

DIPARTIMENTO POLITICHE DELLO SVILUPPO RURALE E DELLA PESCA
Servizio Sviluppo della Competitività e Fondo di Solidarietà - DPD018

CONSORZIO DI BONIFICA OVEST - BACINO LIRI GARIGLIANO
AVEZZANO (AQ)

**INTERVENTI STRUTTURALI SULL'IMPIANTO IRRIGUO
DI LUCO DEI MARSÌ MEDIANTE ADEGUAMENTO NORMATIVO
E MESSA IN SICUREZZA TRAMITE LA REALIZZAZIONE DI NUOVE
INFRASTRUTTURE IRRIGUE ED INVESTIMENTI IN
DISPOSITIVI ELETTRONICI E CONTATORI**

PROGETTO ESECUTIVO - CANTIERABILE

Elaborato:

**PROGETTO STRUTTURALE - POZZETTI
RELAZIONE DI CALCOLO**



Progettista :
Dott. Ing. Marco Conte

Geom. Francesco Marzulli

Collaboratori :
Settore Catasto:
Sig.ra Eleonora Viglione
Dott. Alessandro Raschiatore

Settore Tecnico:
Perito Elettronico Francesco Colizza

R.U.P. :
Geom. Filippo Zaurrini

Collaboratori :

Settore Amministrativo:
Dott. Antonio Di Paolo
Rag. Roberto D'Amico

Settore Tecnico:
Geom. Francesco Marcellitti

TAVOLA

S04

Scala: 1: 200.000

Data: Agosto 2021

APPROVAZIONI

COMUNE DI LUCO DEI MARSI
PROVINCIA DI FROSINONE

PROGETTO:

**INTERVENTI STRUTTURALI SULL'IMPIANTO IRRIGUO
DI LUCO DEI MARSI MEDIANTE ADEGUAMENTO
NORMATIVO E MESSA IN SICUREZZA TRAMITE LA
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE IRRIGUE
ED INVESTIMENTI IN DISPOSITIVI ELETTRONICI E
CONTATORI.**

OGGETTO:

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA OVEST – BACINO LIRI GARIGLIANO

PROGETTISTA DELLE STRUTTURE:
ING. MARCO CONTE

DIRETTORE DEI LAVORI



INDICE

1.INTRODUZIONE.....	3
2.CARATTERISTICHE GENERALI	3
3.PERICOLOSA' SISMICA.....	5
Parametri della struttura	5
4.DIAGRAMMI DI RISPOSTA SPETTRALI	6
5.AZIONI SULLE STRUTTURE (DEFINITE DAL PUNTO 2.5.1.3 D.M. 14.01.2018).....	7
6.MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – TIPO DI ANALISI	9
Descrizione del calcolo automatico	9
Unità di misura.....	9
7.DATI DI INPUT	10
8.MATERIALI UTILIZZATI.....	13
9.SEZIONI UTILIZZATE	13
10. CONDIZIONI ASSUNTE PER LE VERIFICHE.....	13
11. VERIFICA AGLI STATI LIMITE.....	14
12. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	14
Informazioni sul codice di calcolo	14
13. MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	15
14. OSSERVAZIONI SULLE FASI ESECUTIVE E SULLA ESECUZIONE DEI LAVORI	19

PREMESSA

Il Consorzio di Bonifica Ovest, per esigenze funzionale delle sue infrastrutture, deve eseguire la realizzazione di pozzetti interrati in cemento armato, a servizio del Completamento funzionale dello schema irriguo esistente, comprensorio Luco Dei Marsi, con nuove infrastrutture irrigue e con investimenti in dispositivi elettronici. Vista l'intensa attività agricola presente nelle zone limitrofe e, considerato il fatto che spesso tale attività richiede l'impiego di mezzi pesanti, si considera un traffico veicolare imposto dal paragrafo 5 delle NTC 2018.

La struttura portante sarà affidata ad una scatola in cemento armato formata da setti verticali e soletta piena orizzontale come chiusura superiore, mentre inferiormente la chiusura sarà affidata ad una piastra in cemento armato dello spessore di 30 cm.

1. INTRODUZIONE

Con la presente relazione tecnica strutturale, il progettista intende riportare una sintetica descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, nonché un sunto riepilogativo delle verifiche. In particolare, oltre a illustrare in modo esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini:

per i dati in ingresso:

- modello solido della struttura
- numerazione di nodi e ed elementi
- configurazioni di carico statiche

per le combinazioni più significative (statisticamente più gravose per la struttura)

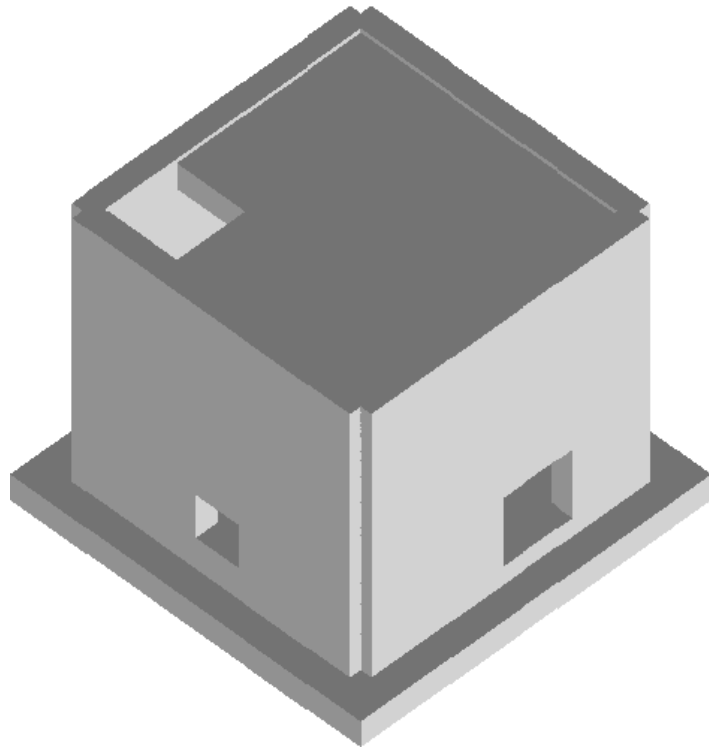
- mappe delle tensioni
- reazioni vincolari
- mappe delle pressioni sul terreno

per il progetto-verifica degli elementi

- percentuali di sfruttamento
- verifica di uno o più elementi strutturali significativi, con metodo alternativo al software

2. CARATTERISTICHE GENERALI

La struttura oggetto della presente relazione ha la struttura portante in cemento armato e rispetta i requisiti di regolarità in pianta ed in altezza. La struttura è realizzata a pareti accoppiate ad un piano e verrà adibita come pozzetto interrato per il contenimento di sottoservizi. La struttura scatolare scarica i pesi a terra tramite una platea.



a)



b)



c)

SCHEMA DELLA STRUTTURA DA REALIZZARE: a) Vista tridimensionale; b) Vista frontale; c) Vista Assonometria 2.

