarmente idoneo alla progettazione in zona sismica. La struttura portante è costituita da un telaio tridimensionale in calcestruzzo armato gettato in opera, composto da elementi monodimensionali verticali (pilastri) e orizzontali (travi).

2_ DATI GEOMETRICI ED ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE

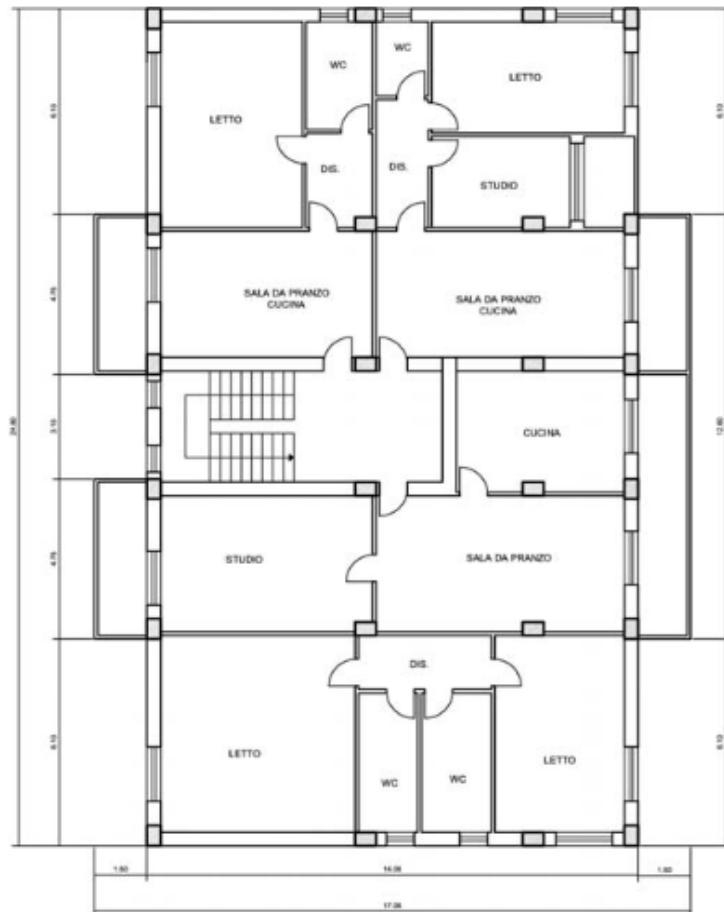
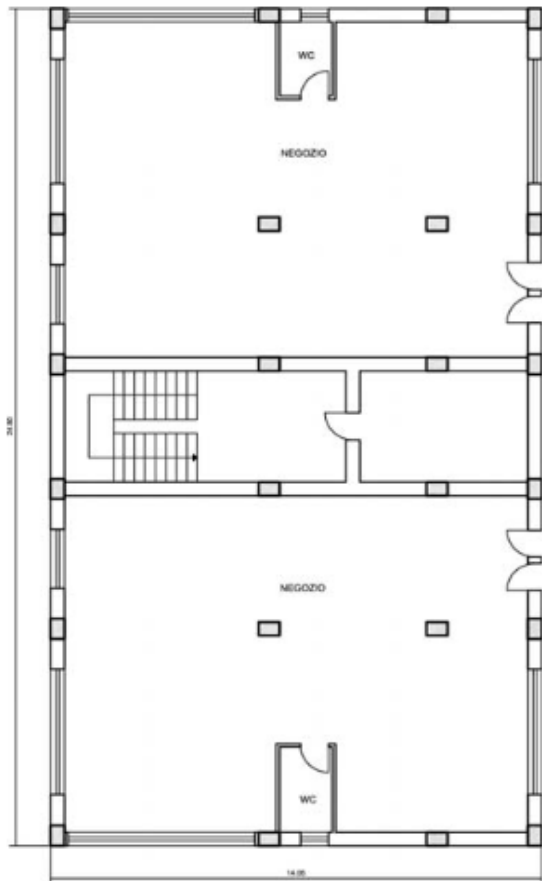
La struttura è un edificio multipiano a destinazione mista.

Il piano terra è destinato alle attività commerciali, i restanti piani sono adibiti ad uso residenziale, la copertura è piana e praticabile.

Dal piano terra si accede al vano scala, il quale è costituito da rampe realizzate mediante sistema di trave a ginocchio.

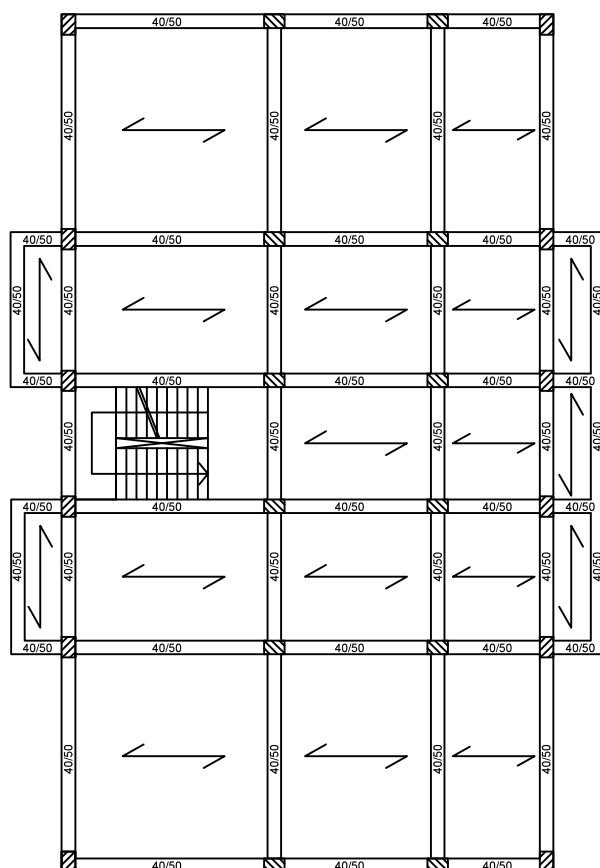
L'edificio soddisfa i requisiti più importanti della progettazione in zona sismica, ovvero semplicità strutturale, uniformità e simmetria. Il fabbricato può considerarsi inscritto in un rettangolo di dimensioni 17,05 m * 21,80 m e si sviluppa in altezza per 4 livelli.

L'edificio complessivamente è alto 12,65 m.

