

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE  
DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01**

**DIREZIONE TECNICA – CENTRO DI PRODUZIONE MILANO**

**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE  
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

**FABBRICATI TECNOLOGICI - OPERE CIVILI**

**NUOVA SSE DI LEGNANO  
RELAZIONE DI CALCOLO**

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
MDL1	12	D	26	CL	FA0200	001	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	L.FIENO	10/2010			S. Borelli			

File: MDL112D26CLFA0200001A.doc

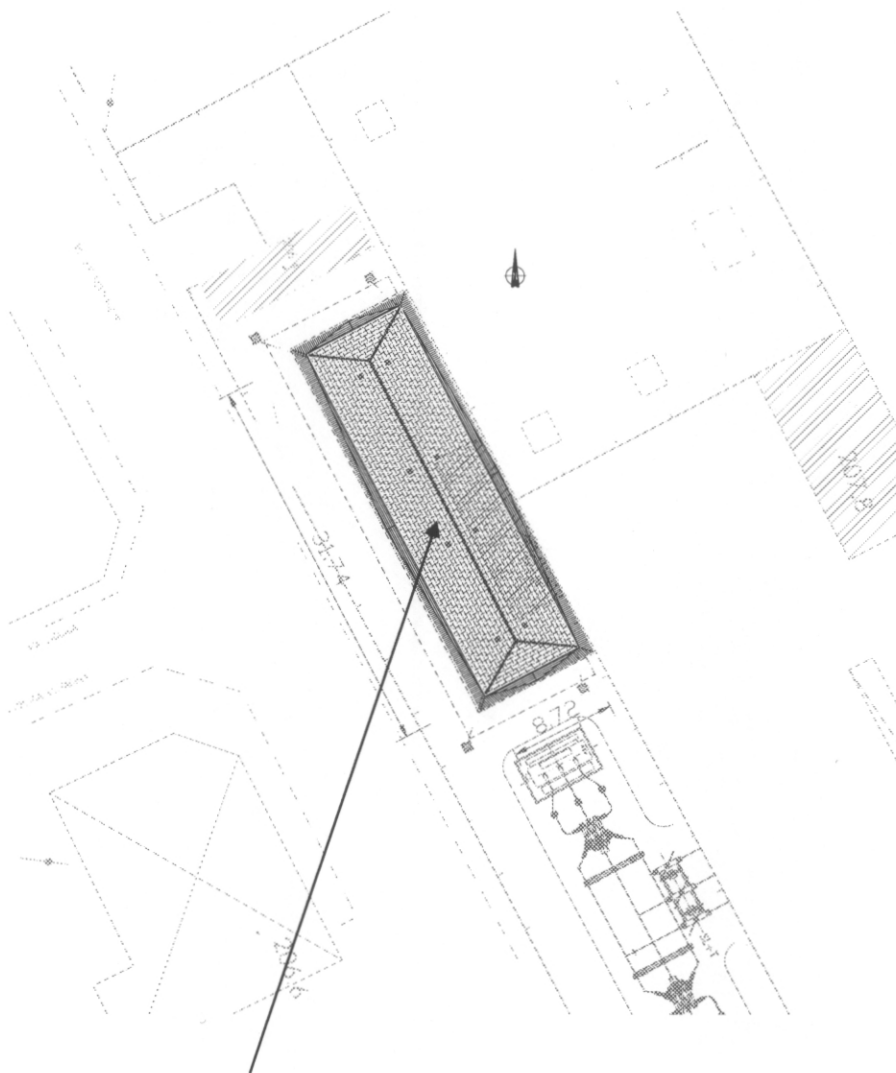
n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	6
4	ANALISI DEI CARICHI .....	7
4.1	CARICHI PERMANENTI .....	8
4.2	AZIONI VARIABILI .....	8
4.2.1	<i>Sovraccarico variabile</i> .....	9
4.3	AZIONI DEL VENTO .....	9
4.4	AZIONI DOVUTE ALLA NEVE.....	10
5	ANALISI SOLLECITAZIONI AE VERIFICHE.....	11
6	VERIFICHE SEZIONALI .....	18
6.1	TRAVE SOLAIO COPERTURA .....	18
6.1.1	<i>Sezione di campata</i> .....	18
6.1.2	<i>Verifica sezione d'incastro al pilastro</i> .....	19
6.2	PILASTRI.....	20
6.3	FONDAZIONI E TERRENO .....	21

## 1 PREMESSA

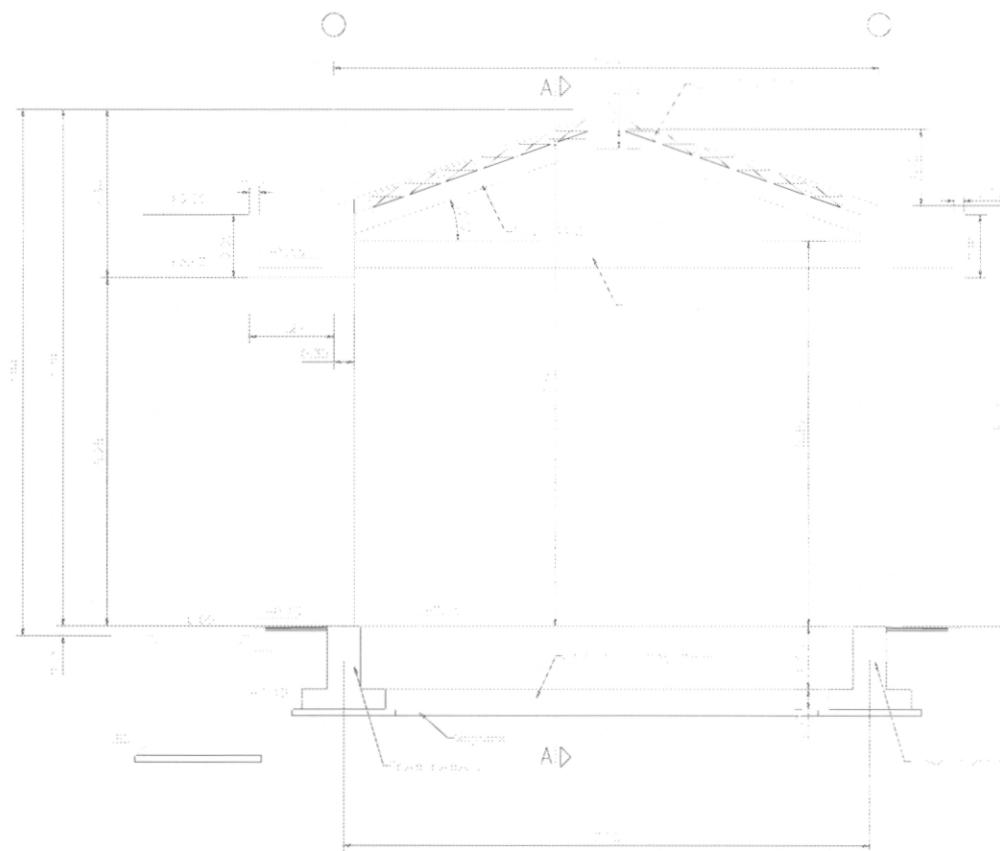
Nella presente relazione si tratta del dimensionamento del nuovo edificio da destinare a SSE Legnano evidenziato nella planimetria seguente.



