

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

**AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO**

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
MDL1	12	D	26	CL	FA0100	001	A

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

File: MDL112D26CLFA0100001A.doc

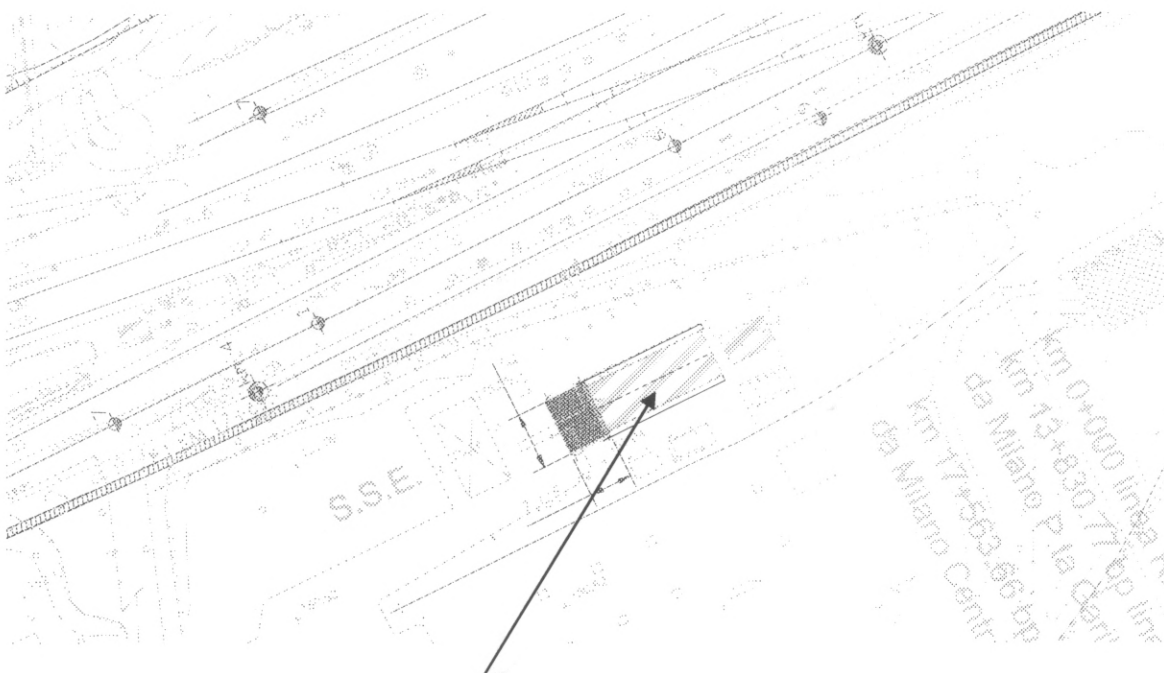
n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
4	ANALISI DEI CARICHI	7
4.1	CARICHI PERMANENTI	7
4.2	AZIONI VARIABILI	8
4.2.1	<i>Sovraccarico variabile</i>	8
4.2.2	<i>Azioni del vento</i>	8
5	ANALISI SOLLECITAZIONI AE VERIFICHE	10
5.1	VERIFICHE SEZIONALI	19
5.1.1	<i>Trave solaio copertura</i>	19
5.1.2	<i>Pilastrini</i>	21
5.1.3	<i>Fondazioni e terreno</i>	22

1 PREMESSA

Nella presente relazione si tratta del dimensionamento del nuovo edificio da realizzare come ampliamento della SSE di RHO posta alla progressiva km. 3+956.33 del binario pari della linea per Novara, nel Comune di RHO evidenziato nella planimetria seguente.



Ampliamento SSE RHO

L'edificio ha una struttura in c.a. a telaio con solaio di copertura in latero-cemento sostenuto da due capriate anch'esse in c.a. ed ha dimensioni in pianta 7.46 x 8.36.

Le strutture portanti verticali sono costituite da 4 pilastri in c.a. di sezione 30x30cm di altezza $h = 5.70\text{m}$ 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 alla medesima quota dell'esistente, alla quale su di un lato si affianca. Per un maggior dettaglio sulla conformazione dell'edificio si rimanda agli elaborati grafici allegati.

