

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

PIAZZALI

PT20 - Piazzale di emergenza - km 28+325

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	CL	PT2000	006	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Gennaio 2020	M.SALLEOLINI	Gennaio 2020	A.BARRECA	Gennaio 2020	F. S. HI Maggiore 2020 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Det. Ing. Francesco Scaioni Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma n. 25372/Str.	
B	1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	M.SALLEOLINI	Maggio 2020	A.BARRECA	Maggio 2020		

File: RS3Z00D26CLPT2000006B

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 SETTI</i>	7
3.1.3	<i>CALCESTRUZZO STRUTTURE IN ELEVAZIONE</i>	8
3.2	ACCIAIO.....	9
3.2.1	<i>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO</i>	9
4.	ANALISI DEI CARICHI	10
4.1	PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	10
4.2	PESO PROPRIO DEL SOLAIO DI COPERURA	10
4.3	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	10
4.3.1	<i>SOLAIO DI COPERTURA</i>	10
4.3.2	<i>SOLAIO PIANO TERRA</i>	11
4.3.3	<i>LOCALE POMPE</i>	11
4.3.4	<i>SCALA</i>	11
4.3.5	<i>TAMPONATURA ESTERNA</i>	11
4.3.6	<i>PARAPETTO COPERTURA</i>	12
4.3.7	<i>SPINTA DEL TERRENO</i>	12

4.3.8	<i>PRESSIONE DELL'ACQUA</i>	13
4.4	ACCIDENTALI COPERTURA	13
4.4.1	<i>SOVRACCARICO D'USO</i>	13
4.4.2	<i>NEVE</i>	13
4.5	ACCIDENTALE SOLAIO PIANO TERRA	13
4.6	ACCIDENTALE LOCALE POMPE.....	13
4.7	ACCIDENTALE SCALA.....	14
4.8	AZIONE DEL VENTO.....	14
4.9	AZIONE SISMICA	19
4.9.1	<i>INCREMENTO DI SPINTA SISMICA DEL TERRENO</i>	25
4.9.2	<i>INCREMENTO DI SPINTA SISMICA DELL'ACQUA NELLA VASCA</i>	25
4.10	CONFRONTO VENTO – SISMA.....	26
5.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	27
6.	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	30
7.	GIUDIZIO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI	37
8.	ANALISI MODALE	39
9.	VERIFICHE SOLAIO DI COPERTURA.....	43
9.1.1	<i>SOLLECITAZIONI</i>	44
9.1.2	<i>VERIFICHE</i>	47
10.	VERIFICHE PILASTRI.....	56
10.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	56

10.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	57
10.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	63
10.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO.....	64
10.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	65
10.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO.....	66
11.	VERIFICHE TRAVI 30x50.....	68
11.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	68
11.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	69
11.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	71
11.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO.....	72
11.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	72
11.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO.....	74
12.	VERIFICHE TRAVI 30x40.....	76
12.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	76
12.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	76
12.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	79
12.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO.....	80
12.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	80
12.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO.....	81
13.	VERIFICHE SETTI LIVELLO INTERRATO S=0.3m.....	82
13.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	82