3. PERICOLOSITA' SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione). L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

- a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
II	50.0	1.0	50.0	C	T1

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.5)

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale

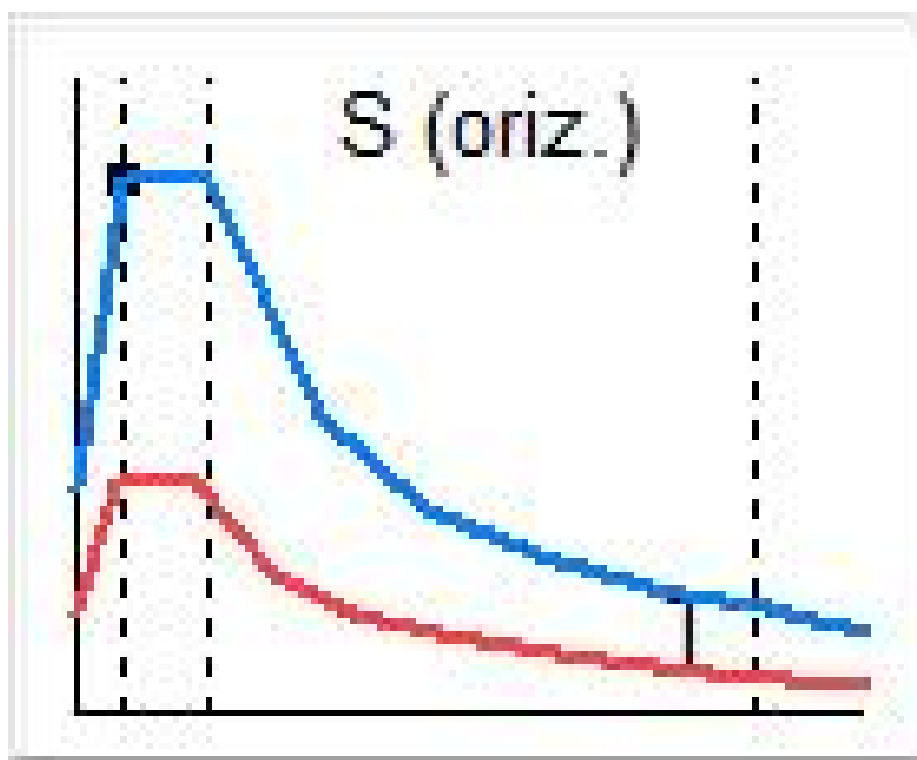
T_b è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

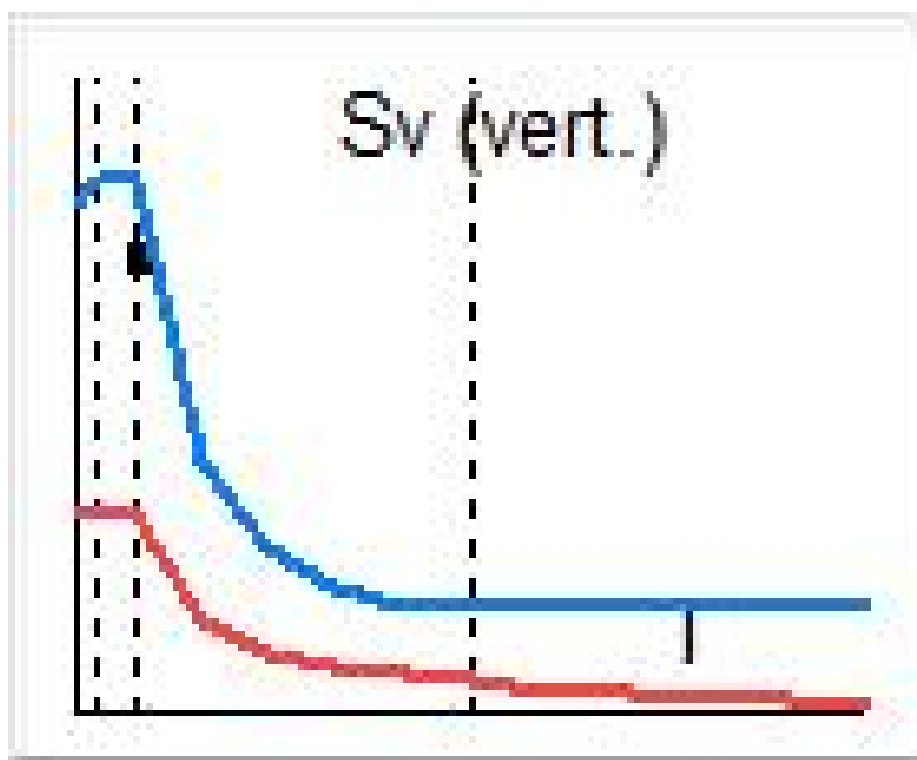
T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

4. DIAGRAMMI DI RISPOSTA SPETTRALI

Spettro di risposta orizzontale



Spettro di risposta verticale



5. AZIONI SULLE STRUTTURE (DEFINITE DAL PUNTO 2.5.1.3 D.M. 14.01.2018)

CALCOLO ANALISI DEI CARICHI

Terreno di copertura

Lo strato terreno di copertura del pozzetto si ipotizza essere pari a 40 cm per un carico complessivo pari a

G2

Carichi permanenti definiti portati

- TERRENO

$$= \frac{810,00 \text{ daN/m}^2}{G2k = 810,00 \text{ daN/m}^2}$$

Carico veicolare Variabile 5.1.3.3 NTC 2018

Il traffico veicolare che si considera per un pozzetto interrato è quello di un mezzo agricolo. Tale carico può essere ricondotto al carico utilizzato per i ponti.

Con riferimento alle figure sotto riportate (estratte dalle NTC 2018), si considera la strada d'interesse ad una sola corsia, vista la larghezza carrabile $W=4,40$ m.

