



**Il Sindaco di Napoli**

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## **RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO**

### **1. PREMESSA**

Il gruppo di progettazione del commissariato delegato ex O.P.C.M. N° 3566 del 05/03/2007 per “l'emergenza traffico e mobilità” nel comune di Napoli, con sede in via Cervantes 55/5 – 80133 Napoli, ha provveduto alla redazione del **PROGETTO ESECUTIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCHEGGIO MULTIPIANO A STRUTTURA INTELAIATA CON NUCLEI DI IRRIGIDIMENTO** da realizzarsi in via Emilio Scaglione in adiacenza alla stazione metropolitana denominata “Chiaiano”.

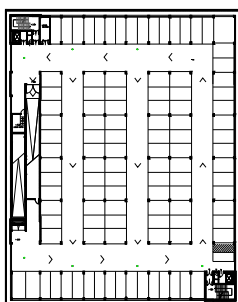
Lo staff tecnico preso atto dell'incarico suddetto hanno provveduto ad effettuare i necessari studi tecnici onde correttamente dimensionare e verificare le membrature portanti verticali ed orizzontali in conglomerato cementizio armato costituenti la struttura portante, ispirandosi alla normativa italiana ed alle regole della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni.



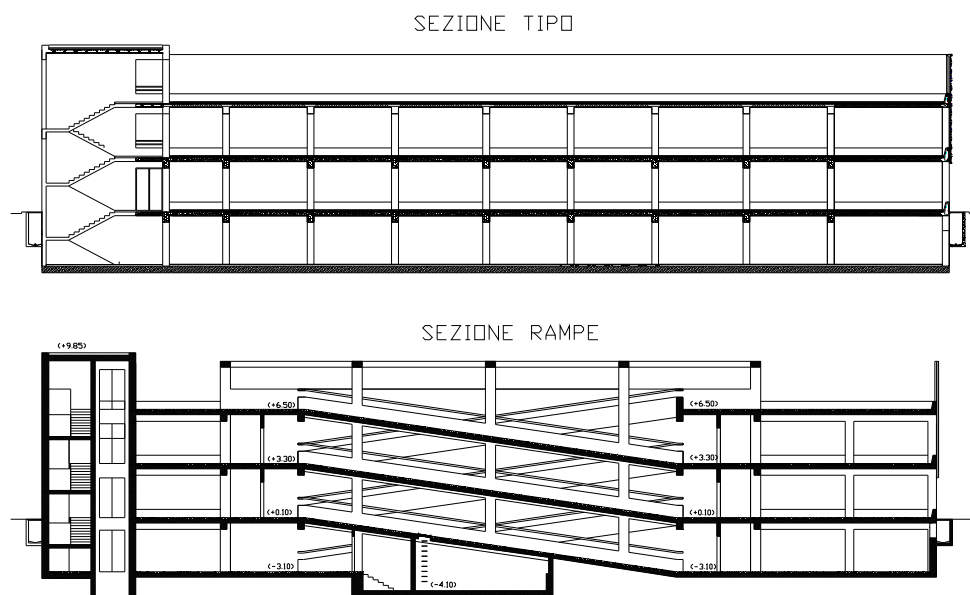
**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## **2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA**

Il parcheggio presenta una forma in pianta rettangolare di dimensioni 53,40 m per 52,95 m; con un'altezza entro terra di 3,2 m e fuori terra di 6,4 m, è dotato di quattro livelli di parcheggio per un numero complessivo di circa 400 posti.



**Fig. 1 : Pianta piano Tipo**

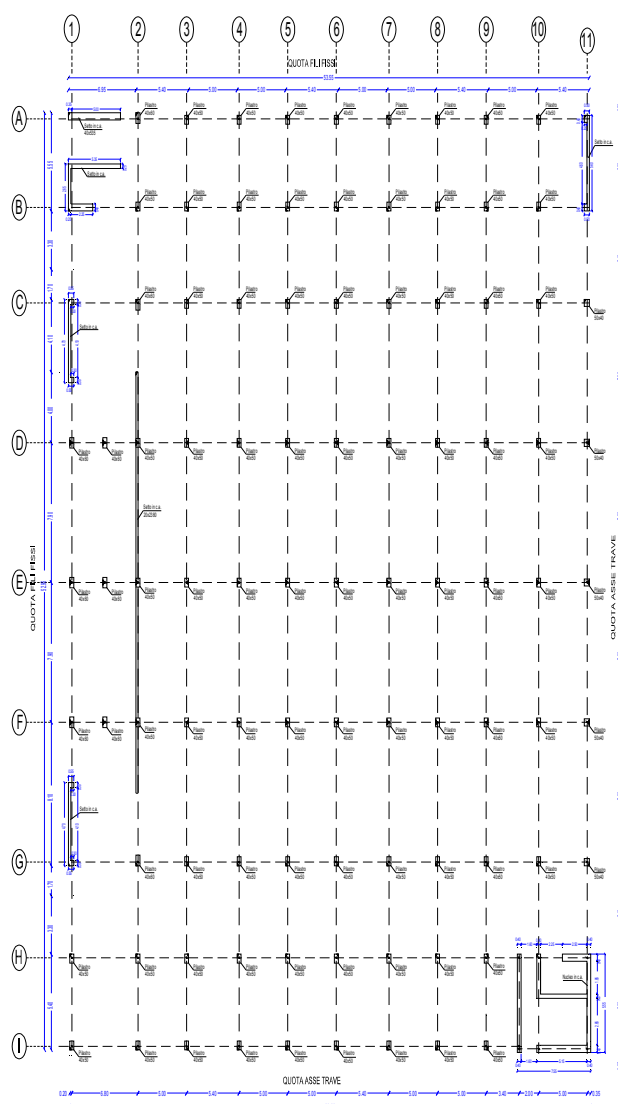


**Fig. 2 : Sezione tipo e sezione rampe**



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

La struttura portante è di tipo intelaiato con nuclei di irrigidimento posti lungo una diagonale e da un setto posto in corrispondenza della rampa, un ulteriore setto in corrispondenza dei locali tecnici.



**Fig. 3 : Pianta degli elementi verticali**

Gli impalcati orizzontali si realizzano con lastre tralicciate prefabricate di altezza pari a 22 cm con una soletta inferiore di 4 cm ed una superiore di 5 cm. Le lastre sono alleggerite con parallelepipedi di polistirolo di dimensioni 45 cm x 13 cm disposti con interasse di 60 cm; i travetti sono di larghezza



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

pari a 15 cm e armati con barre da 12 mm di diametro e con un traliccio in acciaio con staffe piramidali di diametro pari a 5 mm.

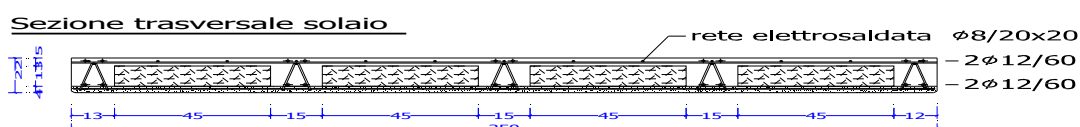


Fig. 4 : Sezione trasversale del solaio tipo

Le travi interne portanti il solaio sono emergenti ed intradossate, con sezione trasversale rettangolare di altezza pari 60 cm e base 40 cm, mentre quelle perimetrali sono estradossate e presentano una sezione trapezia con altezza pari a 80 cm e base inferiore di 30 cm. Le travi di collegamento non portanti solaio sono a spessore di solaio ed hanno dimensioni 70 cm x 22 cm.

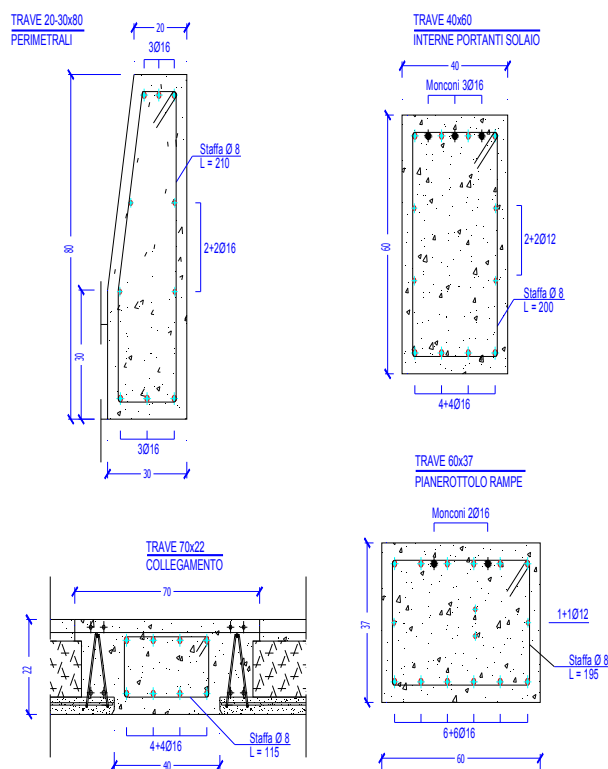


Fig. 5 : Sezione trasversale delle travi di impalcato



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

I pilastri sono tutti di forma rettangolare con dimensioni 40 cm x 50 cm, eccetto quelli in corrispondenza delle rampe di dimensioni 40 cm x 60 cm., con una percentuale di armatura pari a circa il 2%.

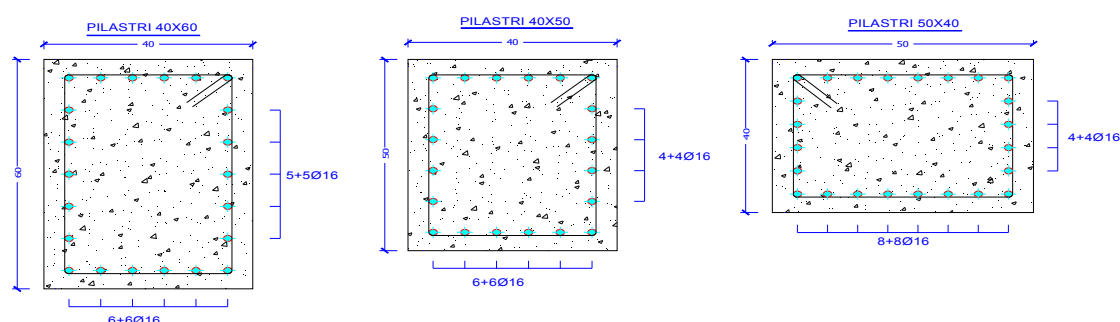


Fig. 6 : Sezione trasversale dei pilastri

Le scale sono della tipologia a gradini a sbalzo dalle pareti costituenti i nuclei di irrigidimento, con soletta di 6 cm di ripartizione dei carichi.

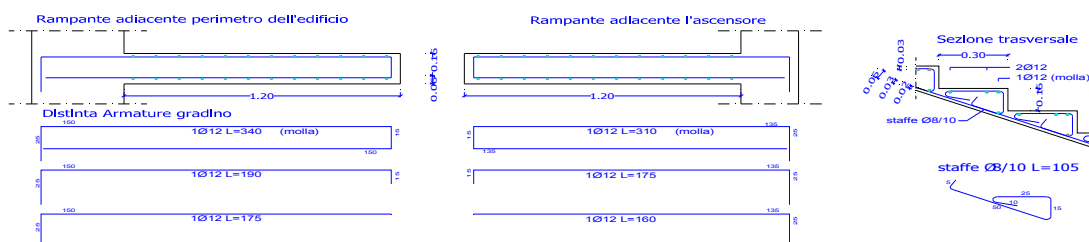


Fig. 7 : Sezione trasversale dei gradini

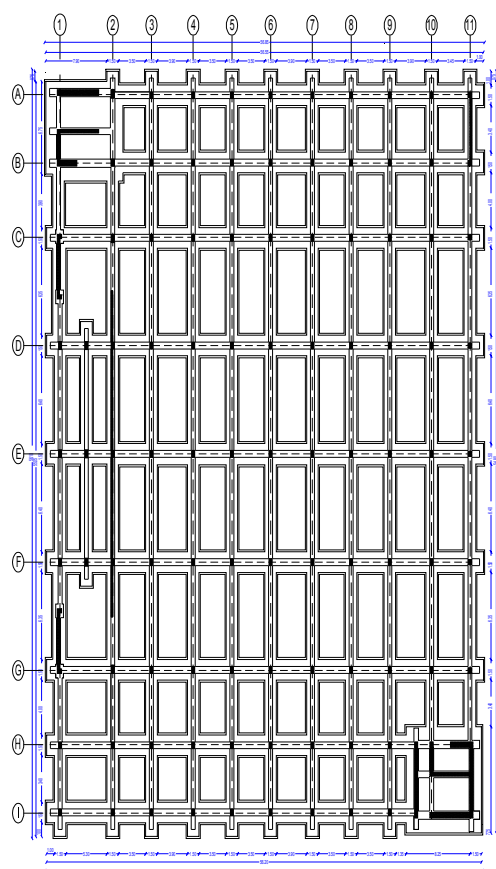
Le rampe sono realizzate con solette a lastre prefabbricate di altezza pari a 22 cm poggianti su travi estradossate di dimensioni 20 cm x 120 cm aventi anche funzione di parapetto.

La fondazione è del tipo diretto a travi rovesce poggianti su uno strato di

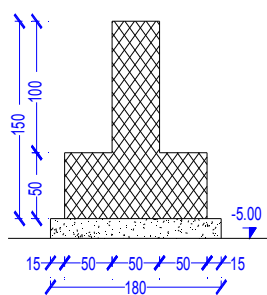


**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

calcestruzzo magro; in corrispondenza dei nuclei si prevede la realizzazione di una piastra nervata. Le travi rovesce presentano una base inferiore di 150 cm ed una superiore di 50 cm, lo spessore dell'ala inferiore è di 50 cm mentre l'altezza complessiva è di 150 cm.



**Fig. 8 : Pianta delle fondazioni**



**Fig. 9 : Sezione trasversale della trave di fondazioni**



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

### **3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Nella stesura della presente relazione si sono seguite le indicazioni contenute nella normativa vigente. In particolare si sono considerate le seguenti normative:

#### **STRUTTURE IN C.A.**

- **Legge 5 Novembre 1971 N° 1086** – “ *Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica* ” ;
- **D.M. 14 Gennaio 2008** - “ *Nuove norme tecniche per le costruzioni* ”

#### **CLASSIFICAZIONI SISMICHE**

- **Delibera della Giunta della Regione Campania n° 5447 del 07/11/02** - “Riclassificazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio regionale”
- **Deliberazione Regiona Campania n° 334 del 31/01/03** - “Regolamento per la fase transitoria di applicazione delle norme tecniche nei comuni dichiarati o riclassificati sismici con Del. di G.R. n.5447 del 07/11/2002 pubblicato sul BURC n.09 del 24/02/2003”

#### **CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

- **UNI 9858 Maggio 1991** – “Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità ”;
- **UNI ENV 206 Febbraio 1991** – “ Calcestruzzo - Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità ”;



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## 1. CARATTERISTICA DEI MATERIALI

### Conglomerato cementizio di classe 25/30

Il conglomerato cementizio adottato è del tipo C25/30 durevole per impieghi strutturali secondo le norme UNI-EN 206-1 e UNI 11104 in conformità al D.M. 14/09/2005 e secondo le norme UNI 11040 per i calcestruzzi autocompattanti (SCC). Le caratteristiche dell'ambiente di messa in opera è del tipo XC1 ed i rischi connessi sono di corrosione indotte dalla carbonatazione. La resistenza caratteristica a 28 giorni di stagionatura deve essere non inferiore a  $R_{ck}$  30.

TIPOLOGIA CALCESTRUZZO	
Rapporto $\frac{Acqua}{Cemento} = 0,45$ $Slump = 18\text{ cm}$ Additivo SUPERFLUIDIFICANTE Stagionatura 28 giorni	
DOSAGGIO per $1\text{ m}^3$ di calcestruzzo	
Inerte calcareo a spigoli vivi $D_{max} = 2,5\text{ cm}$ Inerte calcareo a spigoli vivi $D_{max} = 1\text{ cm}$ Sabbione bianco Cemento tipo 425 Acqua	$0,8\text{ m}^3$ $0,4\text{ m}^3$ $0,4\text{ m}^3$ 300 Kg 135 litri

Il comportamento meccanico del materiale è schematizzato con un andamento parabola rettangola con una resistenza di progetto pari a  $f_{cd}$ .

Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$
Resistenza media a trazione semplice:	$f_{ctm} = 2,56 \text{ MPa}$





## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Resistenza media a trazione per flessione:	$f_{ctm} = 3,08 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica di progetto a compressione:	$f_{cd} = 14,17 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a trazione	$f_{ctm} = 1,20 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità normale:	$E_{cm} = 31476 \text{ MPa}$
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,2$ (cls non fessurato)
	$\nu = 0$ (cls fessurato)

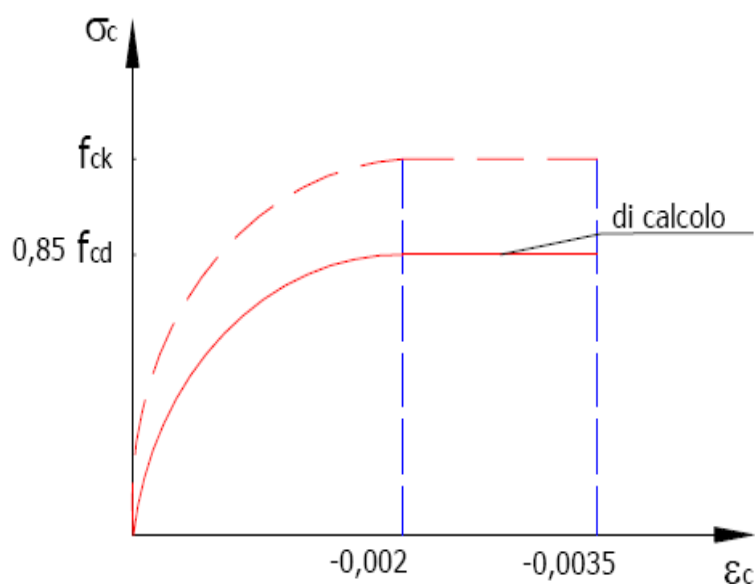


Fig. 10 : Legame costitutivo  $\sigma$ - $\epsilon$  del calcestruzzo

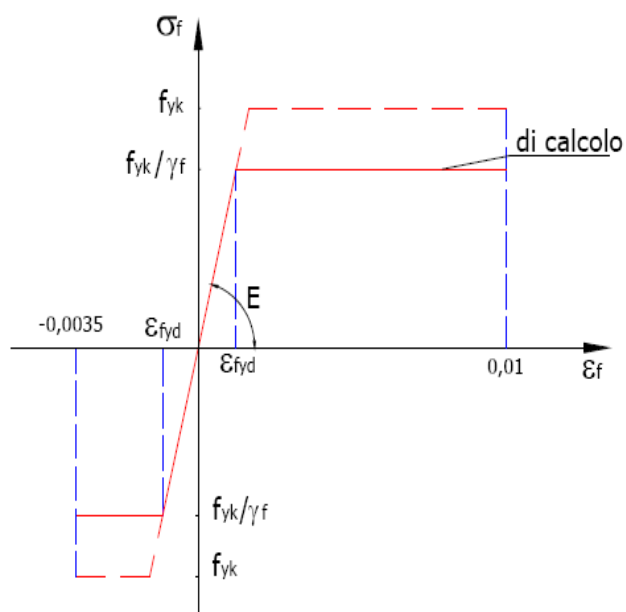
### Acciaio in barre B450C per cemento armato

Tensione normale di snervamento:	$f_{yk} = 450,0 \text{ MPa}$
Tensione normale di rottura:	$f_{tk} = 540,0 \text{ MPa}$
Tensione normale di progetto:	$f_{yd} = 391,3 \text{ MPa}$
Tensione di progetto di aderenza acciaio calcestruzzo:	$f_{bd} = 2,69 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità normale:	$E_{cm} = 210000 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità tangenziale:	$E_{cm} = 80000 \text{ MPa}$
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Il comportamento meccanico del materiale è schematizzato con un andamento elastico perfettamente plastico con una resistenza di progetto pari a  $f_{yd}$ .



**Fig. 11 : Legame costitutivo  $\sigma$ - $\epsilon$  del calcestruzzo**

In conclusione i materiali adottati per le strutture portanti sono: Conglomerato C25/30 ed acciaio B450C con i rispettivi coefficienti parziali di sicurezza pari a 1,5 e 1,15 come da normativa.



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## **2. ANALISI DEI CARICHI**

Le azioni permanenti da inserire nelle combinazioni di cui al § 2.5.3 del D.M. del 14/01/2008 legate all'azione gravitazionale sono determinate a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali di cui è composta la costruzione sia nelle parti strutturali sia in quelle non strutturali: i pesi dell'unità di volume e i carichi pertinenti sono definiti a partire dalle indicazioni dei §§ 3.1.2 , 3.1.3. e 3.1.4, della suddetta normativa.

I carichi sono in genere da considerare come applicati staticamente. Oltre che nella situazione definitiva d'uso, sono state considerate anche le azioni agenti in tutte le fasi esecutive della costruzione laddove necessario.

Sono stati considerati come carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti.

Essi sono stati valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti. I carichi permanenti portati ed i carichi variabili sono assunti, per la verifica d'insieme, come uniformemente ripartiti in presenza di orizzontamenti anche con orditura unidirezionale ma con capacità di ripartizione trasversale. I tramezzi e gli impianti leggeri sono assunti come carichi equivalenti distribuiti pari a  $1,2 \text{ kN/m}^2$  solo in corrispondenza dei locali destinati ad ufficio.

