

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE LOTTO 1 + 2

FABBRICATI DI STAZIONE

FV03 - Stazione di Lercara dir - km 29+147

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

SCALA:

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	CL	FV0300	002	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Gennaio 2020	F. COPPINI	Gennaio 2020	A. BARRECA	Gennaio 2020	F. COPPINI	Gennaio 2020
B	1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	F. COPPINI	Maggio 2020	A. BARRECA	Maggio 2020	F. COPPINI	Maggio 2020

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD
F. COPPINI
Dir. Ing. Francesco CopPINI
Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma
n. 25372/Str

File: RS3Z00D26CLFV0300002B

n. Elab.:

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	7
3.1	CALCESTRUZZO	7
3.1.1	<i>CALCESTRUZZO STRUTTURE DI FONDAZIONE</i>	7
3.1.2	<i>CALCESTRUZZO STRUTTURE IN ELEVAZIONE</i>	7
3.2	ACCIAIO.....	8
3.2.1	<i>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO</i>	8
4.	ANALISI DEI CARICHI	9
4.1	PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	9
4.2	PESO PROPRIO DEL SOLAIO DI COPERURA ATRIO	9
4.3	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	9
4.3.1	<i>SOLAIO DI COPERTURA ATRIO</i>	9
4.3.2	<i>SOLAIO PIANO TERRA</i>	10
4.3.3	<i>TAMPONATURA ESTERNA ATRIO</i>	10
4.3.4	<i>PARAPETTO COPERTURA ATRIO</i>	11
4.4	ACCIDENTALI COPERTURA ZONA ATRIO	11
4.4.1	<i>SOVRACCARICO D'USO</i>	11
4.4.2	<i>NEVE</i>	11
4.5	ACCIDENTALI SOLAIO PIANO TERRA	12

4.6	CARICHI DELLA SCALA	12
4.7	AZIONE DEL VENTO.....	12
4.8	AZIONE SISMICA	17
4.9	AZIONI TRASMESSE DAL PONTE PEDONALE AL CORPO SCALA.....	23
4.10	CONFRONTO VENTO – SISMA.....	25
5.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	26
6.	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	28
7.	GIUDIZIO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI	37
8.	ANALISI MODALE	39
9.	VERIFICHE SOLAIO DI COPERTURA	44
9.1.1	<i>SOLLECITAZIONI</i>	45
9.1.2	<i>VERIFICHE</i>	48
10.	VERIFICHE PILASTRI 30x50.....	57
10.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	57
10.1.1	<i>VERIFICA A PRESSO FLESSIONE</i>	58
10.1.2	<i>VERIFICA A TAGLIO</i>	64
10.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO	66
10.2.1	<i>STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE</i>	66
10.2.2	<i>VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO</i>	67
11.	VERIFICHE TRAVI IN “Y” 30x50.....	69
11.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	69

11.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	70
11.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	72
11.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO.....	73
11.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	73
11.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO.....	75
12.	VERIFICHE TRAVI IN "X" 30x50.....	77
12.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	77
12.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	78
12.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	80
12.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO.....	81
12.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	81
12.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO.....	83
13.	VERIFICHE SETTI VERTICALI s=0.6m.....	85
13.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	85
13.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	86
13.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	88
13.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO.....	89
13.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	89
13.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO.....	90
14.	VERIFICHE SOLETTA COPERTURA s=0.3m.....	91
14.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	91

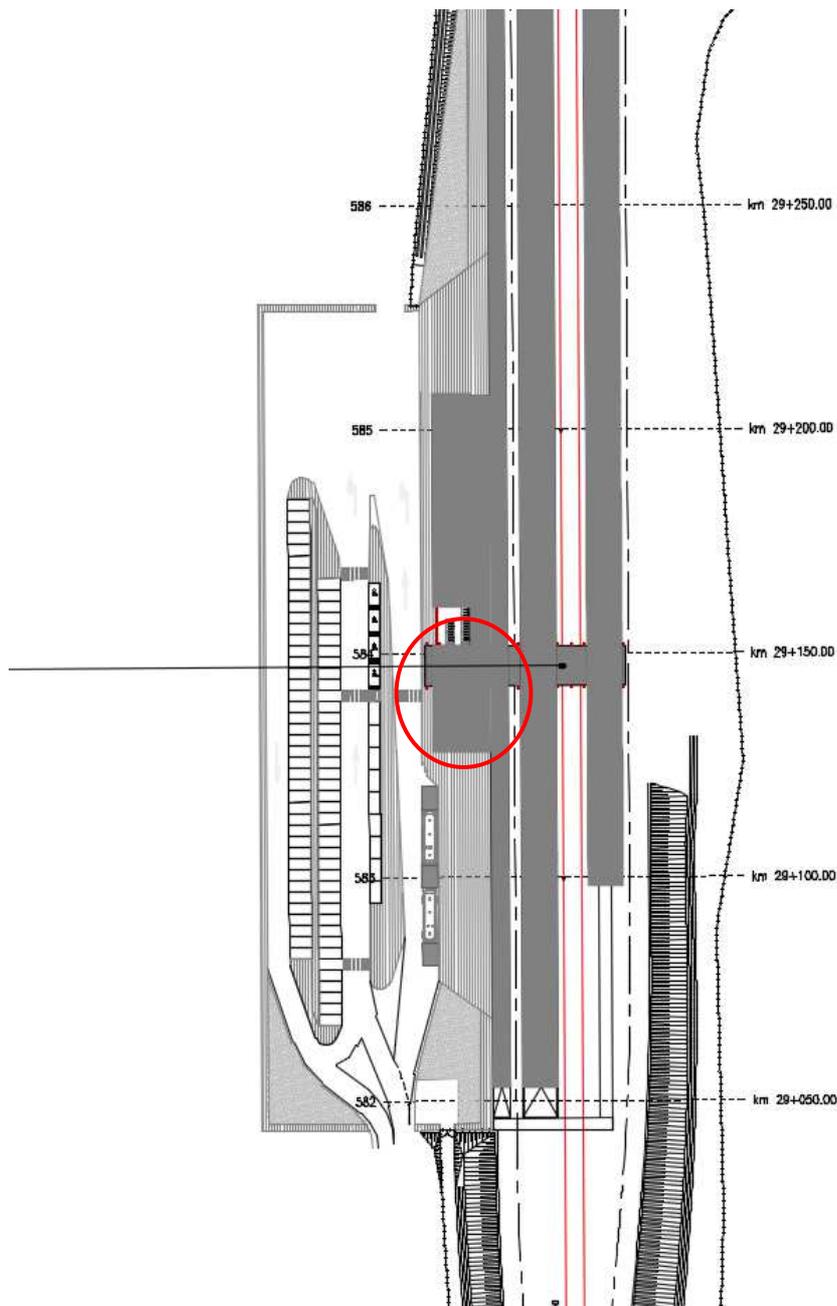
14.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	92
14.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	93
14.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO	94
14.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	94
14.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO	95
15.	VERIFICHE TRAVI DI FONDAZIONE.....	96
15.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	96
15.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	97
15.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	98
15.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO	99
15.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	99
15.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO	100
16.	VERIFICHE SOLETTA DI FONDAZIONE s=1.2m.....	101
16.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	101
16.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	102
16.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	103
16.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO	104
16.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	104
16.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO	105
17.	VERIFICA DELLE TAMPONATURE	106

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	4 di 108

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le verifiche di sicurezza e stabilità del fabbricato viaggiatori, nell'ambito del raddoppio della tratta ferroviaria Fiumetorto - Lercara. Il fabbricato in parola fa parte dei fabbricati della stazione di Lercara (prog. km 29+147 - LS PA-CT km 76+576.85).



L'edificio può essere schematizzato in due elementi: un corpo scala di accesso al ponte pedonale ed un atrio con servizi e locale commerciale.

L'edificio ha forma rettangolare in pianta di dimensione complessiva pari a circa 22.9m x 7.3m, di cui il corpo scala 8.2m x 7.3m e l'atrio 14.7m x 7.3m.

La copertura è del tipo piano con un'altezza dall'estradosso delle fondazioni di circa 6.7m per il corpo scale e 3.65m per l'atrio.

Gli elementi strutturali verticali sono costituiti per l'atrio da 6 pilastri di dimensioni 30cm x 50cm e per il corpo scala da setti di spessore 0.6m.

Le travi hanno dimensioni 30cm x 50cm in entrambe le direzioni.

Per l'atrio il solaio di copertura è realizzato con lastre parzialmente prefabbricate di tipo predalles, con blocchi di alleggerimento in polistirolo e getto di completamento realizzato in opera, per uno spessore totale di 24cm (4+16+4). La tessitura del solaio è secondo il lato lungo del fabbricato.

Per il corpo scala la copertura è costituita da una soletta piena in c.a. di spessore 0.3m

L'atrio è fondato su travi rovesce di dimensioni 150cm x 50cm + 70cm x 50cm, mentre il corpo scala su una platea di spessore 1.2.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- DM 17 gennaio 2018: *Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”*;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP: *istruzioni per l’applicazione delle NTC 2018*;
- RFICTCSIMAIIFS001_C: *Manuale di progettazione delle opere civili, 21/12/2018*
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito.

3.1 CALCESTRUZZO

3.1.1 CALCESTRUZZO STRUTTURE DI FONDAZIONE

Classe C25/30

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

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 24,9 \cdot 0,85 / 1,5 = 14,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

Classe di esposizione: XC2 (condizioni ambientali ordinarie)

Per gli elementi strutturali della fondazione si assume un copriferro pari a:

elementi monodimensionali: 40 mm (valutato al netto della staffa)

elementi bidimensionali: 35 mm (valutato al netto della staffa).

Per quanto riguarda la scelta degli stati limite di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato nella Tabella 4.1.IV delle NTC 2018, assumendo di trovarsi in condizioni ambientali ordinarie (vedi Tab. 4.1.III NTC 2018) con armatura poco sensibile; i limiti adottati per la verifica nei confronti di tale stato limite sono riportati di seguito:

$$\text{combinazione delle Azioni Frequente: } w_d \leq w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

$$\text{combinazione delle Azioni Quasi Permanente } w_d \leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

3.1.2 CALCESTRUZZO STRUTTURE IN ELEVAZIONE

Classe C28/35

$$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 29,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 29,05 \cdot 0,85 / 1,5 = 16,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2,83 \text{ N/mm}^2$$

Classe di esposizione: XC3 (condizioni ambientali ordinarie)

Per gli elementi strutturali della elevazione si assume un copriferro pari a:

elementi monodimensionali: 35 mm (valutato al netto della staffa)

elementi bidimensionali: 30 mm (valutato al netto della staffa).

Per quanto riguarda la scelta degli stati limite di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato nella Tabella 4.1.IV delle NTC 2018, assumendo di trovarsi in condizioni ambientali ordinarie (vedi Tab. 4.1.III NTC 2018) con armatura poco sensibile; i limiti adottati per la verifica nei confronti di tale stato limite sono riportati di seguito:

combinazione delle Azioni Frequente: $w_d \leq w_3 = 0,4 \text{ mm}$

combinazione delle Azioni Quasi Permanente $w_d \leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$

3.2 ACCIAIO

3.2.1 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio

B450C

tensione caratteristica di snervamento

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$;

tensione caratteristica di rottura

$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$;

resistenza di calcolo a trazione

$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$;

modulo elastico

$E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$.

4. ANALISI DEI CARICHI

4.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Il peso degli elementi strutturali modellati (travi, pilastri) viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato, assumendo $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$.

4.2 PESO PROPRIO DEL SOLAIO DI COPERURA ATRIO

Altezza del solaio	H=	0.24	m
Spessore della soletta	s=	0.04	m
Spessore della predalle	s=	0.04	m
Spessore della soletta + predalle	s=	0.08	m
Larghezza tot travetti su L	b=	0.40	m
Larghezza del solaio in considerazione	L=	1.20	m
Altezza pignatta	h=	0.16	m
Larghezza tot pignatte su L	bp=	0.80	m
Peso specifico delle pignatte prive di foratura		0.30	kN/mc
Peso specifico della soletta e dei travetti		25.00	kN/mc
Peso travetti	Pt=	1.33	kN/mq
Peso pignatte	Pp=	0.03	kN/mq
Peso soletta + predalle	Ps=	2.00	kN/mq
TOTALE		3.37	kN/mq

4.3 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

4.3.1 SOLAIO DI COPERTURA ATRIO

	γ (kg/m ³)	s (cm)		
Ghiaia di protezione	1600	4	0.64	KN/m ²
Massetto in cls alleggerito	1200	10	1.20	KN/m ²
Impermeabilizzazione (doppio strato)			0.6	KN/m ²
Pannello isolante in polistirene espanso	50	8	0.04	KN/m ²
Peso intonaco	2000	1.5	0.3	KN/m ²

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	10 di 108

Impianti	0.5	KN/m ²
TOTALE	3.28	KN/m²

4.3.2 SOLAIO PIANO TERRA

	Spessore	Densità	Carico
	[cm]	[kg/mc]	[kN/mq]
Pavimento in gres	2	2000	0.4
Massetto	5	2000	1
Soletta in c.a.	5	2500	1.25
Cls tra i Cupolex			1.5
Cupolex	30		0.1
Sommano			4.25

4.3.3 TAMPONATURA ESTERNA ATRIO

Elemento	Spessore	Densità	Carico
	[cm]	[kg/mc]	[kN/mq]
Intonaco e tinteggiatura	2	1400	0.28
Blocco in Termolaterizio tipo Poroton	8	760	0.61
Isolamento EPS	11	18	0.02
Blocco in Termolaterizio tipo Poroton	30	760	2.28
Allettamento esterno per rivestimento	1	1800	0.18
Rivestimento esterno in pietra Sabucina	4	1800	0.72
			4.09
Altezza	3.75	m	
Carico a ml	15.3	kN/m	

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	11 di 108

4.3.4 PARAPETTO COPERTURA ATRIO

Elemento	Spessore [cm]	Densità [kg/mc]	Carico [kN/mq]
Intonaco e tinteggiatura	2	1400	0.28
Blocco in Poroton	30	760	2.28
Allettamento esterno per rivestimento	1	1800	0.18
Rivestimento esterno in pietra Sabucina	4	1800	0.72
			3.46
Altezza	1.15	m	
Carico a ml	4.0	kN/m	

4.4 ACCIDENTALI COPERTURA ZONA ATRIO

4.4.1 SOVRACCARICO D'USO

Copertura accessibile per sola manutenzione: $q_k = 0.5$ kN/mq

4.4.2 NEVE

Altitudine sul livello del mare: 415 m

Zona III

Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481^2)] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

$q_{sk} = 0.89$ kN/mq (valore caratteristico neve al suolo)

$c_E = 1$ (coefficiente di esposizione)

$c_t = 1$ (coefficiente termico)

Inclinazione della falda: 0°

$\mu_i = 0.8$ (coefficiente di forma)

Carico neve sulla copertura: $q_s = \mu_i q_{sk} c_E c_t = 0.71$ kN/mq

4.5 ACCIDENTALI SOLAIO PIANO TERRA

$q_k = 5 \text{ kN/mq}$ (cat. C3 tab. 3.1.II NTC18).

4.6 CARICHI DELLA SCALA

Per il dettaglio dell'analisi dei carichi della scala si rimanda allo specifico elaborato RS3Z00D26CLFV0300014.

Riepilogo carichi rampe sull'inclinata e per larghezza unitaria della rampa:

Pesi propri	8.04 kN/m ²
Permanententi portati	1.99 kN/m ²
Accidentali	4.39 kN/m ²

Riepilogo carichi pianerottoli per larghezza unitaria:

Pesi propri	10.00 kN/m ²
Permanententi portati	1.44 kN/m ²
Accidentali	5.00 kN/m ²

4.7 AZIONE DEL VENTO

Per la determinazione dell'azione dovuta al vento si fa riferimento al DM 17.1.2008 e relativa circolare. In particolare le istruzioni prevedono che la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni e sui loro elementi proceda secondo lo schema seguente:

1. definite le caratteristiche del sito ove sorge la costruzione, si valuta la velocità di progetto e la pressione cinetica di picco del vento;
2. definita la forma, le dimensioni e l'orientamento della costruzione, si valutano le azioni aerodinamiche di picco esercitate dal vento sulla costruzione e sui suoi elementi;
3. definite le proprietà meccaniche della costruzione e dei suoi elementi si valutano le azioni statiche equivalenti.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Usualmente tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni p (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- q_b = pressione cinetica di riferimento;
- c_e = coefficiente di esposizione;
- c_p = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
- c_d = coefficiente dinamico.

Zona:

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria



Classe di rugosità del terreno:

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D. Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati.

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):

415 [m]

Distanza dalla costa

25 [km]

T_R (Tempo di ritorno):

75 [anni]

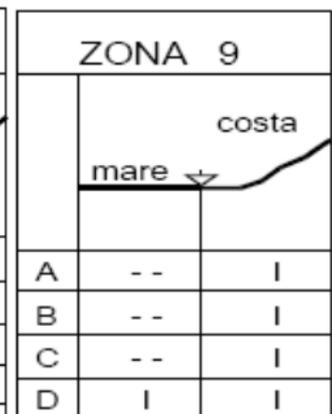
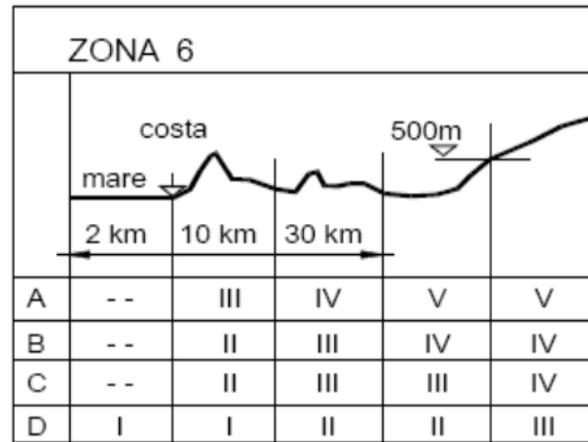
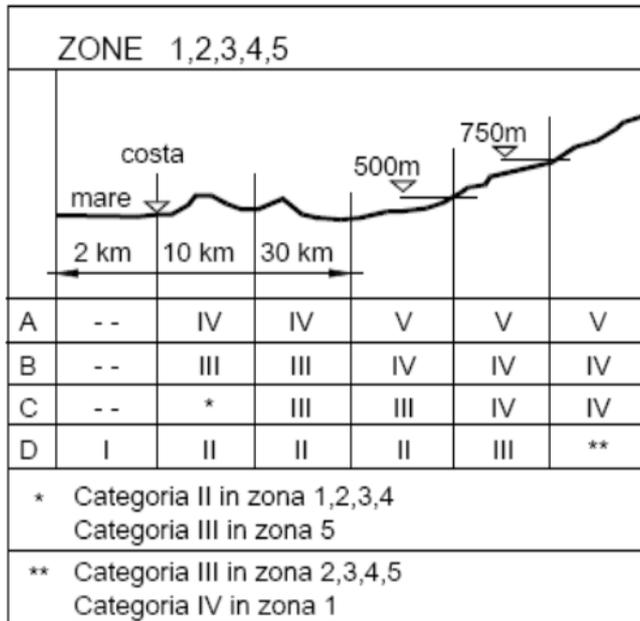
Categoria di esposizione

III

Categorie di esposizione:

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	14 di 108



Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s	C_a
4	28	500	0.36	1.000

$$v_b = v_{b,0} * ca$$

ca = 1 per $as \leq a_0$
ca = $1 + k_s (as/a_0 - 1)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

v_b (velocità base di riferimento) 28.00 m/s

$$v_r = v_b * cr$$

Cr coefficiente di ritorno

1.02

v_r (velocità di riferimento) 28.66 m/s

Pressione cinetica di riferimento:

q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

$$q_r = 513.26 \text{ N/mq}$$

Coefficiente di esposizione:

Il valore di c_e può essere ricavato mediante la relazione:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione – cfr. NTC18

k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0.19	0.05	4.00

z [m]	c_e
$z \leq 4$	1.80
$z = 6.1$	2.05

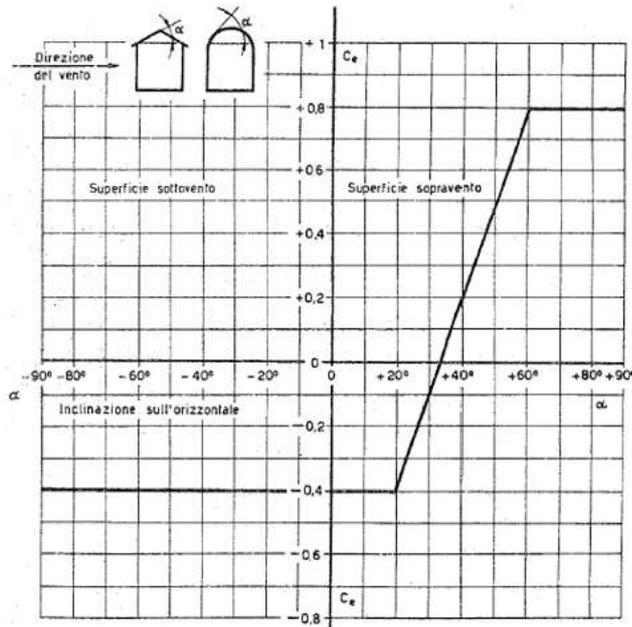
Coefficiente di forma:

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

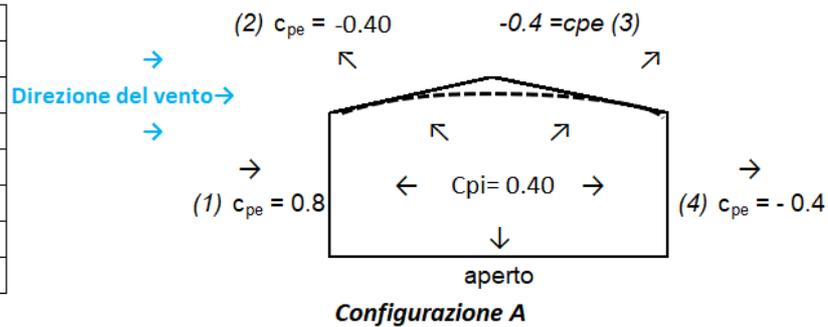
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	16 di 108

Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate, curve

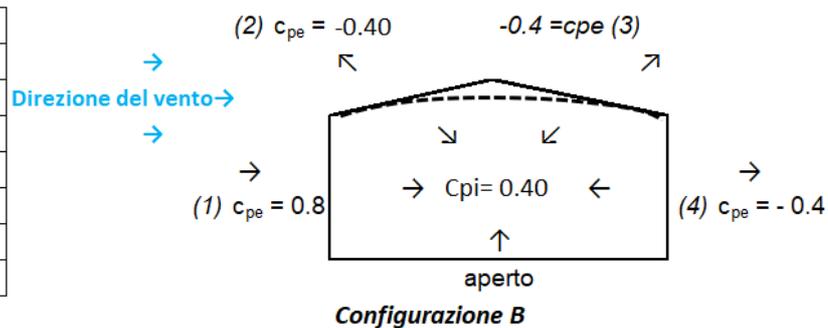
E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.