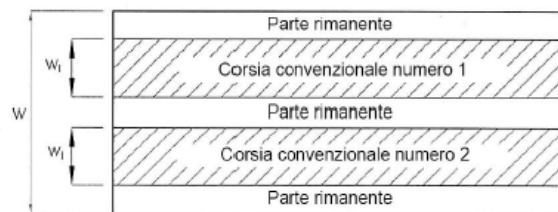
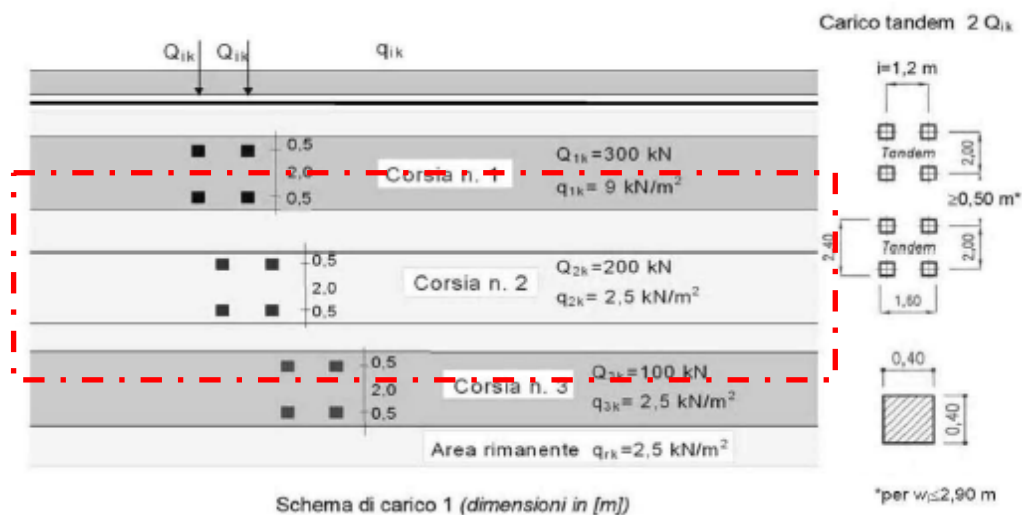


Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

Tab. 5.1.1 - Numero e larghezza delle corsie

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_l = 1$	3,00	$(w - 3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

Per la Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose, con riferimento al paragrafo 5.1.3.3.5 delle NTC 2018 e alla seguente figura e tabella



Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Quindi si considerano carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato nella figura precedente. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

- CARICO TANDEM
 - Carico per asse 400,00 kN;
 - Carico per ruota 20000,00 daN;
 - Impronta per ruota 40x40 cm;
 - Pressione Impronta 9,52 daN / cm²
- CARICO NASTRIFORME
 - Carico distribuito 0,025 daN/cm²

Calcolo SPINTA TERRENO PARETI IN C.A.

Pressione iniziale

- Automobile $P_{ai} = 350,00 \text{ daN/m}^2$

Calcolo coefficiente di riduzione – angolo d'attrito

$$\Lambda = 1 - \sin(\varphi) = 1 - \sin(23,50) = 0,60$$

Calcolo pressione finale terreno

$$h = \text{altezza terreno} = 3,03 \text{ m}$$

$$P_{tf} = (\gamma \times h) \times \Lambda = (2020,00 \times 3,03) \times 0,60 = 3.672,36 \text{ kg/m}^2$$

Calcolo pressione finale automobile

$$P_{af} = P_{ai} \times \Lambda = 350,00 \times 0,60 = 210,00 \text{ kg/m}^2$$

Calcolo pressione finale

$$PF = P_{tf} + P_{af} = 3.672,36 + 210,00 \sim 3.900,00 \text{ kg/m}^2$$

Calcolo SPINTA IDROSTATICA PLATEA DI FONDAZIONE.

- Altezza di immersione nella falda $H_{if} = \text{quota imposta fondazione} - \text{quota falda} = 0,70 \text{ m}$;
- Densità dell'acqua $\rho = 1000,00 \text{ daN/m}^3$;
- Accelerazione di gravità $g = 9,71 \text{ m/sec}^2$;
- Impronta del corpo immerso $A_{imp} = 5,40 \times 7,60 = 41,04 \text{ m}^2$;

Pressione idrostatica $P_{id} = \rho \times g \times H_{if}$

6. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – TIPO DI ANALISI

La struttura è stata schematizzata rispettando le effettive geometrie dei pilastri e delle capriate, quali elementi della struttura spaziale, soggetti a carichi verticali ed a forze orizzontali di origine sismica.

I carichi (verticali ed orizzontali) sono stati determinati applicando le vigenti norme tecniche eseguendo un'ANALISI DINAMICA MODALE (LINEARE), associata allo spettro di risposta di progetto, considerando 45 modi di vibrazione, che hanno permesso di eccitare una massa > 85 % in tutte e tre le direzioni: X-X 99,99%; Y-Y 99,93%, Z-Z 100,00%.

Le fondazioni, sono costituite da plinti in C.A. posti ai piedi di ogni pilastro, vincolati al terreno con legame di incastro.

Le strutture sono state modellate agli elementi finiti ed esaminate nelle varie condizioni di carico previste dalla normativa richiamata.

Le condizioni di vincolo sono evidenziate, elemento per elemento, nella parte di elaborato riportante i dati di ingresso del calcolo automatico.

Procedure di calcolo

Le caratteristiche delle sollecitazioni, le armature e le verifiche degli elementi strutturali, sia in elevazione che in fondazione, sono state determinate utilizzando un elaboratore elettronico basato su processore INTEL impiegando programmi di calcolo automatici.

Il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture e le verifiche sono state condotte considerando il comportamento a telaio spaziale e adottando la procedura "Pro_Sap" prodotta dalla "2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l. di Ferrara; la versione adottata è la RY 2011 (c).

La procedura, in grafica interattiva, effettua automaticamente l'analisi dei carichi gli elementi strutturali dovuti a peso proprio, alle maglie di solaio ed ai carichi esterni imposti, esegue l'analisi sismica dinamica associata allo spettro di risposta di progetto, secondo la normativa italiana ed utilizza come solutore il codice di calcolo E-SAP fornito dalla stessa 2S.I.

La procedura è stata integrata, ove necessario, con alcuni programmi di servizio derivati da altre procedure o general purpose, oltre che con calcoli manuali.

