



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA
DIREZIONE SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE
AREA EDILIZIA

EDIFICIO - ATTIVITA':

Via Pastorino civ.15 località Bolzaneto C.A.P.16162 Comune di Genova
I.P.S.I.A. "Piero Gaslini-Antonio Meucci" Palazzina Laboratori

CODICE

EDIFICIO	ATTIVITA'
025	A

COMMESSA: RETE DEI "CIVIC CENTER SCOLASTICI"
DELLA CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

CODICE COMMESSA

LAS.17.00014

FASE: ESECUTIVO

STATO: PROGETTO

OGGETTO DELLA TAVOLA:
RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO
Rif. Progetto originario RSS01

N° TAVOLA

000

SCALA

PROGETTISTI: Arch. Roberta Burroni

Geom. Ferdinando Rosazza Battore

REVISIONE	A	B	C	D	E	F
DATA	02/2018					
RIF. FILE ANAGEDIL: OXX_YN						

STAFF di PROGETTAZIONE

coord. staff	Geom. F. Rosazza
verifiche sismiche	
tec. progetto elettrico	P.I. R. Rossi
tec. progetto termico	P.I. R. Schenone
Progetto originario approv.	con A.D. 181 del 31/01/2018
Progettista incaricato	RTP Ing. O. Del Prete

APPROVAZIONE DOCUMENTO

RESP. UFFICIO	
Arch. Roberta Burroni	
DIRIGENTE TECNICO	
Ing. Gianni Marchini	
R.U.P.	
Ing. Gianni Marchini	

RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

PREMESSA

Oggetto: Rete dei "Civic center scolastici" della Città Metropolitana di Genova

Realizzazione vano corsa semipanoramico scala metallica esterna e passerella in acciaio da realizzarsi presso il complesso scolastico I.P.S.I.A. P.Gaslini/A. Meucci sito in via P. Pastorino del comune di Genova.

La presente relazione illustra il progetto strutturale per la realizzazione di un vano corsa semipanoramico, di una passerella con struttura portante in acciaio e di una scala esterna in acciaio relativi all'intervento della rete dei "civic center scolastici" della città Metropolitana di Genova.

Il progetto prevede infatti la realizzazione di una piattaforma elevatrice utilizzabile anche per le persone diversamente abili, che collegherà il piano seminterrato dell'edificio con la copertura dello stesso. Sarà inoltre realizzata una passerella metallica che consentirà a tutti i livelli di collegare l'ascensore con l'edificio esistente.

Per consentire la realizzazione della passerella metallica, si rende necessaria la demolizione di un piccolo muro di contenimento esistente, posto sul lato sud dello stesso che presenta uno stato fessurativo di incipiente collasso in alcune sezioni.

E' inoltre prevista la realizzazione di una scala esterna che collegherà il piano primo dell'edificio esistente con la copertura, da utilizzarsi per soli fini manutentivi della copertura. La copertura dell'edificio attualmente risulta non praticabile, e tale sarà anche dopo gli interventi sulla copertura dettati dall'amministrazione committente.

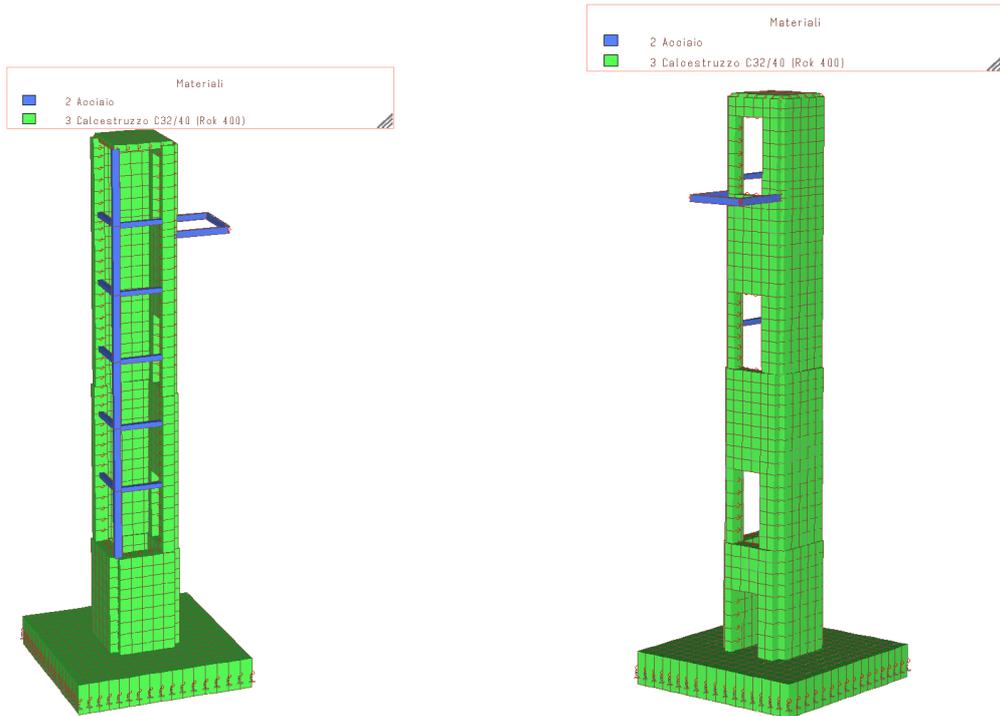
Nella presente relazione tecnica generale si riporteranno tutte le informazioni, del calcolo strutturale del vano corsa in c.a., della passerella metallica, del muro di contenimento e della scala esterna, a partire dalla descrizione generale dell'opera e delle caratteristiche geologiche del sito, alla vita nominale e la classe d'uso della stessa, al periodo di riferimento per il calcolo delle azioni sismiche.

DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

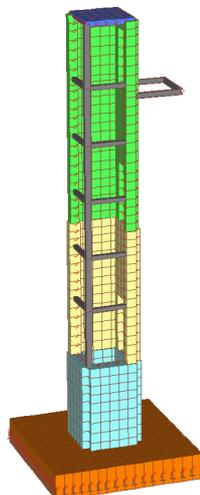
Vano Corsa Ascensore

Il vano corsa ascensore sarà realizzato con struttura portante in c.a. e acciaio, costituito per due lati contigui da setti in c.a. dello spessore di 50cm al I livello, 40cm al secondo livello e 30cm al III e IV livello, e per gli altri due lati da due pilastri in c.a. e da un pilastro in acciaio collegati con travi metalliche poste ad interasse di 2.00m.

Materiali e Modello di calcolo



Spessore elementi bidimensionali



Le fondazioni sono del tipo superficiale e saranno realizzate con una piastra dello spessore di 1.00 m attestata a quota -1.15m dal piano stradale, sull'ammasso roccioso esistente. Dai saggi eseguiti dal geologo Marco Vaccarezza incaricato dalla Città Metropolitana di Genova già alla profondità di 30cm rispetto al piano di campagna in corrispondenza del nuovo ascensore è presente un substrato roccioso avente determinate caratteristiche geotecniche. Le fondazioni da realizzarsi interesseranno un'ampia zona a confine con il fabbricato esistente, dovendosi sulla stessa fondazione attestare anche i pilastri della passerella metallica ed il nuovo muro di contenimento. Le interferenze della nuova fondazione rispetto a quelle del fabbricato esistente, non si sono potute valutare non avendo riscontri e conoscenza del sistema fondale esistente. In corso di esecuzione dell'opera occorrerà valutare lo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso ed eventualmente prevedere interventi di consolidamento dello stesso, nonché individuare il sistema fondale esistente e valutare le interferenze. Analogamente occorrerà valutare in corso di esecuzione l'influenza della fondazione sulla stabilità del muro di contenimento posto a valle dell'intervento.

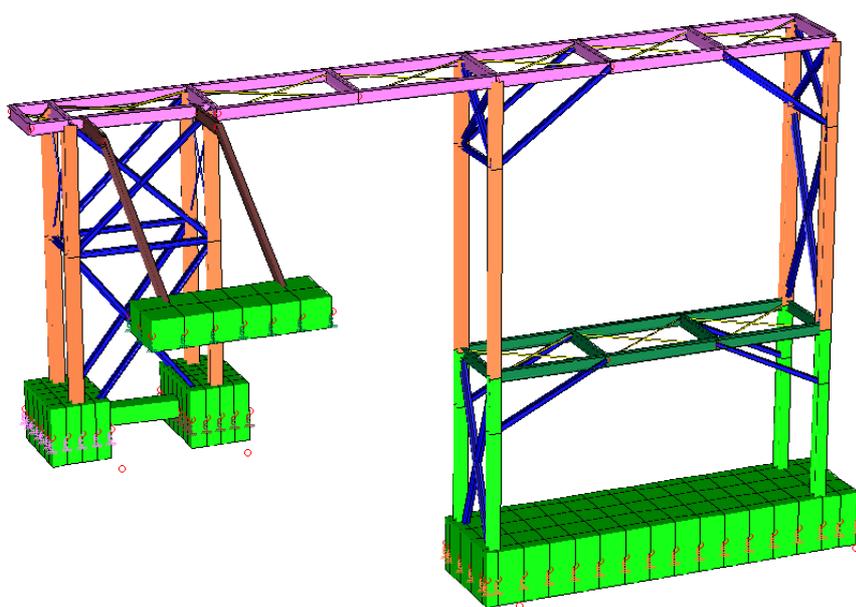
Il pilastro in acciaio ha una sezione scatolare quadrata 200x200x10mm, si sviluppa a tutta altezza ed è collegato da travi in acciaio di sezione scatolare 150x150x10mm poste ad interasse di circa 2.00m.

La copertura dell'ascensore sarà realizzata con una soletta piena dello spessore di 20 cm armata con doppia rete $\varnothing 14/20$

Passerella Metallica

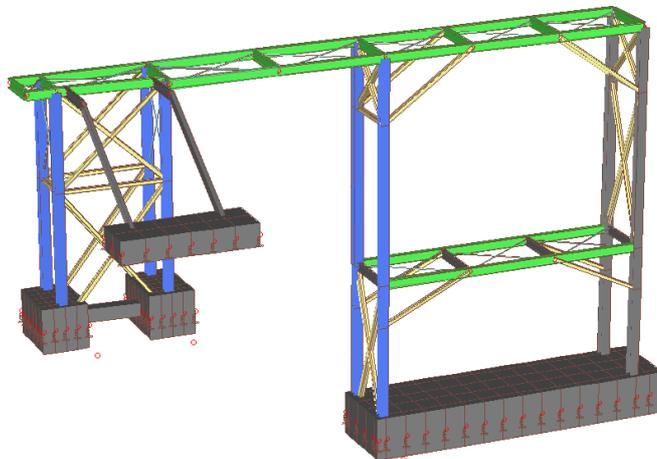
La struttura portante della passerella è realizzata in acciaio ed è costituita da una serie di pilastri di sezione HEA200 incastrati alla base e collegati da travi aventi sezione IPE 200.

Modello di calcolo



SEZIONI

Sezioni	
■	1 Ps HEA 200 ycap+No
■	3 Ps IPE 200 ycap+No
■	7 Pd UNP 80 D=1 Ali+est
■	8 Cp D=2



I giunti delle travi orizzontali sono nodi cerniera e sono collegati da controventi orizzontali realizzati con tondini metallici opportunamente tesi del diametro di 20mm. Per limitare gli spostamenti è stato inoltre previsto un sistema di controventi verticali realizzati oltre con tondini metallici, da profilati accoppiati di sezione UPN 80.