(1) parete sopravvento	c_p	0.40
(2) copertura sopravvento	c_p	-0.80
(3) copertura sottovento	c_p	-0.80
(4) parete sottovento	c_p	-0.80



(1) parete sopravvento	c_p	1.20
(2) copertura sopravvento	c_p	0.00
(3) copertura sottovento	c_p	0.00
(4) parete sottovento	c_p	0.00



Pertanto la configurazione più gravosa determina un coefficiente di pressione risultante pari a 1.2.

Riepilogando si ha:

Valori massimi della pressione per ogni elemento

$$p \text{ (pressione del vento)} = q_r \cdot c_d \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_p$$

c_d (coefficiente dinamico) c_t (coefficiente topografico) c_e (coefficiente di esposizione)

c_p (coefficiente di forma)

q_r	0.513	kN/mq
$C_{e,min}$	1.8	
$C_{e,max}$	2.05	
$C_{e,med}$	1.925	
C_p	1.2	
C_d	1	
p_{max}	1.26	kN/mq
p_{med}	1.16	kN/mq

Azione del vento in direzione tangenziale:

$$p_f = q_r \cdot c_e \cdot c_f$$

c_f = coefficiente di attrito = 0.01

$$q_{tan} = \mathbf{0.00996 \text{ kN/mq}}$$

4.8 AZIONE SISMICA

Con riferimento alla normativa vigente, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

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 (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento V_R .

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

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 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.

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	18 di 108

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell'azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Si riportano di seguito i vari parametri.

Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di un'infrastruttura ferroviaria si rimanda alla Tabella 2.5.1.1.1-1 Vita Nominale delle infrastrutture ferroviarie contenuta nel "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI – PARTE 2 SEZIONE II – Ponti e Strutture" (RFI DTC SI PS MA IFS 001 C) e di seguito riportata.

I parametri di base con cui è stata definita l'azione sismica sono i seguenti:

- Latitudine: 37.737647 °
- Longitudine: 13.633385°
- Categoria di sottosuolo: B
- Categoria topografica: T1
- $V_N=75$
- $C_U=1,50$

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale V_N [Anni] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾
(1) – La stessa V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

Per la determinazione dello spettro di risposta di progetto è anche necessario precisare il valore adottato per il Fattore di Comportamento q nell'ambito di ciascuno stato limite considerato. Secondo quanto riportato al § 7.3 delle NTC 2018, nel caso di analisi lineare, infatti, la domanda sismica per le strutture può essere ridotta utilizzando un opportuno fattore di comportamento q , che tiene implicitamente conto della capacità dissipativa delle stesse. I valori attribuibili a q variano in funzione del comportamento strutturale (dissipativo o non

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	19 di 108

dissipativo) e dello stato limite considerati, legandosi all'entità delle plasticizzazioni, che a ciascuno stato limite si accompagnano.

Nel presente caso è stato scelto un comportamento strutturale non dissipativo.

Per le strutture a comportamento strutturale non dissipativo si adotta un fattore di comportamento q_{ND} ridotto rispetto al valore minimo relativo alla CD"B" secondo l'espressione:

$$1 \leq q_{ND} = 2/3 q_{CD"B"} \leq 1.5.$$

Nel caso in esame si avrebbe $q_{CD"B"} = 3 \times \alpha_u/\alpha_1 = 3 \times 1.05 = 3.15$

struttura non regolare in pianta: $\alpha_u/\alpha_1 = (1+1.1)/2 = 1.05$

In tal modo il fattore di comportamento viene assunto pari a 1.5.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE:

LATTITUDINE:

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

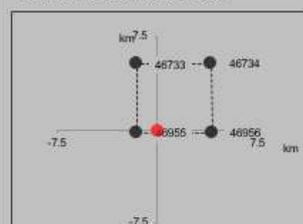
Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	20 di 108

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 - $P_{VR} = 81\%$

{ SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU { SLV - $P_{VR} = 10\%$

{ SLC - $P_{VR} = 5\%$

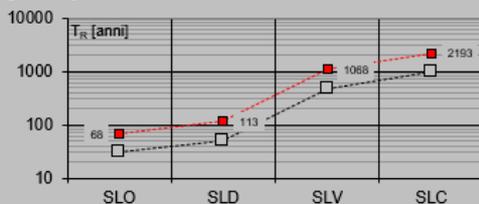
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

.....□..... Strategia scelta

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info

$S_B = 1.200$ $C_C = 1.342$ info

Categoria topografica info

$h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info

(In quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) $\eta_1 = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_0 Regol. in altezza info

Compon. verticale

Spettro di progetto

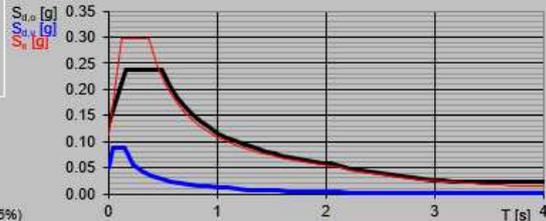
Fattore q $\eta_1 = 0.667$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

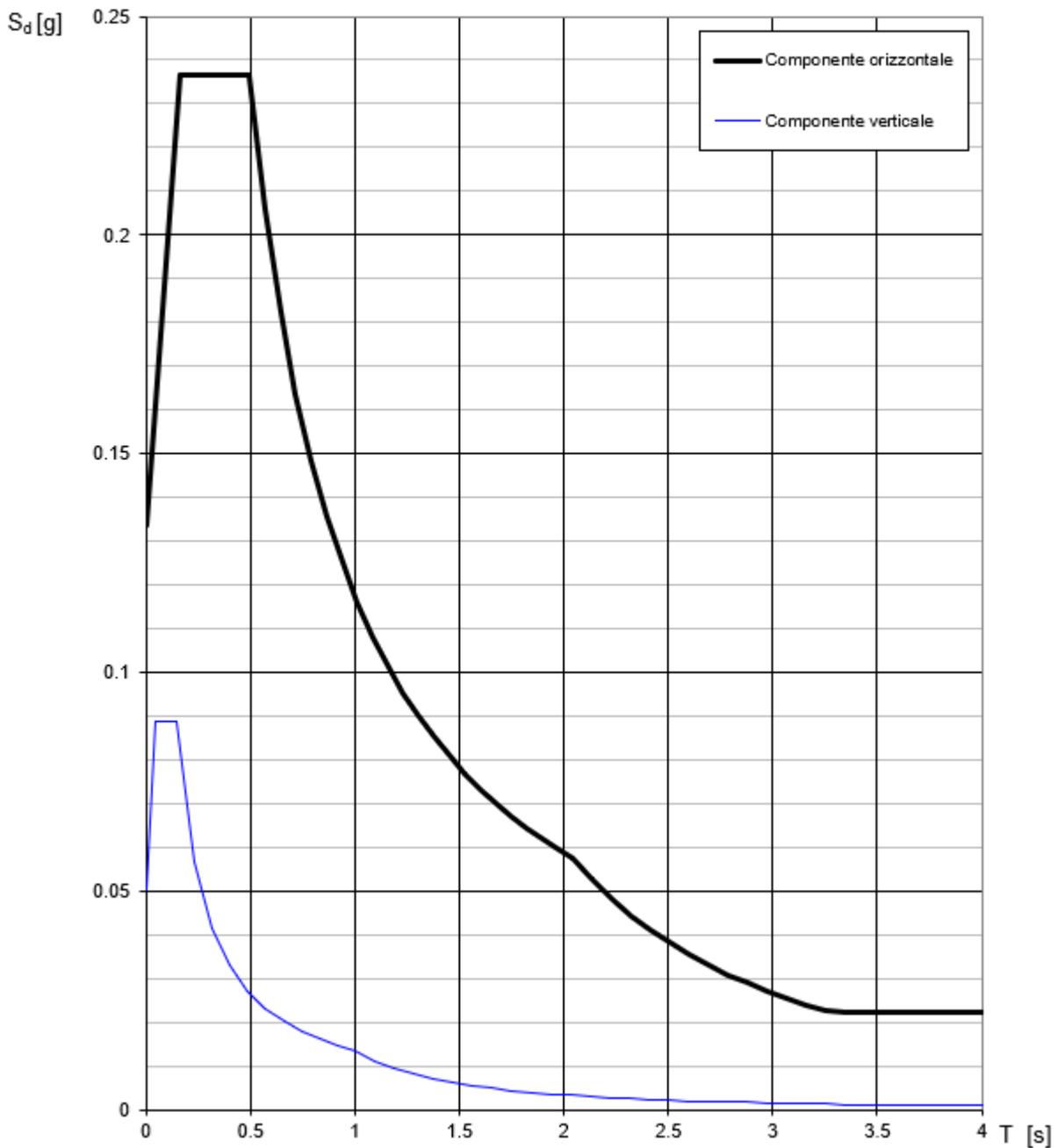


— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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

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



Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	22 di 108

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.111 g
F_0	2.657
T_C	0.370 s
S_S	1.200
C_C	1.342
S_T	1.000
q	1.500

Parametri dipendenti

S	1.200
η	0.667
T_B	0.165 s
T_C	0.496 s
T_D	2.045 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η 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	0.134
T_B	0.165	0.237
T_C	0.496	0.237
	0.570	0.206
	0.644	0.182
	0.717	0.164
	0.791	0.148
	0.865	0.136
	0.939	0.125
	1.012	0.116
	1.086	0.108
	1.160	0.101
	1.234	0.095
	1.308	0.090
	1.381	0.085
	1.455	0.081
	1.529	0.077
	1.603	0.073
	1.676	0.070
	1.750	0.067
	1.824	0.064
	1.898	0.062
	1.971	0.060
T_D	2.045	0.057
	2.138	0.053
	2.231	0.048
	2.324	0.044
	2.418	0.041
	2.511	0.038
	2.604	0.035
	2.697	0.033
	2.790	0.031
	2.883	0.029
	2.976	0.027
	3.069	0.025
	3.162	0.024
	3.255	0.023
	3.348	0.022
	3.441	0.022
	3.535	0.022
	3.628	0.022
	3.721	0.022
	3.814	0.022
	3.907	0.022
	4.000	0.022

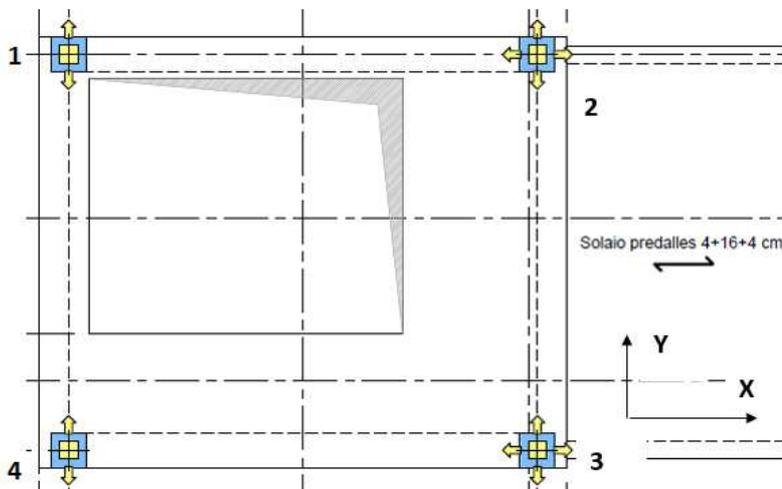
Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	23 di 108

4.9 AZIONI TRASMESSE DAL PONTE PEDONALE AL CORPO SCALA

In corrispondenza dei 4 appoggi del ponte pedonale situati al di sopra del vano scale sono state applicate le azioni derivanti dal modello del ponte pedonale.

Nello specifico le azioni applicate sono le seguenti:



Appoggio 1:

	F _x	F _z
	[kN]	[kN]
DEAD	8	106
G1	21	219
G2	4	47
Folla	23	221
Neve	6	71
SLV _x	108	33
SLV _y	9	30

Appoggio 2:

	F _x	F _z
	[kN]	[kN]
DEAD	0	109
G1	0	235
G2	0	50
Folla	0	241
Neve	0	70

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	24 di 108

SLVx	0	33
SLVy	0	24

Appoggio 3:

	Fx	Fz
	[kN]	[kN]
DEAD	0	50
G1	0	103
G2	0	19
Folla	0	105
Neve	0	27
SLVx	0	14
SLVy	0	32

Appoggio 4:

	Fx	Fz
	[kN]	[kN]
DEAD	0	48
G1	0	89
G2	0	16
Folla	0	88
Neve	0	26
SLVx	50	14
SLVy	7	33

4.10 CONFRONTO VENTO – SISMA

Azione risultante del vento:

P med 1.16 kN/mq
q tan 0.00996 kN/mq

Lato X 23 m
Lato Y 7.4 m
Altezza media 4.8 m

Vento in X
ortogonale 41.2 kN
tangenziale 2.2 kN
sommano **43.4 kN**

Vento in Y
ortogonale 128.1 kN
tangenziale 0.7 kN
sommano **128.8 kN**

Azione risultante del sisma (da modello della struttura):

Sisma in direzione X ($E_x + 0.3 E_y$):

$$F_x = \mathbf{4018} \text{ kN}$$

$$F_y = 2847 \text{ kN}$$

Sisma in direzione Y ($0.3 E_x + E_y$):

$$F_x = 2484 \text{ kN}$$

$$F_y = \mathbf{7167} \text{ kN}$$

Essendo le azioni sismiche nettamente superiori a quelle del vento, queste ultime vengono trascurate nelle verifiche di resistenza.

5. COMBINAZIONI DI CARICO

Per le verifiche nei confronti dei diversi stati limite si adottano le combinazioni delle azioni tratte dal § 2.5.3 NTC 2018:

- Combinazione fondamentale SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3}..$$

- Combinazione caratteristica (rara):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coefficienti parziali dei carichi variabili sono pari a:

	Accidentale Folla	Accidentale Copertura	Neve
ψ_0	0.7	0.0	0.5
ψ_1	0.7	0.0	0.2
ψ_2	0.6	0.0	0.0

Per le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) si adotta l'Approccio Progettuale 2, in cui si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della Tabella 2.6.I delle NTC 2018, di seguito riportata.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali relativi alle azioni per le verifiche agli SLU

Azione		Coefficiente γ_F	A1 STR	A2 GEO
Carichi Permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	1,00	1,00
	Sfavorevoli		1,30	1,00
Carichi Permanenti non strutturali	Favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00
	Sfavorevoli		1,50	1,30
Carichi Variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00
	Sfavorevoli		1,50	1,30

In accordo ai coefficienti delle precedenti tabelle sono state definite le seguenti combinazioni di carico.

Combinazioni allo SLU

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Accidentale folla	Accidentale copertura	Neve
SLU STR 1	1.3	1.5	1.05	1.5	0.75
SLU STR 2	1.3	1.5	1.05	0	1.5
SLU STR 3	1.3	1.5	1.5	0	0.75

Combinazioni allo SLE RARA

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Accidentale folla	Accidentale copertura	Neve
SLE RARA 1	1	1	0.7	1	0.5
SLU RARA 2	1	1	0.7	0	1
SLU RARA 3	1	1	1	0	0.5

Combinazioni allo SLE FREQUENTE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Accidentale folla	Accidentale copertura	Neve
SLE FREQ. 1	1	1	0.6	0	0
SLE FREQ. 2	1	1	0.6	0	0.2
SLE FREQ. 3	1	1	0.7	0	0

Combinazioni allo SLE QUASI PERMANENTE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Accidentale folla	Accidentale copertura	Neve
SLE Q.P. 1	1	1	0.6	0	0
SLE Q.P. 2	1	1	0.6	0	0
SLE Q.P. 3	1	1	0.6	0	0

Combinazioni SISMICHE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Accidentale folla	Accidentale copertura	Neve	Spettro orizz. X	Spettro orizz. Y
SISMA X SLV	1	1	0.6	0	0	1	0.3
SISMA Y SLV	1	1	0.6	0	0	0.3	1

**PROGETTO DEFINITIVO****DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO****NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA****RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA****DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	28 di 108

Ciascuna delle precedenti combinazioni simiche è stata accoppiata con le azioni sismiche provenienti dal ponte pedonale con ogni possibile verso:

Sisma +X Sisma +Y

Sisma +X Sisma -Y

Sisma -X Sisma +Y

Sisma -X Sisma -Y

Pertanto complessivamente sono state considerate n.8 combinazioni sismiche denominate come di seguito:

SismaX_Ponte +X+Y_SLV

SismaX_Ponte +X-Y_SLV

SismaX_Ponte -X+Y_SLV

SismaX_Ponte -X-Y_SLV

SismaY_Ponte +X+Y_SLV

SismaY_Ponte +X-Y_SLV

SismaY_Ponte -X+Y_SLV

SismaY_Ponte -X-Y_SLV

6. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Per la modellazione si utilizza il programma di calcolo agli elementi finiti “SAP 2000 NonLinear” della Computer and Structures, Inc.

Per individuare le sollecitazioni che interessano gli elementi della struttura, viene realizzato un modello tridimensionale in cui sono inseriti gli elementi strutturali principali (travi e pilastri modellati con elementi finiti monodimensionali tipo frame e setti modellati con elementi finiti bidimensionali tipo shell).

Le tamponature e i solai non vengono modellati direttamente, ma sono rappresentati unicamente in termini di massa; dal momento che gli orizzontamenti realizzati in cemento armato possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano (NTC 2018, § 7.2.6), nel modello viene inserito un vincolo di piano rigido (Diaphragm Constraint) in corrispondenza del solaio di copertura.

Secondo quanto suggerito dalle NTC 2018 al § 7.2.6, per tener conto della fessurazione dei materiali fragili, la rigidità flessionale e a taglio degli elementi in cemento armato può essere abbattuta fino al 50%. Pertanto, nel modello realizzato su SAP2000, per la valutazione delle sollecitazioni che interessano le membrature nella sola combinazione sismica, è possibile abbattere il modulo di rigidità di tutti gli elementi strutturali della metà (assumendo $E_{prog} = 0,50 \cdot E_{cls}$).

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	29 di 108

Il grigliato delle fondazioni di travi rovesce è stato modellato mediante travi su suolo elastico.

Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler può essere determinato con la seguente relazione:

$$k_n = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

dove:

E	61	MPa	modulo elastico del terreno
ν	0.3	-	coefficiente di Poisson =0.3;
B	1.5	m	larghezza della fondazione.
L	14.3	m	lato maggiore della fondazione
c_t	2.06	-	fattore di forma (Bowles, 1960)
Kw	21725	kN/m³	coefficiente di sottofondo alla Winkler

Fattore di forma:

Fondazione Rigida	c_t	c_t
- rettangolare con $L/B \leq 10$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
- rettangolare con $L/B > 10$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$
dove L é il lato maggiore della fondazione.		

In tal modo la costante di Winkler con cui è stata determinata la rigidezza delle molle è stata assunta pari a $k_v = 21000 \text{ kN/m}^3$.

La platea di fondazione è stata modellata mediante una piastra su suolo elastico.

Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler può essere determinato con la seguente relazione:

$$k_n = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

dove:

E	61	MPa	modulo elastico del terreno
ν	0.3	-	coefficiente di Poisson =0.3;

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	30 di 108

B	10.1	m	larghezza della fondazione.
L	10.2	m	lato maggiore della fondazione
ct	0.86	-	fattore di forma (Bowles, 1960)
Kw	7733	kN/m³	coefficiente di sottofondo alla Winkler

Fattore di forma:

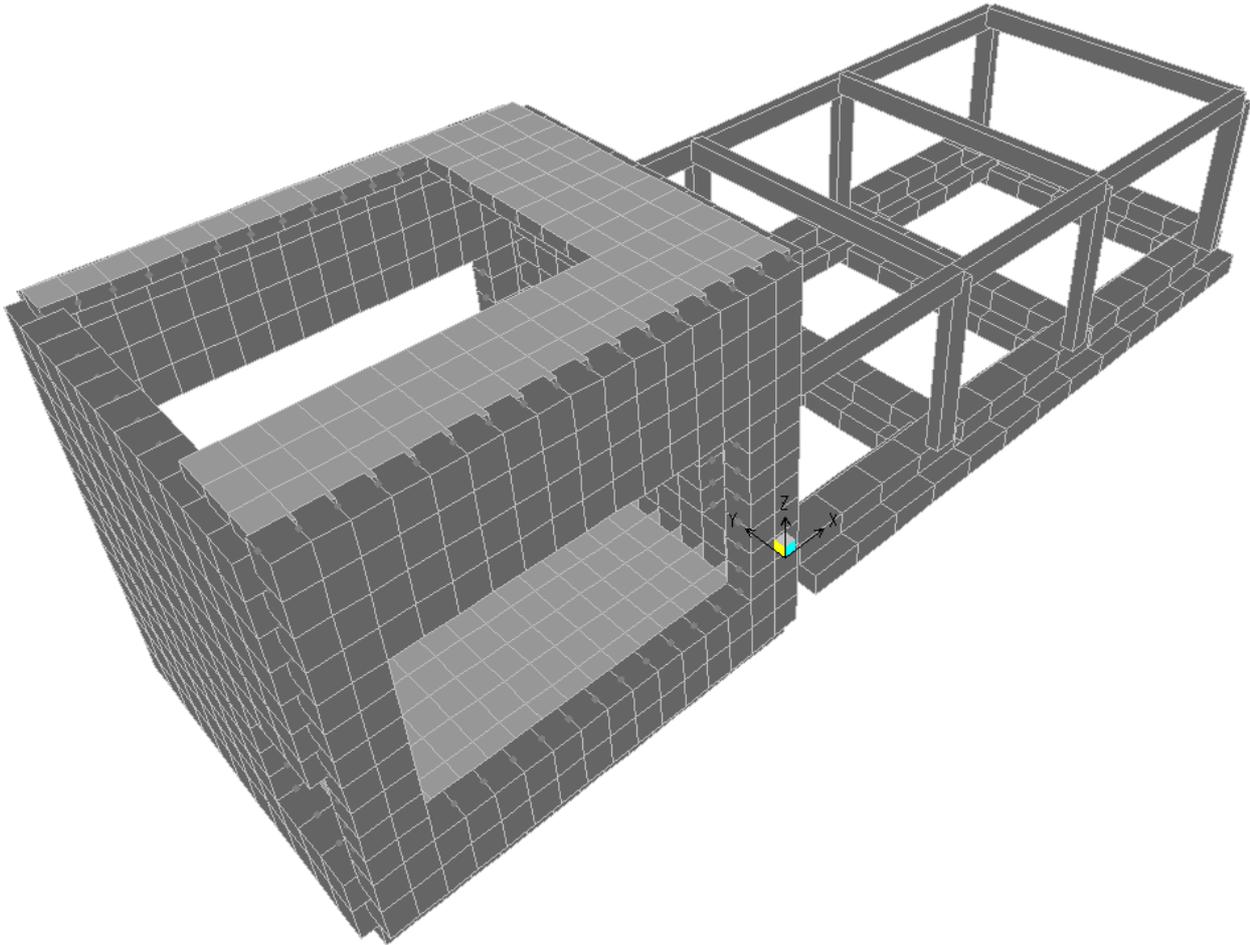
Fondazione Rigida	ct	ct
- rettangolare con $L/B \leq 10$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
- rettangolare con $L/B > 10$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$
dove L é il lato maggiore della fondazione.		

In tal modo la costante di Winkler con cui è stata determinata la rigidezza delle molle è stata assunta pari a $k_v = 7700 \text{ kN/m}^3$.