Il confronto con soluzioni note e risultati ottenuti con procedimenti indipendenti garantisce l'affidabilità dei codici di calcolo adottati, i cui risultati salienti, intermedi e finali, sono stati comunque oggetto di controllo ed analisi sistematici da parte del progettista.

Le schematizzazioni adottate si sono dimostrate compatibili con i risultati ottenuti.

Descrizione del calcolo automatico

Nel calcolo automatico sono state adottate le procedure e le convenzioni di seguito descritte.

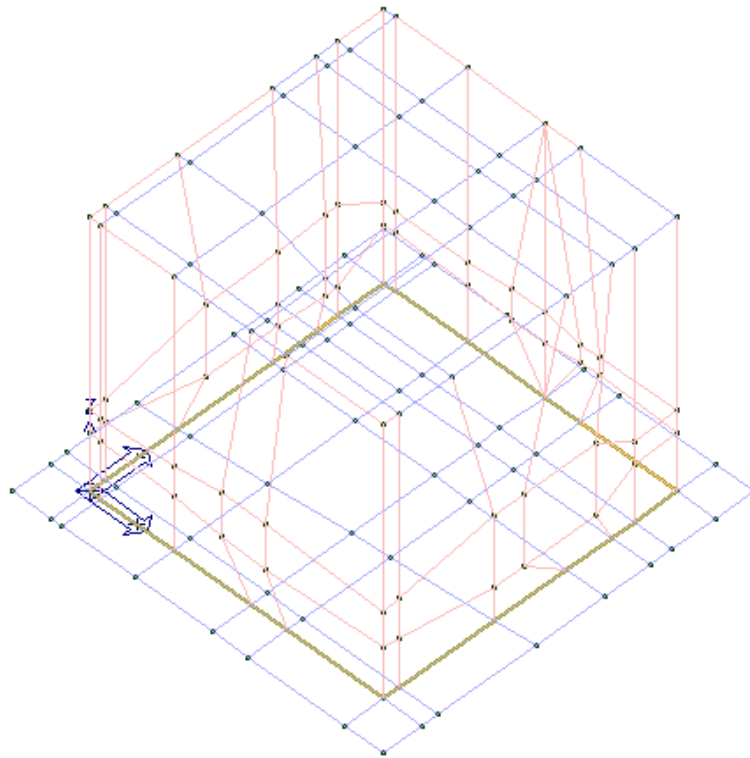
Unità di misura

Dove non diversamente specificato le unità di misura adottate sono le seguenti:

lunghezze	: centimetri
masse	: chilogrammi massa
forze	: chilogrammi forza
angoli	: gradi sessadecimali