L'orizzontamento sarà realizzato con un grigliato elettrofuso autoportante avente maglia 15x76 e longherine di sezione 30x2 mm.

E' prevista inoltre una scala metallica costituita da 2 UPN 200 e gradini realizzati con grigliati elettrofusi.

Le fondazioni sono del tipo superficiale realizzate con una piastra dello spessore di 1.00 m attestata a quota -1.15m.

Muro di Contenimento

Come riportato in premessa per l'esecuzione della fondazione del vano ascensore è prevista la demolizione e la successiva ricostruzione di n. 2 muri di contenimento aventi lunghezza di circa 1.70m il primo e 5,10 m il secondo già in condizioni di dissesto avanzato.

Il primo muro presenta un'altezza di circa 1m, mentre il secondo ha un'altezza variabile da 1.45m a 3.30m. Le quote di ricostruzione saranno stabilite in corso di esecuzione dalla d.l. per consentire la necessaria riprofilatura del pendio di riporto. In questa sede si considerano le condizioni più svantaggiose progettando solo il muro avente altezza di 3.30 m. in considerazione della limitatezza dell'intervento.

Il muro sarà del tipo a mensola in c.a. dello spessore costante di 30cm, con una fondazione superficiale avente uno spessore di 100cm in continuità con la piastra dell'ascensore.

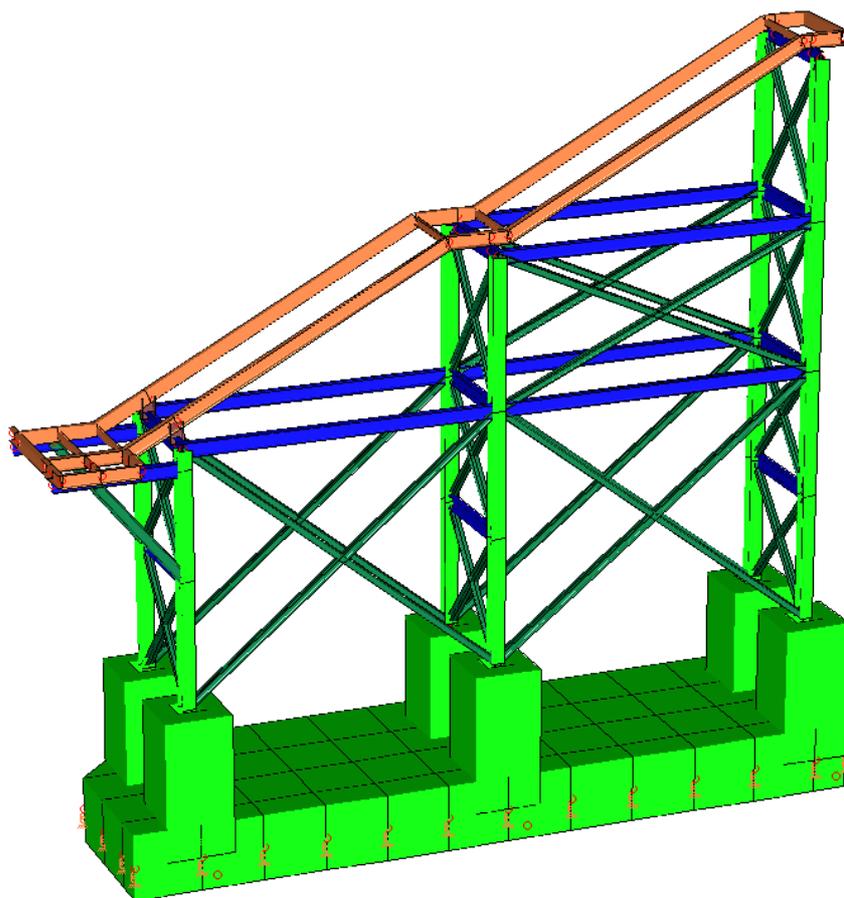
A tergo del muro e per lo spessore di 60cm saranno realizzate opere di drenaggio con materiale drenante e fori di diametro 10cm posti a distanza max di 150-200cm.

Scala Metallica esterna

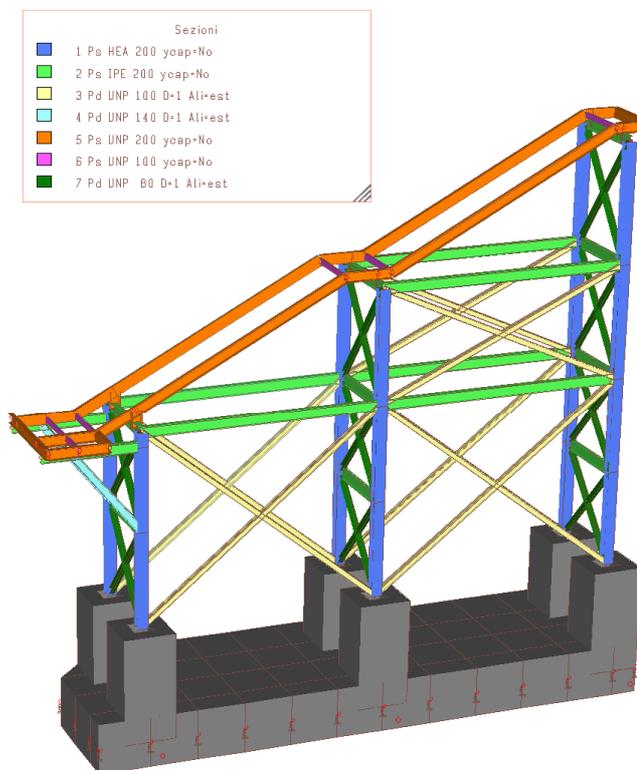
La struttura portante della scala esterna è realizzata in acciaio ed è costituita da una serie di pilastri di sezione HEA200 incastrati alla base e collegati per un doppio ordine da travi orizzontali aventi sezione IPE 200.

La scala metallica costituirà una struttura isolata completamente giuntata dall'edificio esistente.

Modello di calcolo



SEZIONI



I giunti delle travi orizzontali nella direzione longitudinale (lato lungo) sono nodi cerniera, mentre nella direzione trasversale (lato corto) sono nodi incastro. Nelle due direzioni ortogonali si è utilizzato un sistema di controventamento costituito da profilati accoppiati di sezione UNP 100 e UNP 80 I pianerottoli sono realizzati con un grigliato elettrofuso autoportante avente maglia 15x76 e longherine di sezione 30x2 mm.

le travi a ginocchio del rampante sono costituite da 2 UNP 200 collegate in vari punti da travi trasversali UNP 100 e ancorate alle travi IPE 200 con giunti a taglio.

I gradini hanno dimensione 30x120cm e sono realizzati con grigliati elettrofusi antitacco maglia 15x76 barre portanti 30x2 tondo Ø4.

Le fondazioni sono del tipo superficiale realizzate con una piastra dello spessore di 1.00 m attestata a quota -1.50m. dal piano di campagna. Per l'ancoraggio dei pilastri in acciaio HEA200 saranno realizzati n.6 bicchieri aventi lato esterno di 1.00m e lato interno di 0.40m altezza di 1.50m opportunamente armati. Essi saranno riempiti con malta espansiva ad alta resistenza meccanica.

DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

Per la descrizione dell'area su cui sono collocate le opere in oggetto si fa riferimento alla relazione geologico-tecnica redatta dal dott. geologo Marco Vaccarezza a cui si rimanda per approfondimenti.

I saggi eseguiti in cantiere dal geologo riportano per la prova penetrometrica dinamica P1 l'ammasso roccioso ad una profondità di 30cm, per la prova dinamica P2 l'ammasso roccioso ad una profondità di 2.30m (saggio eseguito sul terreno di riporto) mentre per la prova penetrometrica dinamica P3 l'ammasso roccioso ad una profondità di 1.70m (saggio eseguito sul terreno di riporto). Considerando il rilievo altimetrico fornito dall'ente nello spigolo dell'immobile posto a sud-est dove è previsto la realizzazione del nuovo ascensore l'ammasso roccioso è posto se non affiorante a pochi decimetri dalla quota stradale.

Il substrato roccioso è stato caratterizzato dal geologo con i seguenti parametri geotecnici:

- **Angolo attrito in condizioni drenate: 27° - 30°**
- **Peso dell'unità di volume 2400 kg/mc**
- **Coesione 225 - 250 Mpa**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La verifica delle strutture dell'immobile in oggetto è stata svolta nel rispetto della seguente normativa vigente:

- **D.M. 14.01.2008 – Nuove Norme Tecniche per le costruzioni;**
- **Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti 02.02.2009, n°617 – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008.**
- **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"

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

STATI LIMITE

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando opportuni stati limite definiti di concerto al committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita utile e di quanto stabilito dalle NTC 14/01/2008.

In particolare per effetto dell'azione del sisma si è verificata :

- la sicurezza nei riguardi dello **Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)** da intendersi come stato limite da rispettare per garantire che a seguito del terremoto, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti di azioni orizzontali, la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni simiche orizzontali.
- la sicurezza nei riguardi dello **Stato Limite di Danno (SLD)** da intendersi come stato limite da rispettare per garantire che a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni da non omettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e rigidezza nei confronti di azioni orizzontali e verticali, mantenendosi immediatamente utilizzabile per nell'interruzione d'uso di parte dell'apparecchiature";
- la sicurezza nei riguardi dello **Stato Limite di Operatività (SLO)** da intendersi come stato limite da rispettare per garantire che 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.

In assenza di sisma si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli **Stati Limite Ultimi (SLU)** che possono provocare eccessive deformazioni permanti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera;
- la sicurezza nei riguardi degli **Stati Limite di Esercizio (SLE)** che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni in esercizio;
- per quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

VITA NOMINALE - CLASSE D'USO – PERIODO DI RIFERIMENTO.

Le prestazioni della struttura sono state definite di concerto con il committente in funzione della destinazione d'uso, individuando: la vita nominale, la classe d'uso e il periodo di riferimento per l'azione sismica.

La Vita Nominale V_N di un'opera strutturale è definita come il numero di anni nel quale la struttura deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata, soggetta alla sola manutenzione ordinaria.

Nel caso in esame trattandosi di opere ordinarie con riferimento alla tabella 2.4.I delle NTC 2008 la vita nominale è quantificata in **50 anni**.

Per quanto riguarda la Classe d'Uso la normativa ne individua quattro in funzione dell'affollamento delle costruzioni e quindi delle conseguenze che una possibile interruzione di operatività o di collasso potrebbe aversi in occasione di un sisma. Per tale struttura è stata individuata la seguente classe d'uso **Classe III**.

A ciascuna classe corrisponde un coefficiente d'uso. In base alla Tabella 2.4.II per la classe d'uso II corrisponde un coefficiente pari a **1,5**.

Le azioni sismiche si valutano in funzione di un periodo di riferimento V_R che si ricava moltiplicando la vita nominale per il coefficiente d'uso: **$V_R = V_N \times C_u = 50 \times 1,5 = 75$ anni**.

Riassumendo si hanno i seguenti valori:

LA VITA NOMINALE	$V_N = 50$ anni;
CLASSE D'USO	CLASSE III
COEFFICIENTE D'USO	$C_u = 1,5$;
PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	$V_R = 75$ anni

AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero – Z nel sistema globale di riferimento del modello). Sono state inoltre considerate le azioni del vento e della neve. Le azioni sismiche, statiche o dinamiche, derivano dall'eccitazione delle masse assegnate alla struttura in proporzione ai carichi a cui sono associate per norma.