Si riporta di seguito una vista 3D del modello di calcolo e la numerazione delle aste e dei nodi:

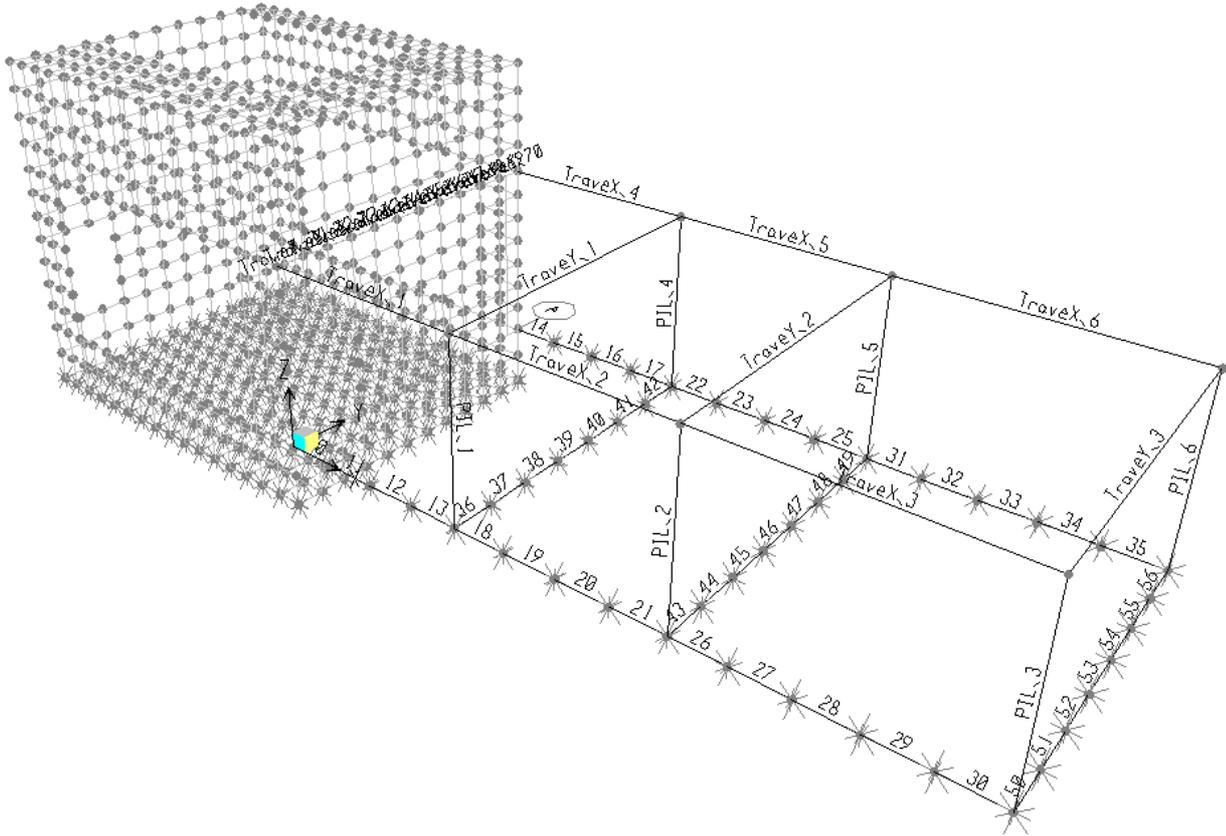
Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	31 di 108



Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

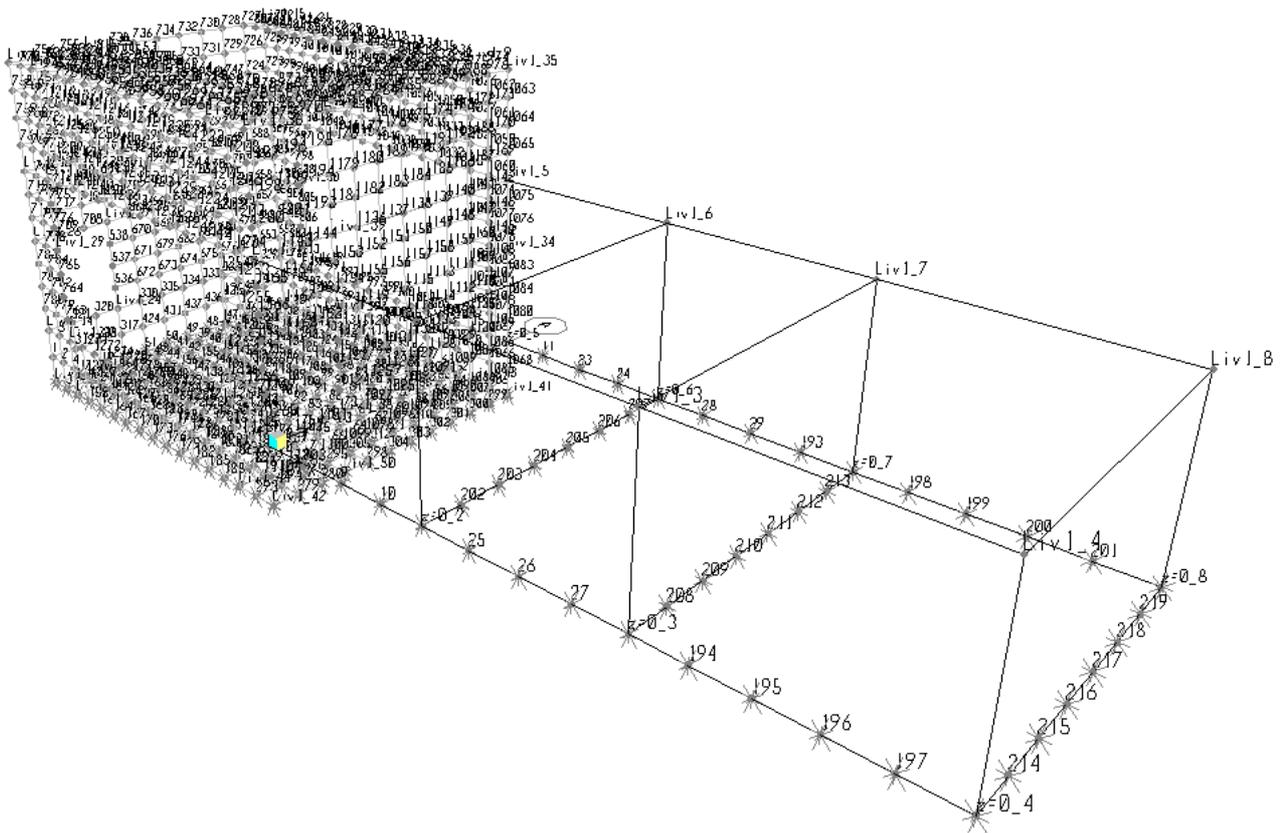
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	32 di 108



Numerazione frame

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	33 di 108



Numerazione nodi



PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA

RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA

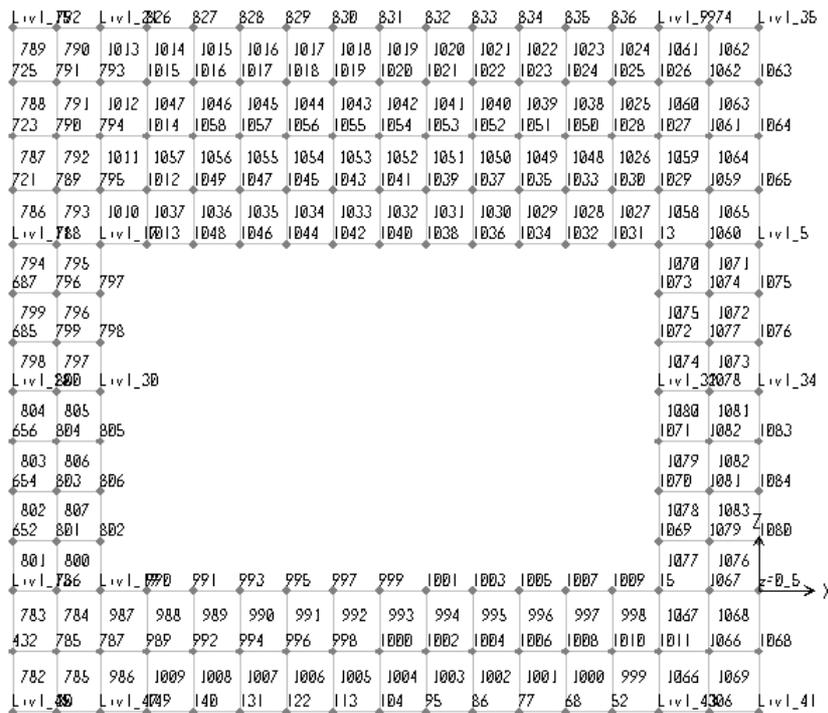
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	34 di 108



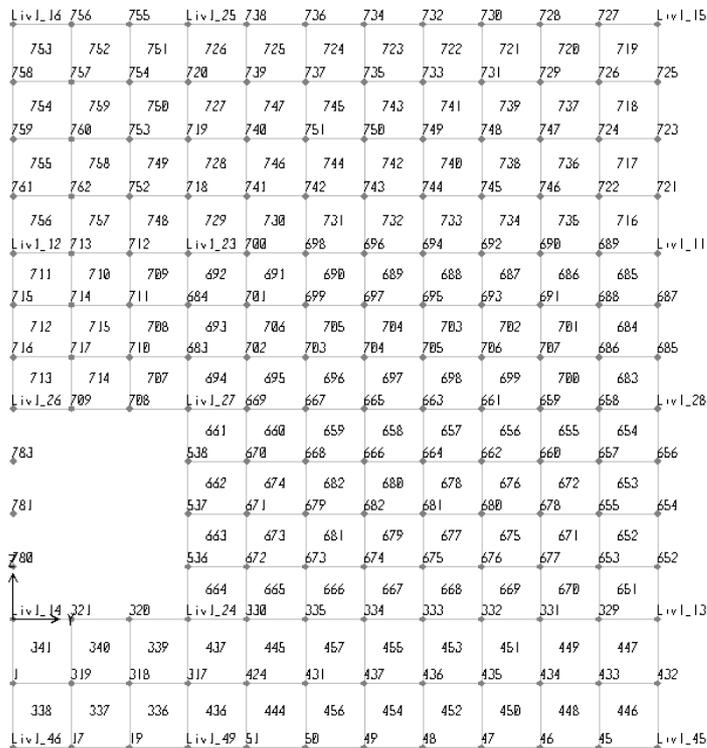
Numerazione nodi e shell: allinamameto Y=0m



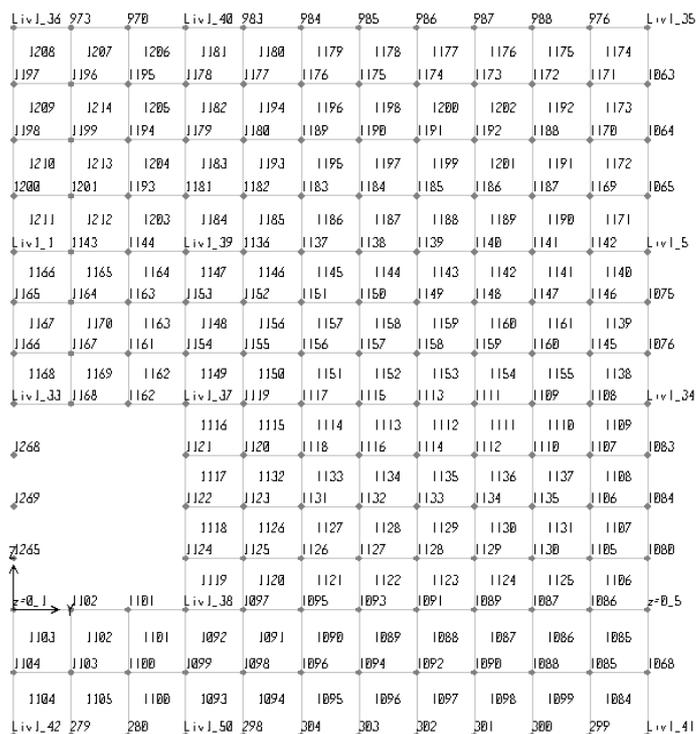
Numerazione nodi e shell: allinamameto Y=7m

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	35 di 108



Numerazione nodi e shell: allinamameto X=-8m



Numerazione nodi e shell: allinamameto X=-8m



PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO

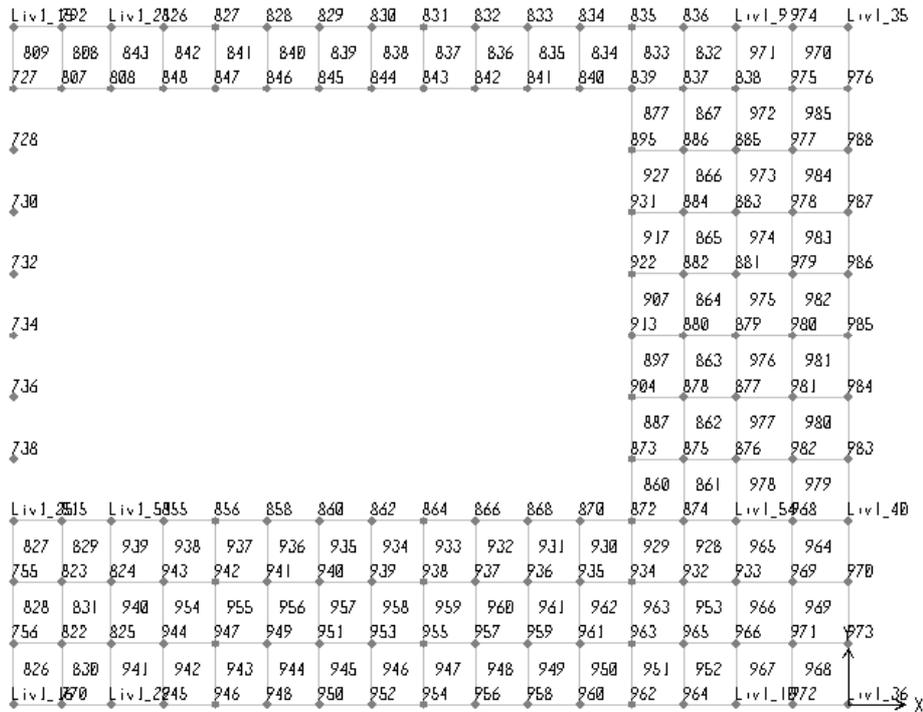
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA

RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA

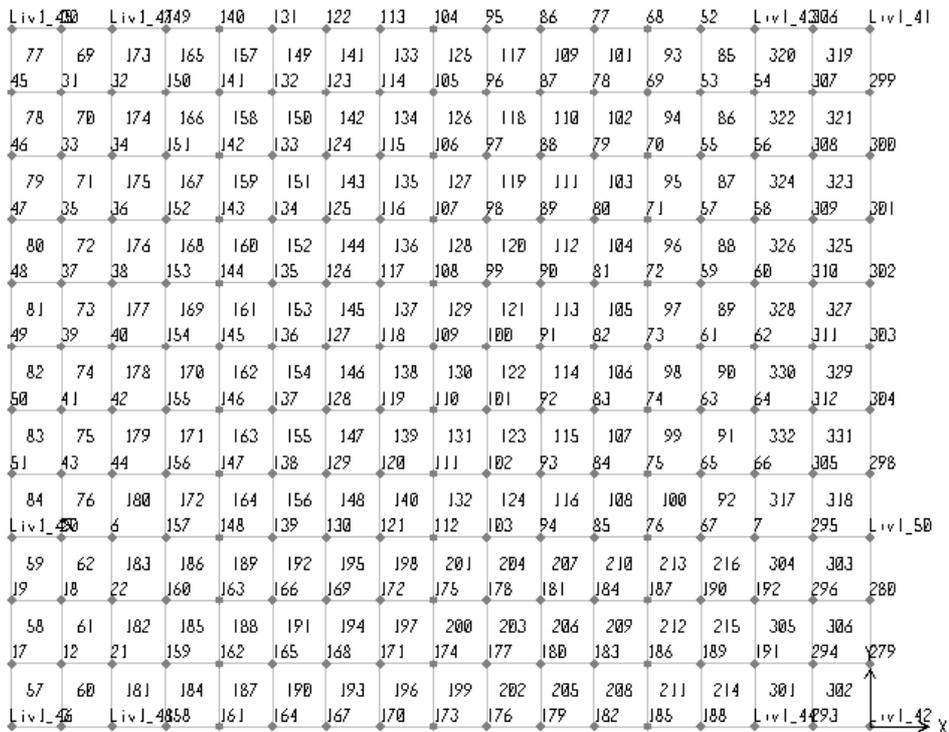
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	36 di 108



Numerazione nodi e shell: copertura



Numerazione nodi e shell: fondazione

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

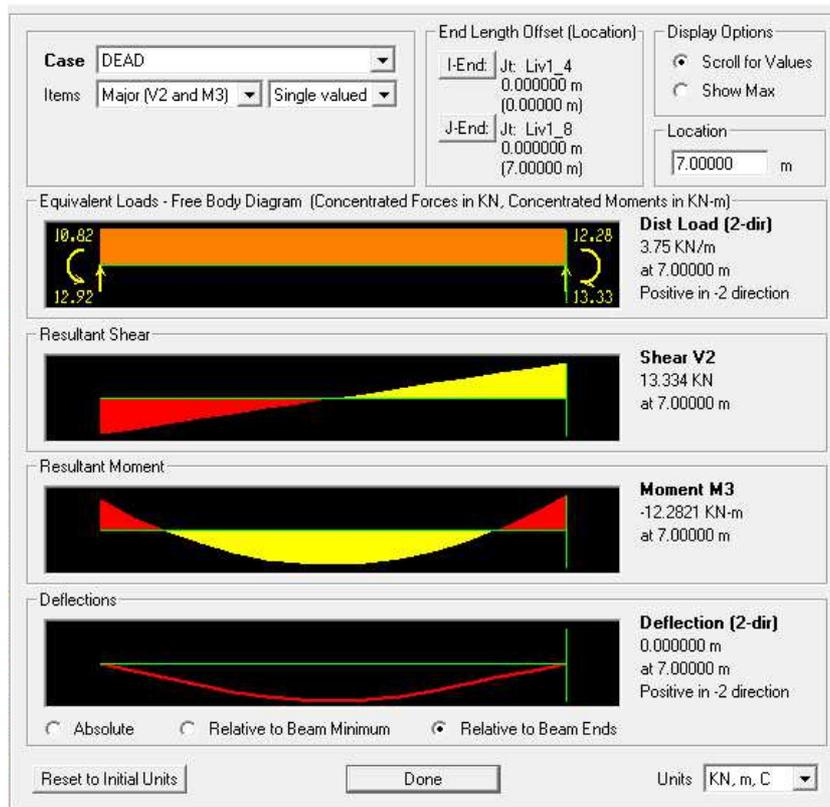
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	37 di 108

7. GIUDIZIO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Viene effettuato un confronto tra le sollecitazioni di momento e taglio calcolate dal programma di calcolo "SAP 2000 NonLinear" della Computer and Structures in corrispondenza del frame "TraveY_3" e le medesime sollecitazioni calcolate manualmente mediante uno schema di trave doppiamente incastrata.

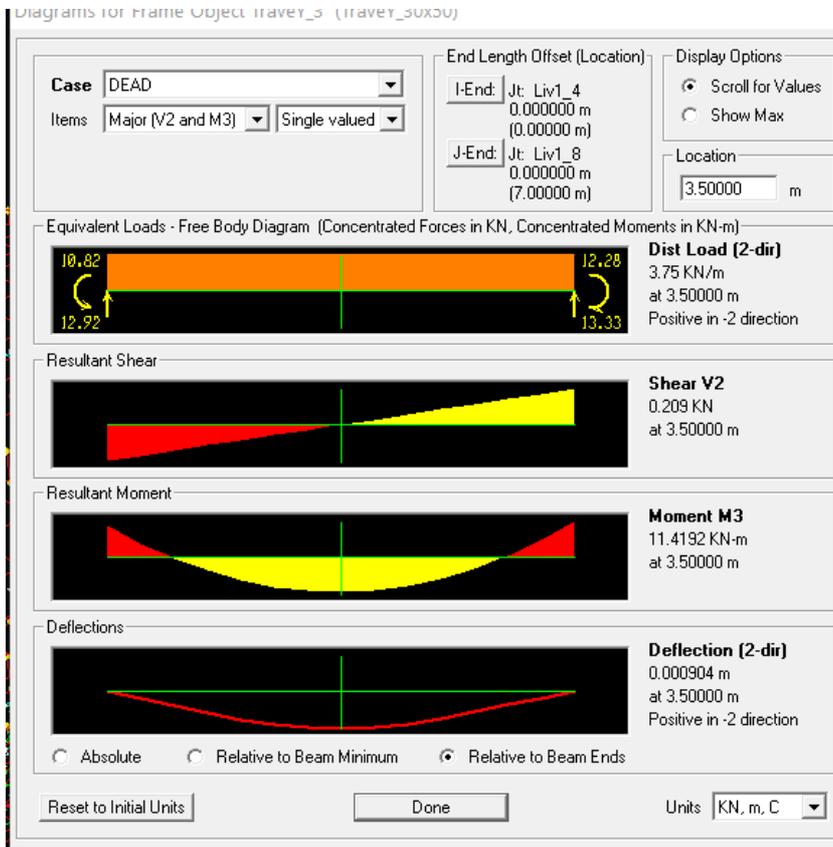
Viene preso a riferimento la condizione di carico del peso proprio.

Diagrams for Frame Object TraveY_3 (TraveY_30x50)



Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	38 di 108



Carico peso proprio: $0.3\text{m} \times 0.5\text{m} \times 25\text{kN/mc} = 3.75\text{ kN/m}$

Luce di calcolo: $L = 6.9\text{m}$

$$M_{\text{appoggio}} = -1/12 p L^2 = -15.3\text{ kNm}$$

$$M_{\text{mezzeria}} = 1/24 p L^2 = 7.7\text{ kNm}$$

$$\text{Taglio} = 1/2 p L = 13.1\text{ kN}$$

Come si può vedere le suindicate sollecitazioni sono confrontabili con quelle calcolate dal programma di calcolo.

Le leggere differenze dei momenti sono da ricondurre all'effetto del telaio dell'intera struttura. A conferma di ciò la somma dei momenti all'appoggio ed in mezzeria calcolati dal programma è pari a $12.3\text{ kNm} + 11.4\text{ kNm} = 23.7\text{ kNm}$, risulta pari alla somma dei momenti calcolata manualmente pari a 23 kNm .

8. ANALISI MODALE

Il metodo di analisi sismica adottato è quello dell'analisi lineare dinamica.

Si riportano di seguito il tabulato e le immagini delle deformate modali dei principali modi di vibrare.

StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
1	0.158	0.043	0.142	0.000	0.043	0.142	0.000
2	0.116	0.758	0.011	0.000	0.801	0.153	0.000
3	0.057	0.001	0.514	0.000	0.801	0.667	0.000
4	0.046	0.001	0.001	0.001	0.802	0.668	0.002
5	0.039	0.001	0.025	0.015	0.803	0.692	0.017
6	0.036	0.000	0.003	0.046	0.803	0.695	0.063
7	0.034	0.000	0.000	0.104	0.803	0.695	0.167
8	0.034	0.000	0.000	0.000	0.803	0.695	0.167
9	0.032	0.000	0.000	0.070	0.803	0.695	0.238
10	0.032	0.000	0.000	0.000	0.803	0.695	0.238
11	0.032	0.006	0.021	0.006	0.809	0.717	0.244
12	0.031	0.000	0.001	0.000	0.809	0.718	0.244
13	0.030	0.008	0.022	0.004	0.817	0.740	0.247
14	0.028	0.000	0.000	0.061	0.817	0.740	0.309
15	0.028	0.000	0.000	0.000	0.817	0.740	0.309
16	0.027	0.001	0.006	0.037	0.818	0.747	0.346
17	0.025	0.002	0.000	0.078	0.820	0.747	0.424
18	0.024	0.000	0.001	0.004	0.820	0.748	0.427
19	0.022	0.011	0.000	0.001	0.831	0.748	0.429
20	0.021	0.005	0.012	0.030	0.836	0.760	0.458
21	0.019	0.000	0.044	0.007	0.836	0.804	0.465
22	0.019	0.002	0.015	0.064	0.838	0.819	0.529
23	0.018	0.000	0.010	0.022	0.838	0.829	0.551
24	0.017	0.003	0.000	0.031	0.841	0.829	0.582
25	0.017	0.003	0.000	0.087	0.844	0.829	0.669
26	0.016	0.005	0.001	0.004	0.849	0.830	0.673
27	0.016	0.000	0.008	0.008	0.849	0.838	0.681
28	0.015	0.001	0.000	0.003	0.850	0.838	0.684
29	0.015	0.002	0.000	0.003	0.852	0.838	0.687
30	0.014	0.000	0.001	0.000	0.852	0.839	0.687
31	0.014	0.000	0.003	0.002	0.852	0.842	0.689
32	0.014	0.000	0.003	0.011	0.852	0.845	0.700
33	0.013	0.002	0.000	0.075	0.854	0.845	0.775

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	40 di 108

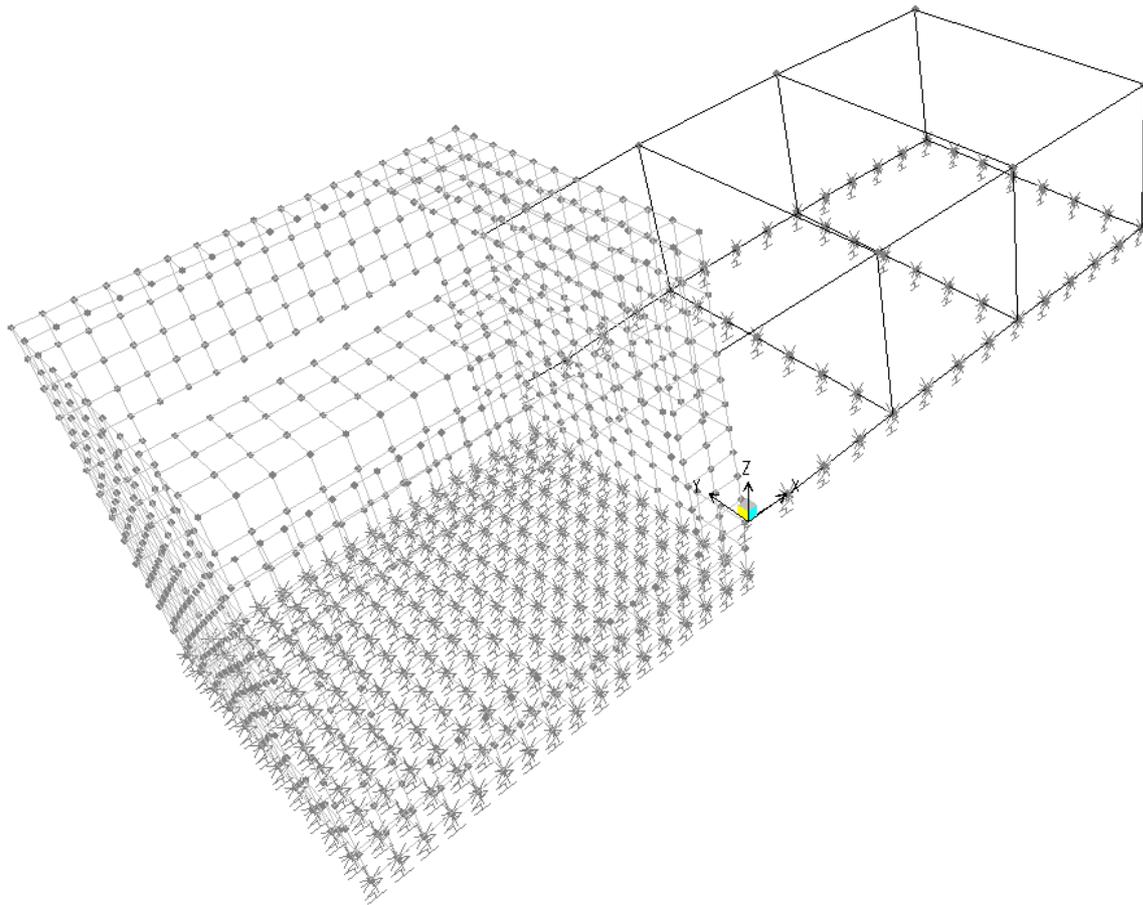
34	0.012	0.005	0.005	0.011	0.859	0.849	0.786
35	0.012	0.000	0.003	0.036	0.859	0.852	0.822

StepNum	Period	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
1	0.032	0.023	0.001	0.023	0.589	0.442	0.795
2	0.031	0.026	0.000	0.006	0.615	0.442	0.801
3	0.030	0.028	0.000	0.007	0.644	0.442	0.808
4	0.028	0.020	0.216	0.000	0.664	0.658	0.808
5	0.028	0.020	0.000	0.000	0.683	0.658	0.808
6	0.027	0.002	0.003	0.012	0.685	0.661	0.819
7	0.025	0.022	0.052	0.000	0.707	0.713	0.819
8	0.024	0.007	0.001	0.004	0.714	0.714	0.823
9	0.022	0.000	0.001	0.010	0.714	0.715	0.834
10	0.021	0.008	0.000	0.000	0.722	0.715	0.834
11	0.019	0.001	0.000	0.004	0.723	0.715	0.838
12	0.019	0.032	0.003	0.009	0.755	0.719	0.847
13	0.018	0.005	0.008	0.005	0.760	0.727	0.852
14	0.017	0.017	0.000	0.000	0.778	0.727	0.852
15	0.017	0.039	0.012	0.002	0.817	0.738	0.855
16	0.016	0.001	0.004	0.000	0.818	0.742	0.855
17	0.016	0.001	0.048	0.012	0.819	0.790	0.866
18	0.015	0.003	0.005	0.000	0.822	0.795	0.866
19	0.015	0.001	0.003	0.000	0.823	0.798	0.867
20	0.014	0.000	0.051	0.009	0.823	0.849	0.876
21	0.014	0.000	0.005	0.000	0.823	0.855	0.876
22	0.014	0.010	0.003	0.001	0.833	0.858	0.876
23	0.013	0.033	0.025	0.001	0.866	0.883	0.877
24	0.012	0.002	0.009	0.009	0.868	0.892	0.886
25	0.012	0.024	0.023	0.002	0.892	0.914	0.887
26	0.032	0.023	0.001	0.023	0.589	0.442	0.795
27	0.031	0.026	0.000	0.006	0.615	0.442	0.801
28	0.030	0.028	0.000	0.007	0.644	0.442	0.808
29	0.028	0.020	0.216	0.000	0.664	0.658	0.808
30	0.028	0.020	0.000	0.000	0.683	0.658	0.808
31	0.027	0.002	0.003	0.012	0.685	0.661	0.819
32	0.025	0.022	0.052	0.000	0.707	0.713	0.819

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	41 di 108

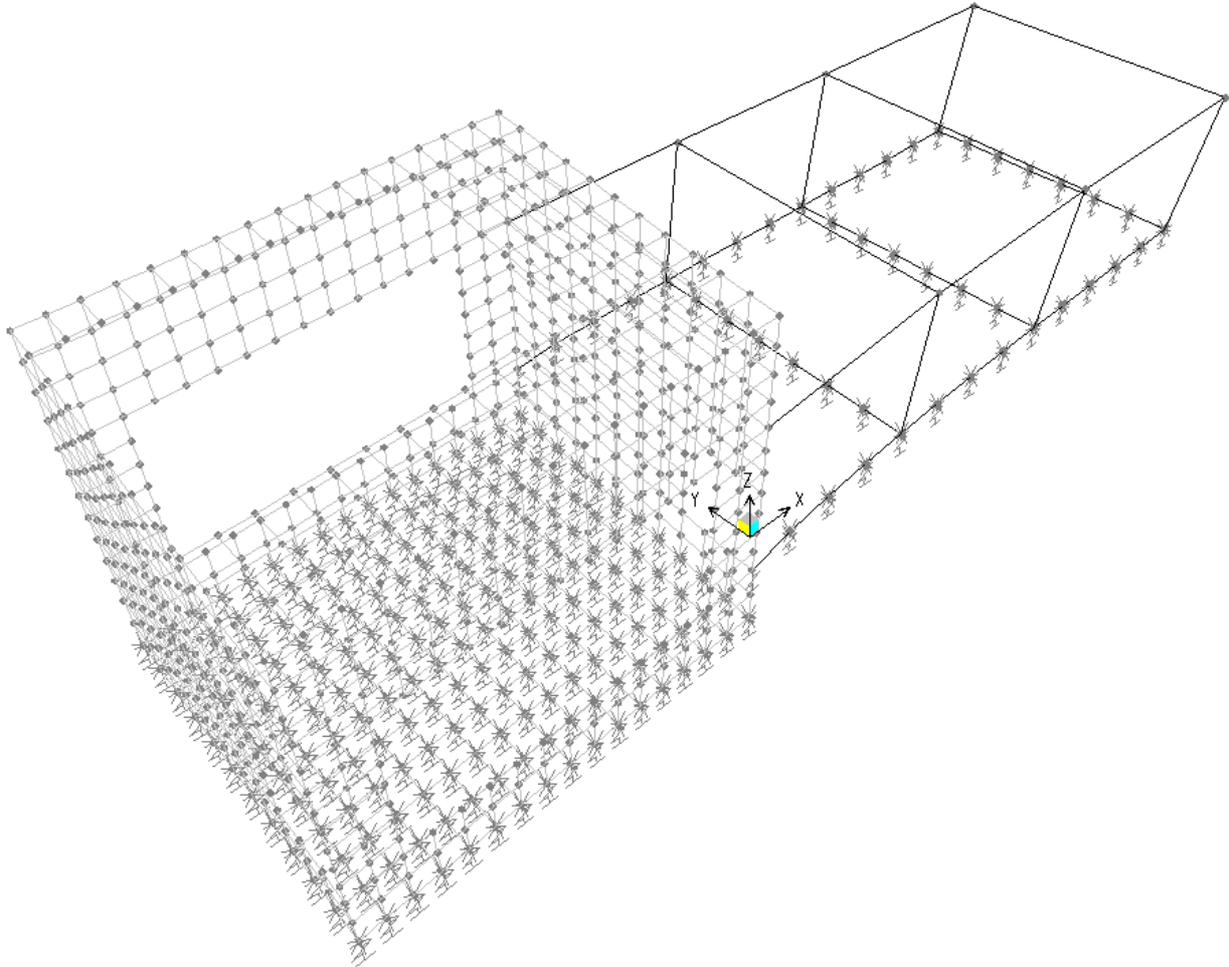
33	0.024	0.007	0.001	0.004	0.714	0.714	0.823
34	0.022	0.000	0.001	0.010	0.714	0.715	0.834
35	0.021	0.008	0.000	0.000	0.722	0.715	0.834



Modo n.1

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

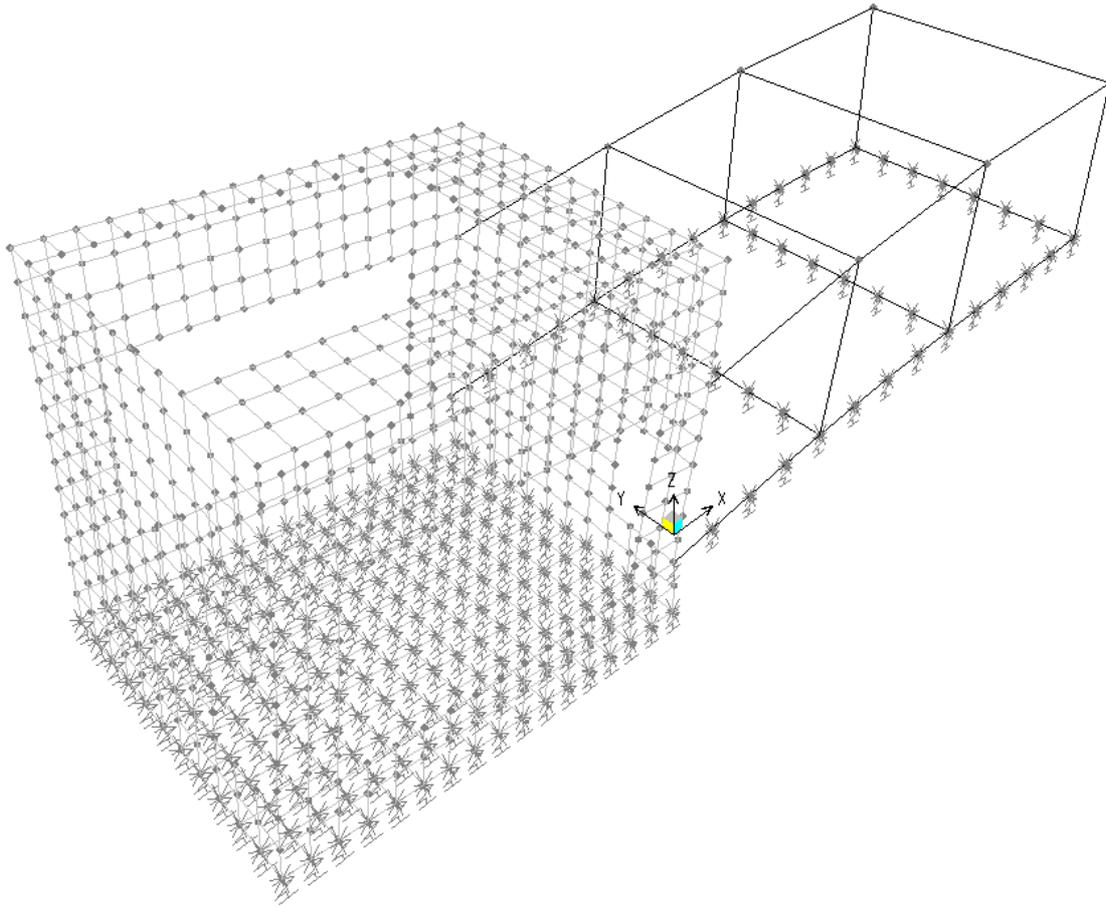
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	42 di 108



Modo n.2

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	43 di 108



Modo n.3

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	44 di 108

9. VERIFICHE SOLAIO DI COPERTURA

Pesi propri:

Altezza del solaio	H=	0.20	m
Spessore della soletta	s=	0.040	m
Larghezza del singolo travetto	b=	0.14	m
Interasse fra i travetti	i=	0.54	m
Altezza pignatta	h=	0.16	m
Larghezza pignatta	bp=	0.40	m
Peso specifico delle pignatte prive di foratura		0.30	kN/mc
Peso specifico delle pignatte con foratura del 72.5 %		0.30	kN/mc
Peso specifico della soletta e dei travetti		25.00	kN/mc
Peso travetti	Pt=	1.04	kN/mq
Peso pignatte	Pp=	0.04	kN/mq
Peso soletta	Ps=	1.00	kN/mq
Totale peso proprio solaio		2.07	kN/mq
Carichi permanenti pesi propri		2.07	kN/mq
Carichi permanenti non strutturali		3.28	kN/mq
Totale carichi permanenti	P=	5.35	kN/mq
Carichi accidentali	Q=	0.50	kN/mq
Neve	Q=	0.71	kN/mq

COMBINAZIONI

SLU PP+PERM		7.61	kN/mq
SLU ACC comb 1		1.28	kN/mq
SLU ACC comb 2		1.07	kN/mq
SLE QUASI PEGMANENTE PP+PERM		5.35	kN/mq
SLE QUASI PEGMANENTE ACC comb 1		0.00	kN/mq
SLE QUASI PEGMANENTE ACC comb 2		0.00	kN/mq
SLE FREQUENTE PP+PERM		5.35	kN/mq

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	45 di 108

SLE FREQUENTE ACC comb 1	0.00	kN/mq
SLE FREQUENTE ACC comb 2	0.14	kN/mq
SLE RARA PP+PERM	5.35	kN/mq
SLE RARA ACC comb 1	0.86	kN/mq
SLE RARA ACC comb 2	0.71	kN/mq

Carichi totale a travetto

SLU PP+PERM	4.11	kN/m
SLU ACC	0.69	kN/m
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	2.89	kN/m
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kN/m
SLE FREQUENTE PP+PERM	2.89	kN/m
SLE FREQUENTE ACC	0.08	kN/m
SLE RARA PP+PERM	2.89	kN/m
SLE RARA ACC	0.46	kN/m
SLU TOT	4.80	kN/m
SLE QUASI PERMANENTE TOTALE	2.89	kN/m
SLE FREQUENTE TOTALE	2.97	kN/m
SLE RARA TOTALE	3.35	kN/m

9.1.1 SOLLECITAZIONI

Per il calcolo delle sollecitazioni sui travetti è stato assunto un modello a trave continua su 4 appoggi.

In corrispondenza degli appoggi di estremità sono stati considerati momenti aggiuntivi pari a $1/18 p L^2$.

Al fine di massimizzare gli effetti degli accidentali sono state considerate 3 disposizioni di carico degli stessi: accidentale su tutte le campate, accidentale disposto in maniera alternata.

Momenti positivo a travetto (mezzeria)

SLU PP+PERM	10.81	kNm
SLU ACC	2.10	kNm
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	7.60	kNm
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kNm

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	46 di 108

SLE FREQUENTE PP+PERM	7.60	kNm
SLE FREQUENTE ACC	0.23	kNm
SLE RARA PP+PERM	7.60	kNm
SLE RARA ACC	1.40	kNm

Combinazione SLU	12.91	kNm
Combinazione SLE quasi permanente	7.60	kNm
Combinazione SLE frequente	7.83	kNm
Combinazione SLE rara	9.00	kNm

Momento negativo a travetto appoggio centrale

SLU PP+PERM	12.34	kNm
SLU ACC	2.08	kNm
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	8.67	kNm
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kNm
SLE FREQUENTE PP+PERM	8.67	kNm
SLE FREQUENTE ACC	0.23	kNm
SLE RARA PP+PERM	8.67	kNm
SLE RARA ACC	1.39	kNm

Combinazione SLU	14.41	kNm
Combinazione SLE quasi permanente	8.67	kNm
Combinazione SLE frequente	8.90	kNm
Combinazione SLE rara	10.06	kNm

Momento negativo a travetto (a filo fascia piena) appoggio centrale

SLU PP+PERM	12.18	kNm
SLU ACC	2.05	kNm
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	8.56	kNm
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kNm
SLE FREQUENTE PP+PERM	8.56	kNm
SLE FREQUENTE ACC	0.23	kNm
SLE RARA PP+PERM	8.56	kNm

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	47 di 108

SLE RARA ACC 1.37 kNm

Combinazione SLU	14.23	kNm
Combinazione SLE quasi permanente	8.56	kNm
Combinazione SLE frequente	8.79	kNm
Combinazione SLE rara	9.93	kNm

Momento negativo a travetto appoggio estremità

SLU PP+PERM	7.29	kNm
SLU ACC	1.23	kNm
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	5.13	kNm
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kNm
SLE FREQUENTE PP+PERM	5.13	kNm
SLE FREQUENTE ACC	0.14	kNm
SLE RARA PP+PERM	5.13	kNm
SLE RARA ACC	0.82	kNm

Combinazione SLU	8.52	kNm
Combinazione SLE quasi permanente	5.13	kNm
Combinazione SLE frequente	5.26	kNm
Combinazione SLE rara	5.94	kNm

Momento negativo a travetto (a filo fascia piena) appoggio estremità

SLU PP+PERM	7.14	kNm
SLU ACC	1.20	kNm
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	5.02	kNm
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kNm
SLE FREQUENTE PP+PERM	5.02	kNm
SLE FREQUENTE ACC	0.13	kNm
SLE RARA PP+PERM	5.02	kNm
SLE RARA ACC	0.80	kNm

Combinazione SLU	8.34	kNm
Combinazione SLE quasi permanente	5.02	kNm
Combinazione SLE frequente	5.15	kNm

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	48 di 108

Combinazione SLE rara	5.82	kNm
-----------------------	------	-----

Taglio sezione di appoggio centrale

SLU PP+PERM	13.82	kN
-------------	-------	----

SLU ACC	2.33	kN
---------	------	----

Combinazione SLU	16.14	kN
------------------	-------	----

Taglio sezione a filo fascia piena centrale

SLU PP+PERM	12.47	kN
-------------	-------	----

SLU ACC	2.10	kN
---------	------	----

Combinazione SLU	14.57	kN
------------------	-------	----

Taglio sezione di appoggio estremità

SLU PP+PERM	9.42	kN
-------------	------	----

SLU ACC	1.70	kN
---------	------	----

Combinazione SLU	11.12	kN
------------------	-------	----

Taglio sezione a filo fascia piena estremità

SLU PP+PERM	8.50	kN
-------------	------	----

SLU ACC	1.54	kN
---------	------	----

Combinazione SLU	10.04	kN
------------------	-------	----

9.1.2 VERIFICHE

Nelle seguenti verifiche non viene considerato il contributo della lastra predalle.

