

REGIONE PUGLIA

P.O. FESR 2007/2013

Asse VI - Competitività dei sistemi produttivi ed occupazione
Azione 6.2.2 - Iniziative per "Interventi volti a migliorare l'efficienza gestionale dei sistemi infrastrutturali delle aree di insediamento industriale di competenza dei consorzi per le aree di sviluppo industriale"



Area grandi medie industrie

PROGETTO ESECUTIVO

Impianto fognante

TITOLO:	TAVOLA n°
<i>RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE IN C.A.</i>	R 03a

PROGETTISTA: Ing. Carroccia Giancarlo
RUP: geom. Vettore Mario

0	Emissione	Ottobre 2012
Rev.	Descrizione	Data

INDICE

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO.....	2
2. LE CARATTERISTICHE DEL SITO DI FABBRICA	5
3. TIPO E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	8
3.1. Calcestruzzo	8
3.2. Acciaio per C.A.	11
4. LE AZIONI APPLICATE ALLA STRUTTURA	12
4.1. Carichi permanenti e pesi propri:	12
4.2. Carichi variabili	12
4.3. Azioni sulle pareti	12
4.4. AZIONI SISMICHE.....	12
5. PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITÀ.....	15
6. CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE.....	16
7. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	18
7.1. Struttura	18
7.2. Carichi e sovraccarichi	18
7.3. Terreni e fondazioni	18
8. CRITERI PER LA MISURA DELLA SICUREZZA	19
9. SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI, CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO 20	
10. COMBINAZIONI DI CARICO	21
11. METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI.....	27
12. PRESENTAZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE E SUE PROPRIETÀ.....	28
12.1. I nodi.....	28
12.2. I materiali	28
12.3. I carichi.....	29
12.4. Elemento shell	29
12.5. Elemento boundary.....	30
13. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE.....	31
13.1. Deformate.....	31
13.2. Gusci.....	33
14. VERIFICHE DI SICUREZZA DEGLI ELEMENTI	41
15. VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ	47
16. INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO	48

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO

La presente relazione riguarda la progettazione preliminare delle vasche costituenti l'impianto di depurazione della fogna nera da realizzarsi all'interno dell'area "Grandi Industrie" del consorzio ASI di Taranto.

Il progetto prevede la realizzazione di quattro tipologie di vasche interamente interrate di dimensioni pari a:

- ✓ vasca 1: 2,82 m x 2,50 m x 2,50 m
- ✓ vasca 2: 2,50 m x 2,50 m x 5,00 m
- ✓ vasca 3: 2,50 m x 5,75 m x 2,75 m
- ✓ vasca 4: 2,50 m x 3,25 m x 2,75 m

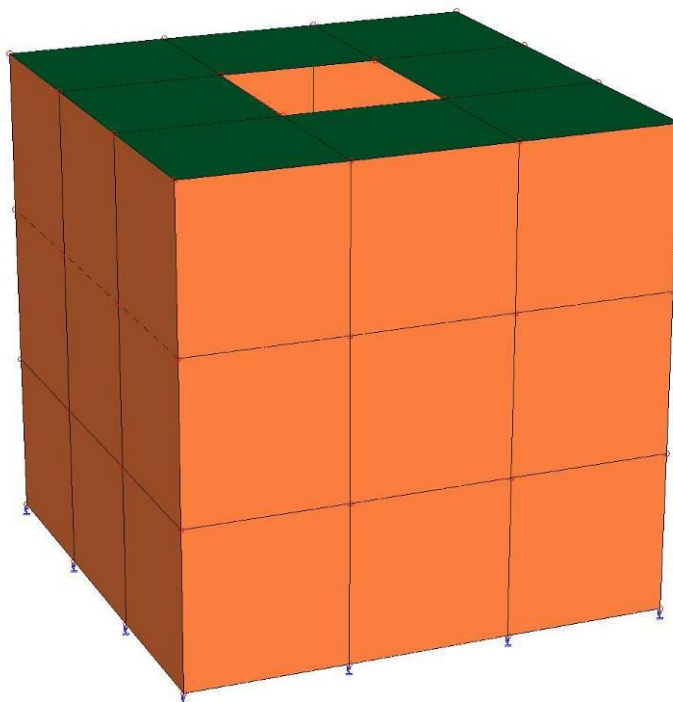


Figura 1: Vasca 1

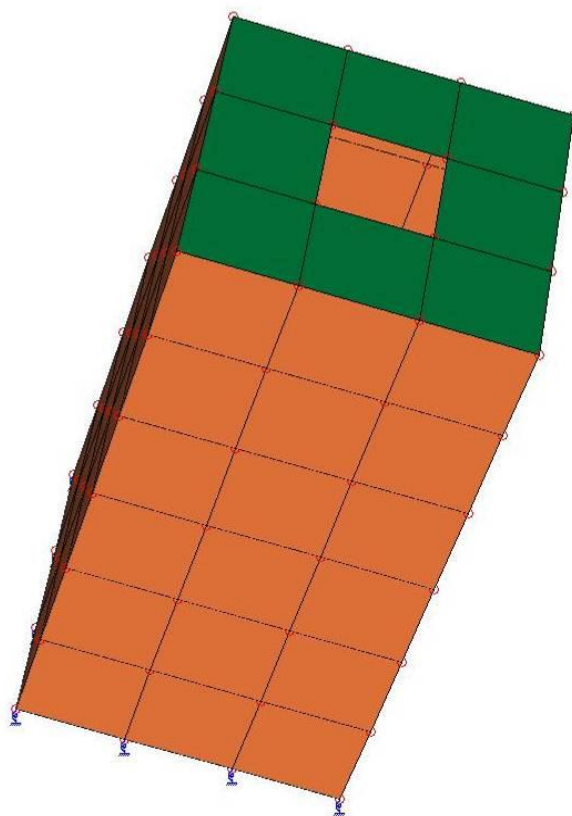


Figura 2: Vasca 2

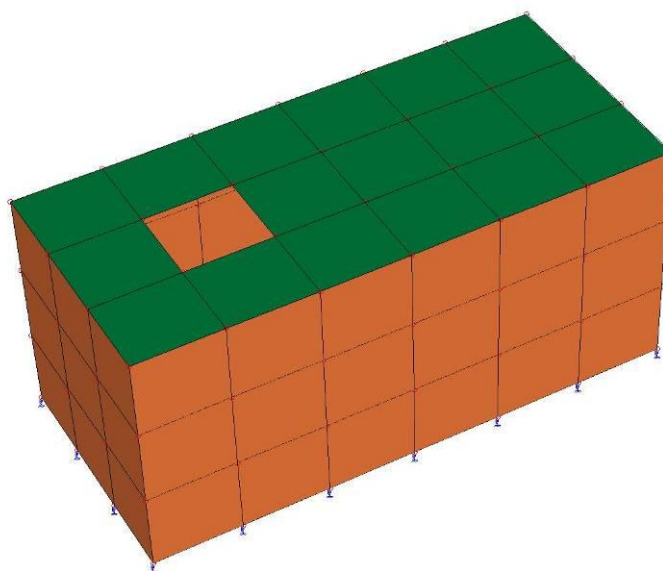


Figura 3: Vasca 3

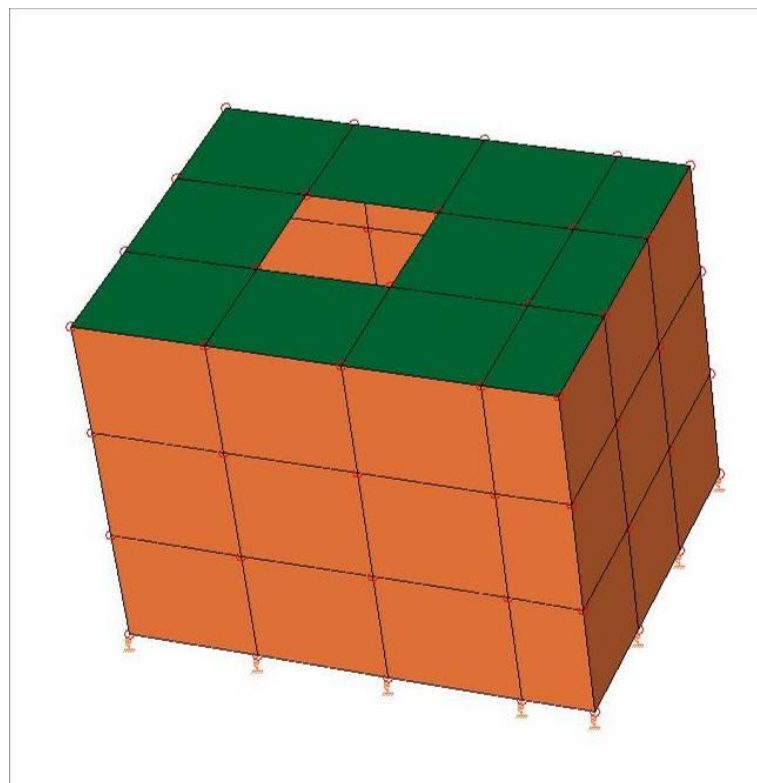


Figura 4: Vasca 4

Le vasche saranno realizzate mediante setti dello spessore di 20 cm in calcestruzzo cementizio armato gettato in opera, con pletta e soletta anch'esse dello spessore di 20 cm realizzate con calcestruzzo cementizio armato gettato in opera.

2. LE CARATTERISTICHE DEL SITO DI FABBRICA

La relazione geotecnica si basa sulla relazione geologica allegata al progetto, nel rispetto delle disposizioni nazionali e regionali in materia di edificabilità in zona sismica, che hanno attestato la compatibilità tra le previsioni del progetto di costruzione in oggetto e le condizioni morfologiche, geologiche ed idrogeologiche dell'area su cui insiste. A tal proposito si ricorda che il territorio comunale di Taranto con O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003, è stato dichiarato zona sismica 3.

Nella relazione geologica è messo in risalto che l'area in esame si configura come una zona pianeggiante, caratterizzata dalla presenza di:

- ✓ Coltre superficiale: materiali detritici di natura sabbioso-limosa, di colore marrone bruno, di spessore mediamente costante dell'ordine di 0.30 m. e Limi palustri nerastri torbosi che si rinvencono nel comparto dell'Insediamento industriale della S.S. 106, con caratteristiche di consistenza modeste.
- ✓ Deposito calcarenitico: calcareniti sublitoidi alternate a sabbie limose giallastre a diverso grado di addensamento; sono nel complesso tenere, porose e mediamente durevoli. Nei livelli superiori, il deposito è caratterizzato dalla presenza di un crostone piuttosto tenace e compatto da conferirgli una consistenza lapidea. Da quanto riportato in letteratura geologica e geotecnica le caratteristiche geomeccaniche risultano soddisfacenti, se si tiene conto dei caratteri di resistenza a compressione che varia tra 6 Kg/cm² (per le calcareniti molto friabile e scarsamente cementata) e i 30 Kg/cm² (per le calcareniti ben cementate e piuttosto tenace); un angolo di attrito pari a 25° e con bassi valori della coesione.