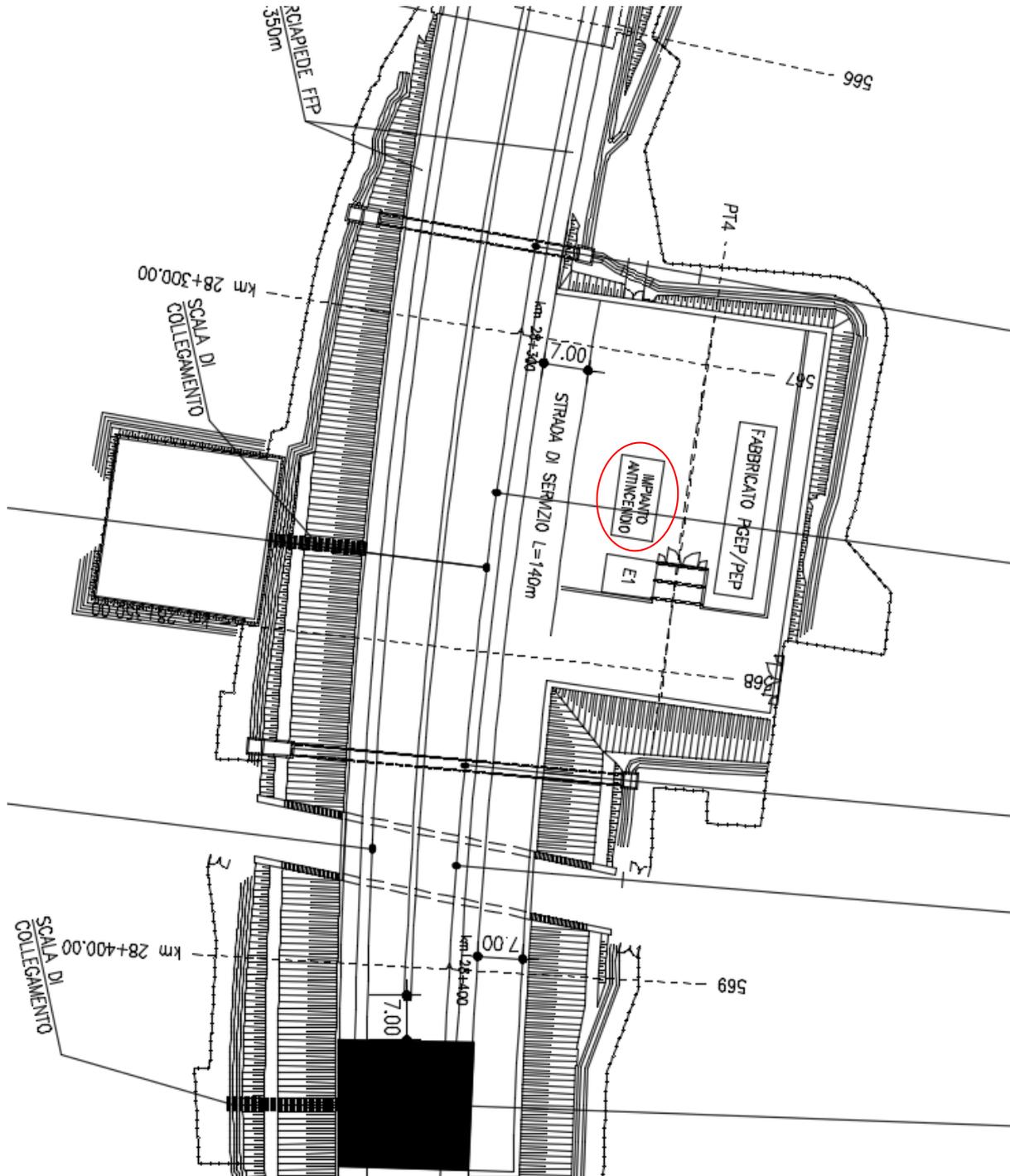
13.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	83
13.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	85
13.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO	86
13.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	86
13.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO	88
14.	VERIFICHE SOLETTA PIANO TERRA S=0.2m	89
14.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	89
14.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	90
14.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	91
14.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO	92
14.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	92
14.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO	93
15.	VERIFICHE SOLETTA DI FONDAZIONE S=0.5m	94
15.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	94
15.1.1	VERIFICA A PRESSO FLESSIONE.....	95
15.1.2	VERIFICA A TAGLIO.....	96
15.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO	97
15.2.1	STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE.....	97
15.2.2	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO	98
16.	VERIFICA DELLE TAMPONATURE	99

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	4 di 101

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le verifiche di sicurezza e stabilità del fabbricato vasca antincendio, nell'ambito del raddoppio della tratta ferroviaria Fiumetorto - Lercara, alla prog. km 28+325.



Il fabbricato è costituito da un piano interrato e un piano fuori terra.

La struttura fuori terra ha dimensione rettangolare in pianta di circa 10.2m x 6.6m.

La parte interrata ha dimensione rettangolare in pianta di circa 14.2m x 6.6m.

La copertura è del tipo piano con un'altezza da terra di circa 4.15m.

Gli elementi strutturali verticali della parte fuori terra sono costituiti da 6 pilastri di dimensioni 30cm x 70cm.

Le travi disposte secondo la direzione lunga hanno dimensioni 30cm x 40cm, mentre quelle disposte secondo la direzione corta hanno dimensioni 30cm x 50cm.

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.

Il solaio al piano terra è costituito da una soletta in c.a. di spessore 0.2m su cui poggia un vespaio areato del tipo igloo di 40 cm e una soletta in c.a. di 5 cm armata con rete elettrosaldata.

La parte interrata del fabbricato è costituita da setti in c.a. di spessore 0.3m.

Al piano interrato è presente un locale per l'alloggiamento delle pompe idrauliche e una vasca per l'accumulo dell'acqua di dimensioni 7.70m x 3.86m x 4.20m (BxLxH).

L'accesso al piano interrato è costituito da una scala su doppia rampa in c.a. la cui soletta ha spessore pari a 0.15m.