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

- carichi verticali uniformemente distribuiti  $q_k$  [ $\text{kN/m}^2$ ],
- carichi verticali concentrati  $Q_k$  [ $\text{kN}$ ].
- carichi orizzontali lineari  $H_k$  [ $\text{kN/m}$ ]

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  sono stati definiti facendo riferimento ai valori riportati nella Tab. 3.1.II della suddetta norma. Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari. I carichi verticali concentrati  $Q_k$  formano oggetto di verifiche locali distinte e non sono stati sovrapposti ai corrispondenti carichi verticali ripartiti; essi sono applicati su impronte di carico di  $10 \text{ kN}$  di forma dell'impronta quadrata pari a due impronte di  $200 \times 200$



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

mm, distanti assialmente di 1,80 m. Il carico distribuito  $q_k$  è stato posto pari  $2,5 \text{ kN/m}^2$  così come definito per la Cat. F ( “Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a  $30 \text{ kN}$ ” ).

I carichi variabili orizzontali (lineari)  $H_k$  pari a  $1 \text{ kN/m}$  indicati nella Tab. 3.1.II, sono utilizzati esclusivamente per verifiche locali e non si sommano ai carichi utilizzati nelle verifiche dell’edificio nel suo insieme, sono applicati a pareti - alla quota di 1,20 m dal rispettivo piano di calpestio - ed a parapetti o mancorrenti - alla quota del bordo superiore.

I carichi agenti sui solai di impalcato sono riportati di seguito e sono stati calcolati considerando che i solai sono realizzati attraverso lastre in calcestruzzo armato ad intradosso piano, di larghezza massima pari a 250 cm, aventi una soletta inferiore spessa 4 cm (che assolve anche alla funzione antincendio) irrigidita da tralicci metallici di altezza pari a 12,5cm e dotate di blocchi di polistirolo posti tra i tralicci di alleggerimento del solaio per uno spessore totale del solaio è di 22 cm, con una soletta superiore di 4 cm.

- **Peso proprio solaio:**  $g_{1k}: 3,00 \text{ kN/m}^2$   
(solaio lastre tralicciate)
- **Sovraccarichi permanenti:**  $g_{2k}: 1,00 \text{ kN/m}^2$   
(massetto, impermeabilizzante)
- **Sovraccarichi accidentali:**  $q_k: 2,50 \text{ kN/m}^2$   
(Rimesse e parcheggi)

In definitiva il peso complessivo in esercizio con il massimo carico previsto è pari a  $6,5 \text{ kN/m}^2$

Come precedentemente riportato le azioni caratteristiche saranno combinate tra loro secondo le indicazioni di normativa; di seguito si riportano in sintesi le combinazioni adottate ai fini delle verifiche degli stati limite.



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \gamma_{Q2} \times \psi_{02} \times Q_{k2} + \gamma_{Q3} \times \psi_{03} \times Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE):

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} \times Q_{k2} + \psi_{03} \times Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio a fessurazione (SLE):

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \psi_{23} \times Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \psi_{23} \times Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ . I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono riportati in normativa in § 2.6.1, Tab. 2.6.I, e sono pari nel caso in esame a:

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Le verifiche agli stati limite sono eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni definite nel § 2.5.3 della norma.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

I valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi sono stati forniti dalla Tabella 2.6.I, e le successive Tabelle 5.1.V e 5.2.V della norma, adottando il primo approccio progettuale, in cui si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R). Nella *Combinazione 1* dell'*Approccio 1*, per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1 delle Tabelle sopra citate, mentre nella *Combinazione 2* dell'*Approccio 1*, si impiegano invece i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A2.

**Tabella 2.6.I**

<i>Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU</i>		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevole sfavorevole	$\gamma_{G1}$	0,9 1,1	1,0 1,3	1,0 1,0
Carichi permanenti non strutturali	favorevole sfavorevole	$\gamma_{G2}$	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3
Carichi variabili	favorevole sfavorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Le azioni agenti sui solai sono state definite con riferimento ad una fascia di larghezza pari ad 1 m, le campate sono caricate con una disposizione a scacchiera definita con l'utilizzo delle linee di influenza che massimizzano le sollecitazioni in campata ed agli appoggi.

Di seguito si riportano le cinque combinazioni di carico, come prescritto da normativa, in cui sono riportati i carichi permanenti  $G_{k1}$  e quelli accidentali  $Q_k$  rappresentati con rettangoli bianchi con bordo nero.

### **Combinazioni di carico**

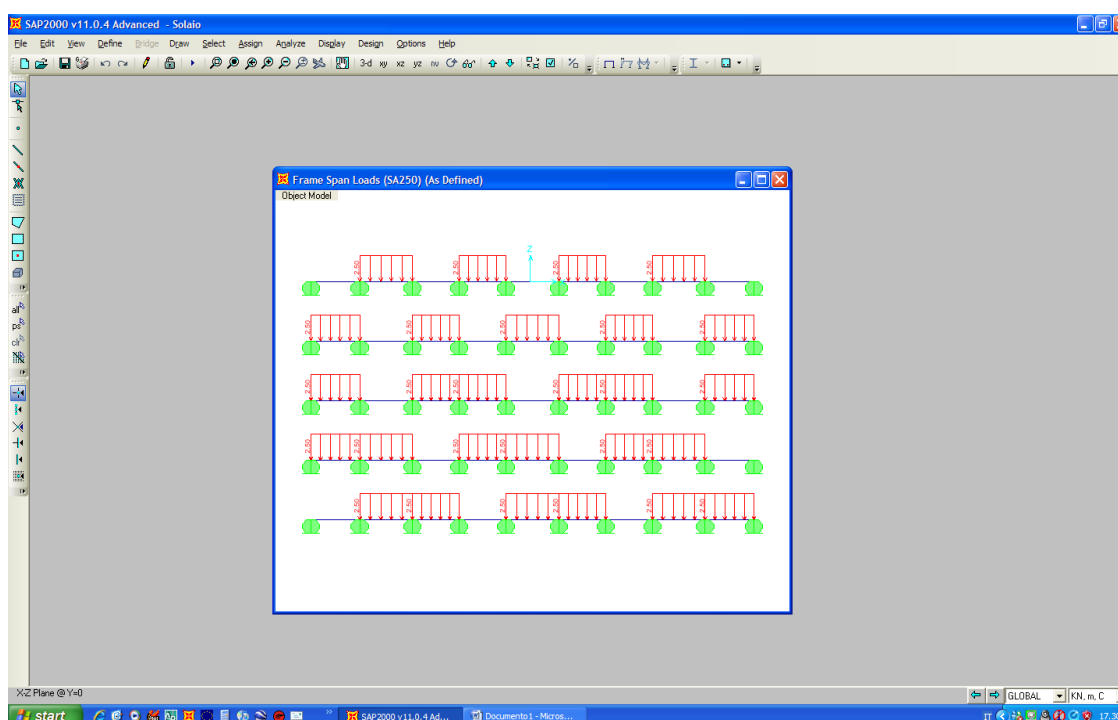




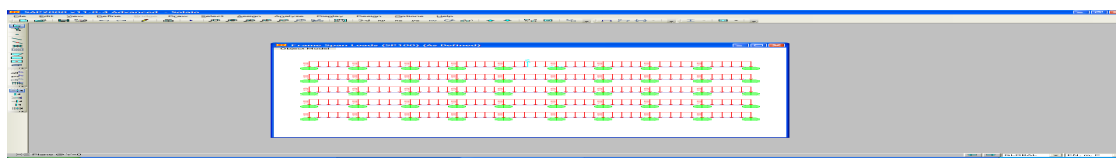
**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

### **3. MODELLAZIONE DEL SOLAIO**

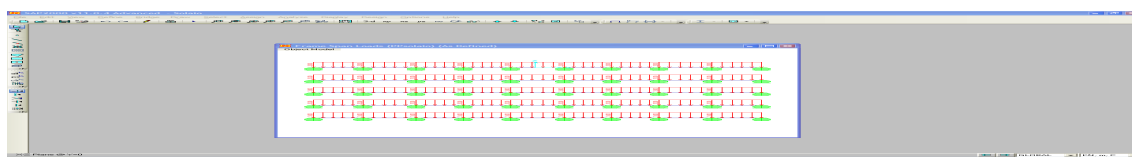
Lo schema di calcolo del solaio è di trave continua su più appoggi, dove la trave rappresenta la striscia di un metro di solaio, mentre gli appoggi modellano il comportamento delle travi.



Modello carichi accidentali



Modello carichi permanenti



Modello carichi Fissi





## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

#### **4. VERIFICA SOLAI**

Gli effetti delle azioni sia per gli stati limite di esercizio sia per gli stati limite ultimi sono stati valutati usando l'analisi elastica lineare assumendo:

- sezioni interamente reagenti con rigidezze valutate riferendosi al solo calcestruzzo;
- relazioni tensione deformazione lineari;
- valori medi del modulo d'elasticità.

Le verifiche per gli stati limite di esercizio sono state svolte considerando l'analisi del primo ordine, imponendo l'equilibrio sulla configurazione iniziale della struttura ciò è possibile poiché sono trascurabili gli effetti delle deformazioni sull'entità delle sollecitazioni, sui fenomeni di instabilità e su qualsiasi altro rilevante parametro di risposta della struttura.

Gli stati limite considerati sono:

- verifica di deformabilità
- verifica alla fessurazione
- verifica alle tensioni

##### Verifica di deformabilità

L'altezza del solaio è pari a 22 cm e pertanto superiore a  $L/25$  pari a 21,6 cm ( $540 \text{ cm} / 25$ ) quindi come da comprovato riscontro in letteratura e nelle normative precedenti alla presente (rif. al D.M. 16/gennaio/1996) è possibile omettere il calcolo della freccia per i solai in conglomerato cementizio armato con elementi di alleggerimento poiché sicuramente soddisfatta allorquando risultano soddisfatte le verifiche agli stati limite ultimi.

##### Verifica di fessurazione

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture e per ovviare alle esigenze di sicurezza in condizioni estreme quale l'innesco di un incendio nei locali interni all'edificio è stato necessario realizzare uno stato di ricoprimento delle armature dello spessore di 4 cm con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità realizzato in frabbrika con lastre tralicciate.



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Sono stati considerati in ordine di severità decrescente i seguenti stati limite:

- a) stato limite di decompressione;  
b) stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = f_{ctm}/1,2 = 1,2 \text{ MPa}$$

dove  $f_{ctm}$  è definito nel § 11.2.10.2 della norma;

- c) stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione è stato fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito:

- Combinazioni di azioni: Frequenti
- Condizioni ambientali: Ordinarie - XC1
- Sensibilità delle armature alla corrosione: Poco sensibili

Lo stato limite da considerare secondo normativa è quello di apertura delle fessure con un limite dell'ampiezza massima posta pari a  $w_3$  come visibile nella tabella 4.1.IV riportata di seguito.

**Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Il valore di calcolo adottato è pertanto pari a: 0,4 mm e la formulazione utilizzata per la verifica è la seguente:  $w_d = 1,7 w_m < 0,4 \text{ mm}$ , dove  $w_m$  rappresenta l'ampiezza media delle fessure ed è calcolata come prodotto della



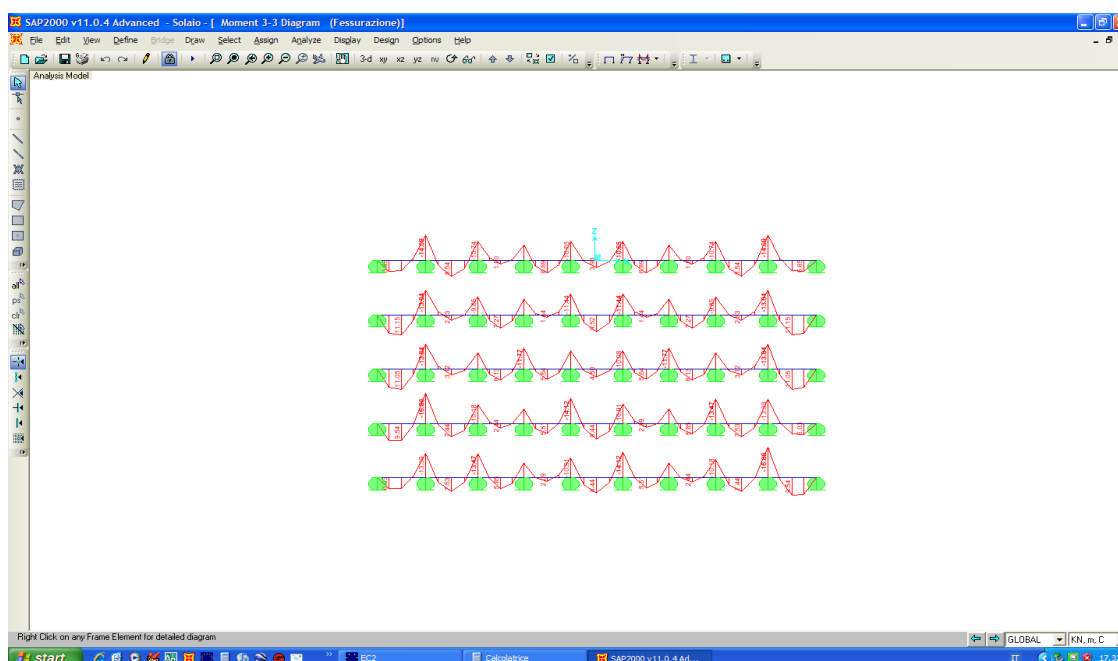
## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

deformazione media delle barre d'armatura  $\varepsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $s_m$ :  $w_m = \varepsilon_{sm} s_m$ .

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni flettenti in esercizio riportando l'andamento dei diagrammi per le cinque combinazioni ed il valore massimo in corrispondenza degli appoggi ed in campata.



Sollecitazioni flettenti in condizioni di esercizio (frequente)

Considerando il massimo momento flettente in campata ed agli appoggi, rispettivamente pari a 11,15 kNm e -16,88 kNm, si ottengono le seguenti ampiezze: 0,00 mm all'intradosso poiché il momento sollecitante è inferiore a quello di fessurazione pari a 13,00 kNm; 0,24 mm all'estradosso inferiore al limite normativo.

In definitiva il solaio soddisfa le verifiche a fessurazione.

#### Verifica delle tensioni

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, sono definite le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature e verificato che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati:



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

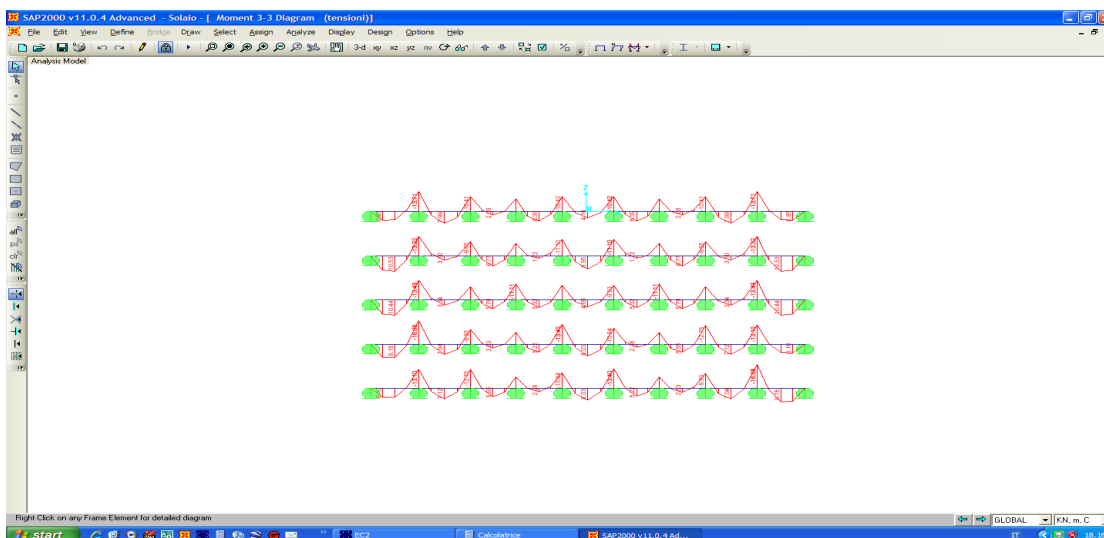
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

- per la tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio risulta  $\sigma_c < 0,60 f_{ck} = 18 \text{ N/mm}^2$  per combinazione caratteristica mentre per combinazione quasi permanente  $\sigma_c < 0,45 f_{ck} = 13,5 \text{ N/mm}^2$
- per la tensione massima dell'acciaio dovuta agli effetti delle azioni dovute alla combinazione caratteristica risulta:  $\sigma_s < 0,8 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

Nel seguito si riportano i momenti ottenuti nel calcolo del solaio relativamente alla combinazione caratteristica e quasi permanente cinque schemi di carico:



Sollecitazioni flettenti in condizioni di esercizio (caratteristica)



Sollecitazioni flettenti in condizioni di esercizio (quasi permanente)



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Il massimo valore del momento flettente per la condizione caratteristica è pari a -19,22 kNm agli appoggi e 13,01 kNm in campata mentre per la condizione quasi permanente è pari a - 13,71 kNm agli appoggi e 10,53 kNm in campata. Le tensioni massime nell'acciaio e nel calcestruzzo per le sollecitazioni precedentemente citate sono pari rispettivamente a:

- 229,3 N/mm<sup>2</sup> e 5,60 N/mm<sup>2</sup> per la condizione caratteristica
- 185,6 N/mm<sup>2</sup> e 4,67 N/mm<sup>2</sup> per la condizione quasi permanente

In definitiva il solaio soddisfa le verifiche alle tensioni.

#### Verifica agli stati limite ultimi

Le verifiche per gli stati limite ultimi sono stati condotte considerando le resistenze di progetto dei materiali, calcestruzzo ed acciaio, ottenute mediante l'espressione:  $f_d = f_k / \gamma_M$  assumendo i coefficienti parziali  $\gamma_M$  per le resistenze, comprensivi delle incertezze del modello e della geometria pari a 1,5 per il calcestruzzo ed 1,15 per l'acciaio; al fine di considerare gli effetti dovuti a delle tensioni di lunga durata per il conglomerato cementizio si adotta il coefficiente di riduzione  $\alpha_{cc}$  pari a 0,85. La resistenza tangenziale di aderenza di calcolo  $f_{bd}$  è ottenuta mediante l'espressione  $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$  con la resistenza tangenziale caratteristica di aderenza  $f_{bk}$  data dall'espressione:  $f_{bk} = 2,25 \times \eta \times f_{ctk}$  in cui  $\eta = 1,0$  per barre di diametro  $\phi < 32$  mm.

La resistenza ultima delle sezioni degli elementi monodimensionali nei confronti dello sforzo normale e flessione è valutata con le seguenti ipotesi:

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;
- deformazione iniziale dell'armatura di precompressione considerata nelle relazioni di congruenza della sezione.

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura si deducono, a partire dalle

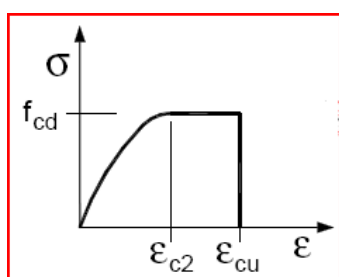


## Il Sindaco di Napoli

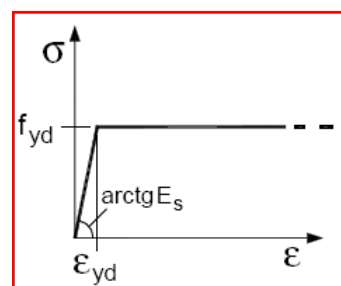
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

deformazioni, utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione di seguito riportati.



per il calcestruzzo



per l'acciaio

In cui il valore  $\epsilon_{c2}$  è pari al 0,2%,  $\epsilon_{cu}$  pari a 0,35% e  $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$

Con riferimento alla sezione pressoinflessa, la verifica di resistenza (SLU) è eseguita controllando che:  $M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$

dove:  $M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$N_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

$M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

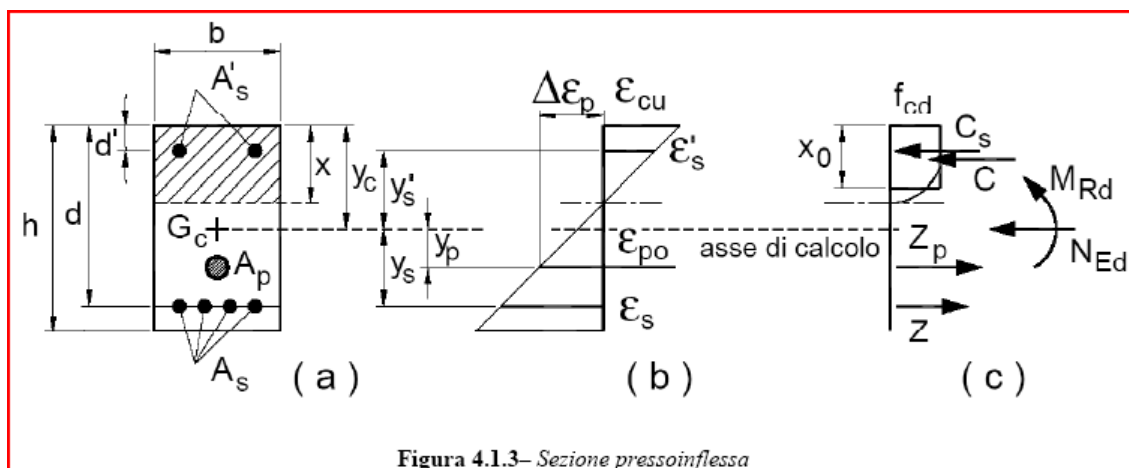


Figura 4.1.3– Sezione pressoinflessa

Nel caso in esame il valore dello sforzo normale è nullo.

