



# Comune di Monterotondo

## Provincia di Roma

### NUOVO CIMITERO COMUNALE

## VARIANTE AL PROGETTO ESECUTIVO 4° LOTTO FUNZIONALE - 1° STRALCIO

SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO DELL'ENTE COMPETENTE:

PROGETTAZIONE:



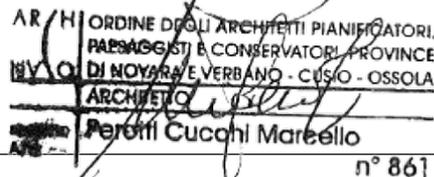
**ITALSTUDI s.r.l.**

Servizi d' Ingegneria e  
Assetto del Territorio

Via Edoardo d'Onofrio, 212  
00156 Roma

DIRETTORE TECNICO: Arch.Marcello PERETTI CUCCHI

GRUPPO DI PROGETTAZIONE: Geom. Massimo COMPAGNUCCI



OGGETTO:

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

**P.E. RS01**

DATA: 12/03/2018

Commessa	Livello Progetto	Specialistica	Progressivo	File
17_01	PE		-	17_01_A_02_D_P.E. RS01 - RelTec

Rev	Data	Descrizione	Autore

A TERMINI DI LEGGE E' SEVERAMENTE VIETATO RIPRODURRE O COMUNICARE A TERZI IL CONTENUTO DEL PRESENTE ELABORATO



## INDICE

1.1	RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA .....	3
1.2	ANALISI DEI CARICHI E PARAMETRI SISMICI ADOTTATI. ....	6
1.3	DETERMINAZIONE DEI PESI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	8
1.4	CARICHI INTRODOTTI NEL MODELLO DI CALCOLO .....	9
1.4.1	INTERVENTO 1 .....	9
1.4.2	INTERVENTO 3 .....	10
1.5	INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO .....	11
1.6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	16

## 1.1 RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Su richiesta della Committente si redige la presente relazione di calcolo volta alla verifica degli elementi strutturali prefabbricati ed in opera da utilizzarsi per l'ampliamento del cimitero civico di MONTEROTONDO nel comune di ROMA in provincia di ROMA.

### DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le strutture trattate nella presente riguarda la realizzazione di quattro opere separate e rispettivamente denominate:

- **INTERVENTO 1** - Edificio costituito da 3 x (18x4) loculi realizzati in tre strutture identiche, ciascuna costituita da 18x4 loculi e separate da due giunti tecnici di ampiezza pari a 5 cm ciascuno. La struttura in elevazione viene quindi progettata con l'uso di elementi scatolari monolitici prefabbricati in c.a. La struttura in elevazione ha dimensioni in pianta di 46.10 m x 2.50 m circa come riportato nei grafici esecutivi, mentre l'altezza massima dall'estradosso del piano di fondazione all'estradosso del solaio costituente la copertura piana è pari a 3.60 m. A tergo dei blocchi loculi è presente un cordolo che svolge la funzione di ancoraggio degli stessi ed un piccolo muro di sostegno di altezza variabile da un minimo di 80 cm fino ad un massimo di 140 cm.
- **INTERVENTO 2** – Elevazione di circa 45 cm di un muretto in c.c.a. esistente.
- **INTERVENTO 3** – Edificio costituito da 15x4 loculi realizzati all'interno di una struttura in opera in c.a. di dimensioni esterne in pianta 13.75 m x 5.00 m ed altezza massima dall'estradosso del piano di fondazione all'estradosso della veletta frontale pari a 3.65 m. Gli elementi loculi in questa struttura sono identificati come elementi secondari pertanto ignorati nell'analisi della risposta sismica interamente demandata alla struttura in opera.
- **INTERVENTO 4** – Realizzazione dei muri controterra in c.c.a. adiacenti ad una rampa di accesso al piano superiore. Le altezze variano da 95 a 170 cm.

### CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO E STRUTTURA DI FONDAZIONE

La caratterizzazione del terreno si basa sulle indagini geologiche di cui alla relazione geologica trasmessa dalla Committente.

Trattandosi di un intervento all'interno di un cimitero esistente, che per sua natura può portare a variabilità nelle caratteristiche del terreno di fondazione, la scelta progettuale della tipologia di fondazione si è indirizzata su una fondazione a platea (che garantisce la migliore uniformità possibile delle sollecitazioni trasmesse in fondazione, ed un basso valore delle sollecitazioni stesse), previa asportazione dello strato superficiale.

Secondo quanto indicato nella relazione geologica e attraverso le prove penetrometriche dinamiche è stato definito il modello geotecnico del sottosuolo che viene sintetizzato dalla presenza di uno strato di alterazione avente uno spessore variabile 0 a circa 0.30 m il quale giace su uno strato di copertura "eluvio-colluviale" fino ad una profondità di circa 1.00 m dal piano di campagna naturale.

Al di sotto di questo strato superficiale poco addensato, si trova uno strato più consistente di tufi stratificati sul quale si dovrà impostare la fondazione.

Pertanto sulla base di quanto sopra il progetto prevede delle fondazioni superficiali di tipo platea di spessore pari a 30/40 cm e magrone di spessore non inferiore a 10 cm che dovranno essere impostate al di sopra dello strato più consistente, raggiunto eventualmente tramite una massicciata di bonifica spinta fino alla quota di -100 cm circa, dal piano di campagna naturale.

**E' importante notare a questo punto che l'intera porzione dell'area interessata dagli attuali interventi risulta essere già stata "bonificata" durante le opere di sbancamento dei precedenti lotti. Gli sbancamenti risultano infatti ovunque superiori allo spessore del primo strato poco addensato e quindi le opere di bonifica di cui sopra saranno da prendere in considerazione solo qualora non sia già avvenuto lo sbancamento fino alla quota dello strato denominato "Tufi stratificati".**

La massicciata di bonifica, eventualmente necessaria, che andrà a sostituire lo strato di terreno superficiale definito come "*copertura eluvio-colluviale – terreno vegetale*", dovrà essere concretizzata con materiale arido realizzato con stabilizzato (4/7 cm) posato a strati successivi di spessore 20/30 cm ben rullato e compresso con intasamento di pietrisco minuto e costipamento fino a rifiuto, avente spessore tale da attestarsi ad una profondità di circa 100 cm dal p.c. naturale, all'interno quindi del primo strato di terreno alterato.

