



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA

Corso di Laurea in Ingegneria Civile Strutturale e Geotecnica

CORSO DI PROGETTO DI STRUTTURE IN ZONA SISMICA

Modulo B – Prof. Ing. Fabio Neri

CONFRONTO MODELLAZIONE DI UN EDIFICIO IN CALCESTRUZZO ARMATO

Docente:

Prof. Ing. Fabio Neri

Assistente:

Ing. Antonio Principato

Allievo:

Oriana Rannisi

049/000166

A.A. 2016/17

Ubicazione dell'edificio e caratteristiche del sito

L'edificio in progetto è sito a Linguaglossa nella Contrada Arrigò. Il suolo su cui esso deve sorgere può essere classificato, ai fini sismici, come suolo di tipo C.

L'edificio è destinato ad abitazione. Per esso si prevede una vita nominale V_N di 50 anni ed una classe II (costruzione il cui uso prevede normale affollamento) e quindi un periodo di riferimento V_R per l'azione sismica di 50 anni. Il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica è quindi 50 anni per lo stato limite di danno SLD e 475 anni per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV. Nella tabella che segue sono riportati i valori dei parametri di pericolosità sismica per il sito.

Tab. 1. Parametri che individuano la sismicità della zona

T_r [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^*
30	0.085	2.505	0.243
50	0.105	2.502	0.263
475	0.217	2.571	0.316
975	0.266	2.633	0.336

Descrizione e struttura dell'edificio

L'edificio è costituito da un piano interrato, un piano terra e quattro piani in elevazione e quindi da un totale di sei impalcati. La pianta ha una forma a T.

La struttura dell'edificio è in cemento armato. Gli elementi portanti sono pilastri e travi che costituiscono un telaio spaziale, con solai in cemento armato gettati in opera. Sono presenti pareti in cemento armato nel piano interrato. Il vano ascensore è racchiuso da pareti in mattoni forati e non in cemento armato.

Nella figura che segue è riportata la carpenteria del piano tipo.

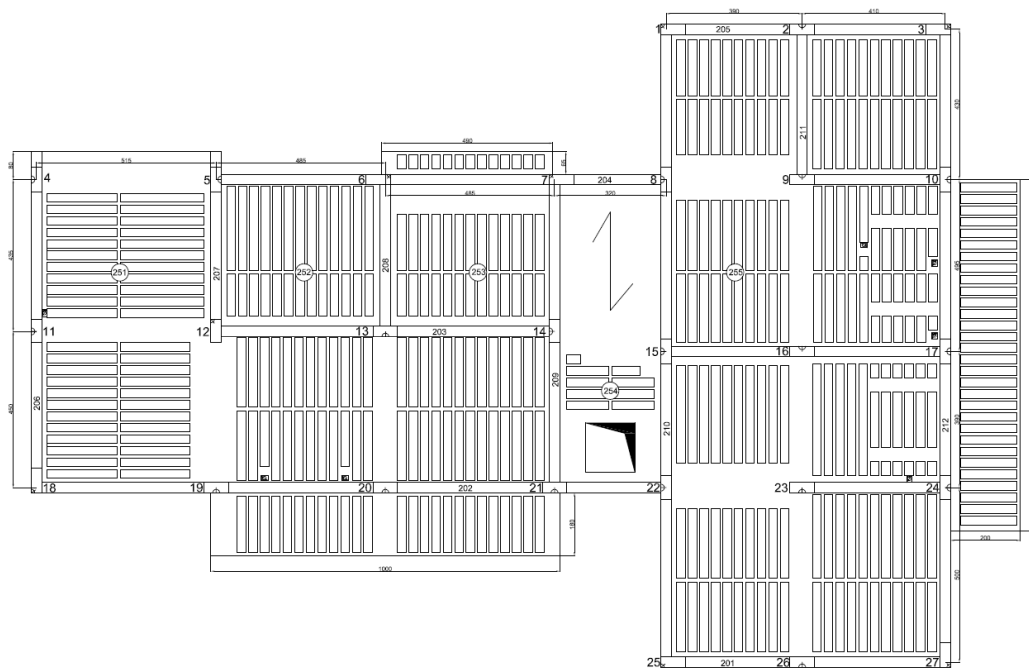


Fig. 1. Carpenteria piano tipo

Le sezioni dei pilastri e delle travi emergenti ai diversi piani sono riportati nella tabella che segue. I pilastri al secondo, terzo e quarto ordine hanno tutti sezione 30×70, mentre al quinto, al sesto ordine e al torrino scale hanno tutti sezione 30×60. Le travi emergenti hanno in genere sezione 30×60 ai primi quattro impalcati e 30×50 al quinto e al sesto impalcato e nella copertura del torrino scale. Le travi a spessore portanti solaio hanno sezione 90×21 ai primi quattro ordini e 80×21 al quinto e al sesto impalcato e nella copertura del torrino scale. Le travi a spessore di collegamento hanno sezione 50×21 a tutti gli ordini.

Tab. 2. Sezione di pilastri e travi emergenti

piano	pilastri	travi emergenti	Travi a spessore (6-7) (8-9) (12-19) (14-15) (22-23)	Travi a spessore (4-5) (11-12) (9-16) (13-20) (16-23) (23-26)
torrino	30×60	30×50	80×21	50×21
6	30×60	30×50	80×21	50×21
5	30×60	30×50	80×21	50×21
4	30×70	30×60	90×21	50×21
3	30×70	30×60	90×21	50×21
2	30×70	30×60	90×21	50×21

Programma di calcolo e modellazione della struttura

Nel corso del primo semestre, la struttura è stata calcolata utilizzando il programma Tel2008. La struttura è stata schematizzata come un insieme spaziale di telai piani, incastrati al piede. La struttura è stata calcolata attraverso il software commerciale PROSAP ed è stato effettuato un confronto dei risultati ottenuti dall'analisi fatta al primo semestre.

La struttura modellata mediante Tel2008 è stata ipotizzata incastrata al piede; tali ipotesi è stata inizialmente mantenuta anche nell'analisi effettuata con PROSAP, per fare un primo confronto tra le due modellazioni. I risultati relativi alla struttura incastrata al piede modellata con PROSAP sono stati confrontati con una nuova modellazione della struttura, che ha alla base fondazioni a travi rovesce.