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	4 di 22

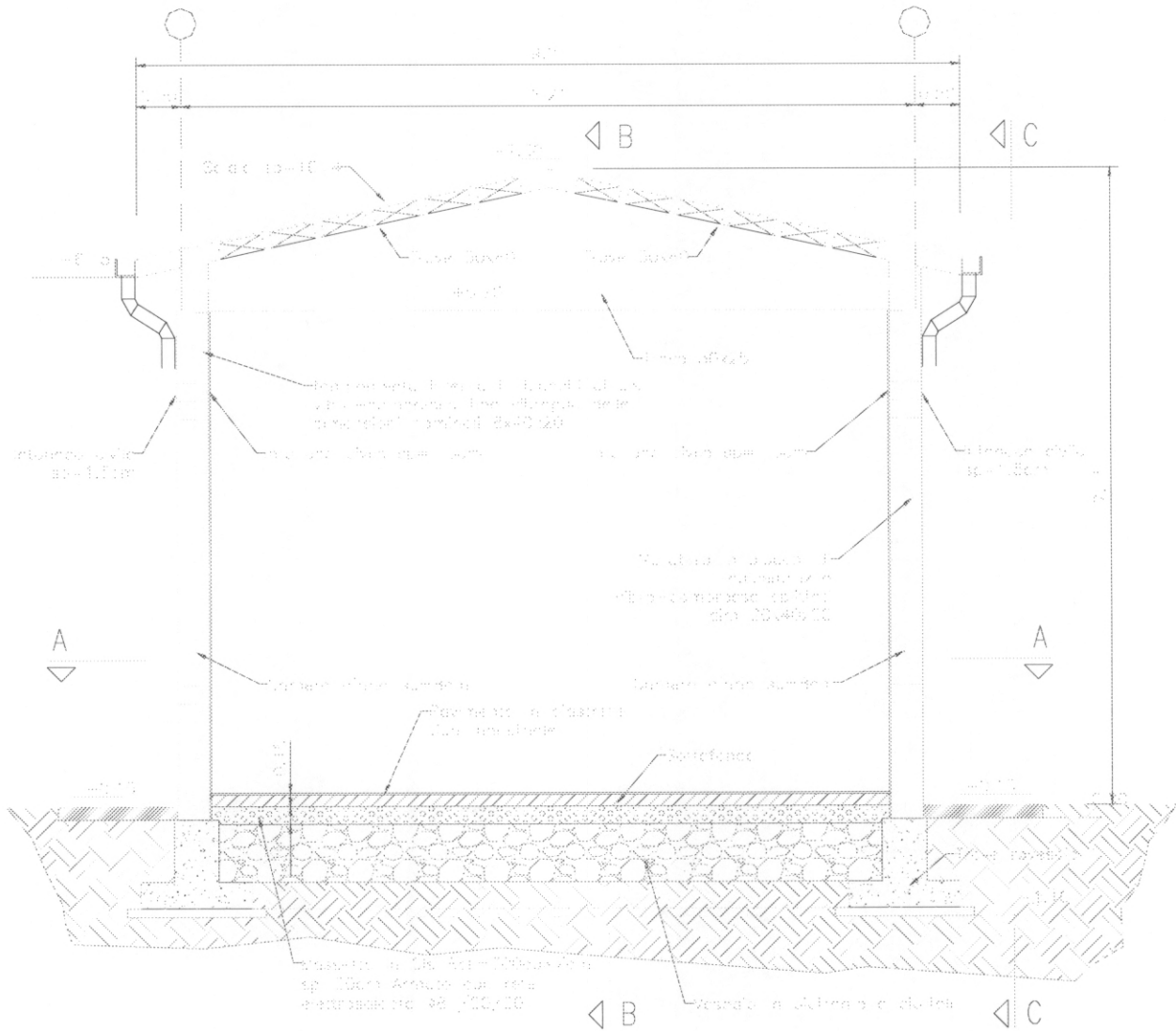


Figura 1 Sezione edificio con finiture;