Nei punti in cui le strutture di fondazione si presentano affioranti dal piano di campagna e quindi non è possibile portare la massicciata di bonifica al di sopra di tale quota si dovrà operare realizzando degli strati di magrone di spessore non superiore a 40 cm ed armati almeno con una rete elettrosaldata al centro di dimensioni Ø8 maglia 20x20 in acciaio B450C.

### **STRUTTURA IN ELEVAZIONE**

Nel caso dell'INTERVENTO 3 in cui i blocchi loculi sono elementi secondari la struttura viene progettata mediante la definizione di setti e solai ai quali sono demandate tutte le funzioni di resistenza alla fase statica e sismica.

Nel caso dell'INTERVENTO 1 in cui i blocchi loculi sono strutturali e portanti la struttura in elevazione viene progettata con l'uso di elementi scatolari monolitici prefabbricati in c.a.. I moduli loculi unitamente agli elementi di tamponatura ed alla copertura sono **prefabbricati ed autoportanti**.

A chiusura anteriore dei loculi si considera un sistema composto da tamponatura più lapide del peso di 150 kg/m<sup>2</sup>.

### **CARATTERISTICHE GENERALI DEL SITO**

Il Comune di MONTEROTONDO ricade in zona sismica di cat. 2 secondo l'OPCM 3274, ed è classificato in **zona 2B** secondo la Nuova Riclassificazione Sismica Regionale DGR n.387 del 22/05/2009. L'area in esame, oggetto della realizzazione dei nuovi loculi ed edicole, costituisce la zona di ampliamento e nuova costruzione del cimitero comunale denominata come 4° LOTTO FUNZIONALE – 1° STRALCIO.

L'area è posta ad una quota di circa m 100 m sul l.m.

### **ELEMENTI PREFABBRICATI TRATTATI NELLA PRESENTE RELAZIONE:**

#### **INTERVENTO 1**

- Modulo loculo prefabbricato strutturale 2x4 ad apertura frontale. Tali elementi hanno dimensioni di ingombro in pianta di 170 x 250 cm ed altezza complessiva di 340 cm. Gli elementi sono realizzati con pareti laterali di spessore medio 5 cm e pareti centrali e posteriori di spessore medio 10 cm. Gli impalcati intermedi hanno spessore nominale pari a 10 cm.

- Modulo copertura prefabbricato. Tali elementi realizzano la copertura piana su cui è posato direttamente il manto di copertura. Gli elementi hanno dimensioni di ingombro in pianta di 285 x 330 cm e spessore variabile da 13 cm in mezzera fino a 10/8 cm in corrispondenza delle estremità e presentano già l'estradosso inclinato per il deflusso delle acque meteoriche.

### **INTERVENTO 3**

- Modulo loculo prefabbricato secondario 1x5 ad apertura frontale. Tali elementi hanno dimensioni di ingombro in pianta di 425 x 250 cm ed altezza complessiva di 80 cm. Gli elementi sono realizzati con pareti laterali di spessore medio 5 cm e pareti centrali e posteriori di spessore medio 10 cm. Gli impalcati intermedi hanno spessore nominale pari a 10 cm.
- Modulo copertura prefabbricato. Tali elementi realizzano il solaio di chiusura superiore alla catasta dei loculi sottostanti. Gli elementi hanno dimensioni di ingombro in pianta di 425 x 250 cm e spessore pari a 10 cm.
- Modulo trave prefabbricata ad arco. Tale elemento realizza la trave frontale del portico ad arco con sezione rettangolare e provvista già di veletta di coronamento. L'elemento poggia sulle colonne sottostanti in opera e presenta una sezione minima di 30x35 cm (esclusa la veletta) per una lunghezza massima di 4.60 m.

### **ELEMENTI IN OPERA TRATTATI NELLA PRESENTE RELAZIONE:**

#### **INTERVENTO 1**

- Struttura di fondazione. Tale struttura dovrà avere spessore pari a 25 cm. La fondazione dovrà poggiare su una struttura di sottofondazione realizzata in calcestruzzo magro di spessore non inferiore a 10 cm.
- Muro di sostegno posteriore di spessore pari a 25 cm ed altezza variabile da un minimo di 63 cm fino ad un massimo di 123 cm.

#### **INTERVENTO 3**

- Struttura di fondazione. Tale struttura dovrà avere spessore pari a 30/40 cm. La fondazione dovrà poggiare su una struttura di sottofondazione realizzata in calcestruzzo magro di spessore non inferiore a 10 cm.
- Setti in opera in elevazione. Tali elementi hanno spessore pari a 20/30 cm ed altezza massima pari a 3.75 m.
- Solaio di copertura in opera. Tale elemento ha spessore medio pari a 20 cm ed ingombro in pianta pari a quello dell'intera struttura.

### **CARATTERISTICHE DELLA MODELLAZIONE**

La struttura è stata calcolata in classe di duttilità **B**; ai sensi del D.M. 14.01.2008, la struttura è stata calcolata assumendo un fattore di struttura **q=1**.

I parametri di calcolo utilizzati per la verifica della struttura sono:

Categoria di sottosuolo: "C"  
Coefficiente topografico: "T1"  
Classe d'uso II;  
Vita nominale dell'opera VN 50 anni;  
Periodo di riferimento ( $V_R = V_n \times C_u = 50$  anni);  
Coefficiente d'uso  $C_U = 1.0$ ;  
Massa eccitata superiore all'85%.  
Locazione : Cimitero di MONTEROTONDO (42.06665 ; 12.63153)  
Altitudine: 100 m s.l.m.