La verifica di resistenza a taglio (SLU) è stata eseguita controllando che:  $V_{Rd} \geq V_{Ed}$  dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente e  $V_{Rd}$  è la resistenza a taglio dei solai valutata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, con la seguent formulazione:



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

$$V_{Rd} = 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}) / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Le armature longitudinali sono progettate e verificate in modo da assorbire gli sforzi conseguenti alle sollecitazioni provocati dal taglio dovuti all'inclinazione delle fessure rispetto all'asse della trave, assunta pari a 45° di flessione oltre a quelli dovuti alle sollecitazioni di flessione. In particolare, in corrispondenza degli appoggi, le armature longitudinali assorbono uno sforzo pari al taglio.



## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

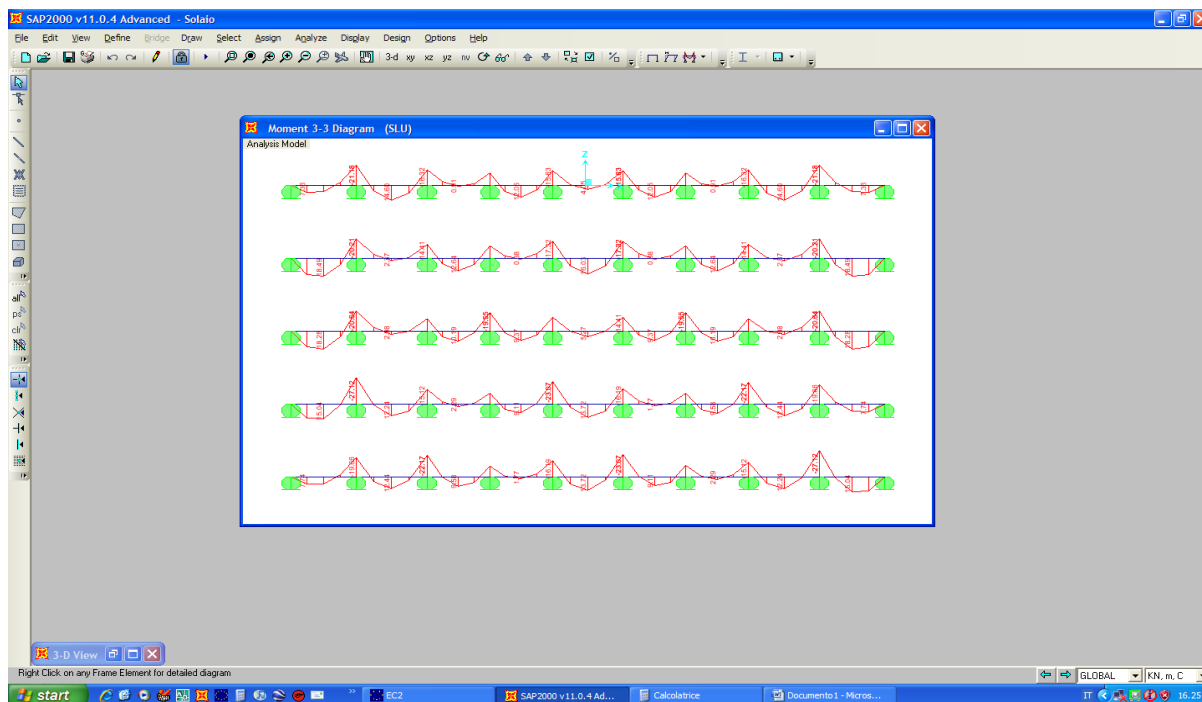
Nel seguito si riportano i momenti e i tagli ottenuti nel calcolo relativamente ai cinque schemi di carico in forma tabellare e grafica:

1- Momenti massimi in campata				2- Momenti massimi agli appoggi				3- Momenti massimi agli appoggi				4- Momenti massimi agli appoggi				5- Momenti massimi in campata			
Trave	Sezione	Taglio KN	Momento kNm	Trave	Sezione	Taglio KN	Momento kNm	Trave	Sezione	Taglio KN	Momento kNm	Trave	Sezione	Taglio KN	Momento kNm	Trave	Sezione	Taglio KN	Momento kNm
1	0	-18,83	0	1	0	-17,45	0	1	0	-18,75	0	1	0	-9,57	0	1	0	-9,26	0
1	L/4	-7,4	16,39	1	L/4	-6,01	14,67	1	L/4	-7,31	16,29	1	L/4	-2,82	7,74	1	L/4	-2,51	7,36
1	L/2	4,04	18,49	1	L/2	5,42	15,04	1	L/2	4,13	18,28	1	L/2	3,93	7,04	1	L/2	4,24	6,29
1	3/4L	15,48	6,29	1	3/4L	16,86	1,11	1	3/4L	15,57	5,97	1	3/4L	10,68	-2,09	1	3/4L	10,99	-3,23
1	L	26,92	-20,21	1	L	28,3	-27,12	1	L	27	-20,64	1	L	17,43	-19,66	1	L	17,74	-21,18
2	0	-15,65	-20,21	2	0	-26,93	-27,12	2	0	-16,04	-20,64	2	0	-24,24	-19,66	2	0	-25,61	-21,18
2	L/4	-8,36	-4	2	L/4	-14,58	0,9	2	L/4	-8,75	-3,91	2	L/4	-11,89	4,72	2	L/4	-13,25	5,05
2	L/2	-1,07	2,37	2	L/2	-2,22	12,24	2	L/2	-1,46	2,98	2	L/2	0,46	12,44	2	L/2	-0,9	14,6
2	3/4L	6,22	-1,1	2	3/4L	10,13	6,9	2	3/4L	5,83	0,03	2	3/4L	12,82	3,47	2	3/4L	11,45	7,48
2	L	13,51	-14,41	2	L	22,48	-15,12	2	L	13,12	-12,77	2	L	25,17	-22,17	2	L	23,81	-16,32
3	0	-22,25	-14,41	3	0	-13,73	-15,12	3	0	-20,55	-12,77	3	0	-24,21	-22,17	3	0	-13,66	-16,32
3	L/4	-11,27	5,7	3	L/4	-7,25	-2,53	3	L/4	-9,57	5,3	3	L/4	-13,23	0,29	3	L/4	-7,18	-3,82
3	L/2	-0,29	12,64	3	L/2	-0,77	2,29	3	L/2	1,41	10,19	3	L/2	-2,25	9,58	3	L/2	-0,7	0,91
3	3/4L	10,69	6,39	3	3/4L	5,71	-0,68	3	3/4L	12,39	1,91	3	3/4L	8,73	5,69	3	3/4L	5,78	-2,14
3	L	21,67	-13,02	3	L	12,19	-11,41	3	L	23,37	-19,55	3	L	19,71	-11,37	3	L	12,26	-12,97
4	0	-12,06	-13,02	4	0	-19,53	-11,41	4	0	-23,03	-19,55	4	0	-11,96	-11,37	4	0	-21,41	-12,97
4	L/4	-5,58	-2,43	4	L/4	-8,55	5,43	4	L/4	-12,05	1,5	4	L/4	-5,48	-0,91	4	L/4	-10,43	6,13
4	L/2	0,9	0,38	4	L/2	2,43	9,11	4	L/2	-1,07	9,37	4	L/2	1	1,77	4	L/2	0,56	12,05
4	3/4L	7,38	-4,58	4	3/4L	13,41	-0,4	4	3/4L	9,91	4,07	4	3/4L	7,48	-3,32	4	3/4L	11,54	4,8
4	L	13,86	-17,32	4	L	24,39	-23,07	4	L	20,89	-14,41	4	L	13,96	-16,19	4	L	22,52	-15,63
5	0	-24,71	-17,32	5	0	-25,98	-23,07	5	0	-14,58	-14,41	5	0	-23,43	-16,19	5	0	-14,58	-15,63
5	L/4	-12,35	7,69	5	L/4	-13,63	3,66	5	L/4	-7,29	0,35	5	L/4	-11,08	7,1	5	L/4	-7,29	-0,87
5	L/2	0	16,03	5	L/2	-1,27	13,72	5	L/2	0	5,27	5	L/2	1,27	13,72	5	L/2	0	4,05
5	3/4L	12,35	7,69	5	3/4L	11,08	7,1	5	3/4L	7,29	0,35	5	3/4L	13,63	3,66	5	3/4L	7,29	-0,87
5	L	24,71	-17,32	5	L	23,43	-16,19	5	L	14,58	-14,41	5	L	25,98	-23,07	5	L	14,58	-15,63
6	0	-13,86	-17,32	6	0	-13,96	-16,19	6	0	-20,89	-14,41	6	0	-24,39	-23,07	6	0	-22,52	-15,63
6	L/4	-7,38	-4,58	6	L/4	-7,48	-3,32	6	L/4	-9,91	4,07	6	L/4	-13,41	-0,4	6	L/4	-11,54	4,8
6	L/2	-0,9	0,38	6	L/2	-1	1,77	6	L/2	1,07	9,37	6	L/2	-2,43	9,11	6	L/2	-0,56	12,05
6	3/4L	5,58	-2,43	6	3/4L	5,48	-0,91	6	3/4L	12,05	1,5	6	3/4L	8,55	5,43	6	3/4L	10,43	6,13
6	L	12,06	-13,02	6	L	11,96	-11,37	6	L	23,03	-19,55	6	L	19,53	-11,41	6	L	21,41	-12,97
7	0	-21,67	-13,02	7	0	-19,71	-11,37	7	0	-23,37	-19,55	7	0	-12,19	-11,41	7	0	-12,26	-12,97
7	L/4	-10,69	6,39	7	L/4	-8,73	5,69	7	L/4	-12,39	1,91	7	L/4	-5,71	-0,68	7	L/4	-5,78	-2,14
7	L/2	0,29	12,64	7	L/2	2,25	9,58	7	L/2	-1,41	10,19	7	L/2	0,77	2,29	7	L/2	0,7	0,91
7	3/4L	11,27	5,7	7	3/4L	13,23	0,29	7	3/4L	9,57	5,3	7	3/4L	7,25	-2,53	7	3/4L	7,18	-3,82
7	L	22,25	-14,41	7	L	24,21	-22,17	7	L	20,55	-12,77	7	L	13,73	-15,12	7	L	13,66	-16,32
8	0	-13,51	-14,41	8	0	-25,17	-22,17	8	0	-13,12	-12,77	8	0	-22,48	-15,12	8	0	-23,81	-16,32
8	L/4	-6,22	-1,1	8	L/4	-12,82	3,47	8	L/4	-5,83	0,03	8	L/4	-10,13	6,9	8	L/4	-11,45	7,48
8	L/2	1,07	2,37	8	L/2	-0,46	12,44	8	L/2	1,46	2,98	8	L/2	2,22	12,24	8	L/2	0,9	14,6
8	3/4L	8,36	-4	8	3/4L	11,89	4,72	8	3/4L	8,75	-3,91	8	3/4L	14,58	0,9	8	3/4L	13,25	5,05
8	L	15,65	-20,21	8	L	24,24	-19,66	8	L	16,04	-20,64	8	L	26,93	-27,12	8	L	25,61	-21,18
9	0	-26,92	-20,21	9	0	-17,43	-19,66	9	0	-27	-20,64	9	0	-28,3	-27,12	9	0	-17,74	-21,18
9	L/4	-15,48	6,29	9	L/4	-10,68	-2,09	9	L/4	-15,57	5,97	9	L/4	-16,86	1,11	9	L/4	-10,99	-3,23
9	L/2	-4,04	18,49	9	L/2	-3,93	7,04	9	L/2	-4,13	18,28	9	L/2	-5,42	15,04	9	L/2	-4,24	6,29
9	3/4L	7,4	16,39	9	3/4L	2,82	7,74	9	3/4L	7,31	16,29	9	3/4L	6,01	14,67	9	3/4L	2,51	7,36
9	L	18,83	0	9	L	9,57	0	9	L	18,75	0	9	L	17,45	0	9	L	9,26	0

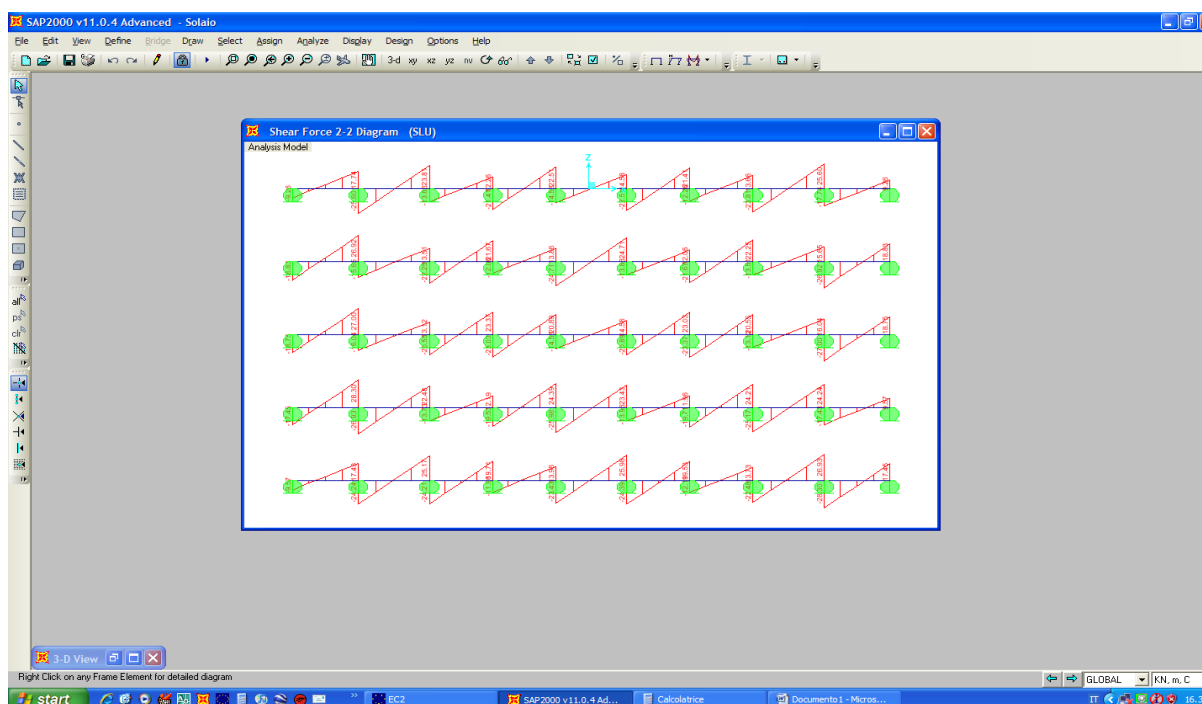




**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*



Sollecitazioni flettenti in condizioni ultime



Sollecitazioni taglianti in condizioni ultime

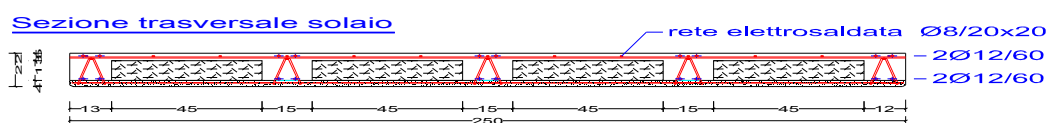


## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Il calcolo dei valori resistenti fa riferimento alla sezione trasversale in campata ed agli appoggi riportata nella figura seguente da cui si evince chiaramente che il solaio



presenta uno spessore di 22 cm con una soletta inferiore di 4 cm ed una superiore di 5 cm. I travetti sono posti con un interasse di 60 cm, presentano una base di 15 cm e sono armati superiormente con 2  $\phi 12$  ed una rete elettrosalfata costituita da  $\phi 8/20 \times 20$  ed inferiormente con 2  $\phi 12$  posti al di sopra della lastra tralicciata prefabbricata.

#### Verifica a flessione

Effettuando il calcolo del momento resistente positivo e negativo del solaio si ottiene:

$$M_{Rd}^{+} = 31,8 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd}^{-} = -44,00 \text{ kNm}$$

Il massimo momento positivo calcolato per una fascia di 1,00 m, come si evince dalle tabelle riportate precedentemente, è pari a  $M_{Ed}^{+} = 18,49 \text{ kNm}$  mentre il massimo momento negativo agli appoggi risulta pari a  $M_{Ed}^{-} = -27,12 \text{ kNm}$ .

In definitiva il solaio soddisfa le verifiche allo stato limite ultimo per flessione.

#### Verifica a taglio

Effettuando il calcolo del taglio resistente del solaio si ottiene:

$$V_{Rd} = 29,00 \text{ kN}$$

Il taglio calcolato per una fascia di 1,00 m, come si evince dai diagrammi riportati precedentemente, è pari a  $V_{Ed} = 28,30 \text{ kN}$ .

Nel caso in esame si ottiene  $V_{Rd} = 29,00 \text{ kN} > V_{Ed} = 28,30 \text{ kN}$ .

In definitiva il solaio soddisfa le verifiche allo stato limite ultimo per taglio.



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## 1. MODELLAZIONE DELLE SCALE

La tipologia costruttiva adottata per la realizzazione delle scale è quella di gradino a sbalzo dalle pareti dei nuclei con soletta inferiore di collegamento.

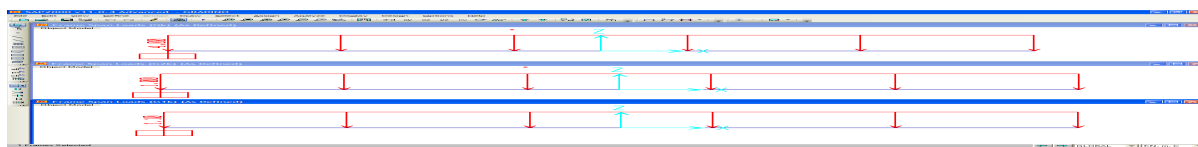
Lo schema di calcolo adottato per il singolo gradino è quello di trave a mensola sollecitata da carichi distribuiti.

I carichi agenti sono calcolati considerando un gradino alto 16 cm con pedana da 30 cm rivestito con un lamierino metallico incollato con malta direttamente al conglomerato cementizio strutturale, di seguito si riportano i valori assunti:

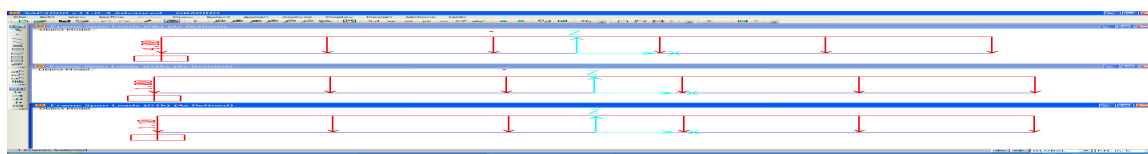
- Peso proprio scala:  $g_{1k}$ : 3,70 kN/m<sup>2</sup>  
(gradino, soletta di collegamento)
- Sovraccarichi permanenti:  $g_{2k}$ : 1,00 kN/m<sup>2</sup>  
(malta di incollaggio, lamierino, intonaco)
- Sovraccarichi accidentali:  $q_k$ : 4,00 kN/m<sup>2</sup>  
(Rampe e Scale)

Le combinazioni di carico considerate sono le medesime adottate per la verifica del solaio d'impalcato.

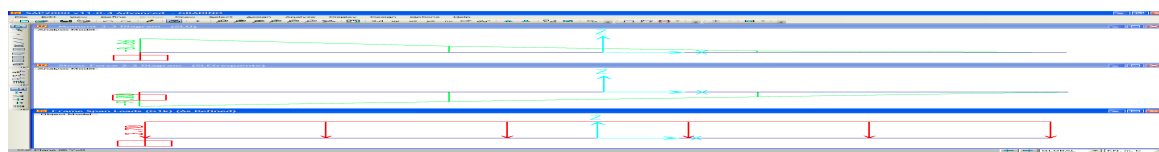
Di seguito si riportano i carichi caratteristici considerati.



Modello carichi accidentali



Modello carichi permanenti



Modello carichi Fissi



## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

### **1. VERIFICA DELLE SCALE**

Gli effetti delle azioni sia per gli stati limite di esercizio sia per gli stati limite ultimi sono stati valutati usando l'analisi elastica lineare assumendo:

- sezioni interamente reagenti con rigidezze valutate riferendosi al solo calcestruzzo;
- relazioni tensione deformazione lineari;
- valori medi del modulo d'elasticità.

Le verifiche per gli stati limite di esercizio sono state svolte considerando l'analisi del primo ordine, imponendo l'equilibrio sulla configurazione iniziale della struttura ciò è possibile poiché sono trascurabili gli effetti delle deformazioni sull'entità delle sollecitazioni, sui fenomeni di instabilità e su qualsiasi altro rilevante parametro di risposta della struttura.