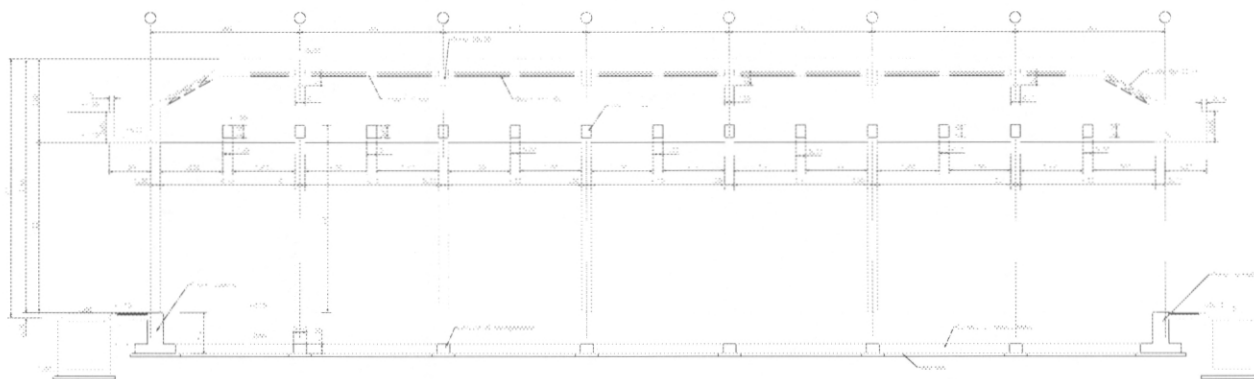
----- SSE I -----

L'edificio ha una struttura in c.a. a telaio con solaio di copertura in latero cemento sostenuto da una serie di capriate anch'esse in c.a. ed ha dimensioni in pianta 31.74x8.72.

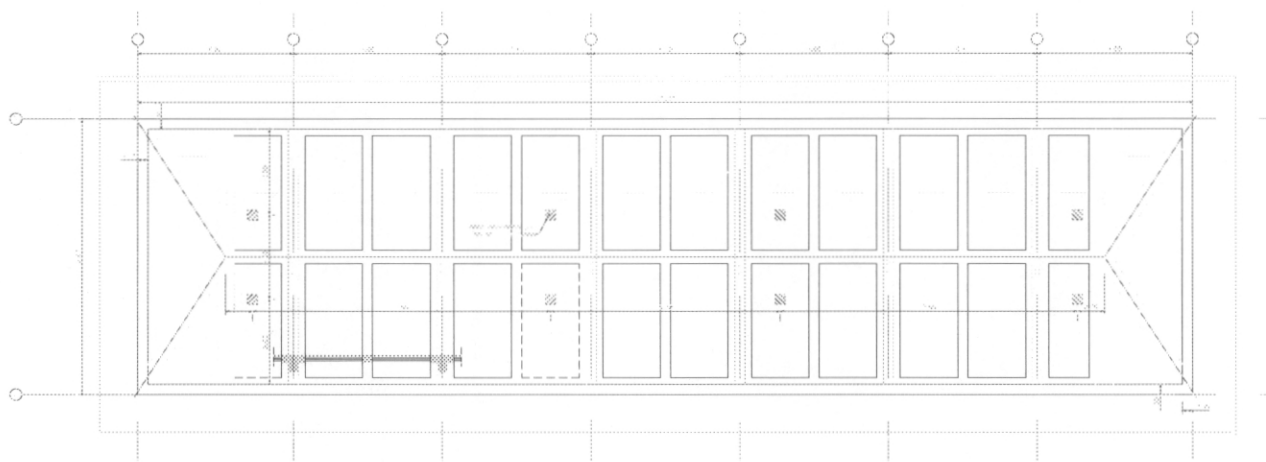
Le strutture portanti verticali sono costituite da 8x2 pilastri in c.a. di sezione 30x30cm di altezza  $h=5.25\text{m}$  posti ad interasse di 4.4m collegati in testa da un sistema di travi in c.a. Le fondazioni sono del tipo a trave rovescia. La quota di posa della fondazione è stata posta a  $-1.10$  da piano campagna. Per un maggior dettaglio sulla conformazione dell'edificio si rimanda agli elaborati grafici allegati.