Nel modello strutturale, per tutti i collegamenti, è stata adottata una schematizzazione puntuale che corrisponde alla loro effettiva posizione e realizzazione in cantiere; si analizzano così in modo puntuale le loro sollecitazioni in tutte le combinazioni di carico, per garantire la loro efficacia congruamente con il modello adottato.

#### QUALIFICAZIONI

Tutti gli elementi prefabbricati dovranno essere realizzati in regime di Controllo Qualità certificato secondo la norma **ISO 9001:2000**.

Gli elementi dovranno essere dotati di attestato di qualificazione del **Consiglio Superiore dei LL.PP. – Servizio Tecnico Centrale**.

Tutti gli elementi coperti da una norma europea armonizzata dovranno essere dotati di **Marchatura CE** secondo le **UNI EN 13225:2005; UNI EN 14992:2008; UNI EN 13747:2005; UNI EN 14843:2007**.

#### NOTE E PRESCRIZIONI

NOTA 1: Le strutture di sottofondazione dovranno essere impostate ad una profondità di circa 100 cm dal piano di campagna e comunque all'interno dello strato di terreno alterato.

Le strutture di fondazione dovranno essere impostate su uno strato di calcestruzzo magro di spessore non inferiore a 10 cm.

NOTA 2: Il D.L.L. devono porre particolare attenzione che l'aggancio delle strutture prefabbricate alle sottostrutture in opera sia eseguito come riportato nella presente, in modo da realizzare un idoneo vincolo per i blocchi loculi. E' a cura del D.L.L. verificare eventuali interazioni con le strutture di fondazione degli edifici esistenti ed eventualmente risolverli mettendo in atto opportuni magisteri.

NOTA 3: Sovrapposizione minima delle barre:  $40\emptyset$ , Sovrapposizione minima delle reti: due maglie

NOTA 4: Eventuali tamponature e rivestimenti, dovranno essere realizzati tramite muratura di mattoni forati o pietra avendo cura di inserire, in accordo con il paragrafo 7.3.6.3 delle Nuove Norme Tecniche, delle leggere reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate fra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 50 cm sia in direzione orizzontale che verticale.

### **1.2 ANALISI DEI CARICHI E PARAMETRI SISMICI ADOTTATI.**

L'analisi dei carichi che segue fa riferimento ai carichi che interessano la struttura prefabbricata, cioè che gravano su di essa concordati con la Committente e sulla base delle NTC08.

In questa trattazione, come precedentemente riportato, è analizzata la parte prefabbricata con i suoi carichi che gravano sulla platea di fondazione e verificare i sistemi di aggancio della struttura prefabbricata alla struttura resistente sismicamente in opera.

## ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULLE STRUTTURE PREFABBRICATE

Peso specifico del calcestruzzo:	2500 kg/m <sup>3</sup>
Peso tamponature e lapidi:	150 kg/m <sup>2</sup>
Carico utile dei loculi:	250 kg/m <sup>2</sup>
Massetti e pavimentazioni:	250 kg/m <sup>2</sup>
Carico Variabile a livello delle pavimentazioni:	200 kg/m <sup>2</sup>
Carico permanente in copertura:	
Impermeabilizzazione con doppia guaina:	15 kg/m <sup>2</sup>
Massetto delle pendenze, spessore medio 10 cm:	250 kg/m <sup>2</sup>
<b>Carico variabile in copertura (qualora inferiore a 50 kg/m<sup>2</sup> si assume comunque questo valore a copertura delle funzioni di manutenzione delle opere di copertura):</b>	<b>50 kg/m<sup>2</sup></b>

### Carichi da 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 : Roma

Zona : III

Altitudine : 100 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo :  $q_{sk} = 61.22 \text{ kg/m}^2$

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  $\alpha$ .

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.

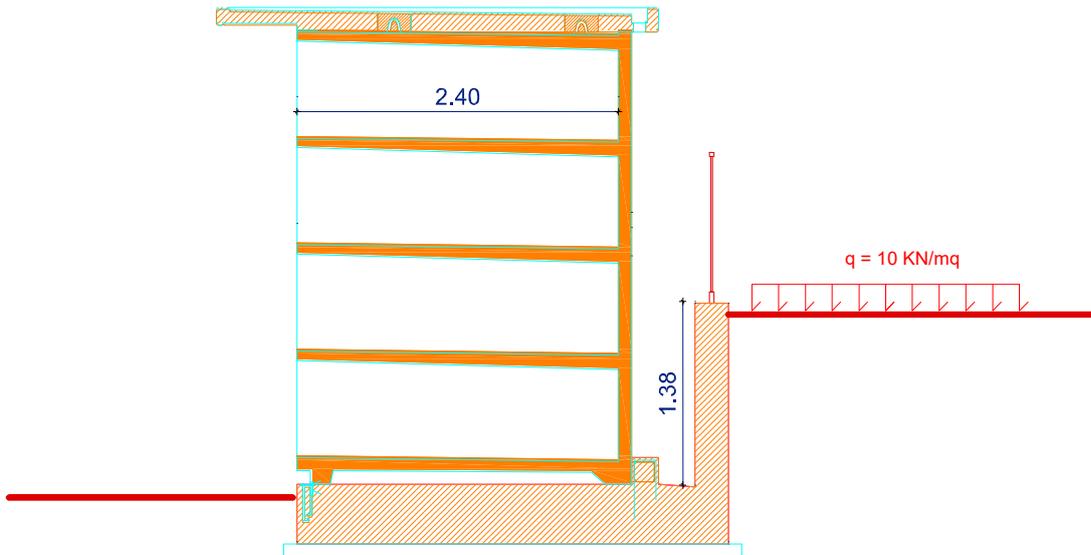
Carico da neve :

$$q_s(\mu_1(\alpha)) = 48.98 \text{ kg/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 48.98 \text{ kg/m}^2$$

### SPINTA DEL TERRENO A TERGO DEGLI EDIFICI "A"

A tergo degli edifici di tipo "A" è presente un modesto muro di sostegno di altezza massima 140 cm integrato nel getto della fondazione in opera. Tale struttura dovrà resistere oltre che alla naturale spinta della terra anche ad un ulteriore carico superficiale così come rappresentato in figura.