La fondazione del fabbricato è costituita da una platea di spessore 0.5m.

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 di:

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 SETTI

Classe C32/40

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 33,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 33,2 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,10 \text{ N/mm}^2$$

Classe di esposizione: XC4 (condizioni ambientali aggressive)

Per gli elementi strutturali dei setti si assume un copriferro di 45 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: $w_d \leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$

combinazione delle Azioni Quasi Permanente $w_d \leq w_1 = 0,2 \text{ mm}$

3.1.3 CALCESTRUZZO STRUTTURE IN ELEVAZIONE

Classe C35/45

$$R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 37,35 \cdot 0,85 / 1,5 = 21,17 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,35 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione: XC3 (condizioni ambientali ordinarie)

Per gli elementi strutturali della elevazione si assume un copriferro di:

elementi monodimensionali: 30 mm (valutato al netto della staffa)

elementi bidimensionali: 25 mm.

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

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

	$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	s (cm)		
Pavimentazione in gres	2000	2	0.4	KN/m ²
Allettamento in malta di calce	1800	1	0.18	KN/m ²
Massetto in cls alleggerito	1200	6	0.72	KN/m ²
Impermeabilizzazione (doppio strato)			0.6	KN/m ²
Pannello isolante in polistirene espanso	50	12	0.06	KN/m ²

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	11 di 101

Peso intonaco	2000	1.5	0.3	KN/m ²
Impianti			0.5	KN/m ²
TOTALE			2.76	KN/m²

4.3.2 SOLAIO PIANO TERRA

	Spessore	Densità	Carico
	[cm]	[kg/mc]	[kN/mq]
Pavimento in piastrelle in CLS	3	2400	0.72
Massetto	5	1200	0.6
Soletta in c.a.	5	2500	1.25
Cls tra i Cupolex			1.5
Cupolex	40		0.085
Sommano			4.16

4.3.3 LOCALE POMPE

Per le pompe si assume un carico pari a:

$$G2 = 2 \text{ kN/mq}$$

4.3.4 SCALA

$$G2_{\text{gradini}} = 0.165\text{m} \times 0.3\text{m} / 2 \times 25\text{kN/mc} \times 1\text{m}/0.3\text{m} = 2.1 \text{ kN/mq}$$

$$G2_{\text{finiture}} = \underline{1.9 \text{ kN/mq}}$$

$$G2_{\text{tot}} = 4.0 \text{ kN/mq}$$

4.3.5 TAMPONATURA ESTERNA

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

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	12 di 101

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

4.3.6 PARAPETTO COPERTURA

Elemento	Spessore	Densità	Carico
	[cm]	[kg/mc]	[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

4.3.7 SPINTA DEL TERRENO

Peso di volume	γ_{terreno}	20 kN/m ³
Angolo di attrito	ϕ_t	28 °
Coefficiente di spinta a riposo	k_0	0.53
Altezza di spinta	h_{spinta}	4.4 m
Tensione terreno alla base	σ_{h0}	46.7 kN/m ²
Risultante spinta	Spinta	102.7 kN/m

4.3.8 *PRESSIONE DELL'ACQUA*

La pressione dell'acqua della vasca alla base risulta pari a:

$$q_w = 4.2\text{m} \times 10\text{kN/mc} = 42 \text{ kN/mq.}$$

4.4 ACCIDENTALI COPERTURA

4.4.1 *SOVRACCARICO D'USO*

Copertura accessibile per sola manutenzione: $q_k = 0.5 \text{ kN/mq}$

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

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

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

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

$$c_E = 1 \text{ (coefficiente di esposizione)}$$

$$c_t = 1 \text{ (coefficiente termico)}$$

Inclinazione della falda: 0°

$$\mu_i = 0.8 \text{ (coefficiente di forma)}$$

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

4.5 ACCIDENTALE SOLAIO PIANO TERRA

$$Q_k = 2 \text{ kN/mq.}$$

4.6 ACCIDENTALE LOCALE POMPE

$$Q_k = 0.5 \text{ kN/mq.}$$

4.7 ACCIDENTALE SCALA

$Q_k = 4 \text{ kN/mq.}$

4.8 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

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	15 di 101



Classe di rugosità del terreno:

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):

415 [m]

Distanza dalla costa

25 [km]