Il peso di volume (γ) varia tra 1.69 g/cm³ a 1.89 g/m³; la porosità ha un valore variabile tra un minimo di 45.0% e un massimo di 50.6 %; la permeabilità risulta media a causa della presenza di componenti fini. Si possono rinvenire presenze idriche stagionali, variabili come portata e durata, aventi come base gli strati impermeabili argillosi.

- ✓ Substrato impermeabile argilloso: argille limose giallastre e argille grigio azzurre appartenenti alla formazione delle Argille subappennine; sono in genere abbastanza omogenee, sia per quanto riguarda la composizione granulometrica che la consistenza. Risultano praticamente impermeabili,

compressibili, in vario grado, e dotate di media resistenza allo schiacciamento. I caratteri geomeccanici, determinati tramite analisi di laboratorio esperite su campioni simili appartenenti allo stesso ambiente geologico, sono da considerare modesti, se si tiene conto dell'alterazione e della presenza di acqua negli strati sommitali.

Il contenuto d'acqua è variabile tra 26 e 30%, il limite di liquidità varia tra 45 e 55%; il limite di plasticità varia tra 20 e 25%; l'indice di plasticità, di conseguenza, è molto elevato e varia tra 28 e 30. L'indice di consistenza, dato l'elevato contenuto d'acqua, è variabile tra 0.7 e 1.0. Il peso di volume (γ) varia tra 19.20 - 20.00 KN/m³. la resistenza a compressione semplice varia tra 150 e 350 KN/m². la resistenza al taglio, in termini di tensioni efficaci, dedotta dalle prove di taglio diretto Consolidate-Drenate, è: $c' = 20 \text{ KN/m}^2$; $\phi' = 25^\circ - 29^\circ$.

Per quanto riguarda le caratteristiche sismiche ricordiamo che il territorio del Comune di Taranto viene classificato nella "3^a zona" con un coefficiente d'accelerazione orizzontale massima su suolo: $a_g = 0,15 g$ (g = accelerazione di gravità).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si è fatto riferimento ai risultati di sondaggi sismici a rifrazione effettuati in zone prossime all'area di interesse in cui si ha la stessa successione litostratigrafica ed in cui i terreni sono riconducibili allo stesso ambiente geologico; dai dati derivanti dalle prospezioni geofisiche è possibile determinare il V_{S30} , ossia la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità, parametro che permette di definire la categoria di appartenenza del profilo stratigrafico rinvenuto

Dalle risultanze delle prospezioni geofisiche e dalla conoscenza geologica del sito si può indicare che il sottosuolo di fondazione appartiene alla **categoria B** con valori di V_s 30 compresi tra 680 m/s 774 m/s.

Per determinare la capacità portante del terreno di fondazione e in considerazione che il tipo di fondazione previsto dal progetto risulta quello superficiale, per la determinazione della capacità portante del terreno in esame, nei termini di carico limite (Q_{lim}) e carico ammissibile (Q_{amm}), si è fatto riferimento alla formula di Terzaghi per le fondazioni superficiali.

Per una fondazione con base 250 cm la pressione limite non risulta mai inferiore a 7.37 daN/cm² e quella ammissibile (quindi: fattore di sicurezza 3) non inferiore a 2.4 daN/cm².

Segnaliamo ancora che per i cedimenti a cui sarà soggetto il terreno di fondazione, in relazione all'applicazione dei carichi di esercizio, in relazione al suo stato di addensamento, è prevedibile che avranno decorso rapido e risulteranno quantitativamente trascurabili (< 1 cm). In ogni caso verrà eseguito in fase esecutiva la posa di uno strato uniforme di magrone su tutta l'area di fondazione al fine di contenere possibili cedimenti differenziali.

3. TIPO E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

3.1. Calcestruzzo

<u>Tipologia strutturale:</u>	<u>Fondazioni</u>
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	30 N/mm ² (300 daN/cm ²)
Condizioni ambientali:	Strutture completamente interrato in terreno permeabile.
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S3 (Plastica)
Diametro massimo aggregati:	16 mm

<u>Tipologia strutturale:</u>	<u>Elevazione</u>
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	30 N/mm ² (300 daN/cm ²)
Condizioni ambientali:	Strutture interne di edifici non industriali con umidità bassa.
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S4 (Fluida) con Additivo Superfluidificante
Diametro massimo aggregati:	16 mm

Dosatura dei materiali.

La dosatura dei materiali per ottenere Rck 300 (30) è orientativamente la seguente (per m³ d'impasto).

sabbia	0.4 m ³
ghiaia	0.8 m ³
acqua	150 litri
cemento tipo 325	350 kg/m ³

Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62-21%
- passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.

Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Provini da prelevare in cantiere

n° 2 cubi di lato 15 cm;

un prelievo ogni 100 mc

$$\sigma_{c28} \geq 3 \cdot \sigma_{c \text{ adm}};$$

$$R_{ck \ 28} = R_m - 35 \text{ kg/cm}^2;$$

$$R_{min} > R_{ck} - 35 \text{ kg/cm}^2$$

Parametri caratteristici e tensioni limite per il metodo degli stati limite

Tabella riassuntiva per vari R_{ck}

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
250	207.5	117.6	10.5	[kg/cm ²]
300	249.0	141.1	11.9	[kg/cm ²]
350	290.5	164.6	13.3	[kg/cm ²]
400	332.0	188.1	14.5	[kg/cm ²]
450	373.5	211.6	15.7	[kg/cm ²]
500	415.0	235.2	16.8	[kg/cm ²]

legenda:

- f_{ck} (resistenza cilindrica a compressione);
 $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$;
- f_{cd} (resistenza di calcolo a compressione);
 $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$
- f_{ctd} (resistenza di calcolo a trazione);
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$;
 $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$;
 $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$ per classi $\leq C50/60$
 $f_{ctm} = 2.12 * \ln[1 + f_{cm}/10]$ per classi $> C50/60$

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

Ritiro (valori stimati): 0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate);

0.10mm/m (strutture armate).

Rigonfiamento in acqua (valori stimati): 0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).

Dilatazione termica: $10 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Viscosità $\phi = 1.70$.

3.2. Acciaio per C.A.

Acciaio per C.A. B450C	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
f_{tk} tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
f_{td} tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_S = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.35 \quad f_t / f_y \geq 1.15$$

Diametro delle barre: $6 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\leq 16 \text{ mm}$.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $6 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $\phi_{\min}/\phi_{\max} \geq 0.6$

Acciaio per C.A. B450A	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
f_{tk} tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
f_{td} tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_S = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.25 \quad f_t / f_y \geq 1.05$$

Diametro delle barre: $5 \leq \phi \leq 10 \text{ mm}$.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\leq 10 \text{ mm}$.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $5 \leq \phi \leq 10 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $\phi_{\min}/\phi_{\max} \geq 0.6$

4. LE AZIONI APPLICATE ALLA STRUTTURA

Le azioni applicate al modello strutturale sono le seguenti:

4.1. Carichi permanenti e pesi propri:

Peso proprio calcestruzzo	2500 kg/mc
Peso permanente sulle solette	700 kg/mq
Peso dell'acqua	1100 kg/mc

4.2. Carichi variabili

Cat	Ambienti	q_k [kN/m ²]
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).	
		204 kg/mq (2,00 kN/mq)

4.3. Azioni sulle pareti

Si prevede che il terreno realizzi una spinta di tipo triangolare sulle pareti, con valore massimo esercitato al piede del muro e pari a:

$$S = K_a \gamma h$$

4.4. AZIONI SISMICHE

Analisi svolta secondo il D.M. 14.01.2008

L'azione sismica è stata applicata alla struttura in conformità alle disposizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008).

L'azione sismica è calcolata mediante analisi sismica statica.

I parametri che determinano l'azione sismica sono i seguenti:

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	Vasca ...
Intestazione del lavoro	Vasca ...
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica sismica equivalente
Tipo di soluzione	Lineare

Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC/2008

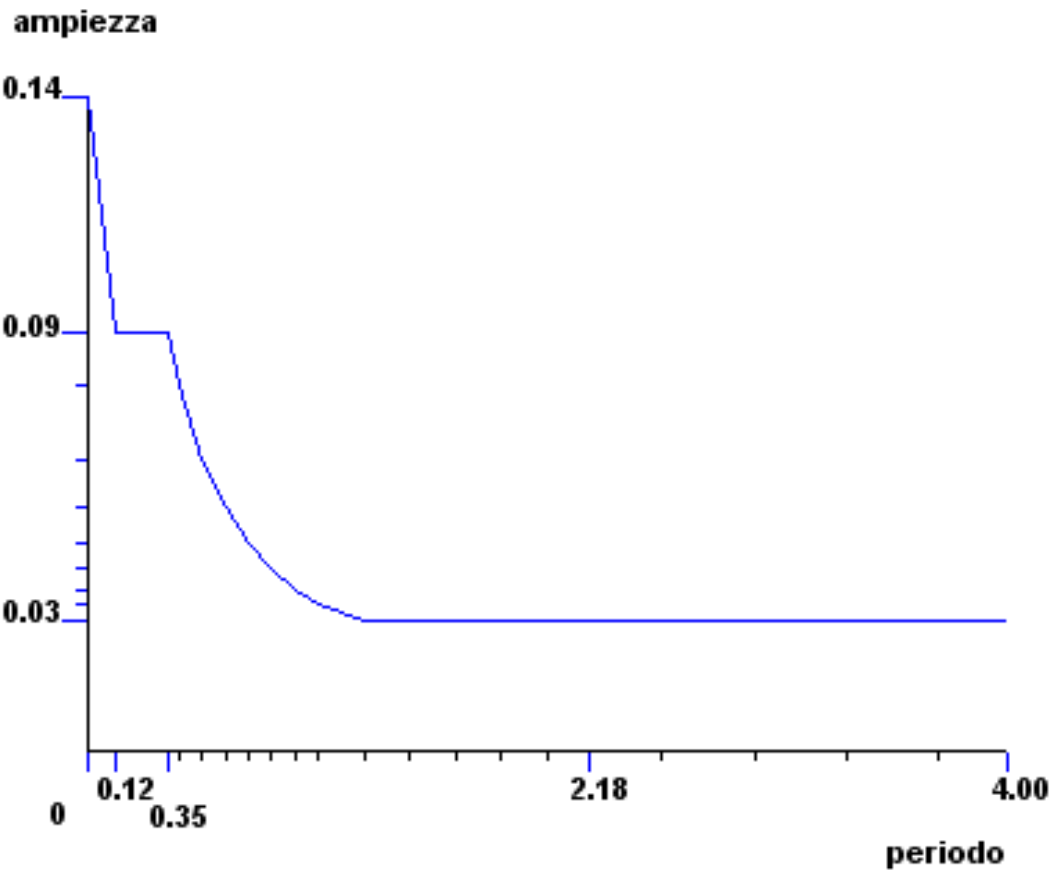
NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	II
Vita di riferimento	50 anni
Spettro di risposta	Stato limite ultimo
Probabilita' di superamento periodo di riferimento	10
Tempo di ritorno del sisma	475 anni
Localita'	Taranto - (TA)
ag/g	0.0803
F0	2.62
Tc	0.37
Categoria del suolo	B
Fattore topografico	1

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1	0.0000 [C1 = 0.05 H = 0]
λ	1
Fattore q di struttura	$q_{or} = 3$ [$q_{0X} = 3$ $q_{0Y} = 3$ $K = 1$ $K_r = 1$]
Duttilita'	Bassa Duttilita'
Sd (T1)	0.000 g
Coeff.globale accelerazione sismica	0.000

L'azione sismica allo s.l.u. è rappresentata quindi dal seguente spettro di risposta.



5. PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITÀ

La classe della struttura è di tipo2.

Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati.

Particolare cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

6. CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stata 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. Nel caso dei pali il comportamento del terreno implica anche l'introduzione di vincoli per la traslazione orizzontale.

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 tagliente 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.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutate tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura.

E' stata impiegata un'analisi statica equivalente in campo lineare con adozione di spettro di risposta conforme al D.M. 14.01.2008. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite.

7. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

7.1. Struttura

Legge 5 novembre 1971 N. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.

OPCM 3274 d.d. 20/03/2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, e successive modifiche e integrazioni (OPCM 3431 03/05/05).

Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 14/01/2008

7.2. Carichi e sovraccarichi

D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

Circ. MIN.LL.PP. N.156AA.GG./STC del 4 luglio 1996 – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al D.M. 16 gennaio 1996.

D.M. 16.1.1996 - Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche

Circ. Min. LL.PP. 10.4.1997, n. 65 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16 gennaio 1996

Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 14/01/2008

7.3. Terreni e fondazioni

D.M. 11 marzo 1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circ. MIN.LL.PP. N.30483 del 24 settembre 1988 - Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre.

8. CRITERI PER LA MISURA DELLA SICUREZZA

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

9. SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI, CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

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). Le azioni del vento sono applicate prevalentemente nelle due direzioni orizzontali o ortogonalmente alla falda in copertura. 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.

10. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. Vengono in particolare controllate le deformazioni allo stato limite ultimo, allo stato limite di danno e gli effetti del second'ordine.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u. Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità).

Oltre all'impostazione spaziale delle situazioni di carico potenzialmente più critiche, in sede di dimensionamento vengono ulteriormente valutate, per le varie travate, tutte le condizioni di lavoro statico derivanti dall'alternanza dei carichi variabili, i cui effetti si sovrappongono a quelli dei pesi propri e dei carichi permanenti. Vengono anche imposte delle sollecitazioni flettenti di sicurezza in campata e risultano controllate le deformazioni in luce degli elementi.

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	1.500
2	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
3	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

		Torsione: Antioraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
4	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: - EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
5	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: - EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
6	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
7	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
8	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: - 03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
9	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: - 03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
10	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000

			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
11	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
12	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: - EX+03EY Torsione:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
13	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: - EX-03EY Torsione:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
14	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
15	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
16	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: - 03EX+EY Torsione:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
17	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: - 03EX-EY Torsione:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	1.000
19	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.500
20	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
21	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
22	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
23	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: - EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
24	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX- 03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente:	Condizione 2	1.000

			Permanente portato		
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
25	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
26	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
27	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: - 03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
28	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: - 03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
29	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
30	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
31	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: - EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300

			residenziali		
32	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX- 03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
33	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
34	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
35	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: - 03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300
36	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: - 03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 1	0.300

11. METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI.

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia). E' stato utilizzata un'analisi lineare sismica statica equivalente nel rispetto delle norme indicate in precedenza. Le procedure di verifica adottate seguono il metodo di calcolo agli stati limite ultimo secondo quanto previsto dal DM 14.01.2008, Norme Tecniche per le Costruzioni.

12. PRESENTAZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE E SUE PROPRIETÀ

12.1. I nodi

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate.

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (spostamenti generalizzati incogniti), bloccati (spostamenti generalizzati corrispondente uguale a zero), di tipo slave o linked (il parametro cinematico dipende dalla relazione con altri gradi di libertà).

Si può intervenire sui gradi di libertà bloccando uno o più gradi. I blocchi vengono applicate nella direzione della terna locale del nodo.

Le relazioni complesse creano un legame tra uno o più gradi di libertà di un nodo detto slave con quelli di un altro nodo detto master. Esistono tre tipi di relazioni complesse.

Le relazioni di tipo link prescrivono l'uguaglianza tra gradi di libertà analoghi di nodi diversi. Specificare una relazione di tipo link significa specificare il nodo slave assieme ai gradi di libertà che partecipano al vincolo ed il nodo master. I gradi di libertà slave saranno eguagliati ai rispettivi gradi di libertà del nodo master.

La relazione di piano rigido prescrive che il nodo slave appartiene ad un piano rigido e quindi che i due spostamenti in piano e la rotazione normale al piano sono legati ai tre parametri di roto-traslazione rigida di un piano.

Il Corpo rigido prescrive che il nodo slave fa parte di un corpo rigido e tutti e sei i suoi gradi di libertà sono legati ai sei gradi di libertà posseduti dal corpo rigido (i gradi di libertà del suo nodo master).

12.2. I materiali

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica.

12.3. I carichi

I carichi agenti sulla struttura possono essere suddivisi in carichi nodali e carichi elementari. I carichi nodali sono forze e coppie concentrate applicate ai nodi della discretizzazione. I carichi elementari sono forze, coppie e sollecitazioni termiche.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da un tipo e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali (f_X , f_Y , f_Z , f_V) e locali (f_x , f_y , f_z), forze concentrate riferite agli assi globali (F_X , F_Y , F_Z , F_V) o locali (F_x , F_y , F_z), momenti concentrati riferiti agli assi locali (M_x , M_y , M_z), momento torcente distribuito riferito all'asse locale x (m_x), carichi termici (t_x , t_y , t_z), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.

12.4. Elemento shell

L'elemento shell implementa il modello del guscio piatto ortotropo nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 3 o 4 nodi I, J, K ed L posti nei vertici e 6 gradi di libertà per ogni nodo. Il comportamento flessionale e quello membranale sono disaccoppiati.

Gli elementi guscio/piastra si caratterizzano perché possono subire carichi nel piano ma anche ortogonali al piano ed essere quindi soggetti anche ad azioni flettenti e torcenti.

Gli elementi in esame hanno formalmente tutti i sei gradi di libertà attivi, ma non posseggono rigidità per la rotazione ortogonale al piano dell'elemento.

Nei gruppi shell definiti "platea" viene attuato il blocco di tre gradi di libertà, u_X , u_Y , r_Z , per tutti i nodi del gruppo.

Ogni gruppo può contenere uno o più elementi (max 1999). Ogni elemento viene definito da questi parametri:

1. elemento numero (massimo 1999 per ogni gruppo);
2. nodi di riferimento I, J, K, L;
3. spessore;
4. materiale;
5. pressioni e relative aliquote dinamiche;
6. temperatura;

7. gradiente termico;
8. carichi distribuiti e relative aliquote dinamiche.

12.5. Elemento boundary

L'elemento boundary è sostanzialmente un elemento molla con rigidezza assiale in una direzione specificata e rigidezza torsionale attorno alla stessa direzione. E' utile quando si vogliono determinare le reazioni vincolari oppure quando si vogliono imporre degli spostamenti o delle rotazioni di alcuni nodi (cedimenti vincolari).

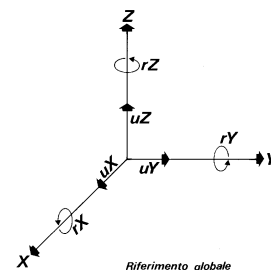
I parametri relativi ad ogni singolo vincolo sono:

1. il nodo a cui è collegato il vincolo (o i vincoli, massimo sei);
2. la traslazione imposta (L) o la rotazione imposta (radianti);
3. la rigidezza (per le traslazioni in F/L , per le rotazioni in $F*L/rad$).

13. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE

13.1. Deformate

Per ogni combinazione di carico e per tutti i nodi non completamente bloccati il programma calcola spostamenti (unità di misura L) e rotazioni (radianti). Viene anche rappresentata la deformata in luce dell'asta che riproduce il comportamento di una funzione polinomiale di quarto grado. Gli spostamenti sono positivi se diretti nel verso degli assi globali X Y Z, le rotazioni positive se antiorarie rispetto all'asse di riferimento, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (vedi figura a lato).



Viene anche determinato il valore massimo assoluto (con segno) di ogni singola deformazione e il valore massimo dello spostamento nello spazio (radice quadrata della somma dei quadrati degli spostamenti).