Di seguito si riporta la valutazione della spinta del terreno e del sovracarico.

Altezza paraghiaia (m)	h1	0	Angolo attrito interno	$\varphi^o$	25	Impalcato	
Spessore paraghiaia (m)	s1	0	Ang. attrito terra-muro	$\delta^o$	25	Ni	0 dN
Inclinazione parete (%)	i	0	Ang. attrito fondazione	$\varphi_f^o$	25	Vi	00 kN
Altezza parete (m)	h2	1.4	Peso spec. terre [kN/m3]	$\gamma_t$	15	Zoom	
Spessore in testa (m)	s2	0.2	Peso spec. muro [kN/m3]	$\gamma_m$	25		
Spessore alla base (m)	s3	0.2	Dati Sisma	$K_v$	0.0226	$K_h$	0.0452
Altezza fondazione (m)	h3	0.3	N° lati terreno		1		
Sbalzo fond. contro terra	L1	0			Lato 1	Lungh.	Dislivello
Larghezza totale fond.	L2	3.22				10	q
						0	10
					Calcolo Visualizza		

Parete		Fondazione			Sbalzi Fondazione		
St	6.741 kN	Ribaltamento	Scorrimento	Schiacciamento	M valle	12.64	
Sq	8.754 kN	St	9.036 ?2	St	9.036 ?3	M monte	0
Ss	0 kN	Sq	7.087	Sq	9.213	$\sigma_{t, valle}$	0 MPa
Si	0 kN	Ss	1.901	Ss	1.177	$\sigma_{t, monte}$	0.01390
M	7.750 kNm	Si	1.408	Si	0	% comp.	86.84
N	14.25 kN	Mr	-9.749	V	17.09	Verifiche più gravose	
V	14.04 kN	Ms	62.09	N	37.76		
	[?]	Ms/Mr	-6.369	N	38.86		
		c. scor.	0.8243	V	16.54		

Il massimo della spinta a tergo del muro è pari a:

Spinta totale:

1404 kg (per metro di striscia)

Quota di applicazione del carico:

0.55 m

### 1.3 DETERMINAZIONE DEI PESI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Si riportano di seguito i pesi strutturali dovuti alle strutture prefabbricate ed alla copertura. Tali azioni sono comprensive del carico utile dei loculi, e del peso delle lapidi, con i valori riportati nella relazione di calcolo.

Le azioni vengono fornite in termini di risultati.

Le seguenti azioni sono determinate solo come azione statica per avere un valore di riferimento circa le azioni verticali che agiscono sulle strutture di fondazione.

Anche se questi valori sono utili come riferimento per il calcolo delle strutture di fondazione per tutte le azioni che agiscono su questi si deve far riferimento a tutte le azioni in tutte le combinazioni di carico espresse nell'output riportato nella presente.

#### LOCULO 2x4 AD APERTURA FRONTALE (75x70)

Larghezza totale:	1.70	m
Altezza totale:	3.40	m
Profondità totale:	2.50	m
Numero di aperture:	8	Nr
Larghezza media apertura:	0.75	m
Altezza media apertura:	0.70	m
Profondità media apertura:	2.40	m
Peso proprio elemento:	10925	kg
Peso di tamponature e lapidi:	867	kg
Carico utile di loculi ed ossari:	3600	kg
<b>TOTALE:</b>	<b>15392</b>	<b>kg</b>

#### RAPID 5 aperture

Larghezza totale:	4.25	m
Altezza totale:	0.80	m
Profondità totale:	2.50	m
Numero di aperture:	5	Nr
Larghezza media apertura:	0.75	m
Altezza media apertura:	0.70	m
Profondità media apertura:	2.40	m
Peso proprio elemento:	5500	kg
Peso di tamponature e lapidi:	510	kg
Carico utile di loculi ed ossari:	2250	kg
<b>TOTALE:</b>	<b>8260</b>	<b>kg</b>

## 1.4 CARICHI INTRODOTTI NEL MODELLO DI CALCOLO

### 1.4.1 INTERVENTO 1

Per gli edifici in oggetto si applicano i seguenti carichi nel modello di calcolo.

Carico dovuto al peso proprio della copertura ai relativi carichi permanenti e variabili

Al di sopra dei blocchi loculi è sono presenti delle lastre di spessore variabile che realizzano la superficie già inclinata per il deflusso delle acque meteoriche.

Peso proprio elemento di copertura (per metro di striscia):	$0.409 \text{ m}^2/\text{m lineare} \times 2500 \text{ kg}/\text{m}^3 / 2.50 \text{ m} = 410 \text{ kg}/\text{m}^2$
Carico permanente in copertura (per metro di striscia):	15 kg/m <sup>2</sup>
<b>TOTALE CARICHI PERMANENTI:</b>	<b>425 kg/m<sup>2</sup></b>