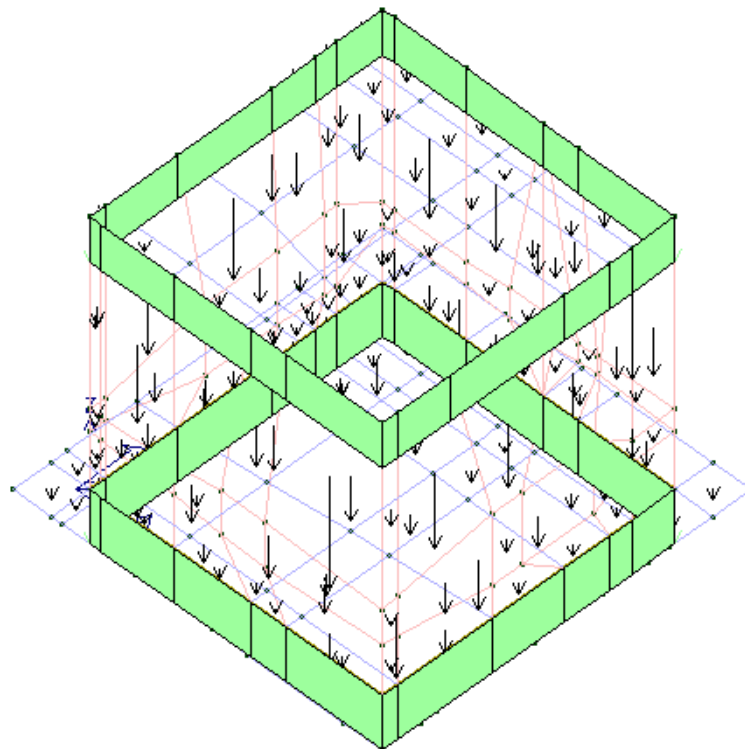
7. DATI DI INPUT

MODELLO NUMERICO DELLA STRUTTURA

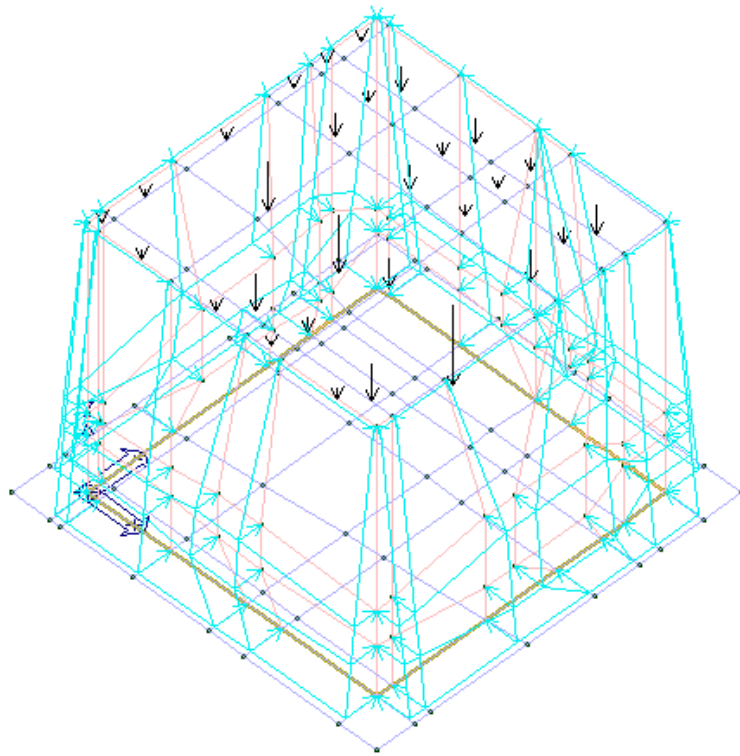


Modello numerico della struttura: nodi-solai-elemntiD2

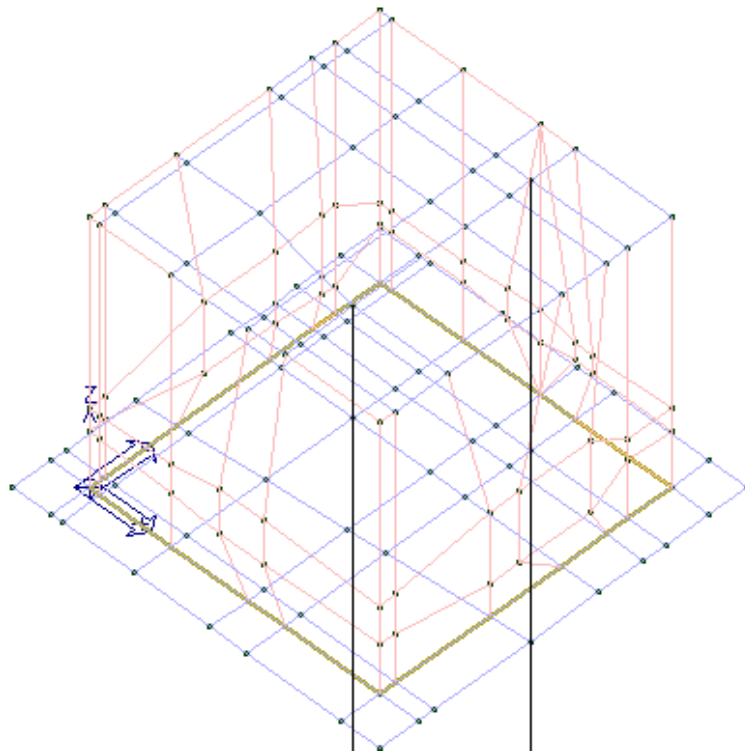
CONFIGURAZIONE STATICHE DEI CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA



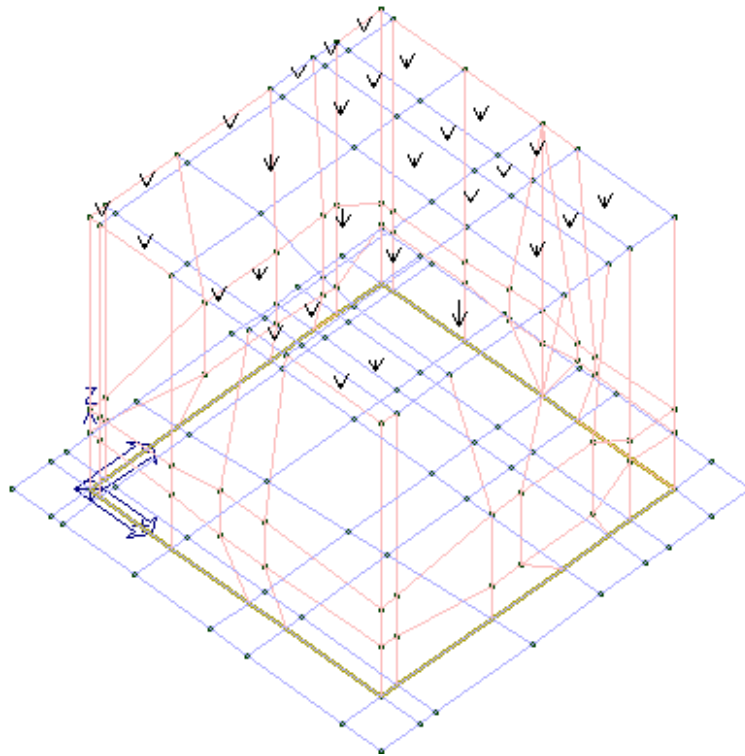
Peso proprio della struttura



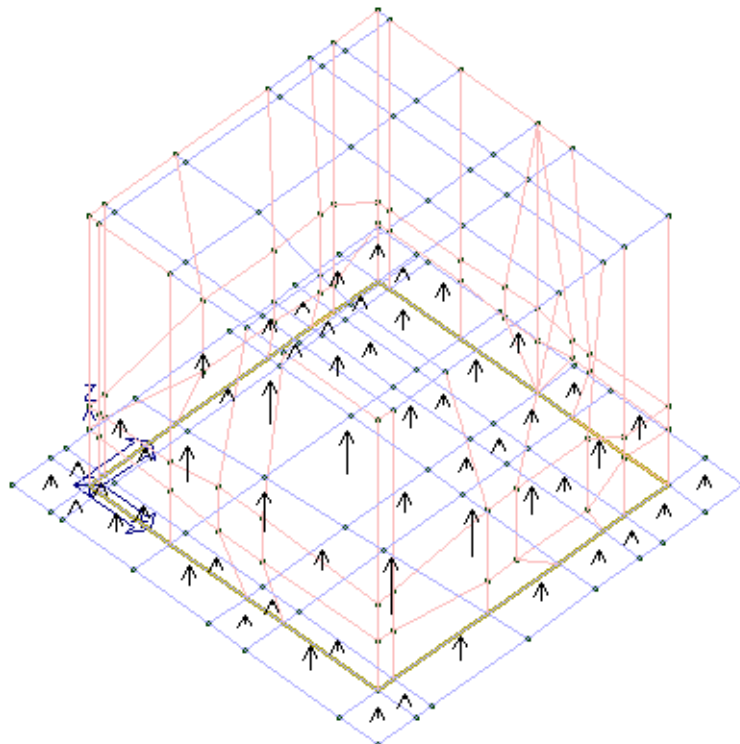
Carichi permanenti G2: pacchetto stradale + terreno



Carichi Variabile: TANDEM



Carico variabile Distribuito



Spinta Idrostatica

8. MATERIALI UTILIZZATI

Di seguito si riporta la tabella relativa ai materiali utilizzati per la modellazione della struttura.