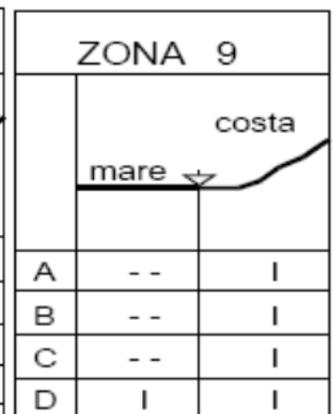
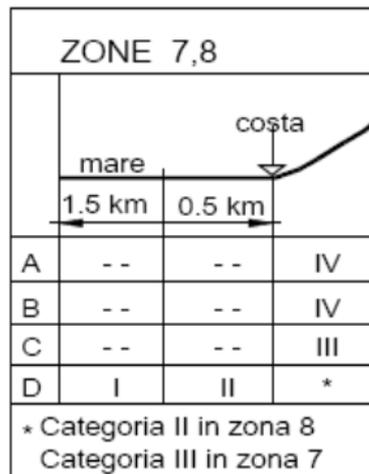
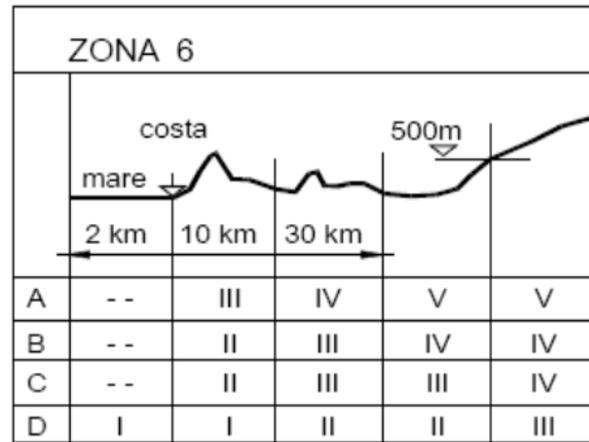
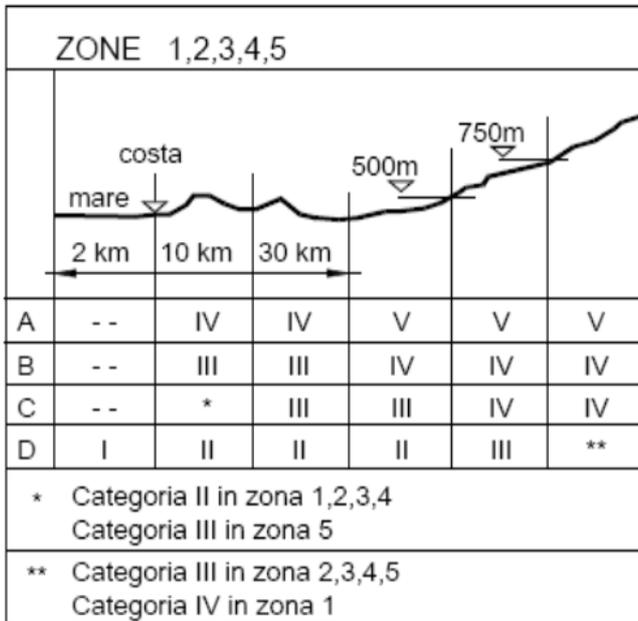
T_R (Tempo di ritorno):

75 [anni]

Categoria di esposizione

II

Categorie di esposizione:



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 $a_s \leq a_0$
ca = $1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$ 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

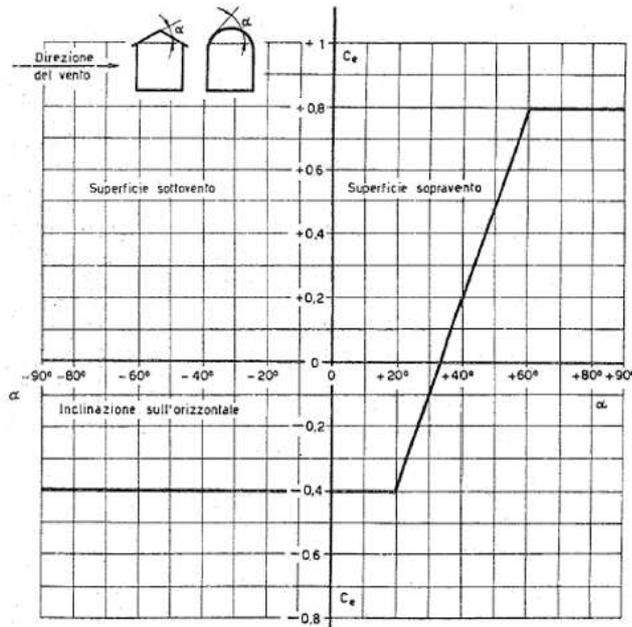
k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0.19	0.05	4.00