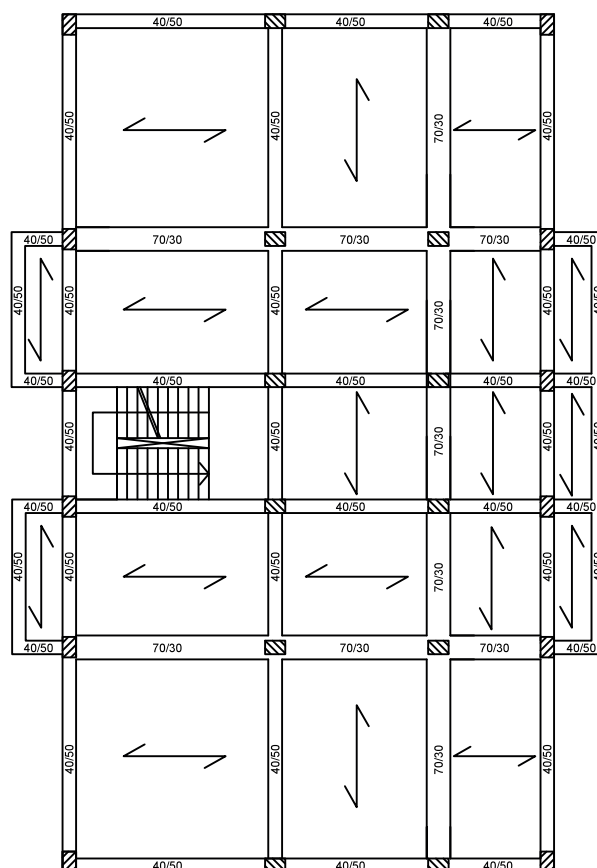


scala 1:100

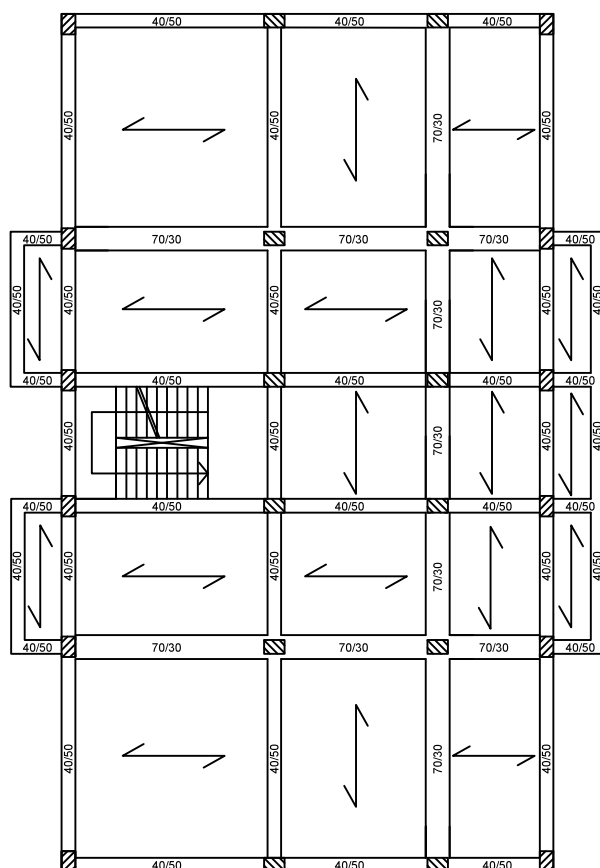
CARPENTERIE IMPALCATI PRIMO



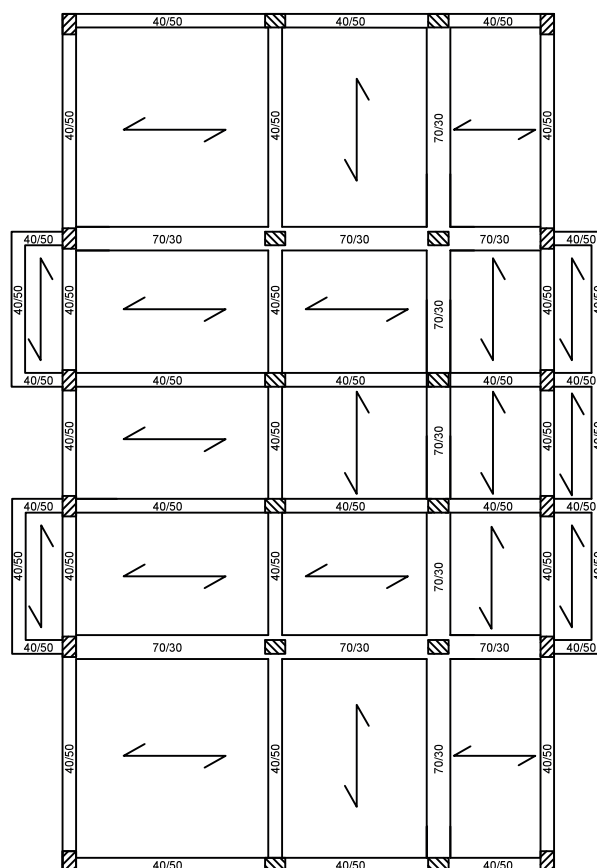
SECONDO



TERZO

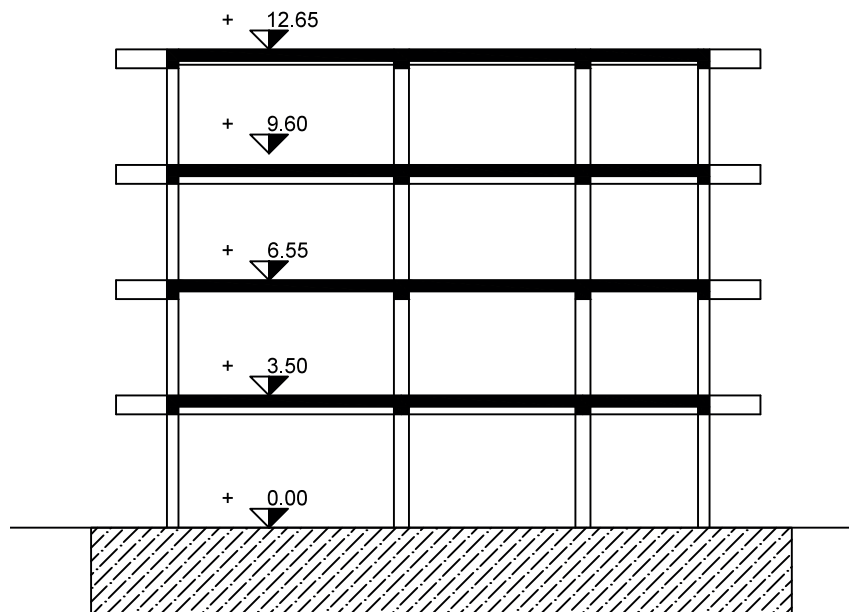


QUARTO

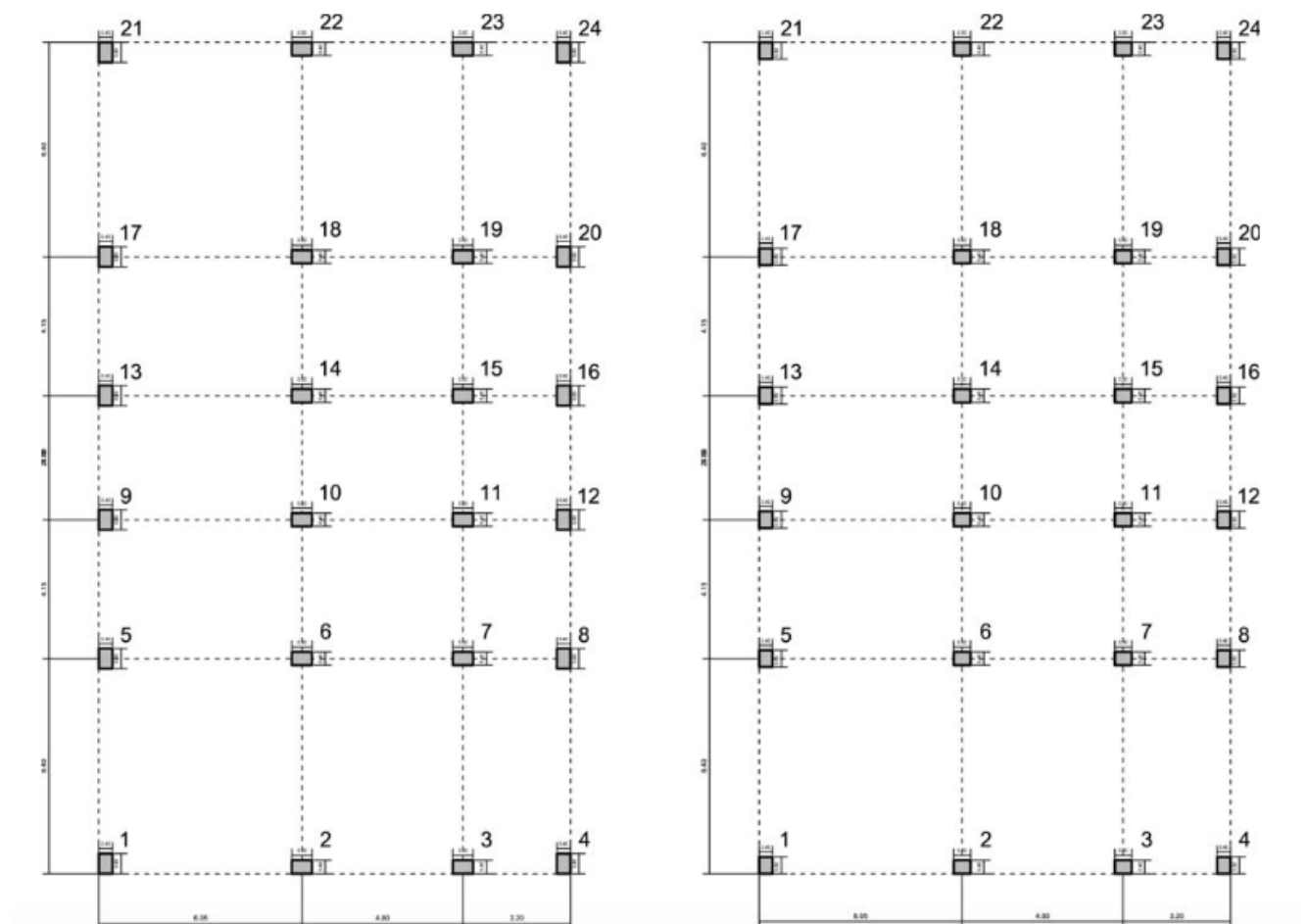


scala 1:200

SEZIONE STRUTTURALE



PIANTA DI TRACCIAMENTO DEI PILASTRI AL 1° E 2° IMPALCATO (SX)



CALCOLO DEI CARICHI UNITARI GRAVITAZIONALI

Solaio 1 (locali abitazione) s= 30 cm	Spessore (cm)	KN/mq
Peso proprio del solaio (carico permanente G1)		4
Intonaco intradosso (s=1,5 cm)	1,5	0,3
Massetto in malta di cemento (s=4cm)	4	0,84
Pavimento in gr s (s=2cm)	2	0,4
Incidenza tramezzi		1,6
TOT carico permanente non strutturale G2		3,14
TOT azioni variabili Qk		2