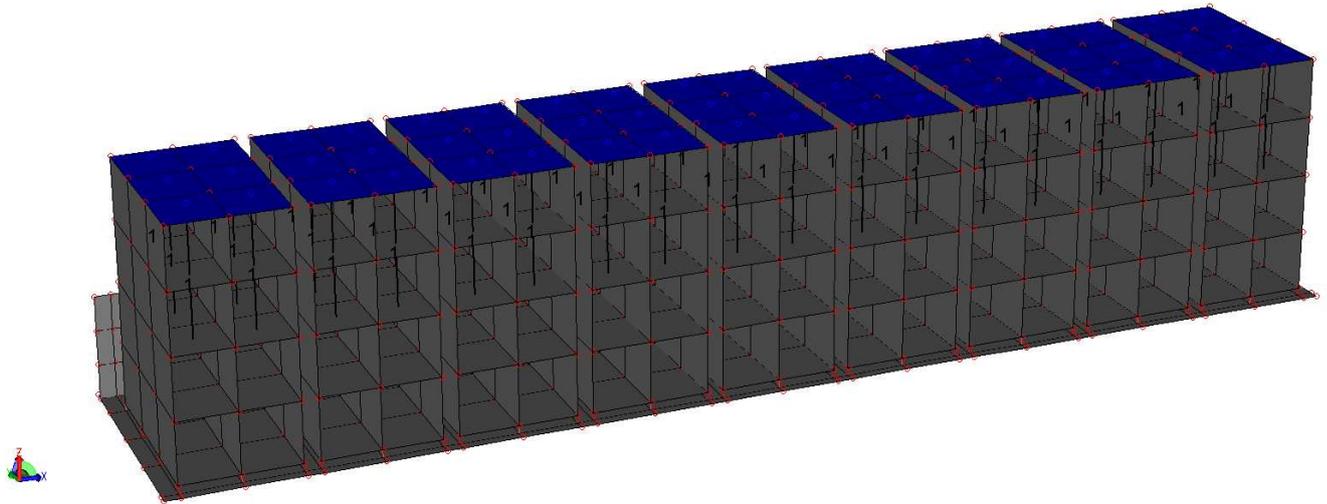


Figura 1: Area di influenza per i carichi in copertura

### 1.4.2 INTERVENTO 3

Per gli edifici in oggetto si suddividono i carichi dovuti agli elementi secondari in carichi “peso” e in carichi “massa sismica”. In questo modo si riescono a massimizzare le azioni sulle strutture in opera.

#### DEFINIZIONE DEI CARICHI “PESO” PER UNITA’ DI SUPERFICIE

Area di influenza di riferimento del modello di calcolo:  $4.50 \times 2.60 = 11.70 \text{ m}^2$

Peso specifico elementi loculi prefabbricati:  $(4 \times 5500 \text{ kg} + 2656 \text{ kg}) / A_{inf} = 2108 \text{ kg/m}^2$

Peso tamponature e lapidi:  $(4 \times 510) / A_{inf} = 175 \text{ kg/m}^2$

Carico utile dei loculi:  $(4 \times 2250) / A_{inf} = 770 \text{ kg/m}^2$

#### DEFINIZIONE DEI CARICHI “MASSA SISMICA” PER UNITA’ DI LUNGHEZZA

Area di influenza di riferimento del modello di calcolo:  $2.60 + 4.50 + 2.60 = 9.70 \text{ m}^2$

Peso specifico elementi loculi prefabbricati:  $(4 \times 5500 \text{ kg} + 2656 \text{ kg}) / 4 \times A_{inf} = 635 \text{ kg/m}$

Peso tamponature e lapidi:  $(4 \times 510) / 4 \times A_{inf} = 52 \text{ kg/m}$

Carico utile dei loculi:  $(4 \times 2250) / 4 \times A_{inf} = 232 \text{ kg/m}$

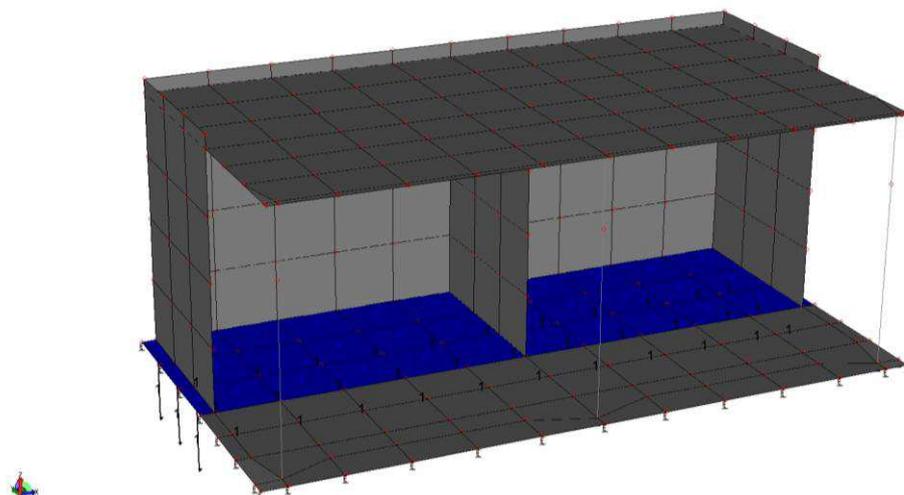


Figura 2: Area di influenza per carichi di superficie "peso"

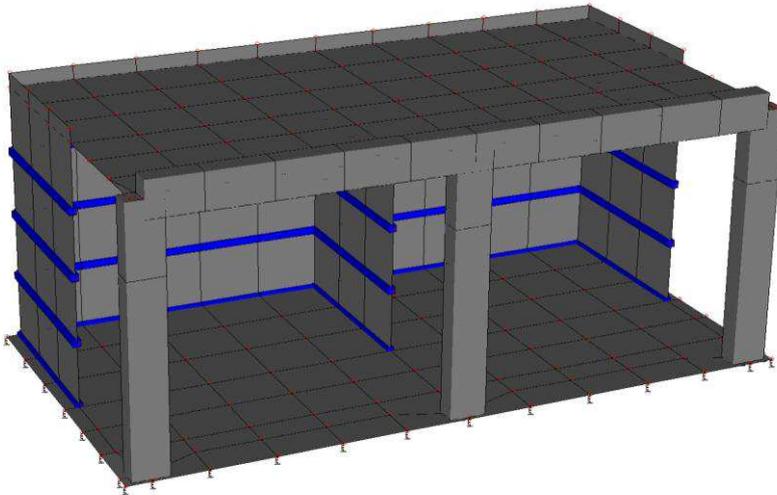


Figura 3: Area di influenza per carichi di superficie "massa sismica"

## 1.5 INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO

### CODICE DI CALCOLO ADOTTATO, SOLUTORE E AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI

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](http://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*.

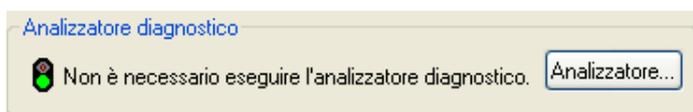
L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

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](http://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.