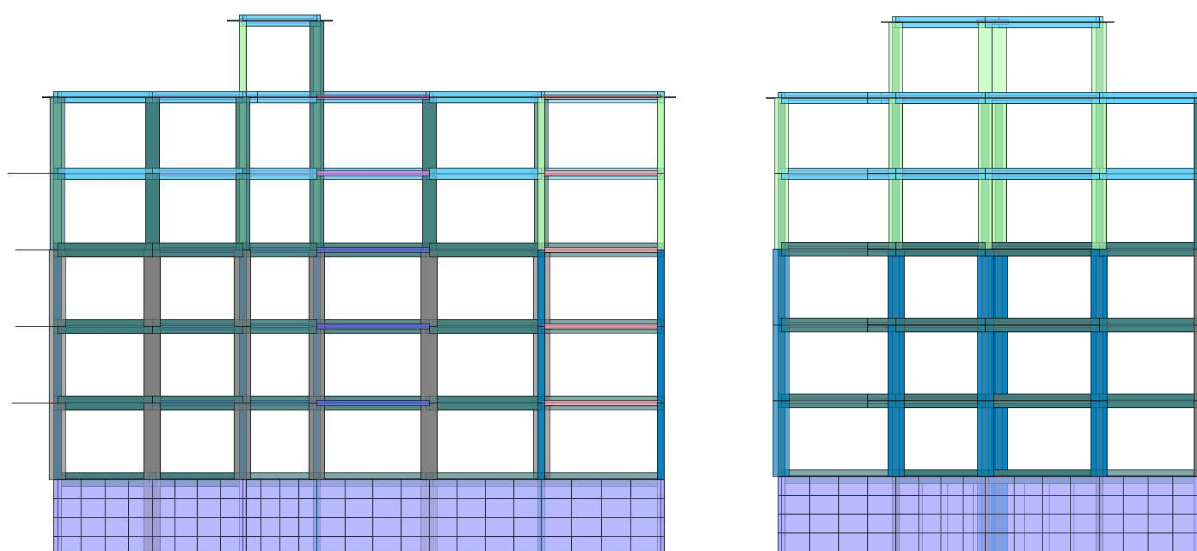


Fig. 2 – Prospetti

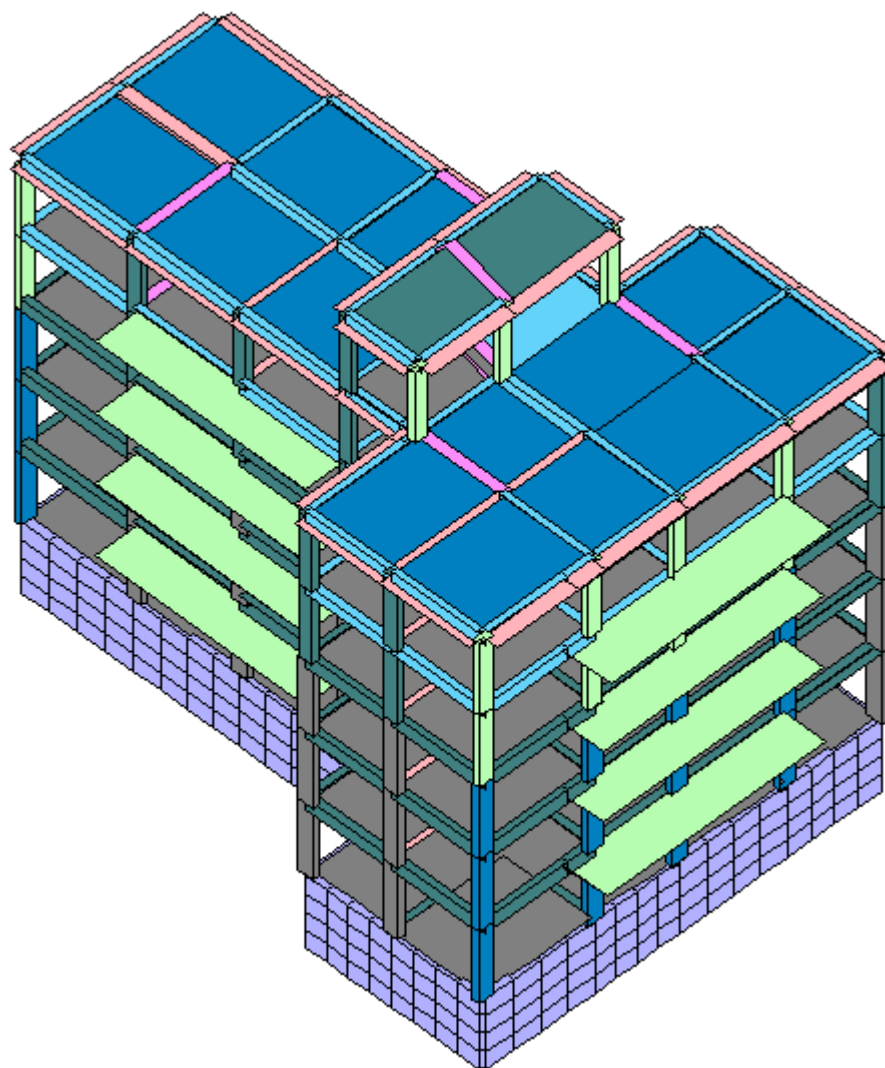


Fig. 3 – Edificio modellato su PROSAP

Esame dei risultati del calcolo

PIANO	MASSA TEL2008 [kN]	MASSA PROSAP [kN]	DIFFERENZA MAS- SE [kN]	DIFFERENZA PER- CENTUALE MASSE
VI ordine + Torrino	3051,8	3258,2	206,4	6,33%
V ordine	4121,3	4314,4	193,1	4,48%
IV ordine	4259	4434,4	175,4	3,96%
III ordine	4290,3	4467,8	177,5	3,97%
II ordine	4290,3	4478,7	188,4	4,21%
TOTALE	20012,7	20953,5	940,8	4,49%

Avviate le analisi, i primi dati che vengono osservati sono i periodi modali e le masse partecipanti per sisma agente nelle due direzioni x e y. Per quanto riguarda l'effetto del sisma si riportano nella figura che segue le deformate modali dell'edificio (viste dall'alto) con i relativi periodi.

Modi ottenuti con Tel2008:

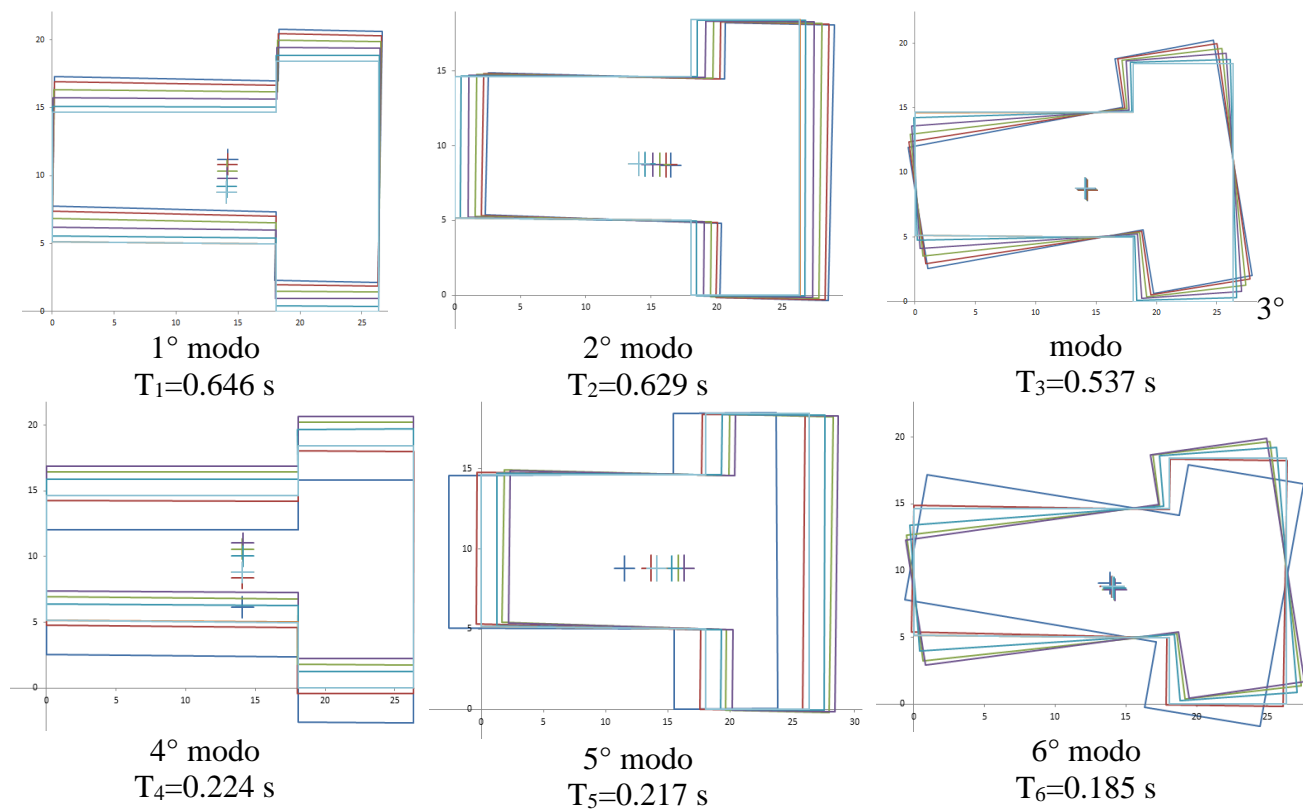
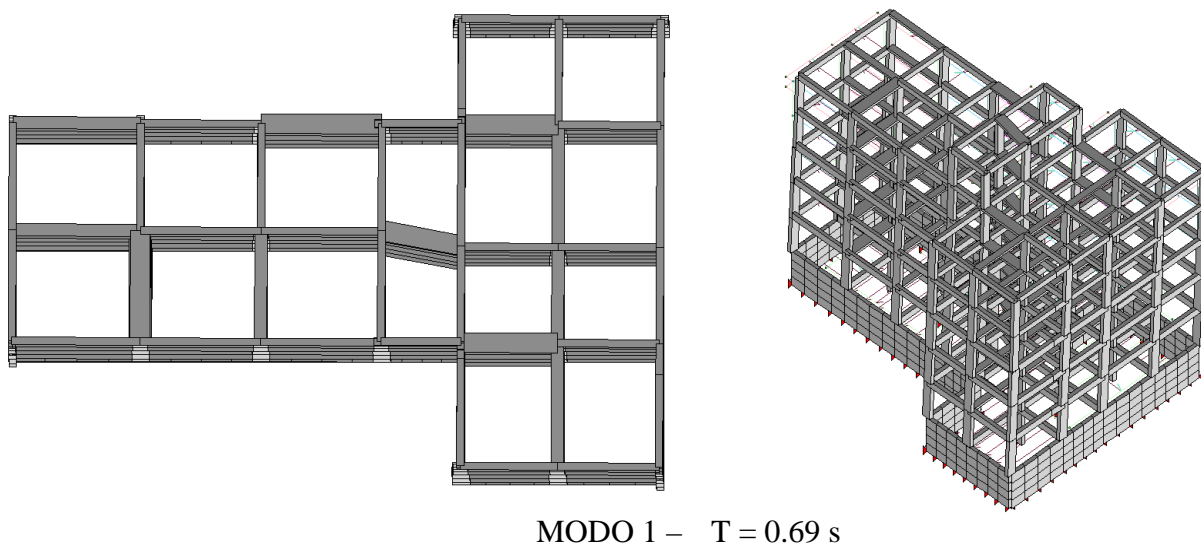
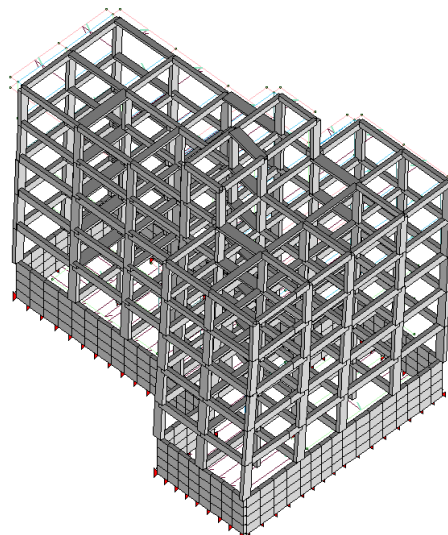
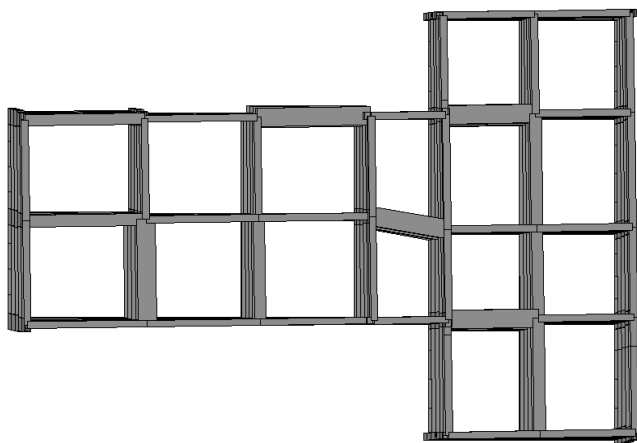


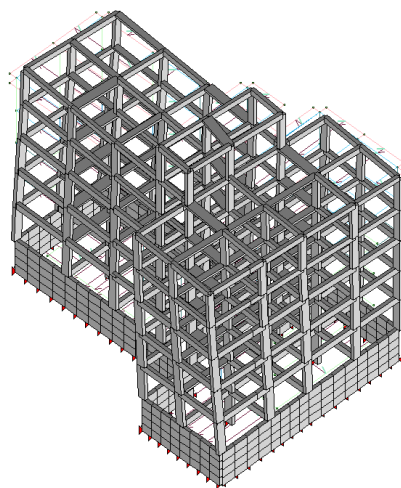
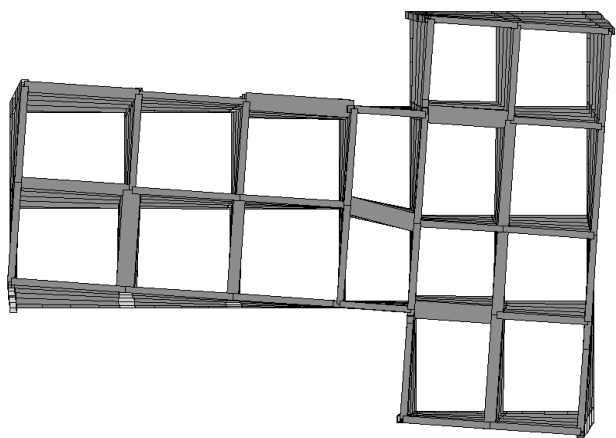
Fig. 4 - Modi di oscillazione libera della struttura

Modi ottenuti con PROSAP:

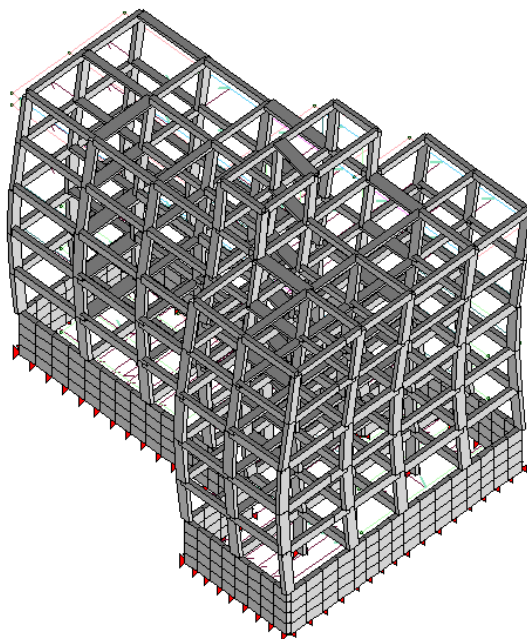
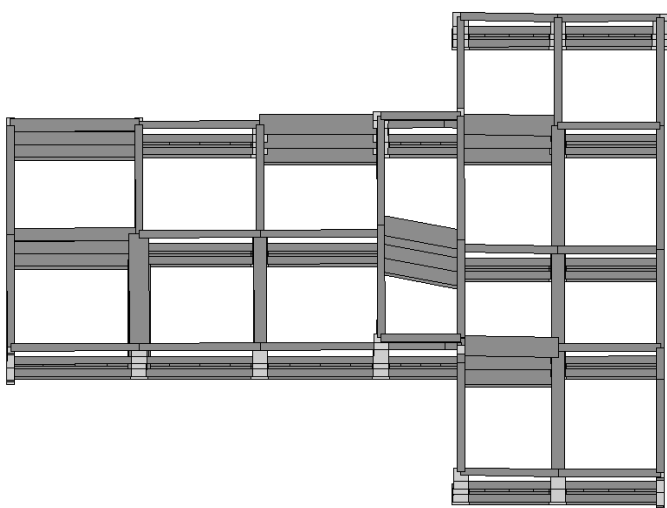