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	5 di 22

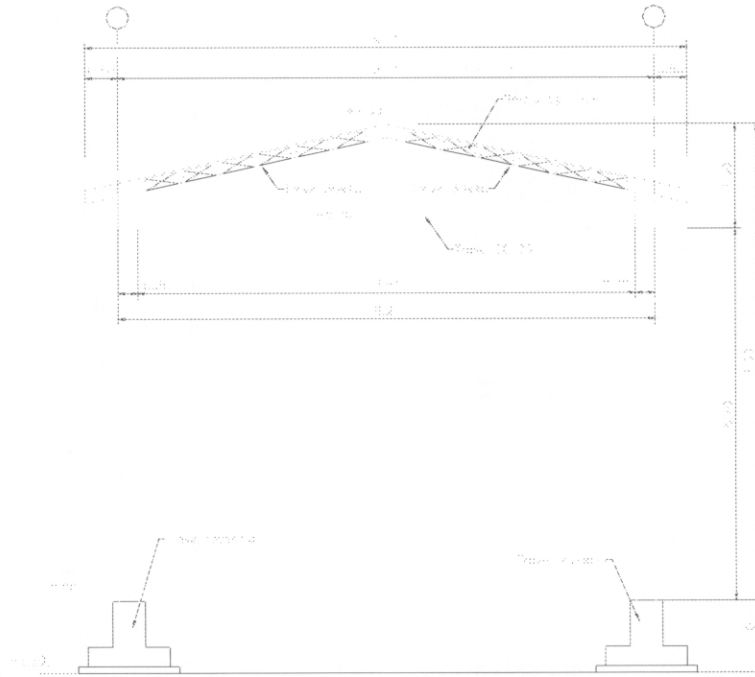


Figura 2 Sezione trasversale

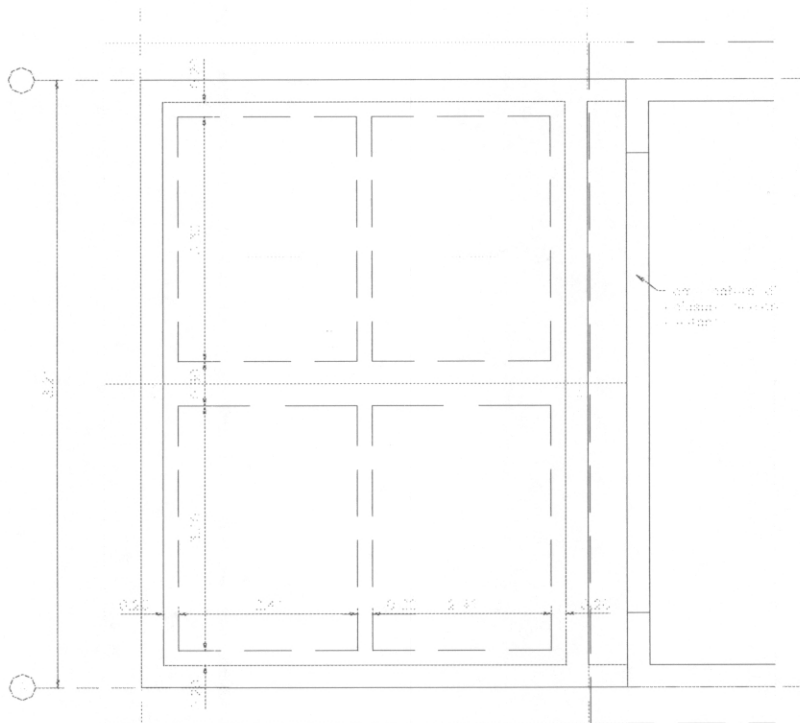


Figura 3 Pianta solaio di copertura;

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

Rck 30 N/mm²

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

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

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

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

CALCESTRUZZO ELEVAZIONI

Rck 35 N/mm²

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	7 di 22

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

$$\sigma'_c = 11 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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 ANALISI DEI CARICHI

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

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	8 di 22

Tegole	0.60
Sommano	4.15

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

4.2.2 Azioni del vento

Valutazione delle spinte del vento

Zona:	1	
Altitudine as:	250	m
Pressione qref:	390.63	N/mq
Altezza z della costruzione:	5.00	m
Classe di rugosità terreno:	A	
Categoria di esposizione:	V	
Inclinazione elemento:	12.00	°
Ce:	1.48	
Cd:	1.00	

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	9 di 22

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

4.2.2.1 Azioni dovute alla neve

Valutazione del carico neve



Zona: I

Altitudine as: 250 m

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

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	10 di 22

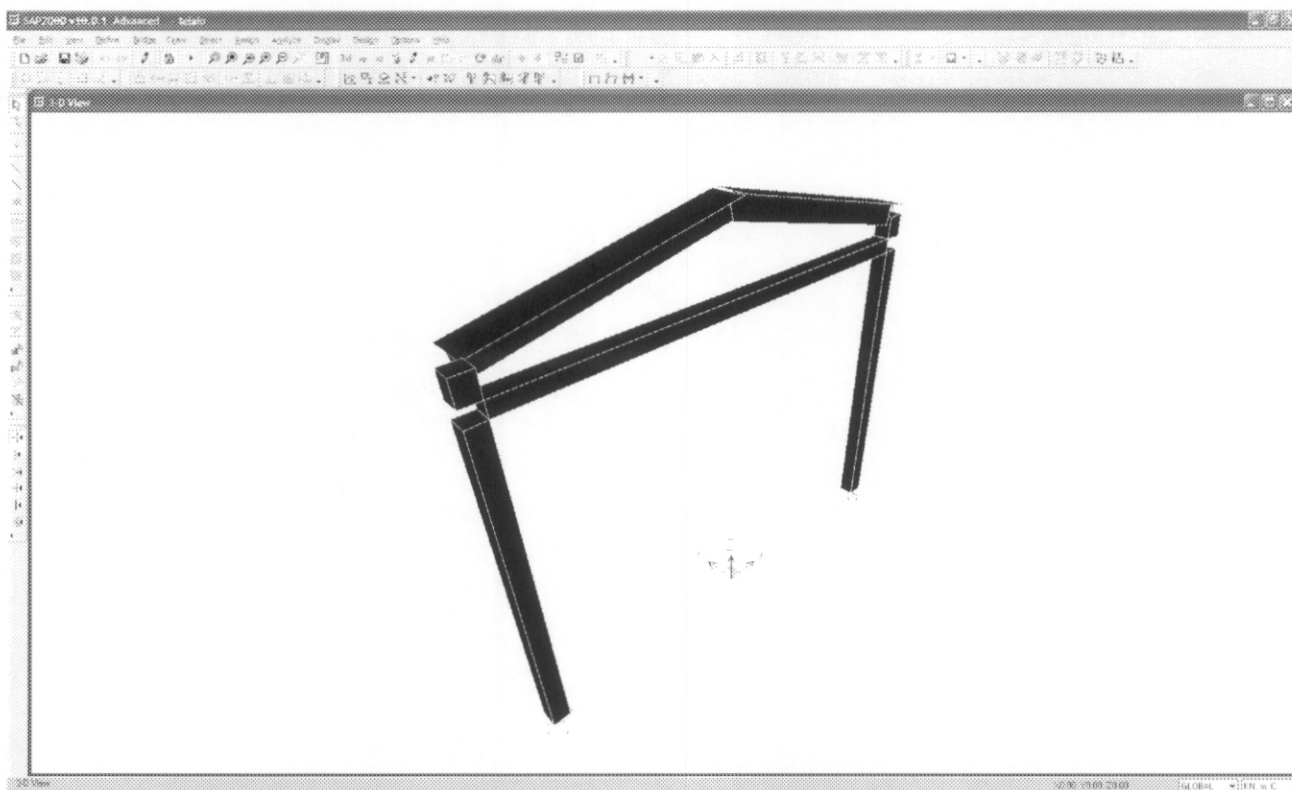
Inclinazione falda: 12.00 °

	SI	NO	NO	NO	
coeff. di forma	$0^\circ < \alpha < 15^\circ$	$15^\circ < \alpha < 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$	$q_s = \mu_i \cdot q_{sk}$
μ_1	0.80	0.80	1.28	0.00	1.40 kN/mq
μ_2	0.80	0.76	1.60	0.00	1.40 kN/mq
μ_3	1.12	1.12	1.60	n.d.	1.96 kN/mq
μ_1^*	0.80	0.85	0.85	0.00	1.40 kN/mq

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	11 di 22

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 $b = 3.54\text{m}$. 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.