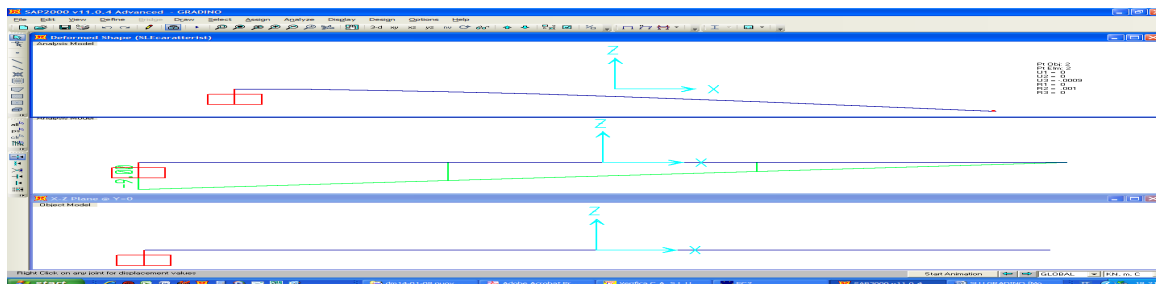
Gli stati limite considerati sono:

- verifica di deformabilità
- verifica alla fessurazione
- verifica alle tensioni

#### Verifica di deformabilità

Lo spostamento massimo è stato calcolato considerando la combinazione di carico allo stato limite di esercizio ottenuta considerando la mensola caricata da un carico uniformemente distribuito dato dalla somma dei valori caratteristici con i coefficienti parziali tutti unitari,  $Q_d = G_{1k} + G_{2k} + Q_k$ .

Il valore massimo dello spostamento è pari a 0,9 mm pari a circa 1/1300 della Luce pertanto la verifica risulta soddisfatta.





## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

#### Verifica di fessurazione

Sono stati considerati in ordine di severità decrescente i seguenti stati limite:

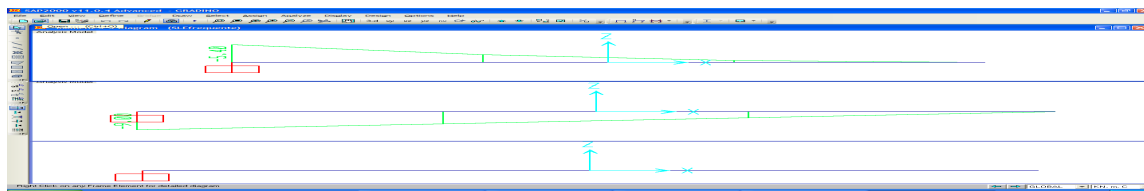
- a) stato limite di decompressione;
- b) stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:  
$$\sigma_t = f_{ctm}/1,2 = 1,2 \text{ MPa}$$
dove  $f_{ctm}$  è definito nel § 11.2.10.2 della norma;
- c) stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari a  $w_3 = 0,4 \text{ mm}$

Lo stato limite di fessurazione è stato fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito:

- Combinazioni di azioni: Frequenti
- Condizioni ambientali: Ordinarie - XC1
- Sensibilità delle armature alla corrosione: Poco sensibili

La formulazione utilizzata per la verifica è la seguente:  $w_d = 1,7 w_m < 0,4 \text{ mm}$  dove  $w_m$  rappresenta l'ampiezza media delle fessure ed è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura  $\epsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $s_m$ :  $w_m = \epsilon_{sm} s_m$ .

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni flettenti in esercizio riportando l'andamento dei diagrammi.



Sollecitazioni flettenti in condizioni di esercizio (frequente)

Considerando il massimo momento flettente all'appoggio, pari a -5,40 kNm si ottiene la seguente ampiezza: 0,00 mm all'intradosso poiché il momento sollecitante è inferiore a quello di fessurazione pari a 10,33 kNm.

In definitiva il solaio soddisfa le verifiche a fessurazione.



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

#### Verifica delle tensioni

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, sono definite le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature e verificato che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti pari  $f_{ck}=18,0 \text{ N/mm}^2$  per il calcestruzzo per la combinazione caratteristica e  $\sigma_c < 0,45 f_{ck} = 13,5 \text{ N/mm}^2$  per combinazione quasi permanente mentre per l'acciaio  $\sigma_s < 0,8 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$  per la combinazione caratteristica e .

Nel seguito si riportano i momenti ottenuti nel calcolo del solaio relativamente alla combinazione caratteristica e quasi permanente:



Sollecitazioni flettenti in condizioni di esercizio (caratteristica)



Sollecitazioni flettenti in condizioni di esercizio (quasi permanente)

Il massimo valore del momento flettente per la condizione caratteristica è pari a  $-6,26 \text{ kNm}$  all'appoggio mentre per la condizione quasi permanente è pari a  $-5,11 \text{ kNm}$  .

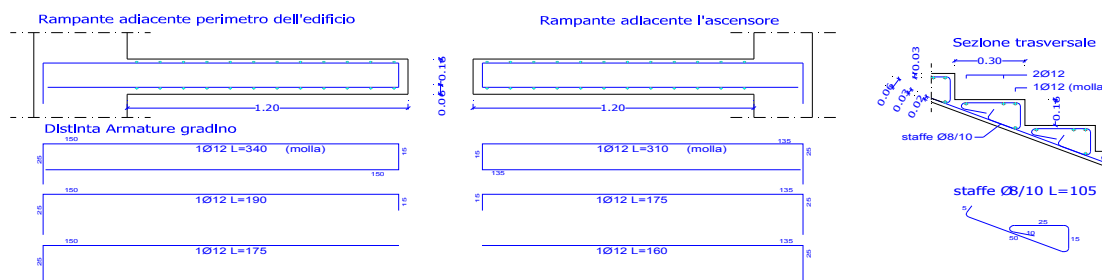
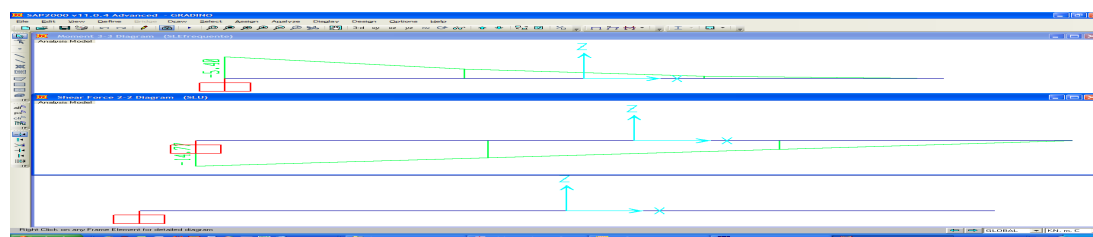
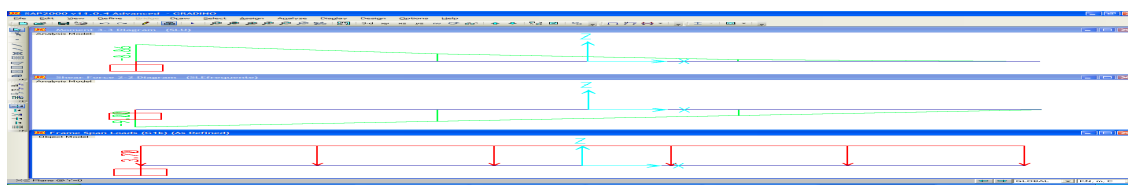
Le tensioni massime nell'acciaio e nel calcestruzzi per le sollecitazioni precedentemente citate sono pari rispettivamente a:

- $1,32 \text{ N/mm}^2$  e  $48,8 \text{ N/mm}^2$  per la condizione caratteristica
- $1,28 \text{ N/mm}^2$  e  $47,2 \text{ N/mm}^2$  per la condizione quasi permanente

In definitiva le scale soddisfano le verifiche alle tensioni.



*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*





## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

#### **Verifica a flessione**

Effettuando il calcolo del momento resistente positivo e negativo per la striscia di un metro nell'ipotesi di asse neutro parallelo alla soletta inferiore del gradino così come disposto da letteratura si ottiene:

$$M_{Rd}^{+} = 21,60 \text{ kNm} \qquad M_{Rd}^{-} = - 40,60 \text{ kNm}$$

Il massimo momento negativo calcolato per una fascia di 1,00 m, come si evince dai diagrammi riportati precedentemente, è pari a  $M_{Ed}^{-} = - 8,86 \text{ kNm}$ .

In definitiva il solaio soddisfa le verifiche allo stato limite ultimo per flessione.

#### **Verifica a taglio**

Effettuando il calcolo del taglio resistente del solaio si ottiene:

$$V_{Rd} = 4,33 \text{ kN in assenza di staffe}$$

$$V_{Rd} = 183,0 \text{ kN con le staffe da 8 mm di diametro con passo 100 mm}$$

Il taglio calcolato per una fascia di 1,00 m, come si evince dai diagrammi riportati precedentemente, è pari a  $V_{Ed} = 14,77 \text{ kN}$ .

Nel caso in esame è necessario armare a taglio ottenendo  $V_{Rd} = 183,0 \text{ kN} > V_{Ed} = 14,77 \text{ kN}$ .

In definitiva il solaio soddisfa le verifiche allo stato limite ultimo per taglio.





**Il Sindaco di Napoli**

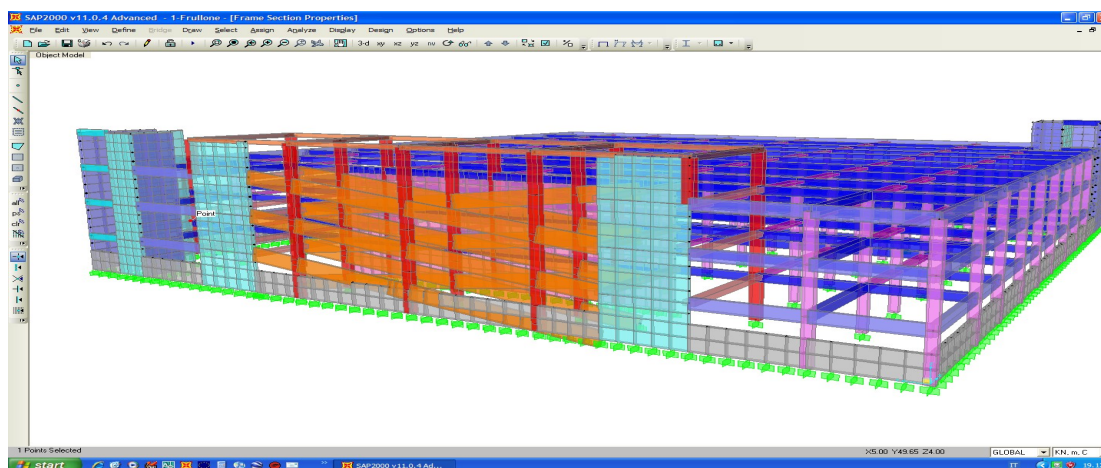
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

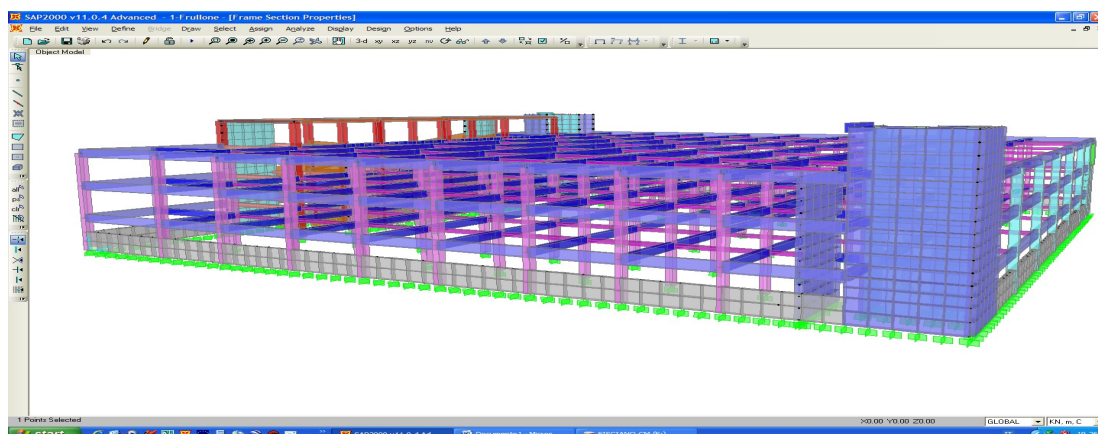
## **2. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA PRINCIPALE**

La struttura portante principale è stata modellata con elementi monodimensionali alla De Saint Venant per travi e pilastri e con elementi piastra (shell) per i setti ed i nuclei.

La struttura è illustrata nella sua interezza nelle figure seguenti, in cui ogni elemento assume il colore attribuito alla sezione trasversale assegnatagli.



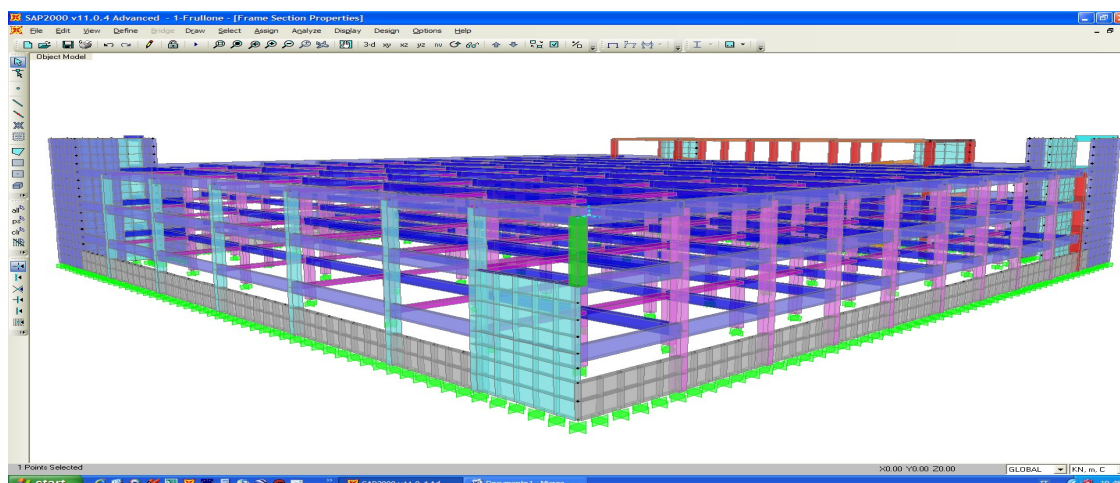
Vista assonometrica lato rampa



Vista assonometrica lato ingresso

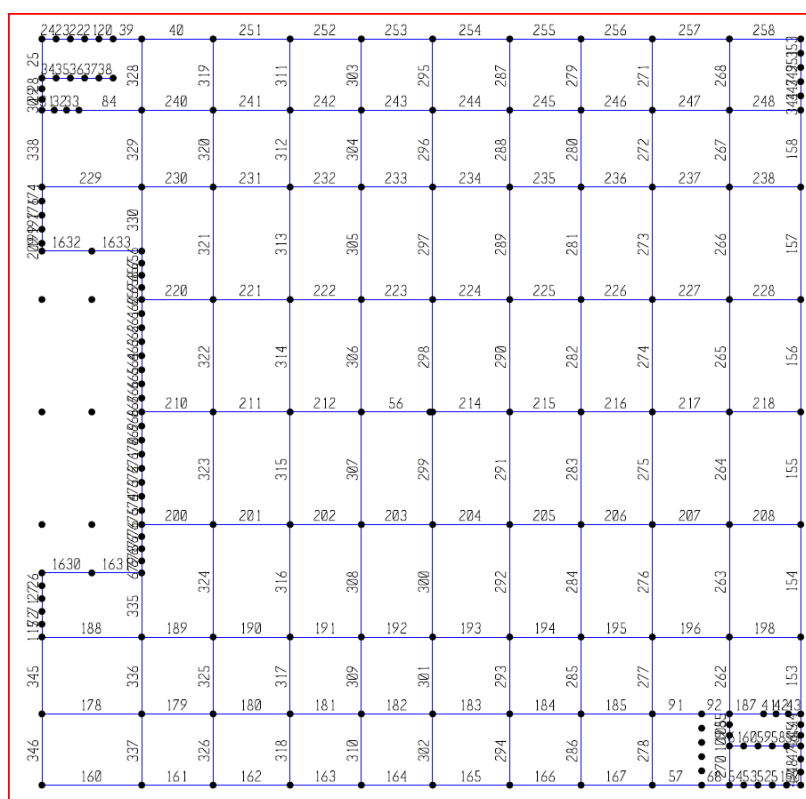


**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*



Vista assonometrica lato ufficio

Nelle immagini seguenti sono riportate le piante e le sezioni principali con la numerazione dei singoli elementi strutturali.



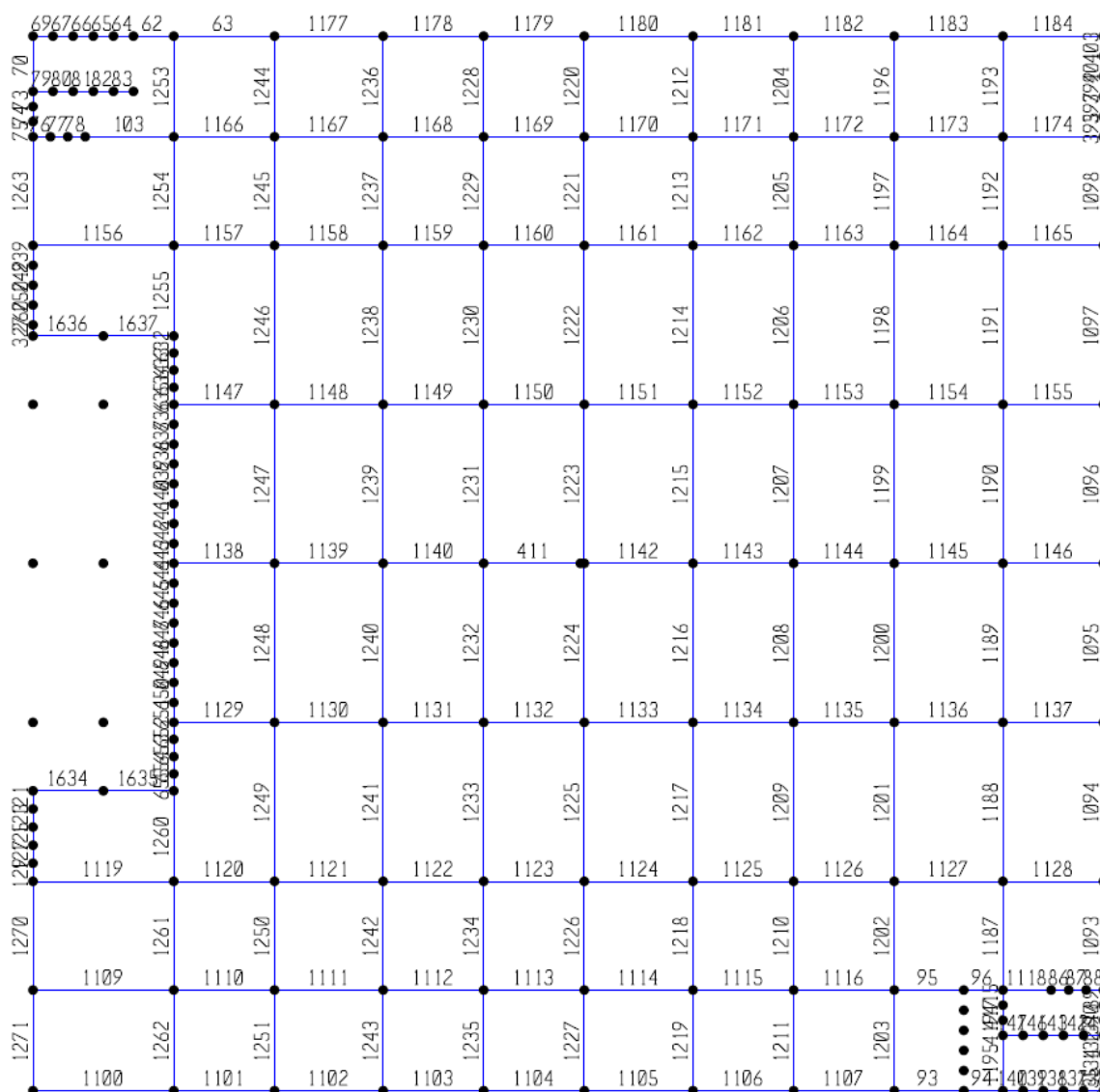
Pianta Piano Terra (quota 0,00)



## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*



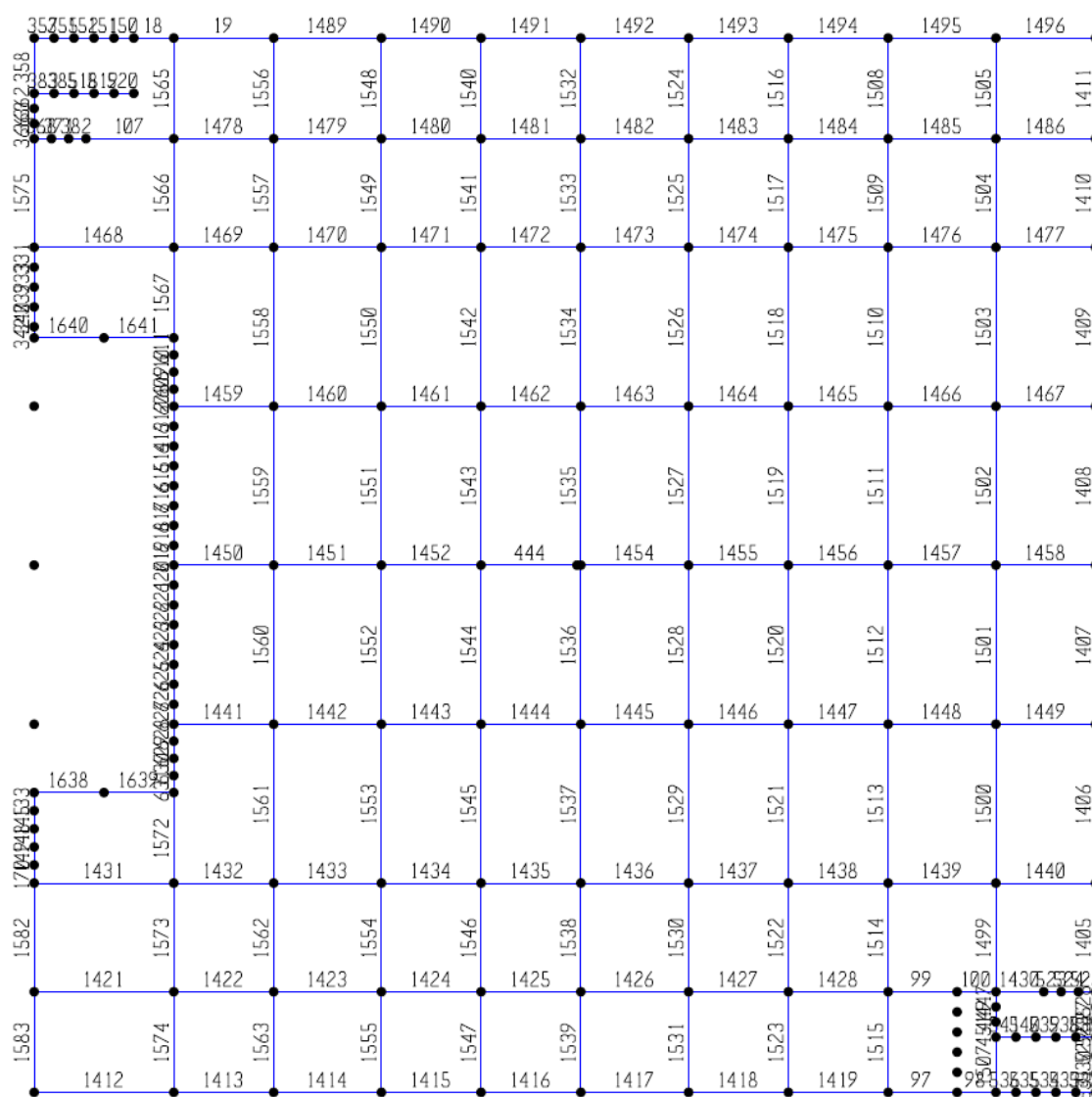
Pianta Piano Primo (quota 3,20)



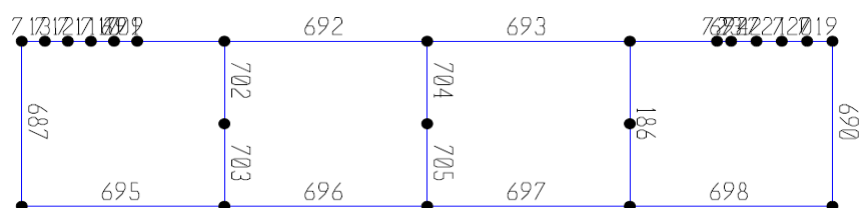
## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*



Pianta Piano Copertura (quota 6,40)



Pianta Piano Copertura Rampe (quota 12,50)

La modellazione dei telai con la relativa numerazione dei singoli elementi è riportata nell'allegato di calcolo.