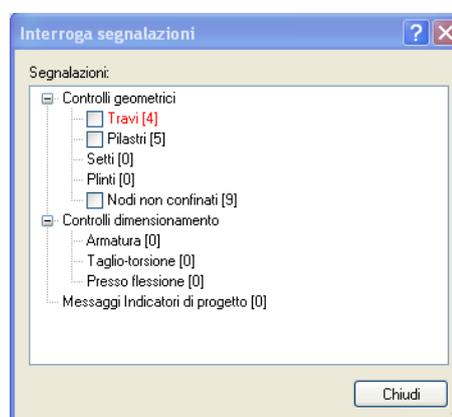
Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

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 rigidità 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.



## CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE, PROPRIETÀ DEI MATERIALI, EFFICACIA DEL MODELLO.

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e sismiche 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 rigidità nello spazio.

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 rigidità 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.

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 conforme al D.M. 14.01.2008

## VERIFICHE DI OPERE IN CEMENTO ARMATO CON IL METODO DEGLI STATI LIMITE

Travi, pilastri, setti e travi di fondazione

Fra le informazioni di testa per le travi è anche segnalata la componente del peso proprio e il carico medio. Per i soli pilastri oltre al numero strutturale dell'asta è anche indicato l'eventuale numero di pilastrata.

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale x, y, z. Vengono riportate, in ordine:

numero combinazione di carico;

ascissa di calcolo (cm);

in sequenza  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  (F);  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  ( $F \cdot m$ ).

Per le travi e le fondazioni viene applicata la regola della traslazione. In particolare il momento flettente viene incrementato, dove richiesto, del prodotto di  $F_y$  (o  $F_z$ ) con  $0.9 \cdot d$ , dove  $d$  è l'altezza utile corrispondente.

Per elementi trave di fondazione  $F_x$ ,  $F_z$ ,  $M_y$  sono generalmente nulli.

Le convenzioni adottate sui segni delle sollecitazioni sono (vedi figura):

$F_x$  (sforzo normale) è positivo se di trazione;

$F_y$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;

$F_z$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;

$M_x$  (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a x a sinistra dell'ascissa in esame;

$M_y$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z;

$M_z$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y.

Compiono poi nel tabulato gli ulteriori risultati:

in sequenza, armatura posteriore, anteriore, inferiore, superiore ( $\text{cm}^2$ ); si noti che tali armature sono quelle totali. La sezione di due reggistaffe contribuisce in tutti e quattro i valori di armatura; per i pilastri circolari viene determinata e stampata l'armatura totale distribuita uniformemente su tutta la circonferenza;

campo (di rottura): rappresenta il campo di rottura determinato dalla procedura di verifica; nel caso delle travi, qualora sia stata deselezionata la verifica a sforzo normale, il campo di rottura viene sostituita dal rapporto  $x/d$ ;

indice di resistenza a presso-tensoflessione ( $F_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ): rappresenta il moltiplicatore delle sollecitazioni allo s.l.u., ovvero il rapporto fra la sollecitazione agente e quella resistente;

indice di resistenza a taglio/torsione ( $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$ ) o indice di resistenza a taglio/torsione (Bielle) per NTC 2008: rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;

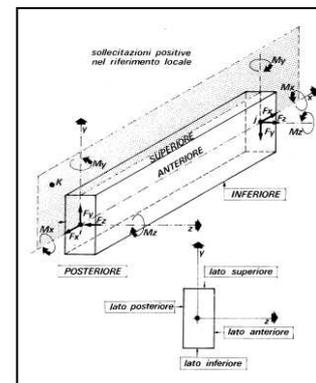
Indice di resistenza a taglio/torsione ( $V$ ,  $M_x$ ): rappresenta l'indice di resistenza "taglio e torsione" per elementi che non necessitano di armatura trasversale.

Indice di resistenza a scorrimento: compare solo nel caso di setti calcolati con l'Ordinanza 3431 e NTC 2008 e riporta l'indice di resistenza che si ricava dal rapporto fra la resistenza a scorrimento (vedi § 5.4.5.2 dell'Ordinanza e § 7.4.4.5.2.2 delle NTC/2008) e la sollecitazione di taglio.

$aswta$ ,  $aswto$ : in  $\text{cm}^2/\text{m}$  rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante, rispettivamente, dall'effetto di taglio e torsione;

passo staffe: in cm rappresenta il passo delle staffe derivante da  $aswta$  e  $aswto$  e dall'applicazione dei minimi di normativa.

per i pilastri, nel caso NTC 2008, nelle colonne  $\alpha M_y$  e  $\alpha M_z$  vengono riportati i valori dei moltiplicatori delle sollecitazioni  $M_y$  ed  $M_z$  derivanti dal rispetto della gerarchia delle resistenze trave/pilastro.



Viene evidenziata, su una riga conclusiva apposita, l'involuppo delle armature in grado di resistere a tutte le situazioni. Per la sezione rettangolare viene riportata l'armatura aggiuntiva effettiva sui quattro lati, detraendo dall'armatura totale quella dei reggistaffe. Per la sezione circolare è invece sempre riportato il valore totale distribuito. Viene infine indicato il passo delle staffe calcolato o di normativa.

Alla fine del tabulato di progetto delle armature riguardante un'asta, se attivata l'opzione sulla combinazione dei carichi, la procedura propone uno specchietto che riepiloga nell'ordine:

numero della combinazione di carico che dà luogo al momento massimo; tale sollecitazione può infatti derivare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero di combinazione o simbolo identificativo) o a causa della combinazione dei carichi permanenti e variabili o dell'eventuale momento di sicurezza (in questo secondo caso il contrassegno di combinazione è dato dal simbolo --);

xMmax; ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;

Mmax; valore del momento massimo positivo;

Ainf, D. inf agg.; armatura inferiore totale derivante dall'azione del momento massimo positivo, numero e diametro delle barre aggiuntive, come al solito, rispetto ai reggistaffe comunque presenti;

Asup, D. sup agg.; valgono le stesse considerazioni di sopra, riferite all'armatura superiore;

il rapporto  $x/d$  e l'indice di resistenza a flessione.