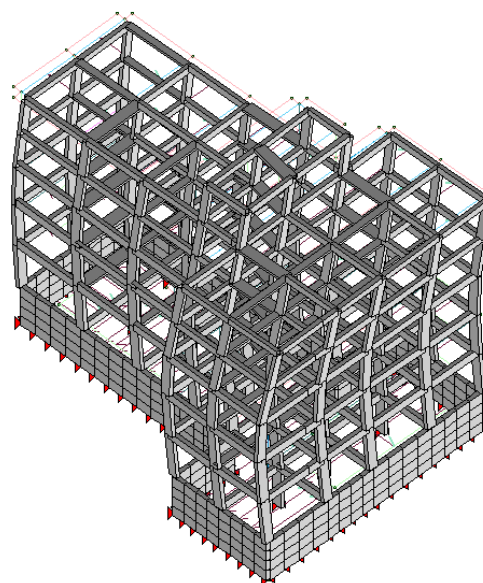
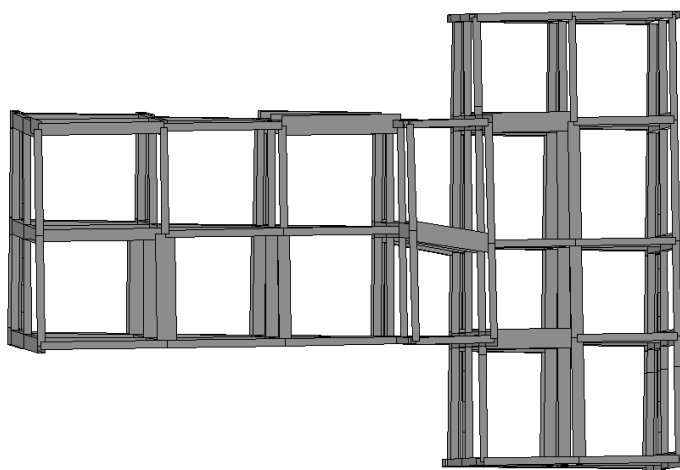
MODO 2 – $T = 0.67$ s



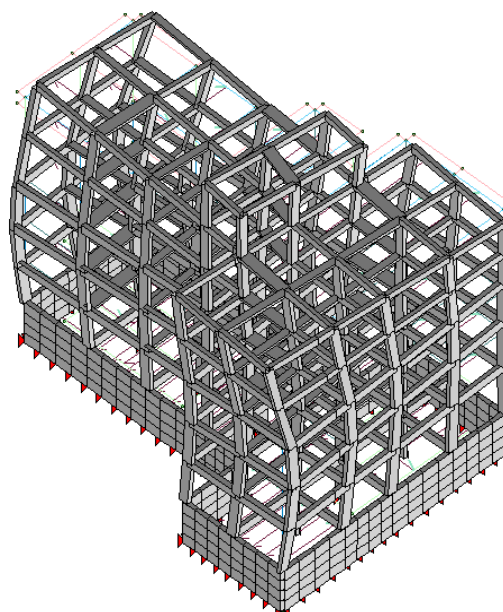
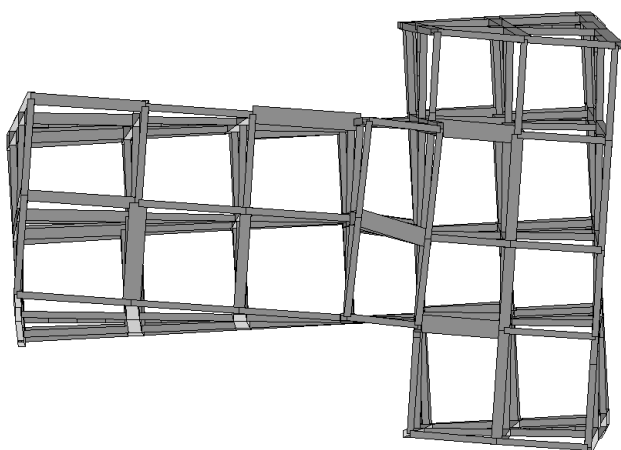
MODO 3 – $T = 0.56$ s



MODO 4 – $T = 0.24$ s



MODO 5 – $T = 0.24 \text{ s}$



MODO 6 – $T = 0.19 \text{ s}$

Fig. 5 - Modi di oscillazione libera della struttura

Si osserva che le deformate modali dei prime due casi corrispondono, confermando un comportamento pressoché traslazionale della struttura per i primi due modi.

Le masse partecipanti relative ai 18 modi sono riportate nella tabella che segue. I confronti sono stati fatti rispetto al PROSAP.

MO- DO	TEL2008			PROSAP			Δ					
	T [s]	M _x [%]	M _y [%]	T [s]	M _x [%]	M _y [%]	T [s]	M _x [%]	M _y [%]	T [s]	M _x [%]	M _y [%]
1	0,646	0,13	67,53	0,69	0	81	0,044	-0,13	13,47	6,38	-100	16,63
2	0,629	67,26	0,17	0,67	78	0	0,041	10,74	-0,17	6,12	13,77	-100
3	0,537	0,62	0,27	0,56	2	0	0,023	1,38	-0,27	4,11	69,00	-100
4	0,224	0	9,79	0,24	0	11	0,016	0	1,21	6,67	0	11,00
5	0,217	9,78	0	0,24	10	0	0,023	0,22	0	9,58	2,20	0
6	0,185	0,03	0	0,19	0	0	0,005	-0,03	0	2,63	-100	0
7	0,122	0	3,83	0,14	2	0	0,018	2	-3,83	12,86	100	-100
8	0,118	3,78	0	0,14	0	3	0,022	-3,78	3	15,71	-100	100
9	0,098	0	0,01	0,12	1	0	0,022	1	-0,01	18,33	100	-100
10	0,084	0	1,64	0,11	0	1	0,026	0	-0,64	23,64	0	-64,00
11	0,082	1,63	0,01	0,11	0	0	0,028	-1,63	-0,01	25,45	-100	-100
12	0,066	0,01	0,03	0,1	0	0	0,034	-0,01	-0,03	34,00	-100	-100
13	0,063	0,01	0,83	0,09	0	1	0,027	-0,01	0,17	30,00	-100	17,00
14	0,061	0,84	0,01	0,09	1	0	0,029	0,16	-0,01	32,22	16,00	-100
15	0,049	0,01	0,02	0,08	0	0	0,031	-0,01	-0,02	38,75	-100	-100
16	0,010	0	15,85	0,08	0	0	0,07	0	-15,85	87,50	0	-100
17	0,009	15,88	0,01	0,08	0	0	0,071	-15,88	-0,01	88,75	-100	-100
18	0,006	0,02	0,03	0,07	0	0	0,064	-0,02	-0,03	91,43	-100	-100

Nel Tel2008 si vede chiaramente che per ciascuna direzione vi è un modo nettamente dominante (il primo per la direzione y, il secondo per la x) con massa partecipante inferiore al 70% ed un successivo modo (il quarto per la direzione y, il quinto per la x) che contribuisce con un ulteriore 9%, infine a causa della presenza delle pareti al primo ordine si ha un ulteriore contributo della massa partecipante (al sedicesimo per la direzione y, al diciassettesimo per la direzione x) del 15.80%. Anche questi valori, analoghi a quelli prevedibili per uno schema piano molto regolare, confermano il sostanziale disaccoppiamento delle deformate modali e quindi la buona qualità della progettazione. La presenza di una massa partecipante elevata negli ultimi modi è dovuta alla presenza delle pareti al primo ordine.