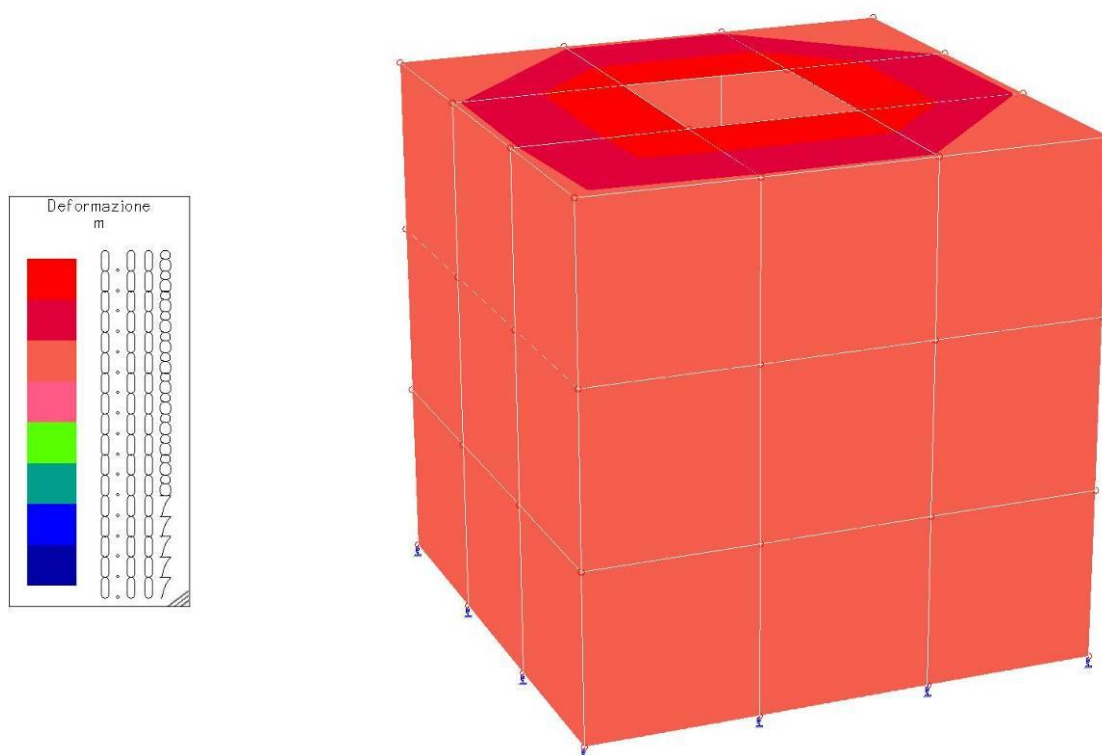


Figura 5: Deformata Vasca 1

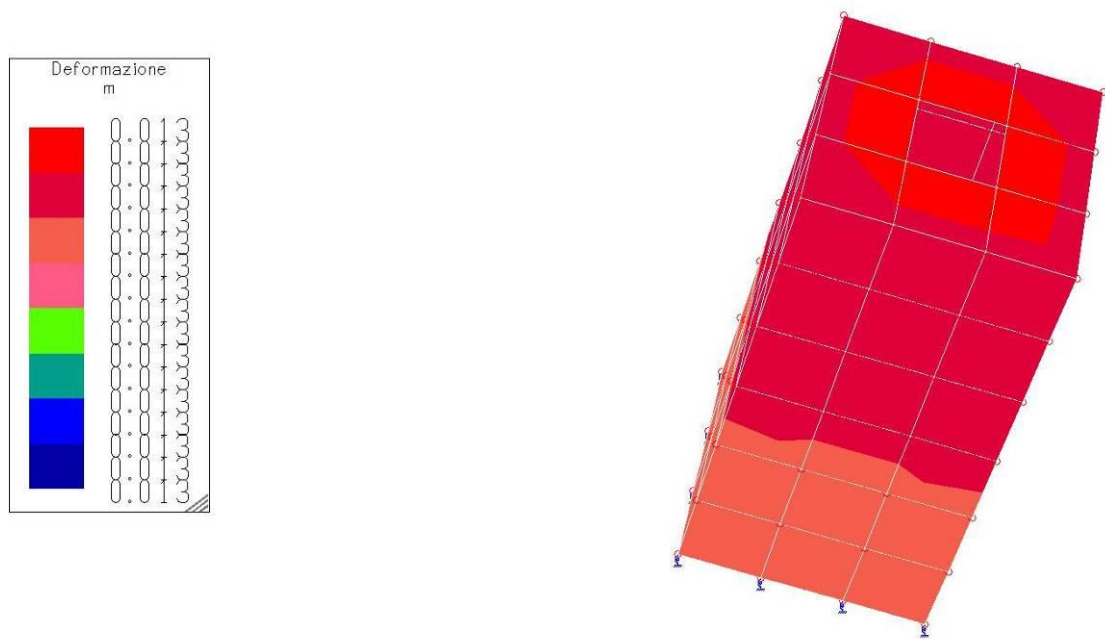


Figura 6: Deformata Vasca 2

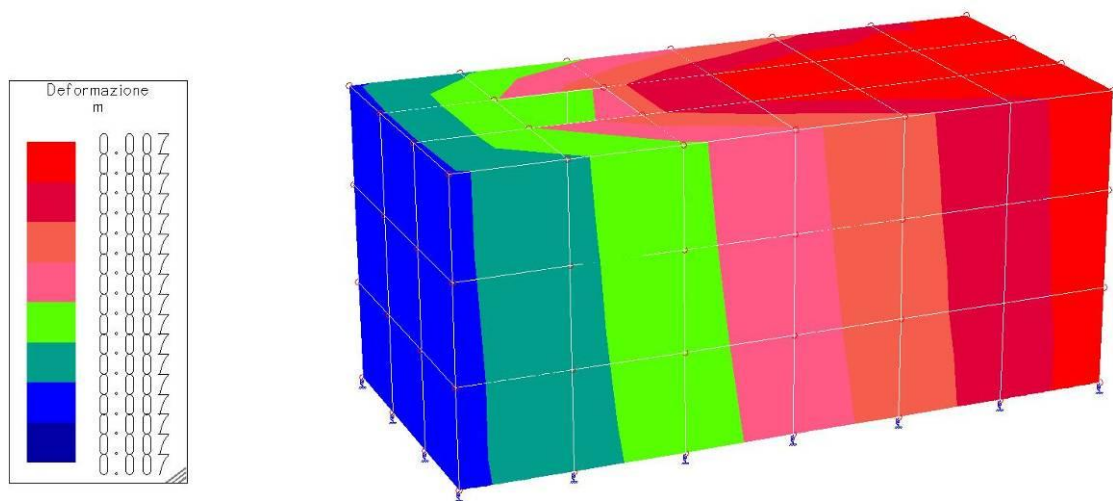


Figura 7: Deformata Vasca 3

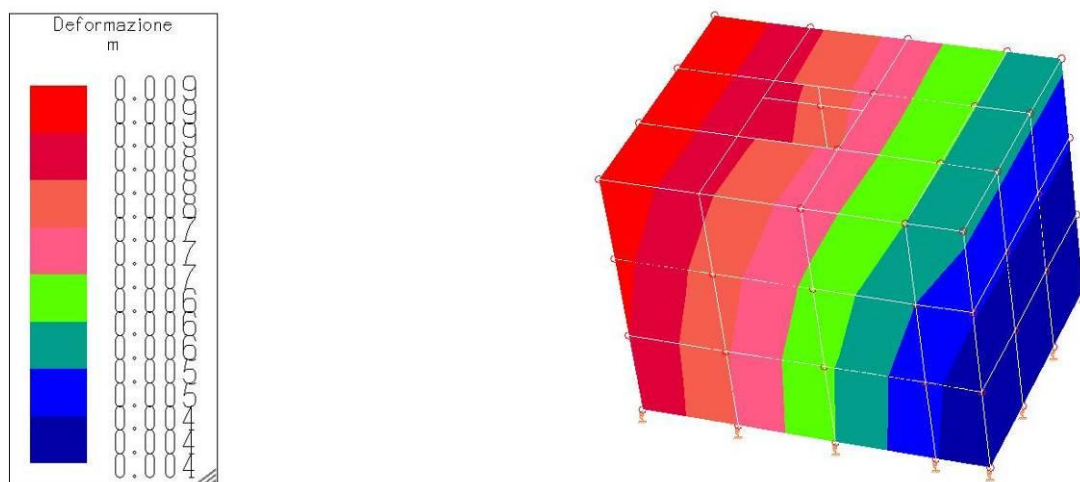
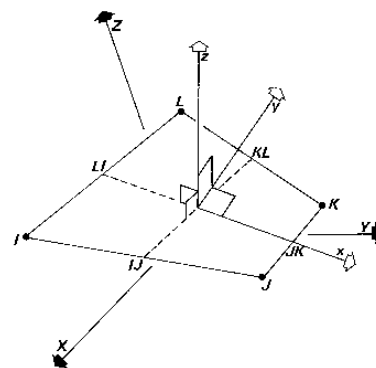


Figura 8: Deformata Vasca 4

13.2. Gusci

Il programma propone i risultati al “centro” di ogni elemento. Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono evidenziate:

- S_{xx} (F/L^2);
- S_{yy} (F/L^2);
- S_{xy} (F/L^2);
- M_{xx} ($F*L/L$);
- M_{yy} ($F*L/L$);
- M_{xy} ($F*L/L$);
- σ_{idsup} (F/L^2);
- σ_{idinf} (F/L^2).
- S_{xx} , S_{yy} , S_{xy} rappresentano le tensioni membranali (vedi figura)
- M_{xx} rappresenta il momento flettente (per unità di lunghezza) che produce tensioni in direzione locale x; analogamente per M_{yy} ;
- M_{xy} rappresenta il momento torcente (sempre per unità di lunghezza).



Le tensioni ideali σ_{idsup} (al bordo superiore, ovvero sul semiasse positivo dell'asse locale z) e σ_{idinf} sono calcolate mediante il criterio di Huber-Hencky-Mises. I momenti flettenti

generano ai bordi dell'elemento delle tensioni valutate in base al modulo di resistenza dell'elemento. Le tensioni da momento flettente M_{xx} si sovrappongono alle tensioni S_{xx} , con segno positivo al bordo superiore, con segno negativo al bordo inferiore (analogamente per M_{yy} e S_{yy}). Gli effetti tensionali da momento torcente vengono sovrapposti a S_{xy} .

Le convenzioni sui segni dei momenti sono caratteristiche dei codici di calcolo automatici e sono mantenute solo nelle stampe dei risultati conseguenti all'elaborazione strutturale, nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe dei postprocessori vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni elemento, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo, la risultante per sovrapposizione modale per S_{xx} , S_{yy} , S_{xy} , M_{xx} , M_{yy} , M_{xy} .

Nel calcolo degli involuپی viene effettuata la sovrapposizione. Anche in questo caso vengono calcolate le tensioni ideali.

Nell'analisi statica e negli involuپی dinamici, fra i risultati, alla fine di ogni gruppo vengono riportati i massimi delle tensioni (comprese quelle ideali) e dei momenti, nonché il numero dell'elemento e la combinazione di carico relativa.