Wsolaio= G1, solaio +G2, solaio+ $\Psi 2 \cdot Q$ solaio	7,74
--	------

Solaio 2 (balconi abitazione) s= 30 cm	Spessore (cm)	KN/mq
Peso proprio del solaio (carico permanente G1)		4
Intonaco intradosso (s=1,5 cm)	1,5	0,3
Massetto in malta di cemento (s=5 cm)	5	1,05
Pavimento in gr s (s=2cm)	2	0,4
Incidenza tramezzi		1,6
TOT carico permanente non strutturale G2		3,35
TOT azioni variabili Qk		2

Wbalcone= G1, balcone +G2, balcone+ $\Psi 2 \cdot Q$ balcone	8,25
--	------

Solaio 3 (copertura) s= 30 cm	Spessore (cm)	KN/mq
Peso proprio del solaio (carico permanente G1)		4
Intonaco intradosso (s=1,5 cm)	1,5	0,3
Massetto pend. in cls alleggerito (s=15cm)	15	1,8
Pavimento (s=2cm)	2	0,4
Manto impermeabile prefabbricato+isolante		0,2
TOT carico permanente non strutturale G2		2,7
TOT azioni variabili Qk		2

Wcopertura= G1, copertura +G2, copertura+ $\Psi 2 \cdot Q$ copertura	6,7
--	-----

Rampa scale	Spessore (cm)	KN/mq
Peso proprio della rampa (carico permanente G1)		4,6
Intonaco intradosso (s=1,5 cm)	1,5	0,3
Massetto in malta di cemento (s=4cm)	4	0,84
Pedata e alzata in marmo (s=3cm)	3	1,21
TOT carico permanente non strutturale G2		2,35
TOT azioni variabili Qk		4

Wscala= G1, scala +G2, scala+ $\Psi 2 \cdot Q$ scala	9,35
--	------

TRAVI 1° IMPALCATO

Trave	Luce	Sezione	B	H	Area influenza	Totale	G1	G1 linearizzato	G2	G2 linearizzato	Qk	Qk linearizzato
	m				mq	mq	KN/mq	KN/m	KN/mq	KN/m	KN/mq	KN/m
ASSE X												
1-5	6,4		40	50	19,36	19,36	4	12,1	3,14	9,4985	2	6,05
5-9	4,15		40	50	12,55	18,775	4	18,09638554	3,14	14,20566265	2	9,048192771
9-13	3,7		40	50		0	4	0	3,14	0	2	0
13-17	4,15		40	50	12,55	18,775	4	18,09638554	3,14	14,20566265	2	9,048192771
17-21	6,4		40	50	19,36	19,36	4	12,1	3,14	9,4985	2	6,05
2-6	6,4		40	50	19,36	34,72	4	21,7	3,14	17,0345	2	10,85
6-10	4,15		40	50	12,55	22,51	4	21,69638554	3,14	17,03166265	2	10,84819277
10-14	3,7		40	50	8,88	8,88	4	9,6	3,14	7,536	2	4,8
14-18	4,15		40	50	12,55	22,51	4	21,69638554	3,14	17,03166265	2	10,84819277
18-22	6,4		40	50	19,36	34,72	4	21,7	3,14	17,0345	2	10,85
3-7	6,4		40	50	10,24	25,6	4	16	3,14	12,56	2	8
7-11	4,15		40	50	6,64	16,6	4	16	3,14	12,56	2	8
11-15	3,7		40	50	5,98	14,86	4	16,06486486	3,14	12,61091892	2	8,032432432
15-19	4,15		40	50	6,64	16,6	4	16	3,14	12,56	2	8
19-23	6,4		40	50	10,24	25,6	4	16	3,14	12,56	2	8
4-8	6,4		40	50	10,24	10,24	4	6,4	3,14	5,024	2	3,2
8-12	4,15		40	50	6,64	12,79	4	12,32771084	3,14	9,677253012	2	6,163855422
12-16	3,7		40	50	5,98	11,53	4	12,46486486	3,14	9,784918919	2	6,232432432
16-20	4,15		40	50	6,64	12,79	4	12,32771084	3,14	9,677253012	2	6,163855422
20-24	6,4		40	50	10,24	10,24	4	6,4	3,14	5,024	2	3,2
ASSE Y												
1-2	6,05		40	50		0	4		3,14	0	2	0
2-3	4,8		40	50		0	4		3,14	0	2	0
3-4	3,2		40	50		0	4		3,14	0	2	0
5-6	6,05		40	50		0	4		3,14	0	2	0
6-7	4,8		40	50		0	4		3,14	0	2	0
7-8	3,2		40	50		0	4		3,14	0	2	0
9-10	6,05		40	50		0	4		3,14	0	2	0
10-11	4,8		40	50		0	4		3,14	0	2	0
11-12	3,2		40	50		0	4		3,14	0	2	0
13-14	6,05		40	50		0	4		3,14	0	2	0
14-15	4,8		40	50		0	4		3,14	0	2	0
15-16	3,2		40	50		0	4		3,14	0	2	0
17-18	6,05		40	50		0	4		3,14	0	2	0
18-19	4,8		40	50		0	4		3,14	0	2	0
19-20	3,2		40	50		0	4		3,14	0	2	0
21-22	6,05		40	50		0	4		3,14	0	2	0
22-23	4,8		40	50		0	4		3,14	0	2	0
23-24	3,2		40	50		0	4		3,14	0	2	0

TRAVI 2° IMPALCATO

Trave	Luce	Sezione	B	H	Area influenza	Totale	G1	G1 linearizzato	G2	G2 linearizzato	Qk	Qk linearizzato
	m				mq	mq	mq	KN/mq	KN/m	KN/mq	KN/mq	KN/mq
ASSE X												
1-5	6,4		40	50	19,36	19,36	19,36	4	12,1	3,14	9,4985	2
5-9	4,15		40	50	12,55	6,225	18,775	4	18,09638554	3,14	14,20566265	2
9-13	3,7		40	50			0	4	0	3,14	0	2
13-17	4,15		40	50	12,55	6,225	18,775	4	18,09638554	3,14	14,20566265	2
17-21	6,4		40	50	19,36		19,36	4	12,1	3,14	9,4985	2
2-6	6,4		40	50			0	4	0	3,14	0	2
6-10	4,15		40	50	12,55	9,96	22,51	4	21,69638554	3,14	17,03166265	2
10-14	3,7		40	50			0	4	0	3,14	0	2
14-18	4,15		40	50	12,55	9,96	22,51	4	21,69638554	3,14	17,03166265	2
18-22	6,4		40	50			0	4	0	3,14	0	2
3-7	6,4		40	50	10,24	15,36	25,6	4	16	3,14	12,56	2
7-11	4,15		40	50			0	4	0	3,14	0	2
11-15	3,7		40	50			0	4	0	3,14	0	2
15-19	4,15		40	50			0	4	0	3,14	0	2
19-23	6,4		40	50	10,24	15,36	25,6	4	16	3,14	12,56	2
4-8	6,4		40	50	10,24		10,24	4	6,4	3,14	5,024	2
8-12	4,15		40	50			0	4	0	3,14	0	2
12-16	3,7		40	50			0	4	0	3,14	0	2
16-20	4,15		40	50			0	4	0	3,14	0	2
20-24	6,4		40	50	10,24		10,24	4	6,4	3,14	5,024	2
ASSE Y												
1-2	6,05		40	50			0	4	0	3,14	0	2
2-3	4,8		40	50	15,36		15,36	4	12,8	3,14	10,048	2
3-4	3,2		40	50			0	4	0	3,14	0	2
5-6	6,05		40	50			0	4	0	3,14	0	2
6-7	4,8		40	50	15,36	9,75	15,36	4	12,8	3,14	10,048	2
7-8	3,2		40	50			9,75	4	12,1875	3,14	9,5671875	2
9-10	6,05		40	50			0	4	0	3,14	0	2
10-11	4,8		40	50	8,88		8,88	4	7,4	3,14	5,809	2
11-12	3,2		40	50	9,75	8,695	18,445	4	23,05625	3,14	18,09915625	2
13-14	6,05		40	50			0	4	0	3,14	0	2
14-15	4,8		40	50	8,88		8,88	4	7,4	3,14	5,809	2
15-16	3,2		40	50	8,695	9,75	18,445	4	23,05625	3,14	18,09915625	2
17-18	6,05		40	50			0	4	0	3,14	0	2
18-19	4,8		40	50	15,36		15,36	4	12,8	3,14	10,048	2
19-20	3,2		40	50	9,75		9,75	4	12,1875	3,14	9,5671875	2
21-22	6,05		40	50			0	4	0	3,14	0	2
22-23	4,8		40	50	15,36		15,36	4	12,8	3,14	10,048	2
23-24	3,2		40	50			0	4	0	3,14	0	2