Riepilogo armature

campata: 1 ϕ 12 + 1 ϕ 14 inferiori + 1 ϕ 8 superiori

appoggi interni: 1 ϕ 8 inferiori + 2 ϕ 14 superiori

appoggi estremità: 1 ϕ 8 inferiori + 2 ϕ 10 superiori

Verifica sezione di mezzeria

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	49 di 108

Verifica di resistenza a flessione

Larghezza media zona tesa		0.14	m
Altezza utile		0.158	m
Armatura minima		0.354	cmq
Armatura prevista	1Ø12+1Ø14	2.67	cmq
Momento resistente		15.89	kNm
Momento agente		12.91	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.23	

Verifica tensioni in esercizio

Tensione compressione cls combinazione quasi permanente	4.70	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente = 0.45 fck:	13.1	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione compressione cls combinazione rara	5.57	MPa
Tensione limite in combinazione rara = 0.6 fck:	17.4	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione trazione acciaio combinazione rara	234	MPa
Tensione limite in combinazione rara = 0.8 fyk:	360	MPa
Verifica soddisfatta		

Verifica a fessurazione

Tensione trazione acciaio combinazione quasi permanente	198	MPa
Tensione trazione acciaio combinazione frequente	204	MPa
Tensione trazione cls combinazione quasi permanente	4.9	MPa
Tensione trazione cls combinazione frequente	5.1	MPa
Apertura fessure combinazione quasi permanente	0.147	mm
Apertura limite fessure combinazione quasi permanente	0.3	mm
Verifica soddisfatta		
Apertura fessure combinazione frequente	0.153	mm
Apertura limite fessure combinazione frequente	0.4	mm

Verifica soddisfatta

Calcolo fessure:

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	50 di 108

FREQUENTE

c	35	mm
s	56	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	14	mm
A _s	266.9	mm ²
b _{eff}	140	mm
(H-x)/2	79.2	mm
h _{eff}	79.2	mm
A _{eff}	11090.0	mm ²
ρ	0.024067	-
s _{rm}	110.3	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	197.6	N/mm ²
σ _{sr}	114.0	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.83	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000784	-
w _m	0.0865	mm
w _k	0.147	mm
<=	0.3	mm

QUASI PERMANENTE

c	35	mm
s	56	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	14	mm
A _s	266.9	mm ²
b _{eff}	140	mm
(H-x)/2	79.2	mm
h _{eff}	79.2	mm
A _{eff}	11090.0	mm ²
ρ	0.024067	-
s _{rm}	110.3	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	203.6	N/mm ²
σ _{sr}	114.0	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.84	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000818	-
w _m	0.0902	mm
w _k	0.153	mm
<=	0.4	mm

Verifica sezioni a filo fascia piena appoggio centrale

Verifica a taglio del travetto a filo F.P. appoggio centrale

Altezza utile (d)	158	mm
k	2.00	
f _{ck}	29.1	MPa
A _{sl}	3.08	cmq
b _w	0.14	m
ρ _l	0.01391	-
σ _{cp}	0.0	MPa
V _{min}	0.534	MPa

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	51 di 108

Taglio resistente		18.22	kN
Taglio agente		14.6	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.25	
<u>Verifica di resistenza a flessione filo F.P. appoggio centrale</u>			
Larghezza media zona tesa		0.14	m
Altezza utile		0.16	m
Armatura minima		0.354	cmq
Armatura prevista superiormente	2Ø14	3.08	cmq
Armatura prevista inferiormente	1Ø8	0.50	cmq
Momento resistente		15.9	kNm
Momento agente		14.2	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.11	
<u>Verifica tensioni in esercizio filo F.P. appoggio centrale</u>			
Tensione compressione cls combinazione quasi permanente		11.87	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente		13.1	MPa
Verifica soddisfatta			
Tensione compressione cls combinazione rara		13.76	MPa
Tensione limite in combinazione rara		17.4	MPa
Verifica soddisfatta			
Tensione trazione acciaio combinazione rara		243	MPa
Tensione limite in combinazione rara		360	MPa
Verifica soddisfatta			
<u>Verifica a fessurazione filo F.P. appoggio centrale</u>			
Tensione trazione acciaio combinazione quasi permanente		209	MPa
Tensione trazione acciaio combinazione frequente		215	MPa
Tensione trazione cls combinazione quasi permanente		3.5	MPa
Tensione trazione cls combinazione frequente		3.6	MPa
Apertura fessure combinazione quasi permanente		0.115	mm
Apertura limite fessure combinazione quasi permanente		0.3	mm
Verifica soddisfatta			

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	52 di 108

Apertura fessure combinazione frequente 0.121 mm

Apertura limite fessure combinazione frequente 0.4 mm

Verifica soddisfatta

Calcolo fessure:

FREQUENTE

c	35	mm
s	56	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	14	mm
A _s	307.72	mm ²
b _{eff}	140	mm
(H-x)/2	63.7	mm
h _{eff}	63.7	mm
A _{eff}	8918.4	mm ²
ρ	0.034504	-
s _{rm}	101.5	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	209.4	N/mm ²
σ _{sr}	169.9	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.67	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000669	-
w _m	0.0679	mm
w _k	0.115	mm

<= 0.3 mm

QUASI PERMANENTE

c	35	mm
s	56	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	14	mm
A _s	307.72	mm ²
b _{eff}	140	mm
(H-x)/2	63.7	mm
h _{eff}	63.7	mm
A _{eff}	8918.4	mm ²
ρ	0.034504	-
s _{rm}	101.5	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	215.0	N/mm ²
σ _{sr}	169.9	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.69	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000704	-
w _m	0.0714	mm
w _k	0.121	mm

<= 0.4 mm

Verifica sezioni a filo fascia piena appoggio estremità

Verifica a taglio del travetto a filo F.P. appoggio estremità

Altezza utile (d) 160 mm

k 2.00

f_{ck} 29.1 MPa

A_{sl} 1.57 cmq

b_w 0.14 m

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	53 di 108

ρ_l		0.00701	-
σ_{cp}		0.0	MPa
v_{min}		0.534	MPa
Taglio resistente		14.68	kN
Taglio agente		10.04	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.46	

Verifica di resistenza a flessione filo F.P. appoggio estremità

Larghezza media zona tesa		0.140	m
Altezza utile		0.160	m
Armatura minima		0.358	cmq
Armatura prevista superiormente	2Ø10	1.57	cmq
Armatura prevista inferiormente	1Ø8	0.50	cmq
Momento resistente		9.0	kNm
Momento agente		8.3	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.08	

Verifica tensioni in esercizio filo F.P. appoggio estremità

Tensione compressione cls combinazione quasi permanente		8.46	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente		13.1	MPa
Verifica soddisfatta			
Tensione compressione cls combinazione rara		9.82	MPa
Tensione limite in combinazione rara		17.4	MPa
Verifica soddisfatta			
Tensione trazione acciaio combinazione rara		265	MPa
Tensione limite in combinazione rara		360	MPa
Verifica soddisfatta			

Verifica a fessurazione filo F.P. appoggio estremità

Tensione trazione acciaio combinazione quasi permanente		229	MPa
Tensione trazione acciaio combinazione frequente		235	MPa
Tensione trazione cls combinazione quasi permanente		2.1	MPa

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	54 di 108

Tensione trazione cls combinazione frequente	2.2	MPa
Apertura fessure combinazione quasi permanente	-	mm
Apertura limite fessure combinazione quasi permanente	0.3	mm
Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure		
Apertura fessure combinazione frequente	-	mm
Apertura limite fessure combinazione frequente	0.4	mm
Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure		

Verifica sezione di appoggio centrale

Verifica di resistenza a flessione

Larghezza media zona tesa		0.54	m
Altezza utile		0.16	m
Armatura minima		1.37	cmq
Armatura prevista	2Ø14	3.08	cmq
Momento resistente		18.60	kNm
Momento agente		14.41	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.29	

Verifica tensioni in esercizio

Tensione compressione cls combinazione quasi permanente	5.06	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente	13.1	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione compressione cls combinazione rara	5.87	MPa
Tensione limite in combinazione rara	17.4	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione trazione acciaio combinazione rara	228	MPa
Tensione limite in combinazione rara	360	MPa
Verifica soddisfatta		

Verifica a fessurazione

Tensione trazione acciaio combinazione quasi permanente	197	MPa
---	-----	-----

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	55 di 108

Tensione trazione acciaio combinazione frequente		202	MPa
Tensione trazione cls combinazione quasi permanente		2.2	MPa
Tensione trazione cls combinazione frequente		2.3	MPa
Apertura fessure combinazione quasi permanente		-	mm
Apertura limite fessure combinazione quasi permanente		0.3	mm
Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure			
Apertura fessure combinazione frequente		-	mm
Apertura limite fessure combinazione frequente		0.4	mm
Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure			
Verifica armatura inferiore appoggio centrale			
Armatura necessaria per assorbire il taglio		0.41	cmq
Armatura prevista	1Ø8	0.50	cmq
Verifica soddisfatta	FS	1.2	

Verifica sezione di appoggio estremità

Verifica di resistenza a flessione

Larghezza media zona tesa		0.50	m
Altezza utile		0.16	m
Armatura minima		1.28	cmq
Armatura prevista	2Ø10	1.57	cmq
Momento resistente		10.22	kNm
Momento agente		8.52	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.20	

Verifica tensioni in esercizio

Tensione compressione cls combinazione quasi permanente		2.63	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente		13.1	MPa
Verifica soddisfatta			
Tensione compressione cls combinazione rara		3.06	MPa
Tensione limite in combinazione rara		17.4	MPa

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	56 di 108

Verifica soddisfatta

Tensione trazione acciaio combinazione rara 205 MPa

Tensione limite in combinazione rara 360 MPa

Verifica soddisfatta

Verifica a fessurazione

Tensione trazione acciaio combinazione quasi permanente 177 MPa

Tensione trazione acciaio combinazione frequente 181 MPa

Tensione trazione cls combinazione quasi permanente 0.8 MPa

Tensione trazione cls combinazione frequente 0.8 MPa

Apertura fessure combinazione quasi permanente - mm

Apertura limite fessure combinazione quasi permanente 0.3 mm

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure

Apertura fessure combinazione frequente - mm

Apertura limite fessure combinazione frequente 0.4 mm

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure

Verifica armatura inferiore appoggio a sx

Armatura necessaria per assorbire il taglio 0.28 cmq

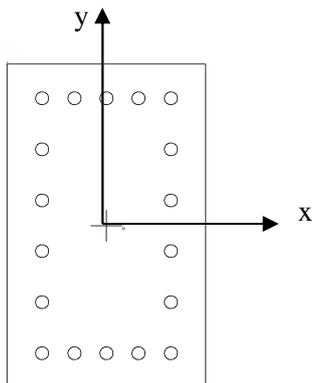
Armatura prevista 1Ø8 0.50 cmq

Verifica soddisfatta FS 1.8

10. VERIFICHE PILASTRI 30X50

10.1 STATO LIMITE ULTIMO

Le massime sollecitazioni allo SLU sono le seguenti.



Sollecitazioni di pressoflessione:

$N < 0$: compressione

M2: agente secondo il lato corto (vettore secondo il lato lungo: $M2=Myy$)

M3: agente secondo il lato lungo (vettore secondo il lato corto: $M3=Mxx$)

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MIN N	-316.9	46.5	115.3	SLU1
MAX N	-86.4	-14.9	107.5	SismaY_Ponte-X+Y_SLV
MAX M2	-273.7	113.2	54.9	SLU1
MAX M3	-194.0	33.0	130.8	SismaX_Ponte+X+Y_SLV
MIN M2	-284.5	-132.1	47.7	SLU1
MIN M3	-159.1	-25.1	-154.1	SLU1

Sollecitazioni di taglio:

V2: agente secondo il lato lungo del pilastro; $V2=Vy$

V3: agente secondo il lato corto del pilastro; $V3=Vx$

	V (kN)	Comb.
Max V2	60.7	SismaX_Ponte+X+Y_SLV
Min V2	-42.6	SismaY_Ponte+X+Y_SLV
Max V3	49.2	SLU1
Min V3	-38.8	SLU1

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	58 di 108

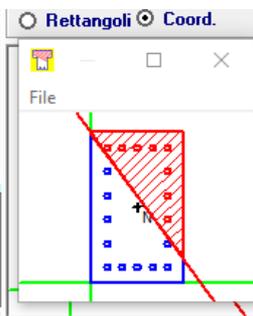
10.1.1 VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

Le verifiche a presso flessione vengono condotte limitando i momenti resistenti a quelli della sezione in campo sostanzialmente elastico, secondo quanto prescritto dal § 7.4.1. delle NTC18 nel caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Armatura disposta: **18φ20**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	50
4	0	50

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
14	3.14	5.3	44.7
15	3.14	5.3	36.82
16	3.14	5.3	28.94
17	3.14	5.3	21.06
18	3.14	5.3	13.18



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd} kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio elastico

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Materiali

B450C C28/35

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} N/mm²

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} N/mm²

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} τ_{c1}

M_{xRd} kNm

M_{yRd} kNm

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

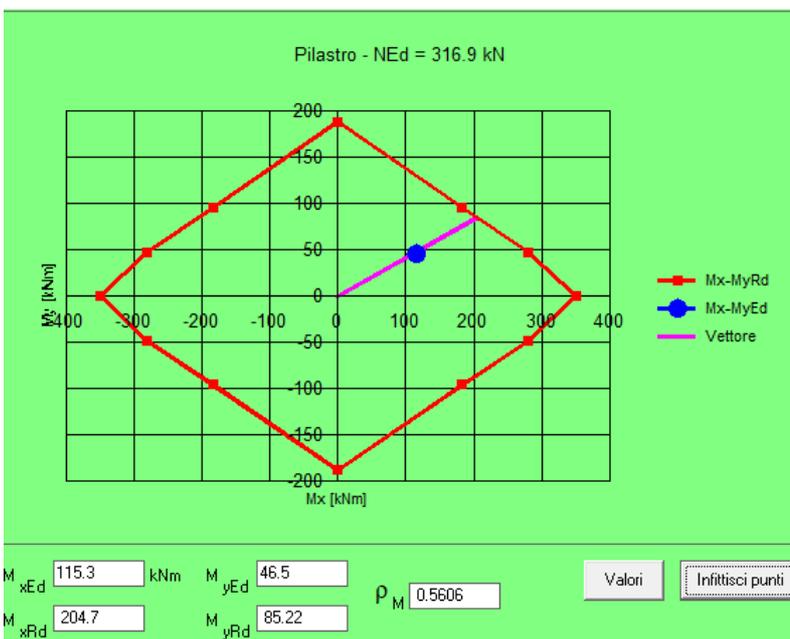
x x/d δ

N° rett.

Calcola MRd

angolo asse neutro θ°

Precompresso



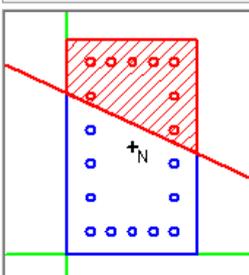
Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	59 di 108

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	50
4	0	50

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
14	3.14	5.3	44.7
15	3.14	5.3	36.82
16	3.14	5.3	28.94
17	3.14	5.3	21.06
18	3.14	5.3	13.18

Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd} kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N* rett.

angolo asse neutro θ°

Precompresso

Materiali

B450C % ϵ_{su}

C28/35 % ϵ_{c2}

N/mm² f_{yd} % ϵ_{cu}

N/mm² E_s % f_{cd}

% E_s/E_c f_{cc}/f_{cd}

% ϵ_{syd} $\sigma_{c,adm}$

N/mm² $\sigma_{s,adm}$ τ_{co}

τ_{c1}

M_{xRd} kN m

M_{yRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

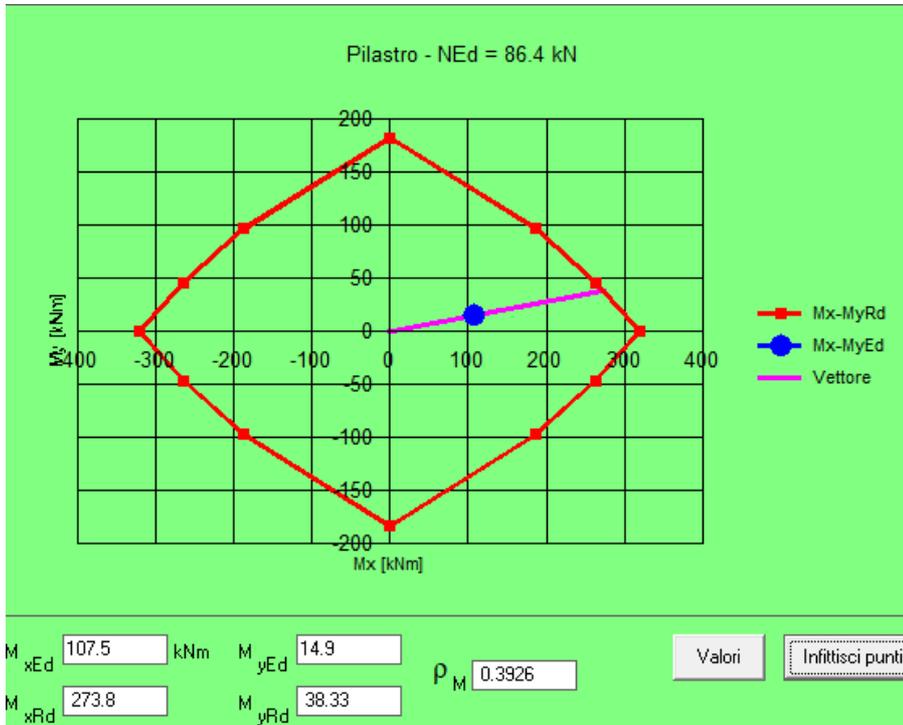
ϵ_c %

ϵ_s %

d cm

x x/d

δ

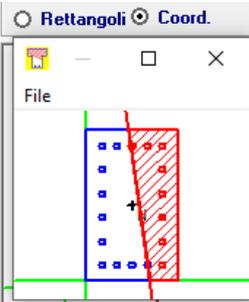


Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	60 di 108

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	50
4	0	50

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
14	3.14	5.3	44.7
15	3.14	5.3	36.82
16	3.14	5.3	28.94
17	3.14	5.3	21.06
18	3.14	5.3	13.18



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd} kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Lato calcestruzzo - Acciaio elastico

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Materiali

B450C % %

C28/35 N/mm² %

N/mm² %

?

%

N/mm²

M_{xRd} kNm

M_{yRd} kNm

N/mm²

N/mm²

%

%

d cm

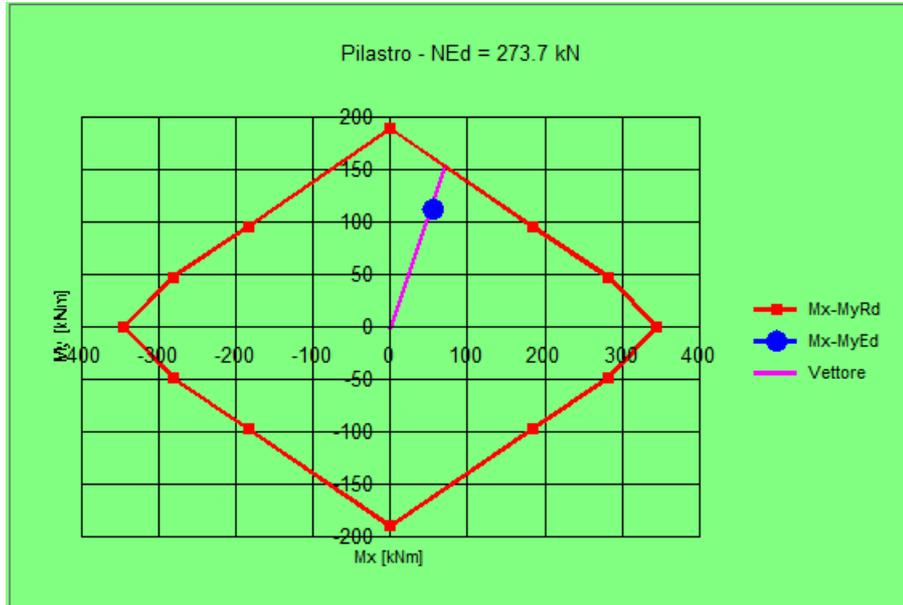
x x/d

N* rett.

Calcola MRd

angolo asse neutro θ°

Precompresso



M_{xEd} kNm M_{yEd} kNm

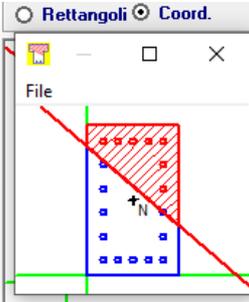
M_{xRd} kNm M_{yRd} kNm

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	61 di 108

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	50
4	0	50

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
14	3.14	5.3	44.7
15	3.14	5.3	36.82
16	3.14	5.3	28.94
17	3.14	5.3	21.06
18	3.14	5.3	13.18



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 194 0 kN

M_{xEd} 130.8 0 kNm

M_{yEd} 33 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm]

xN 0

yN 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N* rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 319

Precompresso

Materiali

B450C C28/35

ε_{su} 1.975 ‰ ε_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 2 ‰

E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 15.87

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8

ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11

σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6667

τ_{c1} 1.971

M_{xRd} 249.6 kNm

M_{yRd} 65.31 kNm

σ_c -15.87 N/mm²

σ_s 391.2 N/mm²

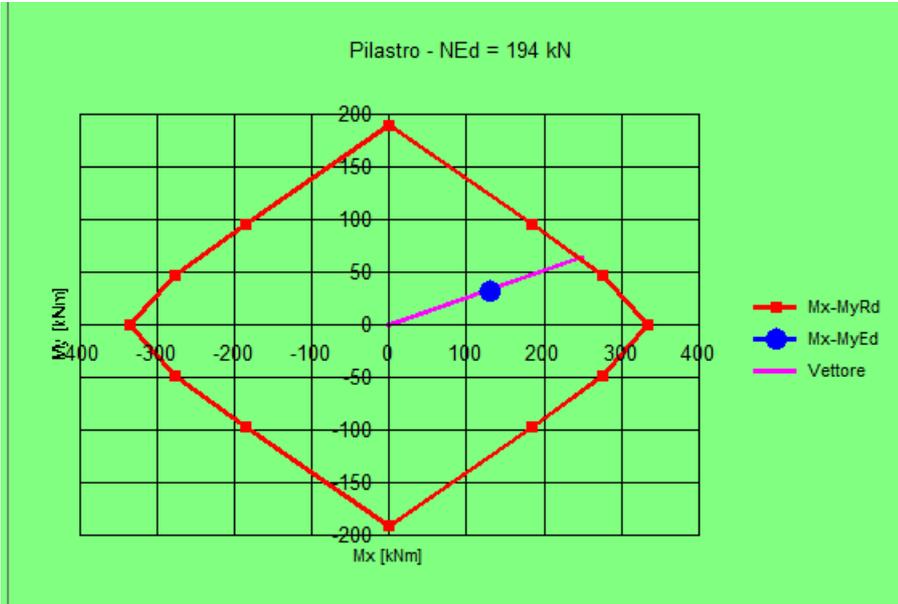
ε_c 2 ‰

ε_s 1.956 ‰

d 49.94 cm

x 25.25 x/d 0.5055

δ 1



M_{xEd} 130.8 kNm M_{yEd} 33

M_{xRd} 249.6 M_{yRd} 65.31

ρ_M 0.5229

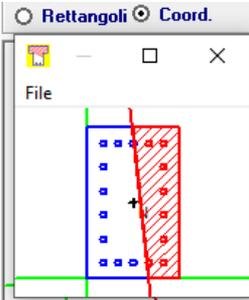
Valori Infiltrisci punti

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLFV0300002 B 62 di 108

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	50
4	0	50

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
14	3.14	5.3	44.7
15	3.14	5.3	36.82
16	3.14	5.3	28.94
17	3.14	5.3	21.06
18	3.14	5.3	13.18



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio elastico

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N* rett.