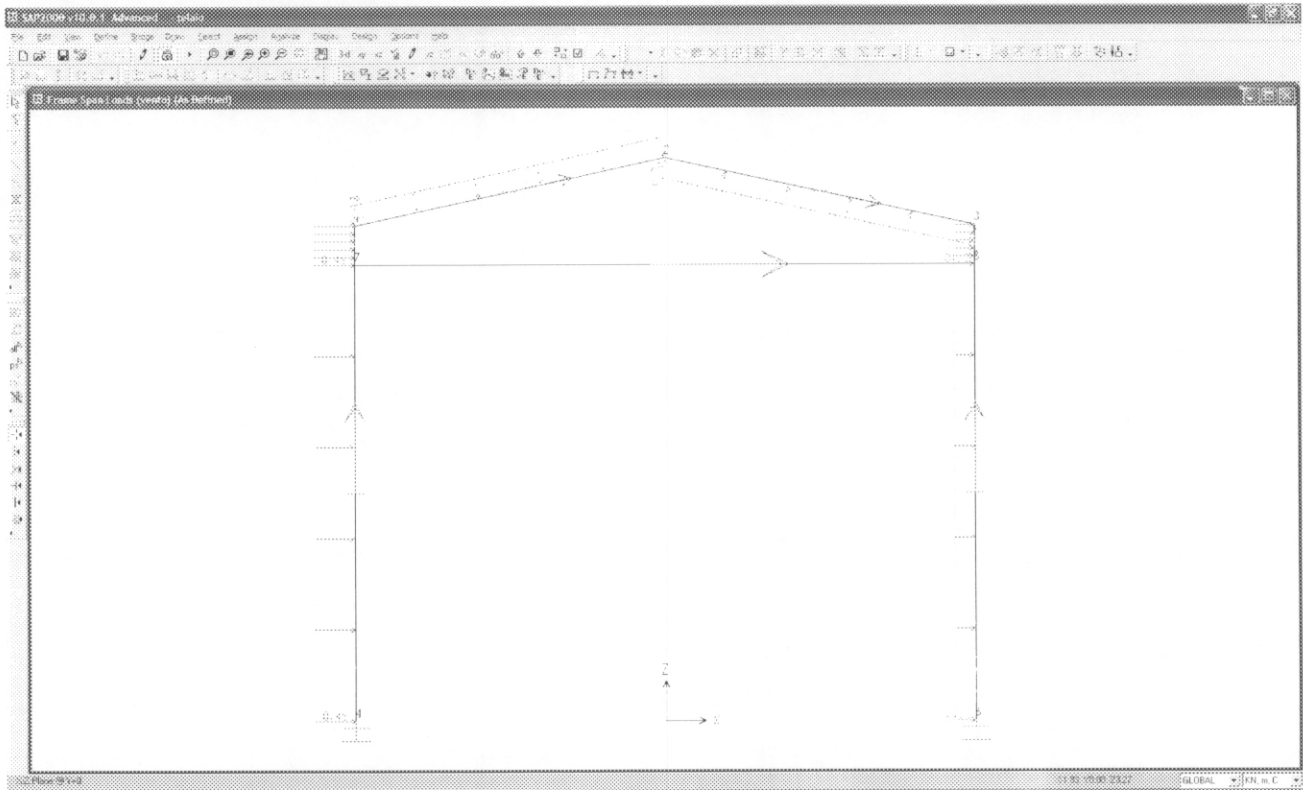
Le sollecitazioni prodotte dal sisma non risultano mai dimensionati risultando l'edificio in zona 4. Ciò non toglie che in sede di progettazione esecutiva e di esecuzione dovranno essere attuate tutte le prescrizioni sui dettagli costruttivi previsti per edifici in zona sismica.