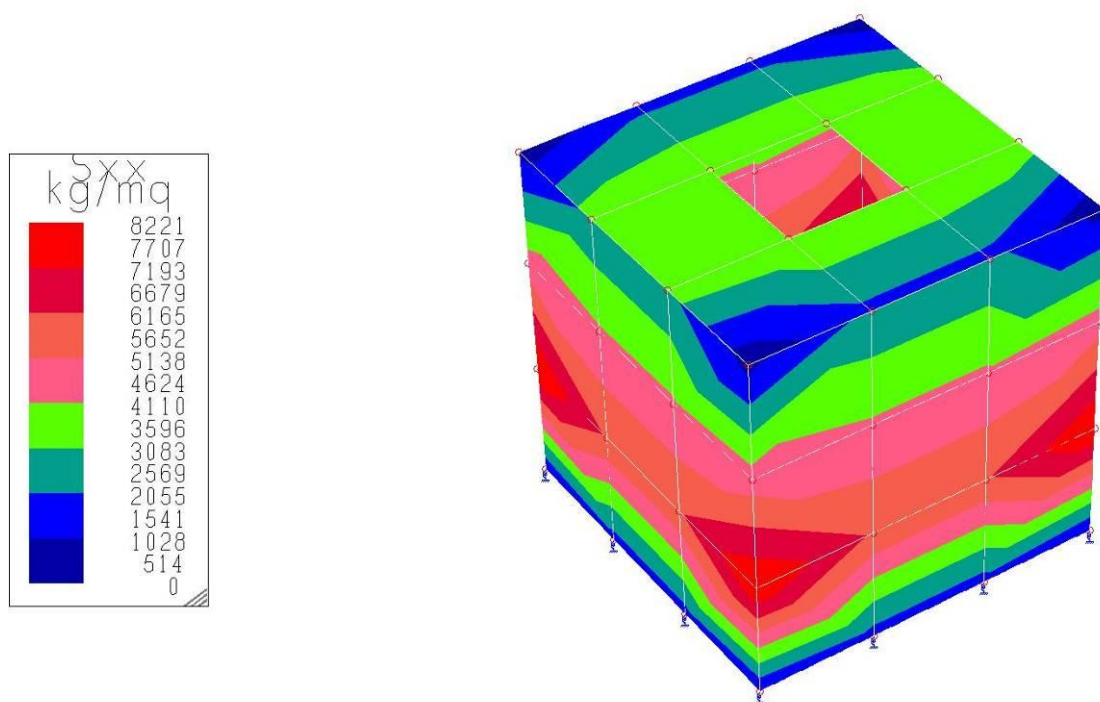


Figura 9: Sollecitazione S_{xx} Vasca 1

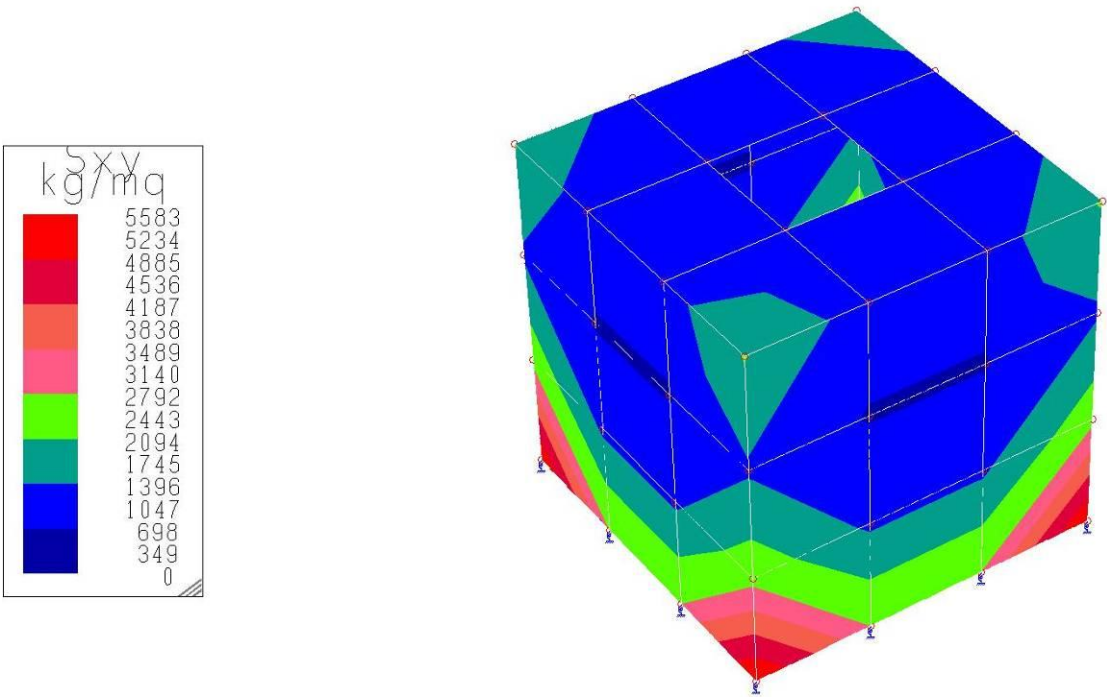


Figura 10: Sollecitazione S_{xy} Vasca 1

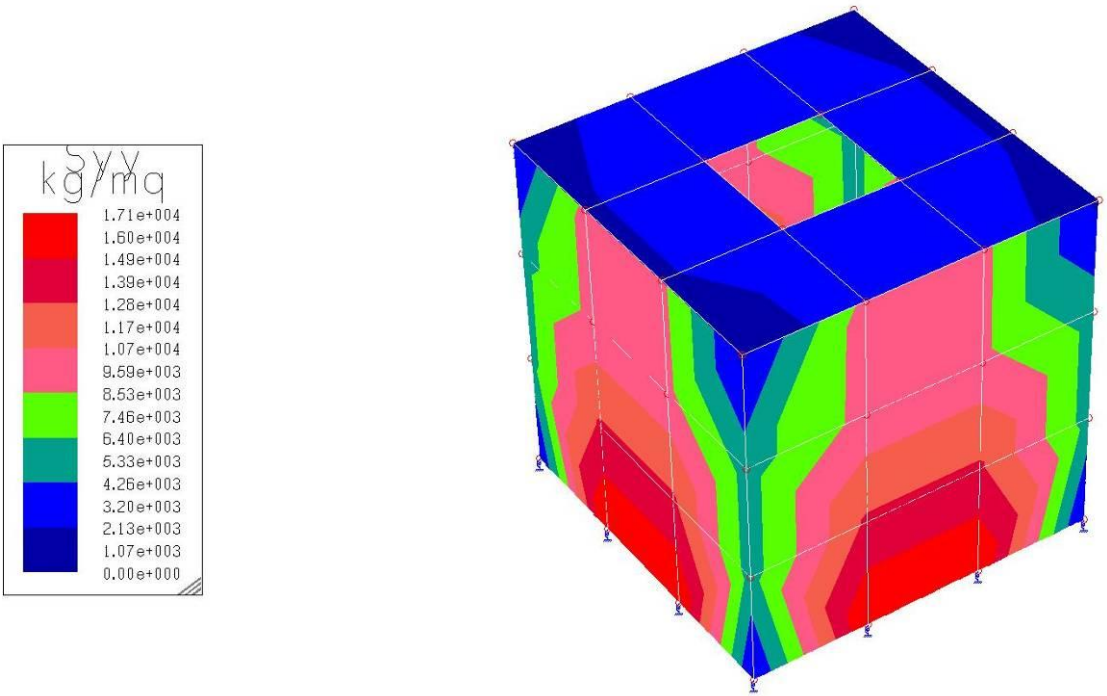


Figura 11: Sollecitazione S_{yy} Vasca 1

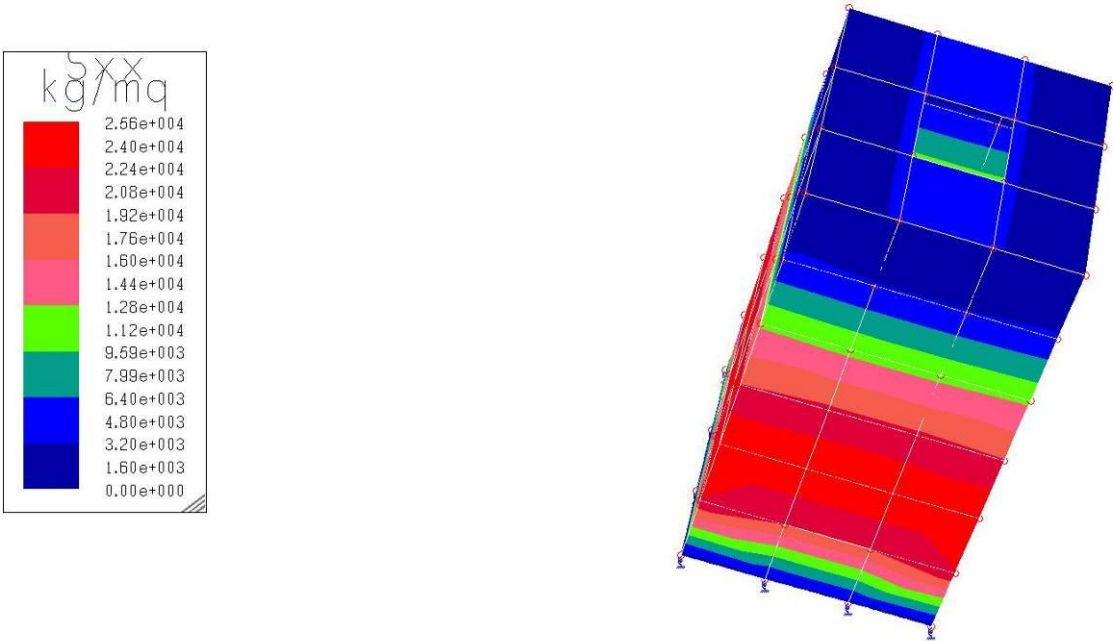


Figura 12: Sollecitazione Sxx Vasca 2

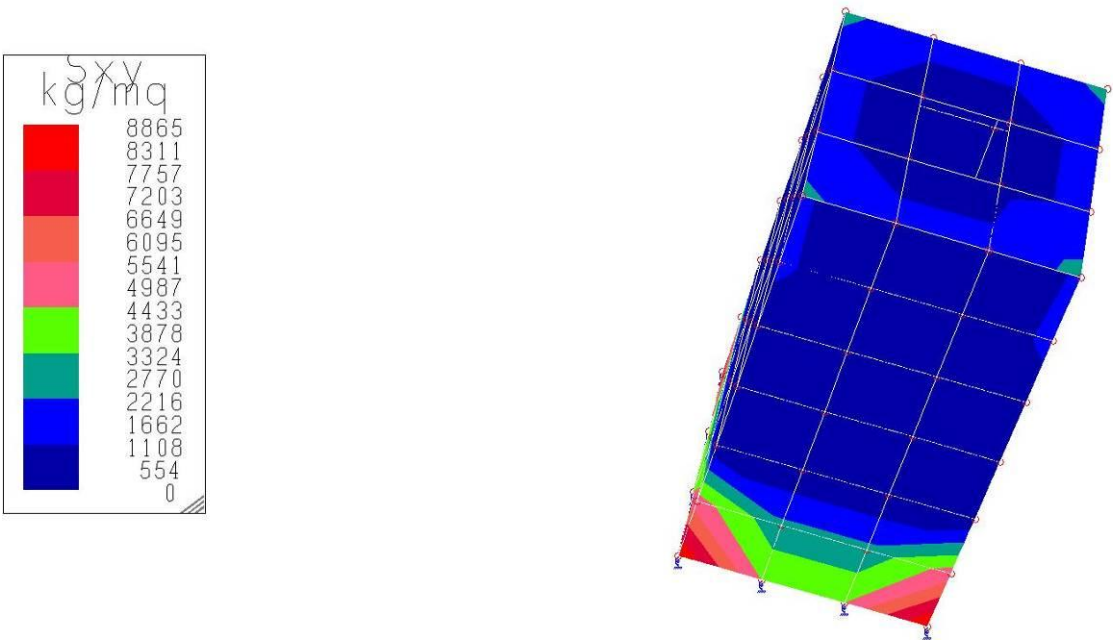


Figura 13: Sollecitazione Sxy Vasca 2

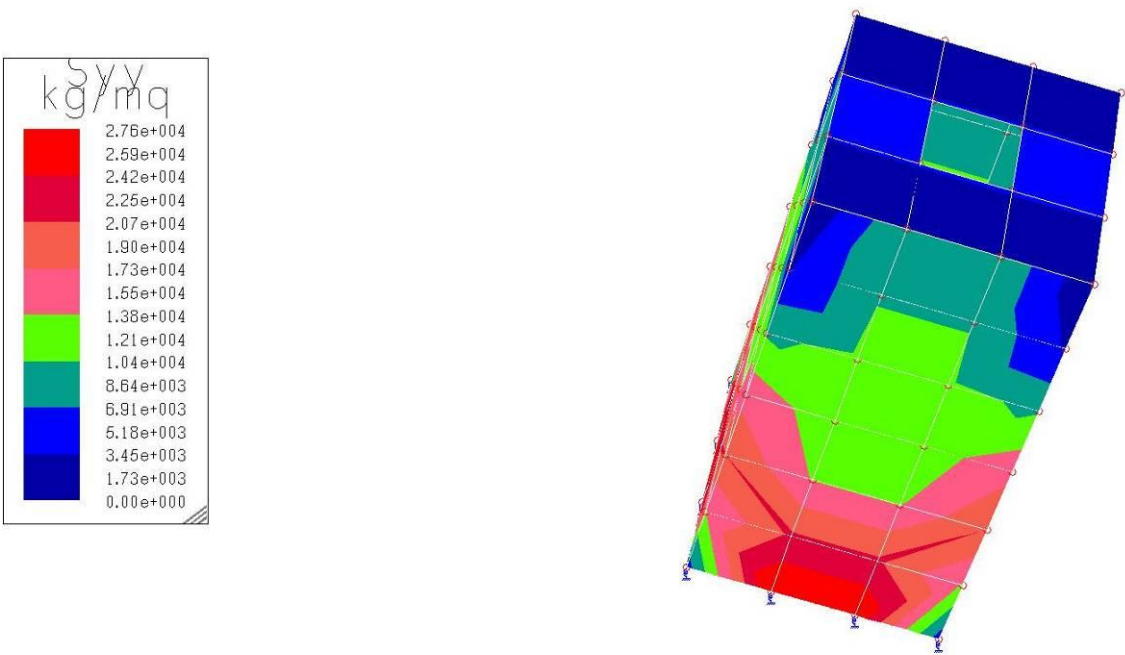


Figura 14: Sollecitazione S_{yx} Vasca 2

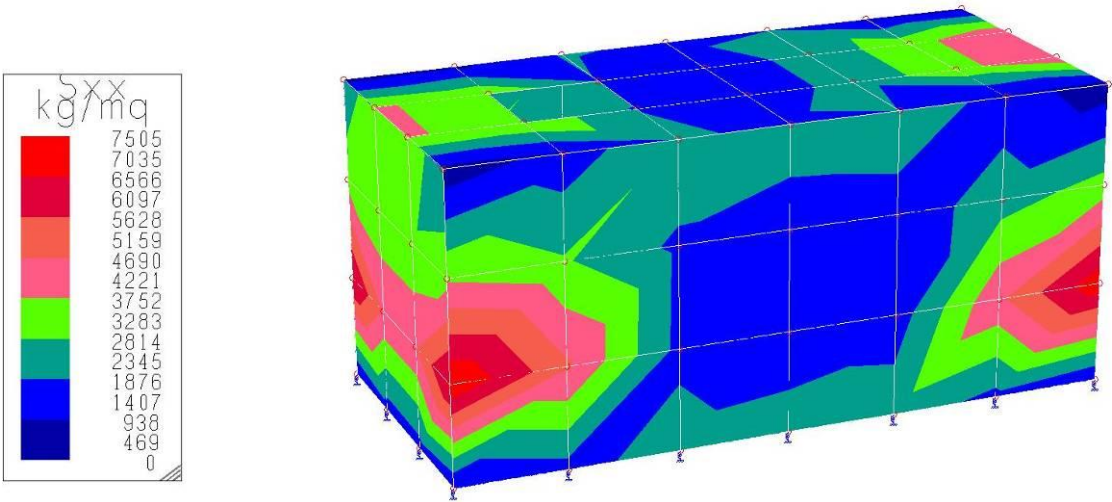


Figura 15: Sollecitazione S_{xx} Vasca 3

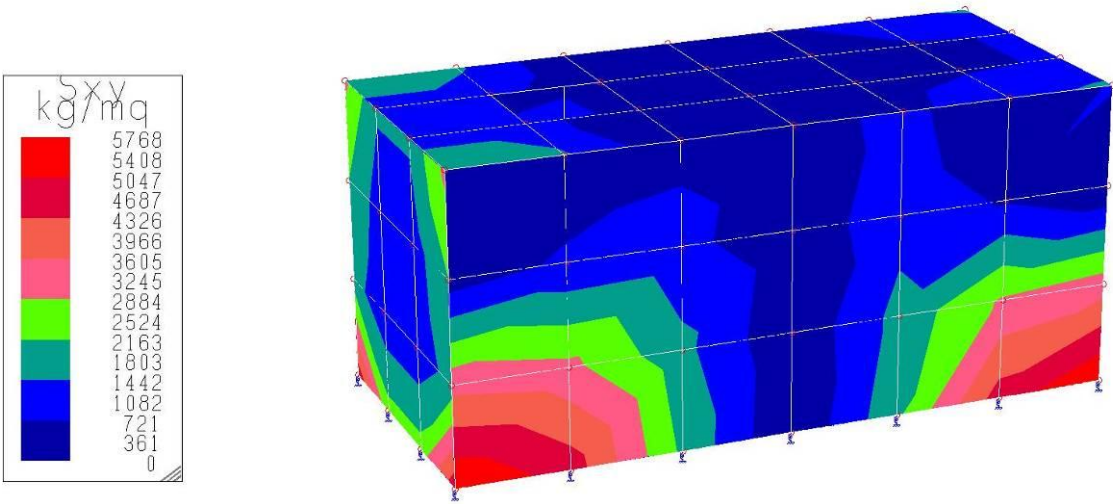


Figura 16: Sollecitazione Sxy Vasca 3

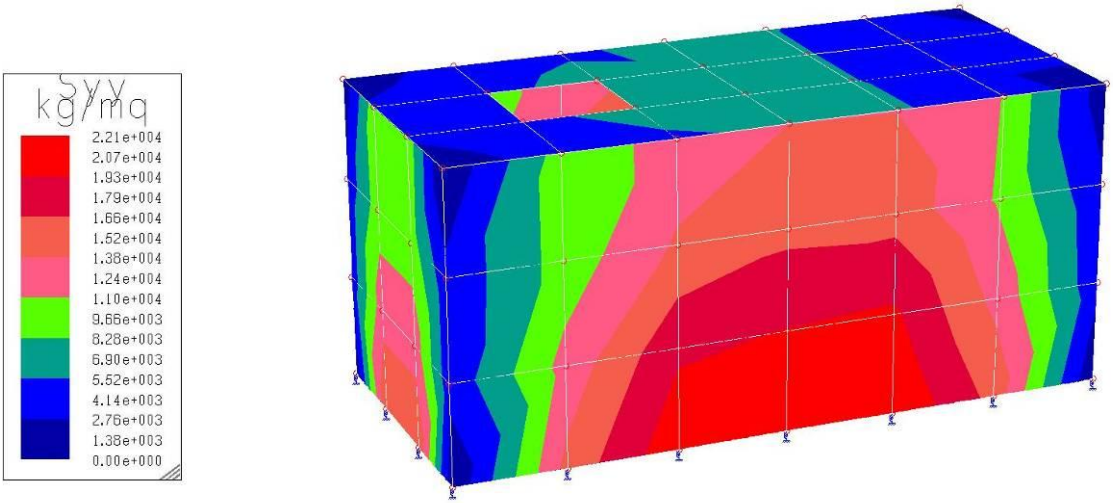


Figura 17: Sollecitazione Syy Vasca 3

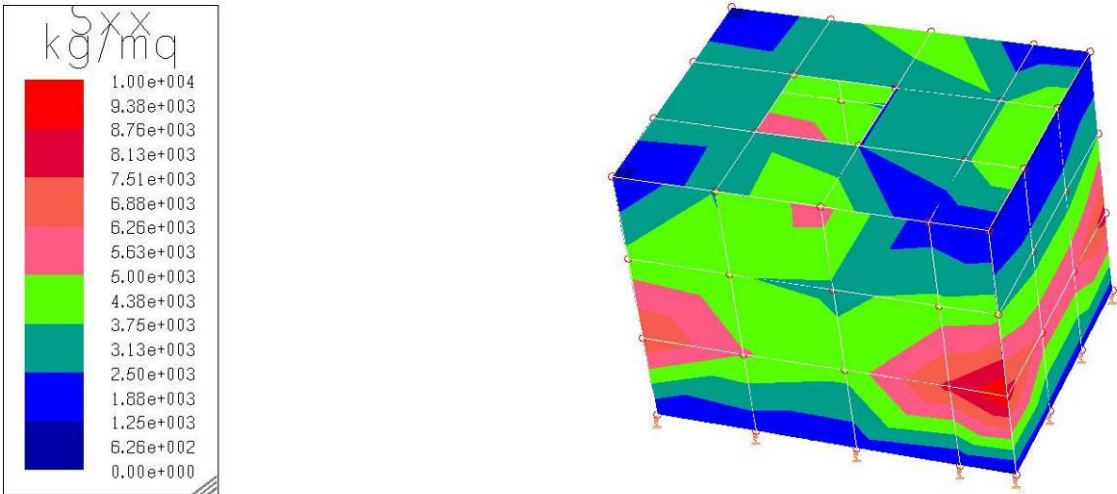


Figura 18: Sollecitazione S_{xx} Vasca 4

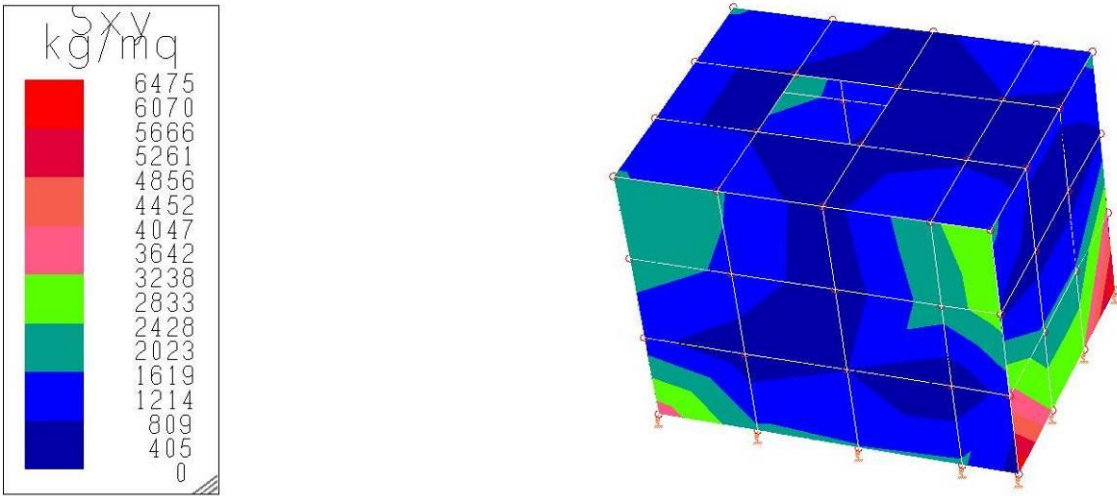


Figura 19: Sollecitazione S_{xy} Vasca 4

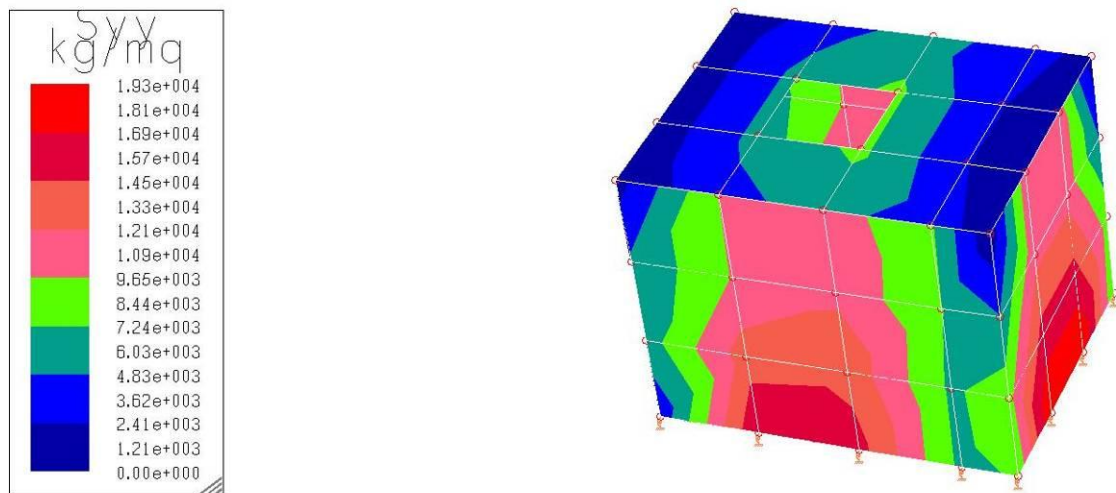


Figura 20: Sollecitazione Syy Vasca 4

14. VERIFICHE DI SICUREZZA DEGLI ELEMENTI