Id	Tipo / Note	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa
		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ³	
3	Calcestruzzo Classe C28/35	3.260e+05	0.12	1.455e+05	2.50e-03	1.00e-05
	Rck	350.0				
	fctm	28.4				

9. SEZIONI UTILIZZATE

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidezza
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

Tabella delle sezioni utilizzate

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm ²	cm ²	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³
14	Rettangolare: b=25.00 h=40.00	1000.00	833.33	833.33	1.263e+05	5.208e+04	1.333e+05	4166.67	6666.67	6250.00	1.000e+04
18	Rettangolare: b=40.00 h=30.00	1200.00	1000.00	1000.00	1.946e+05	1.600e+05	9.000e+04	8000.00	6000.00	1.200e+04	9000.00

10. CONDIZIONI ASSUNTE PER LE VERIFICHE

COMBINAZIONI ASSUNTE PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO:

SLE Combinazione caratteristica (rara)	SI
SLE Combinazione frequente	SI
SLE Combinazione quasi permanente	SI

COMBINAZIONI ASSUNTE PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA:

SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLD	SI
SLO	NO

Nelle combinazioni assunte per le verifiche allo stato limite, non sono presenti le combinazioni riguardante lo stato limite operativo, in quanto la struttura non svolge un ruolo strategico o di rilevata importanza in caso di emergenza.

11. VERIFICA AGLI STATI LIMITE

I calcoli sono stati dedotti con una massa partecipante maggiore del 85%.

VERIFICHE STRUTTURALI PRINCIPALI

VERIFICA SLO	NO
VERIFICA SLV	SI (vedi Tabulati di calcolo)
VERIFICA SLU	SI
TIPO DI ANALISI SVOLTA	ANALISI DINAMICA LINEARE

12. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

La relazione di calcolo ed i tabulati riportano i dati relativi ai criteri di progettazione, alla geometria, alla meccanica della struttura nonché i relativi risultati dei calcoli strutturali così come ricavati dal calcolatore elettronico tramite l'utilizzo del Software 'PRO_SAP' prodotto e distribuito da 2S.I. che ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

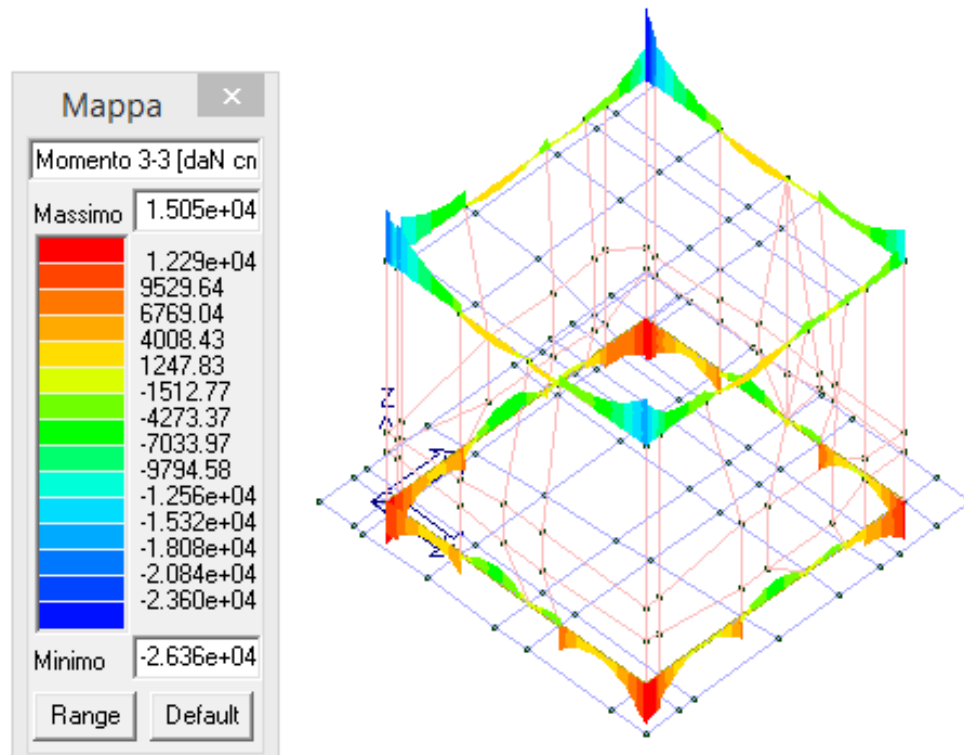
Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>

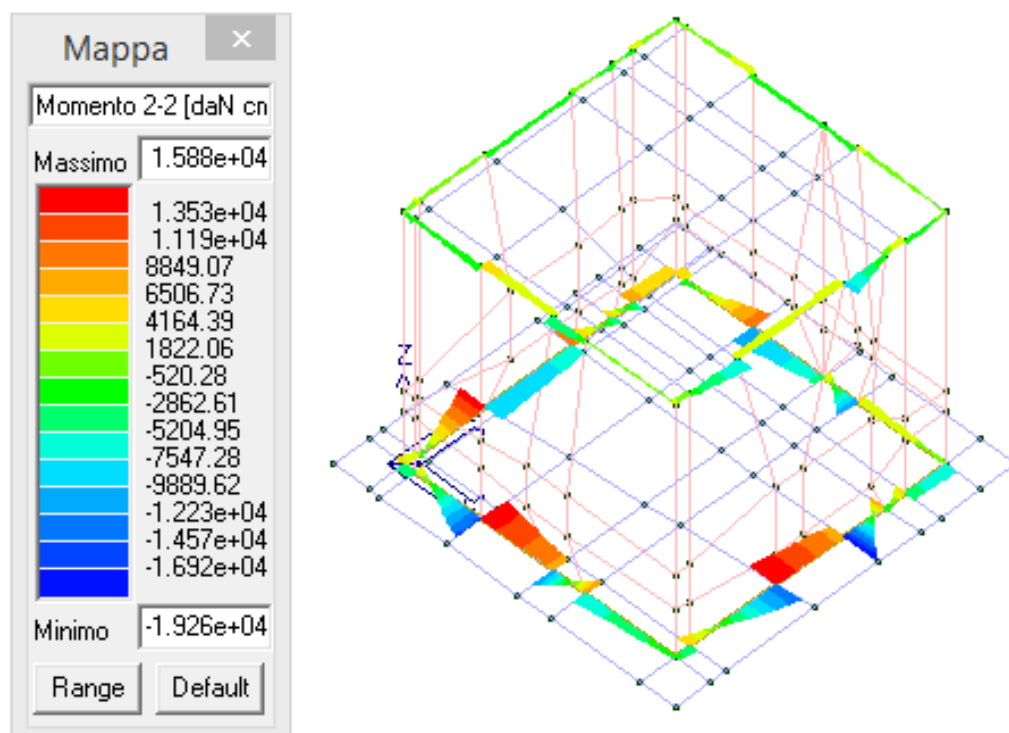
Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	E-TIME
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	E-TIME

13. MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

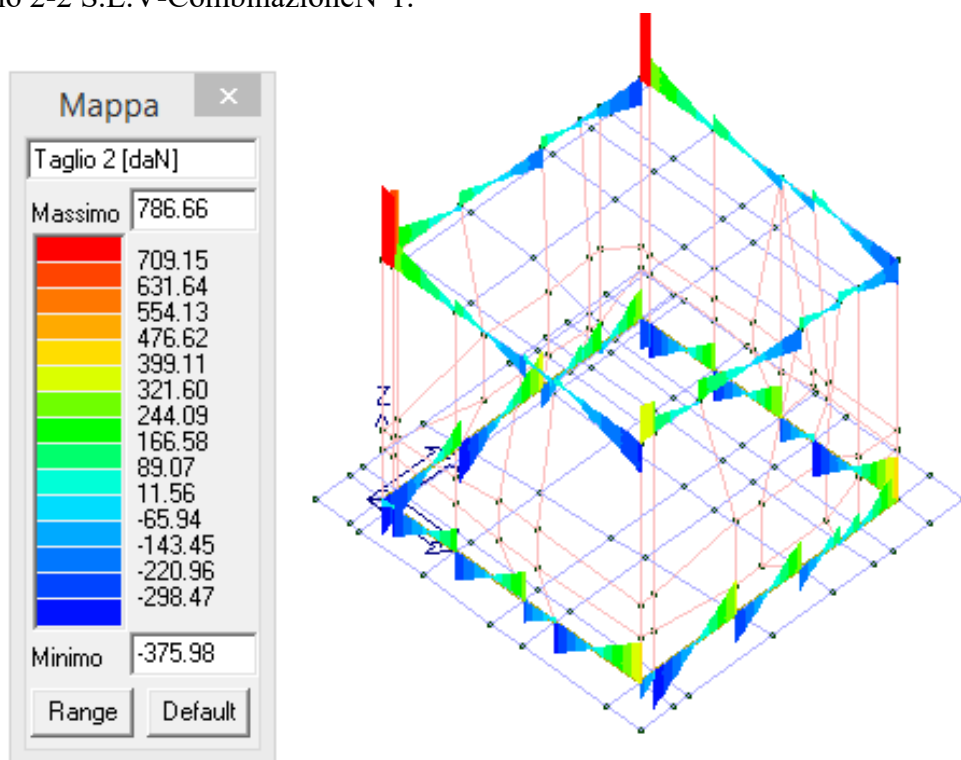
Momento flettente 3-3 S.L.V-CominazioneN°1.



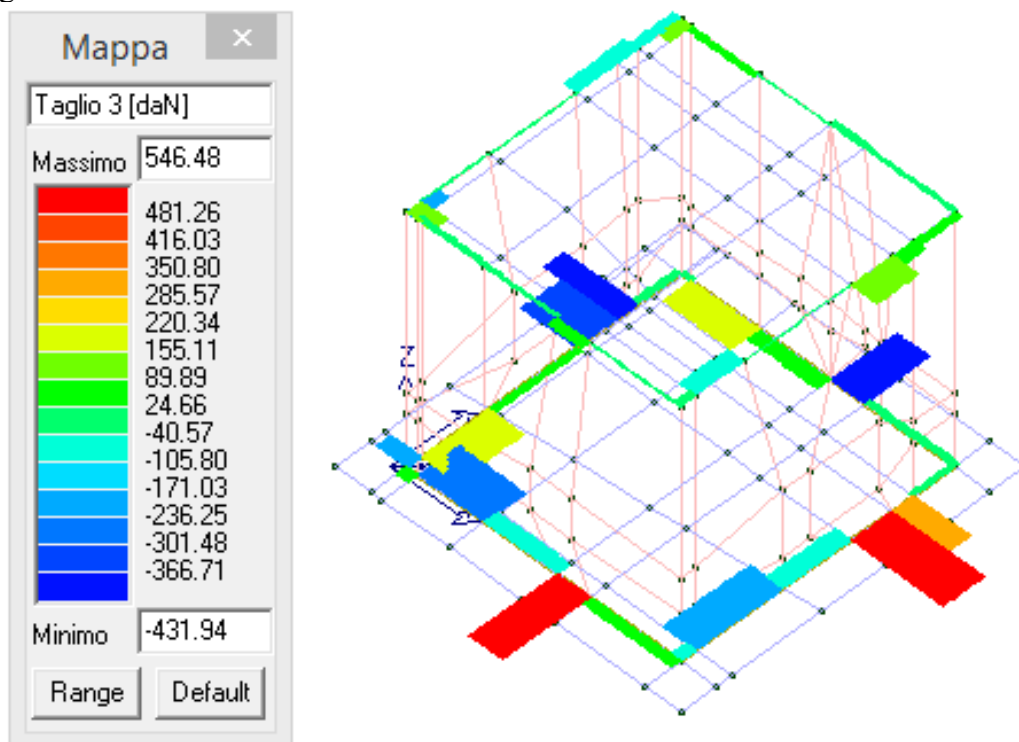
Momento flettente 2-2 S.L.V-CominazioneN°1.