Nel PROSAP invece le masse agli ultimi modi sono nulle, poiché lo zero sismico è stato fissato a 3.30 metri, ossia al di sopra delle pareti, che risultano essere solidali con il terreno e non danno contributo agli ultimi modi.

Esame della trave

Si vuole fare un confronto tra le sollecitazioni del Tel2008 e del Prosap della trave 3-27 al II ordine.

MOMENTO FLETTENTE

- Confronto rispetto a PROSAP

Campata	Carichi verticali – G_d+Q_d			
	Tel2008 [kNm]	PROSAP [kNm]	Δ [kNm]	Δ [%]
27-24	-60,73	-38,28	-22,45	-58,65
	-62,98	-33,55	-29,43	-87,72
24-17	-79,43	-50,6	-28,83	-56,98
	-80,7	-50,6	-30,1	-59,49
17-11	-122,24	-76,01	-46,23	-60,82
	-120,47	-76,01	-44,46	-58,49
11-3	-20,32	-24,95	4,63	18,56
	-34,98	-28,58	-6,4	-22,39

Campata	$G_k+\psi_2Q_k$ - (sisma y + 0.3 sisma x)				$G_k+\psi_2Q_k$ - (sisma x + 0.3 sisma y)			
	Tel2008 [kNm]	PROSAP [kNm]	Δ [kNm]	Δ [%]	Tel2008 [kNm]	PROSAP [kNm]	Δ [kNm]	Δ [%]
27-24	-206,92	-232,79	25,87	11,11	130,49	177,71	47,22	26,57
	145,13	162,59	17,46	10,74	-223,54	-212,04	-11,5	-5,42
24-17	-238,52	-246,18	7,66	3,11	150,61	179,41	28,8	16,05
	149,52	181,81	32,29	17,76	-238,5	-244,68	6,18	2,53
17-11	-235,17	-234,08	-1,09	-0,47	100,21	134,22	34,01	25,34
	98,19	139,45	41,26	29,59	-230,72	-234,81	4,09	1,74
11-3	-135,16	-192,29	57,13	29,71	107,36	154,07	46,71	30,32
	130,46	127,41	-3,05	-2,39	-179,19	-149,84	-29,35	-19,59

Grafico dei momenti flettenti di Tel2008:

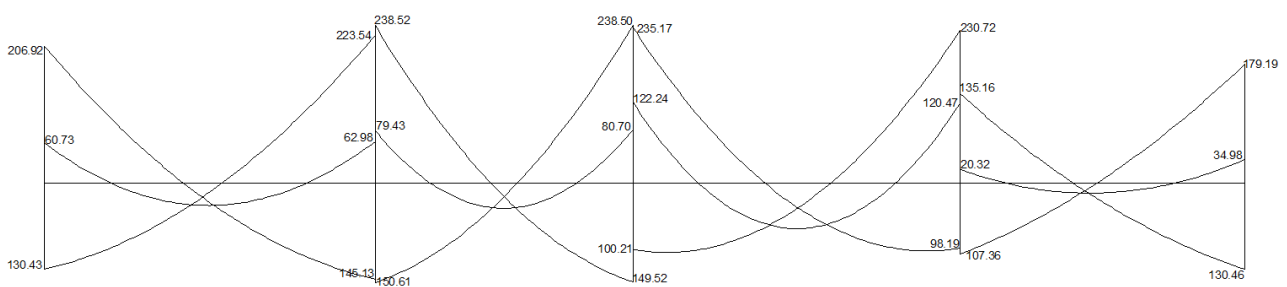
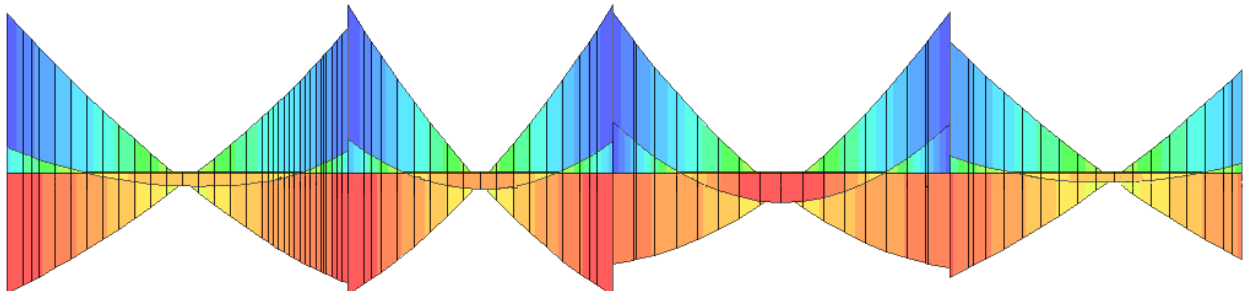


Grafico dei momenti flettenti di PROSAP:



TAGLIO

- Confronto rispetto a PROSAP

Campata	Carichi verticali – G_d+Q_d			
	Tel2008 [kN]	PROSAP [kN]	Δ [kN]	Δ [%]
27-24	77,03	40,39	-36,64	-90,72
	-76,12	-60,85	-15,27	-25,09
24-17	121,46	75,08	-46,38	-61,77
	-120,81	-73,62	-47,19	-64,10
17-11	153,39	95,09	-58,3	-61,31
	-154,11	-93,65	-60,46	-64,56
11-3	42,97	32,98	-9,99	-30,29
	-36,15	-28,46	-7,69	-27,02

Campata	$G_k+\psi_2Q_k$ - (sisma y + 0.3 sisma x)				$G_k+\psi_2Q_k$ - (sisma x + 0.3 sisma y)			
	Tel2008 [kN]	PROSAP [kN]	Δ [kN]	Δ [%]	Tel2008 [kN]	PROSAP [kN]	Δ [kN]	Δ [%]
27-24	119,03	108,78	-10,25	-9,42	-22,18	-48,32	26,14	54,10
	22,58	36,16	13,58	37,56	-118,63	-120,65	2,02	1,67
24-17	166,31	158,51	-7,8	-4,92	-32,96	-59,97	27,01	45,04
	33,24	60,97	27,73	45,48	-166,03	-157,51	-8,52	-5,41
17-11	151,3	137,36	-13,94	-10,15	17,1	-12,65	-4,45	-35,18
	17,59	13,56	-4,03	-29,72	-151,79	-136,45	-15,34	-11,24
11-3	95,24	97,98	2,74	2,80	-33,18	-47,05	13,87	29,48
	38,05	50,72	12,67	24,98	-90,37	-94,3	3,93	4,17

Grafico del taglio di Tel2008:

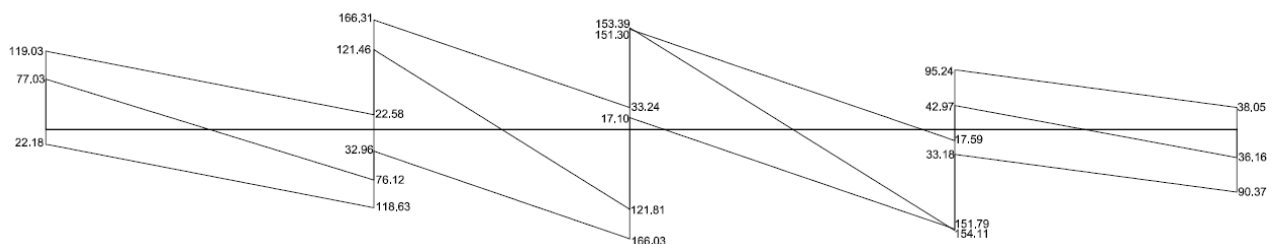
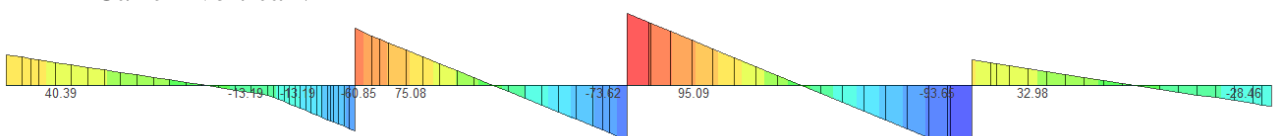