I criteri di progetto adottati per la verifica delle sezioni ed il conseguente progetto delle armature saranno rappresentati nelle successive figure:

The screenshot shows the 'Tabelle di MasterArm - banca locale' window. The 'Normativa' is set to 'NTC-2008' and the 'Versione' is '14 Gennaio 2008'. The 'Tipo elemento' is 'Guscio' and the 'Unità di misura tensioni' is 'kg/cm²=daN/cm²'. The 'Gusci s.l.' tab is active. The 'Tabella' is 'Tabella gusci (attiva)'. The 'Classe dei materiali' is 'Rck= 300 fyk= 4580'. The 'Coeff.partec.Mxy' and 'Coeff.partec.Sxy' are both 0.5. The 'Orientam. amat.' is 'Riferimento globale'. The 'Angolo posa' is 0 and 'Taglio fuori piano' is 'Sì'. The 'Armatura superiore base' has 'Ø base xx' 10 [mm], 'Passo' 20 [cm], 'Ø base yy' 10 [mm], and 'Passo' 20 [cm]. The 'Armatura inferiore base' has the same values. The 'Armatura aggiuntiva' has 'Ø agg. xx' 10 [mm], 'Passo' 20 [cm], 'Ø agg. yy' 10 [mm], and 'Passo' 20 [cm]. The 'Copriferr inf' and 'Copriferr sup' are both 4 [cm]. The 'Ver. ottimiz. taglio' checkbox is unchecked. On the right, there are buttons for 'OK', 'Annulla', 'Applica', 'Nuova...', 'Attiva', and 'Banca...'.