TRAVI 3° IMPALCATO

Trave	Luce m	Sezione B	H	Area influenza mq	Totale mq	G1 KN/mq	G1 linearizzato KN/m	G2 KN/mq	G2 linearizzato KN/m	Qk KN/mq	Qk linearizzato KN/m
ASSE X											
1-5	6,4	40	50	19,36	19,36	4	12,1	3,14	9,4985	2	6,05
5-9	4,15	40	50	12,55	6,225	4	18,09638554	3,14	14,20566265	2	9,048192771
9-13	3,7	40	50			4	0	3,14	0	2	0
13-17	4,15	40	50	12,55	6,225	4	18,09638554	3,14	14,20566265	2	9,048192771
17-21	6,4	40	50	19,36	19,36	4	12,1	3,14	9,4985	2	6,05
2-6	6,4	40	50			4	0	3,14	0	2	0
6-10	4,15	40	50	12,55	9,96	4	21,69638554	3,14	17,03166265	2	10,84819277
10-14	3,7	40	50			4	0	3,14	0	2	0
14-18	4,15	40	50	12,55	9,96	4	21,69638554	3,14	17,03166265	2	10,84819277
18-22	6,4	40	50	10,24	15,36	4	16	3,14	12,56	2	8
3-7	6,4	40	50			4	0	3,14	0	2	0
7-11	4,15	40	50			4	0	3,14	0	2	0
11-15	3,7	40	50			4	0	3,14	0	2	0
15-19	4,15	40	50			4	0	3,14	0	2	0
19-23	6,4	40	50	10,24	15,36	4	16	3,14	12,56	2	8
4-8	6,4	40	50	10,24	10,24	4	6,4	3,14	5,024	2	3,2
8-12	4,15	40	50			4	0	3,14	0	2	0
12-16	3,7	40	50			4	0	3,14	0	2	0
16-20	4,15	40	50			4	0	3,14	0	2	0
20-24	6,4	40	50	10,24	10,24	4	6,4	3,14	5,024	2	3,2
ASSE Y											
1-2	6,05	40	50			4	0	3,14	0	2	0
2-3	4,8	40	50	15,36	15,36	4	12,8	3,14	10,048	2	6,4
3-4	3,2	40	50			4	0	3,14	0	2	0
5-6	6,05	40	50			4	0	3,14	0	2	0
6-7	4,8	40	50	15,36	9,75	4	12,8	3,14	10,048	2	6,4
7-8	3,2	40	50			4	12,1875	3,14	9,5671875	2	6,09375
9-10	6,05	40	50			4	0	3,14	0	2	0
10-11	4,8	40	50	8,88	8,88	4	7,4	3,14	5,809	2	3,7
11-12	3,2	40	50	9,75	8,695	4	23,05625	3,14	18,09915625	2	11,528125
13-14	6,05	40	50			4	0	3,14	0	2	0
14-15	4,8	40	50	8,88	9,75	4	7,4	3,14	5,809	2	3,7
15-16	3,2	40	50	8,695	9,75	4	23,05625	3,14	18,09915625	2	11,528125
17-18	6,05	40	50			4	0	3,14	0	2	0
18-19	4,8	40	50	15,36		4	12,8	3,14	10,048	2	6,4
19-20	3,2	40	50	9,75	9,75	4	12,1875	3,14	9,5671875	2	6,09375
21-22	6,05	40	50			4	0	3,14	0	2	0
22-23	4,8	40	50	15,36	15,36	4	12,8	3,14	10,048	2	6,4
23-24	3,2	40	50			4	0	3,14	0	2	0

TRAVE 4° IMPALCATO

Trave	Luce	Sezione	Area influenza	Totale	G1	G1 linearizzato	G2	G2 linearizzato	Qk	Qk linearizzato
	m	B	H	mq	KN/mq	KN/m	KN/mq	KN/m	KN/mq	KN/m
ASSE X										
1-5	6,4	40	50	19,36	4	12,1	3,14	9,4985	2	6,05
5-9	4,15	40	50	12,55	4	18,09638554	3,14	14,20566265	2	9,048192771
9-13	3,7	40	50	11,13	4	12,03243243	3,14	9,445459459	2	6,016216216
13-17	4,15	40	50	12,55	4	18,09638554	3,14	14,20566265	2	9,048192771
17-21	6,4	40	50	19,36	4	12,1	3,14	9,4985	2	6,05
2-6	6,4	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
6-10	4,15	40	50	12,55	4	21,69638554	3,14	17,03166265	2	10,84819277
10-14	3,7	40	50	11,13	4	12,03243243	3,14	9,445459459	2	6,016216216
14-18	4,15	40	50	12,55	4	21,69638554	3,14	17,03166265	2	10,84819277
18-22	6,4	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
3-7	6,4	40	50	15,36	4	16	3,14	12,56	2	8
7-11	4,15	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
11-15	3,7	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
15-19	4,15	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
19-23	6,4	40	50	15,36	4	16	3,14	12,56	2	8
8-12	4,15	40	50	10,24	4	6,4	3,14	5,024	2	3,2
12-16	3,7	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
16-20	4,15	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
20-24	6,4	40	50	10,24	4	6,4	3,14	5,024	2	3,2
ASSE Y										
1-2	6,05	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
2-3	4,8	40	50	15,36	4	12,8	3,14	10,048	2	6,4
3-4	3,2	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
5-6	6,05	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
6-7	4,8	40	50	15,36	4	12,8	3,14	10,048	2	6,4
7-8	3,2	40	50	9,75	4	12,1875	3,14	9,5671875	2	6,09375
9-10	6,05	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
10-11	4,8	40	50	8,88	4	7,4	3,14	5,809	2	3,7
11-12	3,2	40	50	18,445	4	23,05625	3,14	18,09915625	2	11,528125
13-14	6,05	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
14-15	4,8	40	50	8,88	4	7,4	3,14	5,809	2	3,7
15-16	3,2	40	50	8,695	4	23,05625	3,14	18,09915625	2	11,528125
17-18	6,05	40	50	9,75	4	0	3,14	0	2	0
18-19	4,8	40	50	15,36	4	12,8	3,14	10,048	2	6,4
19-20	3,2	40	50	9,75	4	12,1875	3,14	9,5671875	2	6,09375
21-22	6,05	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0
22-23	4,8	40	50	15,36	4	12,8	3,14	10,048	2	6,4
23-24	3,2	40	50	0	4	0	3,14	0	2	0