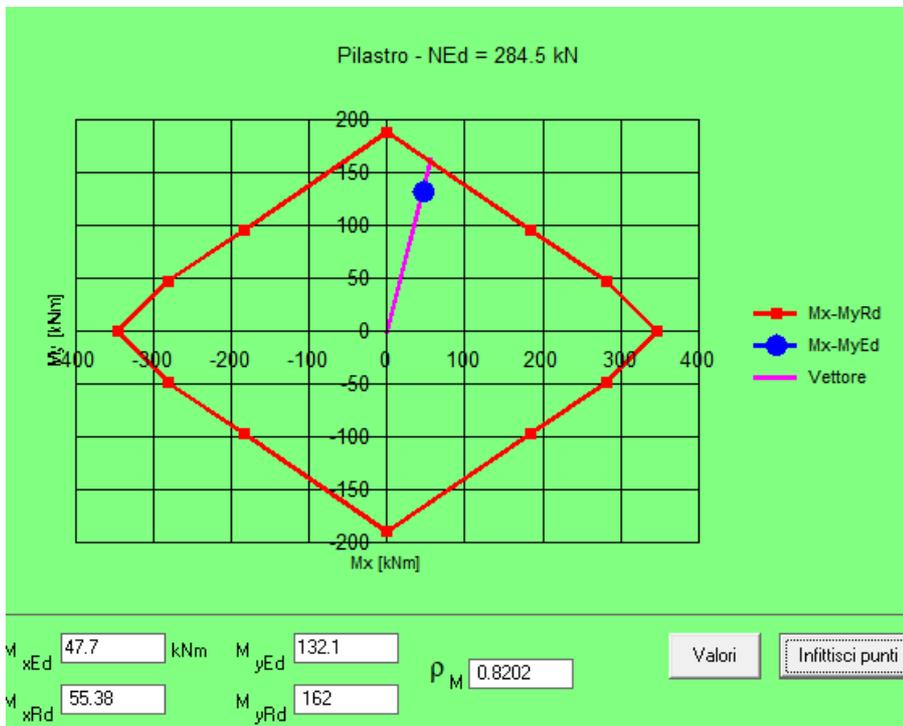
Materiali

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ‰
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{cl} ‰

M_{xRd} kN m
M_{yRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
d cm
x x/d
 δ

angolo asse neutro θ°

Precompresso

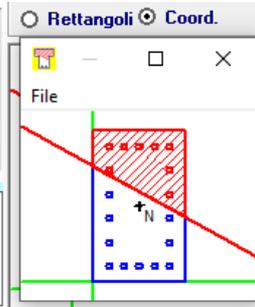


Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLFV030002 B 63 di 108

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	50
4	0	50

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
14	3.14	5.3	44.7
15	3.14	5.3	36.82
16	3.14	5.3	28.94
17	3.14	5.3	21.06
18	3.14	5.3	13.18



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Devia

N* rett.

Calcola MRd Dominio Mx-My

Materiali

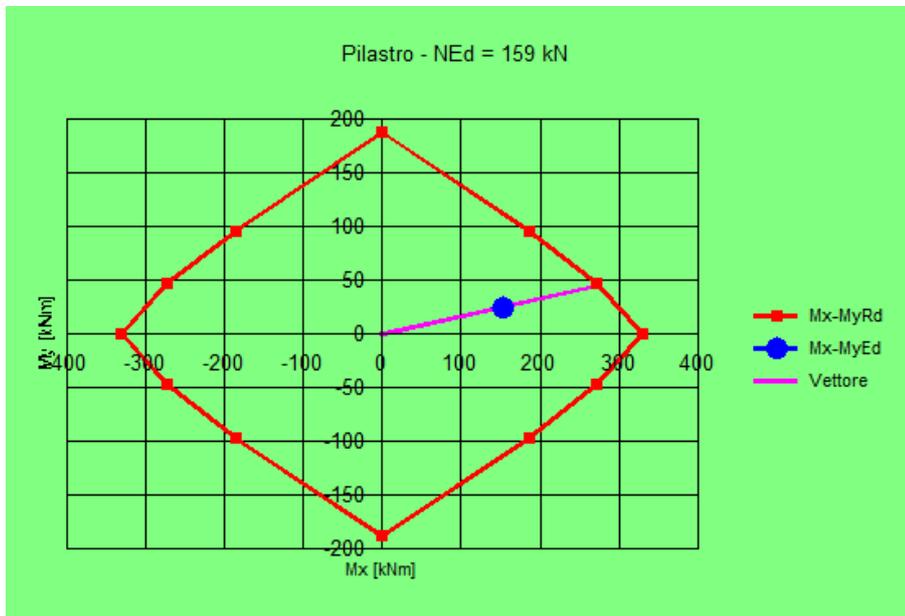
B450C C28/35

E_{su} ‰ E_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² E_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ‰
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
τ_{c1} ‰

M_{xRd} kNm
M_{yRd} kNm
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

angolo asse neutro θ°

Precompresso



xEd kNm M_{yEd} kNm ρ_M

xRd kNm M_{yRd} kNm

Valori Infittisci punti

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	64 di 108

10.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si dispongono staffe $\phi 8/20$

Verifica nella direzione del lato lungo (taglio V2):

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	60,7 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		sì [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12 [-]
Coefficiente k	k	1,67 [-]
		1,67 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,0117136 [-]
		0,0117136 [-]

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

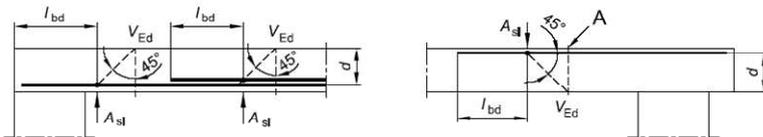
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

$$\rho_l = A_{s,tesa} / (b d)$$

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	85,97 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	53,55 [kN]

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$$

$$V_{Rd,min} = (0,035 k^{3/2} (f_{ck})^{1/2}) b d$$

Disponere il quantitativo minimo di orditura a tagli

Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	85,97 [kN]
--	----------------------------	-------------------

§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	8 [mm]
Numero di braccia	n_b	2 [-]
Passo delle staffe	s	200 [mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45 [°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90 [°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	101 [mm ²]
Braccio della coppia interna	z	402,3 [mm]
Cotangente di θ	$\cot \theta$	1,00 [-]
		1,00 [-]
Cotangente di α	$\cot \alpha$	0,00 [-]
Seno di α	$\sin \alpha$	1,00 [-]

Generalmente si adotta $\theta = 45^\circ$

Generalmente si adotta $\alpha = 90^\circ$

$$A_{sw} = n_b (\pi \phi_{sw}^2) / 4 \leq A_{sw,max}$$

$$z = 0,9d$$

Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	79,13 [kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f_{cd}	7,93 [MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	478,74 [kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot \theta = 1$	$A_{sw,max}$	729,87 [mm ²]

$$V_{Rsd} = (A_{sw} / s) z f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = z b f'_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot \theta^2)$$

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

Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	79,13 [kN]
---	----------------------------	-------------------

$$V_{Rd} = 0,5 b d v f_{cd}$$

§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE		
Resistenza massima a taglio della trave	V_{Rd}	531,93 [kN]

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	65 di 108

Verifica nella direzione del lato corto (taglio V3):

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	49,2 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12 [-]
Coefficiente k	k	1,90 [-]
		1,90 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,0152628 [-]
		0,0152628 [-]

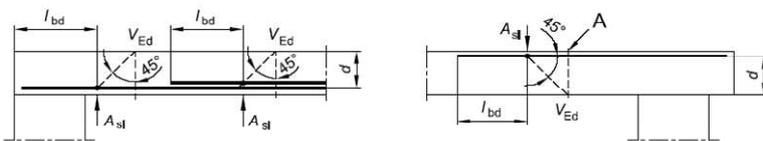
$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

$$\rho_l = A_{s,tesa} / (b d)$$

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda
A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	98,44 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	59,89 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	98,44 [kN]

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$$

$$V_{Rd,min} = (0,035 k^{3/2} (f_{ck})^{1/2}) b d$$

Disporre il quantitativo minimo di orditura a tagli

§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	8 [mm]
Numero di braccia	n_b	3 [-]
Passo delle staffe	s	200 [mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45 [°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90 [°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	151 [mm ²]
Braccio della coppia interna	z	222,3 [mm]
Cotangente di θ	$\cot \theta$	1,00 [-]
		1,00 [-]
Cotangente di α	$\cot \alpha$	0,00 [-]
Seno di α	$\sin \alpha$	1,00 [-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	65,59 [kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f_{cd}	7,93 [MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	440,90 [kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot \theta = 1$	$A_{sw,max}$	1216,44 [mm ²]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	65,59 [kN]

Generalmente si adotta $\theta = 45^\circ$
Generalmente si adotta $\alpha = 90^\circ$

$$A_{sw} = n_b (\pi \phi_{sw}^2) / 4 \leq A_{sw,max}$$

$$z = 0,9d$$

$$V_{Rsd} = (A_{sw} / s) z f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = z b f'_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot \theta^2)$$

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

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	66 di 108

10.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le massime sollecitazioni allo SLE sono le seguenti.

N < 0: compressione

M2: secondo il lato corto (vettore secondo il lato lungo)

M3: secondo il lato lungo (vettore secondo il lato corto)

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MIN N	-214.4	28.9	83.5	SLEQP
MAX N	-98.5	-17.7	78.1	SLEQP
MAX M2	-180.3	72.3	39.3	SLEQP
MAX M3	-214.4	28.9	83.5	SLEQP
MIN M2	-187.5	-84.6	34.5	SLEQP
MIN M3	-104.1	-18.2	-100.2	SLEQP
MIN N	-217.0	29.6	84.1	SLEFREQ2
MAX N	-98.2	-18.1	77.6	SLEFREQ3
MAX M2	-182.9	73.7	39.6	SLEFREQ2
MAX M3	-215.3	29.0	85.0	SLEFREQ3
MIN M2	-190.2	-86.2	34.6	SLEFREQ2
MIN M3	-105.5	-18.4	-101.9	SLEFREQ2
MIN N	-229.5	32.9	86.4	SLERARA1
MAX N	-100.5	-19.6	79.1	SLERARA3
MAX M2	-195.7	80.8	40.4	SLERARA1
MAX M3	-224.3	31.1	90.9	SLERARA3
MIN M2	-203.4	-94.3	35.0	SLERARA1
MIN M3	-112.6	-18.9	-109.7	SLERARA1

10.2.1 STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 3.35 / 1.2 = - 2.36 \text{ MPa}$$

Le minime tensioni di trazione alle combinazioni quasi permanenti e frequenti sono pari a:

$$\sigma_{c_Q,PERM}^- = -8.3 \text{ MPa (comb Min M2)}$$

$$\sigma_{c_FREQ}^- = -8.44 \text{ MPa (comb Min M2)}$$

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure: occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	67 di 108

FREQUENTE

c	43	mm
s	78.8	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	1884	mm ²
b _{eff}	500	mm
(H-x)/2	86.2	mm
h _{eff}	86.2	mm
A _{eff}	43091.9	mm ²
ρ	0.043721	-
s _{rm}	124.6	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	178.7	N/mm ²
σ _{sr}	61.0	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.94	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000801	-
w _m	0.0999	mm
w _k	0.170	mm
<=	0.3	mm

QUASI PERMANENTE

c	43	mm
s	78.8	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	1884	mm ²
b _{eff}	500	mm
(H-x)/2	86.2	mm
h _{eff}	86.2	mm
A _{eff}	43109.6	mm ²
ρ	0.043703	-
s _{rm}	124.6	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	181.9	N/mm ²
σ _{sr}	61.1	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.94	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000817	-
w _m	0.1019	mm
w _k	0.173	mm
<=	0.4	mm

10.2 VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 17.43 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 13.07 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

In particolare si ha:

COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{cls} +	σ _{cls,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MIN N SLEQP	-214	29	214	9.45	13.07	OK
MAX N SLEQP	-98	-18	98	7.46	13.07	OK
MAX M2 SLEQP	-180	72	0	11.95	13.07	OK
MAX M3 SLEQP	-214	29	0	9.45	13.07	OK

MIN M2 SLEQP	-188	-85	0	12.9	13.07	OK
MIN M3 SLEQP	-104	-18	0	8.93	13.07	OK
MIN N SLERARA	-229	33	0	10.17	17.43	OK
MAX N SLERARA	-101	-20	0	7.78	17.43	OK
MAX M2 SLERARA	-196	81	0	13.09	17.43	OK
MAX M3 SLERARA	-224	31	0	10.23	17.43	OK
MIN M2 SLERARA	-203	-94	0	14.39	17.43	OK
MIN M3 SLERARA	-113	-19	0	9.62	17.43	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,80 f_{yk} = - 360.0 \text{ MPa}$$

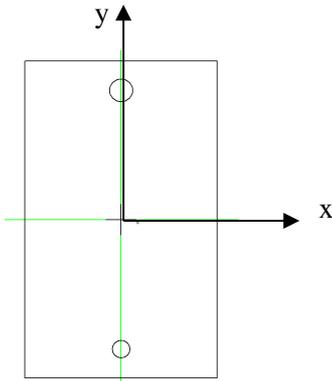
COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ_{acc} -	$\sigma_{acc,LIMITE}$	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MIN N SLERARA	-229	33	0	-116.87	-360.00	OK
MAX N SLERARA	-101	-20	0	-109.88	-360.00	OK
MAX M2 SLERARA	-196	81	0	-174.33	-360.00	OK
MAX M3 SLERARA	-224	31	0	-120.24	-360.00	OK
MIN M2 SLERARA	-203	-94	0	-197.17	-360.00	OK
MIN M3 SLERARA	-113	-19	0	-144.40	-360.00	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$.

11. VERIFICHE TRAVI IN "Y" 30X50

11.1 STATO LIMITE ULTIMO

Le massime sollecitazioni allo SLU sono le seguenti.



Sollecitazioni di pressoflessione:

$N < 0$: compressione

M2: agente secondo il lato corto (vettore secondo il lato lungo: $M2=M_{xx}$)

M3: agente secondo il lato lungo (vettore secondo il lato corto: $M3=M_{yy}$)

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.	Elem	Station
MAX M3	0.0	0.0	223.5	SLU1	TraveY_2	3.5
MIN M3	0.0	0.0	-150.5	SLU1	TraveY_2	7

Sollecitazioni di taglio:

V2: agente secondo il lato lungo; $V2=V_y$

V3: agente secondo il lato corto; $V3=V_x$

	V (kN)
Max V2	210.7
Min V2	-204.8
Max V3	0
Min V3	0

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	70 di 108

11.1.1 VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

Le verifiche a presso flessione vengono condotte limitando i momenti resistenti a quelli della sezione in campo sostanzialmente elastico, secondo quanto prescritto dal § 7.4.1. delle NTC18 nel caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Armatura disposta:

mezzeria:

lembo inferiore: **5 ϕ 20**

lembo superiore: **3 ϕ 20**

appoggio

lembo inferiore: **3 ϕ 20**

lembo superiore: **4 ϕ 20**

11.1.1.1 Verifica in mezzeria

N*	b [cm]	h [cm]
1	30	50

N*	As [cm²]	d [cm]
1	9.42	5.5
2	15.71	44.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd} kNm

P.to applicazione N

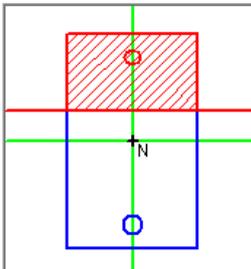
Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Rettangoli Coord.



Materiali

B450C **C28/35**

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} ‰

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$

$\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}

τ_{c1}

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ϵ_c ‰

ϵ_s ‰

d cm

x x/d

δ

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N* rett.

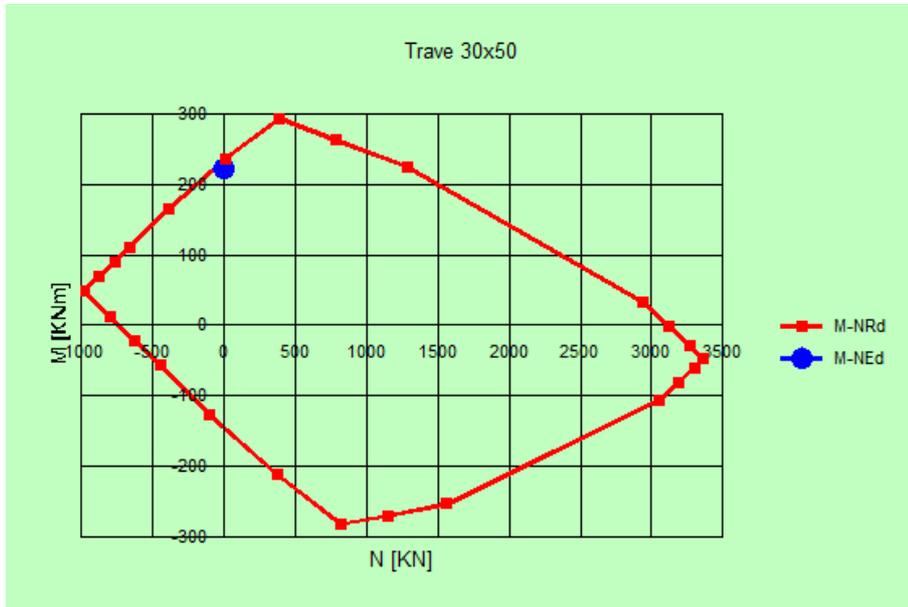
Calcola MRd Dominio M-N

L_o cm Col. modello

Precompresso

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	71 di 108



11.1.1.2 Verifica in appoggio

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	12.57	5.5
2	9.42	44.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -150.5 kNm
M_{yEd} 0

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

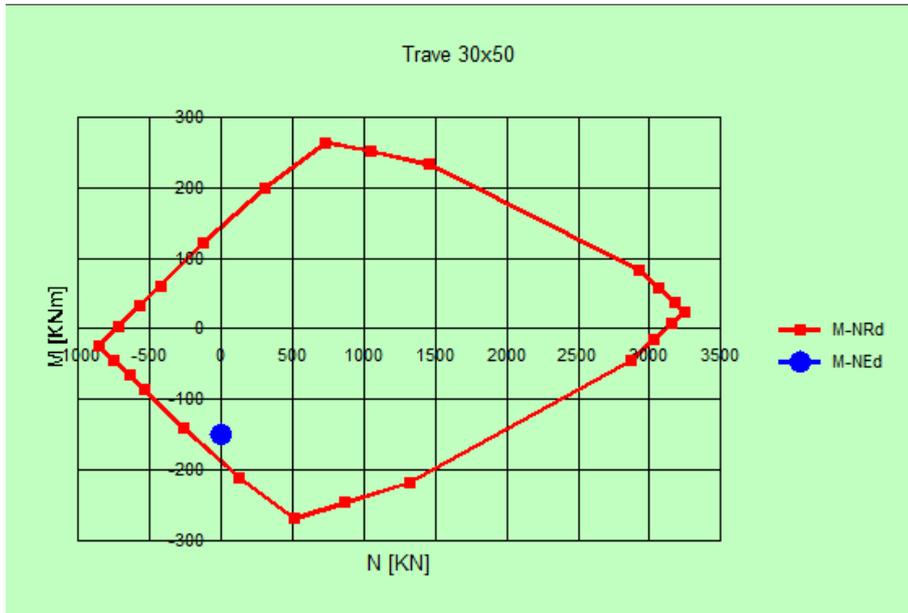
Materiali
B450C C28/35
ε_{su} 1.957 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 2 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 15.87
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
τ_{c1} 1.971

M xRd -191.1 kNm
σ_c -12.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 1.122 ‰
ε_s 1.957 ‰
d 44.5 cm
x 16.22 x/d 0.3644
δ 0.8955

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso



11.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si dispongono staffe $\phi 10/10$

Verifica nella direzione del lato lungo (taglio V2):

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	210.7 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.67 [-]
		1.67 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.009413 [-]
		0.009413 [-]

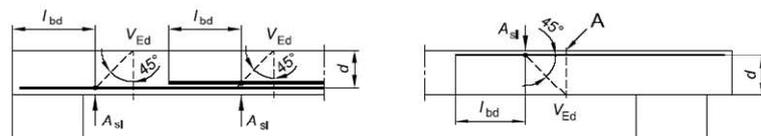
$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

$$\rho_l = A_{s,tesa} / (b d)$$

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda
A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	79.64 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	53.38 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	79.64 [kN]

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$$

$$V_{Rd,min} = (0,035 k^{3/2} (f_{ck})^{1/2}) b d$$

E' necessario predisporre armatura a taglio

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	73 di 108

§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	10	[mm]
Numero di braccia	n_b	2	[-]
Passo delle staffe	s	100	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	157	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	400.5	[mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1.00	[-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1.00	[-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	246.17	[kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	7.93	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	476.60	[kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	364.93	[mm ²]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	246.17	[kN]

Generalmente si adotta $\theta = 45^\circ$
Generalmente si adotta $\alpha = 90^\circ$

$$A_{sw} = n_b(\pi \phi_{sw}^2)/4 \leq A_{sw,max}$$

$$z = 0,9d$$

$$V_{Rsd} = (A_{sw}/s) z f_{yd} (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = z b f'_{cd} (\cot\theta + \cot\alpha) / (1 + \cot^2\theta)$$

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

11.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le massime sollecitazioni allo SLE sono le seguenti.

$N < 0$: compressione

M2: agente secondo il lato corto (vettore secondo il lato lungo: $M2=M_{xx}$)

M3: agente secondo il lato lungo (vettore secondo il lato corto: $M3=M_{xx}$)

Sezione di campata:

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MAX M3	0.0	0.0	143.1	SLEQP
MAX M3	0.0	0.0	145.8	SLEFREQ
MAX M3	0.0	0.0	159.6	SLERARA

Sezione di appoggio:

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MIN M3	0.0	0.0	-96.3	SLEQP
MIN M3	0.0	0.0	-98.2	SLEFREQ
MIN M3	0.0	0.0	-107.5	SLERARA

11.2.1 STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 2.84/1.2 = - 2.36 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	74 di 108

11.2.1.1 Verifica in mezzeria

Le minime tensioni di trazione alle combinazioni quasi permanenti e frequenti sono pari a:

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -7.57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -7.71 \text{ MPa}$$

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure: occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

FREQUENTE

c	45	mm
s	47.50	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	1570.0	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	162.1	mm
h _{eff}	162.1	mm
A _{eff}	48635.1	mm ²
ρ	0.032281	-
s _{rm}	130.5	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	235.3	N/mm ²
σ _{sr}	88.1	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.93	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.001042	-
w _m	0.1359	mm
w _k	0.231	mm

<= 0.3 mm

QUASI PERMANENTE

c	45	mm
s	47.50	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	1570.0	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	162.1	mm
h _{eff}	162.1	mm
A _{eff}	48635.1	mm ²
ρ	0.032281	-
s _{rm}	130.5	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	239.7	N/mm ²
σ _{sr}	88.1	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.93	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.001064	-
w _m	0.1389	mm
w _k	0.236	mm

<= 0.4 mm

11.2.1.2 Verifica in appoggio

Le minime tensioni di trazione alle combinazioni quasi permanenti e frequenti sono pari a:

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -5.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -5.2 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV030002	B	75 di 108

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure: occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

FREQUENTE

c	45	mm
s	47.50	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	1570.0	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	162.1	mm
h _{eff}	162.1	mm
A _{eff}	48635.1	mm ²
ρ	0.032281	-
s _{rm}	130.5	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	158.3	N/mm ²
σ _{sr}	88.1	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.85	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000637	-
w _m	0.0832	mm
w _k	0.141	mm
<=	0.3	mm

QUASI PERMANENTE

c	45	mm
s	47.50	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	1570.0	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	162.1	mm
h _{eff}	162.1	mm
A _{eff}	48635.1	mm ²
ρ	0.032281	-
s _{rm}	130.5	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	161.5	N/mm ²
σ _{sr}	88.1	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.85	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000654	-
w _m	0.0854	mm
w _k	0.145	mm
<=	0.4	mm

11.2.2 VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 17.43 \text{ MPa}$ per la combinazione rara

$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 13.07 \text{ MPa}$ per la combinazione quasi permanente

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,80 f_{yk} = - 360.0 \text{ MPa}$

11.2.2.1 Verifica in mezzeria

COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{cls +}	σ _{cls,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLEQP	0	0	143	10.24	13.07	OK
MAX M3 SLERARA	0	0	160	11.42	17.43	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{acc -}	σ _{acc,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLERARA	0	0	160	-262.4	-360.00	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

11.2.2.2 Verifica in appoggio

COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{cls +}	σ _{cls,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLEQP	0	0	-96	6.89	13.07	OK
MAX M3 SLERARA	0	0	-108	7.69	17.43	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

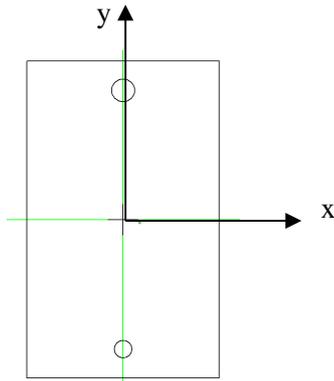
COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{acc -}	σ _{acc,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLERARA	0	0	-108	-179.8	-360.00	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

12. VERIFICHE TRAVI IN "X" 30X50

12.1 STATO LIMITE ULTIMO

Le massime sollecitazioni allo SLU sono le seguenti.