I carichi sono suddivisi in più condizioni elementari di carico in modo da poter generare le combinazioni necessarie.

Le azioni agenti sulle strutture si distinguono in:

- *permanenti (G)*: azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale che possono considerarsi costanti nel tempo;
 - peso proprio degli elementi strutturali, peso proprio del terreno per le opere di sostegno, spinte del terreno e spinte dell'acqua (G_1);
 - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G_2);
- *variabili (Q)*: azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono variare nel tempo;
- *sismiche (E)*: azioni derivanti dai terremoti.

Di seguito invece si individueranno i sovraccarichi dipendenti dalla destinazione d'uso e quelli dovuti alla neve e al vento.

DESTINAZIONE D'USO E CARICHI VARIABILI DOVUTE AD AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei carichi variabili si fa riferimento alla tabella 3.1.11 delle NTC del 14/01/2008 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²];
- carichi verticali concentrati Q_k [kN],
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 secondo categoria di appartenenza —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

Nel calcolo eseguito sono stati assegnati agli elementi strutturali i seguenti carichi variabili (verticali uniformemente distribuiti):

Passerella Metallica - Scala metallica esterna	
Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C2 – Balconi, ballatoi e scale comuni.....	4,00 kN/m²

AZIONE DELLA NEVE

Normativa : D.M. 14/01/2008 (Norme tecniche per le costruzioni)

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Provincia : Genova

Zona : II

Altitudine : 50 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 102.04 \text{ kg/m}^2$

Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1

Tipo di copertura: ad una falda ($\alpha = 0^\circ$)

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

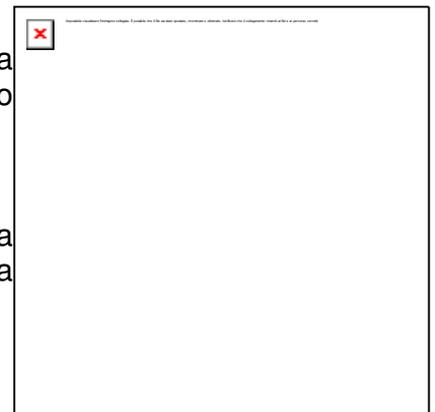
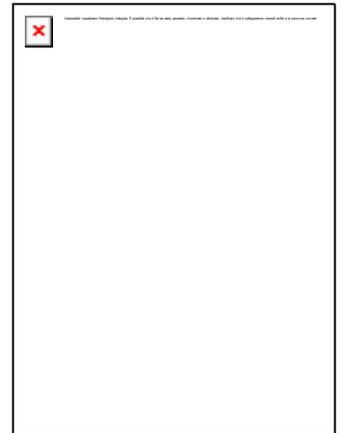
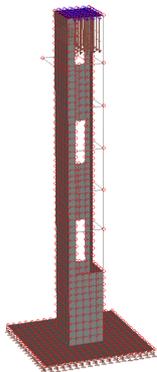
Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Si deve considerare la condizione di carico riportata nella figura a lato, la quale deve essere utilizzata per entrambi i casi di carico, con o senza vento.

Carico da neve :

$$q_s(\mu_1(\alpha)) = 81.63 \text{ kg/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 81.63 \text{ kg/m}^2$$



AZIONE DEL VENTO

Normativa: D.M. 14/01/2008 (Norme tecniche per le costruzioni)

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Provincia: Genova

Zona: 7

Altitudine: 50 m s.l.m

Tempo di ritorno T_r : 50 anni;

Velocità di riferimento $v_b(T_r)$: 28 m/s

Pressione cinetica di riferimento q_b : 50 Kg/m²

Altezza della costruzione z : 17 m (z_{min} : 4m)

Distanza dalla costa: Mare, oltre 500 m dalla costa

Classe di rugosità del terreno: C

Categoria di esposizione del sito: II

Coefficiente topografico c_t : 1

Coefficiente dinamico c_d : 1

Coefficiente di esposizione $c_e(z)$:

$c_e(z_{min} = 4m)$: 1.8

$c_e(z = 7m)$: 2.13

$c_e(z = 12m)$: 2.47

$c_e(z = 17m)$: 2.7

Torri e pali a traliccio a sezione rettangolare o quadrata:

Elementi aventi sezione di forma diversa dalla circolare: $c_p = 2.8$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 2.8$

$p(z_{min} = 4 m) = 252.08 \text{ Kg/m}^2$

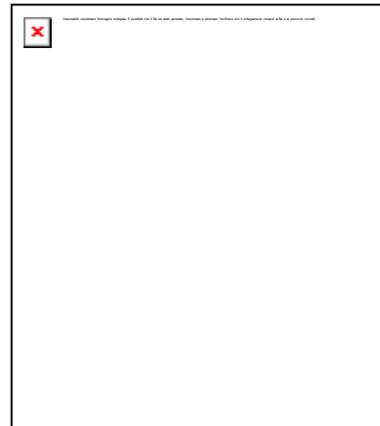
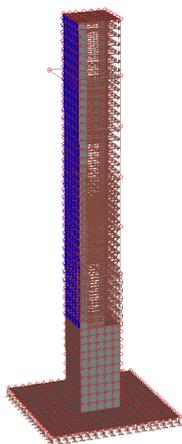
$p(z = 7 m) = 298.24 \text{ Kg/m}^2$

$p(z = 12 m) = 345.7 \text{ Kg/m}^2$

$p(z = 17 m) = 377.93 \text{ Kg/m}^2$

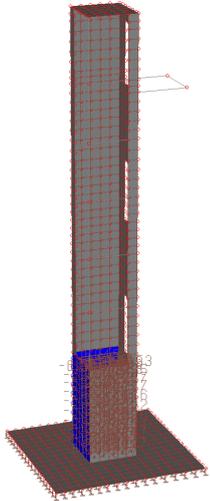
Il vento è stato considerato agente in direzione +x,-x,+y,-y, e in direzione diagonale aumentato di 1.125.

Vento +X



Sono inoltre state considerate sul vano ascensore per i lati interessati al piano seminterrato le spinte del terreno gravanti sullo stesso nella fase di ricostruzione del pendio.

Spinte terreno



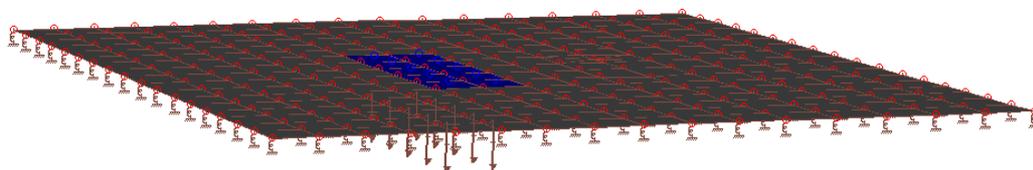
$$K_0 = 1 - \sin \varnothing$$

$$S = K_0 \cdot \gamma \cdot h = 3259 \text{ Kg/mq}$$

$$\varnothing = 28^\circ$$

$$\gamma = 1800 \text{ Kg/mc}$$

Carico Ascensore



AZIONI SULLE COSTRUZIONI: AZIONE SISMICA

Per poter individuare l'azione sismica è necessaria conoscere la pericolosità sismica del sito dove è situata la costruzione.

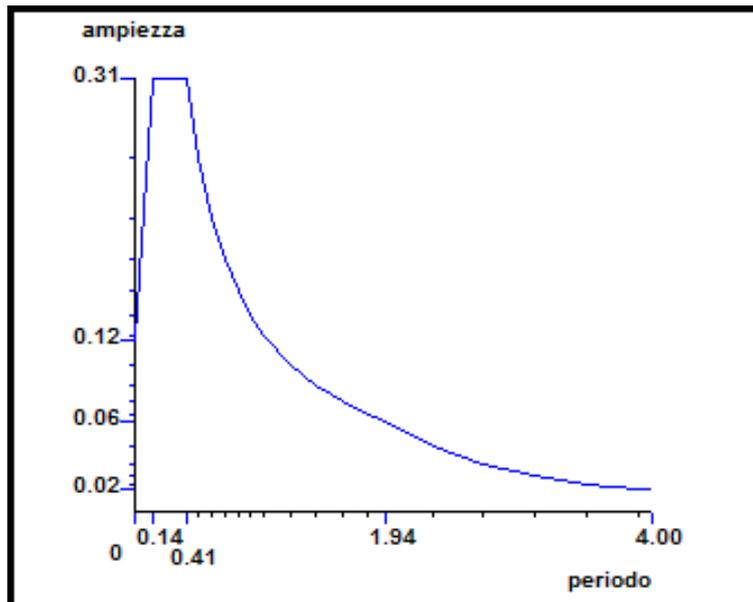
Ai fini delle NTC 2008 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

Gli effetti dell'azione sismica sulla struttura (**Passerella metallica Scala metallica esterna e ascensore**) sono stati valutati con **un'analisi dinamica lineare con fattore di struttura $q=1$**

:: Progetto :: Normativa			
Vita nominale costruzione:	50	▼	anni
Classe d'uso costruzione:	III	▼	
Vita di riferimento:	75		anni
Spettro di risposta:	Stato limite ultimo SLV ▼		
Probabilità superamento periodo riferimento:	10		%
Tempo di ritorno del sisma:	712		anni
Comune:	GENOVA	Mappa...	...
ag/g:	0.085	F0:	2.51
		Tc*:	0.29
Categoria suolo:	B	▼	
Coeff. moltiplicativo sisma:	1	▼	
Coefficiente topografico:	1.2	▼	
<input type="checkbox"/>	Coefficienti moltiplicativi per effetti II ordine		
Direzione 1 (X):	0		
Direzione 2 (Y):	0		

Spettro elastico con $q=1.00$



Num.	Periodo	A.slu X
1	0.000	0.1224
2	0.136	0.3072
3	0.409	0.3072
4	0.500	0.2511
5	0.600	0.2092
6	0.700	0.1793
7	0.800	0.1569
8	0.900	0.1395
9	1.000	0.1255
10	1.200	0.1046
11	1.400	0.0897
12	1.600	0.0785
13	1.800	0.0697
14	1.940	0.0647
15	2.300	0.0460
16	2.700	0.0334
17	3.100	0.0253
18	3.500	0.0199
19	3.900	0.0170
20	4.000	0.0170

COMBINAZIONE DELLE AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Le azioni definite come al par. 2.5.1 delle NTC 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al par. 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Tabella 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle NTC 2008 nel par. 2.6.1, Tab. 2.6.1

Per le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio in combinazione con l'azione sismica si ha:

$$G_1 + G_2 + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

Dove i coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella tabella 2.5.1.

Le combinazioni di carico, per ciascuna delle strutture calcolate, sono riportate in dettaglio, nelle corrispondenti relazioni di calcolo.

CRITERI ADOTTATI PER LA SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stato adeguatamente valutato, interpretato e trasferito nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi "beam", il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi "truss" oppure con elementi "beam" opportunamente svincolati.

Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi "shell" a comportamento flessionale e membranale. I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidezze nello spazio. Questi elementi, coniugati con i precedenti, consentono di modellare i casi più complessi ma più frequenti di interazione con il terreno, realizzabile tipicamente mediante fondazioni, pali, platee nonché attraverso una combinazione di tali situazioni.

Il comportamento del terreno è sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo, che può essere anche variata nella superficie di contatto fra struttura e terreno e quindi essere in grado di descrivere anche situazioni più complesse.