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

### **3. MODELLAZIONE DELL'AZIONE SISMICA**

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali si valuta il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento alle probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  del 63% per lo stato limite di danno e del 10% per lo stato limite di salvaguardia della vita, come definite nel § 3.2.1 della norma, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T^*_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite considerati sono:

**ESERCIZIO: Stato Limite di Danno (SLD)** - a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

**ULTIMO: Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)** - a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta facendo riferimento a un approccio semplificato, basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Nel caso in esame il sottosuolo è attribuibile alla categoria C della Tabella 3.2.II della suddetta norma denominata "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*", caratterizzata da spessori superiori a 30 m, con un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina). La condizione topografica è tale da poter attribuire al suolo la categoria T1 relativa alle superfici pianeggianti.

L'azione sismica è modellata considerando le 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerate tra di loro indipendenti. Le componenti sono descritte mediante la rappresentazione dell'accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie. Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta verticale.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso con la forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  sono definite in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ .

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$





## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, con un valore minimo pari a 2,2;  $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, ricavato da:  $T_C = C_C \cdot T_C^*$  dove  $T_C$  è definito nella tabella seguente e  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;  $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;  $T_B = T_C / 3$ ;  $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 F_o (a_g/g)^{0,5}$$

**Tabella 3.2.VII** – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	$S_S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali  $S_{De}(T)$  è ricavato dalla corrispondente risposta in accelerazione  $S_e(T)$  mediante la seguente espressione:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \times (T/2\pi)^2$$

in quanto il periodo di vibrazione  $T$  non ecceda i valori  $T_E$  indicati in Tab. 3.2.VIII.

**Tabella 3.2.VIII** – Valori dei parametri  $T_E$  e  $T_F$

Categoria sottosuolo	$T_E$ [s]	$T_F$ [s]
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C, D, E	6,0	10,0

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto  $S_d(T)$  utilizzato, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  relativa allo stato limite considerato e sopra riportata.

Per gli stati limite ultimo lo spettro di progetto  $S_d(T)$  utilizzato sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule dello spettro elastico  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura definito come illustrato di seguito in funzione dell'analisi scelta. L'analisi adottata è di



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

tipo lineare. Il valore del fattore di struttura  $q$  utilizzato per ciascuna direzione della azione sismica è definito in funzione della tipologia strutturale, del suo grado di iperstaticità e dei criteri di progettazione adottati, tenendo conto delle non linearità di materiale, tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove  $K_R$  è il fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione ed è assunto pari ad 0,8 in quanto la costruzione è non regolare in altezza poiché non rispettosa di alcune delle condizioni imposte al paragrafo 7.2.2 della norma;  $q_0$  è il valore massimo del fattore di struttura assunto pari a 1,8 ed è stato calcolato assumendo come tipologia strutturale quella a telaio misto a pareti, classe di duttilità “B” e ricavando il relativo valore dalla tabella 7.4.I di seguito riportata.

**Tabella 7.4.I – Valori di  $q_0$**

Tipologia	$q_0$	
	CD”B”	CD”A”
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3,0 \alpha_u / \alpha_1$	$4,5 \alpha_u / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0 \alpha_u / \alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

Il rapporto  $\alpha_u / \alpha_1$  è stato posto pari ad 1,2 considerando la risposta sismica della struttura prossima a quella di strutture miste equivalenti a pareti, inoltre per prevenire il collasso delle strutture a seguito della rottura delle pareti, i valori di  $q_0$  sono ridotti mediante il fattore  $k_w$  posto pari a 0,5

Il calcolo degli spettri è stato condotto con l'utilizzo del programma “spettri-NTC ver.1.0.1” distribuito dal ministero delle infrastrutture e scaricabile dal sito [www.anidis.it](http://www.anidis.it) ; di seguito si riportano le schermate di input ed i risultati di output.





## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

### DETERMINAZIONE DEGLI SPETTRI DI PROGETTO “SPETTRI NTC ver.1.0.3”

**INTRO**

D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

## Spettri di risposta

ver. 1.0.3

Il documento Excel **SPETTRI-NTC** fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in 3 fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri da parte dell'utente:

**FASE 1.** Individuazione della pericolosità del sito (sulla base dei risultati del progetto S1 - INGV);  
**FASE 2.** Scelta della strategia di progettazione;  
**FASE 3.** Determinazione dell'azione di progetto.

La schermata relativa a ciascuna fase è suddivisa in sotto-schermate: l'utente può intervenire nelle sotto-schermate con sfondo grigio scuro mentre quelle con sfondo grigio chiaro consentono un immediato controllo grafico delle scelte effettuate. In ogni singola fase l'utente può visualizzare e stampare i risultati delle elaborazioni -in forma sia grafica che numerica- nonché i relativi riferimenti alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 pubblicate nella G.U. n.29 del 04.02.2008 Suppl. Ord. n.30 e scaricabile dal sito [www.cslp.it](http://www.cslp.it)

Programma ottimizzato per una visualizzazione schermo 1024 x 768

*La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.*

**INTRO**FASE 1FASE 2FASE 3

**FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO**

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

14.23143

LATITUDINE

40.88075

☐ Ricerca per comune

REGIONE

Piemonte

PROVINCIA

Torino

COMUNE

Agliè

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☐ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

**INTRO**FASE 1FASE 2FASE 3

41



## Il Sindaco di Napoli

Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>
	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

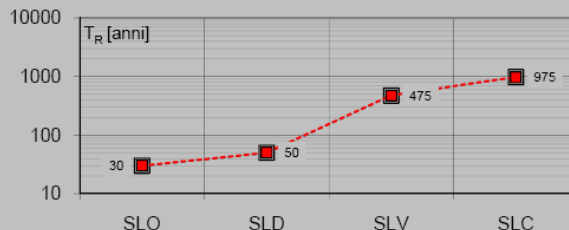
Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

Categoria topografica  info

$S_s = 1.464$

$C_c = 1.498$  info

$h/H = 1.000$

$S_T = 1.000$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%)

$\eta = 1.000$  info

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_o$

Regol. in altezza  info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q$

$\eta = 0.667$  info

Elaborazioni

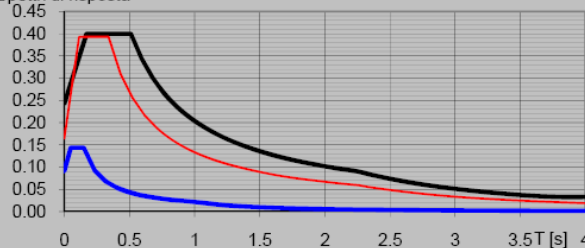
Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

$S_{d,o}$  [g]  
 $S_{d,v}$  [g]  
 $S_e$  [g]

- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )



INTRO

FASE 1

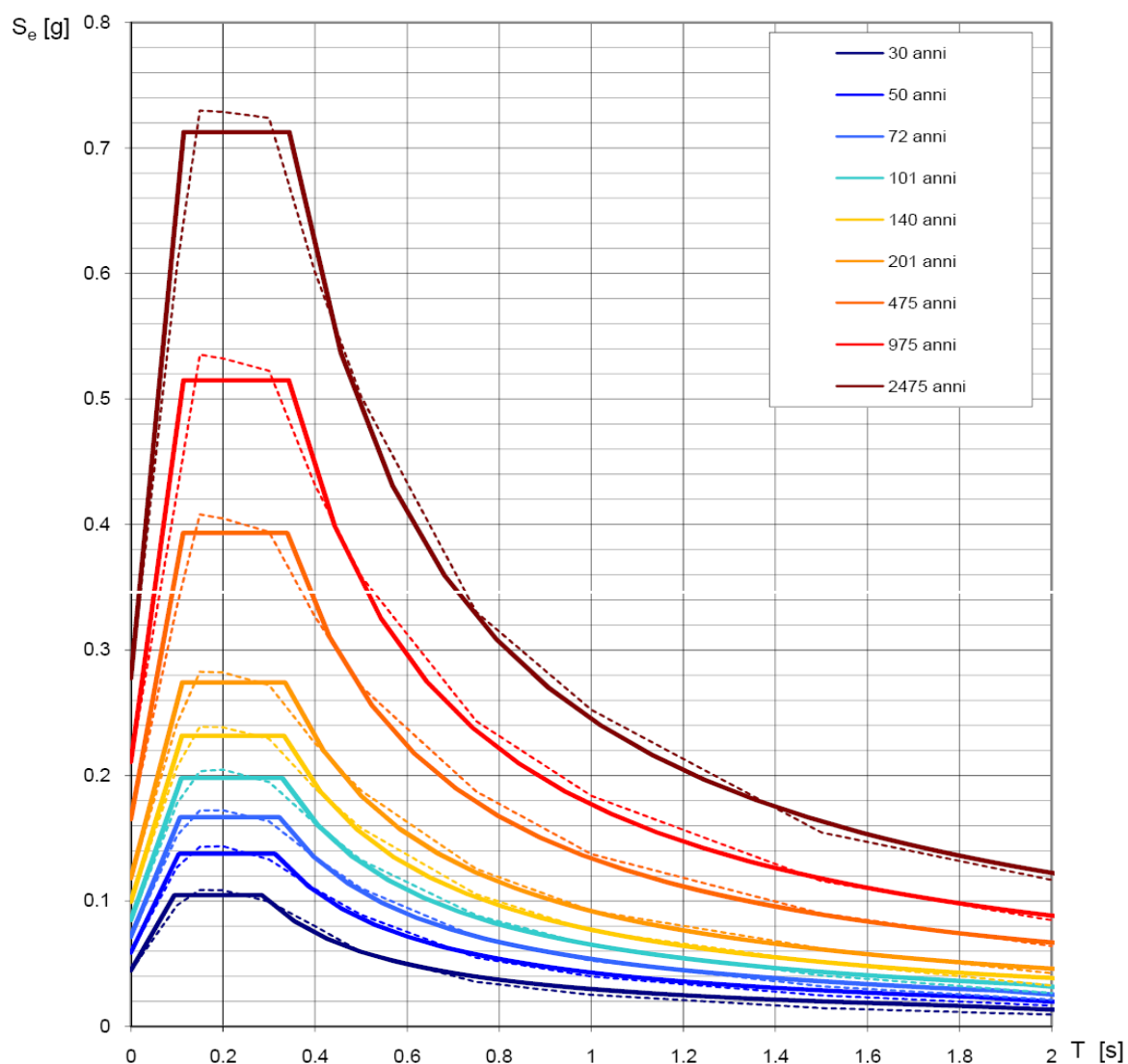
FASE 2

FASE 3



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**



NOTA:

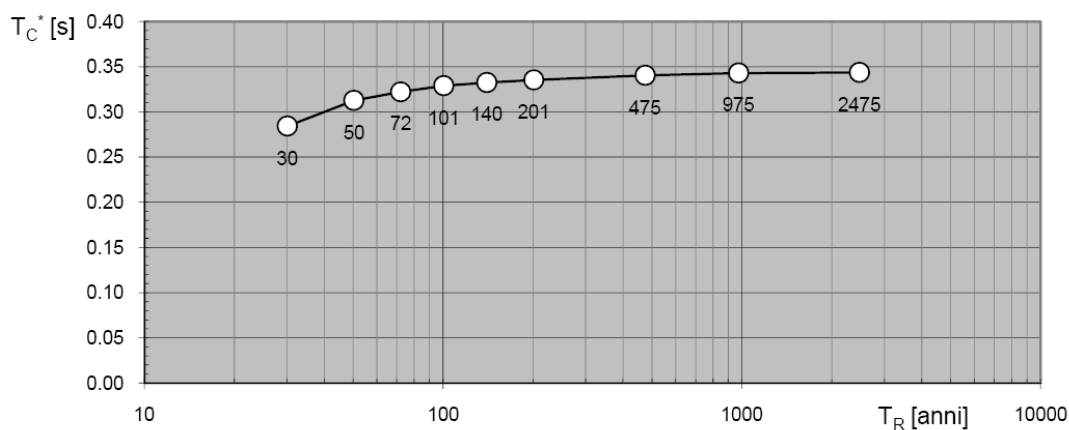
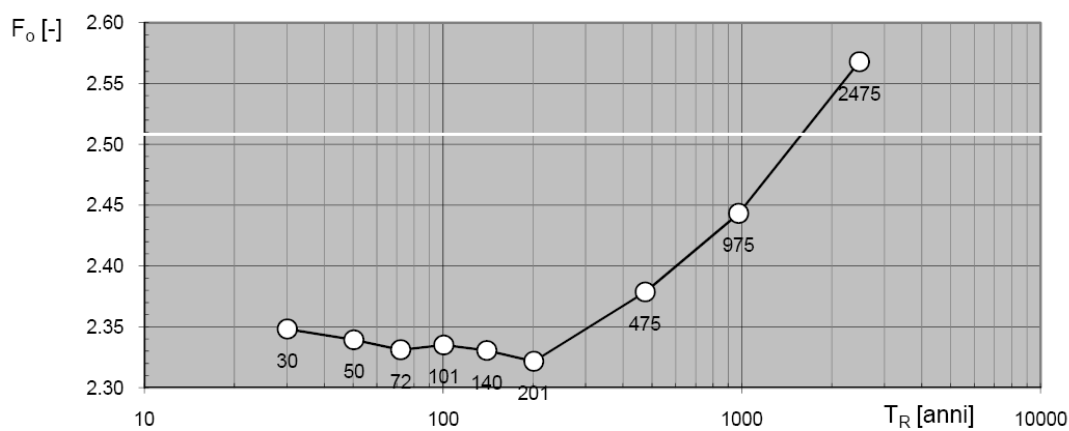
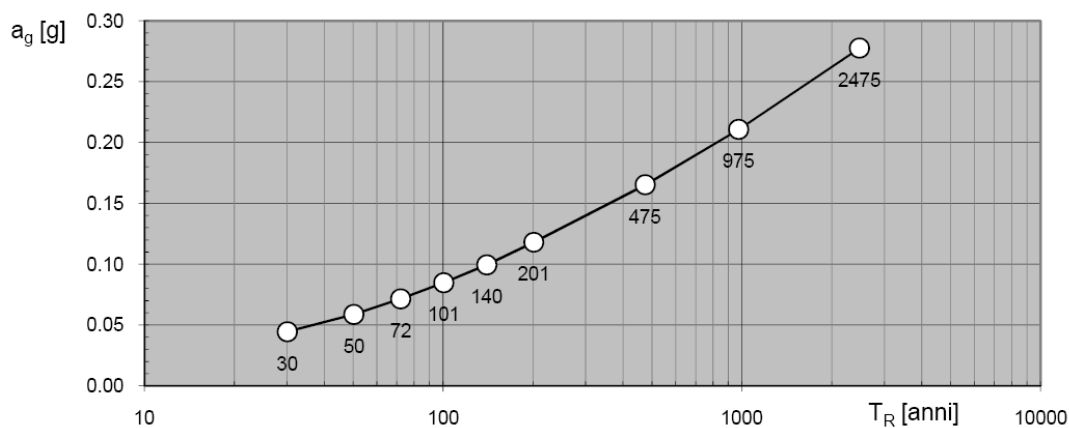
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**





## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

#### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.045	2.348	0.284
50	0.059	2.339	0.313
72	0.072	2.331	0.322
101	0.085	2.335	0.329
140	0.099	2.331	0.332
201	0.118	2.322	0.335
475	0.165	2.379	0.340
975	0.211	2.443	0.343
2475	0.278	2.568	0.344

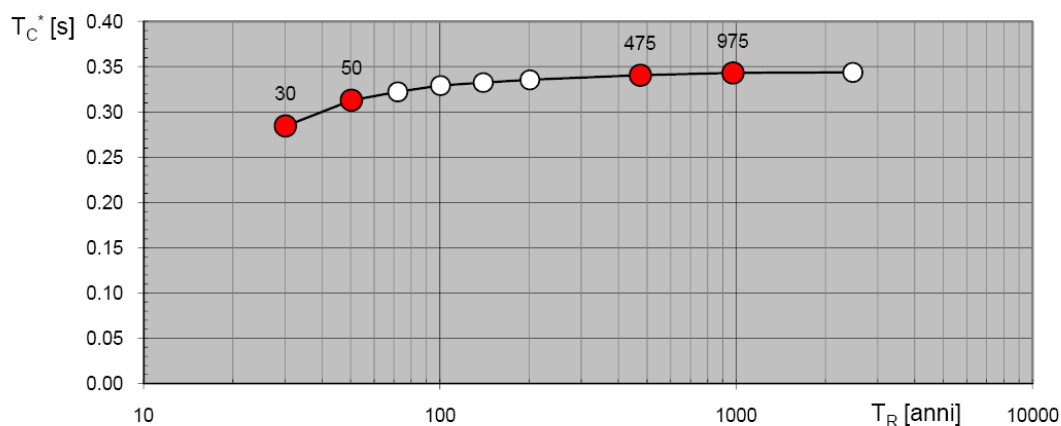
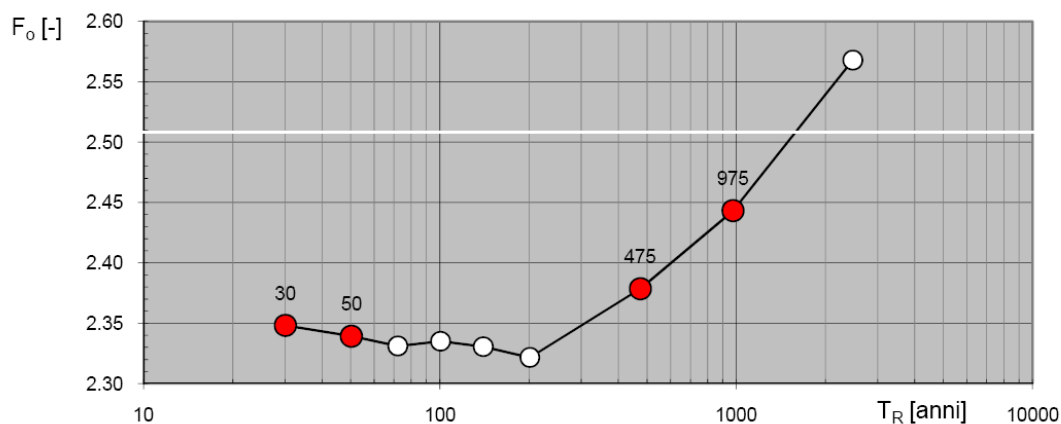
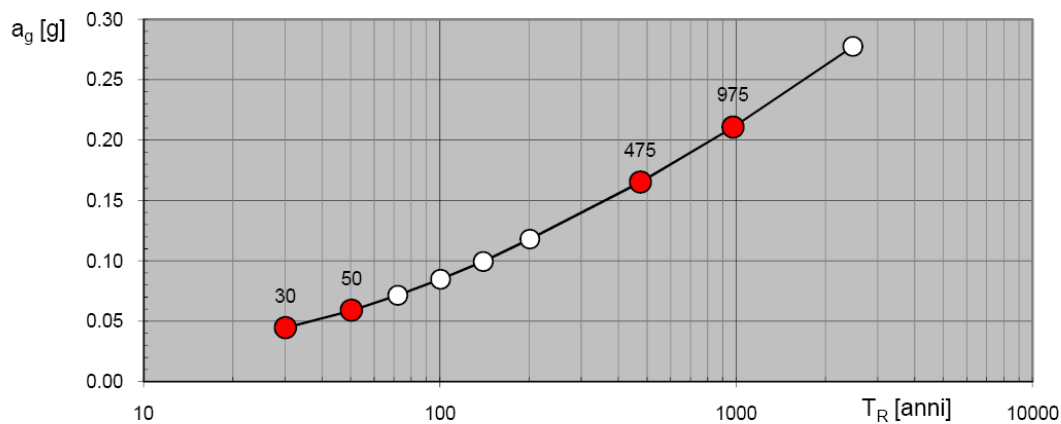
#### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.045	2.348	0.284
SLD	50	0.059	2.339	0.313
SLV	475	0.165	2.379	0.340
SLC	975	0.211	2.443	0.343