Sollecitazioni di pressoflessione:

$N < 0$: compressione

M2: agente secondo il lato corto (vettore secondo il lato lungo: $M2=M_{xx}$)

M3: agente secondo il lato lungo (vettore secondo il lato corto: $M3=M_{yy}$)

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.	Elem	Station
MAX M3	0.0	0.0	136.8	SLU3	TraveX_4	0
MIN M3	0.0	0.0	-145.9	SLU3	TraveX_4	4.4

Sollecitazioni di taglio:

V2: agente secondo il lato lungo; $V2=V_y$

V3: agente secondo il lato corto; $V3=V_x$

	V (kN)
Max V2	88.2
Min V2	-50.5
Max V3	0.0
Min V3	0.0

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	78 di 108

12.1.1 VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

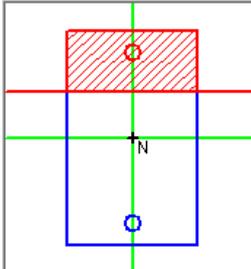
Le verifiche a presso flessione vengono condotte limitando i momenti resistenti a quelli della sezione in campo sostanzialmente elastico, secondo quanto prescritto dal § 7.4.1. delle NTC18 nel caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Armatura disposta:

lembo inferiore: **5 ϕ 16**

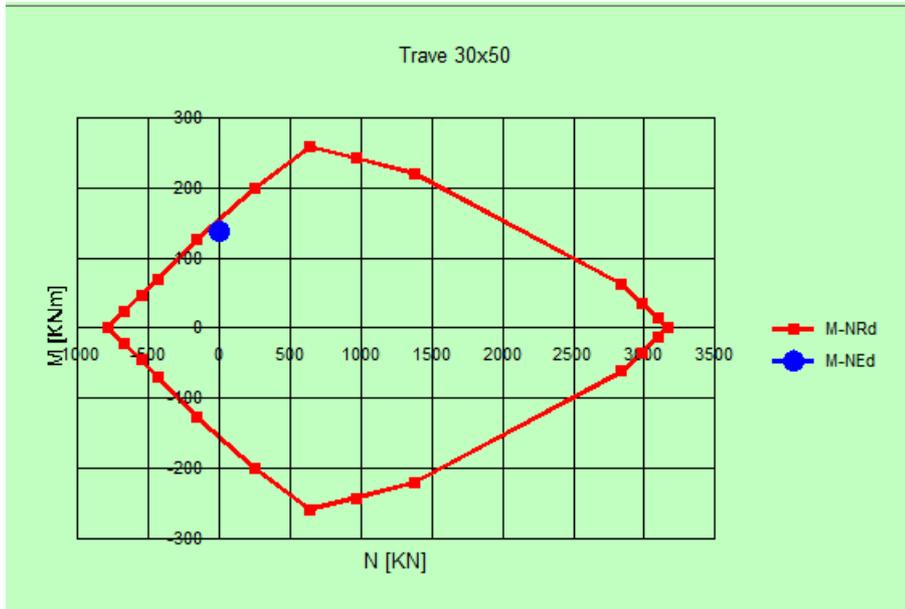
lembo superiore: **5 ϕ 16**

12.1.1.1 Verifica max M3

<table border="1"> <tr><th>N°</th><th>b [cm]</th><th>h [cm]</th></tr> <tr><td>1</td><td>30</td><td>50</td></tr> </table>	N°	b [cm]	h [cm]	1	30	50	<table border="1"> <tr><th>N°</th><th>As [cm²]</th><th>d [cm]</th></tr> <tr><td>1</td><td>10.05</td><td>5.1</td></tr> <tr><td>2</td><td>10.05</td><td>44.9</td></tr> </table>	N°	As [cm²]	d [cm]	1	10.05	5.1	2	10.05	44.9	<input type="radio"/> Rettangoli <input type="radio"/> Coord. 																																					
N°	b [cm]	h [cm]																																																				
1	30	50																																																				
N°	As [cm²]	d [cm]																																																				
1	10.05	5.1																																																				
2	10.05	44.9																																																				
Sollecitazioni S.L.U. <input type="button" value="→"/> Metodo n	P.to applicazione N <input type="radio"/> Centro <input checked="" type="radio"/> Baricentro cls <input type="radio"/> Coord.[cm] xN <input type="text" value="0"/> yN <input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="radio"/> S.L.U.+ <input type="radio"/> S.L.U.- <input checked="" type="radio"/> Metodo n																																																				
<table border="1"> <tr><td>N_{Ed}</td><td>0</td><td>0</td><td>kN</td></tr> <tr><td>M_{xEd}</td><td>136.8</td><td>0</td><td>kNm</td></tr> <tr><td>M_{yEd}</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> </table>	N _{Ed}	0	0	kN	M _{xEd}	136.8	0	kNm	M _{yEd}	0	0		Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato	Metodo di calcolo <input checked="" type="radio"/> S.L.U.+ <input type="radio"/> S.L.U.- <input checked="" type="radio"/> Metodo n																																								
N _{Ed}	0	0	kN																																																			
M _{xEd}	136.8	0	kNm																																																			
M _{yEd}	0	0																																																				
Materiali B450C C28/35 <table border="1"> <tr><td>ϵ_{su}</td><td>1.957</td><td>ϵ_{c2}</td><td>2</td></tr> <tr><td>f_{yd}</td><td>391.3</td><td>ϵ_{cu}</td><td>2</td></tr> <tr><td>E_s</td><td>200.000</td><td>f_{cd}</td><td>15.87</td></tr> <tr><td>E_s/E_c</td><td>15</td><td>f_{cc}/f_{cd}</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>ϵ_{syd}</td><td>1.957</td><td>$\sigma_{c,adm}$</td><td>11</td></tr> <tr><td>$\sigma_{s,adm}$</td><td>255</td><td>τ_{co}</td><td>0.6667</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>τ_{c1}</td><td>1.971</td></tr> </table>	ϵ_{su}	1.957	ϵ_{c2}	2	f_{yd}	391.3	ϵ_{cu}	2	E_s	200.000	f_{cd}	15.87	E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8	ϵ_{syd}	1.957	$\sigma_{c,adm}$	11	$\sigma_{s,adm}$	255	τ_{co}	0.6667			τ_{c1}	1.971	<table border="1"> <tr><td>M_{xRd}</td><td>156.6</td><td>kN m</td></tr> <tr><td>σ_c</td><td>-11.35</td><td>N/mm²</td></tr> <tr><td>σ_s</td><td>391.3</td><td>N/mm²</td></tr> <tr><td>ϵ_c</td><td>0.9327</td><td>‰</td></tr> <tr><td>ϵ_s</td><td>1.957</td><td>‰</td></tr> <tr><td>d</td><td>44.9</td><td>cm</td></tr> <tr><td>x</td><td>14.49</td><td>x/d 0.3228</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>δ 0.8435</td></tr> </table>	M _{xRd}	156.6	kN m	σ_c	-11.35	N/mm ²	σ_s	391.3	N/mm ²	ϵ_c	0.9327	‰	ϵ_s	1.957	‰	d	44.9	cm	x	14.49	x/d 0.3228			δ 0.8435	<input checked="" type="radio"/> Retta <input type="radio"/> Deviata N° rett. 100 <input type="button" value="Calcola MRd"/> <input type="button" value="Dominio M-N"/> L ₀ <input type="text" value="0"/> cm <input type="button" value="Col. modello"/> <input type="checkbox"/> Precompresso
ϵ_{su}	1.957	ϵ_{c2}	2																																																			
f_{yd}	391.3	ϵ_{cu}	2																																																			
E_s	200.000	f_{cd}	15.87																																																			
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8																																																			
ϵ_{syd}	1.957	$\sigma_{c,adm}$	11																																																			
$\sigma_{s,adm}$	255	τ_{co}	0.6667																																																			
		τ_{c1}	1.971																																																			
M _{xRd}	156.6	kN m																																																				
σ_c	-11.35	N/mm ²																																																				
σ_s	391.3	N/mm ²																																																				
ϵ_c	0.9327	‰																																																				
ϵ_s	1.957	‰																																																				
d	44.9	cm																																																				
x	14.49	x/d 0.3228																																																				
		δ 0.8435																																																				

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	79 di 108



12.1.1.2 Verifica min M3

N*	b [cm]	h [cm]
1	30	50

N*	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	5.1
2	10.05	44.9

Rettangoli Coord.

File

Centro Baricentro cls

Coord.[cm]

xN 0
yN 0

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviala

N* rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C	C28/35
ε _{su} 1.957 ‰	ε _{c2} 2 ‰
f _{yd} 391.3 N/mm²	ε _{cu} 2 ‰
E _s 200.000 N/mm²	f _{cd} 15.87
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0.8
ε _{syd} 1.957 ‰	σ _{c,adm} 11
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0.6667
	τ _{c1} 1.971

M_{xRd} -156.6 kNm

σ_c -11.35 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

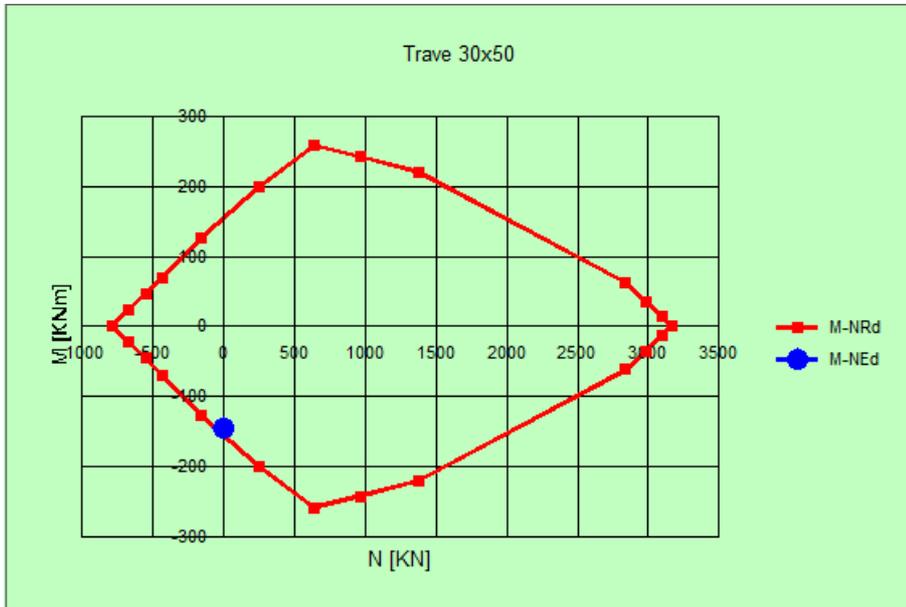
ε_c 0.9327 ‰

ε_s 1.957 ‰

d 44.9 cm

x 14.49 x/d 0.3228

δ 0.8435



12.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si dispongono staffe $\phi 8/15$

Verifica nella direzione del lato lungo (taglio V2):

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	88,2 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12 [-]
Coefficiente k	k	1,67 [-]
		1,67 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,0074633 [-]
		0,0074633 [-]

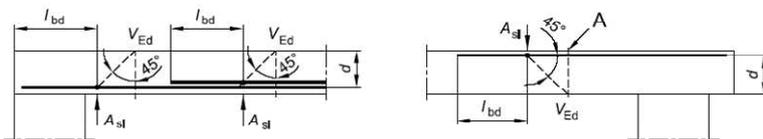
$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

$$\rho_l = A_{s,tesa} / (b d)$$

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda
A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	74,24 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	53,71 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	74,24 [kN]

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$$

$$V_{Rd,min} = (0,035 k^{3/2} (f_{ck})^{1/2}) b d$$

E' necessario predisporre armatura a taglio

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	81 di 108

§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	8	[mm]
Numero di braccia	n_b	2	[-]
Passo delle staffe	s	150	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	101	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	404.1	[mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1.00	[-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1.00	[-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	105.98	[kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	7.93	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	480.88	[kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	547.40	[mm ²]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	105.98	[kN]

Generalmente si adotta $\theta = 45^\circ$
Generalmente si adotta $\alpha = 90^\circ$

$$A_{sw} = n_b(\pi \phi_{sw}^2)/4 \leq A_{sw,max}$$

$$z = 0,9d$$

$$V_{Rsd} = (A_{sw}/s) z f_{yd} (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = z b f'_{cd} (\cot\theta + \cot\alpha) / (1 + \cot\theta^2)$$

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

12.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le massime sollecitazioni allo SLE sono le seguenti.

$N < 0$: compressione

M2: agente secondo il lato corto (vettore secondo il lato lungo: $M2=M_{xx}$)

M3: agente secondo il lato lungo (vettore secondo il lato corto: $M3=M_{xx}$)

Massimo M3:

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MAX M3	0.0	0.0	9.6	SLEQP
MAX M3	0.0	0.0	9.6	SLEFREQ
MAX M3	0.0	0.0	9.6	SLERARA

Minimo M3:

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MIN M3	0.0	0.0	-15.8	SLEQP
MIN M3	0.0	0.0	-15.8	SLEFREQ
MIN M3	0.0	0.0	-15.8	SLERARA

12.2.1 STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 2.84/1.2 = - 2.36 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	82 di 108

12.2.1.1 Verifica max M3

Le minime tensioni di trazione alle combinazioni quasi permanenti e frequenti sono pari a:

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -5.36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -5.49 \text{ MPa}$$

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure: occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

FREQUENTE

c	43	mm
s	49.50	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	16	mm
A _s	1004.8	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	177.4	mm
h _{eff}	163.0	mm
A _{eff}	48900.0	mm ²
ρ	0.020548	-
s _{rm}	134.8	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	231.5	N/mm ²
σ _{sr}	121.9	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.86	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000950	-
w _m	0.1280	mm
w _k	0.218	mm

<= 0.3 mm

QUASI PERMANENTE

c	43	mm
s	49.50	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	16	mm
A _s	1004.8	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	177.4	mm
h _{eff}	163.0	mm
A _{eff}	48900.0	mm ²
ρ	0.020548	-
s _{rm}	134.8	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	236.2	N/mm ²
σ _{sr}	121.9	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.87	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000975	-
w _m	0.1315	mm
w _k	0.224	mm

<= 0.4 mm

12.2.1.2 Verifica min M3

Le minime tensioni di trazione alle combinazioni quasi permanenti e frequenti sono pari a:

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -5.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -5.83 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV030002	B	83 di 108

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure: occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

FREQUENTE

c	43	mm
s	49.50	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	16	mm
A _s	1004.8	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	177.4	mm
h _{eff}	163.0	mm
A _{eff}	48900.0	mm ²
ρ	0.020548	-
s _{rm}	134.8	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	249.4	N/mm ²
σ _{sr}	121.9	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.88	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.001046	-
w _m	0.1410	mm
w _k	0.240	mm
<=	0.3	mm

QUASI PERMANENTE

c	43	mm
s	49.50	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	16	mm
A _s	1004.8	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	177.4	mm
h _{eff}	163.0	mm
A _{eff}	48900.0	mm ²
ρ	0.020548	-
s _{rm}	134.8	mm
f _{ctm}	2.83	N/mm ²
σ _s	253.4	N/mm ²
σ _{sr}	121.9	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.88	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.001067	-
w _m	0.1439	mm
w _k	0.245	mm
<=	0.4	mm

12.2.2 VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 17.43 \text{ MPa}$ per la combinazione rara

$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 13.07 \text{ MPa}$ per la combinazione quasi permanente

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,80 f_{yk} = - 360.0 \text{ MPa}$

12.2.2.1 Verifica max M3

COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{cls +}	σ _{cls,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLEQP	0	0	93	7.37	13.07	OK
MAX M3 SLERARA	0	0	102	8.11	17.43	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{acc -}	σ _{acc,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLERARA	0	0	102	-254.65	-360.00	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

12.2.2.2 Verifica min M3

COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{cls +}	σ _{cls,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLEQP	0	0	-100	7.94	13.07	OK
MAX M3 SLERARA	0	0	-108	8.55	17.43	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{acc -}	σ _{acc,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLERARA	0	0	-109	-268.6	-360.00	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

13. VERIFICHE SETTI VERTICALI $s=0.6m$

13.1 STATO LIMITE ULTIMO

Le massime sollecitazioni allo SLU-SLV sono le seguenti.

Sollecitazioni flettenti:

Momento M22 (Vettore momento orizzontale – armatura verticale):

$$M22 = 70 \text{ kNm/m}$$

$$F22 = -190 \text{ kN/m (compressione)}$$

Momento M11 (Vettore momento verticale – armatura orizzontale):

$$M11 = 60 \text{ kNm/m}$$

$$F11 = 250 \text{ (trazione)}$$

Sollecitazioni di taglio:

$$V13 = 200 \text{ kN/m (taglio agente sulla faccia verticale del setto)}$$

$$V23 = 200 \text{ kN/m (taglio agente sulla faccia orizzontale del setto)}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	86 di 108

13.1.1 VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

Le verifiche a presso flessione vengono condotte limitando i momenti resistenti a quelli della sezione in campo sostanzialmente elastico, secondo quanto prescritto dal § 7.4.1. delle NTC18 nel caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Viene disposta la seguente armatura:

doppia maglia $\phi 20/20 \times 20$

Verifica armature verticali - F22; M22

N° figure elementari Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	60

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

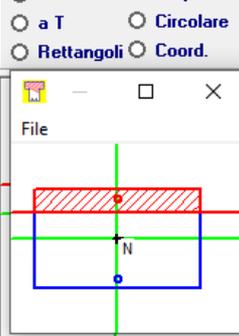
P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

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

a T Circolare
 Rettangoli Coord.



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

Tipo flessione
 Retta Deviata

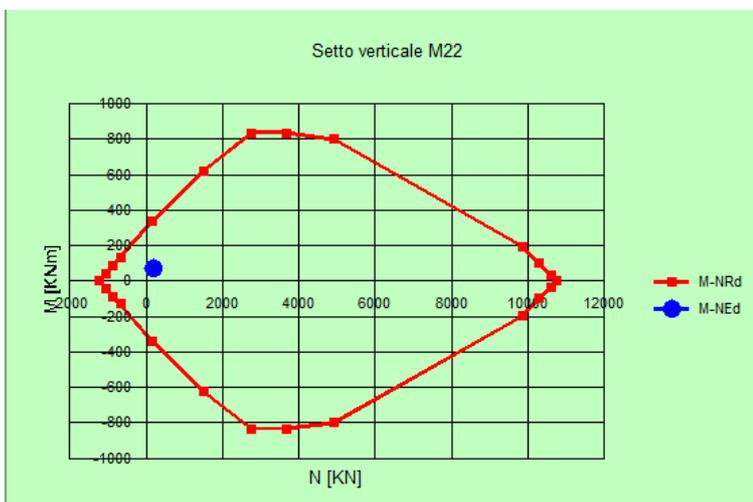
N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C	C28/35
ε _{su} <input type="text" value="1.957"/> ‰	ε _{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd} <input type="text" value="391.3"/> N/mm ²	ε _{cu} <input type="text" value="2"/> ‰
E _s <input type="text" value="200,000"/> N/mm ²	f _{cd} <input type="text" value="15.87"/> ‰
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="1.957"/> ‰	σ _{c,adm} <input type="text" value="11"/>
σ _{s,adm} <input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ _{co} <input type="text" value="0.6667"/>
	τ _{c1} <input type="text" value="1.971"/>



Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	87 di 108

Verifica armature orizzontali - F11; M11

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	4
2	15.71	56

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} -250 0 kN
M_{xEd} 60 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

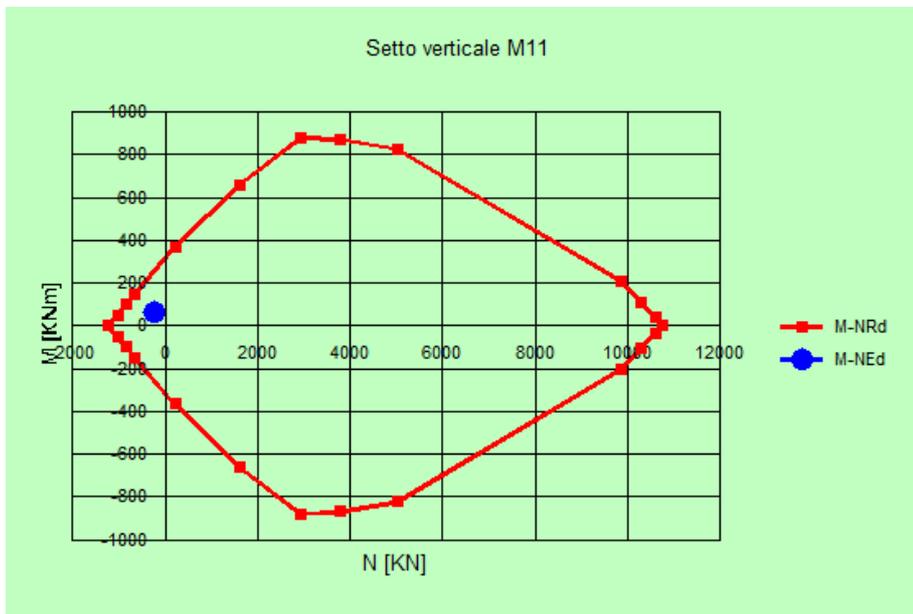
Materiali
B450C C28/35
ε_{su} 1.957 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 2 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 15.87
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
τ_{c1} 1.971

M_{xRd} 256.8 kNm
σ_c -5.799 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 0.4068 ‰
ε_s 1.957 ‰
d 56 cm
x 9.637 x/d 0.1721
δ 0.7

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso



Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	88 di 108

13.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si dispongono legature $\phi 8$ in numero di 9 su mq.