I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidezza flessionale e tagliante dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali.

Il calcolo viene condotto mediante analisi lineare, ma vengono considerati gli effetti del secondo ordine e si può simulare il comportamento di elementi resistenti a sola trazione o compressione.

La presenza di diaframmi orizzontali, se rigidi, nel piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo. Relazioni analoghe possono essere impostate anche fra elementi contigui.

Vano Ascensore

Le pareti e la soletta di copertura del vano ascensore sono stati modellati con elementi "shell" a comportamento flessionale e membranale. Il pilastro e le travi di collegamento in acciaio sono stati modellati con elementi "beam". La piastra di fondazione è stata schematizzata con elementi shell su suolo elastico alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo.

Passerella metallica - Scala metallica esterna

I Pilastri e le travi di collegamento in acciaio sono stati modellati con elementi "beam". La fondazione è stata schematizzata con elementi shell su suolo elastico alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo. Gli elementi connessi solo a taglio ed i controventi sono stati opportunamente sconnessi nei nodi.

Per il calcolo delle azidette strutture è stata utilizzata **un'analisi dinamica lineare**, considerata il metodo normale per la definizione delle azioni di progetto. L'analisi dinamica lineare nel calcolo dei parametri di risposta del sistema tiene conto delle caratteristiche dinamiche della struttura tramite l'utilizzo dei modi propri di vibrare. Ricavati i modi propri di vibrare della struttura si calcolano, tramite l'utilizzo dello spettro elastico di risposta in accelerazione, i valori massimi delle sollecitazioni e spostamenti associati a ciascun modo di vibrare della struttura. Per la determinazione delle sollecitazioni e deformazioni si devono considerare tutti i modi aventi massa partecipante superiore al 5% oppure un numero di modi per cui la somma delle masse partecipanti sia superiore al 85%. Gli effetti intermini di sollecitazioni e spostamenti vengono tra loro combinati con la CQC.

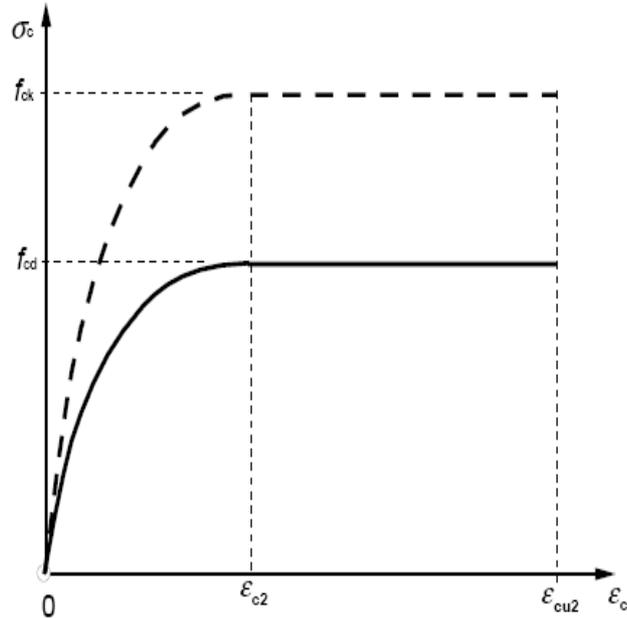
. L'analisi delle sollecitazioni è stata condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine.

Si ritiene che i modelli utilizzati sia rappresentativi del comportamento reale della struttura.

LEGAMI COSTITUTIVI DEI MATERIALI

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:

- **LEGAME PARABOLA RETTANGOLO PER IL CALCESTRUZZO**

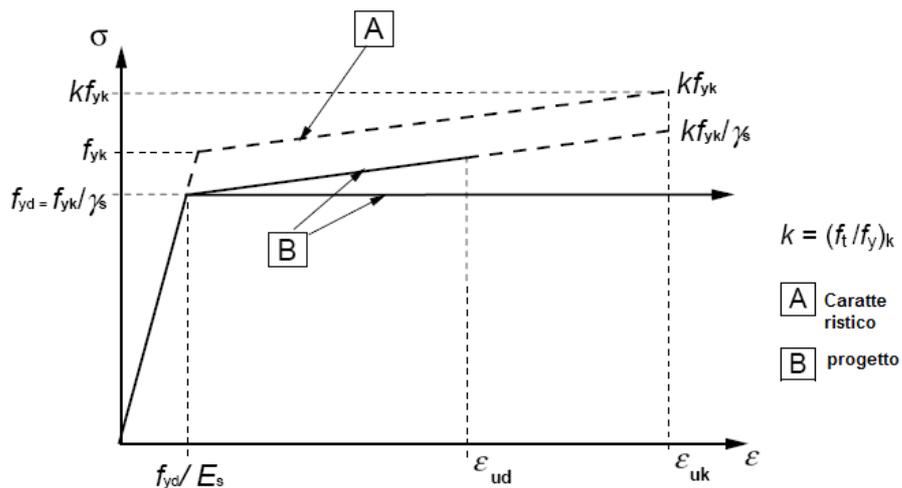


Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo

$$\epsilon_{c2} = 0,20\%$$

$$\epsilon_{cu} = 0,35\%$$

- **LEGAME ELASTICO PREFETTAMENTE PLASTICO O INCRUDENTE O DUTILITA' LIMITATA PER L'ACCIAIO**



Legame costitutivo di progetto acciaio per c.a.

ANALISI DEI CARICHI

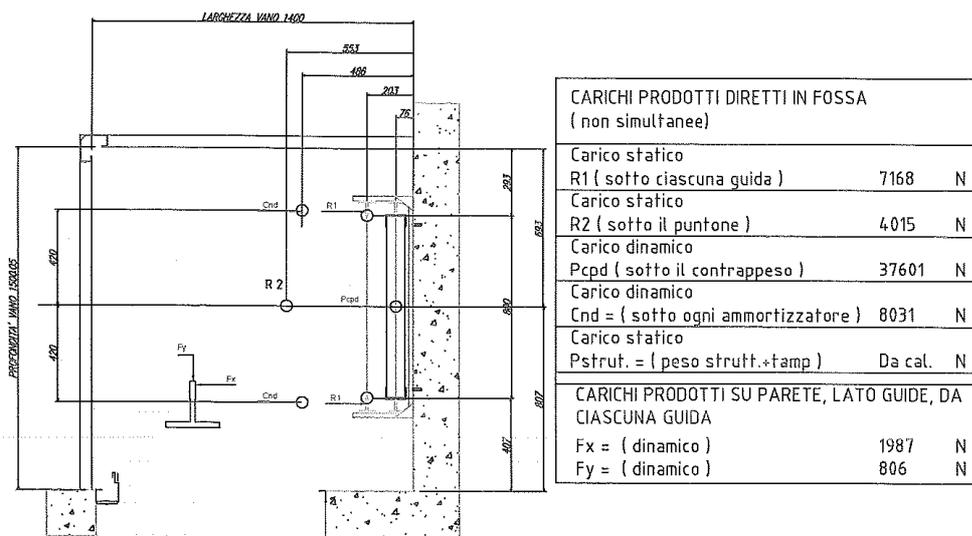
Si riporta di seguito il calcolo di tutti i carichi permanenti e variabili che gravano sugli elementi componenti la struttura.

Scala metallica esterna - Passerella metallica

Peso Proprio Grigliato=	37 Kg/mq
Peso ringhiera=	35 Kg/mq
Sovraccarico accidentale=	400 Kg/mq

Vano Ascensore:

Peso Permanente copertura:	100 kg/mq
Neve= vedi paragrafo azione neve	
Vento= vedi paragrafo azione vento	
Spinta terreno= vedi sopra;	
Carico riporto terreno su piastra=	2700 Kg/mq
carico ascensore vedi tabella allegata (Offerta Modello MBB Ascensori)	



SOFTWARE UTILIZZATO

Le analisi e le verifiche sono state condotte utilizzando i seguenti software:

Master Sap e applicativi versione 2014 prodotto dalla :

AMV s.r.l.

Via San Lorenzo , 106

Ronchi dei Legionari (Go)

VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIONE MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste.

Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di *Lanczos* noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria *LAPACK*.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono

facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

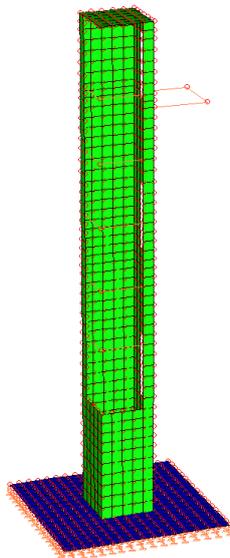
Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

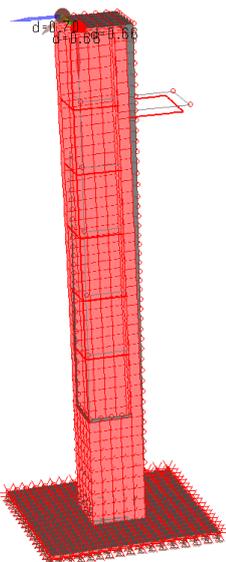
Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

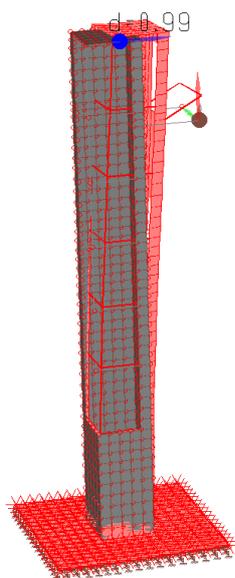
MODELLO CALCOLO



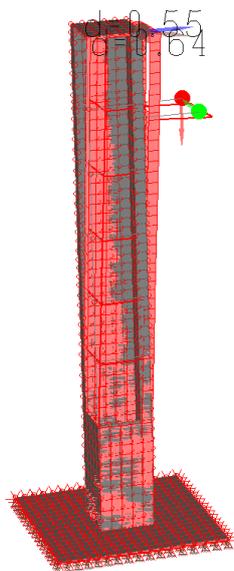
DEFORMATA STATICA



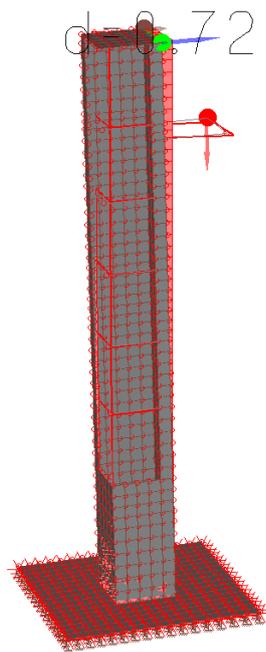
INVILUPPI DINAMICI (EX + Δ EY)