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

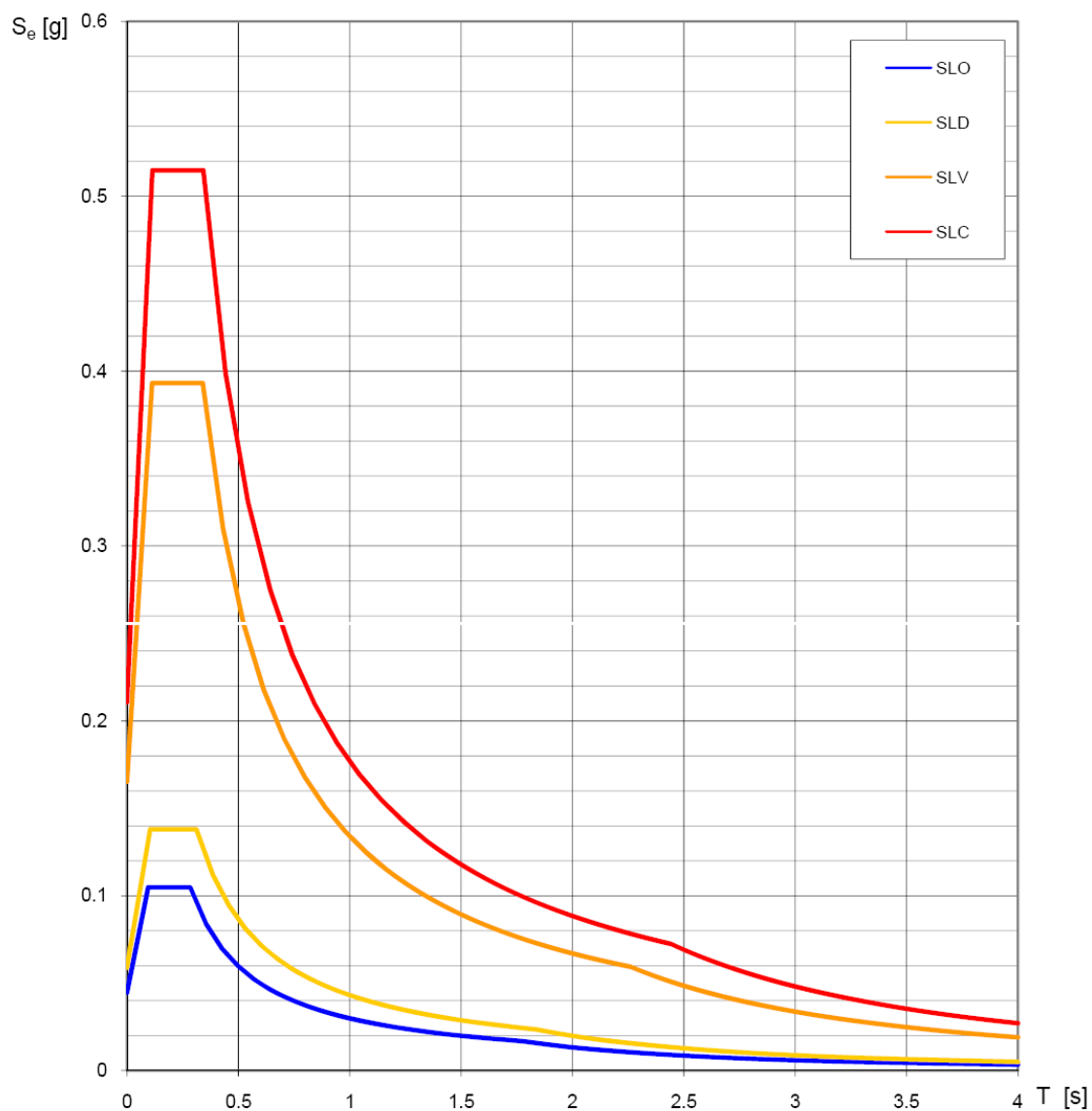
**Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$**





**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

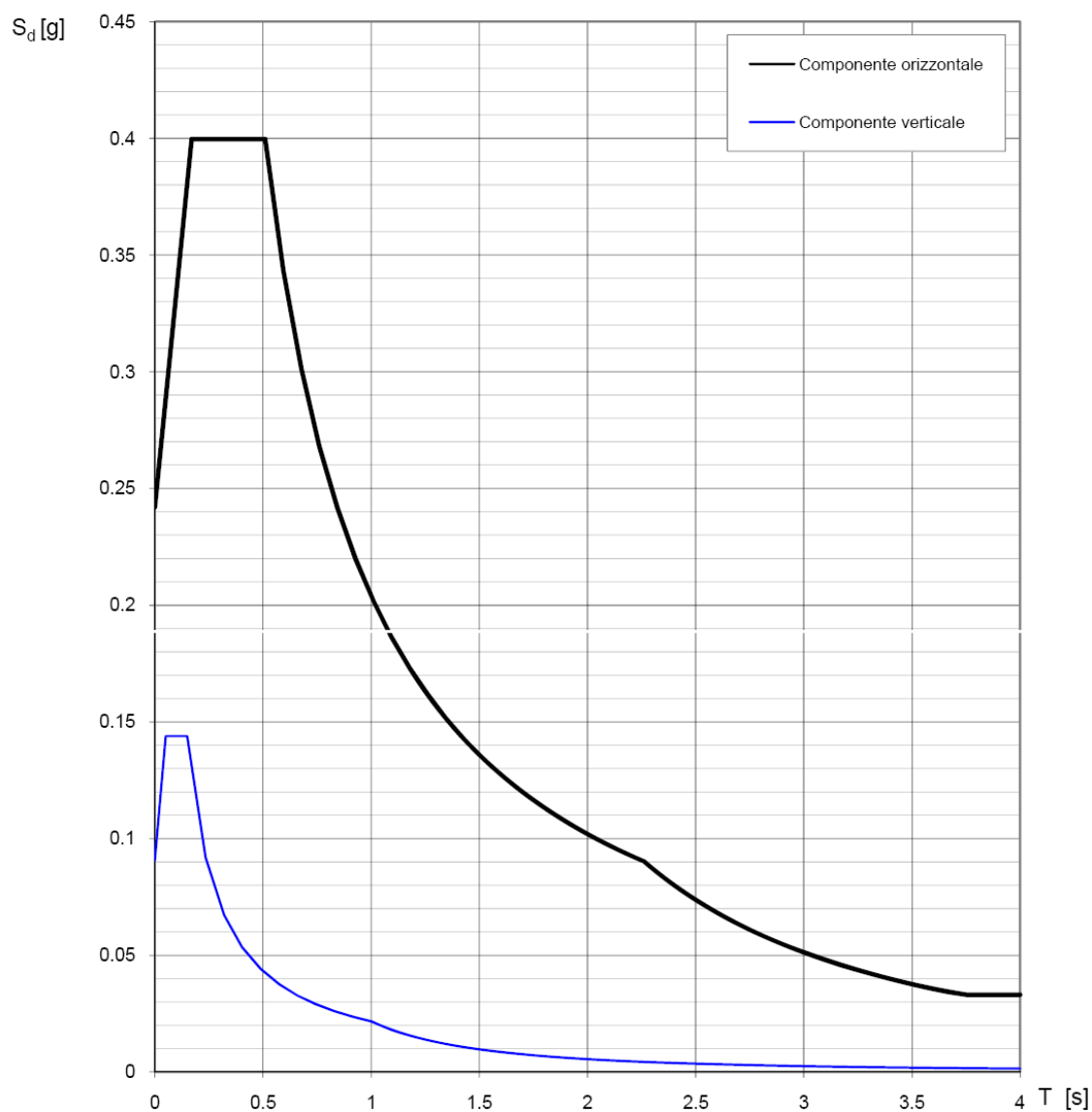
**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**





**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**







## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.165 g
$F_o$	2.379
$T_c^*$	0.340 s
$S_s$	1.464
$C_c$	1.498
$S_T$	1.000
$q$	1.440

### Parametri dipendenti

$S$	1.464
$\eta$	0.694
$T_B$	0.170 s
$T_C$	0.510 s
$T_D$	2.261 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.242
$T_B \leftarrow$	0.170	0.400
$T_C \leftarrow$	0.510	0.400
	0.593	0.344
	0.677	0.301
	0.760	0.268
	0.844	0.242
	0.927	0.220
	1.010	0.202
	1.094	0.186
	1.177	0.173
	1.260	0.162
	1.344	0.152
	1.427	0.143
	1.511	0.135
	1.594	0.128
	1.677	0.122
	1.761	0.116
	1.844	0.111
	1.928	0.106
	2.011	0.101
	2.094	0.097
	2.178	0.094
$T_D \leftarrow$	2.261	0.090
	2.344	0.084
	2.427	0.078
	2.509	0.073
	2.592	0.069
	2.675	0.064
	2.758	0.061
	2.841	0.057
	2.923	0.054
	3.006	0.051
	3.089	0.048
	3.172	0.046
	3.255	0.044
	3.338	0.041
	3.420	0.039
	3.503	0.038
	3.586	0.036
	3.669	0.034
	3.752	0.033
	3.834	0.033
	3.917	0.033
	4.000	0.033



## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

### **Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0.091 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

#### Parametri dipendenti

$F_v$	1.305
$S$	1.000
$\eta$	0.667

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.091
$T_B \leftarrow$	0.050	0.144
$T_C \leftarrow$	0.150	0.144
	0.235	0.092
	0.320	0.067
	0.405	0.053
	0.490	0.044
	0.575	0.038
	0.660	0.033
	0.745	0.029
	0.830	0.026
	0.915	0.024
$T_D \leftarrow$	1.000	0.022
	1.094	0.018
	1.188	0.015
	1.281	0.013
	1.375	0.011
	1.469	0.010
	1.563	0.009
	1.656	0.008
	1.750	0.007
	1.844	0.006
	1.938	0.006
	2.031	0.005
	2.125	0.005
	2.219	0.004
	2.313	0.004
	2.406	0.004
	2.500	0.003
	2.594	0.003
	2.688	0.003
	2.781	0.003
	2.875	0.003
	2.969	0.002
	3.063	0.002
	3.156	0.002
	3.250	0.002
	3.344	0.002
	3.438	0.002
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001



## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
 Stato Limite considerato SLD info

**Risposta sismica locale**  

Categoria di sottosuolo C info  
 Categoria topografica T1 info

$S_S =$  1.500 C<sub>c</sub> = 1.541 info  
 $h/H =$  1.000 S<sub>T</sub> = 1.000 info  
(h=quotasito, H=altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**  

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)  
☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Smorzamento  $\xi$  (%) 5  $\eta =$  1.000 info  
 Fattore  $q_0$  1.8 Regol. in altezza no info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto Fattore  $q$  1.5  $\eta =$  0.667 info

**Elaborazioni**  

Grafici spettri di risposta ➤  
 Parametri e punti spettri di risposta ➤

$S_{d,o}$  [g]  
 $S_{d,v}$  [g]  
 $S_e$  [g]

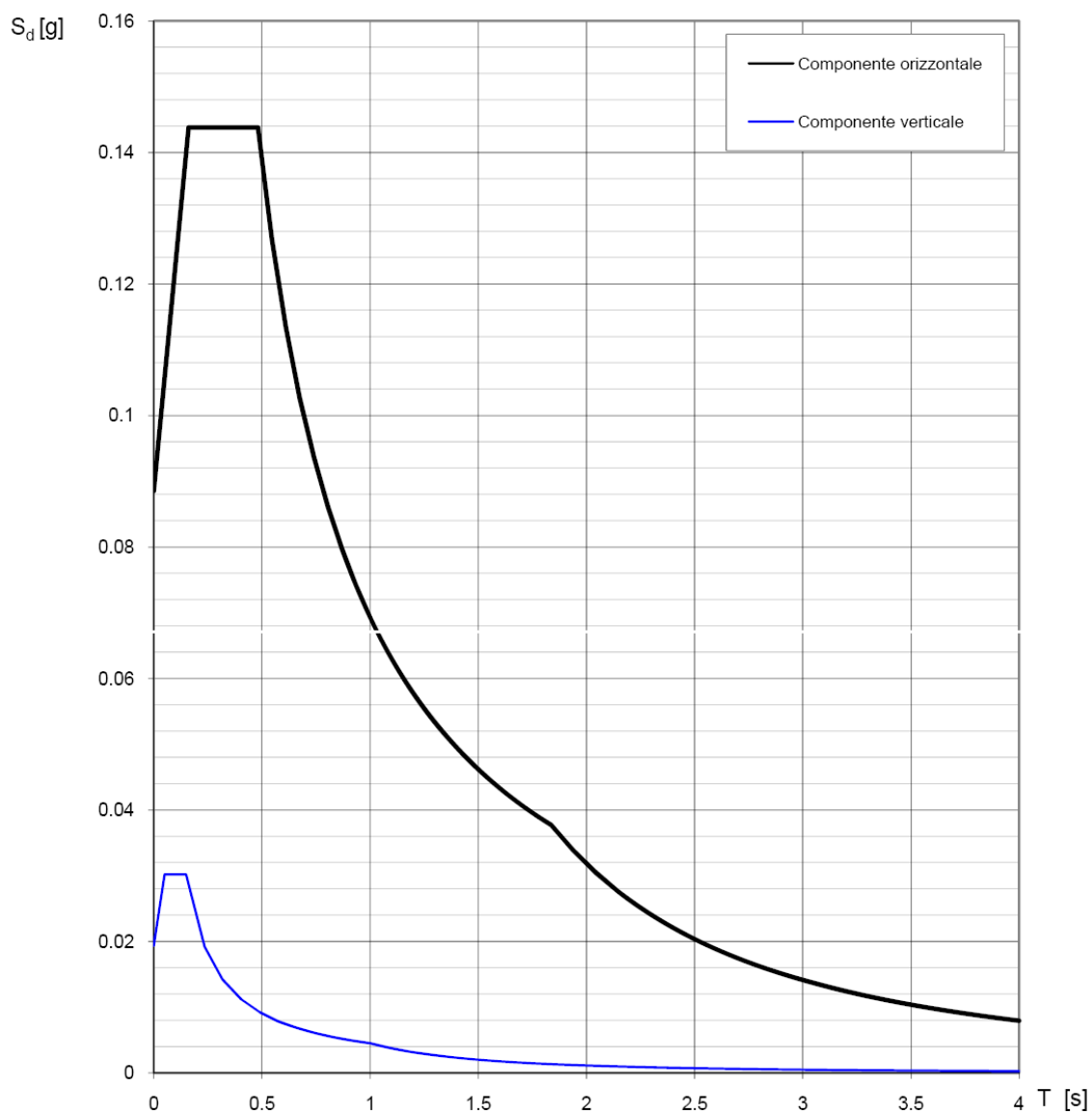
— Spettro di progetto - componente orizzontale  
 — Spettro di progetto - componente verticale  
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**





## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.059 g
$F_o$	2.339
$T_c^*$	0.313 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.541
$S_T$	1.000
$q$	1.440

### Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	0.694
$T_B$	0.161 s
$T_C$	0.482 s
$T_D$	1.836 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.089
$T_B \leftarrow$	0.161	0.144
$T_C \leftarrow$	0.482	0.144
	0.546	0.127
	0.611	0.113
	0.675	0.103
	0.740	0.094
	0.804	0.086
	0.869	0.080
	0.933	0.074
	0.998	0.069
	1.062	0.065
	1.127	0.062
	1.191	0.058
	1.256	0.055
	1.320	0.052
	1.385	0.050
	1.449	0.048
	1.514	0.046
	1.578	0.044
	1.643	0.042
	1.707	0.041
	1.772	0.039
$T_D \leftarrow$	1.836	0.038
	1.939	0.034
	2.042	0.031
	2.145	0.028
	2.248	0.025
	2.351	0.023
	2.454	0.021
	2.557	0.019
	2.660	0.018
	2.763	0.017
	2.867	0.015
	2.970	0.014
	3.073	0.013
	3.176	0.013
	3.279	0.012
	3.382	0.011
	3.485	0.010
	3.588	0.010
	3.691	0.009
	3.794	0.009
	3.897	0.008
	4.000	0.008



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: **SLD**

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0.019 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

### Parametri dipendenti

$F_v$	0.767
$S$	1.000
$\eta$	0.667

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.019
$T_B \leftarrow$	0.050	0.030
$T_C \leftarrow$	0.150	0.030
	0.235	0.019
	0.320	0.014
	0.405	0.011
	0.490	0.009
	0.575	0.008
	0.660	0.007
	0.745	0.006
	0.830	0.005
	0.915	0.005
$T_D \leftarrow$	1.000	0.005
	1.094	0.004
	1.188	0.003
	1.281	0.003
	1.375	0.002
	1.469	0.002
	1.563	0.002
	1.656	0.002
	1.750	0.001
	1.844	0.001
	1.938	0.001
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.000
	3.156	0.000
	3.250	0.000
	3.344	0.000
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

#### 4. CALCOLO DELLE MASSE SISMICHE

Le masse sismiche sono calcolate dai pesi sismici dividendoli per l'accelerazione di gravità  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ; le masse associate agli spostamenti lungo X e Y sono assunte ovviamente uguali, quella associata al grado di libertà rotazionale è calcolata come prodotto delle masse per il quadrato del raggio di inerzia  $\rho^2$ ; tali quantità sono assegnate direttamente al baricentro del relativo livello, coerentemente con l'ipotesi di impalcato infinitamente rigido. Il raggio di inerzia  $\rho$  è calcolato assumendo tutte le masse spalmate uniformemente sulla superficie dell'edificio, la quale è assunta rettangolare e di  $52,95 \text{ m} \times 53,55 \text{ m}$  [a x b]; conseguentemente accettando tale approssimazione risulta  $\rho^2 = (a^2 + b^2)/12$ .

La determinazione della posizione del baricentro è fatta con l'applicazione del teorema di Varignon considerando separatamente l'incidenza delle masse associate all'area di parcheggio, alle scale ed alla rampa.

La verifica della regolarità in elevazione delle masse, così come anche quella delle rigidezze, è stata omessa essendo non verificata la condizione “e” del paragrafo 7.2.2. relativa alla continuità in elevazione di tutti gli elementi resistenti verticali in quanto è presente un setto che si estende esclusivamente fino al secondo livello non raggiungendo pertanto il terzo livello (copertura).

Di seguito si riporta il calcolo dei pesi sismici associati ad ogni livello.

– Incidenza solaio

	peso sismico		massa sismica	
$G_{1k}$	6667	kN	680	kN/g
$G_{2k}$	2653	kN	270	kN/g
$Q_k$	3980	kN	406	kN/g
			1356	kN/g

– Incidenza rampa

	peso sismico		massa sismica	
$G_{1k}$	372,6	kN	37,98	kN/g
$G_{2k}$	136	kN	13,86	kN/g
$Q_k$	326,4	kN	33,27	kN/g
			85,12	kN/g



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

– Incidenza scale

	peso sismico		massa sismica	
G <sub>1k</sub>	6,98	kN	0,71	kN/g
G <sub>2k</sub>	6,3	kN	0,64	kN/g
Q <sub>k</sub>	15,12	kN	1,54	kN/g
			2,89	kN/g

– Incidenza pilastri

	peso sismico		massa sismica	
G <sub>1k</sub>	1370,8	kN	139,73	kN/g
			69,87	kN/g

PIANO TIPO  
PIANO COPERTURA

– Incidenza setti e nuclei

	peso sismico		massa sismica	
G <sub>1k</sub>	503,62	kN	51,34	kN/g

– Incidenza travi

	peso sismico		massa sismica	
G <sub>1k</sub>	5345,01	kN	544,85	kN/g

La massa sismica relativa al solaio, alle scale ed alle rampe pari a 1443,81 kN/g per ogni impalcato è applicata nel baricentro delle masse di piano, con un raggio d'inerzia al quadrato pari a 675319 kNm<sup>2</sup>/g ; mentre le masse relative ai pilastri, nuclei e travi sono applicati con continuità lungo l'estensione dell'elemento stesso.





## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

#### **5. CRITERI DI ANALISI DELLA STRUTTURA PRINCIPALE**

Gli effetti delle azioni sia per gli stati limite di esercizio sia per gli stati limite ultimi sono stati valutati usando l'analisi elastica lineare assumendo:

- sezioni interamente reagenti con rigidezze valutate riferendosi al solo calcestruzzo;
- relazioni tensione deformazione lineari;
- valori medi del modulo d'elasticità.