z [m]	c_e
$z \leq 4$	1.80
$z = 5.1$	1.94

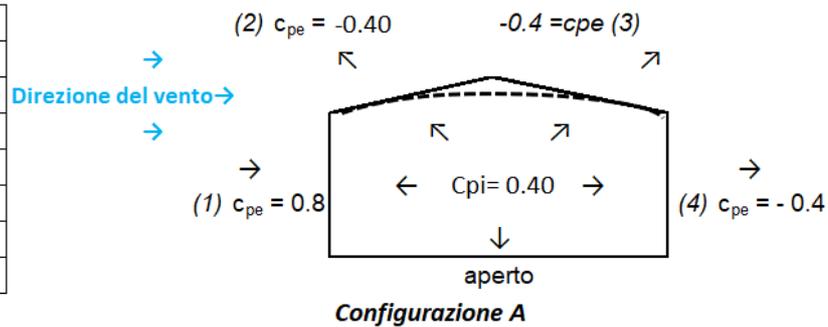
Coefficiente di forma:

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

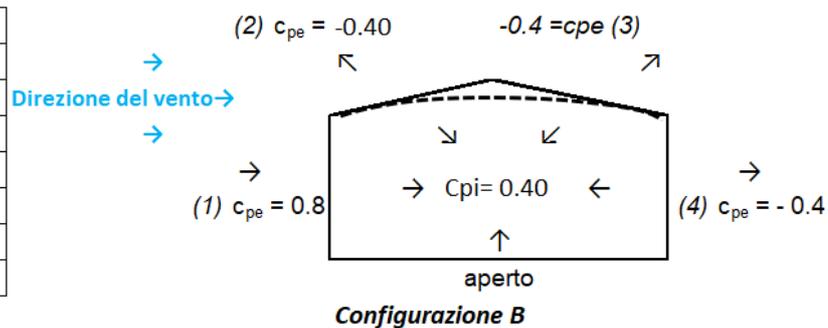
E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.



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



(1) parete sopravento	c_p	1.20
(2) copertura sopravento	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	
$C_{e,max}$	1.94	
$C_{e,med}$	1.87	
C_p	1.2	
C_d	1	
p_{max}	1.20	kN/mq
p_{med}	1.15	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

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

4.9 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;

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	20 di 101

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

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.

La struttura in esame è tipologica su tutto il lotto 1+2.

Pertanto le azioni sismiche di progetto saranno l'involuppo di tutti i siti presenti nel territorio.

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

- Latitudine: 37,901550°
- Longitudine: 13,773660°
- Categoria di sottosuolo: C
- 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.	

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	21 di 101

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 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

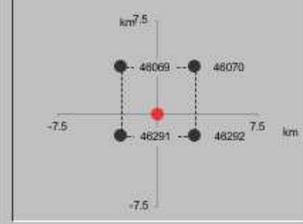
Interpolazione corretta

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



FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info
Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

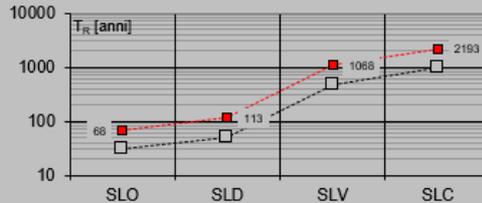
Valori di progetto

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 $S_g = 1.388$ $C_c = 1.539$ info
Categoria topografica info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h : quota sito, H : altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_b Regol. in altezza info

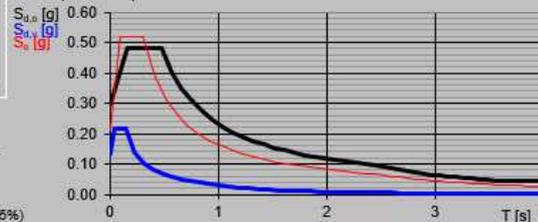
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q_v $\eta = 0.667$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta |>
Parametri e punti spettri di risposta |>