Nelle verifiche di esercizio per gli elementi vengono considerati i soli effetti del momento flettente  $M_z$ , ma per comodità dell'utente il tabulato riporta anche il valore delle altre sollecitazioni, incluse fra [ ] per significare che non entrano in gioco nella verifica. Per lo stesso motivo fra parentesi [ ] sono anche riportate le armature anteriori e posteriori.

Apertura delle fessure  $w$  (mm): rappresenta l'ampiezza della fessura derivante dall'azione del momento flettente  $M_z$  all'ascissa indicata. La fessura si apre superiormente per  $M_z$  negativo, inferiormente per  $M_z$  positivo.

La freccia viene riportata nel prospetto specifico (che compare a fine trave) riguardante anche il momento massimo in campata.

Per i restanti tipi di elementi (pilastri e setti) viene effettuata la sola verifica delle tensioni di esercizio (non compaiono pertanto risultati sull'apertura delle fessure e sulla freccia). La sezione viene trattata a pressotensionamento, trascurando in questo caso l'eventuale contributo del calcestruzzo a trazione. Vengono ignorate agli effetti della verifica le sollecitazioni torcenti e di taglio, comunque riportate fra [ ] nei tabulati per memoria.

Se si verifica la necessità di armare a punzonamento le travi o le fondazioni viene determinata la sezione complessiva delle barre piegate, che andranno disposte parallelamente alle staffe della trave.

Vengono indicate:

asta: numero dell'asta oggetto di verifica;

ascissa  $x$  (cm): ascissa dell'asta;

taglio: valore dell'azione di taglio complessiva agente al nodo;

carico limite di punzonamento;

coefficiente di sicurezza al punzonamento;

armatura piegati a punzonamento ( $\text{cm}^2$ ), eventuale.

Risultati gerarchia resistenze (NTC 2008)

La **stampa del taglio sismico** esegue la stampa dei risultati della specifica verifica a taglio prevista per travi e pilastri al fine del rispetto della gerarchia flessione/taglio prescritto al punto § 7.4.4.1 e 7.4.4.2 delle NTC/2008. Tale verifica, che dipende dalle armature effettivamente poste in opera, viene effettuata all'atto della creazione del disegno o di una sua modifica.

Tale stampa riporta:

il taglio  $F_y/F_z$  riferito agli schemi aggiuntivi calcolati ed il loro involuppo;

l'armatura inferiore e superiore effettivamente disegnata ed individuata nel disegno al netto della lunghezza di ancoraggio;

l'indice di resistenza a taglio: rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;

aswta: in  $\text{cm}^2/\text{m}$  rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante dall'effetto del taglio qui calcolato;

passo: in cm rappresenta il passo delle staffe derivante da Aswta qui calcolata;

Mr.inf e Mr.sup: rappresentano i momenti resistenti calcolati sulla base dell'armatura inferiore e superiore utilizzati nel calcolo del taglio negli schemi previsti. Mr.inf rappresenta il momento resistente della sezione quando l'armatura tesa è l'inferiore, Mr.sup è il momento resistente della sezione quando l'armatura tesa è la superiore.

I risultati per elementi in stato piano di tensione, stato piano di deformazione, assialsimmetrici

Il tabulato riporta:

numero elemento in esame;

per N11, N22, N33 (F): massimo valore positivo riscontrato fra tutte le combinazioni di carico previste; fra parentesi viene indicato il numero di combinazione che ha dato luogo alla situazione più sfavorevole in esame; N33 non ha significato per l'elemento "lastra" e non compare nel tabulato;

per N11, N22, N33 (F): massimo valore negativo riscontrato fra tutte le combinazioni di carico previste; valgono le considerazioni di cui sopra;

N11, N22 e N33 sono gli sforzi normali che agiscono su una particolare sezione dell'elemento; lo sforzo normale è positivo se di trazione;

Successivamente il programma riporta:

A11, A22 (cm<sup>2</sup>), A33 (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>); il programma determina l'armatura totale e il numero di barre da porre in opera per sostenere lo sforzo normale agente su una particolare sezione. A33 viene calcolata solo per gli elementi in stato piano di deformazione e assialsimmetrico: in questo caso il programma riporta l'armatura in cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> (quindi per unità di superficie) e il corrispondente numero barre/m<sup>2</sup>;

indici di resistenza per le tensioni massime riscontrate, rispettivamente, nel calcestruzzo e nell'acciaio, nonché per la tensione di taglio, con l'indicazione della combinazione di carico più gravosa.

I risultati per elementi guscio

Il tabulato riporta:

numero elemento in esame.;

numero combinazione di carico;

Nxx (F), Mxx (F\*m), Nyy (F), Myy (F\*m): sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente; le sollecitazioni con indice xx producono tensioni in direzione locale xx; analogamente per yy. Si tenga presente che gli sforzi normali sono positivi se di trazione, i momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori.

Successivamente vengono riportati gli esiti della verifica:

Axx inf, Axx sup, Ayy inf, Ayy sup (cm<sup>2</sup>): le armature in direzione xx risultano dalla verifica a pressoflessione effettuata sulla base di Nxx e Mxx; analogamente per yy; le sollecitazioni sono calcolate per un tratto pari al passo;

indici di resistenza per le verifica a pressoflessione, a taglio nel piano e a taglio fuori piano. Per il taglio nel piano si controlla che  $S_{xy} \leq f_{cd}/(f_{ck})^{1/2}$ ; l'indice di resistenza a taglio è il rapporto fra il primo e il secondo termine della disuguaglianza;

il taglio fuori piano (chiamato Vz), agente lungo l'asse locale z ortogonale all'elemento, viene perciò utilmente confrontato con il taglio limite Vrd1 contemplato per sezioni sprovviste di armatura a taglio.

I risultati della verifica a punzonamento si riferiscono alla situazione più sfavorevole che determina il valore più elevato dell'azione di punzonamento.