Le verifiche per gli stati limite di esercizio sono state svolte considerando l'analisi del primo ordine, imponendo l'equilibrio sulla configurazione iniziale della struttura ciò è possibile poiché sono trascurabili gli effetti delle deformazioni sull'entità delle sollecitazioni, sui fenomeni di instabilità e su qualsiasi altro rilevante parametro di risposta della struttura.

Gli stati limite considerati sono:

- verifica di deformabilità
- verifica alla fessurazione
- verifica alle tensioni

L'analisi strutturale, volta alla valutazione degli effetti delle azioni, è eseguita adottando il metodo dell'analisi elastica lineare dinamica; gli effetti del secondo ordine sono tenuti in conto esclusivamente allorquando risultassero rilevanti; le analisi globali hanno lo scopo di stabilire la distribuzione delle forze interne, delle tensioni, delle deformazioni e degli spostamenti nell'intera struttura o in una parte di essa mentre le analisi locali sono svolte solo nelle zone singolari quali quelle poste:

- in prossimità degli appoggi;
- in corrispondenza di carichi concentrati;
- alle intersezioni travi-colonne;
- nelle zone di ancoraggio;
- in corrispondenza di variazioni della sezione trasversale.



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

L'analisi elastica lineare è usata per valutare gli effetti delle azioni sia per gli stati limite di esercizio sia per gli stati limite ultimi. Per la determinazione degli effetti delle azioni, le analisi saranno effettuate assumendo:

- sezioni interamente reagenti con rigidezze valutate riferendosi al solo calcestruzzo;
- relazioni tensione deformazione lineari;
- valori medi del modulo d'elasticità.

Per la determinazione degli effetti delle deformazioni termiche e del ritiro le analisi sono effettuate assumendo:

- per gli stati limite ultimi, rigidezze ridotte valutate ipotizzando che le sezioni siano fessurate ed assumente pari alla metà della rigidezza delle sezioni interamente reagenti;
- per gli stati limite di esercizio, rigidezze intermedie tra quelle delle sezioni interamente reagenti e quelle delle sezioni fessurate.

La struttura è progettata senza appositi dispositivi dissipativi, attribuendo alla stessa un comportamento strutturale dissipativo ed una classe di duttilità "B".

Onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevisi, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze. Si localizzano dunque le dissipazioni di energia per isteresi in zone a tal fine individuate e progettate, dette "dissipative" o "critiche" e localizzate nelle travi in corrispondenza dei nodi, effettuando il dimensionamento degli elementi non dissipativi nel rispetto del criterio di gerarchia delle resistenze. A tal fine le parti non dissipative ed i collegamenti delle parti dissipative al resto della struttura possiedono, nei confronti delle zone dissipative, una sovreresistenza sufficiente a consentire lo sviluppo in esse della plasticizzazione ciclica, valutata moltiplicando la resistenza nominale di calcolo delle zone dissipative per un opportuno coefficiente di sovreresistenza  $\gamma_{Rd}$ , assunto pari ad 1,1 per CD"B".

Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa è attribuita una eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo pari in ogni direzione al 5% della dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica. Detta eccentricità è assunta costante, per entità e direzione, su tutti gli orizzontamenti.

L'analisi dinamica lineare è svolta considerando la totalità dei modi di vibrare della struttura (tre per ogni piano con l'aggiunta di quelli legati alla copertura dei torrioni scale e della rampa



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

per un totale di altri nove modi di vibrare), gli impalcati infinitamente rigidi per la presenza di una soletta continua in cemento armato di 5 cm di spessore posta superiormente ed una di 4 cm posta inferiormente nella sezione trasversale del solaio. Per le combinazioni degli effetti relativi ai singoli modi è utilizzata una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, quale quella indicata nell'espressione 7.3.3 della norma:

$$E = \left( \sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j \right)^{1/2}$$

con:

$E_j$  valore dell'effetto relativo al modo  $j$ ;

$\rho_{ij}$  coefficiente di correlazione tra il modo  $i$  e il modo  $j$  calcolato con un coefficiente viscoso equivalente posto pari a 0,05

La risposta sismica è calcolata separatamente per ciascuna delle due direzioni orizzontali e gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando l'espressione 7.3.15 della norma:

$$1,00 E_x + 0,30 E_y$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi. La componente verticale del sisma  $E_z$  non è tenuta in conto in quanto non significativa nel caso in esame. Così facendo si ottengono 32 diverse combinazioni, in quanto vi sono 8 coppie di azioni ortogonali (in particolare + e - azione massima nella direzione X combinata con + e - il 30% dell'azione massima nella direzione Y; inoltre + e - azione massima nella direzione Y combinata con + e - il 30% dell'azione massima nella direzione X per un totale di 8 casi) da moltiplicare per le 4 possibili posizioni del centro di masse.

1°: $+E_x + 0,30 E_y$	2°: $+E_x - 0,30 E_y$
3°: $-E_x + 0,30 E_y$	4°: $-E_x - 0,30 E_y$
5°: $-0,30 E_x + E_y$	6°: $-0,30 E_x - E_y$
7°: $-0,30 E_x + E_y$	8°: $-0,30 E_x - E_y$

A ciascuna combinazione sono sommati i valori degli effetti dovuti ai carichi verticali valutati nella combinazione sismica ( $G_1 + G_2 + \psi_{21} \times Q_{k1}$ ); naturalmente la semplice sovrapposizione degli effetti è consentita dalla linearità del modello adottato.



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Le verifiche allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e stato limite di esercizio di danno (SLD) ttuate considerando le 32 diverse combinazioni del tipo:  $F = E + G_1 + G_2 + \psi_{21} \times Q_{k1}$  ed adottando  $\psi_{21} = 0,60$ .

Le non linearità geometriche sono trascurate poiché a tutti i piani risulta soddisfatta la relazione 7.3.1 della norma [NTC 2008]:

$$\theta = \frac{P \cdot d_r}{V \cdot h} \leq 0,1$$

dove:

P è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame;

$d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano, ovvero la differenza tra lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento considerato e lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento immediatamente sottostante;

V è la forza orizzontale totale in corrispondenza dell'orizzontamento in esame;

h è la distanza tra l'orizzontamento in esame e quello immediatamente sottostante.



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## **6. VERIFICA DELLE TRAVI**

### Verifica di deformabilità per azioni gravitazionale

Lo spostamento massimo è stato calcolato considerando la combinazione di carico caratteristica allo stato limite di esercizio. La verifica si è eseguita imponendo che la freccia massima sia inferiore ad 1/500 della Luce. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei massimi spostamenti rilevati distinguendo le trave in funzione della loro sezione trasversale.

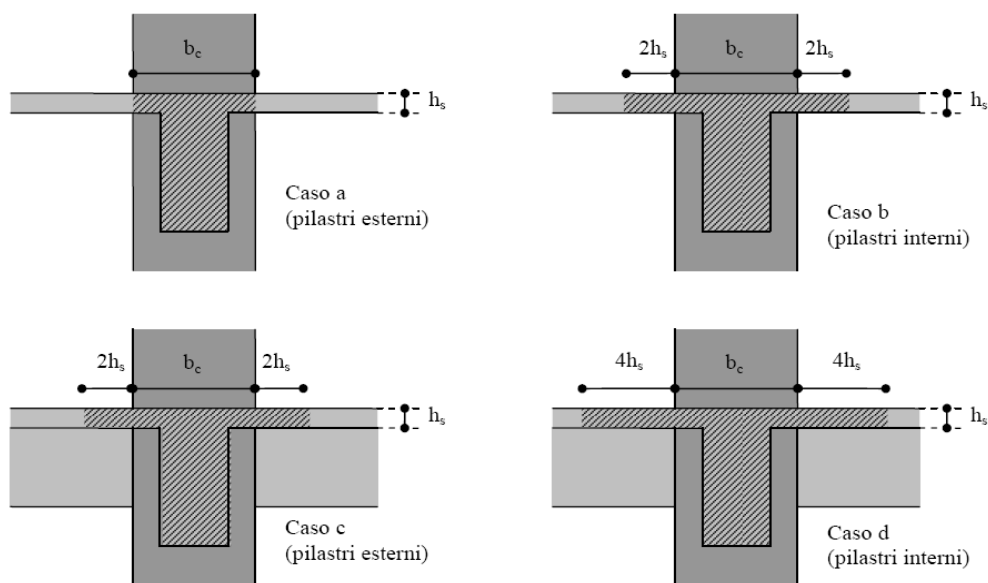
### Verifica agli stati limite ultimi

I momenti flettenti di calcolo, utilizzati per il dimensionamento e la verifica delle travi, sono quelli ottenuti dall'analisi globale della struttura per le combinazioni di carico sismiche precedentemente illustrate. Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo  $V_{Ed}$  si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione delle cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti  $M_{b,Rd,1,2}$  delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) determinati come indicato in §4.1.2.1.2, della norma [N.T.C. 2008] amplificati del fattore di sovraresistenza  $\gamma_{Rd}$  assunto pari ad 1,00 per strutture in CD" B". Nella determinazione della larghezza collaborante si è tenuto conto di quanto illustrato in figura 7.4.1. della suddetta norma riportata si seguito. La larghezza collaborante è assunta uguale alla larghezza del pilastro  $b_c$  (v. Fig. 7.4.2a) su cui la trave confluisce più:

- due volte l'altezza della soletta da ciascun lato, nel caso di travi confluenti in pilastri interni (v. Fig. 7.4.2b);
- due o quattro volte l'altezza della soletta da ciascun lato in cui è presente una trave trasversale di altezza simile, nel caso di travi confluenti rispettivamente in pilastri esterni o interni (v. Fig. 7.4.2c e 7.4.2d).



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*



**Figura 7.4.1 – Larghezza collaborante delle travi.**

Per ciascuna direzione e ciascun verso di applicazione delle azioni sismiche, si considerano due valori di sollecitazione di taglio, massimo e minimo, ipotizzando rispettivamente la presenza e l'assenza dei carichi variabili e momenti resistenti  $M_{b,Rd,1,2}$ , assunti in ogni caso di verso concorde sulla trave.

I momenti resistenti sono calcolati sulla base delle armature flessionali effettivamente presenti, compreso il contributo di quelle poste all'interno della larghezza collaborante delle solette piene, se ancorate al di fuori della campata in esame.

Le sollecitazioni di progetto presenti sulle travi sono riportate nell'allegato di calcolo distinte per le singole combinazioni considerate, di seguito si riportano i valori massimi di sollecitazione nelle tabelle riassuntive per ogni sezione di trave.



## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

<b>TRAVI BORDO</b>				<b>TRAVI BORDO no setti</b>				<b>TRAVI 70x22</b>			
<b>Modello E<sub>dex</sub></b>				<b>Modello E<sub>dex</sub></b>				<b>Modello E<sub>dex</sub></b>			
Mmax	<b>309</b>	kNm		Mmax	<b>98</b>	kNm		Mmax	<b>17</b>	kNm	
Mmin	<b>-351</b>	kNm		Mmin	<b>-161</b>	kNm		Mmin	<b>-25</b>	kNm	
Vmax	<b>287</b>	kN		Vmax	<b>97</b>	kN		Vmax	<b>18</b>	kN	
<b>Modello E<sub>inf</sub></b>				<b>Modello E<sub>inf</sub></b>				<b>Modello E<sub>inf</sub></b>			
Mmax	<b>311</b>	kNm		Mmax	<b>93</b>	kNm		Mmax	<b>17</b>	kNm	
Mmin	<b>-353</b>	kNm		Mmin	<b>-164</b>	kNm		Mmin	<b>-25</b>	kNm	
Vmax	<b>289</b>	kN		Vmax	<b>97</b>	kN		Vmax	<b>18</b>	kN	
<b>Modello E<sub>sin</sub></b>				<b>Modello E<sub>sin</sub></b>				<b>Modello E<sub>sin</sub></b>			
Mmax	<b>308</b>	kNm		Mmax	<b>96</b>	kNm		Mmax	<b>17</b>	kNm	
Mmin	<b>-350</b>	kNm		Mmin	<b>-160</b>	kNm		Mmin	<b>-25</b>	kNm	
Vmax	<b>286</b>	kN		Vmax	<b>96</b>	kN		Vmax	<b>18</b>	kN	
<b>Modello E<sub>sup</sub></b>				<b>Modello E<sub>sup</sub></b>				<b>Modello E<sub>sup</sub></b>			
Mmax	<b>306</b>	kNm		Mmax	<b>101</b>	kNm		Mmax	<b>17</b>	kNm	
Mmin	<b>-348</b>	kNm		Mmin	<b>-157</b>	kNm		Mmin	<b>-25</b>	kNm	
Vmax	<b>283</b>	kN		Vmax	<b>96</b>	kN		Vmax	<b>18</b>	kN	
<b>SLU</b>				<b>SLU</b>				<b>SLU</b>			
Mmax	<b>100</b>	kNm		Mmax	<b>100</b>	kNm		Mmax	<b>6</b>	kNm	
Mmin	<b>-165</b>	kNm		Mmin	<b>-165</b>	kNm		Mmin	<b>-21</b>	kNm	
Vmax	<b>124</b>	kN		Vmax	<b>124</b>	kN		Vmax	<b>16</b>	kN	



## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

<b>TRAVI 60x37</b>	<b>TRAVI 40x60</b>	<b>TRAVI 20x120</b>
<b>Modello E<sub>dex</sub></b>	<b>Modello E<sub>dex</sub></b>	<b>Modello E<sub>dex</sub></b>
Mmax <b>100</b> kNm	Mmax <b>214</b> kNm	Mmax <b>156</b> kNm
Mmin <b>-218</b> kNm	Mmin <b>-237</b> kNm	Mmin <b>-315</b> kNm
Vmax <b>133</b> kN	Vmax <b>237</b> kN	Vmax <b>215</b> kN
<b>Modello E<sub>inf</sub></b>	<b>Modello E<sub>inf</sub></b>	<b>Modello E<sub>inf</sub></b>
Mmax <b>100</b> kNm	Mmax <b>204</b> kNm	Mmax <b>157</b> kNm
Mmin <b>-218</b> kNm	Mmin <b>-229</b> kNm	Mmin <b>-315</b> kNm
Vmax <b>133</b> kN	Vmax <b>228</b> kN	Vmax <b>215</b> kN
<b>Modello E<sub>sin</sub></b>	<b>Modello E<sub>sin</sub></b>	<b>Modello E<sub>sin</sub></b>
Mmax <b>100</b> kNm	Mmax <b>213</b> kNm	Mmax <b>157</b> kNm
Mmin <b>-218</b> kNm	Mmin <b>-236</b> kNm	Mmin <b>-318</b> kNm
Vmax <b>133</b> kN	Vmax <b>236</b> kN	Vmax <b>216</b> kN
<b>Modello E<sub>sup</sub></b>	<b>Modello E<sub>sup</sub></b>	<b>Modello E<sub>sup</sub></b>
Mmax <b>101</b> kNm	Mmax <b>208</b> kNm	Mmax <b>157</b> kNm
Mmin <b>-219</b> kNm	Mmin <b>-230</b> kNm	Mmin <b>-317</b> kNm
Vmax <b>134</b> kN	Vmax <b>231</b> kN	Vmax <b>215</b> kN
<b>SLU</b>	<b>SLU</b>	<b>SLU</b>
Mmax <b>120</b> kNm	Mmax <b>156</b> kNm	Mmax <b>208</b> kNm
Mmin <b>-178</b> kNm	Mmin <b>-299</b> kNm	Mmin <b>-395</b> kNm
Vmax <b>156</b> kN	Vmax <b>225</b> kN	Vmax <b>287</b> kN

Le verifiche agli stati limite ultimi sono state condotte utilizzando il programma a distribuzione gratuita (open source) “Verifica C.A.S.L.U.” versione 5,9 del prof. Ing. Piero Gelfi per il calcolo del momento resistente allo stato limite ultimo.

Per quanto attiene alla geometria della sezione si fa riferimento agli elaborati grafici di progetto

### Verifica a flessione

#### Travi di bordo in prossimità dei setti [TRAVI BORDO]:

La sezione trasversale è di forma pressochè trapezia e presenta una base inferiore di 30 cm, una superiore di 20 cm ed un'altezza di 80 cm; è armata con 13 barre da 16 mm di diametro (disposte 4 inferiormente, 3 superiormente, 4+4 di parete).

Il massimo momento sollecitante dovuto alle azioni sismiche è pari a 311 kNm per valori positivi e -353 kNm per valori negativi, mentre per le sole azioni gravitazionali allo stato limite ultimo è pari a 100 kNm per valore positivo e -165 kNm per valore negativo.





## Il Sindaco di Napoli

Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave bordo\_vicino setti

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

TITOLO : trave 20-30x80

N° Vertici 5 Zoom N° barre 15 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	80
4	10	80
5	0	32

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 0 kN  
M<sub>sd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>y</sub>sd 0 0

Materiali B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  16.67 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  15  $\alpha_c$  0.85  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

P.to applicazione N Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 397.8 kNm  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  9.03 ‰  
d 75 cm  
x 20.95 x/d 0.2793  
 $\delta$  0.7892

Tipo Sezione  
☐ Rettang. re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Metodo di calcolo  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -  
☐ Metodo n

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello  
☐ Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave bordo\_vicino setti

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

TITOLO : trave 20-30x80

N° Vertici 5 Zoom N° barre 15 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	80
4	10	80
5	0	32

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 0 kN  
M<sub>sd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>y</sub>sd 0 0

Materiali B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  16.67 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  15  $\alpha_c$  0.85  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

P.to applicazione N Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -366 kNm  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  2.503 ‰  
 $\epsilon_s$  10 ‰  
d 76 cm  
x 15.21 x/d 0.2002  
 $\delta$  0.7

Tipo Sezione  
☐ Rettang. re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Metodo di calcolo  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -  
☐ Metodo n

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello  
☐ Precompresso

Travi di bordo in prossimità dei pilastri [TRAVI BORDO no setti]:

La sezione trasversale è di forma pressochè trapezia e presenta una base inferiore di 30 cm, una superiore di 20 cm ed un'altezza di 80 cm; è armata con 5 barre da 16 mm di diametro



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

(disposte 3 inferiormente, 2 superiormente) e con 4 barre di parete da 12 mm di diametro.

Il massimo momento sollecitante dovuto alle azioni sismiche è pari a 101 kNm per valori positivi e -164 kNm per valori negativi, mentre per le sole azioni gravitazionali allo stato limite ultimo è pari a 100 kNm per valore positivo e -165 kNm per valore negativo.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave bordo\_rev1

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo : trave 20-30x80

N° Vertici 5 Zoom N° barre 10 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	80
4	10	80
5	0	32

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2,01	14	76
2	0	0	0
3	2,01	26	76
4	2,01	4	5
5	2,01	15	5
6	2,01	26	5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 0 kN  
M<sub>sd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>y</sub>sd 0 0

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali B450C C25/30

E<sub>su</sub> 10 % E<sub>cu</sub> 3,5  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² f<sub>cd</sub> 16,67  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² α 0,85  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
E<sub>syd</sub> 1,957 % C<sub>c,adm</sub> 9,75  
C<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>cl</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 227 kNm  
σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 2,136 ‰  
ε<sub>s</sub> 10 ‰  
d 80 cm  
x 14,08 x/d 0,176  
δ 0,7

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviato

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave bordo\_rev1

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo : trave 20-30x80

N° Vertici 5 Zoom N° barre 10 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	80
4	10	80
5	0	32

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2,01	14	76
2	0	0	0
3	2,01	26	76
4	2,01	4	5
5	2,01	15	5
6	2,01	26	5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 0 kN  
M<sub>sd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>y</sub>sd 0 0

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali B450C C25/30

E<sub>su</sub> 10 % E<sub>cu</sub> 3,5  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² f<sub>cd</sub> 16,67  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² α 0,85  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
E<sub>syd</sub> 1,957 % C<sub>c,adm</sub> 9,75  
C<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>cl</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> -176,9 kNm  
σ<sub>c</sub> -13,36 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 1,521 ‰  
ε<sub>s</sub> 10 ‰  
d 76 cm  
x 10,03 x/d 0,132  
δ 0,7

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviato

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
Precompresso



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Travi 70x22:

La sezione trasversale è di forma rettangolare con base da 70 cm ed altezza di 22 cm; è armata con 8 barre da 16 mm di diametro (disposte 4 inferiormente, 4 superiormente).

Il massimo momento sollecitante dovuto alle azioni sismiche è pari a 17 kNm per valori positivi e -25 kNm per valori negativi, mentre per le sole azioni gravitazionali allo stato limite ultimo è pari a 6 kNm per valore positivo e -21 kNm per valore negativo.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave 70x22

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo: Trave 70x22

N° Vertici 4 Zoom N° barre 8 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	70	0
3	70	22
4	0	22

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub> 0 0 kN  
M<sub>Sd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>ysd</sub> 0 0

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  15.63 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$  200 000 N/mm<sup>2</sup>  $\alpha$  0.95  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  260 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 48.51 kNm  
 $\sigma_c$  -13.29 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  9.205 ‰  
d 17 cm  
x 4.683 x/d 0.2755  
 $\delta$  0.7843

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave 70x22

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo: Trave 70x22

N° Vertici 4 Zoom N° barre 8 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	70	0
3	70	22
4	0	22

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub> 0 0 kN  
M<sub>Sd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>ysd</sub> 0 0

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  15.63 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$  200 000 N/mm<sup>2</sup>  $\alpha$  0.95  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  260 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -48.51 kNm  
 $\sigma_c$  -13.29 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  9.205 ‰  
d 17 cm  
x 4.683 x/d 0.2755  
 $\delta$  0.7843

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
Precompresso



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Travi 60x37:

La sezione trasversale è di forma a T con base inferiore da 60 cm, superiore da 80 cm con un'altezza complessiva di 37 cm e con una soletta di 5 cm di spessore.; è armata in corrispondenza degli appoggi con 14 barre da 16 mm di diametro (disposte 6 inferiormente, 8 superiormente) e 5 da 8 mm disposte superiormente mentre in mezzzeria sono presenti 12 barre da 16 mm di diametro (disposte 6 inferiormente, 6 superiormente) e 5 da 8 mm disposte superiormente.