Spettri di risposta

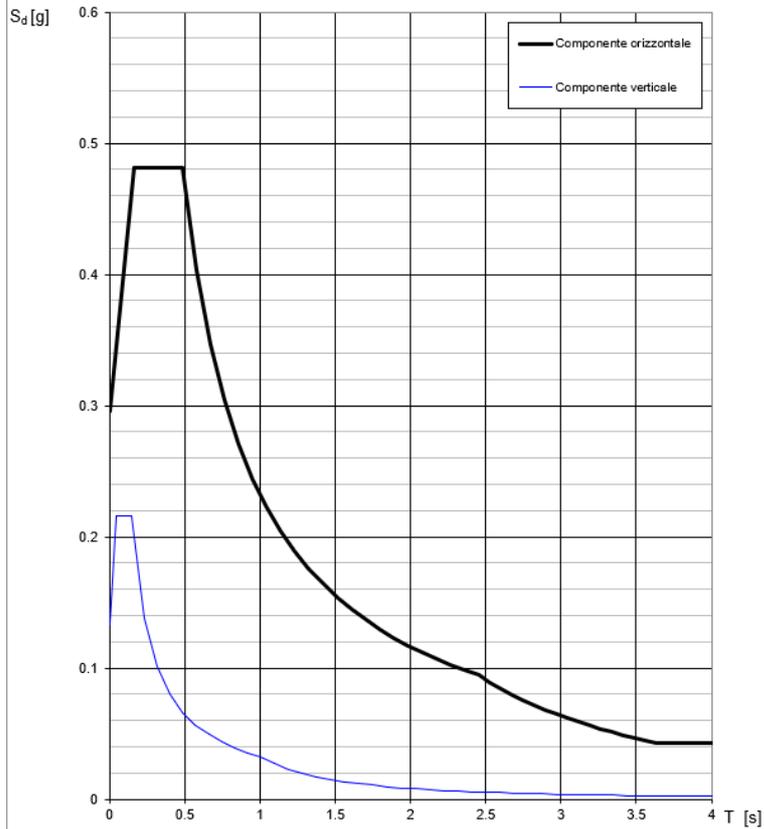


— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	23 di 101

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



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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_0	0.213 g
F_0	2.440
T_C	0.314 s
S_S	1.388
C_C	1.539
S_T	1.000
q	1.500

Parametri dipendenti

S	1.388
η	0.667
T_B	0.161 s
T_C	0.483 s
T_D	2.453 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

$$T_D = 4,0 \cdot a_0 / \underline{g} + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

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	0.296
T_B	0.161	0.481
T_C	0.483	0.481
	0.577	0.403
	0.671	0.347
	0.764	0.304
	0.858	0.271
	0.952	0.244
	1.046	0.222
	1.140	0.204
	1.233	0.188
	1.327	0.175
	1.421	0.164
	1.515	0.153
	1.608	0.145
	1.702	0.137
	1.796	0.129
	1.890	0.123
	1.984	0.117
	2.077	0.112
	2.171	0.107
	2.265	0.103
	2.359	0.099
T_D	2.453	0.095
	2.526	0.089
	2.600	0.084
	2.674	0.080
	2.747	0.076
	2.821	0.072
	2.895	0.068
	2.968	0.065
	3.042	0.062
	3.116	0.059
	3.189	0.056
	3.263	0.054
	3.337	0.051
	3.411	0.049
	3.484	0.047
	3.558	0.045
	3.632	0.043
	3.705	0.043
	3.779	0.043
	3.853	0.043
	3.926	0.043
	4.000	0.043

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	25 di 101

4.9.1 INCREMENTO DI SPINTA SISMICA DEL TERRENO

Attraverso la teoria di WOOD è possibile calcolare l'incremento di spinta sismica del terrapieno:

Peso di volume	γ_{terreno}	20 kN/m ³
Altezza di spinta	h_{spinta}	4.4 m
a_g		0.213 g
S		1.388
β_m		1
Incremento tensione = $a_g S \beta_m \gamma H$		26.0 kN/m ²
$\Delta\text{Spinta} = a_g S \beta_m \gamma H^2$		114.5 kN/m

4.9.2 INCREMENTO DI SPINTA SISMICA DELL'ACQUA NELLA VASCA

Attraverso la teoria di WOOD è possibile calcolare l'incremento di spinta sismica dell'acqua della vasca antincendio:

Peso di volume	$\gamma_{\text{H}_2\text{O}}$	10 kN/m ³
Altezza di spinta	h_{spinta}	4.4 m
a_g		0.213 g
S		1.388
β_m		1
Incremento tensione = $a_g S \beta_m \gamma H$		13.0 kN/m ²
$\Delta\text{Spinta} = a_g S \beta_m \gamma H^2$		57.2 kN/m

4.10 CONFRONTO VENTO - SISMA

Azione risultante del vento:

P med 1.15 kN/mq
q tan 0.00996 kN/mq

Lato X 10.42 m
Lato Y 6.6 m
Altezza 5.1 m

Vento in X
ortogonale 38.7 kN
tangenziale 1.1 kN
sommano F_x= **39.8 kN**

Vento in Y
ortogonale 61.1 kN
tangenziale 0.7 kN
sommano F_y= **61.8 kN**

Azione risultante del sisma (da modello della struttura):

Sisma in direzione X (E_x + 0.3 E_y):

$$F_x = 3455 \text{ kN}$$

$$F_y = 2156 \text{ kN}$$

Sisma in direzione Y (0.3 E_x + E_y):

$$F_x = 2114 \text{ kN}$$

$$F_y = 3352 \text{ kN}$$

Essendo le azioni sismiche di gran lunga 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 locale pompe	Accidentale scale	Accidentale piano terra	Accidentale copertura	Neve
ψ_0	0.0	0.7	0.7	0.0	0.5
ψ_1	0.0	0.7	0.5	0.0	0.2
ψ_2	0.0	0.6	0.3	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.