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	12 di 22

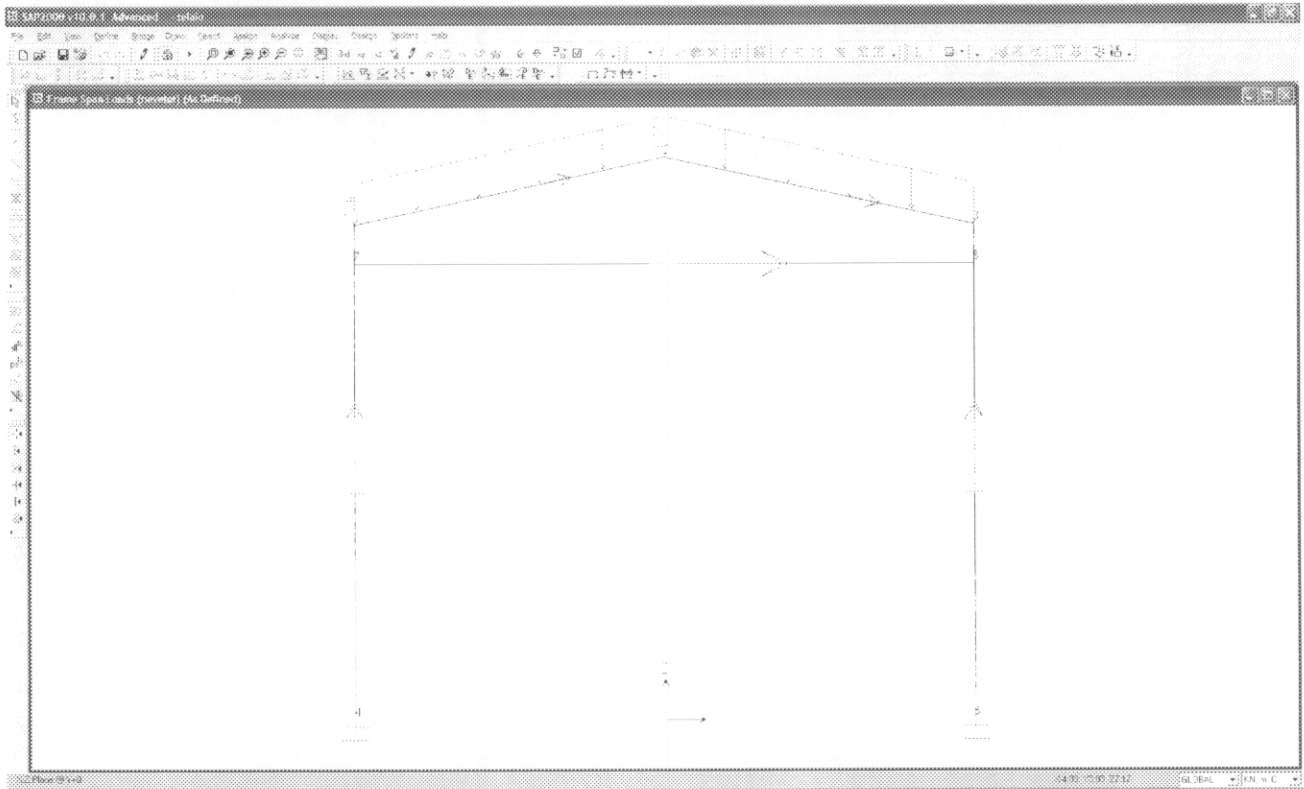




POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	13 di 22

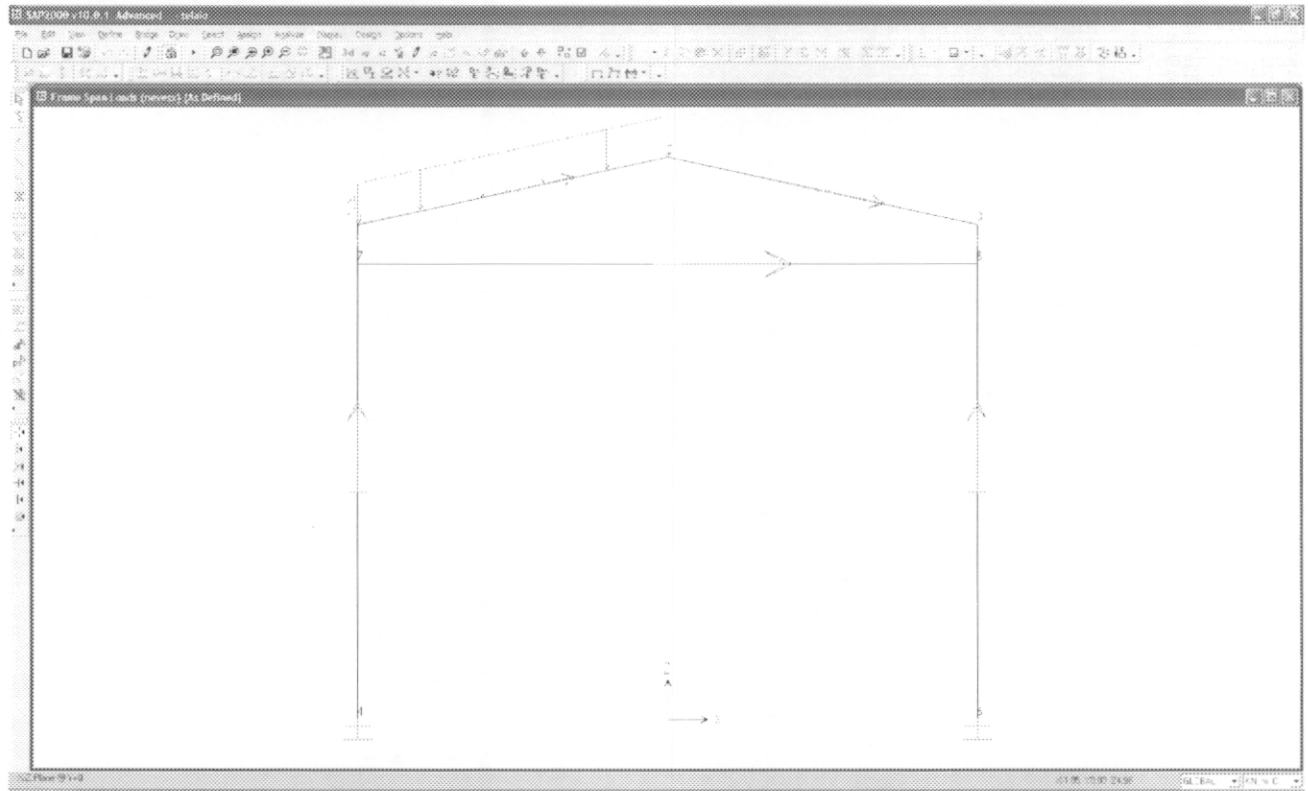




POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	14 di 22