**Figura 1 Sezione trasversale**



**Figura 2 Sezione longitudinale**



**Figura 4 Pianta solaio di copertura**

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I calcoli sono svolti in ottemperanza alla Normativa vigente ed in particolare le procedure di verifica degli elementi strutturali si basano sul metodo delle tensioni ammissibili in accordo con le seguenti normative vigenti; l'edificio sorge in zona sismica 4

- *L.1086 5/11/71 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- *D.M. 14 febbraio 1992 Norme tecniche l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- *DM 09/01/96 Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- *DM 16/01/96 Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".*
- *DM 16/01/96 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.*

## 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### CALCESTRUZZO FONDAZIONE

**$R_{ck} 30 \text{ N/mm}^2$**

$$E_c = 3.12e7 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_c = 9.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{b0} = 0.60 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{b1} = 1.82 \text{ N/mm}^2$$

### CALCESTRUZZO ELEVAZIONI

NUOVA SSE DI LEGNANO  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 02 00 001	A	7 di 21

***Rck 35 N/mm<sup>2</sup>***

$$E_c = 3.37E7 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_c = 11 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{b0} = 0.67 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{b1} = 1.97 \text{ N/mm}^2$$

**ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE**

***Feb44k***

$$f_{yk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 255 \text{ N/mm}^2$$

#### 4.1 Carichi permanenti

I pesi propri strutturali sono stati valutati applicando un peso di volume del cls pari a 25 kN/mc

Il peso del solaio di copertura di spessore 20 cm ( pignatte in laterizio da 16 + 4.0 cm di caldana superiore armata con rete  $\phi 8/10$ ) e dei sovraccarichi permanenti portati è valutato di seguito:

Solaio di copertura	Peso
	kN/mq
Travetto	0.30
Soletta+laterizio(16+4)	2.35
intonaco inferiore	0.30
massetto e imper.	0.60
Tegole	0.60
<b>Sommano</b>	<b>4.15</b>

#### 4.2 Azioni variabili



#### 4.2.1 Sovraccarico variabile

Come previsto dalla normativa per tale solaio di copertura non praticabile si applica un carico di 0.5 kN/mq

#### 4.3 Azioni del vento

##### Valutazione delle spinte del vento

**Zona:** 1

**Altitudine as:** 250 m

**Pressione  $q_{ref}$ :** 390.63 N/mq

**Altezza z della costruzione:** 5.00 m

**Classe di rugosità terreno:** A

**Categoria di esposizione:** V

**Inclinazione elemento:** 19.5 °

**Ce:** 1.48

**Cd:** 1.00

**Superficie d'attrito:** Scabra

**Cf: 0.02**

**Pressione  
tangente: 11.56 N/mq**

**Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde inclinate o curve.**

Elemento.	Cp	Pressione	
parete sopravento:	0.80	462.31	N/mq
parete sottovento:	-0.40	-231.15	N/mq
spiovente sopravento:	-0.40	-231.15	N/mq
spiovente sottovento:	-0.40	-231.15	N/mq

**4.4 Azioni dovute alla neve**

## Valutazione del carico neve



Zona: I

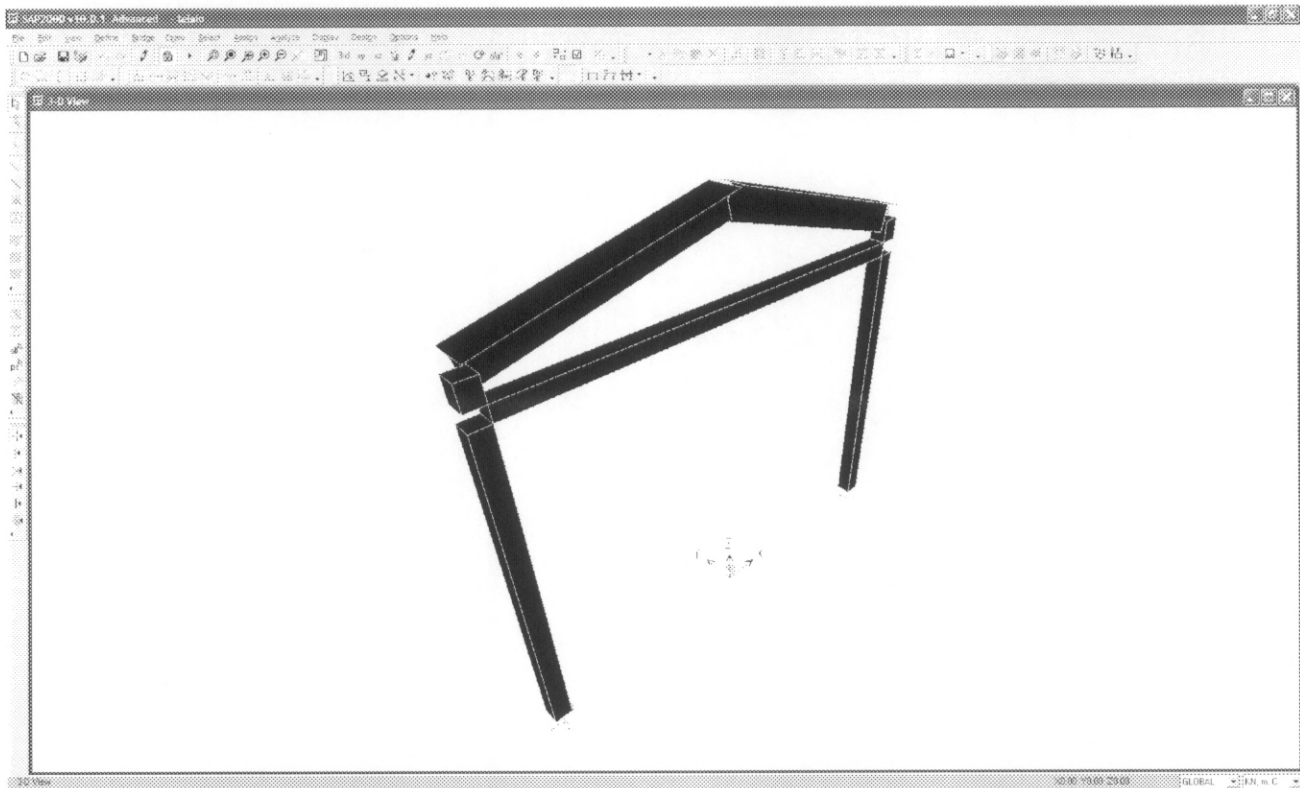
Altitudine  $a_s$ : 250 m

Carico al suolo  
 $q_{sk}$ : 1.75 kN/mq

Inclinazione  
 falda: 19.50 °

	SI	NO	NO	NO	
coeff. di forma	$0^\circ < \alpha < 15^\circ$	$15^\circ < \alpha < 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$	$q_s = \mu_i \cdot q_{sk}$
$\mu_1$	0.80	0.80	1.28	0.00	1.40 kN/mq
$\mu_2$	0.80	0.76	1.60	0.00	1.40 kN/mq
$\mu_3$	1.12	1.12	1.60	n.d.	1.96 kN/mq
$\mu_1^*$	0.80	0.85	0.85	0.00	1.40 kN/mq