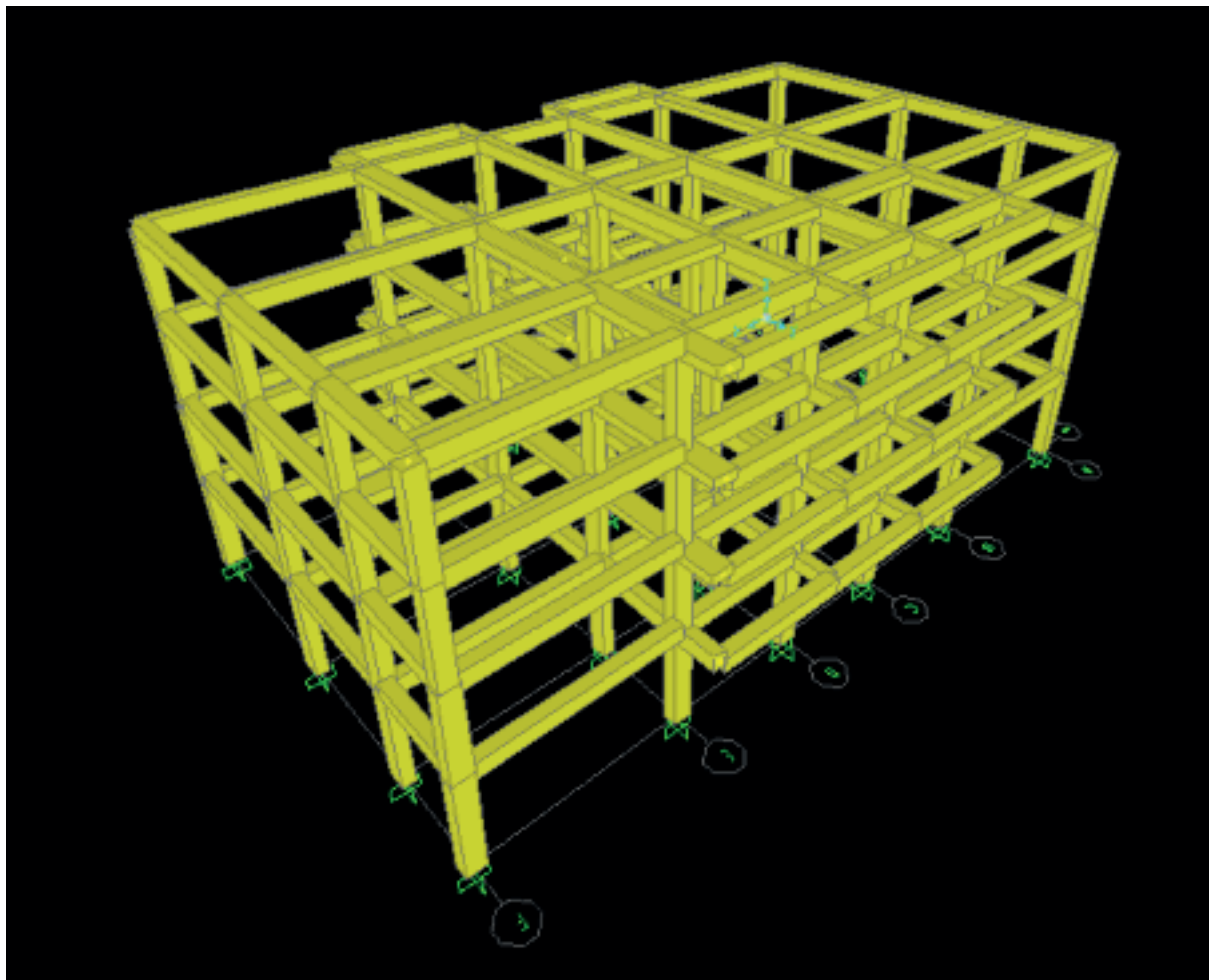
RAMPA SCALE

Trave	Luce	Sezione	Area influenza	Totale	G1	G1 linearizzato	G2	G2 linearizzato	Qk	Qk linearizzato
	m	B	H	mq	KN/mq	KN/m	KN/mq	KN/m	KN/mq	KN/m
A-Piano terra	12,1	70	30	22,38	4,6	8,508099174	2,35	4,346528926	4	7,398347107
B-Piano primo	10,1	70	30	22,38	4,6	10,19287129	2,35	5,207227723	4	8,863366337
C-Piano secondo	10,1	70	30	22,38	4,6	10,19287129	2,35	5,207227723	4	8,863366337

6_ MODELLAZIONE STRUTTURALE

MODELLAZIONE CON SAP 2000

La modellazione strutturale è stata definita con la il programma SAP 2000, un programma di calcolo ad elementi finiti pensato fondamentalmente per l'ingegneria civile.



Dopo aver attribuito le varie combinazioni di carico, tra cui 1 fondamentale, 2 sismiche sono state, e dopo aver caricato nel programma i rispettivi spettri di progetto prima citati secondo la NTC 08, sono state attribuite le masse sismiche.

$$M_p = M\rho^2$$

$$\rho = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{12}}$$

5_ DETERMINAZIONE CARICO SISMICO DA NORMATIVA

VITA NOMINALE, NTC 2.4

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	< 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

CLASSE D'USO

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

AZIONE SISMICA, NTC 3.2

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale. o

T^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. C

In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F e T^* g o C necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO, NTC 3.2.1

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:



- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

15
Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $NSPT_{30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

A__ Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

B__ Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C__ Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D__ Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E__ Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA, NTC 3.2.3

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Per le opere e i sistemi geotecnici la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato (v. Cap. 7) e purché il sito nel quale la costruzione sorge non sia in Zone 3 e 4.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale. In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico

3.2.3.2 Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR (par. 2.4 e 3.2.1).

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi ovvero l'azione sismica deve essere descritta mediante accelerogrammi.

Analogamente si opera in presenza di sottosuoli di categoria S1 o S2.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

$$\begin{aligned}
0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
\end{aligned}$$

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3,$$

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T_C = C_C \cdot T_C^*,$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6. \quad (3.2.9)$$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

ANALISI LINEARE O NON LINEARE, NTC 7.3.1

L'analisi delle strutture soggette ad azione sismica può essere lineare o non lineare.

ANALISI LINEARE

L'analisi lineare può essere utilizzata per calcolare gli effetti delle azioni sismiche sia nel caso di sistemi dissipativi sia nel caso di sistemi non dissipativi.

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi non dissipativi, come avviene per gli stati limite di esercizio, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q unitario..

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi dissipativi, come avviene per gli stati limite ultimi, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q maggiore dell'unità.

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R \quad (7.3.1)$$

dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto u_0/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

KR è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza. Per le costruzioni regolari in pianta, qualora non si proceda ad un'analisi non lineare finalizzata alla valutazione del rapporto α_u/α_1 , per esso possono essere adottati i valori indicati nei paragrafi successivi per le diverse tipologie costruttive.

Per le costruzioni non regolari in pianta, si possono adottare valori di α_u/α_1 pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive.

FATTORI DI STRUTTURA, NTC 7.4.3.2

Il fattore di struttura da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica orizzontale è calcolato come riportato nel § 7.3.1.

I massimi valori di q_0 relativi alle diverse tipologie ed alle due classi di duttilità considerate (CD "A" e CD "B") sono contenuti nella tabella seguente.

Tabella 7.4.I – Valori di q_0

Tipologia	q_0	
	CD "B"	CD "A"
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3,0 \alpha_u/\alpha_1$	$4,5 \alpha_u/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0 \alpha_u/\alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

Le strutture a pareti estese debolmente armate devono essere progettare in CD "B". Strutture aventi i telai resistenti all'azione sismica composti, anche in una sola delle direzioni principali, con travi a spessore devono essere progettate in CD "B" a meno che tali travi non si possano considerare elementi strutturali "secondari".

Per strutture regolari in pianta, possono essere adottati i seguenti valori di α_u/α_1 :

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$
- strutture a telaio con più piani e più campate $\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$

b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti

- strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale $\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$
- altre strutture a pareti non accoppiate $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
- strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

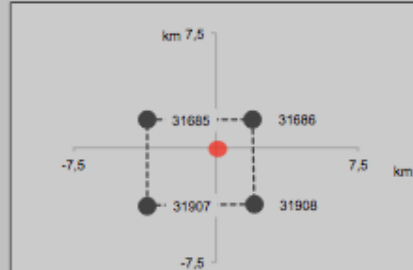
- ☐ Sito esterno al reticolo
- ☐ Interpolazione su 3 nodi
- ☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

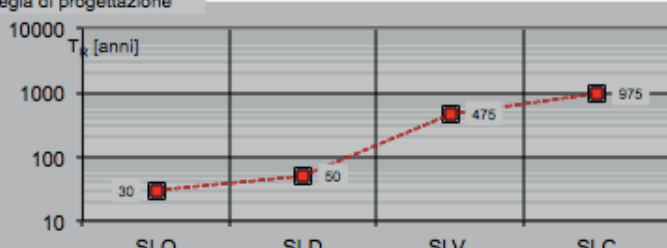
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 2

FASE 1

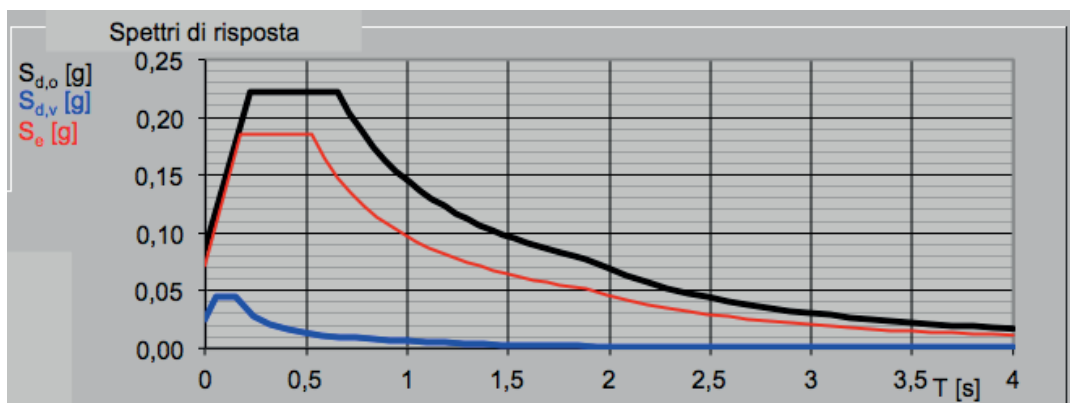
FASE 3

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,071 g
F_o	2,610
T_C	0,523 s
S_S	1,200
C_C	1,252
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,218 s
T_C	0,655 s
T_D	1,883 s



CALCOLO DELLE MASSE SISMICHE, NTC 3.2.4

Sommando i vari contributi calcolati nel paragrafo precedente, si ottiene l'aliquota di peso sismico afferente a ciascun piano.