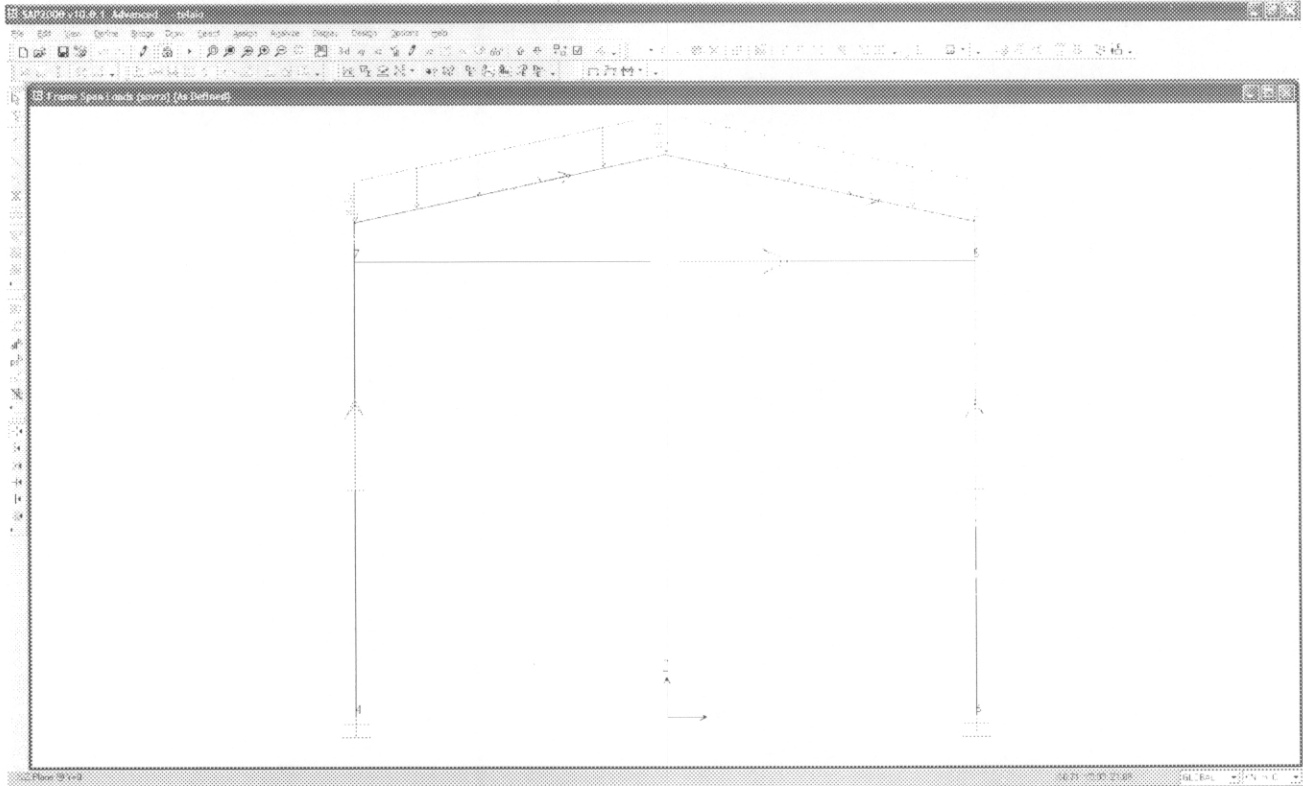




POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	15 di 22



AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	16 di 22

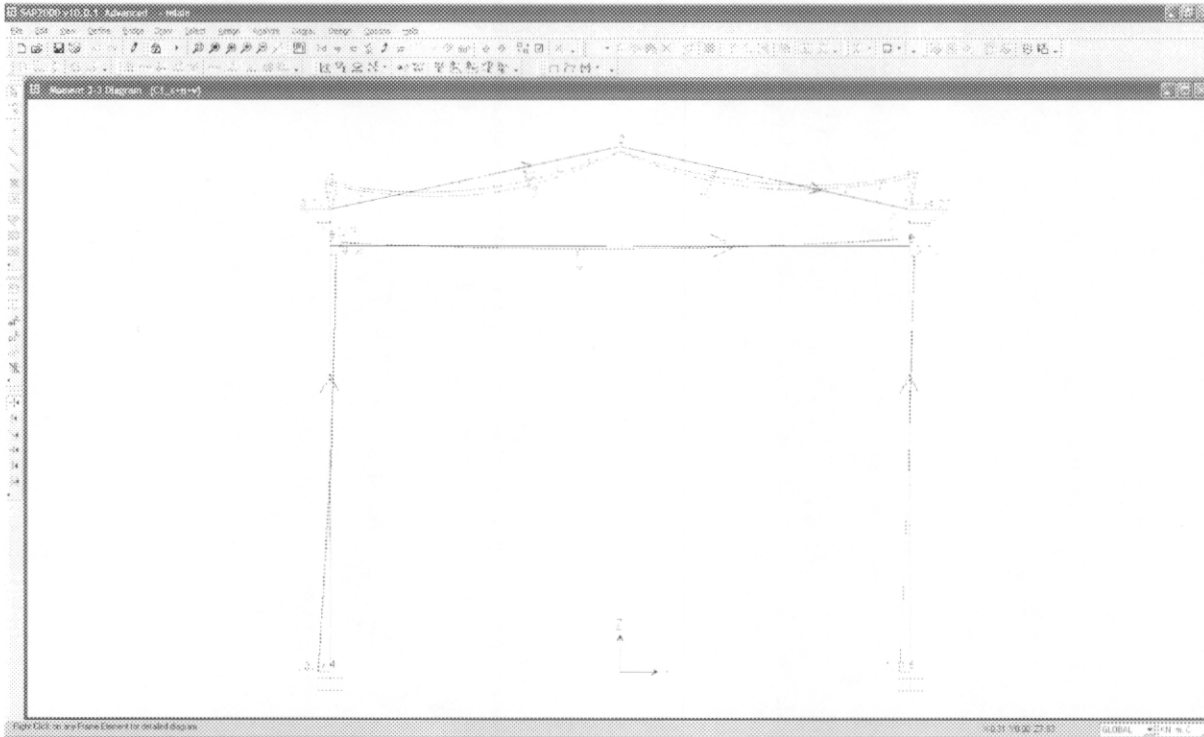


Figura 4 Diagramma involuopo momenti flettenti;