L'analisi delle sollecitazioni agenti è stata svolta considerando un telaio piano soggetto ai carichi sopra definiti riferiti ad un'afferenza pari a quella del pilastro maggiormente sollecitato  $b=4.40m$ . Le aste costituenti il telaio hanno le dimensioni reali e la geometria è stata definita in funzione delle linee d'asse della struttura.

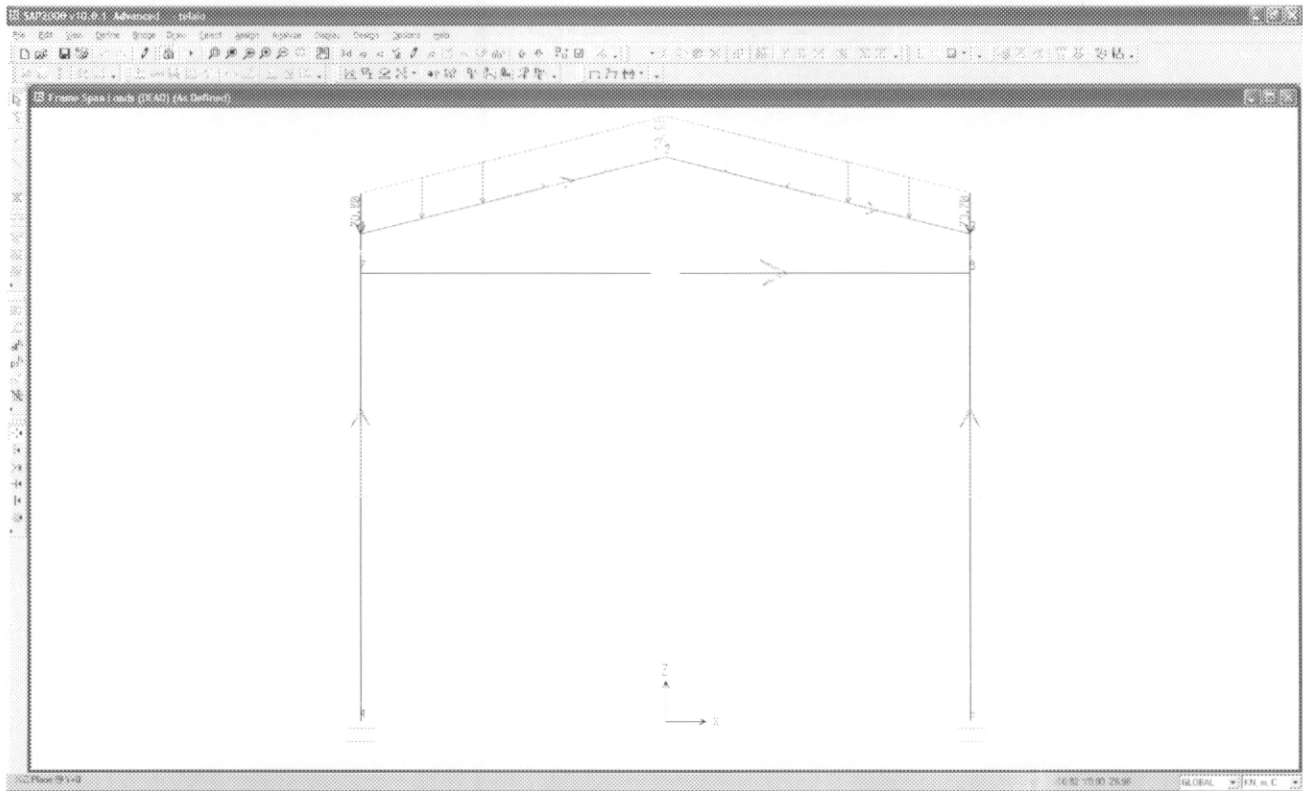


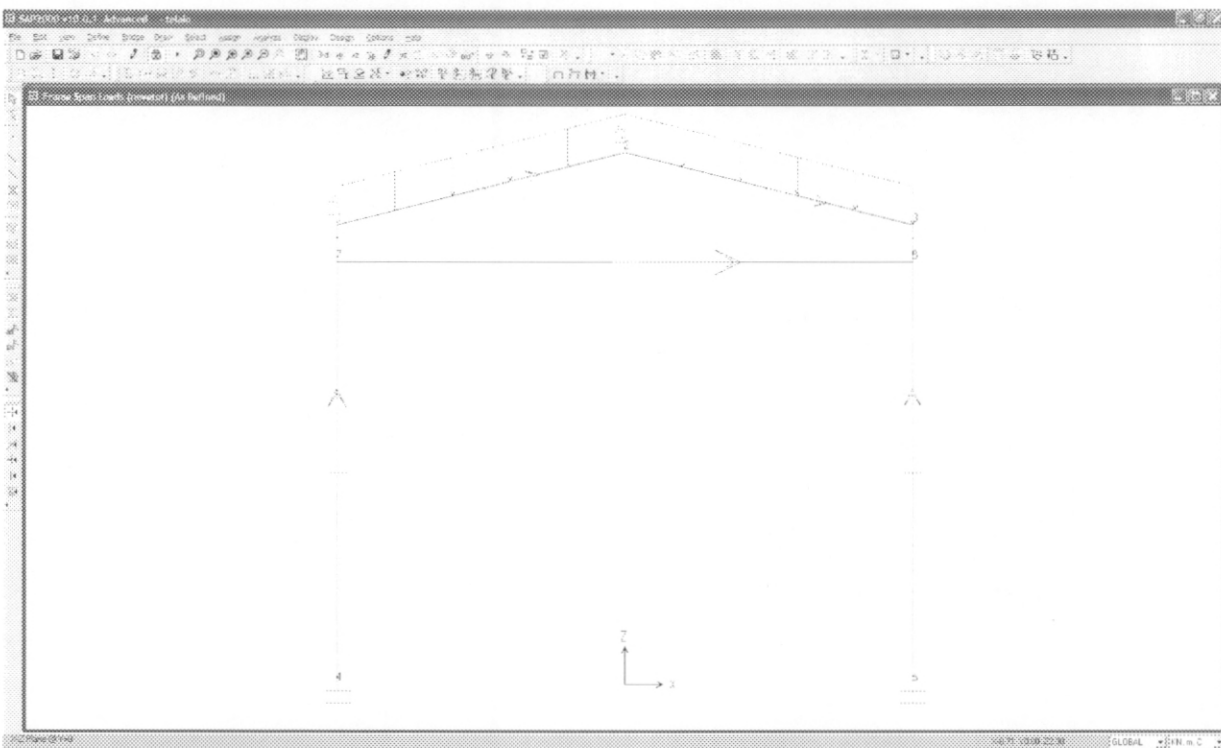
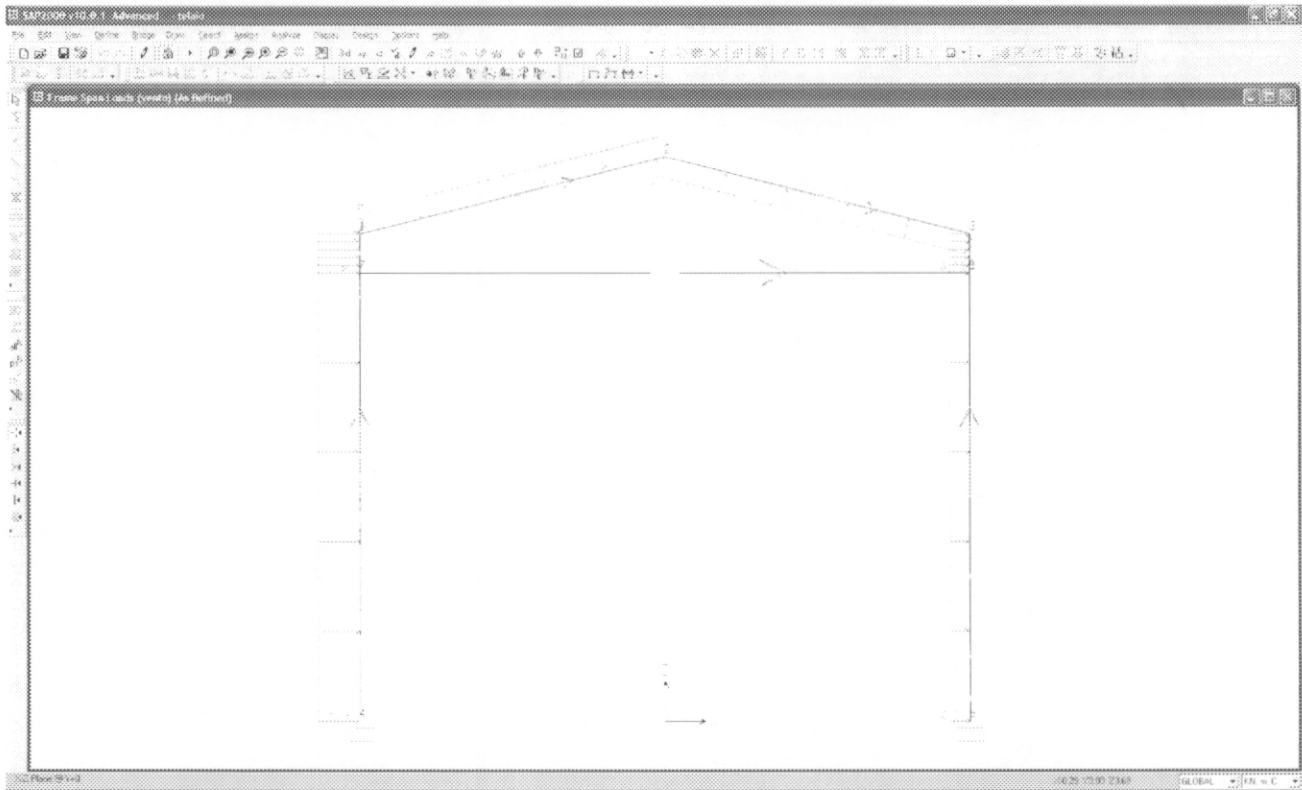
Nelle figure seguenti dopo avere riportato le schermate relative all'applicazione dei carichi elementari, si riporta l'involuppo delle sollecitazioni agenti e le verifiche dei principali elementi strutturali.