VENTO DIR X

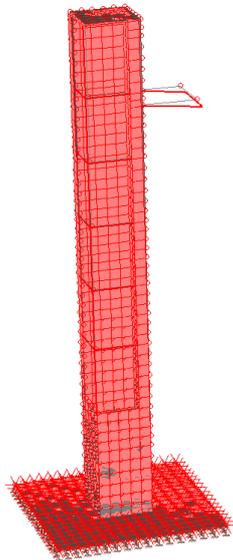


VENTO DIAGONALE

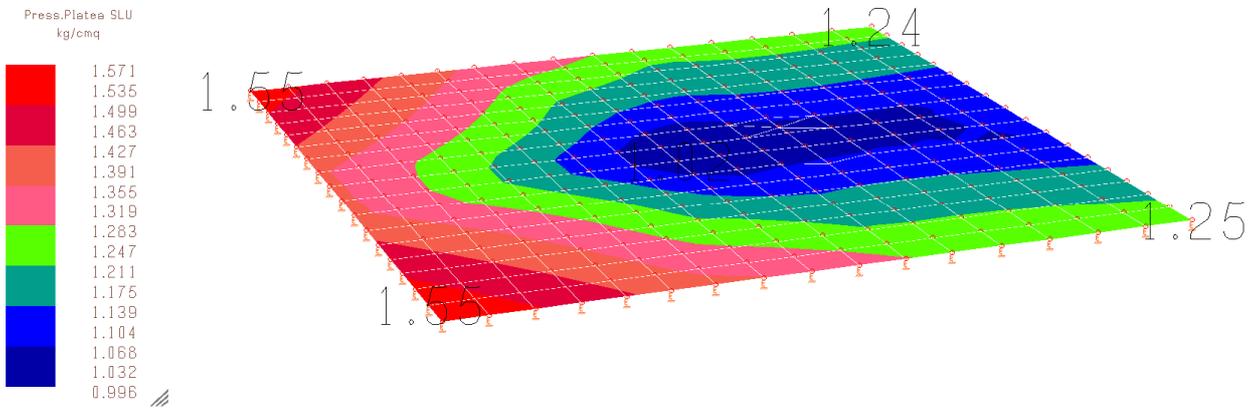


MODI DI VIBRARE

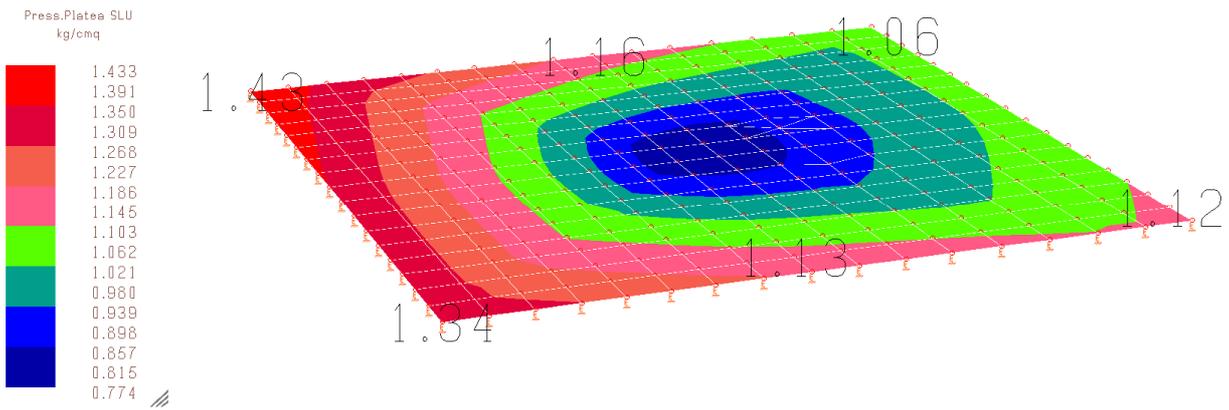
Modo 1 $f = 3.391 \text{ Hz}$ $T = 0.295 \text{ s}$



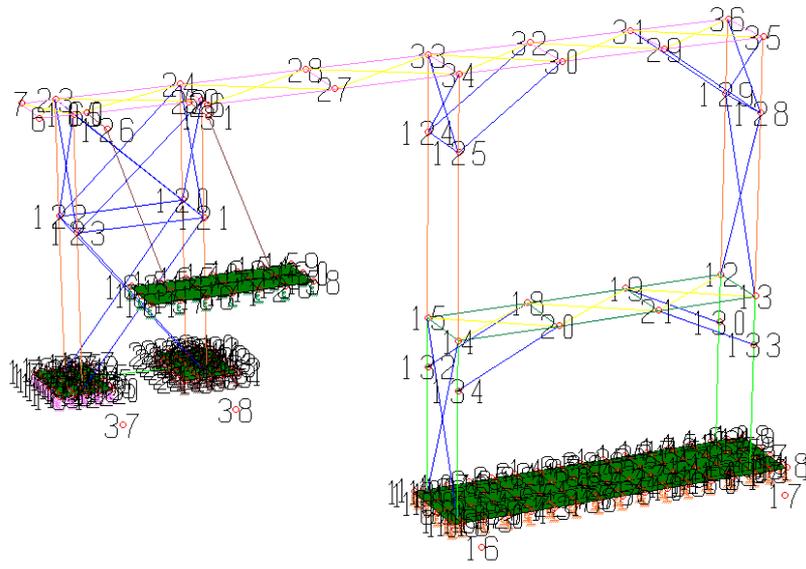
PRESSIONE SUL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE



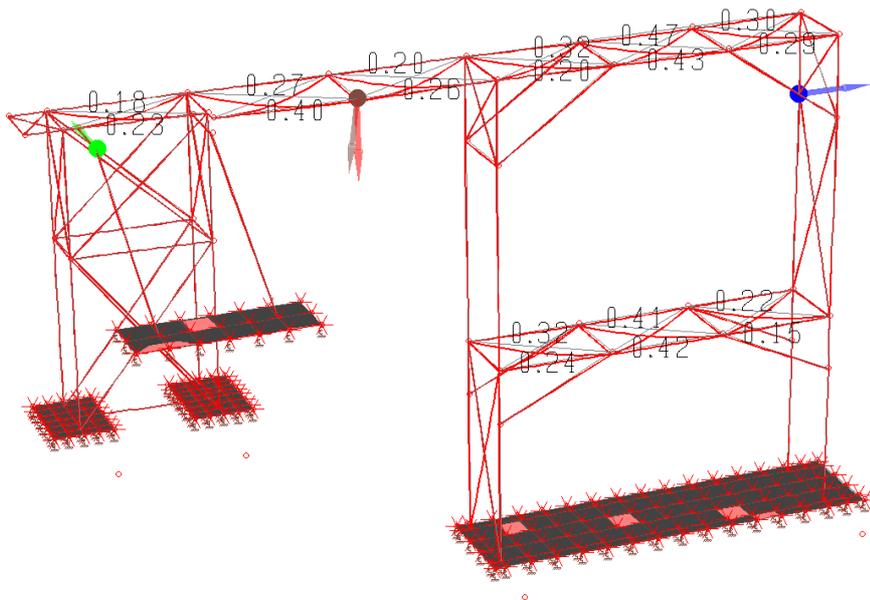
PRESSIONE SUL TERRENO IN CONDIZIONI DINAMICHE