Per ciascun livello, le masse sismiche si calcolano dai pesi sismici dividendoli per l'accelerazione di gravità $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Le masse associate agli spostamenti lungo X e Y sono ovviamente uguali, mentre la massa associata al grado di libertà rotazionale è data dal prodotto delle masse per il quadrato del raggio di inerzia.

$$M_{\rho} = M \rho^2$$

Tali quantità sono assegnate direttamente al baricentro del relativo livello, coerentemente con l'ipotesi di impalcato infinitamente rigido.

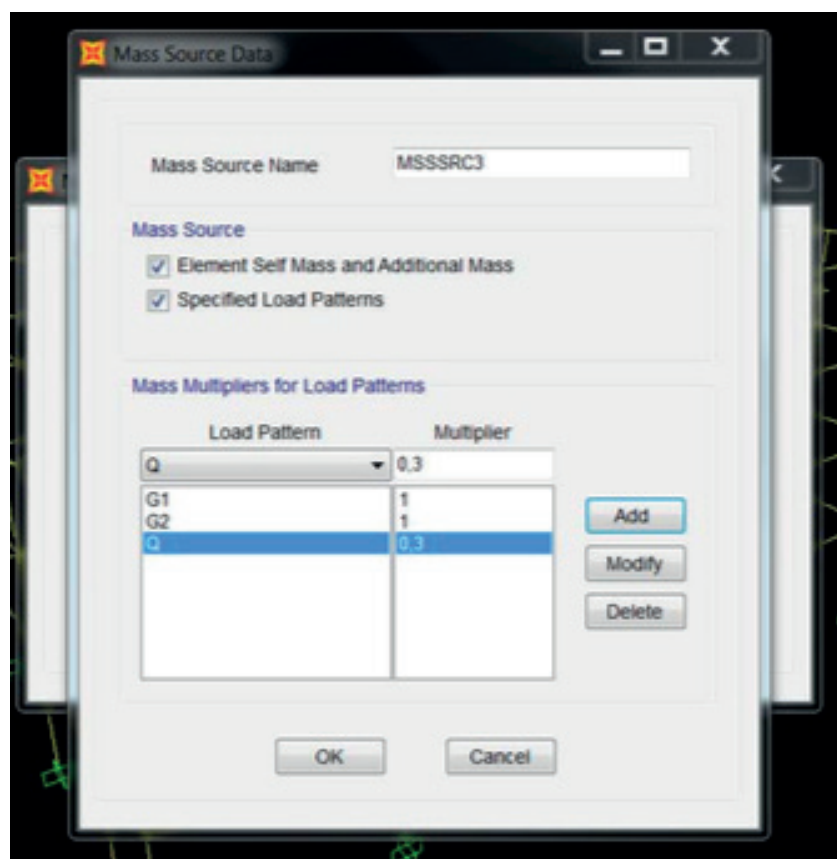
Il raggio di inerzia è calcolato assumendo tutte le masse spalmate uniformemente sulla superficie dell'edificio, la quale è assunta rettangolare :

$$\rho = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{12}}$$

con a e b dimensioni della proiezione verticale dell'edificio.

Come ho definito le masse sismiche in SAP 2000?

DEFINISCI -> FONTE DI MASSA -> AGGIUNGI NUOVA FONTE DI MASSA



5 – RISULTATO ANALISI STATICA LINEARE

Dal modello implementato nel software SAP 2000 elaboriamo le caratteristiche della sollecitazione, prendendo in esame il telaio più sollecitato dell'intera struttura, di cui riportiamo la seguente immagine.

5.1 Sollecitazioni involuppo combinazioni



Taglio 22



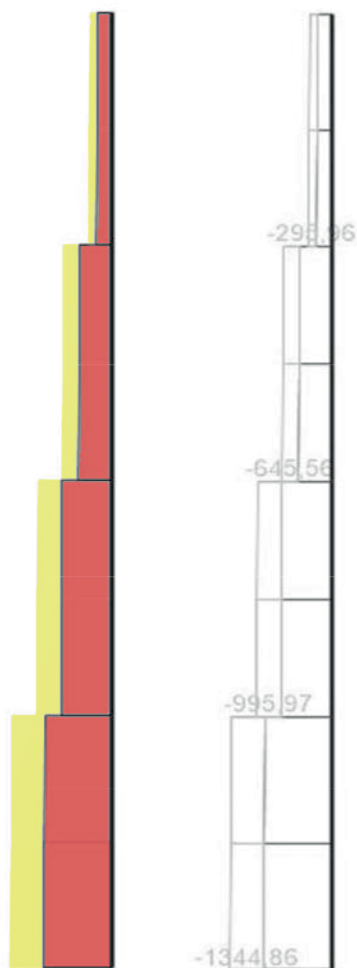
Taglio 22



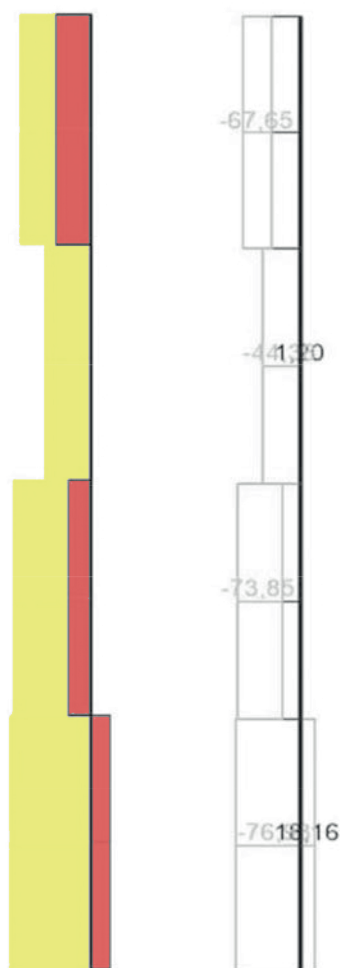
Momento 33



Momento 33



Sforzo Normale P



Taglio22



Momento 33

ANALISI LINEARE DINAMICA, NTC 7.3.3.1.

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale),
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati,
- nella combinazione di questi effetti.

Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.

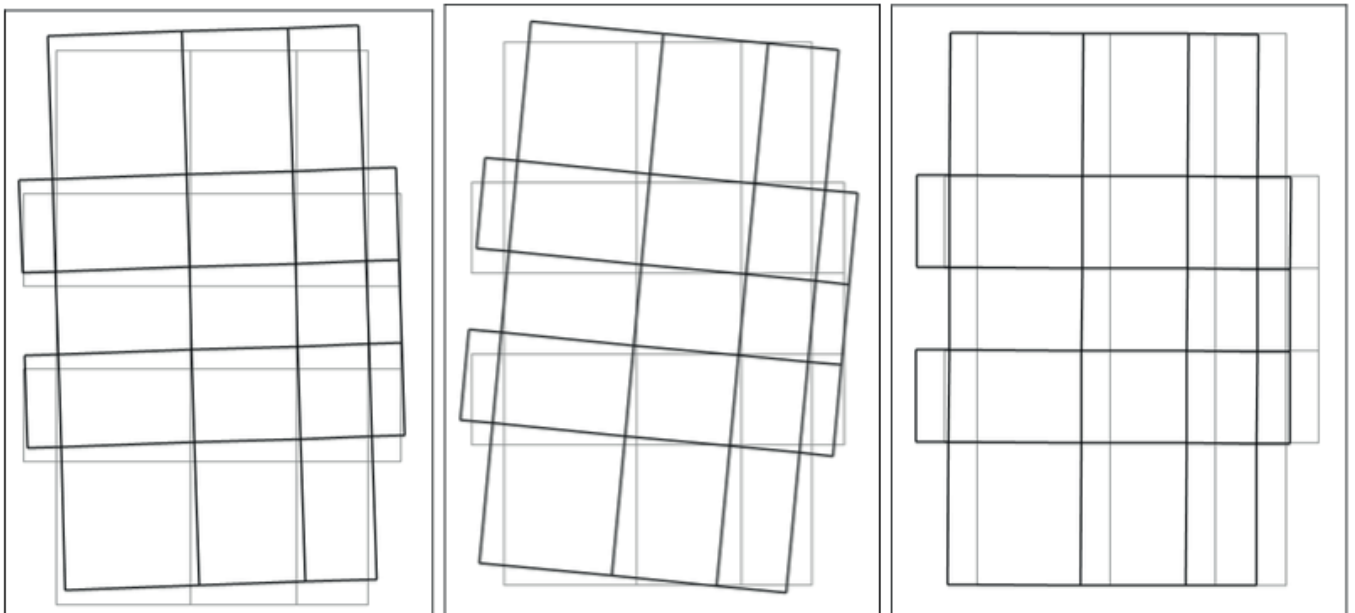
Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, quale quella indicata nell'espressione (7.3.3):

$$E = (\sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j)^{1/2}$$

con:

- E_j valore dell'effetto relativo al modo j ;
- ρ_{ij} coefficiente di correlazione tra il modo i e il modo j , calcolato con formule di comprovata validità