Vengono riportati:

forza di punzonamento (valore dell'azione di punzonamento agente al nodo);

carico limite di punzonamento;

se necessaria: armatura totale teorica nella 1<sup>a</sup> direzione locale (cm<sup>2</sup>), ovvero parallelamente all'asse locale y del pilastro;

analogamente per la 2<sup>a</sup> direzione, parallela all'asse locale z.

Travi, pilastri e travi di fondazione

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

Fx = forza assiale nella direzione locale x;

Fy = taglio nella direzione locale y;

Fz = taglio nella direzione locale z;

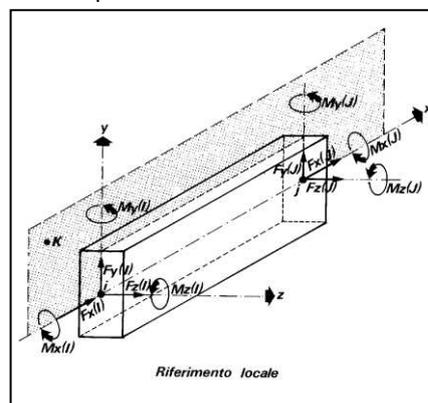
Mx = momento torcente attorno all'asse locale x;

My = momento flettente attorno all'asse locale y;

Mz = momento flettente attorno all'asse locale z,

con le seguenti convenzioni sui segni:

forze positive se concordi con gli assi locali (F);



momenti positivi se anteriori rispetto gli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo ( $F*L$ ).

Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.

Nell'analisi dinamica vengono calcolate le medesime sollecitazioni per ognuna delle tre azioni sismiche previste (Z eventuale). Viene evidenziato il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta alla combinazione di tutti i modi di vibrazione mediante il criterio prescelto dall'utente.

Per le travi di fondazione il programma calcola ai due nodi estremi della trave e in tutti i punti intermedi generati per effetto della suddivisione della trave di fondazione, per ogni combinazione di carico:

- Fy = taglio nella direzione locale y (F);
- Mx = momento torcente attorno asse locale x ( $F*L$ );
- Mz = momento flettente attorno asse locale z ( $F*L$ );
- UZ = spostamento lungo Z (L);
- rX = rotazione intorno X (rad);
- rY = rotazione intorno Y (rad);
- pressione sul suolo ( $F/L^2$ ).

Gusci

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

- Sxx ( $F/L^2$ );
- Syy ( $F/L^2$ );
- Sxy ( $F/L^2$ );
- Mxx ( $F*L/L$ );
- Myy ( $F*L/L$ );
- Mxy ( $F*L/L$ );
- $\sigma_{idsup}$  ( $F/L^2$ );
- $\sigma_{idinf}$  ( $F/L^2$ ).

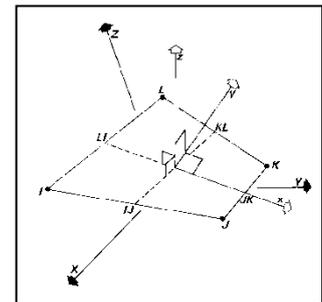
Sxx, Syy, Sxy rappresentano le tensioni membranali (vedi figura)

Mxx rappresenta il momento flettente (per unità di lunghezza) che produce tensioni in direzione locale x; analogamente per Myy;

Mxy rappresenta il momento torcente (sempre per unità di lunghezza).

Le tensioni ideali  $\sigma_{idsup}$  (al bordo superiore, ovvero sul semiasse positivo dell'asse locale z) e  $\sigma_{idinf}$  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 Mxx si sovrappongono alle tensioni Sxx, con segno positivo al bordo superiore, con segno negativo al bordo inferiore (analogamente per Myy e Syy). Gli effetti tensionali da momento torcente vengono sovrapposti a Sxy. 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 Sxx, Syy, Sxy, Mxx, Myy, Mxy. Nel calcolo degli involuipi viene effettuata la sovrapposizione. Anche in questo caso vengono calcolate le tensioni ideali. Nell'analisi statica e negli involuipi 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.



## 1.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le strutture dell'edificio in oggetto è stata dimensionata secondo le seguenti norme e leggi:

- Leggi 5.11.1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. 16.1.1996 - Norme relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- D.M. 9.1.1996 - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16.1.1996 – Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- L. 2.2.1974 n. 64 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Circolare 15.10.1996 n. 252 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 9.1.1996.
- Circolare 4.7.1996 n. 156 - 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. 16.1.1996.
- Circolare Min. LL.PP. n. 65 del 10.4.1996 – Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16.1.1996.
- D.M. 3.12.1987 - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- D.M. 14.2.1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche (parte relativa al "metodo delle tensioni ammissibili").
- Norme CNR 10011/85 - Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- Norme CNR 10012/85 - Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni.
- D.M. 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii 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 fondazioni.
- D.M. 14/01/2008 Nuove Norme Tecniche sulle costruzioni (NTC).

Per le caratteristiche dei materiali si fa riferimento ove applicabili alle seguenti Norme:

- UNI 206-1:2006 – Calcestruzzo specificazione prestazione produzione conformità.
- UNI ENV 1992 - Eurocodice n. 2: progettazione delle strutture cementizie. Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI-ENV 197/1 - Cemento, Composizione, Specificazioni e criteri di conformità.
- UNI 8520 - Aggregati per confezione di calcestruzzi - Definizione, classificazione e caratteristiche.
- UNI 5744 - Rivestimenti metallici protettivi a caldo. Rivestimenti di zinco ottenuti per immersione.
- UNI EN 10025 - Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali - Condizioni tecniche di fornitura.
- ENI EN 10020 - Definizione e classificazione dei tipi di acciaio.
- UNI ENV 1993 - Eurocodice 3 - Progettazione di strutture in acciaio - Regole generali e regole per edifici.
- UNI 8942 – Prodotti in laterizio per murature – Terminologia, sistema di classificazione. Criteri di accertazione – Metodi di prova.
- UNI 11104:2004 – Calcestruzzo specificazione prestazione produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
- UNI 13369:2004 – Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo.

Villadossola (VB), lì 12.03.2018

Il progettista  
Arch. Marcello Peretti Cucchi