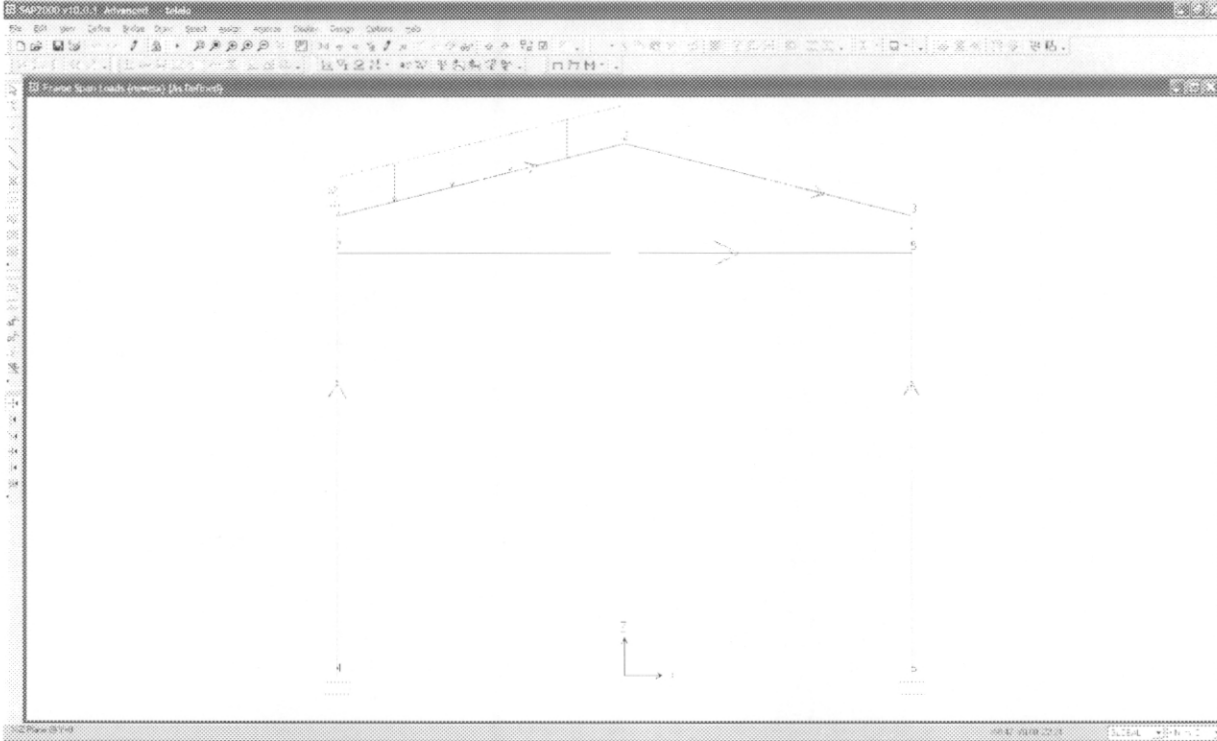
Le sollecitazioni prodotte dal sisma non risultano mai dimensionati risultando l'edificio in zona 4. Ciò non toglie che in sede di progettazione esecutiva e di esecuzione, dovranno essere attuate tutte le prescrizioni sui dettagli costruttivi previsti per edifici in zona sismica.

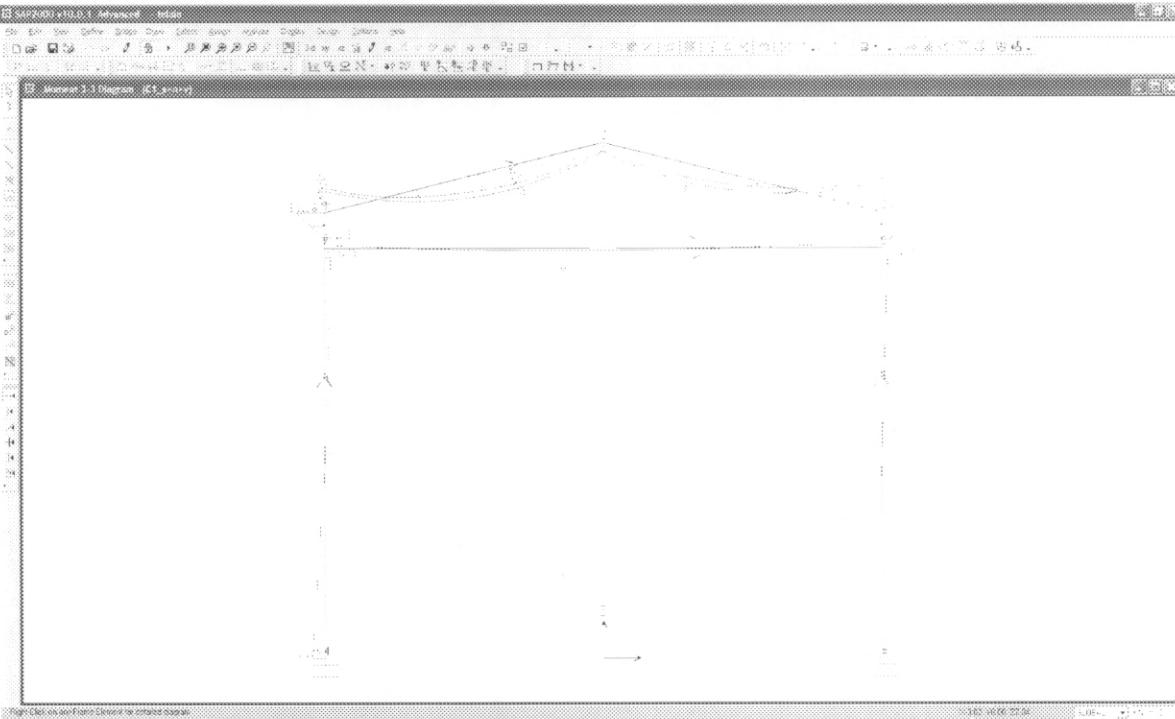
NUOVA SSE DI LEGNANO  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 02 00 001	A	13 di 21