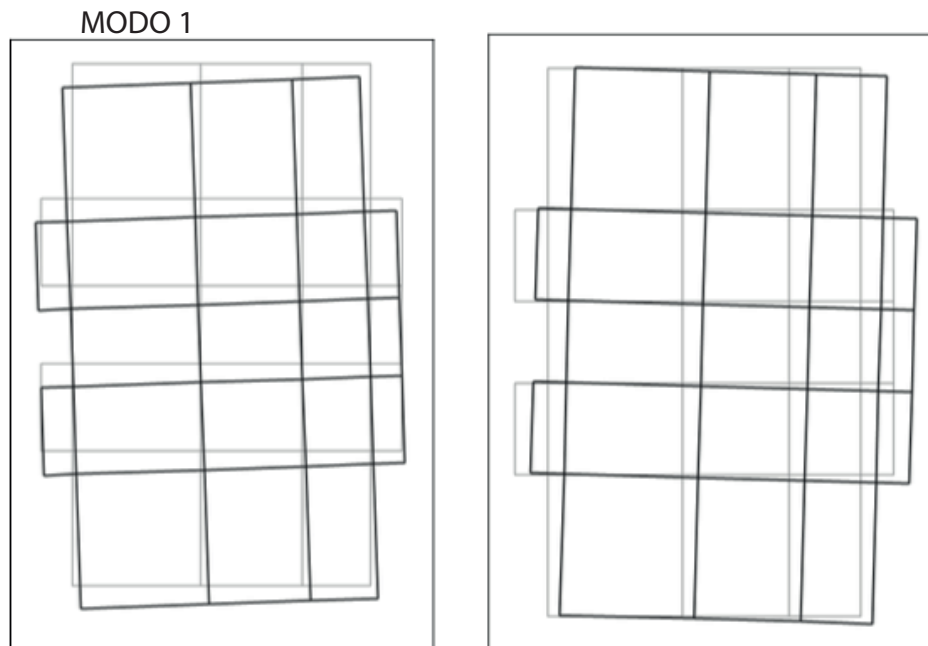
AJDHAKJDHKASJ



6 – RISULTATO ANALISI STATICA DINAMICA

6.1 Analisi modi di vibrare

Vista XY



RISULTATI DELL'ANALISI LINEARE DINAMICA

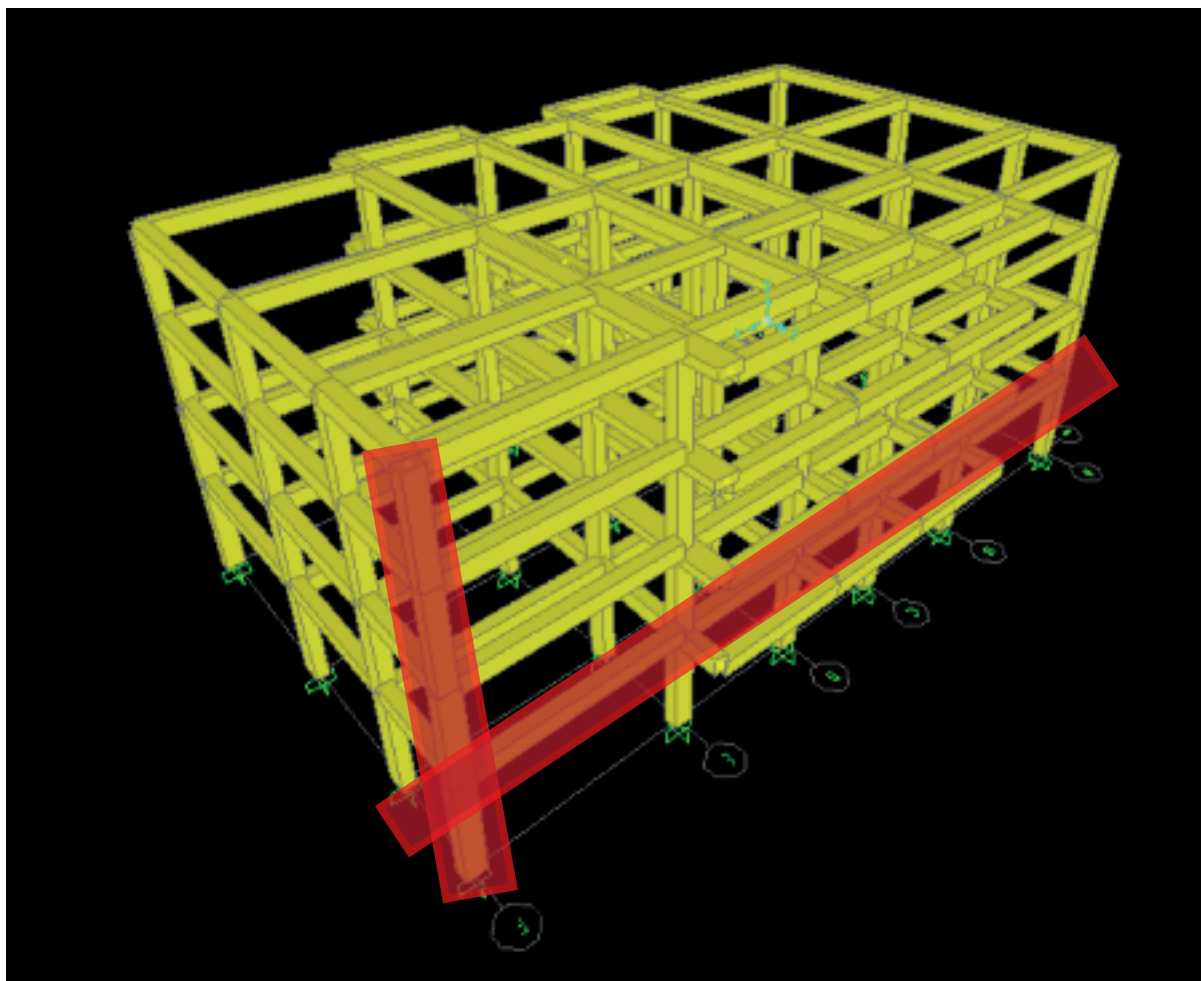
MODI DI VIBRARE

MODO 1 T= 0.511261
MODO 2 T= 0.461967
MODO 3 T= 0.442549
MODO 4 T= 0.179120
MODO 5 T= 0.168538

7_ VERIFICHE DI RESISTENZA

Le verifiche degli elementi strutturali travi, pilastri e nodi sono state effettuate allo SLV.

In particolare è stato condotto il progetto di una travata del primo livello e di una pilastrata e la verifica di un nodo appartenente alla pilastrata in esame :

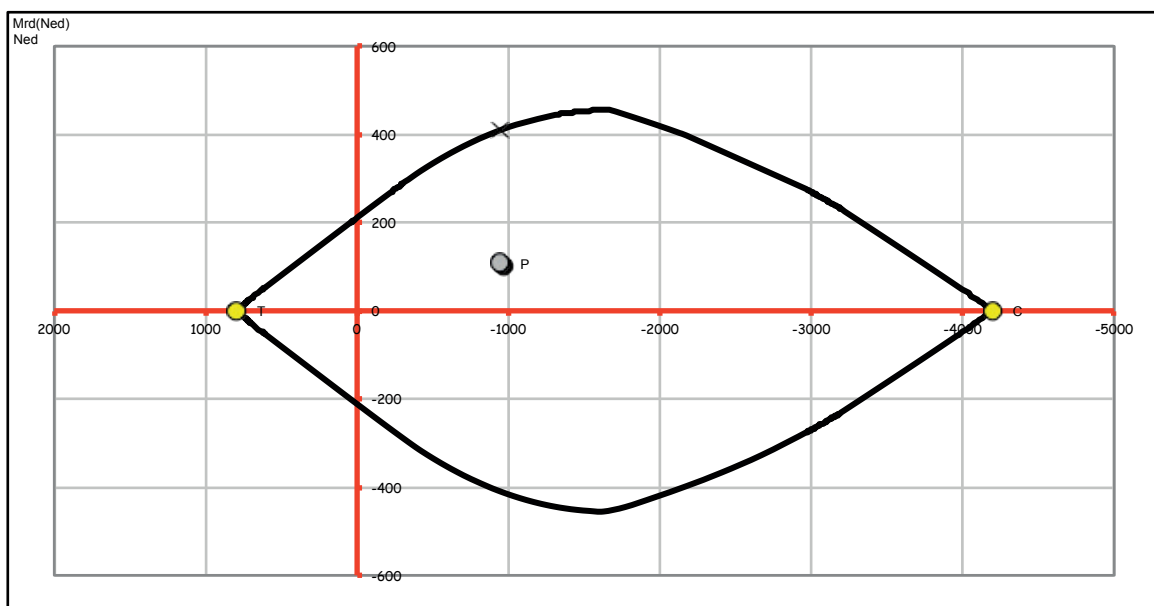


sezione							Ned		10	11	20	21
B	H	c	Afinf	Afsup	fed	fyd	[kN]	[N]	Ns rd	Ms rd	Nc rd	Mc rd
[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[MPa]	[MPa]	-945,0	-945000	[kN]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]
400	600	40	1018	1018	14,17	391,30	Ned(+)	trazione	796,70	0,00	-4197,50	0,00