Figura 21: Criteri di Progettazione elementi guscio

Tabelle di MasterArm - banca locale

Normativa: NTC-2008 Versione: 14 Gennaio 2008

Tipo elemento: Pareti Unità di misura tensioni: kg/cm²=daN/cm²

Pareti s.l.

Tabella: Tabella pareti (attiva) Modifica...

Classe dei materiali: Rck= 300 fyk= 4580

Spessore: 20 [cm] Altezza critica: Interno

Coeff.partec.Mxy: 0.5 Coeff.partec.Sxy: 0.5

Armatura verticale

Ø base: 10 [mm] Passo: 20 [cm] ρ : 0.3926%

Ø agg.: 10 [mm] Passo: 20 [cm]

Armatura orizzontale

Ø base: 10 [mm] Passo: 20 [cm] ρ : 0.3926%

Ø agg.: 10 [mm] Passo: 20 [cm]

Copriferro: 4 [cm]

Coefficiente sismico di amplificazione del taglio: 1

OK Annulla Applica Nuova... Banca...

Figura 22: Criteri di progettazione elementi parete

Il software oltre a verificare se lo spessore dei setti è sufficiente a garantire un'adeguata risposta alle sollecitazioni, verifica se l'armatura di base prevista nella tabella di verifica è sufficiente oppure è necessario prevederne altra aggiuntiva.