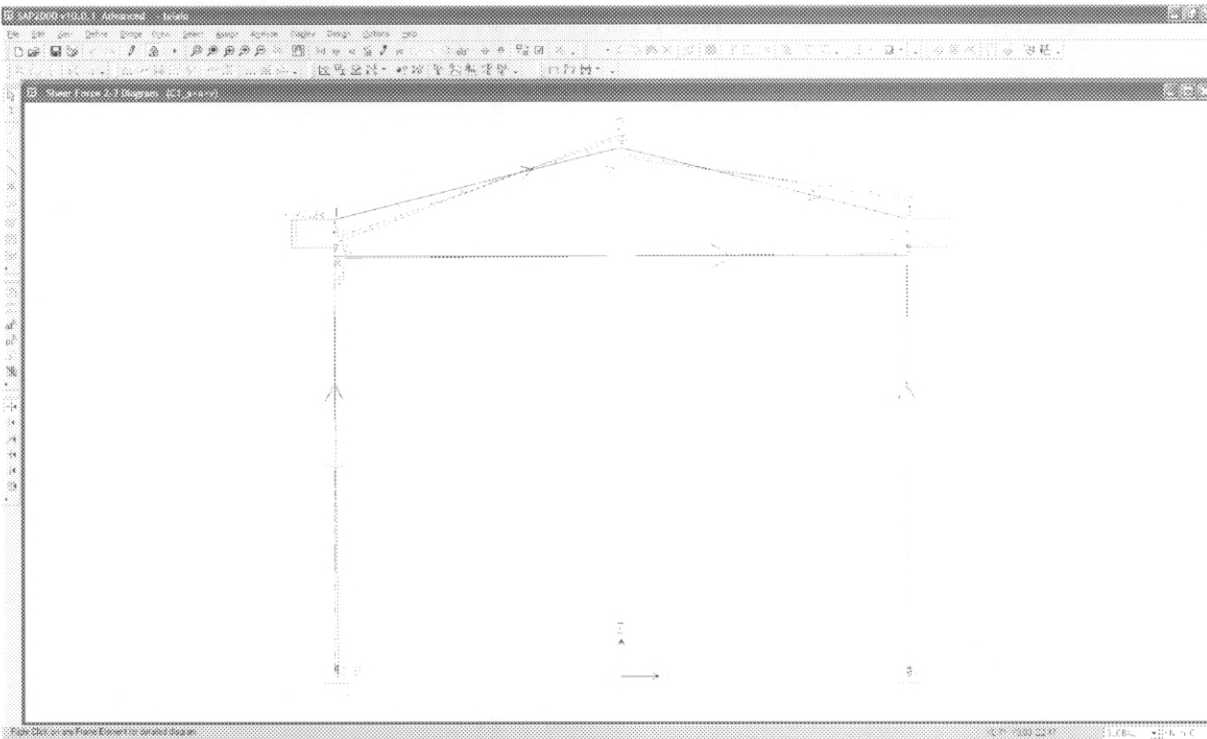






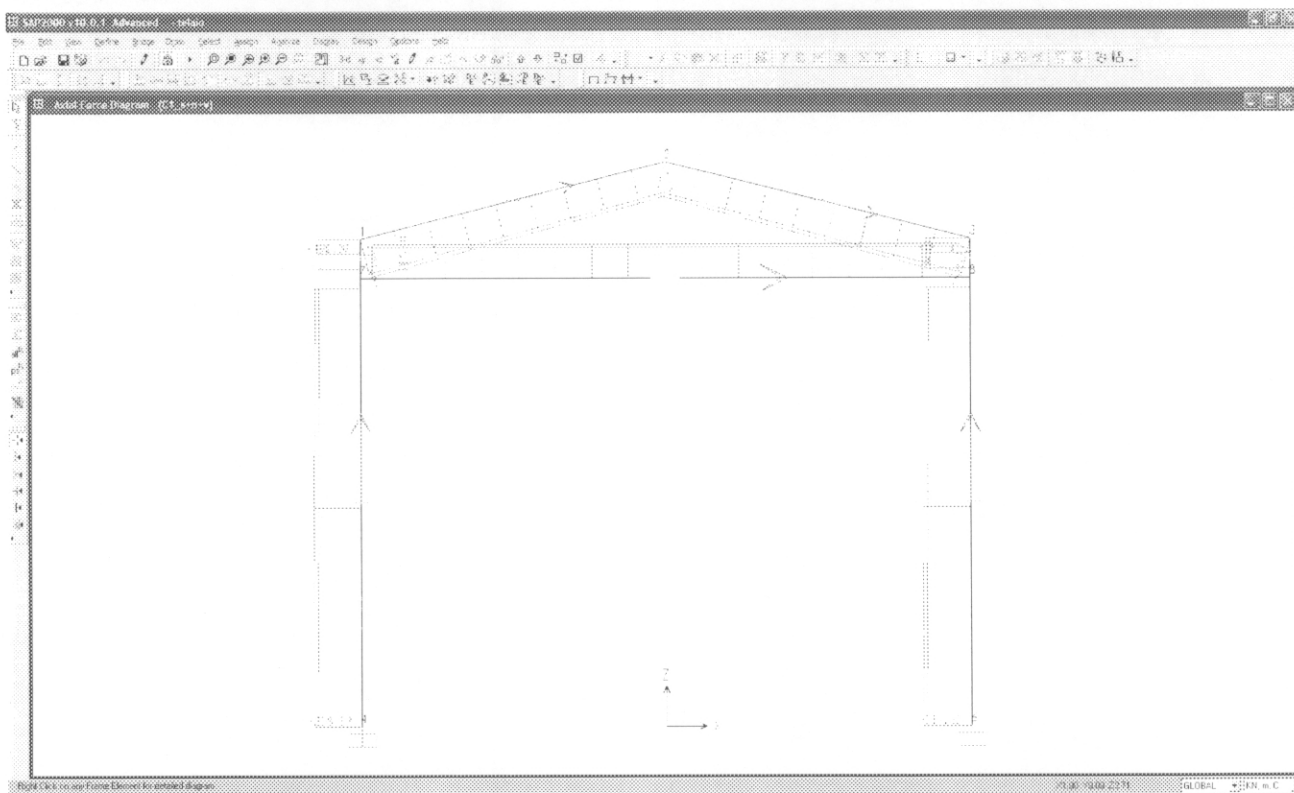


**Figura 3 Diagramma involuppo momenti flettenti;**



**Figura 4 Diagramma involuppo sollecitazioni taglienti**





**Figura 5 Diagramma involuppo sforzo normale;**

## 6 VERIFICHE SEZIONALI

### 6.1 Trave solaio copertura

La trave ha sezione a T con flangia di larghezza 60cm e spessore 20cm e altezza totale di 50cm e anima di spessore 30cm.