Mrd(+) per Nrd=0- Flessione semplice positiva - fibre inferiori tese								Mrd(+) per Nrd=Ned - flessione positiva - fibre inferiori tese							
30	31	32	33	34	35	36	37	50	51	52	53	54	55	56	57
Mrd	xc		e.s	s.s	e.c	s.c	φ_u	Mrd	xc		e.s	s.s	e.c	s.c	φ_u
[kN*m]	[mm]	Campo	[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m ⁻¹]	[kN*m]	[mm]	Campo	[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m ⁻¹]
211,53	51,24	3	34,751	391,30	-3,500	-14,17	0,0683	409,68	205,96	3	6,016	391,30	-3,500	-14,17	0,0170

Mrd(-) per Nrd=0- Flessione semplice negativa - fibre superiori tese								Mrd(-) per Nrd=Ned - flessione negativa - fibre superiori tese							
40	41	42	43	44	45	46	47	60	61	62	63	64	65	66	67
Mrd	xc		e.s	s.s	e.c	s.c	φ_u	Mrd	xc		e.s	s.s	e.c	s.c	φ_u
[kN*m]	[mm]	Campo	[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m ⁻¹]	[kN*m]	[mm]	Campo	[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m ⁻¹]
-211,53	51,24	8	34,751	391,30	-3,500	-14,17	-0,068	-409,68	205,96	8	6,016	391,30	-3,500	-14,17	-0,0170

Punto sollecitante	
Ned	Med
[kN]	[kN*m]
-945,0	108,0
verifica	Si



LIMITAZIONI ARMATURA
LONGITUDINALI
PILASTRI
Quantitativi minimi di armatura
Almeno barre di diametro non inferiore a 12 mm
VERIFICATO
Interasse minore di 300 mm
VERIFICATO
interasse sbarre < 25
VERIFICATO
1% < p=A/Ac < 4%
VERIFICATO
As > 0,1 Ned/fyd e As > 0,003Ac
VERIFICATO

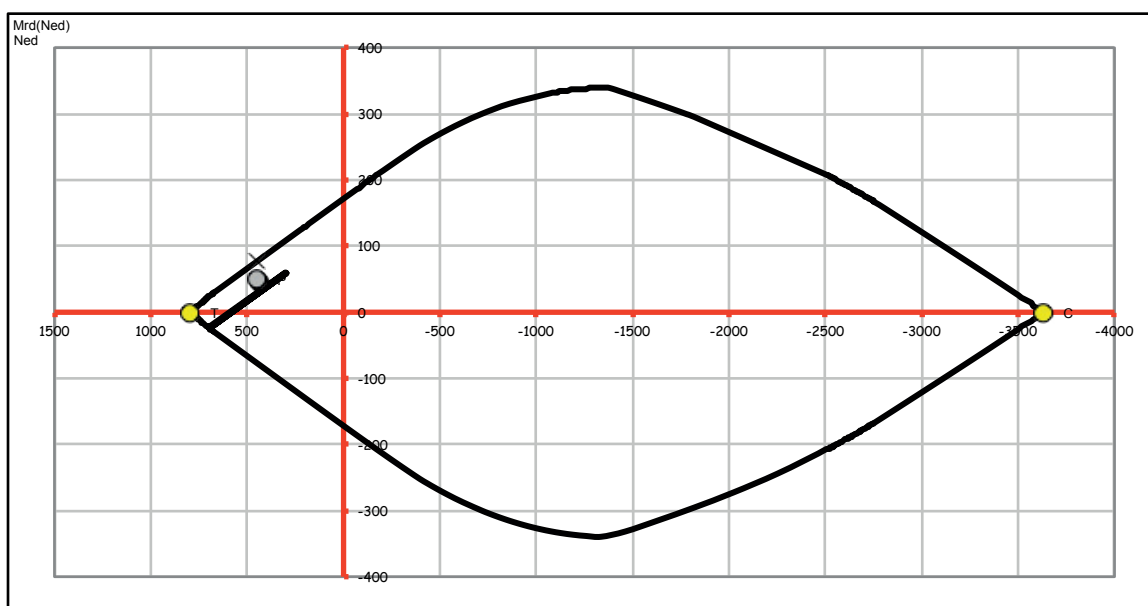
Dettagli costruttivi

sezione							Ned			10	11	20	21
B	H	c	Afinf	Afsup	fcd	fyd	[kN]	[N]		Ns rd	Ms rd	Nc rd	Mc rd
[mm]	[mm]	[mm]	[mm²]	[mm²]	[MPa]	[MPa]	447,6	447580		[kN]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]
400	500	40	1018	1018	14.17	391.30	Ned(+)+ trazione			796.70	0.00	-3630.70	0.00

Mrd(+) per Nrd=0- Flessione semplice positiva - fibre inferiori tese								Mrd(+) per Nrd=Ned - flessione positiva - fibre inferiori tese							
30	31	32	33	34	35	36	37	50	51	52	53	54	55	56	57
Mrd	xc		e.s	s.s	e.c	s.c	ϕu	Mrd	xc		e.s	s.s	e.c	s.c	ϕu
[kN*m]	[mm]	Campo	[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m ⁻¹]	[kN*m]	[mm]	Campo	[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m ⁻¹]
171,69	51,18	3	27,960	391,30	-3,500	-14,17	0,0684	77,21	31,75	3	47,214	391,30	-3,500	-14,17	0,1102

Mrd(-) per Nrd=0- Flessione semplice negativa - fibre superiori tese								Mrd(-) per Nrd=Ned - flessione negativa - fibre superiori tese							
40	41	42	43	44	45	46	47	60	61	62	63	64	65	66	67
Mrd	xc		e.s	s.s	e.c	s.c	ϕu	Mrd	xc		e.s	s.s	e.c	s.c	ϕu
[kN*m]	[mm]	Campo	[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m ⁻¹]	[kN*m]	[mm]	Campo	[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m ⁻¹]
-171,69	51,18	8	27,960	391,30	-3,500	-14,17	-0,068	-77,21	31,75	8	47,214	391,30	-3,500	-14,17	-0,1102

Punto sollecitante	
Ned	Med
[kN]	[kN*m]
447,6	49,2
verifica	Si



N Frame	Sezione	ARMATURA INF	ARMATURA SUP	Ned _{max}	Nrd	Med	Mrd Ridotto 30%	ESITO
/	cm	mm	mm	kN	kN	kN	kN	/
21	40x60	4ø18	4ø18	-945,06	-2113,00	-108,02	286,79	VERIFICATO
		4ø18	4ø18					VERIFICATO
48	40x60	4ø18	4ø18	-694,99	-2113,00	58,32	260,26	VERIFICATO
		4ø18	4ø18					VERIFICATO
69	40x50	4ø18	4ø18	-447,58	-802,73	49,2	182,7	VERIFICATO
		4ø18	4ø18					VERIFICATO
93	40x50	4ø18	4ø18	-196,99	-802,73	44,22	148,68	VERIFICATO
		4ø18	4ø18					VERIFICATO

Tabella riepilogo verifica pressione pilastrata

7.8. Verifiche gerarchia delle resistenze flessione pilastro gerarchia delle resistenze

Per ciascuna direzione e ciascun verso di applicazione delle azioni sismiche, si devono proteggere i pilastri dalla plasticizzazione prematura adottando opportuni momenti flettenti di calcolo; tale condizione si consegue qualora, per ogni nodo trave-pilastro ed ogni direzione e verso dell'azione sismica, la resistenza complessiva dei pilastri sia maggiore della resistenza complessiva delle travi amplificata del coefficiente R_d , in accordo con la formula.

N Frame Trave	Sezione	Med	Mbrd	N Frame Trave	Med	Mbrd
/	cm	kNm	kNm	/	kNm	kNm
130	40x50	189,28	207,98	112	102,39	128,99
156	40x50	183,88	207,98	144	105,29	128,99
182	40x50	183,88	207,98	170	93,89	128,99
244	40x50	158,25	170,73	244	55,41	66,09

Momenti sollecitanti e Momenti resistenti delle travi collegate alla pilastrata

N Frame Pilastro	Sezione	ARMATURA INF	ARMATURA SUP	Mbrd	Mcrd
/	cm	mm	mm	kNm	kNm
48	40x60	4ø18	4ø18	370,67	-547,05
		4ø18	4ø18		

Verifica del pilastro (Frame 48)