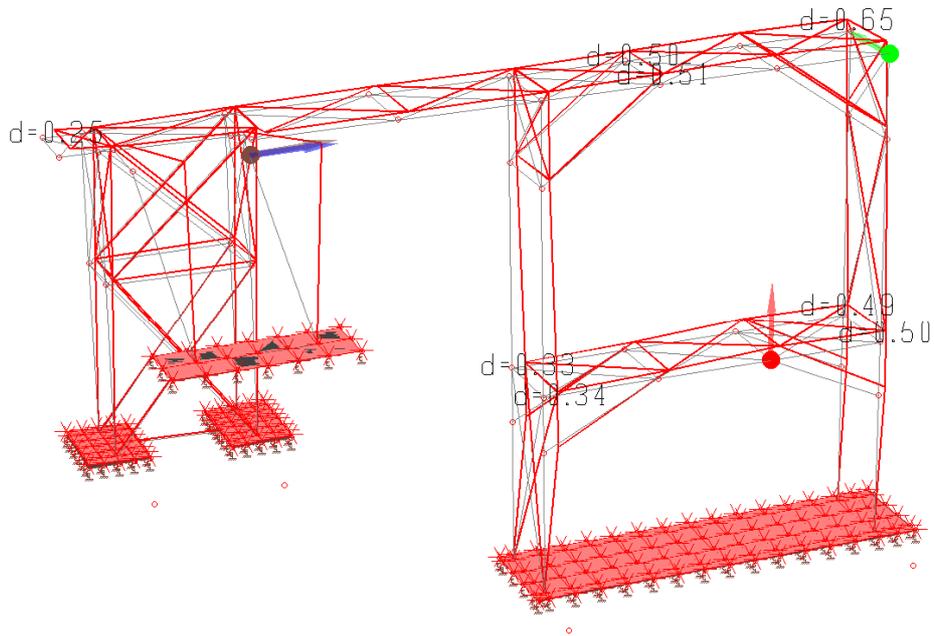
MODELLO CALCOLO



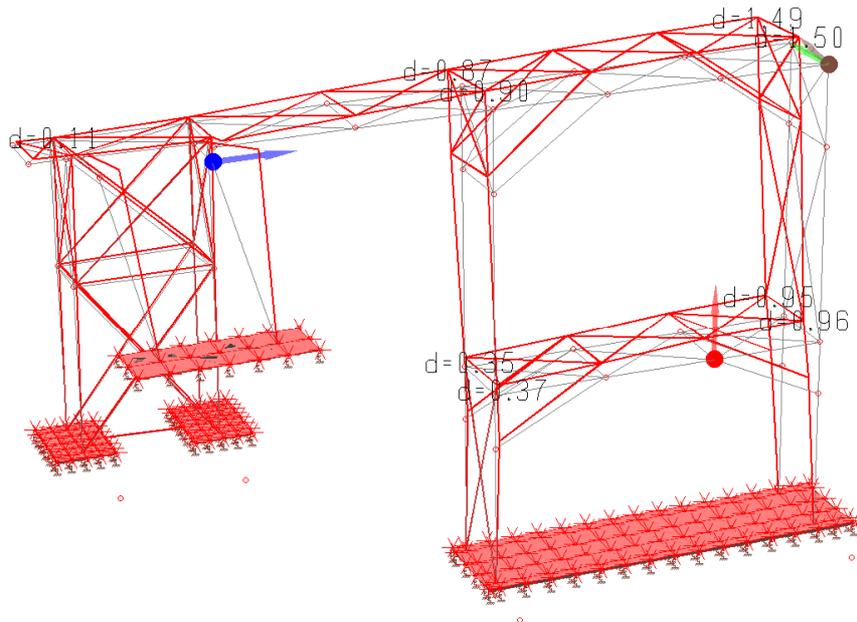
DEFORMATA STATICA



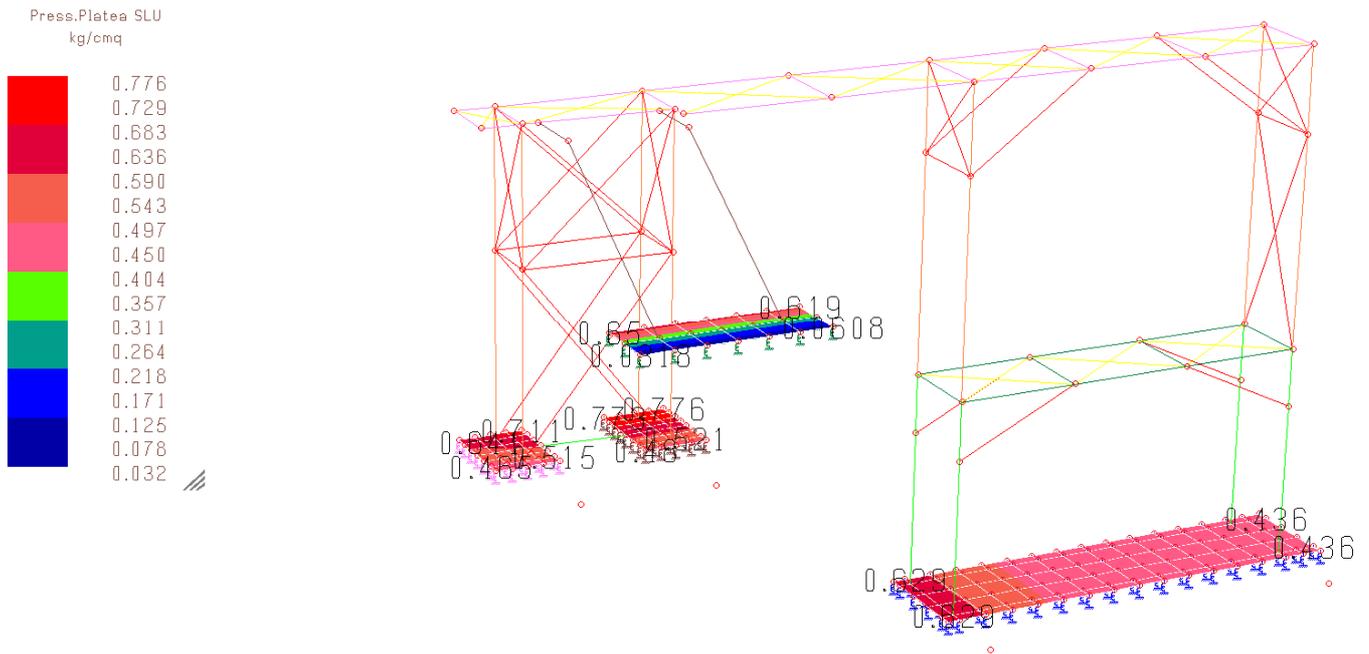
INVILUPPI DINAMICI (EX + Δ EY)



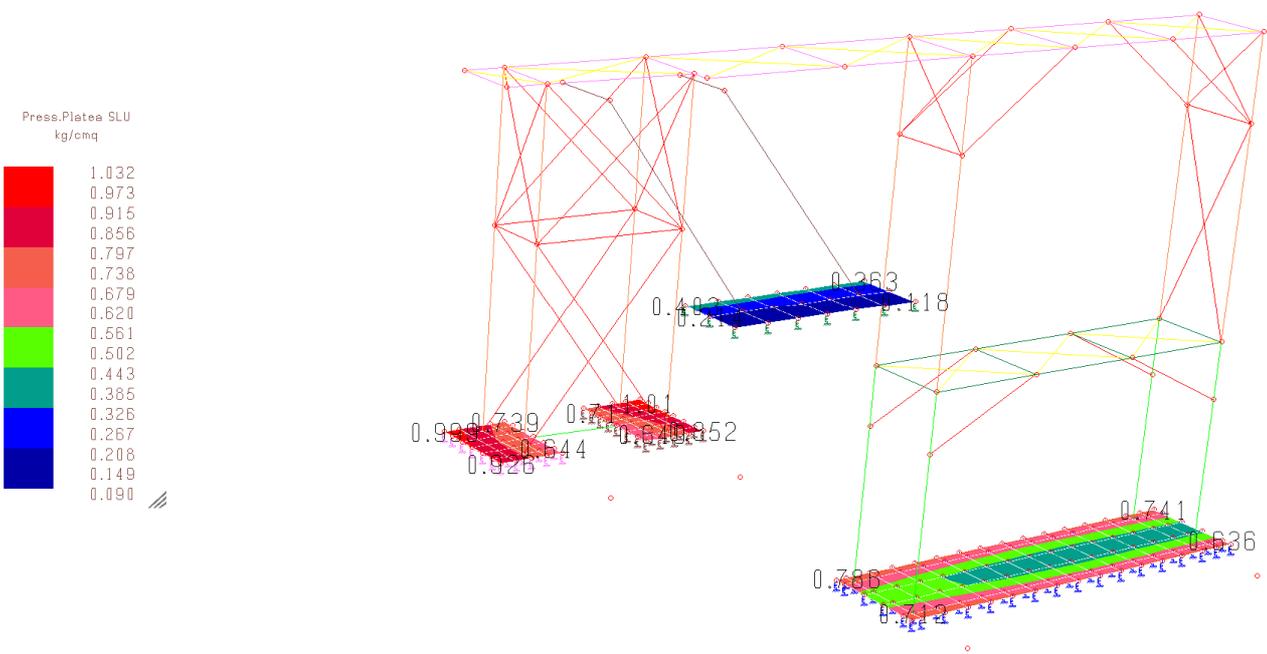
INVILUPPI DINAMICI (EY + Δ EX)



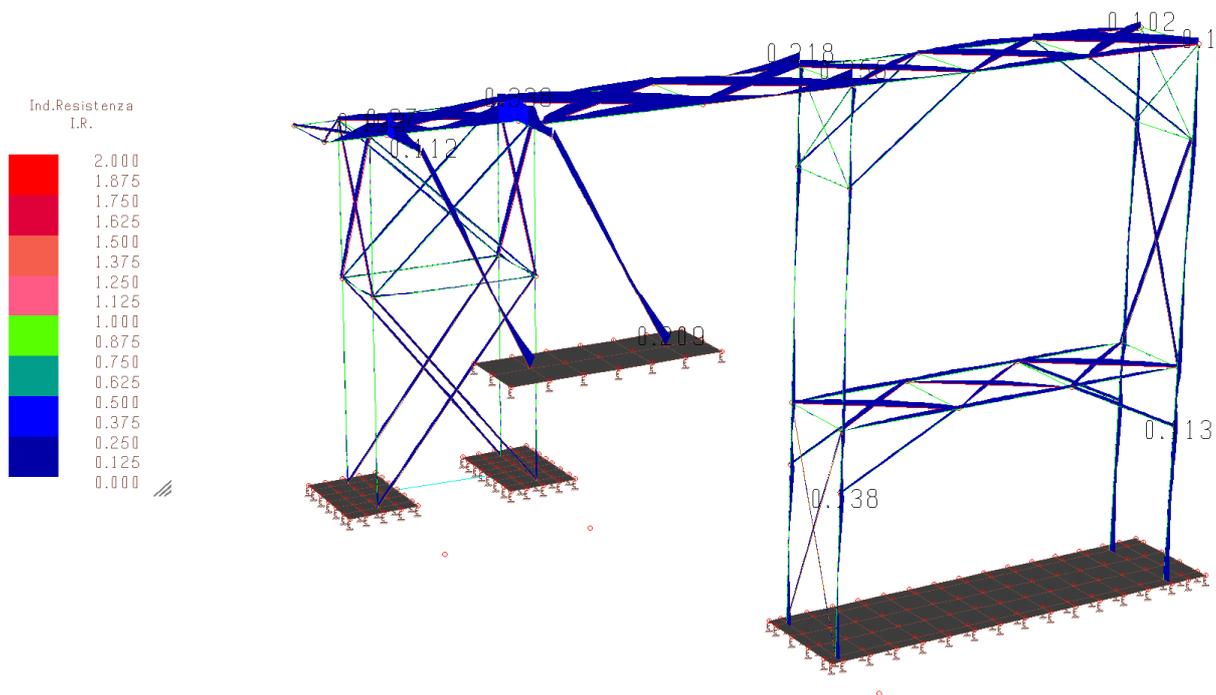
PRESSIONE SUL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE



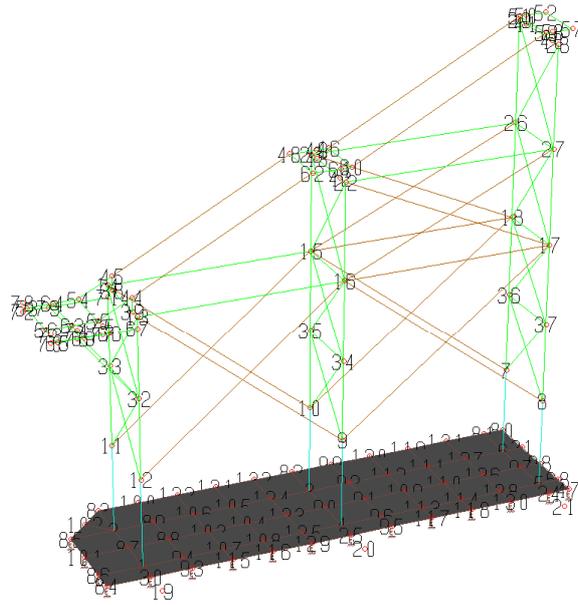
PRESSIONE SUL TERRENO IN CONDIZIONI DINAMICHE