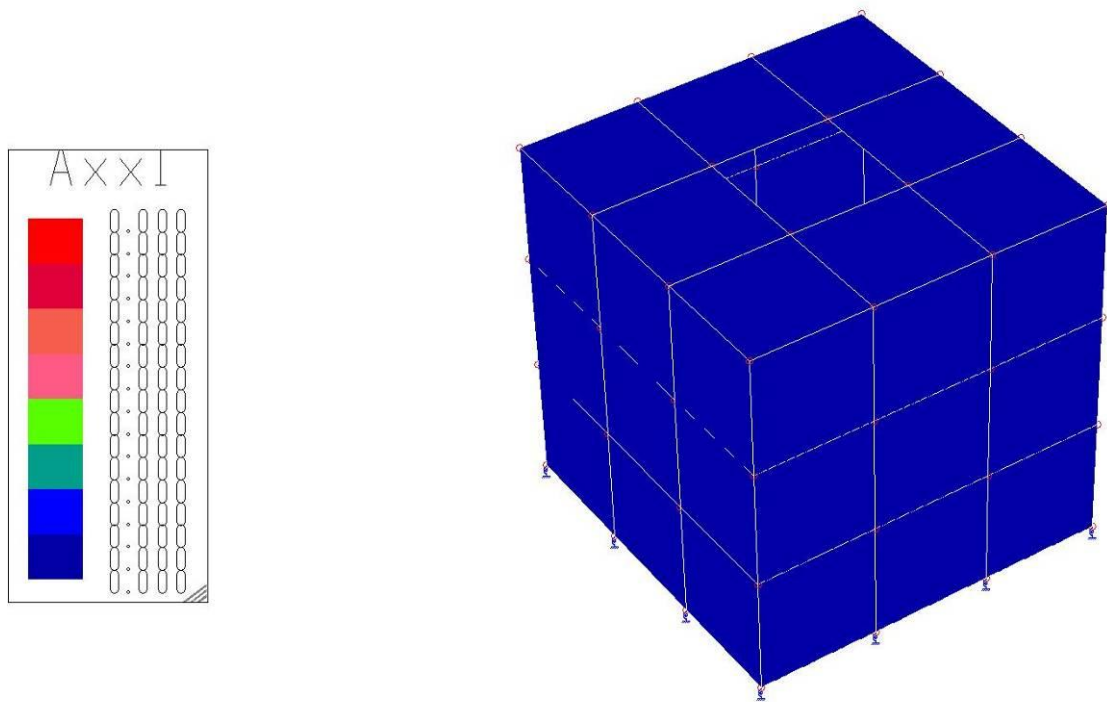


Figura 23: Verifica armatura Axx Vasca 1

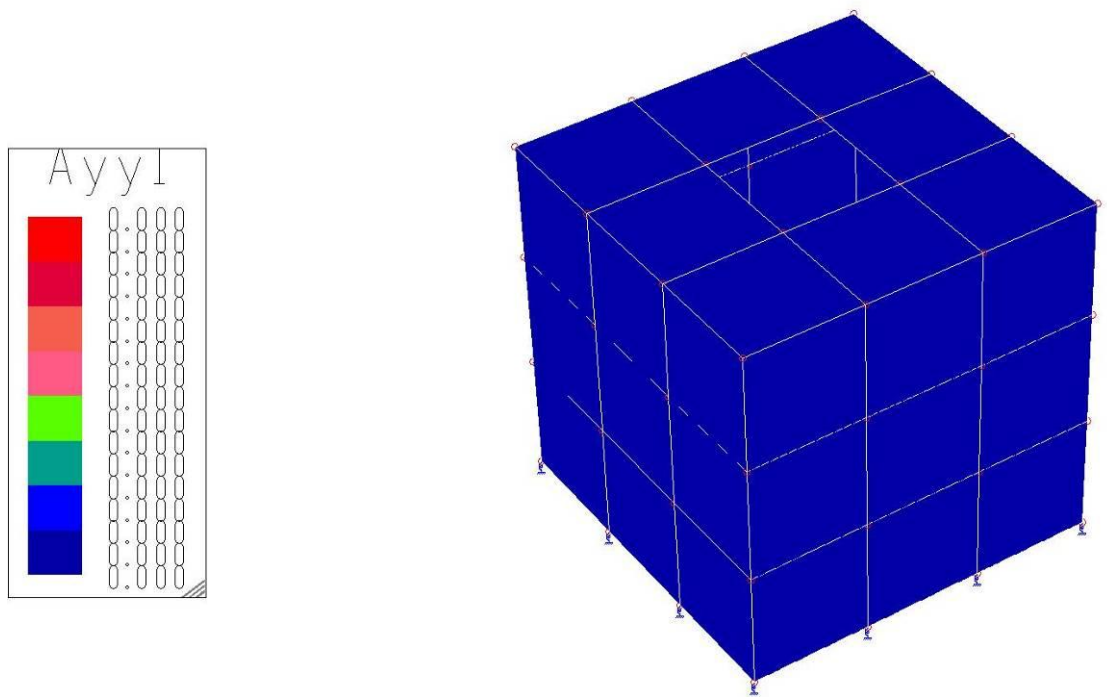


Figura 24: Verifica armatura Ayy Vasca 1

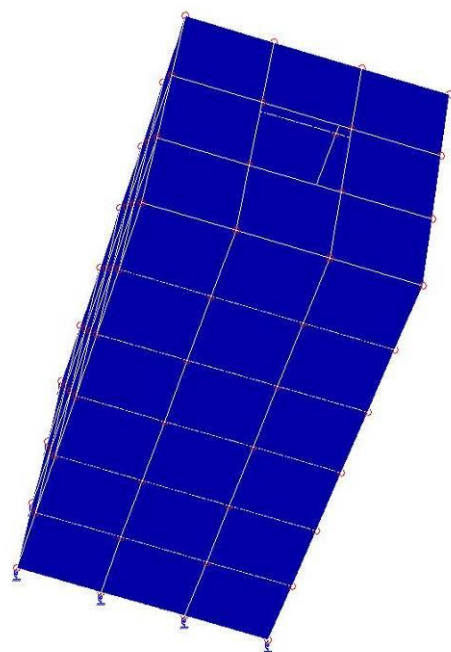
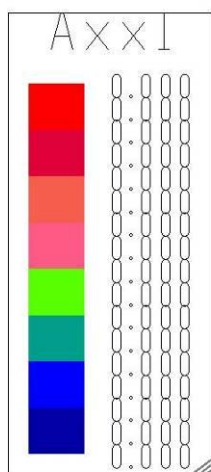


Figura 25: Verifica armatura Axx Vasca 2

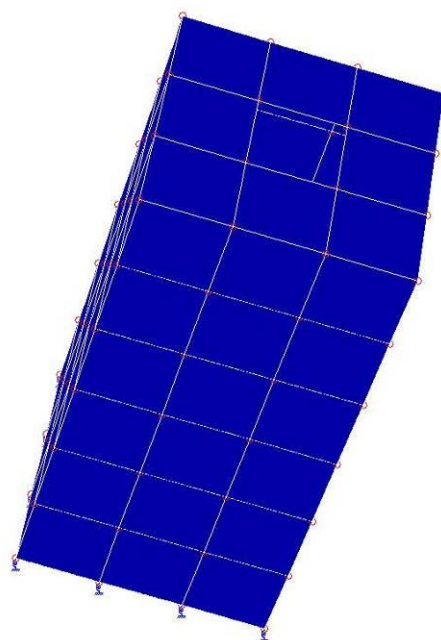
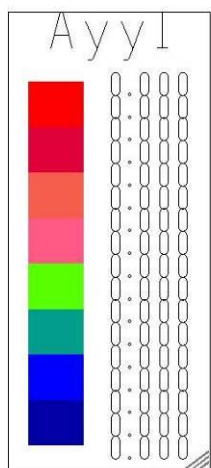


Figura 26: Verifica armatura Ayy Vasca 2

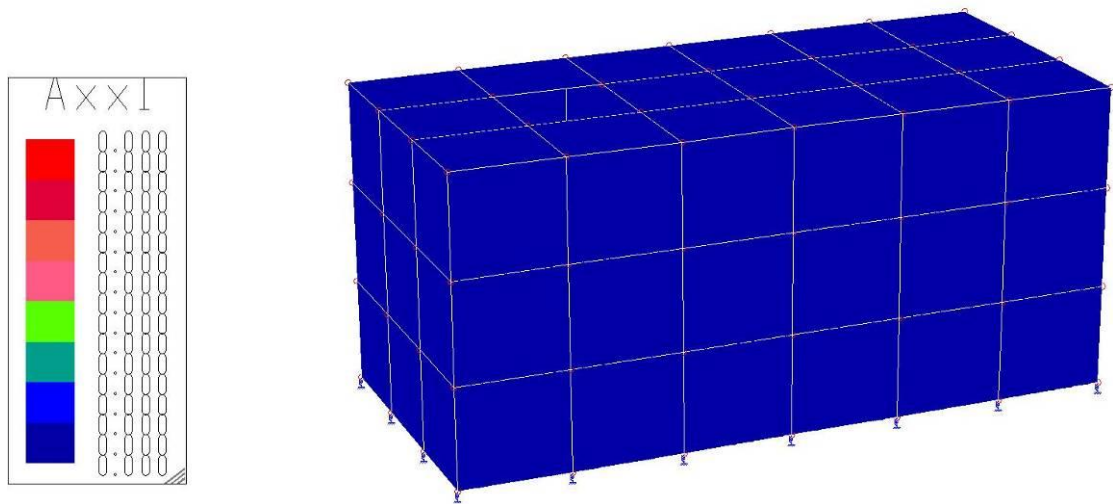


Figura 27: Verifica armatura Axx Vasca 3

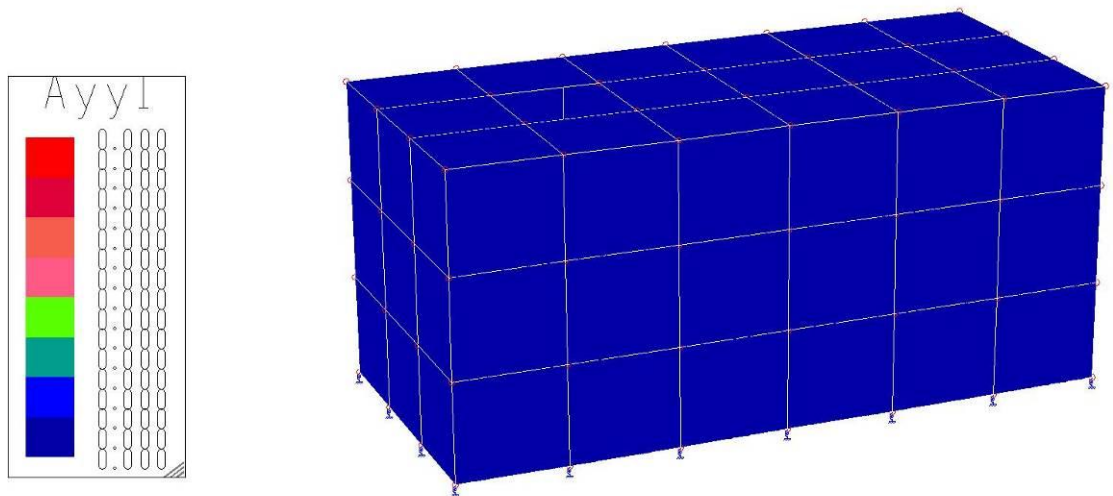


Figura 28: Verifica armatura Ayy Vasca 3

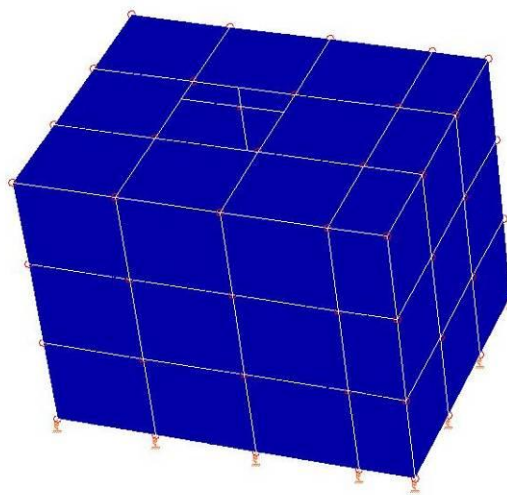
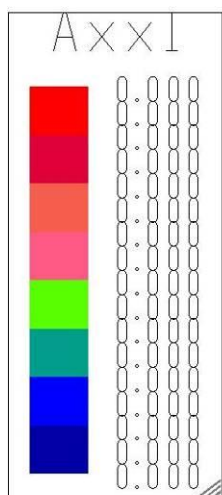


Figura 29: Verifica armatura Axx Vasca 4

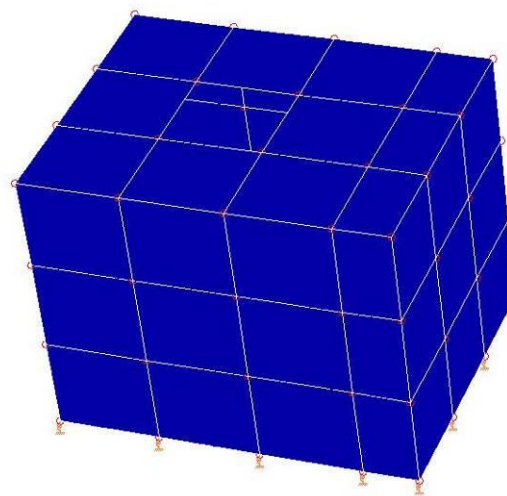
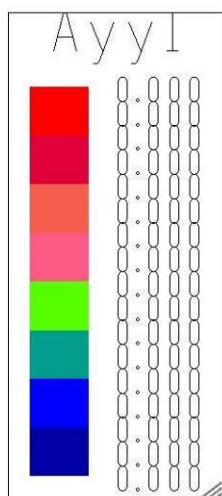


Figura 30: Verifica armatura Ayy Vasca 4

15. VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ

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.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglienti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate della Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

16. INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI 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.

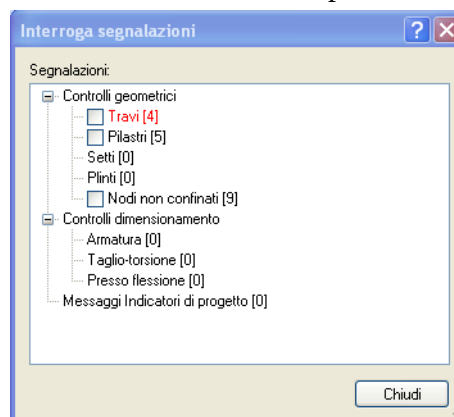
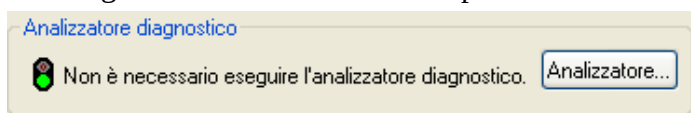
Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile 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 delle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.