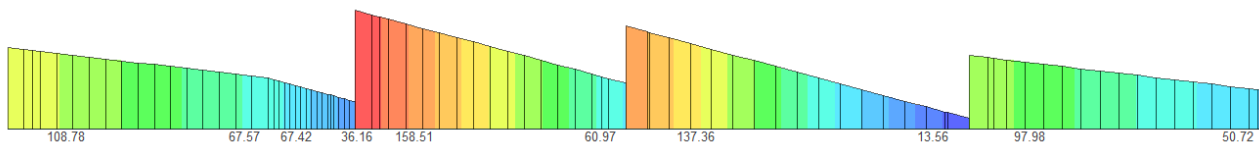
Grafico del taglio di PROSAP:

- Carichi verticali:

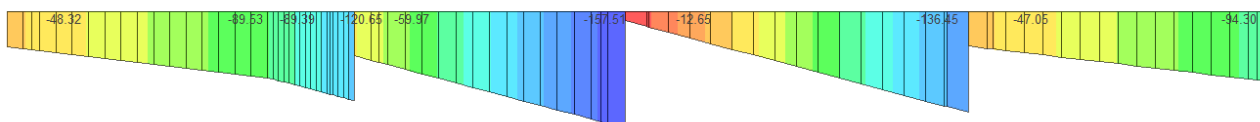


- Carichi da sisma:

1.



2.

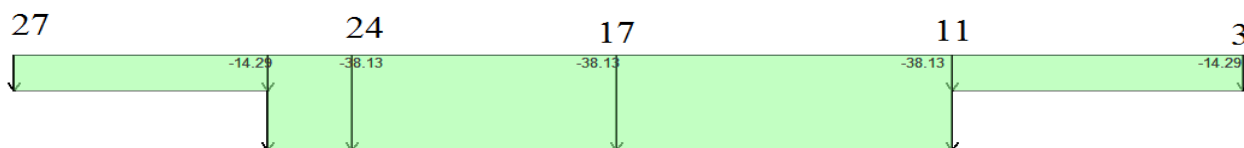


Si nota un'elevata differenza percentuale tra i valori dei carichi verticali ottenuti tramite il PROSAP e quelli calcolati utilizzando il Tel2008. Questo è dovuto al fatto che, nell'effettuare l'analisi dei carichi sulle campate, non gravando solai sulla trave in questione, ma solo il balcone, si è deciso di raddoppiare il peso del balcone, per tenere conto della diversa orditura dei due elementi. Di ciò non se ne tiene conto sul PROSAP.

Di seguito si evidenzia la differenza dei carichi verticali sui due programmi:

Campata	Carichi verticali – Tel2008	Carichi verticali - PROSAP
27-27	30.63 [kN]	14.29 + 38.13
24-17	62.12 [kN]	38.13
17-10	62.12 [kN]	38.13
10-3	18.40 [kN]	14.29

Carichi verticali su PROSAP:



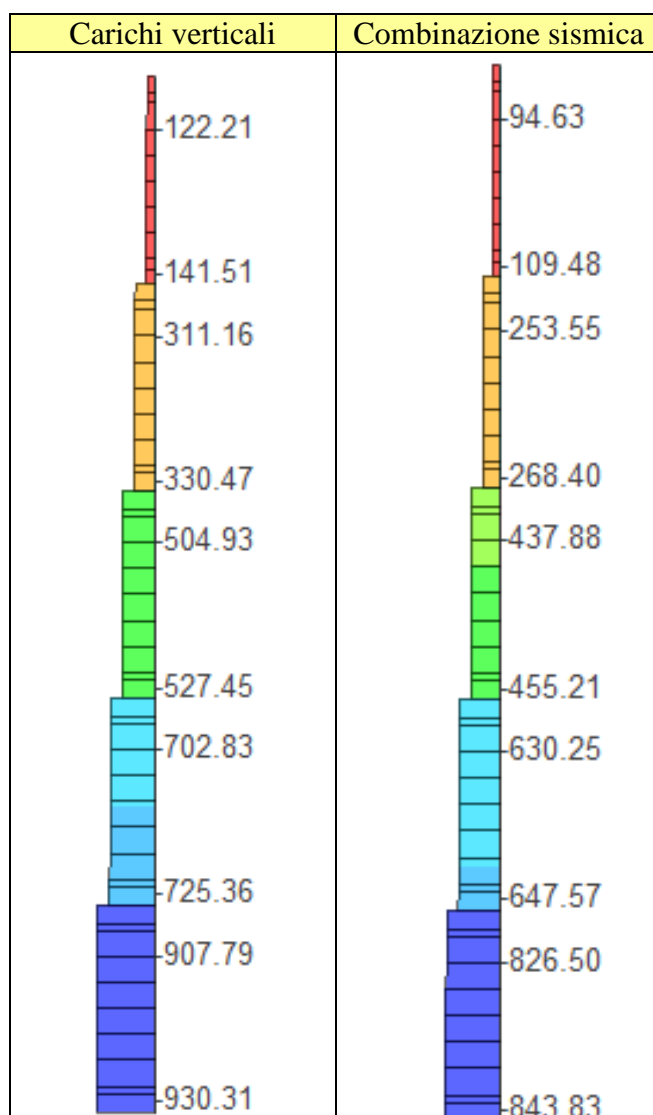
Esame del pilastro

Si vuole fare un confronto tra le sollecitazioni del Tel2008 e del Prosap del pilastro 2.

SFORZO NORMALE

- Confronto rispetto a PROSAP

Ordine	Carichi verticali					Combinazione sismica				
	Tel2008 [kN]	PRO-SAP [kN]	Media PRO-SAP [kN]	Δ [kN]	Δ [%]	Tel2008 [kN]	PRO-SAP [kN]	Media PRO-SAP [kN]	Δ [kN]	Δ [%]
VI-tes	-149,59	-122,21	-131,9	-17,7	-13,4	-98,23	-94,63	-102,1	3,8	3,7
VI-pi		-141,51					-109,48			
V-tes	-379,71	-311,16	-320,8	-58,9	-18,4	-251,39	-253,55	-261,0	9,6	3,7
V-pie		-330,47					-268,4			
IV-tes	-575,42	-504,93	-516,2	-59,2	-11,5	-443,9	-437,88	-446,5	2,6	0,6
IV-pi		-527,45					-455,21			
III-tes	-773,32	-702,83	-714,1	-59,2	-8,3	-627,71	-630,25	-638,9	11,2	1,8
III-pi		-725,36					-647,57			
II-tes	-979,55	-907,79	-919,1	-60,5	-6,6	-815,14	-826,5	-835,2	20,0	2,4
II-pie		-930,31					-843,83			