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
 antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	28 di 101

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 copertura/loc. pompe	Accidentale interno	Neve
SLU STR 1	1.3	1.5	0	1.5	0.75
SLU STR 2	1.3	1.5	0	1.05	1.5
SLU STR 3	1.3	1.5	1.5	1.05	0.75

Combinazioni allo SLE RARA

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Accidentale copertura/loc. pompe	Accidentale interno	Neve
SLE RARA 1	1	1	0	1	0.5
SLE RARA 2	1	1	0	0.7	1
SLE RARA 3	1	1	1	0.7	0.5

Combinazioni allo SLE FREQUENTE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Accidentale copertura/loc. pompe	Accidentale interno	Neve
SLE FREQ 1	1	1	0	0.5	0
SLE FREQ 2	1	1	0	0.3	0.2

Combinazioni allo SLE QUASI PERMANENE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Accidentale Copertura/loc.pompe	Accidentale interno	Neve
SLE QP	1	1	0	0.3	0

Combinazioni SISMICHE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Accidentale copertura/ loc.pompe	Accidentale Interno	Neve	Incremento Spinte	Spettro orizz. X	Spettro orizz. Y
SISMA X SLV	1	1	0	0.3	0	1	1	0.3
SISMA Y SLV	1	1	0	0.3	0	1	0.3	1

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 in elevazione, viene realizzato un modello tridimensionale in cui sono inseriti gli elementi strutturali principali (travi e pilastri modellati con elementi finiti monodimensionali tipo framee setti modellati con elementi finiti bidimensionali tipo shell).

Le tamponature e i solai in latero cemento 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 $E_{prog} = 0,50 \cdot E_{cls}$).

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:

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

dove:

E	61	MPa	modulo elastico del terreno
ν	0.3	-	coefficiente di Poisson =0.3;
B	6.6	m	larghezza della fondazione.
L	12.7	m	lato maggiore della fondazione
c_t	1.20	-	fattore di forma (Bowles, 1960)
Kw	8446	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 $L/B > 10$

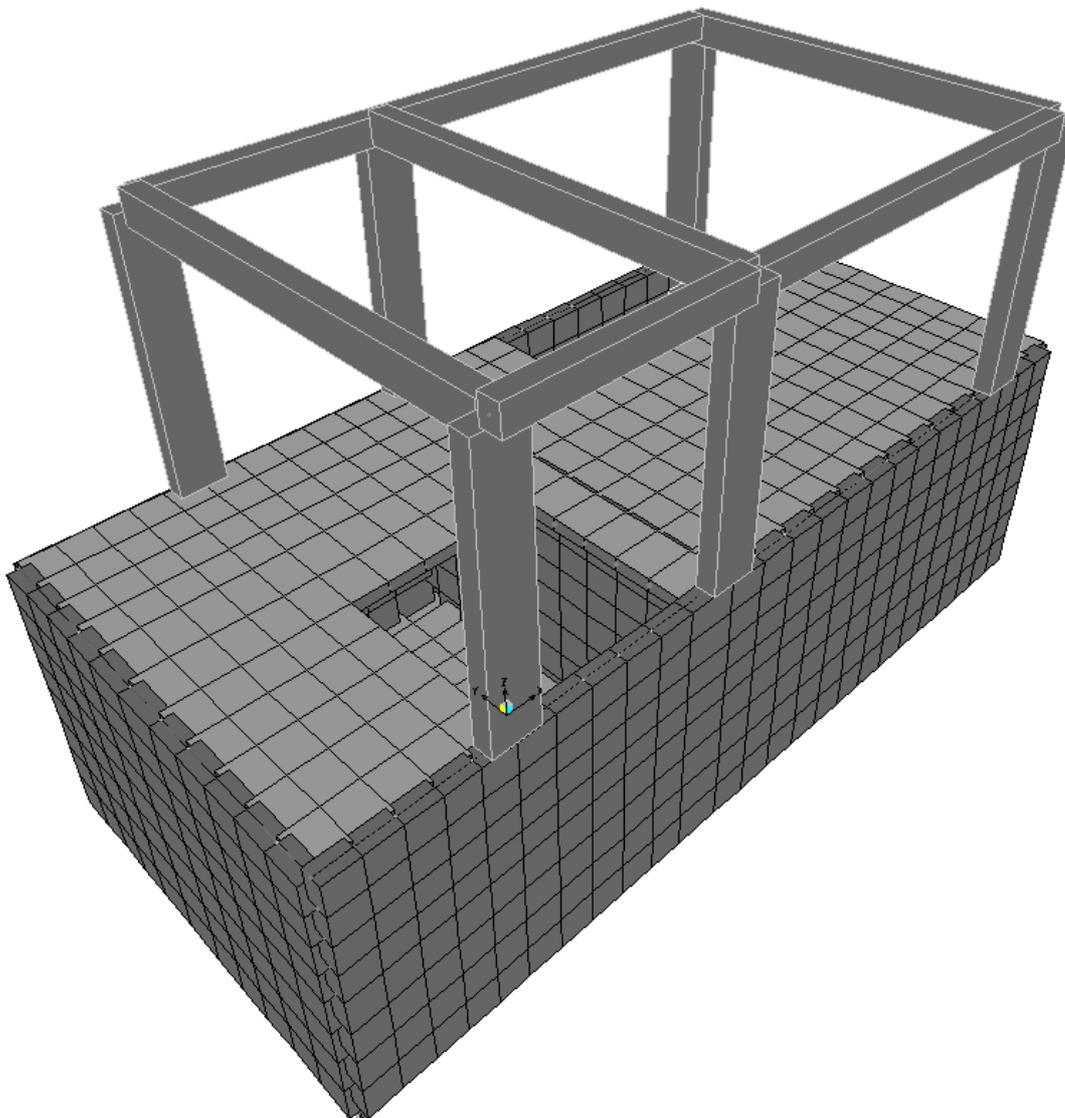
$$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$$