V13 (taglio agente sulla faccia verticale del setto)

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	200 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.61 [-]
		1.61 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0029089 [-]
		0.0029089 [-]

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

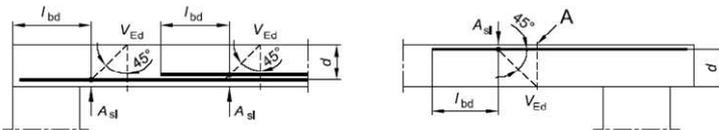
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

$$\rho_l = A_{s,tesa} / (b d)$$

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	212.19 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	207.65 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	212.19 [kN]

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$$

$$V_{Rd,min} = (0,035 k^{3/2} (f_{ck})^{1/2}) b d$$

Disporre il quantitativo minimo di orditura a taglio

V23 (taglio agente sulla faccia orizzontale del setto)

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	200 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.60 [-]
		1.60 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.002805 [-]
		0.002805 [-]

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

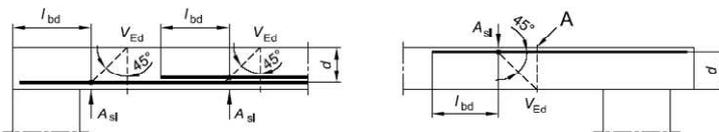
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

$$\rho_l = A_{s,tesa} / (b d)$$

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	215.92 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	213.14 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	215.92 [kN]

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$$

$$V_{Rd,min} = (0,035 k^{3/2} (f_{ck})^{1/2}) b d$$

Disporre il quantitativo minimo di orditura a taglio

13.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le massime sollecitazioni allo SLE sono le seguenti.

Momento M22 (Vettore momento orizzontale – armatura verticale):

F22 (kN/m)	M22 (kNm/m)	Comb.
-70	70	SLEQP
-80	70	SLEFREQ
-100	70	SLERARA

Momento M11 (Vettore momento verticale – armatura orizzontale):

F11 (kN/m)	M11 (kNm/m)	Comb.
-30	40	SLEQP
-40	40	SLEFREQ
-55	50	SLERARA

F>0: trazione

13.2.1 STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.9 / 1.2 = - 2.36 \text{ MPa}$$

Le minime tensioni di trazione alle combinazioni quasi permanenti e frequenti sono pari a:

13.2.1.1 Momento M22

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -0.91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -0.89 \text{ MPa}$$

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

13.2.1.2 Momento M11

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -0.52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -0.5 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	90 di 108

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

13.2.2 VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 17.43 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 13.07 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,80 f_{yk} = -360.0 \text{ MPa}$$

13.2.2.1 Momento M22

COMB	$\sigma_{cls} +$ (MPa)	Verifica
SLEQP	1.91	OK
SLERARA	1.91	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

COMB	$\sigma_{acc} -$ (MPa)	Verifica
SLERARA	-60.5	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

13.2.2.2 Momento M11

COMB	$\sigma_{cls} +$ (MPa)	Verifica
SLEQP	1.00	OK
SLERARA	2.26	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

COMB	$\sigma_{acc} -$ (MPa)	Verifica
SLERARA	-45.6	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

14. VERIFICHE SOLETTA COPERTURA $s=0.3m$

14.1 STATO LIMITE ULTIMO

Le massime sollecitazioni allo SLU-SLV sono le seguenti.

Sollecitazioni flettenti:

Momento M22 (Vettore momento in X – armatura in Y):

$$M22 = 10 \text{ kNm/m}$$

$$F22 = 10 \text{ kN/m (trazione)}$$

Momento M11 (Vettore momento in Y – armatura in X):

$$M11 = 10 \text{ kNm/m}$$

$$F11 = 15 \text{ (trazione)}$$

Sollecitazioni di taglio:

$$V13 = 20 \text{ kN/m (taglio agente su una sezione parallela a Y)}$$

$$V23 = 10 \text{ kN/m (taglio agente su una sezione parallela a X)}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	92 di 108

14.1.1 VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

Le verifiche a presso flessione vengono condotte limitando i momenti resistenti a quelli della sezione in campo sostanzialmente elastico, secondo quanto prescritto dal § 7.4.1. delle NTC18 nel caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Viene disposta la seguente armatura:

doppia maglia $\phi 16/20 \times 20$

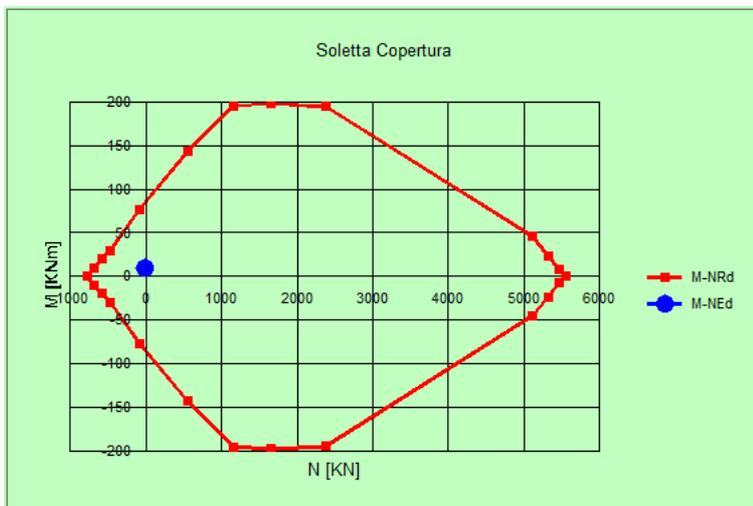
Si riporta la verifica più gravosa:

N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10.05	5.4
			2	10.05	24.6

Sollecitazioni		P.to applicazione N	
S.L.U.	Metodo n	<input checked="" type="radio"/> Centro	<input type="radio"/> Baricentro cls
N _{Ed} -15	0 kN	<input type="radio"/> Coord.[cm]	xN 0
M _{xEd} 10	0 kNm		yN 0
M _{yEd} 0	0	Tipo rottura	
		Lato acciaio - Acciaio snervato	

Materiali		M _{xRd} 84.75 kNm
B450C	C28/35	σ_c -9.583 N/mm ²
ϵ_{su} 1.957 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰	σ_s 391.3 N/mm ²
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 2 ‰	ϵ_c 0.7411 ‰
E_s 200,000 N/mm ²	f_{cd} 15.87	ϵ_s 1.957 ‰
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8	d 24.6 cm
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11	x 6.757 x/d 0.2747
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6667	δ 0.7834
	τ_{c1} 1.971	

Metodo di calcolo	
<input checked="" type="radio"/> S.L.U.+	<input type="radio"/> S.L.U.-
<input checked="" type="radio"/> Metodo n	
Tipo flessione	
<input checked="" type="radio"/> Retta	<input type="radio"/> Deviata
N* rett. 100	
Calcola MRd	Dominio M-N
L₀ 0 cm	Col. modello
<input type="checkbox"/> Precompresso	



14.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si dispongono legature $\phi 8$ in numero di 9 su mq.

Si riporta la verifica relativa al taglio massimo:

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	20 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.90 [-]
		1.90 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0040866 [-]
		0.0040866 [-]

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

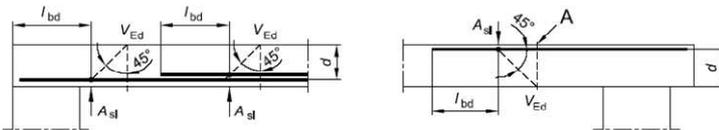
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

$$\rho_l = A_{s,tesa} / (b d)$$

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	127.99 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	121.59 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	127.99 [kN]

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$$

$$V_{Rd,min} = (0,035 k^{3/2} f_{ck})^{1/2} b d$$

Disponere il quantitativo minimo di orditura a taglio

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	94 di 108

14.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le massime sollecitazioni allo SLE sono le seguenti.

Momento M22 (Vettore momento orizzontale – armatura verticale):

F22 (kN/m)	M22 (kNm/m)	Comb.
-1	-10	SLEQP
-2	-10	SLEFREQ
-2	-10	SLERARA

Momento M11 (Vettore momento verticale – armatura orizzontale):

F11 (kN/m)	M11 (kNm/m)	Comb.
-4	-10	SLEQP
-5	-10	SLEFREQ
-5	-10	SLERARA

F>0: trazione

14.2.1 STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.9 / 1.2 = - 2.36 \text{ MPa}$$

Le minime tensioni di trazione alle combinazioni quasi permanenti e frequenti sono pari a:

14.2.1.1 Momento M22

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -0.57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -0.56 \text{ MPa}$$

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

14.2.1.2 Momento M11

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -0.58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -0.58 \text{ MPa}$$

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

14.2.2 VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 17.43 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 13.07 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,80 f_{yk} = -360.0 \text{ MPa}$$

14.2.2.1 Momento M22

COMB	$\sigma_{cls} +$ (MPa)	Verifica
SLEQP	1.02	OK
SLERARA	1.02	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

COMB	$\sigma_{acc} -$ (MPa)	Verifica
SLERARA	-41.1	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

14.2.2.2 Momento M11

COMB	$\sigma_{cls} +$ (MPa)	Verifica
SLEQP	1.19	OK
SLERARA	1.19	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

COMB	$\sigma_{acc} -$ (MPa)	Verifica
SLERARA	-42.7	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

15. VERIFICHE TRAVI DI FONDAZIONE

Per le verifiche di natura geotecnica si rimanda allo specifico elaborato "RS3Z00D26CLFV0300001".

15.1 STATO LIMITE ULTIMO

Le massime sollecitazioni allo SLU sono le seguenti.

Sollecitazioni flettenti:

$$M_{\max+} = 1218 \text{ kNm}$$

$$M_{\max-} = -1147 \text{ kNm}$$

Sollecitazione di taglio:

$$V_{\max} = 1285 \text{ kN}$$

15.1.1 VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

Le verifiche a presso flessione vengono condotte limitando i momenti resistenti a quelli della sezione in campo sostanzialmente elastico, secondo quanto prescritto dal § 7.4.1. delle NTC18 nel caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Nel rispetto dell'armatura minima imposta dalla espressione 7.4.26 delle NTC18 viene disposta la seguente armatura:

lembo inferiore: **10 ϕ 22**

lembo superiore: **10 ϕ 22**

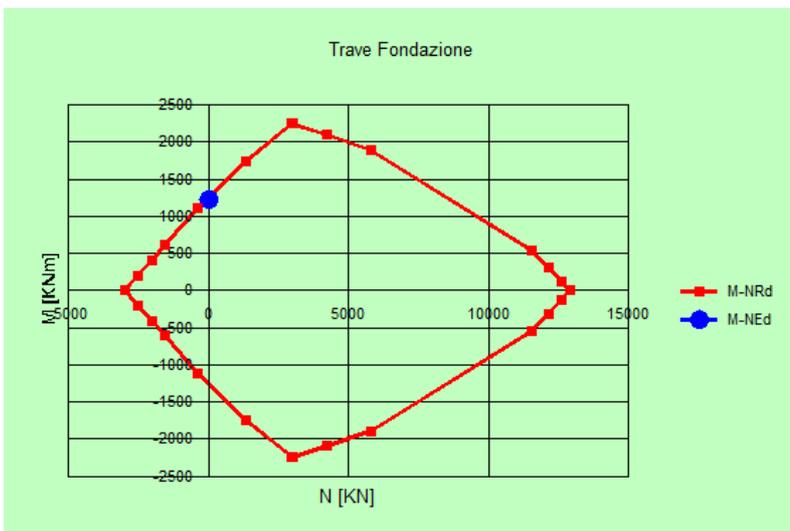
N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm ²]	d [cm]
1	70	100	1	38.01	6.1
			2	38.01	93.9

Solllecitazioni		P.to applicazione N	
S.L.U.	Metodo n	Centro	Baricentro cls
N _{Ed}	0 kN	Coord.[cm]	xN 0
M _{xEd}	1218 kNm		yN 0
M _{yEd}	0	Tipo rottura	
		Lato acciaio - Acciaio snervato	

Materiali		M _{xRd}	1.270 kN m
B450C	C25/30	σ_c	-9.327 N/mm ²
E _{su}	1.957 ‰	σ_s	391.3 N/mm ²
f _{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_c	0.8308 ‰
E _s	200,000 N/mm ²	ϵ_s	1.957 ‰
E _s /E _c	15	d	93.9 cm
E _{syd}	1.957 ‰	x	27.98
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	x/d	0.298
τ_{co}	0.6	δ	0.8125
τ_{c1}	1.829		

Metodo di calcolo		N* rett.	100
S.L.U.+	S.L.U.-	Calcola MRd	Dominio M-N
Metodo n		L ₀	0 cm
Tipo flessione		Col. modello	
Retta	Deviata		

Precompresso



Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	98 di 108

15.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si dispongono staffe $\phi 14/20$ a sei braccia

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	1285 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.46 [-]
		1.46 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.005808 [-]
		0.005808 [-]

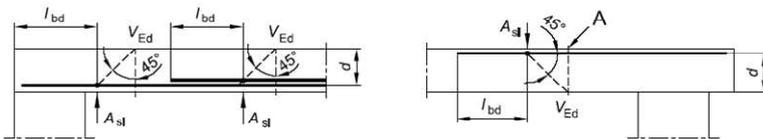
$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c$$

$$k = 1 + (200/d)^{0.5} \leq 2.00$$

$$\rho_l = A_{s,teso} / (b d)$$

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda
A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	279.85 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	202.17 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	279.85 [kN]

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$$

$$V_{Rd,min} = (0.035 k^{3/2} (f_{ck})^{1/2}) b d$$

E' necessario predisporre armatura a taglio

§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	14 [mm]
Numero di braccia	n_b	6 [-]
Passo delle staffe	s	200 [mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45 [°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90 [°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	924 [mm ²]
Braccio della coppia interna	z	841.5 [mm]
Cotangente di θ	$\cot \theta$	1.00 [-]
		1.00 [-]
Cotangente di α	$\cot \alpha$	0.00 [-]
Seno di α	$\sin \alpha$	1.00 [-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	1520.67 [kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	7.06 [MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	2077.87 [kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot \theta = 1$	$A_{sw,max}$	1514.47 [mm ²]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	1520.67 [kN]

Generalmente si adotta $\theta = 45^\circ$
Generalmente si adotta $\alpha = 90^\circ$

$$A_{sw} = n_b (\pi \phi_{sw}^2) / 4 \leq A_{sw,max}$$

$$z = 0.9d$$

$$V_{Rsd} = (A_{sw} / s) z f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = z b f'_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot \theta^2)$$

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

Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	99 di 108

15.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le massime sollecitazioni allo SLE sono le seguenti.

	M3 (kNm)	Comb.
MAX M3	-800	SLEQP
MAX M3	-800	SLEFREQ
MAX M3	-850	SLERARA

15.2.1 STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.56 / 1.2 = - 2.13 \text{ MPa}$$

Le minime tensioni di trazione alle combinazioni quasi permanenti e frequenti sono pari a:

$$\sigma_{c_Q.PERM}^- = -5.01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ}^- = -5.01 \text{ MPa}$$

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure: occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

FREQUENTE

c	54	mm
s	63.33	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	22	mm
A _s	3799.4	mm ²
b _{eff}	700	mm
(H-x)/2	363.8	mm
h _{eff}	219.0	mm
A _{eff}	153300.0	mm ²
ρ	0.024784	-
s _{rm}	165.0	mm
f _{ctm}	2.56	N/mm ²
σ _s	247.1	N/mm ²
σ _{sr}	126.2	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.87	-

QUASI PERMANENTE

c	54	mm
s	63.33	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	22	mm
A _s	3799.4	mm ²
b _{eff}	700	mm
(H-x)/2	363.8	mm
h _{eff}	219.0	mm
A _{eff}	153300.0	mm ²
ρ	0.024784	-
s _{rm}	165.0	mm
f _{ctm}	2.56	N/mm ²
σ _s	247.1	N/mm ²
σ _{sr}	126.2	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.87	-

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	100 di 108

E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.001023	-
W _m	0.1688	mm
W _k	0.287	mm
<=	0.3	mm

E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.001023	-
W _m	0.1688	mm
W _k	0.287	mm
<=	0.4	mm

15.2.2 VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 11.21 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,80 f_{yk} = -360.0 \text{ MPa}$$

COMB	M _x (M33)	σ _{cls} +	σ _{cls,LIMITE}	Verifica
	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLEQP	-800	6.77	11.21	OK
MAX M3 SLERARA	-850	7.19	14.94	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

COMB	M _x (M33)	σ _{acc} -	σ _{acc,LIMITE}	Verifica
	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLERARA	-850	-262.5	-360.00	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

16. VERIFICHE SOLETTA DI FONDAZIONE $s=1.2m$

Per le verifiche di natura geotecnica si rimanda allo specifico elaborato "RS3Z00D26CLFV0300001".

16.1 STATO LIMITE ULTIMO

Le massime sollecitazioni allo SLU-SLV sono le seguenti.

Sollecitazioni flettenti:

Momento M22 (Vettore momento in X – armatura in Y):

$$M22 = 90 \text{ kNm/m}$$

$$F22 = 0 \text{ kN/m}$$

Momento M11 (Vettore momento in Y – armatura in X):

$$M11 = 230 \text{ kNm/m}$$

$$F11 = 0$$

Sollecitazioni di taglio:

$$V13 = 250 \text{ kN/m (taglio agente su una sezione parallela a Y)}$$

$$V23 = 200 \text{ kN/m (taglio agente su una sezione parallela a X)}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	102 di 108

16.1.1 VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

Le verifiche a presso flessione vengono condotte limitando i momenti resistenti a quelli della sezione in campo sostanzialmente elastico, secondo quanto prescritto dal § 7.4.1. delle NTC18 nel caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Viene disposta la seguente armatura:

doppia maglia $\phi 24/20 \times 20$

Si riporta la verifica più gravosa:

N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	22.62	7.4
			2	22.62	112.6

Sollecitazioni		P.to applicazione N	
S.L.U.	Metodo n	<input checked="" type="radio"/> Centro	<input type="radio"/> Baricentro cls
N _{Ed} 0	0 kN	<input type="radio"/> Coord.[cm]	xN 0
M _{xEd} 230	0 kNm		yN 0
M _{yEd} 0	0	Tipo rottura	
		Lato acciaio - Acciaio snervato	

Materiali		M_{xRd} 928.4 kN m	
B450C	C25/30	σ_c -6.155 N/mm²	
ϵ_{su} 1.957 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰	σ_s 391.3 N/mm²	
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 2 ‰	ϵ_c 0.4959 ‰	
E_s 200,000 N/mm²	f_{cd} 14.17	ϵ_s 1.957 ‰	
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8	d 112.6 cm	
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75	x 22.76	x/d 0.2022
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.6		δ 0.7
	τ_{c1} 1.829		

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

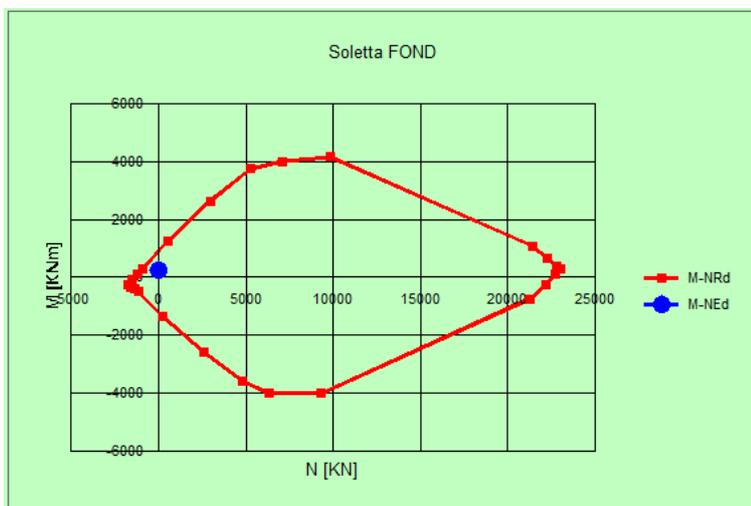
Retta Deviata

N* rett. 100

Calcola MRd

L₀ 0 cm

Precompresso



Relazione di calcolo elevazione fabbricato viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	103 di 108

16.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si dispongono legature $\phi 8$ in numero di 9 su mq.

Si riporta la verifica relativa al taglio massimo:

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	250 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.42 [-]
		1.42 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0023576 [-]
		0.0023576 [-]

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

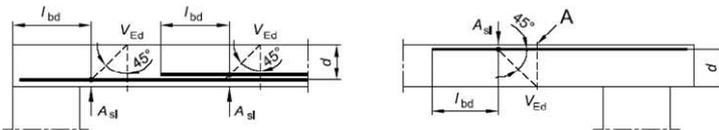
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

$$\rho_l = A_{s,tesa} / (b d)$$

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	346.48 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	333.28 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	346.48 [kN]

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$$

$$V_{Rd,min} = (0,035 k^{3/2} (f_{ck})^{1/2}) b d$$

Disponere il quantitativo minimo di orditura a taglio

16.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le massime sollecitazioni allo SLE sono le seguenti.

Momento M22 (Vettore momento orizzontale – armatura verticale):

F22 (kN/m)	M22 (kNm/m)	Comb.
0	95	SLEQP
0	100	SLEFREQ
0	100	SLERARA

Momento M11 (Vettore momento verticale – armatura orizzontale):

F11 (kN/m)	M11 (kNm/m)	Comb.
0	290	SLEQP
0	290	SLEFREQ
0	300	SLERARA

F>10: trazione

16.2.1 STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.56 / 1.2 = - 2.13 \text{ MPa}$$

Le minime tensioni di trazione alle combinazioni quasi permanenti e frequenti sono pari a:

16.2.1.1 Momento M11

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -1.07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -1.07 \text{ MPa}$$

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

16.2.1.2 Momento M22

Vengono omesse le verifiche in quanto le sollecitazioni risultano inferiori a quelle relative al momento M11.

16.2.2 VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 11.21 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,80 f_{yk} = -360.0 \text{ MPa}$$

16.2.2.1 Momento M11

COMB	$\sigma_{cls} +$ (MPa)	Verifica
SLEQP	2.02	OK
SLERARA	2.09	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

COMB	$\sigma_{acc} -$ (MPa)	Verifica
SLERARA	-125.8	OK

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$

16.2.2.2 Momento M22

Vengono omesse le verifiche in quanto le sollecitazioni risultano inferiori a quelle relative al momento M11.

Relazione di calcolo elevazione fabbricato
viaggiatori

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLFV0300002	B	106 di 108

17. VERIFICA DELLE TAMPONATURE

Secondo quanto indicato al § C.7.3.6.3 della Circolare 21/01/2019, il controllo del danno negli elementi non strutturali si effettua, in maniera indiretta, intervenendo sulla rigidezza degli elementi strutturali al fine di contenere gli spostamenti di interpiano, come indicato al § 7.3.6.1 delle NTC 2018.

Per le CU I e II ci si riferisce allo *SLD* (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$qd_r \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

dove:

d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,

h è l'altezza del piano.

Per le CU III e IV ci si riferisce allo *SLO* (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

Nel caso in esame si ha:

h	400	cm
q	1.5	
$d_{r,X,SISMAX}$	0.54	cm
$qd_{r,X,SISMAX}$	0.81	cm
$d_{r,Y,SISMAY}$	0.29	cm
$qd_{r,Y,SISMAY}$	0.435	cm
$qd_{r,MAX}$	0.81	cm

Essendo CU=III si ha:

$qd_r =$	0.81	cm	\leq	$2/3 \times 0.005h = 0.003$	$h =$	1.33	cm	OK	per tamponature fragili
$qd_r =$	0.81	cm	\leq	$2/3 \times 0.0075h = 0.005$	$h =$	2.00	cm	OK	per tamponature duttili