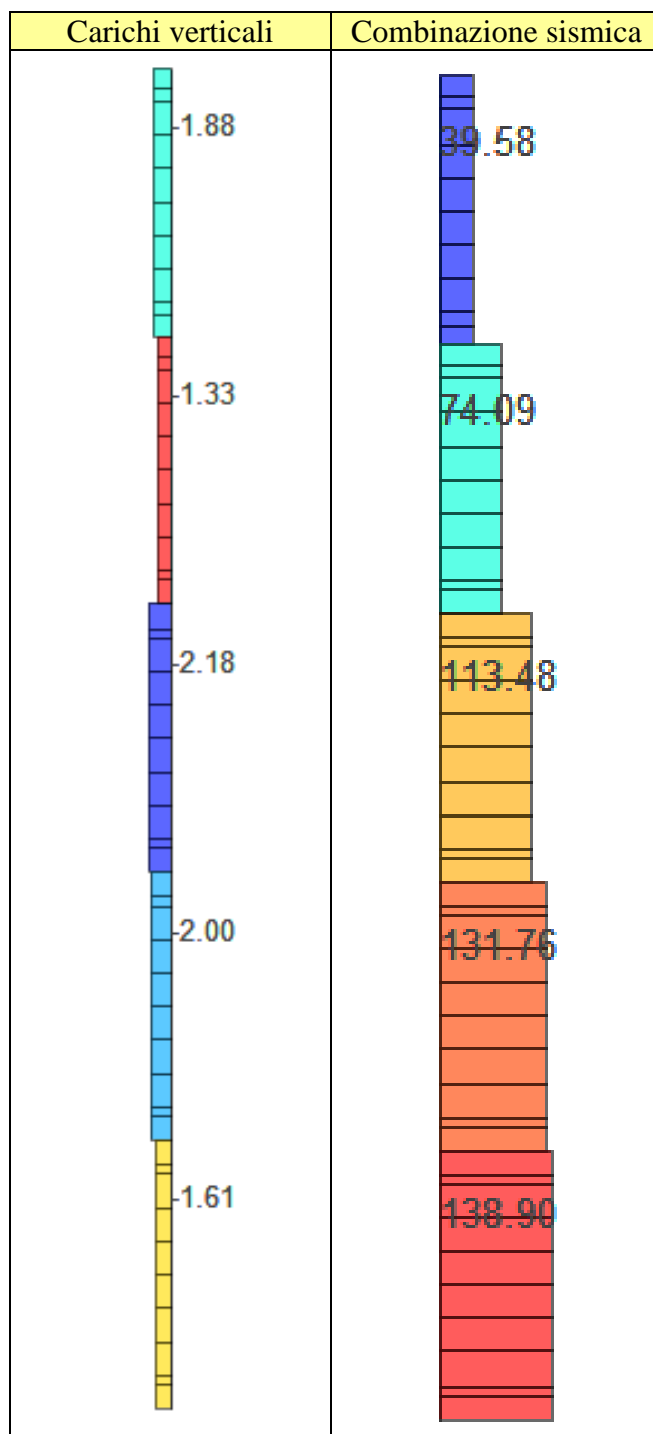


TAGLIO

- Confronto rispetto a PROSAP

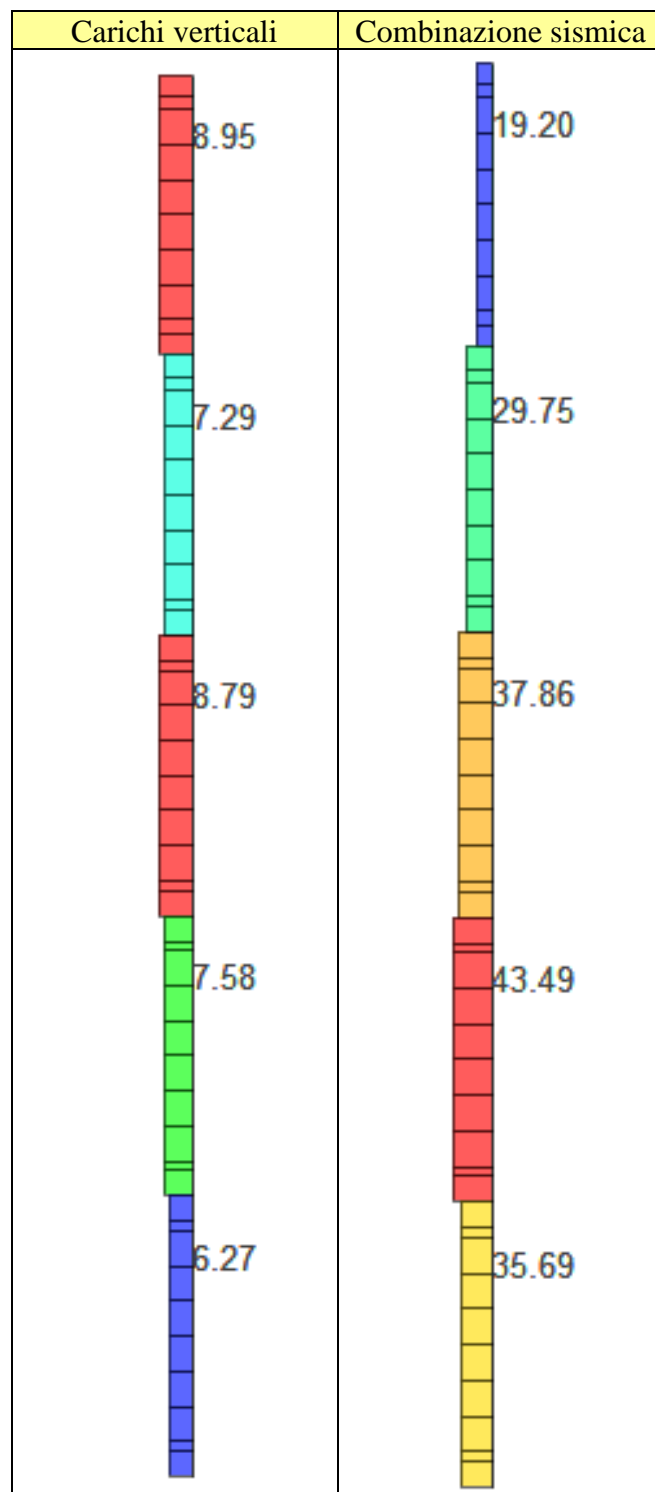
• LATO LUNGO

Ordine	Carichi verticali				Combinazione sismica			
	Tel2008 [kN]	PROSAP [kN]	Δ [kN]	Δ [%]	Tel2008 [kN]	PROSAP [kN]	Δ [kN]	Δ [%]
VI	-1,83	-1,88	0,05	2,7	-43,71	39,58	-4,13	-10,4
V	-1,81	-1,33	-0,48	-36,1	-75,29	74,09	-1,20	-1,6
IV	-2,1	-2,18	0,08	3,7	-115,67	113,48	-2,19	-1,9
III	-2,06	-2,00	-0,06	-3,0	-132,08	131,76	-0,32	-0,2
II	-1,23	-1,61	0,38	23,6	-136,91	138,9	1,99	1,4



- LATO CORTO

Ordine	Carichi verticali				Combinazione sismica			
	Tel2008 [kN]	PROSAP [kN]	Δ [kN]	Δ [%]	Tel2008 [kN]	PROSAP [kN]	Δ [kN]	Δ [%]
VI	-7,75	8,95	1,20	13,4	-16,94	19,2	2,26	11,8
V	-5,6	7,29	1,69	23,2	-26,16	29,75	3,59	12,1
IV	-6,26	8,79	2,53	28,8	-32,37	37,86	5,49	14,5
III	-5,97	7,58	1,61	21,2	-37,78	43,49	5,71	13,1
II	-4,22	6,27	2,05	32,7	-31,1	35,69	4,59	12,9