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	17 di 22

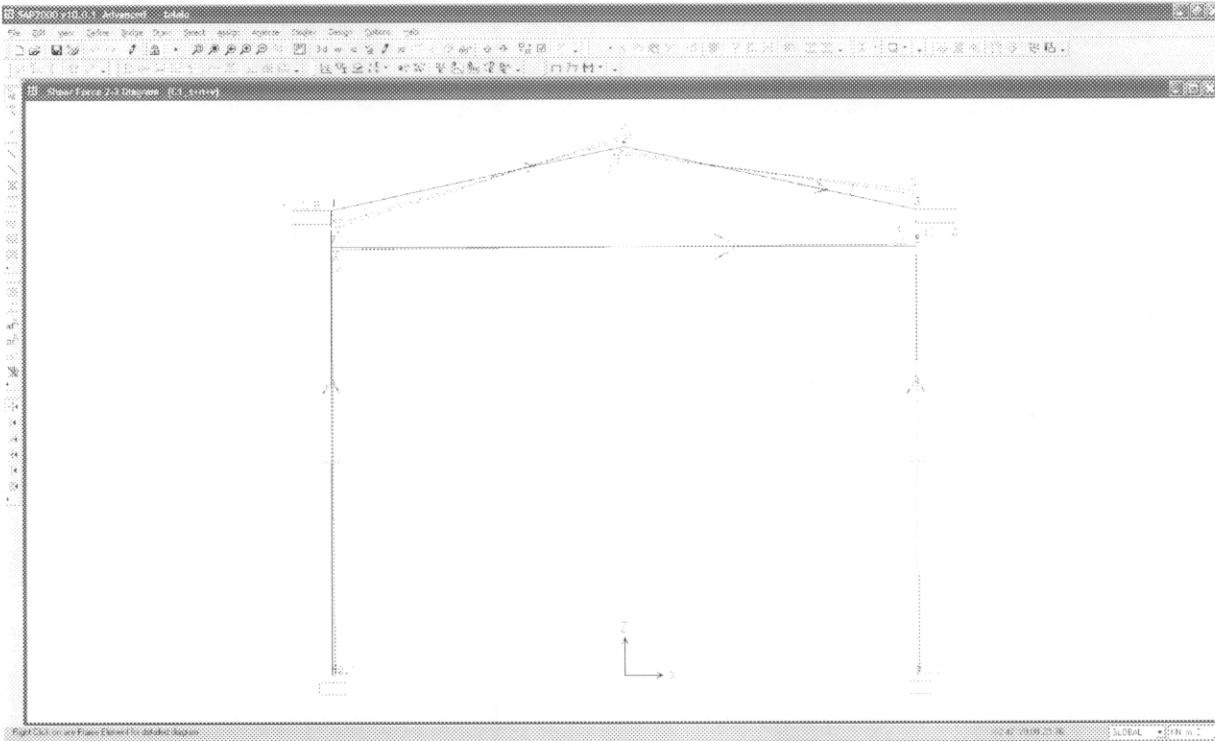


Figura 5 Diagramma involuppo sollecitazioni taglianti

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	18 di 22

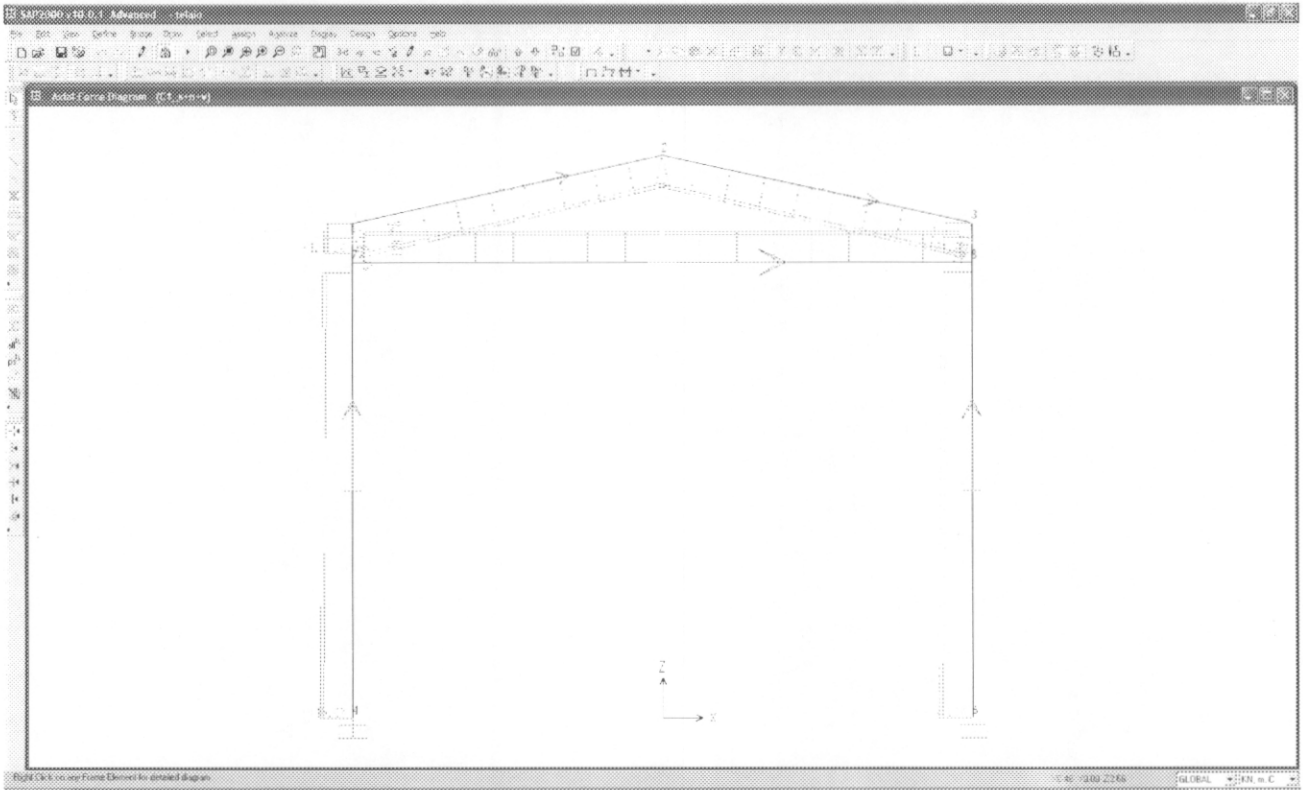


Figura 6 Diagramma inviluppo sforzo normale;

5.1 Verifiche sezionali

5.1.1 Trave solaio copertura

La trave ha sezione a T con flangia di larghezza 60cm e spessore 20cm e altezza totale di 40cm 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

Sezione di campata: $M = 31$ kNm

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Dati Param. ?

Titolo: **trave copertura campata**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	20	1	4.02	3
2	30	20	2	7.10	36

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Sd} 0 kN
M_{xSd} 31 kNm
M_{ySd} 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

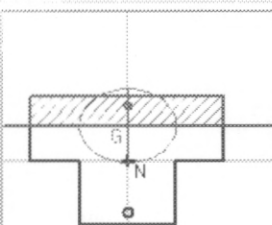
ϵ_{su} 10 ‰ ϵ_{cu} 2.7 ‰
 f_{yd} 373.9 N/mm² f_{cd} 17.5 N/mm²
 E_s 200 000 N/mm² α 0.85
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.870 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

σ_c -2.995 N/mm²
 σ_s 132.4 N/mm²

Verifica
N° iterazioni: 4

Precompresso

ϵ_s 0.6622 ‰
d 36.00 cm
x 9.118 x/d 0.2533
 δ 0.7566



Verifica sezione d'incastro al pilastro $M = -42.36$

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Reti. ?

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	20	2	3.39	36

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

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

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

Il massimo taglio agente determina una tensione tangenziale pari a 0.53 MPa < τ_{c0} . Si arma con staffe $\phi 8$ passo 15.0cm. In prossimità dei pilastri per un tratto di 1.0m dal filo del medesimo si ricuce il passo delle staffe a 7.5cm. 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 .