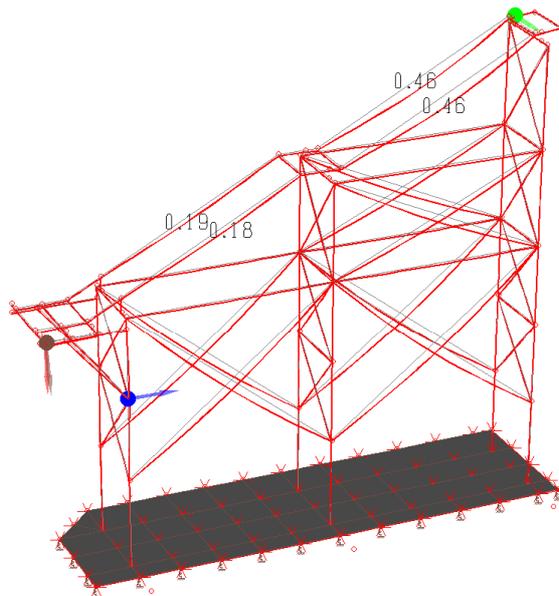
INVILUPPO INDICI DI RESISTENZA



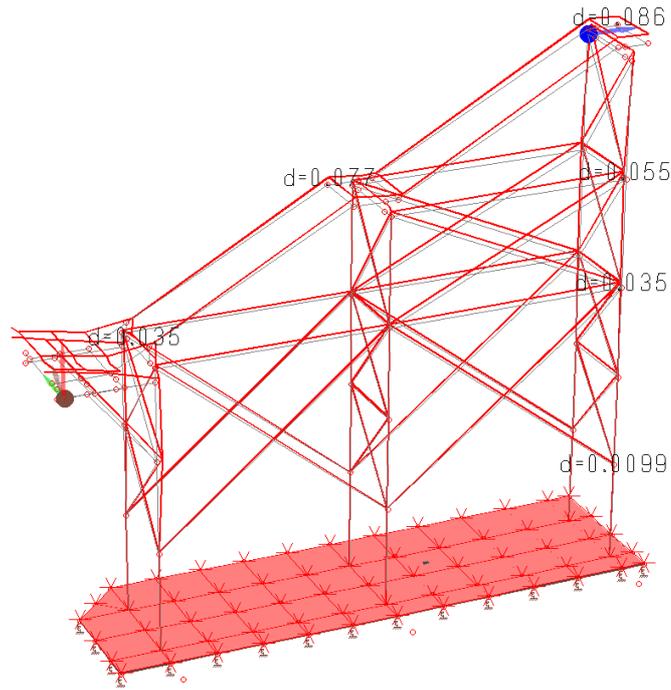
MODELLO CALCOLO



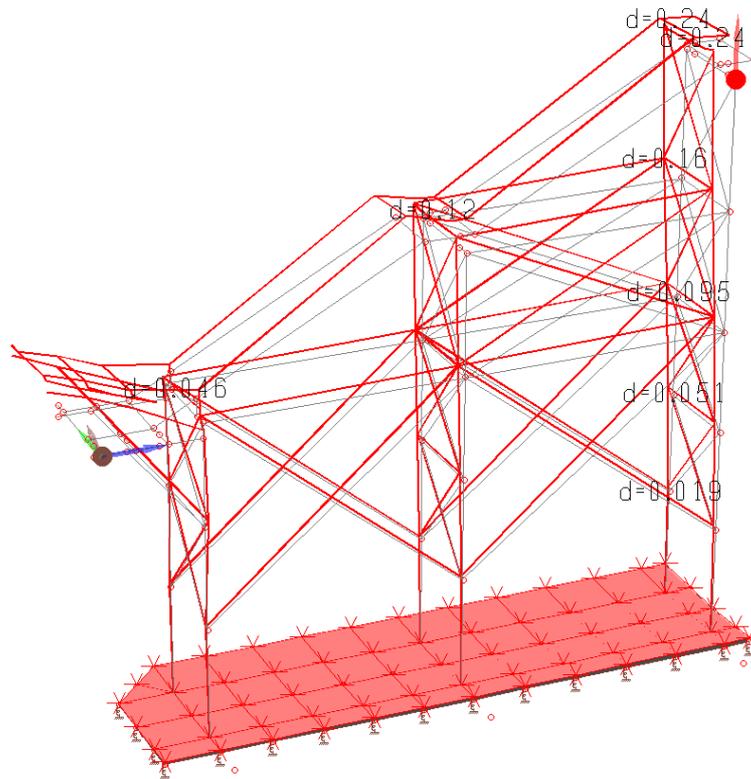
DEFORMATA STATICA



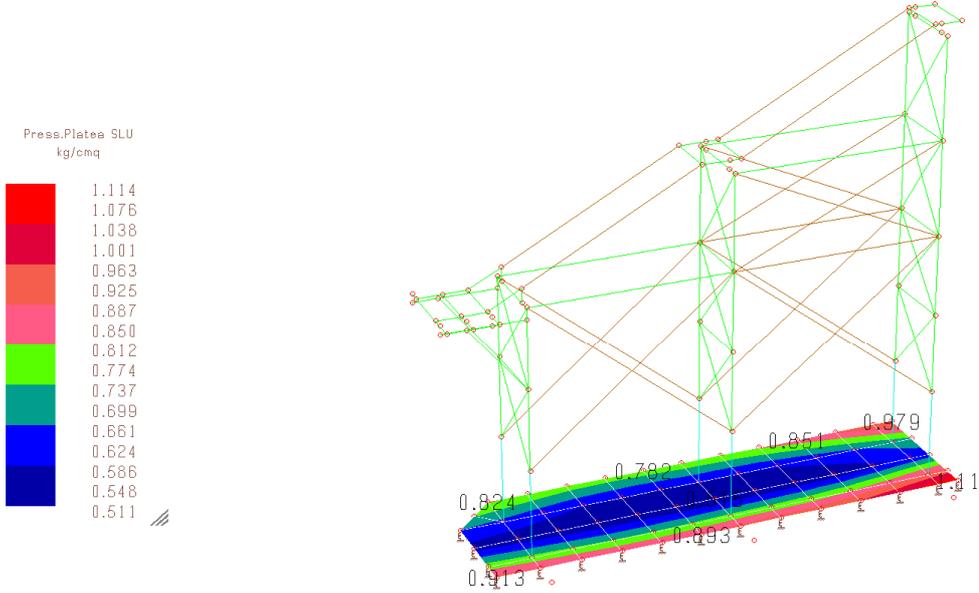
INVILUPPI DINAMICI (EX + Δ EY)



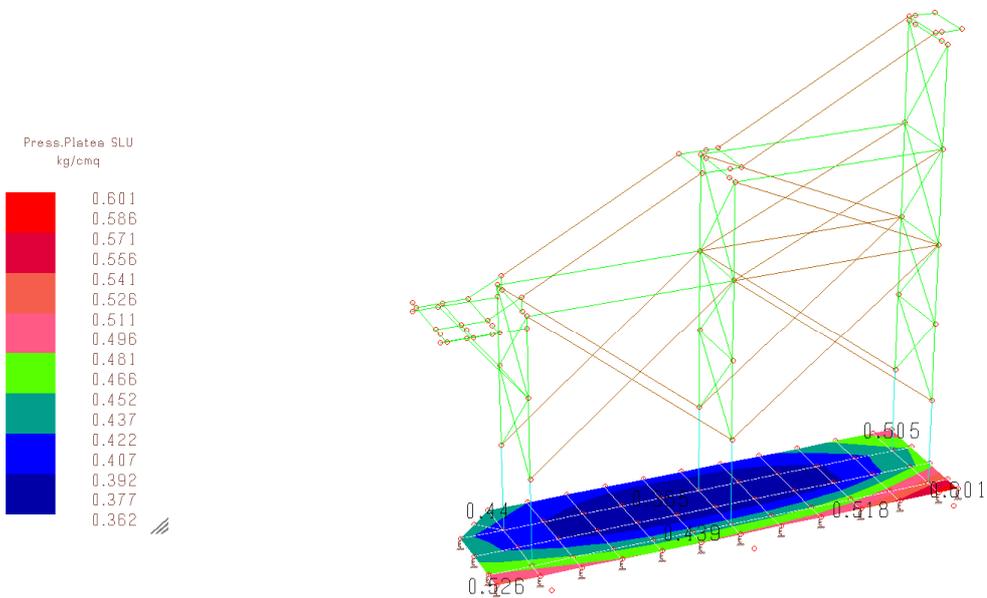
INVILUPPI DINAMICI (EY + Δ EX)



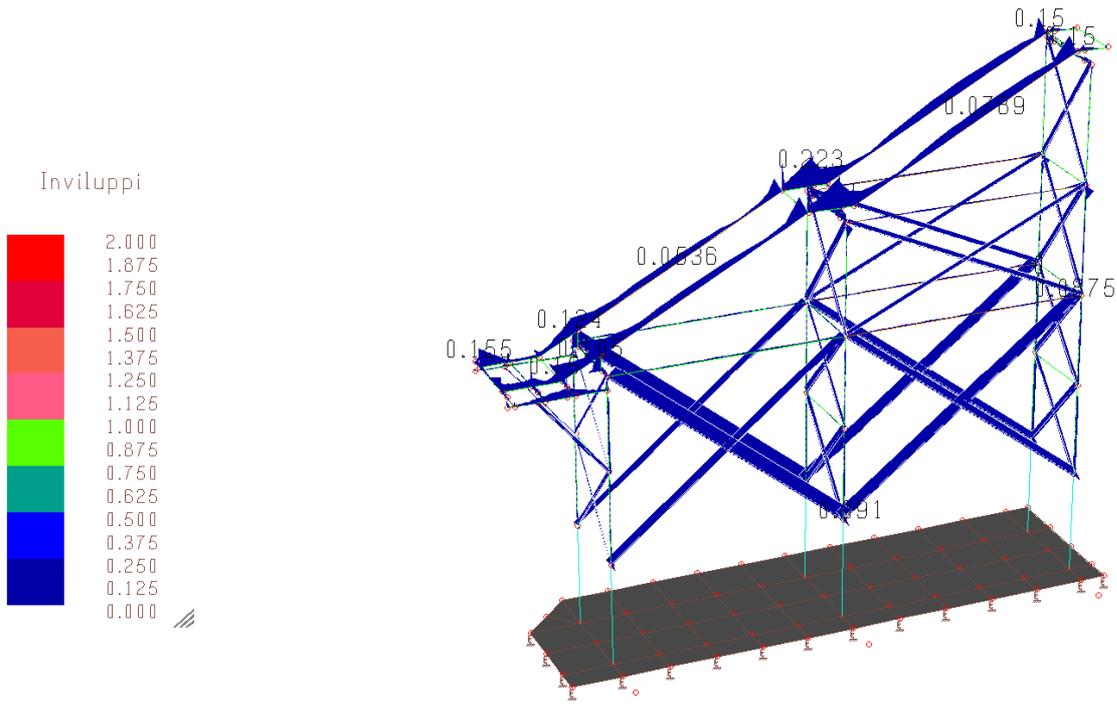
PRESSIONE SUL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE



PRESSIONE SUL TERRENO IN CONDIZIONI DINAMICHE



INVILUPPO INDICI DI RESISTENZA



STATO LIMITE DI DANNO

:: Progetto :: Normativa

Vita nominale costruzione: 50 anni

Classe d'uso costruzione: III

Vita di riferimento: 75 anni

Spettro di risposta: Stato limite di danno SLD

Probabilità superamento periodo riferimento: 63 %

Tempo di ritorno del sisma: 75 anni

Comune: GENOVA Mappa... ...

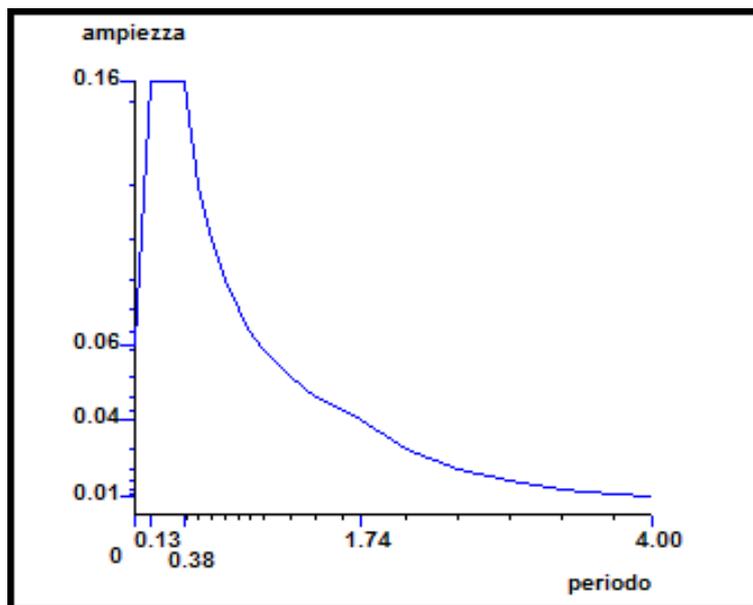
ag/g: 0.036 F0: 2.54 Tc*: 0.22

Categoria suolo: C

Coeff. moltiplicativo sisma: 1

Coefficiente topografico: 1.2

SPETTRO SLD

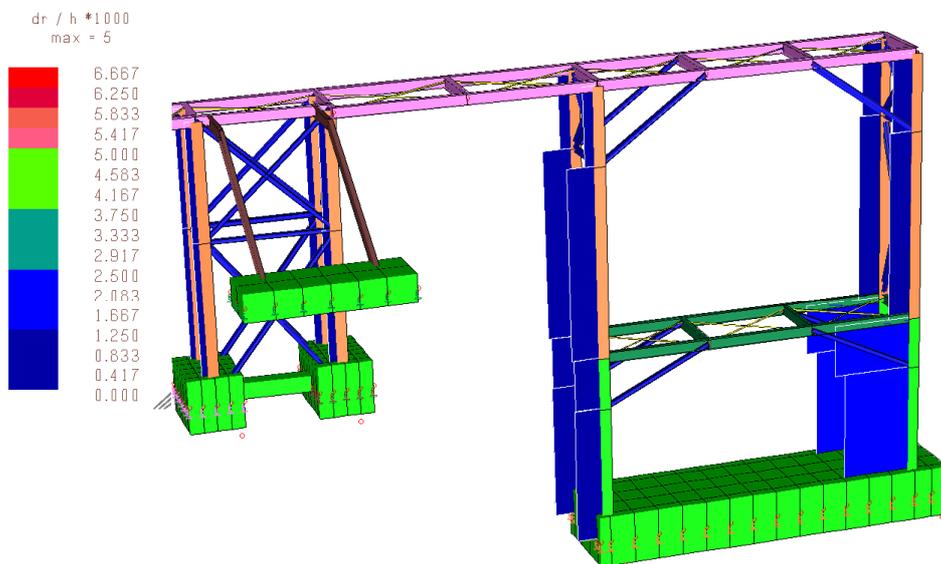


Spettri orizzontali:

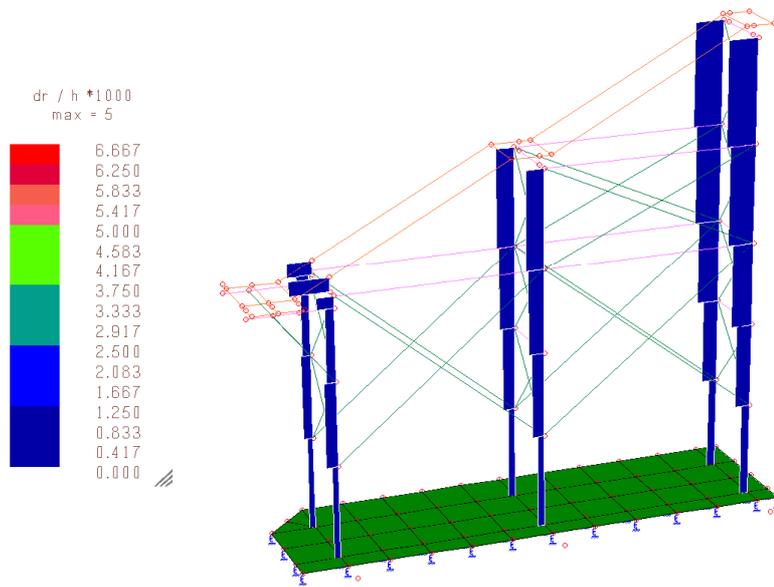
Num.	Periodo	A.sld XY
1	0.000	0.0648
2	0.127	0.1646
3	0.381	0.1646
4	0.400	0.1567
5	0.500	0.1253
6	0.600	0.1044
7	0.700	0.0895
8	0.800	0.0783

9	0.900	0.0696
10	1.000	0.0627
11	1.200	0.0522
12	1.400	0.0448
13	1.600	0.0392
14	1.744	0.0359
15	2.100	0.0248
16	2.500	0.0175
17	2.900	0.0130
18	3.300	0.0100
19	3.700	0.0080
20	4.000	0.0068

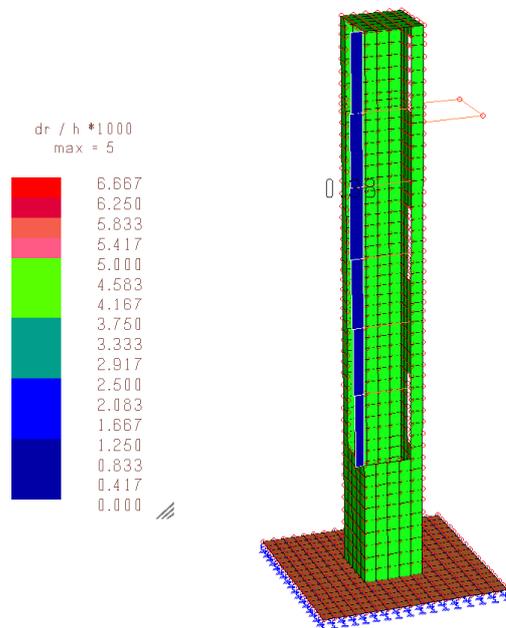
VERIFICA SPOSTAMENTI ALLO SLD



VERIFICA SPOSTAMENTI ALLO SLD



VERIFICA SPOSTAMENTI ALLO SLD



STATO LIMITE DI OPERATIVITA'

:: Progetto :: Normativa

Vita nominale costruzione: 50 anni

Classe d'uso costruzione: III

Vita di riferimento: 75 anni

Spettro di risposta: Stato Limite di Operatività SLO

Probabilità superamento periodo riferimento: 81 %

Tempo di ritorno del sisma: 45 anni

Comune: GENOVA

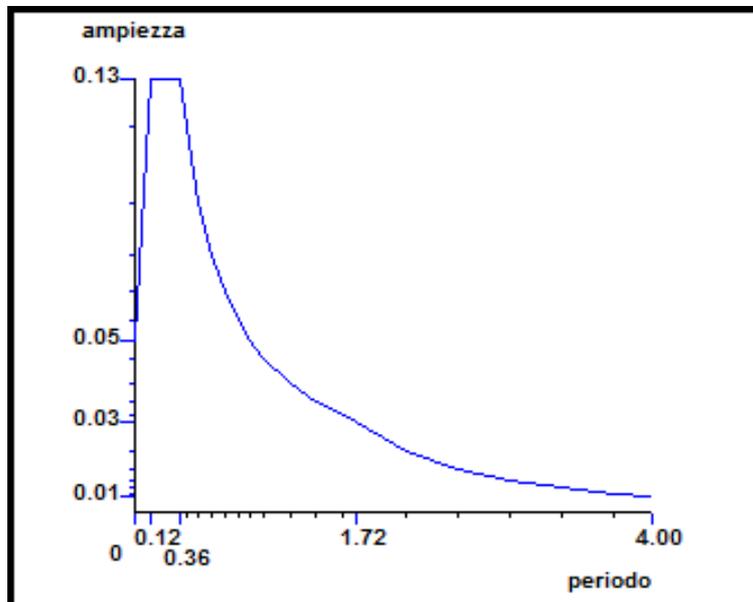
ag/g: 0.029 F0: 2.52 Tc*: 0.2

Categoria suolo: C

Coeff.moltiplicativo sisma: 1

Coefficiente topografico: 1.2

SPETTRO SLO

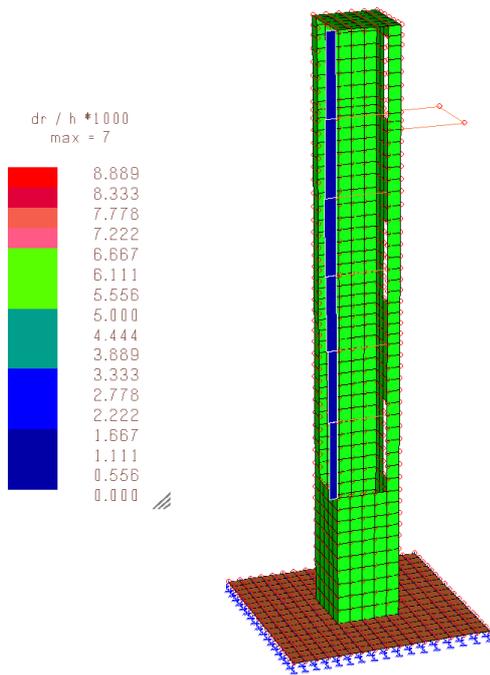


Spettri orizzontali:

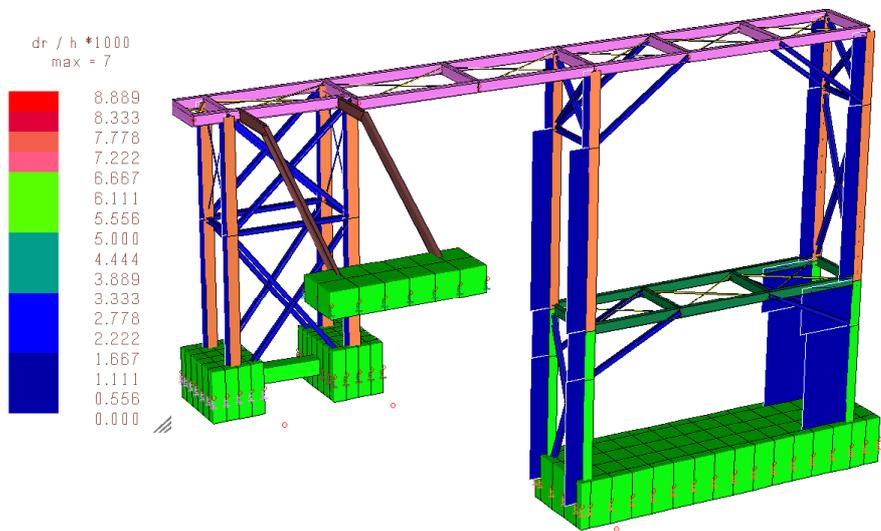
Num.	Periodo	A.sld XY
1	0.000	0.0522
2	0.119	0.1315
3	0.357	0.1315
4	0.400	0.1175

5	0.500	0.0940
6	0.600	0.0783
7	0.700	0.0671
8	0.800	0.0587
9	0.900	0.0522
10	1.000	0.0470
11	1.200	0.0392
12	1.400	0.0336
13	1.600	0.0294
14	1.716	0.0274
15	2.100	0.0183
16	2.500	0.0129
17	2.900	0.0096
18	3.300	0.0074
19	3.700	0.0059
20	4.000	0.0050

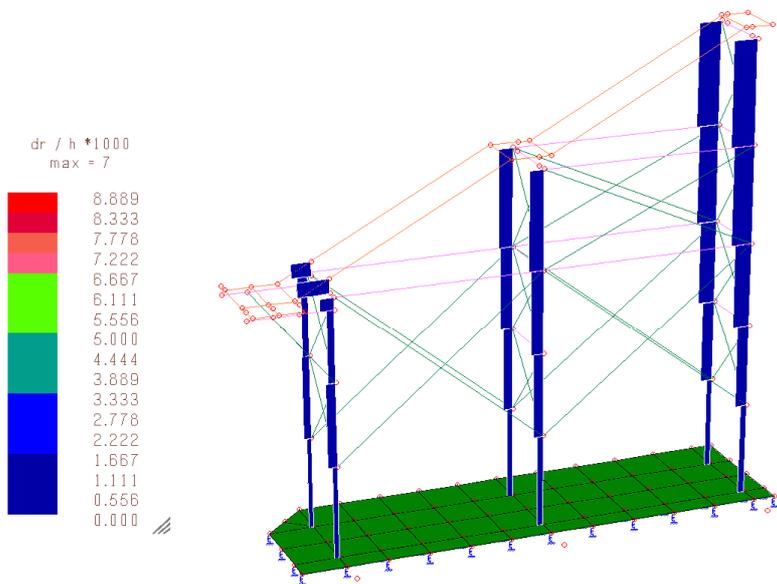
VERIFICA SPOSTAMENTI ALLO SLO



VERIFICA SPOSTAMENTI ALLO SLO



VERIFICA SPOSTAMENTI ALLO SLO



CONCLUSIONI

Dall'esame dei risultati del calcolo eseguito si può concludere che le strutture portanti del vano ascensore, della passerella metallica, della scala esterna e del muro di contenimento così come calcolate soddisfano tutte le verifiche di sicurezza imposte dal D.M. 14/01/2008 sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche.

Crispano, dicembre 2017

Il Tecnico