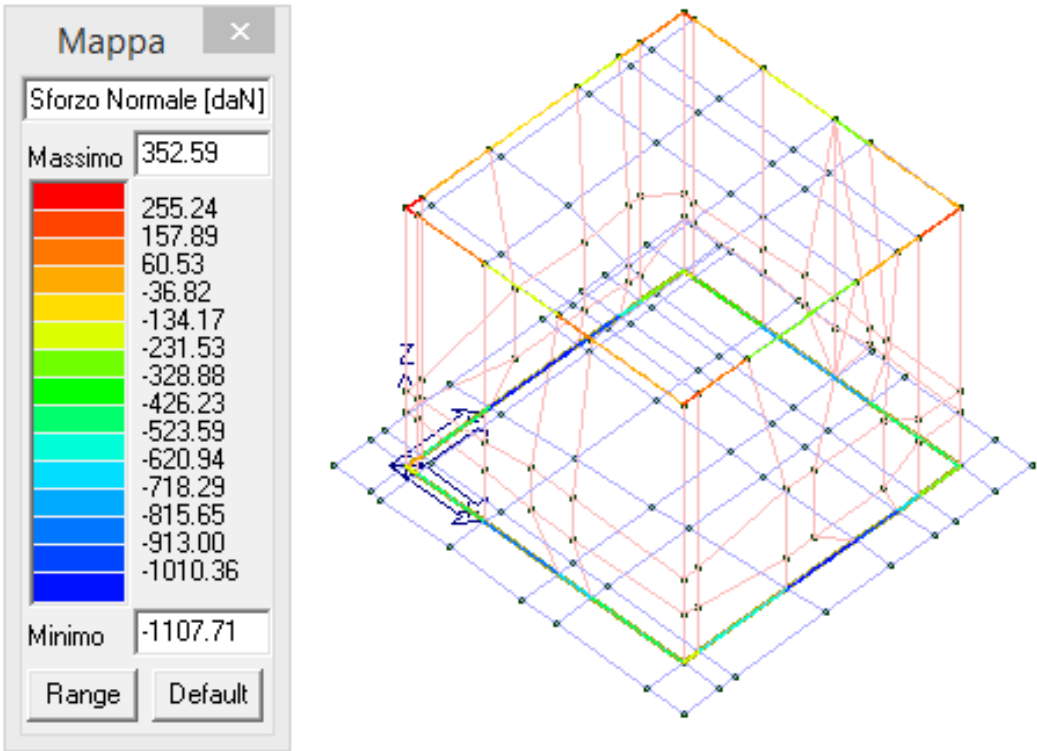
Taglio 2-2 S.L.V-CombinazioneN°1.



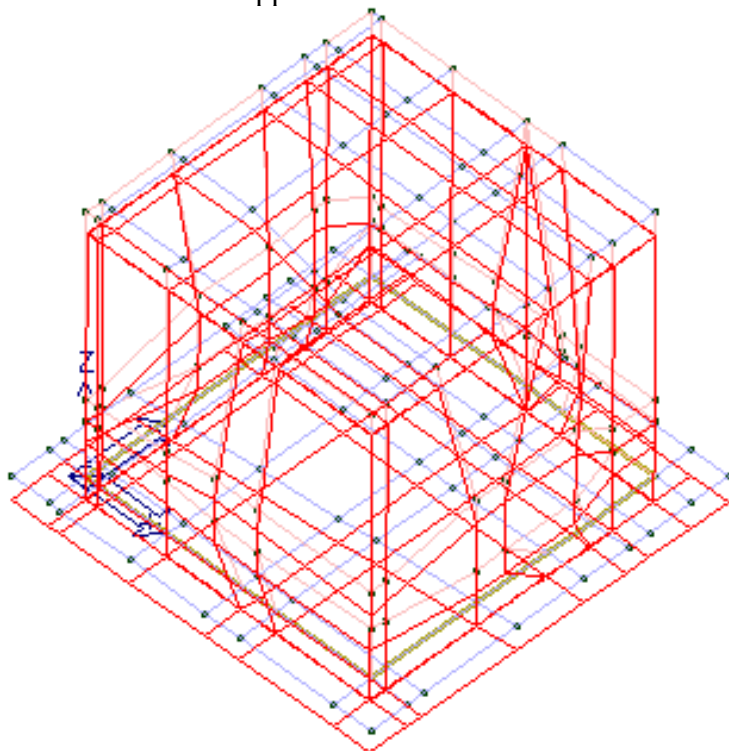
Taglio 3-3 S.L.V-CombinazioneN°1.



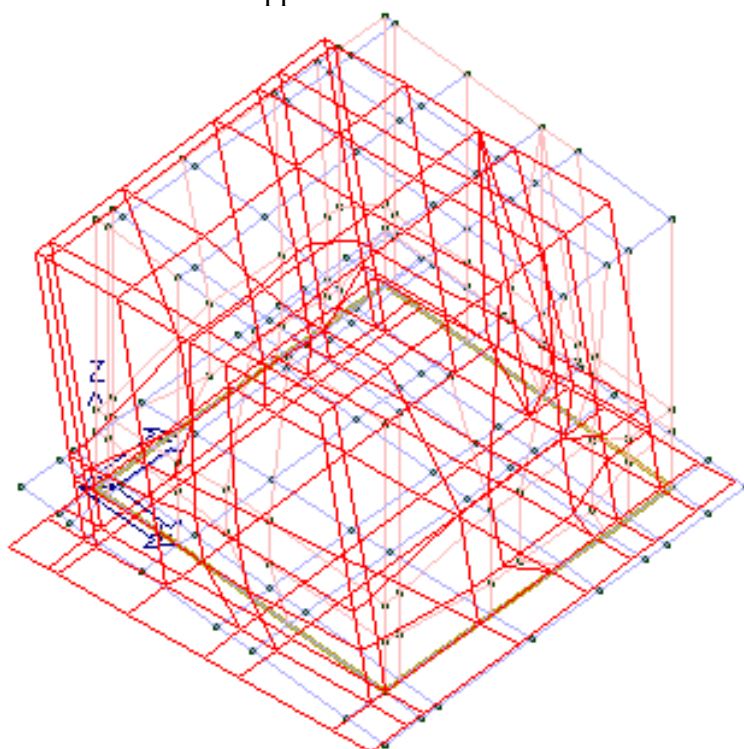
Sforzo Normale S.L.V-CombinazioneN°1.



Inviluppo della Deformata S.L.U.



Inviluppo della Deformata S.L.E.



14. OSSERVAZIONI SULLE FASI ESECUTIVE E SULLA ESECUZIONE DEI LAVORI

Durante l'esecuzione dell'intervento previsto, dovranno essere previsti tutti gli apprestamenti necessari per la messa in sicurezza delle strutture in corso di consolidamento.

Ciò potrà essere fatto con i ricorso a strutture metalliche in tubolari (tipo tubi innocenti) da installare "ad hoc" per il sostegno delle pareti nel momento della loro ripulitura e prima del consolidamento vero e proprio ed in considerazione dell'organizzazione dei lavori da parte dell'impresa esecutrice.

Dovrà quindi a cura dell'impresa e del D.LL. essere stabilito un piano di intervento anche ai fini della sicurezza .

Si sottolinea, infine la necessità del rispetto della regola dell'arte nella esecuzione dei particolari costruttivi previsti, la cura nella scelta dei materiali da utilizzare sia per le bonifiche della muratura sia per la sostituzione degli altri elementi strutturali (legno dei solai, acciaio degli architravi, cemento dei cordoli e caldana, ecc.),.

Da tale attenzione scaturisce la reale portata dell'intervento posto in opera.

Il progettista strutturale