5.1.2 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 $M = 21$ kNm $R_v = 140$ 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 Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4	3
2	4	26

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Sd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="140"/> kN
M _{xSd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="21"/> kNm
M _{ySd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

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

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

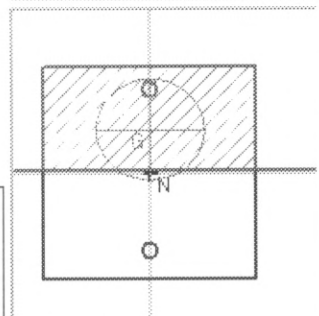
Materiali

FeB44k	C28/35
ϵ_{su} <input type="text" value="10"/> ‰	ϵ_{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"/>
E_s <input type="text" value="200 000"/> N/mm²	α_c <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"/> ?
ϵ_{syd} <input type="text" value="1.870"/> ‰	$G_{c,adm}$ <input type="text" value="11"/>
$G_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ_{co} <input type="text" value="0.6667"/>
	τ_{c1} <input type="text" value="1.971"/>

σ_c	<input type="text" value="-6.350"/> N/mm²
σ_s	<input type="text" value="74.06"/> N/mm²
ϵ_s	<input type="text" value="0.3703"/> ‰
d	<input type="text" value="26.00"/> cm
x	<input type="text" value="14.63"/> x/d <input type="text" value="0.5626"/>
δ	<input type="text" value="1.000"/>

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso





POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

AMPLIAMENTO SSE DI RHO
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	FA 01 00 001	A	22 di 22

5.1.3 Fondazioni e terreno

Si traslascia 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 1.25x2.5m

Sommando il peso proprio strutturale della fondazione e del terreno di riempimento supposto in cls magro allo sforzo normale proveniente del pilastro si ha

$R_v = 140 + 1.25 \times 2.5 \times 1 \times 25 \approx 220 \text{ kN} \Rightarrow$ risulta una pressione di contatto sul terreno $\sigma_t = 0.70 \text{ kg/cm}^2$ 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 .