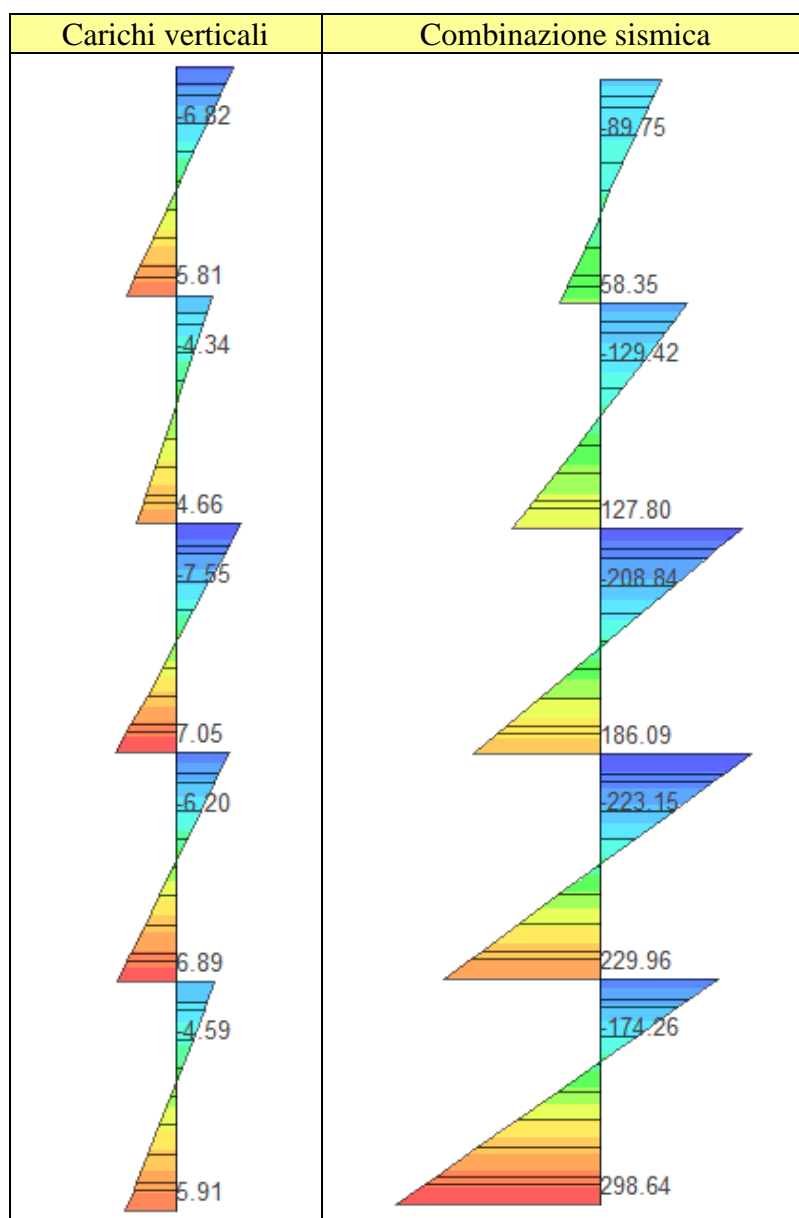


MOMENTO FLETTENTE

• LATO LUNGO

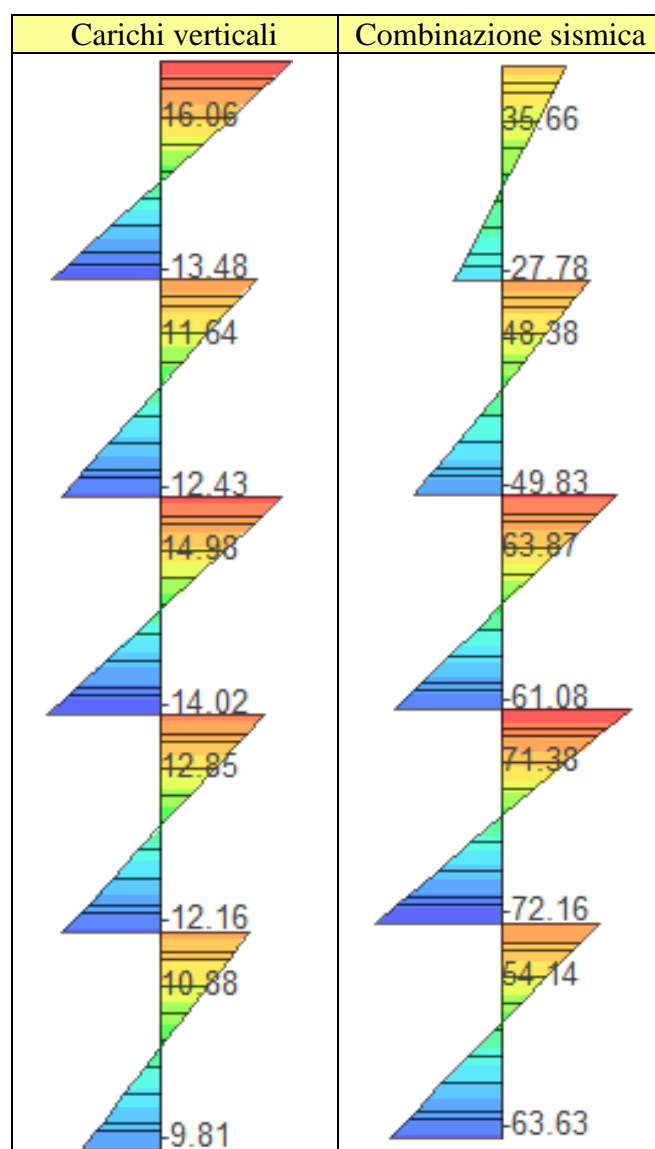
- Confronto rispetto a PROSAP

Ordine	Carichi verticali				Combinazione sismica			
	Tel2008 [kNm]	PROSAP [kNm]	Δ [kNm]	Δ [%]	Tel2008 [kNm]	PROSAP [kNm]	Δ [kNm]	Δ [%]
VI-testa	-3,55	-6,82	3,27	-3,55	-87,06	-89,75	2,69	3,0
VI-piede	2,47	5,81	3,34	-2,47	57,65	58,35	0,7	1,2
V-testa	-3,11	-4,34	1,23	-3,11	-124,31	-129,42	5,11	3,9
V-piede	2,86	4,66	1,8	-2,86	124,43	127,8	3,37	2,6
IV-testa	-3,69	-7,55	3,86	-3,69	-201,19	-208,84	7,65	3,7
IV-piede	3,23	7,05	3,82	-3,23	180,86	186,09	5,23	2,8
III-testa	-3,4	-6,2	2,8	-3,4	-213,78	-223,15	9,37	4,2
III-piede	3,39	6,89	3,5	-3,39	222,36	229,96	7,6	3,3
II-testa	-2,41	-4,59	2,18	-2,41	-167,76	-174,26	6,5	3,7
II-piede	1,64	5,91	4,27	-1,64	284,24	298,64	14,4	4,8



- LATO CORTO

Ordine	Carichi verticali				Combinazione sismica			
	Tel2008 [kNm]	PROSAP [kNm]	Δ [kNm]	Δ [%]	Tel2008 [kNm]	PROSAP [kNm]	Δ [kNm]	Δ [%]
VI-testa	-13,94	16,06	2,1	13,2	-31,1	35,66	4,6	12,8
VI-piede	11,62	-13,48	1,9	-13,8	24,86	-27,78	2,9	-10,5
V-testa	9,21	11,64	2,4	20,9	-42,71	48,38	5,7	11,7
V-piede	9,26	-12,43	3,2	-25,5	43,64	-49,83	6,2	-12,4
IV-testa	-10,55	14,98	4,4	29,6	-54,37	63,87	9,5	14,9
IV-piede	10,11	-14,02	3,9	-27,9	52,47	-61,08	8,6	-14,1
III-testa	-9,88	12,85	3,0	23,1	-61,82	71,38	9,6	13,4
III-piede	9,83	-12,16	2,3	-19,2	62,88	-72,16	9,3	-12,9
II-testa	-8,01	10,88	2,9	26,4	-46,09	54,14	8,1	14,9
II-piede	5,93	-9,81	3,9	-39,6	56,55	-63,63	7,1	-11,1



Dal confronto delle sollecitazioni sul pilastro si evince che i valori trovati con la modellazione su PROSAP rispecchiano quelli ottenuti tramite Tel2008.