Il massimo momento sollecitante dovuto alle azioni sismiche è pari a 101 kNm per valori positivi e -219 kNm per valori negativi, mentre per le sole azioni gravitazionali allo stato limite ultimo è pari a 120 kNm per valore positivo e -178 kNm per valore negativo.

APPOGGI 60X37:

**Verifica C.A. S.L.U. - File: travi60x37\_App**

**Titolo:** Trave 60x37\_app

**N° Vertici:** 8 **Zoom** **N° barre:** 19 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	60	0
3	60	32
4	70	32
5	70	37
6	-10	37

**Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n

**N°:** 0 **N:** 0 kN  
**M<sub>sd</sub>:** 0 **M:** 0 kNm  
**M<sub>ysd</sub>:** 0 **M<sub>y</sub>:** 0

**P.to applicazione N:** Centro Baricentro cls  
**Coord. [cm]:** xN: 0 yN: 0

**Materiali:** B450C C25/30

**Calcolo:** S.L.U. + S.L.U. Metodo n

**Tipo flessione:** Retta Deviata

**N° rett:** 100

**Calcola MRd:** Dominio M-N

**L<sub>0</sub>:** 0 cm **Col. modello:**

**Precompresso:**

**Materiali:** B450C C25/30

**Calcolo:** S.L.U. + S.L.U. Metodo n

**Tipo flessione:** Retta Deviata

**N° rett:** 100

**Calcola MRd:** Dominio M-N

**L<sub>0</sub>:** 0 cm **Col. modello:**

**Precompresso:**



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

APPOGGI 60X37:

Verifica C.A. S.L.U. - File: travi60x37\_App

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo: Trave 60x37\_app

N° Vertici 8 Zoom N° barre 19 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	60	0
3	60	32
4	70	32
5	70	37
6	-10	37

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 kN  
M<sub>sd</sub> 0 kNm  
M<sub>ysd</sub> 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -233,2 kN m

Materiali B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  15,63 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$  200 000 N/mm<sup>2</sup>  $\alpha$  0,85  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  260 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{cl}$  1,829

$\sigma_c$  -13,29 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  2,857 ‰  
 $\epsilon_s$  10 ‰  
d 34 cm  
x 7,555 x/d 0,2222  
 $\delta$  0,7178

Tipo Sezione  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Metodo di calcolo  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U.  
☐ Metodo n

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

MEZZERIA 60X37:

Verifica C.A. S.L.U. - File: travi60x37\_Mezz

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo: Trave 60x37\_mezz

N° Vertici 8 Zoom N° barre 16 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	60	0
3	60	32
4	70	32
5	70	37
6	-10	37

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 kN  
M<sub>sd</sub> 0 kNm  
M<sub>ysd</sub> 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 144,4 kN m

Materiali B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  15,63 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$  200 000 N/mm<sup>2</sup>  $\alpha$  0,85  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  260 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{cl}$  1,829

$\sigma_c$  -13,19 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  1,832 ‰  
 $\epsilon_s$  10 ‰  
d 33 cm  
x 5,109 x/d 0,1548  
 $\delta$  0,7

Tipo Sezione  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Metodo di calcolo  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U.  
☐ Metodo n

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

MEZZERIA 60X37:

**Verifica C.A. S.L.U. - File: travi60x37\_Mezz**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

**TITOLO:** Trave 60x37\_mezz

**N° Vertici:** 8 **Zoom** **N° barre:** 16 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	60	0
3	60	32
4	70	32
5	70	37
6	-10	37

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2.01	4	4
2	2.01	14.4	4
3	2.01	24.8	4
4	2.01	35.2	4
5	2.01	45.6	4
6	2.01	56	4

**Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n

**N<sub>sd</sub>** 0 kN  
**M<sub>sd</sub>** 0 kNm  
**M<sub>y</sub>sd** 0

**P.to applicazione N:** Centro Baricentro cls  
**Coord. [cm]:** xN 0 yN 0

**Tipo rottura:** Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali:** B450C C25/30

Parametro	Valore
$\epsilon_{su}$	10 ‰
$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm²
$f_{cd}$	15.63 N/mm²
$E_s$	200 000 N/mm²
$\alpha$	0.85
$E_s / E_c$	15
$f_{cc} / f_{cd}$	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰
$\sigma_{c,adm}$	9.75 N/mm²
$\tau_{co}$	0.6 N/mm²
$\tau_{c1}$	1.829 N/mm²

**M<sub>xRd</sub>** -165.9 kNm

$\sigma_c$  -13.29 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  2.261 ‰  
 $\epsilon_s$  10 ‰  
 $d$  34 cm  
 $x$  6.271 cm  
 $x/d$  0.1844  
 $\delta$  0.7

**Tipo Sezione:** Rettang. re Trapezi  
**a T** **Circolare**  
**Rettangoli** **Coord.**

**Metodo di calcolo:** S.L.U. + S.L.U. -  
**Metodo n**

**Tipo flessione:** Retta Deviata

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>** 0 cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Travi 40x60:

La sezione trasversale è di forma a T con base inferiore da 40 cm, superiore da 60 cm con un'altezza complessiva di 60 cm e con una soletta di 5 cm di spessore.; è armata in corrispondenza degli appoggi con 11 barre da 16 mm di diametro (disposte 7 inferiormente, 4 superiormente) e 4 da 8 mm disposte superiormente mentre in mezzeria sono presenti 8 barre da 16 mm di diametro (disposte 4 inferiormente, 4 superiormente) e 4 da 8 mm disposte superiormente.

Il massimo momento sollecitante dovuto alle azioni sismiche è pari a 214 kNm per valori positivi e -237 kNm per valori negativi, mentre per le sole azioni gravitazionali allo stato limite ultimo è pari a 156 kNm per valore positivo e -299 kNm per valore negativo.



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

APPOGGI 40X60:

Verifica C.A. S.L.U. - File: travi40x60\_App

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

TITOLO : Travi 40x60\_sez. appoggio

N° Vertici 8 Zoom N° barre 18 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	40	0
3	40	55
4	50	55
5	50	60
6	-10	60

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 0 kN  
M<sub>xsd</sub> -313,22 0 kNm  
M<sub>y</sub> 0 0

Materiali B450C C25/30

E<sub>su</sub> 10 ‰ E<sub>cu</sub> 3,5  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 16,67  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm<sup>2</sup> α 0,85  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
E<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

P.to applicazione N Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 215,7 kNm  
σ<sub>c</sub> -12,9 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub> 1,401 ‰  
ε<sub>s</sub> 10 ‰  
d 56 cm  
x 6,882 x/d 0,1229  
δ 0,7

Tipo Sezione Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo S.L.U. S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: travi40x60\_App

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

TITOLO : Travi 40x60\_sez. appoggio

N° Vertici 8 Zoom N° barre 18 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	40	0
3	40	55
4	50	55
5	50	60
6	-10	60

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 0 kN  
M<sub>xsd</sub> -313,22 0 kNm  
M<sub>y</sub> 0 0

Materiali B450C C25/30

E<sub>su</sub> 10 ‰ E<sub>cu</sub> 3,5  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 16,67  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm<sup>2</sup> α 0,85  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
E<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

P.to applicazione N Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -358,9 kNm  
σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub> 2,639 ‰  
ε<sub>s</sub> 10 ‰  
d 57 cm  
x 11,9 x/d 0,2088  
δ 0,701

Tipo Sezione Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo S.L.U. S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso



**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

MEZZERIA 40X60:

Verifica C.A. S.L.U. - File: travi40x60\_Mezz

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

TITOLO : Travi 40x60\_sez.mezzeria

N° Vertici 8 Zoom N° barre 15 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	40	0
3	40	55
4	50	55
5	50	60
6	-10	60

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2,01	4	56
2	2,01	14,6	56
3	2,01	25,3	56
4	2,01	36	56
5	1,13	36	21
6	1,13	36	38

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 kN  
M<sub>sd</sub> -313,22 kNm  
M<sub>y</sub>sd 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 215,8 kNm  
σ<sub>c</sub> -13,45 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 1,548 ‰  
ε<sub>s</sub> 10 ‰  
d 56 cm  
x 7,507 x/d 0,1341  
δ 0,7

Materiali B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 10 ‰ ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² f<sub>cd</sub> 16,67 N/mm²  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² α 0,85  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo  
S.L.U. S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: travi40x60\_Mezz

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

TITOLO : Travi 40x60\_sez.mezzeria

N° Vertici 8 Zoom N° barre 15 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	40	0
3	40	55
4	50	55
5	50	60
6	-10	60

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2,01	4	56
2	2,01	14,6	56
3	2,01	25,3	56
4	2,01	36	56
5	1,13	36	21
6	1,13	36	38

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 kN  
M<sub>sd</sub> -313,22 kNm  
M<sub>y</sub>sd 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -241,3 kNm  
σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 2,012 ‰  
ε<sub>s</sub> 10 ‰  
d 57 cm  
x 9,549 x/d 0,1675  
δ 0,7

Materiali B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 10 ‰ ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² f<sub>cd</sub> 16,67 N/mm²  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² α 0,85  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo  
S.L.U. S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
Precompresso

Travi 20x120:

La sezione trasversale è di rettangolare con base da 20 cm ed un'altezza di 120 cm; è armata con 14 barre da 16 mm di diametro (disposte 2 inferiormente, 2 superiormente e 5+5 di parete).





**Il Sindaco di Napoli**  
**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**  
*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Il massimo momento sollecitante dovuto alle azioni sismiche è pari a 157 kNm per valori positivi e -317 kNm per valori negativi, mentre per le sole azioni gravitazionali allo stato limite ultimo è pari a 208 kNm per valore positivo e -395 kNm per valore negativo.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Travi rampa\_2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo: Trave 20x120

N° Vertici 4 Zoom N° barre 14 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	20	0
3	20	120
4	0	120

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 kN  
M<sub>sd</sub> 0 kNm  
M<sub>y</sub>sd 0 kNm

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  15.63 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$  200 000 N/mm<sup>2</sup>  $\alpha$  0.85  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  260 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 392.8 kNm  
 $\sigma_c$  -13.29 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  2.157 ‰  
 $\epsilon_s$  10 ‰  
d 116 cm  
x 20.58 x/d 0.1774  
 $\delta$  0.7

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: Travi rampa\_2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo: Trave 20x120

N° Vertici 4 Zoom N° barre 14 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	20	0
3	20	120
4	0	120

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>sd</sub> 0 kN  
M<sub>sd</sub> 0 kNm  
M<sub>y</sub>sd 0 kNm

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  15.63 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$  200 000 N/mm<sup>2</sup>  $\alpha$  0.85  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  260 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -396.1 kNm  
 $\sigma_c$  -13.29 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  2.168 ‰  
 $\epsilon_s$  10 ‰  
d 116 cm  
x 20.67 x/d 0.1782  
 $\delta$  0.7

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U.  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
Precompresso

In definitiva le travi soddisfano le verifiche allo stato limite ultimo per flessione.



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

#### **Verifica a taglio**

Il calcolo sollecitante è pari a

Il calcolo del taglio resistente è svolto secondo le indicazioni del paragrafo § 7.4.4.1.2.2 che per strutture in classe di duttilità B riporta al paragrafo § 4.1.2.1.3.2 della norma [N.T.C. 2008] secondo cui la resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio si valuta sulla base di una schematizzazione a traliccio. Pertanto gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave è assunta pari a  $45^\circ$  e pertanto rispetta i limiti imposti dalla normativa ( $1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5$ ).

La verifica di resistenza (SLU) si svolge accertando che  $V_{Rd} \geq V_{Ed}$  dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 d A_{sw}/s f_{yd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \text{sen}\alpha .$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0,9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) .$$

dove:

$d$  e  $b_w$  sono, rispettivamente, l'altezza utile e la larghezza della sezione;

$A_{sw}$  area dell'armatura trasversale;

$s$  interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave pari a  $90^\circ$

$f'_{cd}$  resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 f_{cd}$ );

$\alpha_c$  coefficiente maggiorativo pari a 1 per membrature non compresse

Si adotta come resistenza al taglio della trave la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$



## Il Sindaco di Napoli

### Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

In definitiva le armature longitudinali, dimensionate in base alle sollecitazioni flessionali, sono prolungate di una misura pari a  $a_l = 0,9 d \text{ (ctg}\theta - \text{ctg}\alpha) / 2 \geq 0$ .

Nelle due tabelle seguente si riportano i dati di input, i valori sollecitanti e quelli resistenti con l'esito del confronto di verifica. La simbologia adottata ha il significato sopra esposto. Si osserva in aggiunta che con "L" è indicato la luce della trave, con " $V_{\text{max,modello}}$ " il taglio massimo dato dall'involuppo delle sollecitazioni così come ricavato dalla risoluzione del modello tridimensionale, " $V_{\text{Gk+0,6Qk}}$ " il taglio calcolato in ipotesi di trave semplicemente appoggiata sotto carichi sismici.

Dati										
Sezione	$A_{sw}$	s	$f_{yd}$	$f_{cd}$	$\alpha$	$\theta$	$b_w$	d	$\alpha_c$	$n_{\text{braccia,st}}$
	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[cm]	[cm]		
TR 40x60	0,5	7,5	391	7,08	90	45	40	56	1	2
TR 60X37	0,5	10	391	7,08	90	45	60	33	1	4
TR 20X120	0,5	10	391	7,08	90	45	20	116	1	2
TR 70X22	0,5	10	391	7,08	90	45	40	18	1	2
TR BORDO no setti	0,5	7,5	391	7,08	90	45	25	76	1	2
TR BORDO	0,5	7,5	391	7,08	90	45	25	76	1	2

Verifica a taglio										
Sezione	$M_{b,Rd,1,2}^+$	$M_{b,Rd,1,2}^-$	L	$V_{\text{Gk+0,6Qk}}$	$V_{\text{max,modello}}$	$V_{ed}$	$V_{rsd}$	$V_{rcd}$	$V_{rd}$	ESITO
	[kNm]	[kNm]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	verifica
TR 40x60	215,8	-358,9	5	78,65	225	205	263	714	263	verificato
TR 60X37	114,2	-233,2	6,5	91,43	156	150	232	631	232	verificato
TR 20X120	392,8	-396,1	3,1	14,07	287	294	409	740	409	verificato
TR 70X22	48,51	-48,51	5,2	26,74	18	47	63	230	63	verificato
TR BORDO no setti	227	-176,9	7,4	105,82	289	166	357	606	357	verificato

In definitiva le travi soddisfano le verifiche allo stato limite ultimo per taglio.



## Il Sindaco di Napoli

**Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

### 1. VERIFICA DEI PILASTRI

Le verifiche degli elementi monodimensionali (travi e pilastri) vengono condotte in accordo al D.M. del 14.01.2008. In particolare, per la valutazione della **resistenza a sforzo normale e flessione**, si adottano le ipotesi:

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura si dedurranno, a partire dalle deformazioni, utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

La verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

$$MR_d = MR_d(N_{Ed}) > M_{Ed}$$

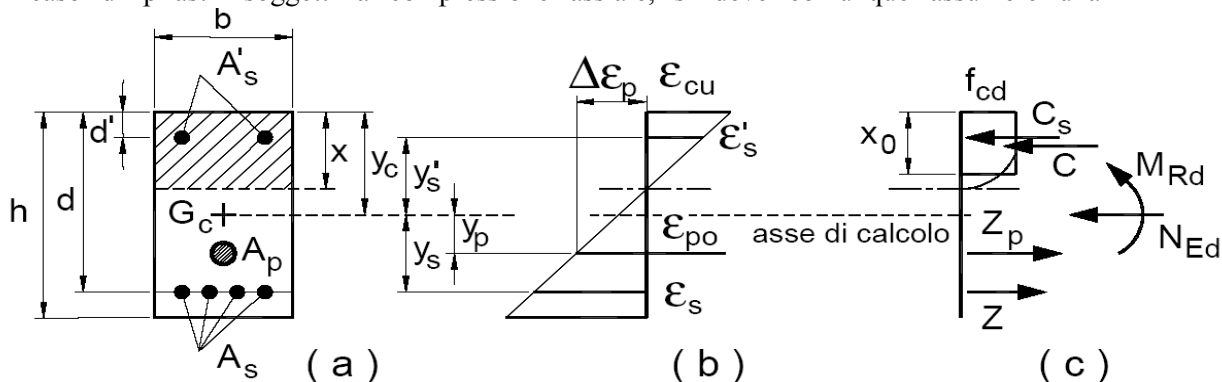
dove

$MR_d$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$N_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

$M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

Nel caso di pilastri soggetti a compressione assiale, si deve comunque assumere una



componente flettente dello sforzo  $M_{Ed} = e N_{Ed}$  con eccentricità  $e$  pari almeno a  $0,05h \geq 20\text{mm}$  (con  $h$  altezza della sezione).

Nel caso di pressoflessione deviata la verifica della sezione può essere posta nella forma



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

$$(M_{Eyd}/M_{Ryd})^{\alpha} + (M_{Ezd}/M_{Rzd})^{\alpha} < 1$$

dove:

$M_{Eyd}$ ,  $M_{Ezd}$  sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi y e z;

$M_{Ryd}$ ,  $M_{Rzd}$  sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti a  $N_{Ed}$  valutati separatamente attorno agli assi y e z.

L'esponente  $\alpha$  può dedursi in funzione della geometria della sezione e dei parametri

$$\nu = N_{Ed}/N_{Rcd}$$

$$\omega t = A_t f_{yd} / N_{Rcd}$$

con  $N_{Rcd} = A_c f_{cd}$ .

In mancanza di una specifica valutazione, può porsi cautelativamente  $\alpha=1$ .

#### **– Pilastrì**

Per ciascuna direzione e ciascun verso di applicazione delle azioni sismiche, si devono proteggere i pilastrì dalla plasticizzazione prematura adottando opportuni momenti flettenti di calcolo; tale condizione si consegue qualora, per ogni nodo trave-pilastrò ed ogni direzione e verso dell'azione sismica, la resistenza complessiva dei pilastrì sia maggiore della resistenza complessiva delle travi amplificata del coefficiente  $\gamma_{Rd}$ , in accordo con la formula:

$$\sum M_{C,Rd} \geq \gamma_{Rd} \cdot \sum M_{b,Rd}$$

dove:  $\gamma_{Rd} = 1,30$  per le strutture in CD "A" e  $\gamma_{Rd} = 1,10$  per le strutture in CD "B",  $M_{C,Rd}$  è il momento resistente del generico pilastrò convergente nel nodo, calcolato per i livelli di sollecitazione assiale presenti nelle combinazioni sismiche delle azioni;  $M_{b,Rd}$  è il momento resistente della generica trave convergente nel nodo.

Si assume il nodo in equilibrio ed i momenti, sia nei pilastrì che nelle travi, tra loro concordi. Nel caso in cui i momenti nel pilastrò al di sopra ed al di sotto del nodo siano tra loro discordi, al si considera il solo valore maggiore, il minore va sommato ai momenti di plasticizzazione delle travi.



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

Per la sezione di base dei pilastri del piano terreno si adotta come momento di calcolo il maggiore tra il momento risultante dall'analisi ed il momento  $M_{C,Rd}$  della sezione di sommità del pilastro. Il suddetto criterio di gerarchia delle resistenze non si applica alle sezioni di sommità dei pilastri dell'ultimo piano. Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio da utilizzare per le verifiche ed il dimensionamento delle armature si ottengono dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore  $M_{C,Rd}^s$  ed inferiore  $M_{C,Rd}^i$  secondo l'espressione:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{C,Rd}^s + M_{C,Rd}^i}{l_p}$$

nella quale  $l_p$  è la lunghezza del pilastro. Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, le sollecitazioni di taglio da considerare per la parte del pilastro priva di tamponamento sono calcolati assumendo  $l_p$  pari alla estensione della parte di pilastro priva di tamponamento.

Per le strutture in CD "B" ed in CD "A" la sollecitazione di compressione non deve eccedere, rispettivamente, il 65% ed il 55% della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo.

La verifica a presso-flessione deviata può essere condotta in maniera semplificata effettuando, per ciascuna direzione di applicazione del sisma, una verifica a presso-flessione retta nella quale la resistenza viene ridotta del 30%.



## **Il Sindaco di Napoli**

### **Commissario delegato ex O.P.C.M. n. 3566 del 5/03/2007**

*Il Soggetto Attuatore per le opere e gli interventi di competenza del Comune di Napoli*

## **1. CONCLUSIONI**

La presente relazione si riferisce alla progettazione in fase definitiva di un parcheggio multipiano con un livello interrato due fuori terra con la copertura adibita a parcheggio.

La struttura è del tipo intelaiato con nuclei di irrigidimento ed è stata verificata secondo le indicazioni del D.M. del 14/gennaio/2008.

Napoli, settembre 2009

### **I progettisti**

ing. Fiorenzo De Cicco

ing. Rodolfo Fisciano

arch. Armanto Taglialatela

### **Il Responsabile Unico del Procedimento**

ing. Gianfranco Pomicino