E' armata con  $2\phi 16$  sup +  $2\phi 14$  inf correnti in aggiunta si dispongono due sagomati  $\phi 16$  che in prossimità dell'appoggio vengono alzati a prendere i momenti negativi. Con ciò le verifiche alla TA delle tensioni normali sono riportate di seguito

#### 6.1.1 Sezione di campata

Massimo momento flettente agente :  $M = 48$  kNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: travetetto

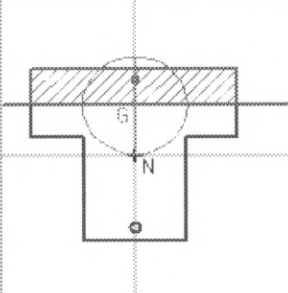
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Ref. ?

Titolo : **trave copertura campata**

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	20	1	4.02	3
2	30	30	2	7.10	46

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



Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub>  kN  
 M<sub>xSd</sub>  kNm  
 M<sub>ySd</sub>

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

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

Materiali  
**FeB44k** **C28/35**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{cu}$    
 $f_{yd}$   N/mm²  $f_{cd}$    
 $E_s$   N/mm²  $\alpha_s$   ?  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$    
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    
 $\tau_{c1}$

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

Verifica  
 N° iterazioni:

Precompresso

### 6.1.2 Verifica sezione d'incastro al pilastro

Verifica C.A. S.L.U. - File: travetto

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo : **trave copertura incastro**

N° figure elementari  Zoom      N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	20	1	8.04	3
2	30	30	2	3.08	46

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.       Metodo n

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

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

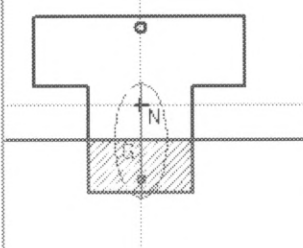
Verifica      N° iterazioni:

Precompresso

**Materiali**

<b>FeB44k</b>	<b>C28/35</b>
$\epsilon_{su}$ <input type="text" value="10"/> ‰	$\epsilon_{cu}$ <input type="text" value="2.7"/> ‰
$f_{yd}$ <input type="text" value="373.9"/> N/mm²	$f_{cd}$ <input type="text" value="17.5"/> N/mm²
$E_s$ <input type="text" value="200000"/> N/mm²	$\alpha$ <input type="text" value="0.85"/> ?
$E_s/E_c$ <input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$ <input type="text" value="0.8"/> ?
$\epsilon_{syd}$ <input type="text" value="1.870"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="11"/> N/mm²
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²	$\tau_{co}$ <input type="text" value="0.6667"/> N/mm²
	$\tau_{c1}$ <input type="text" value="1.971"/> N/mm²

$\sigma_c$	<input type="text" value="-5.972"/> N/mm²
$\sigma_s$	<input type="text" value="191.8"/> N/mm²
$\epsilon_s$	<input type="text" value="0.9592"/> ‰
d	<input type="text" value="47.00"/> cm
x	<input type="text" value="14.96"/> cm
x/d	<input type="text" value="0.3183"/>
$\delta$	<input type="text" value="0.8379"/>



Il massimo taglio agente determina una tensione tangenziale pari a  $0.58 \text{ MPa} < \tau_{c0}$ . Si arma con staffe  $\phi 8$  passo  $15.0 \text{ cm}$ . In prossimità dei pilastri per un tratto di  $1.0 \text{ m}$  dal filo del medesimo si ricuce il passo delle staffe a  $7.5 \text{ cm}$ . In generale in sede di progettazione esecutiva dovranno essere attuate tutte le proscrizioni costruttive previste per travi, pilastri e nodi per edifici in zona sismica.

## 6.2 Pilastri

La sezione del pilastro quadrata di lato 30.0cm è armata con 4  $\phi 16$  e staffe  $\phi 8$  passo 7.5/15.

Le sollecitazioni massimo risulta  $M = 25.8 \text{ kNm}$   $R_v = 212 \text{ kN}$

La verifica a pressoflessione è riportata di seguito e risulta ampiamente soddisfatta

**Verifica C.A. S.L.U. - File: pilastro**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo: **pilastri**

N° figure elementari: **1** Zoom N° strati barre: **2** Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	30	30	1	4	3
			2	4	26

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  $\leftrightarrow$  Metodo n

N <sub>Sd</sub>	0	212	kN
M <sub>xSd</sub>	0	25.8	kNm
M <sub>ySd</sub>	0	0	

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

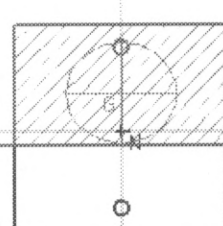
**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Materiali**  
**FeB44k** **C28/35**  
 $\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  2.7  
 $f_{yd}$  373.9 N/mm²  $f_{cd}$  17.5  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $\alpha$  0.85 ?  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.870 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{cl}$  1.971

$\sigma_c$  -7.765 N/mm²  
 $\sigma_s$  61.49 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.3074 ‰  
 d 26.00 cm  
 x 17.02 x/d 0.6545  
 $\delta$  1.000

**Verifica**  
 N° iterazioni: **4**

Precompresso



### 6.3 Fondazioni e terreno

Si tralascia la verifica strutturale della fondazione a trave rovescia e operando a favore di sicurezza la si considera come se fosse del tipo isolato di dimensione 1.25x 2.5m

Sommando il peso proprio strutturale della fondazione allo sforzo normale proveniente del pilastro si ha

$R_v = 212 + 21.25 \times 2.5 \approx 265 \text{ kN} \Rightarrow$  risulta una pressione di contatto sul terreno  $\sigma_t = 0.85 \text{ kg/cm}^2$  ritenuta congrua per il terreno di posa della fondazione.

Alla luce di quanto sopra esposto, risulta un'incidenza di armatura media sul cls strutturale gettato in opera pari a 80 kg/mc .