$$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$$

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 $k_v = 8400 \text{ kN/m}^3$.

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





PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO

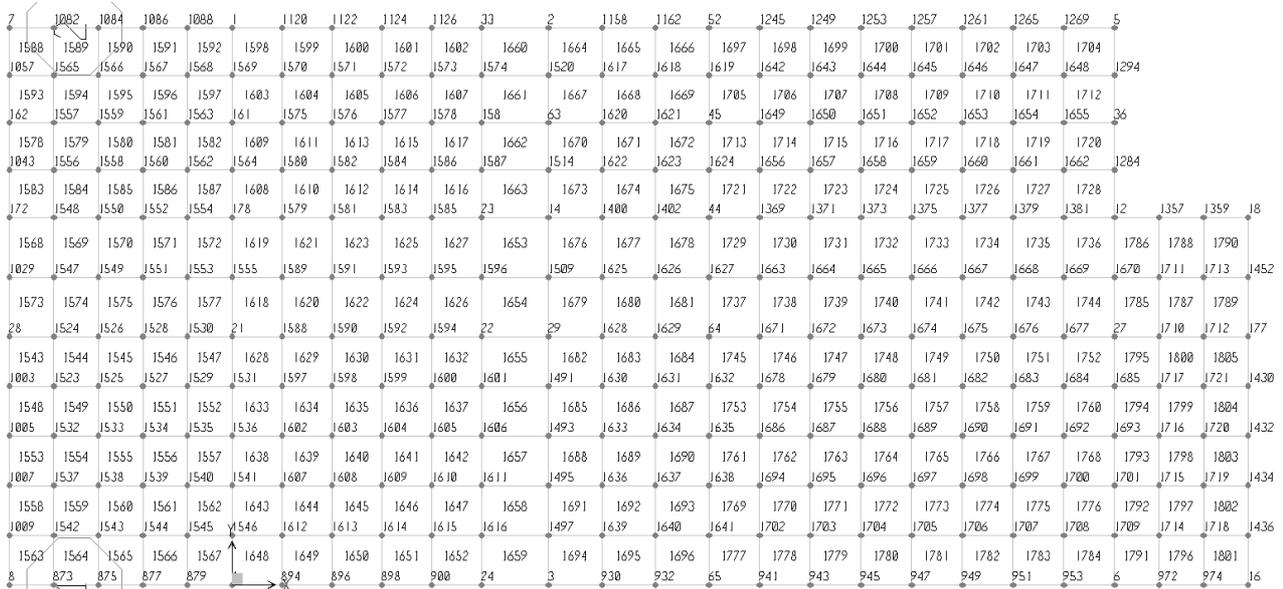
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA

RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA

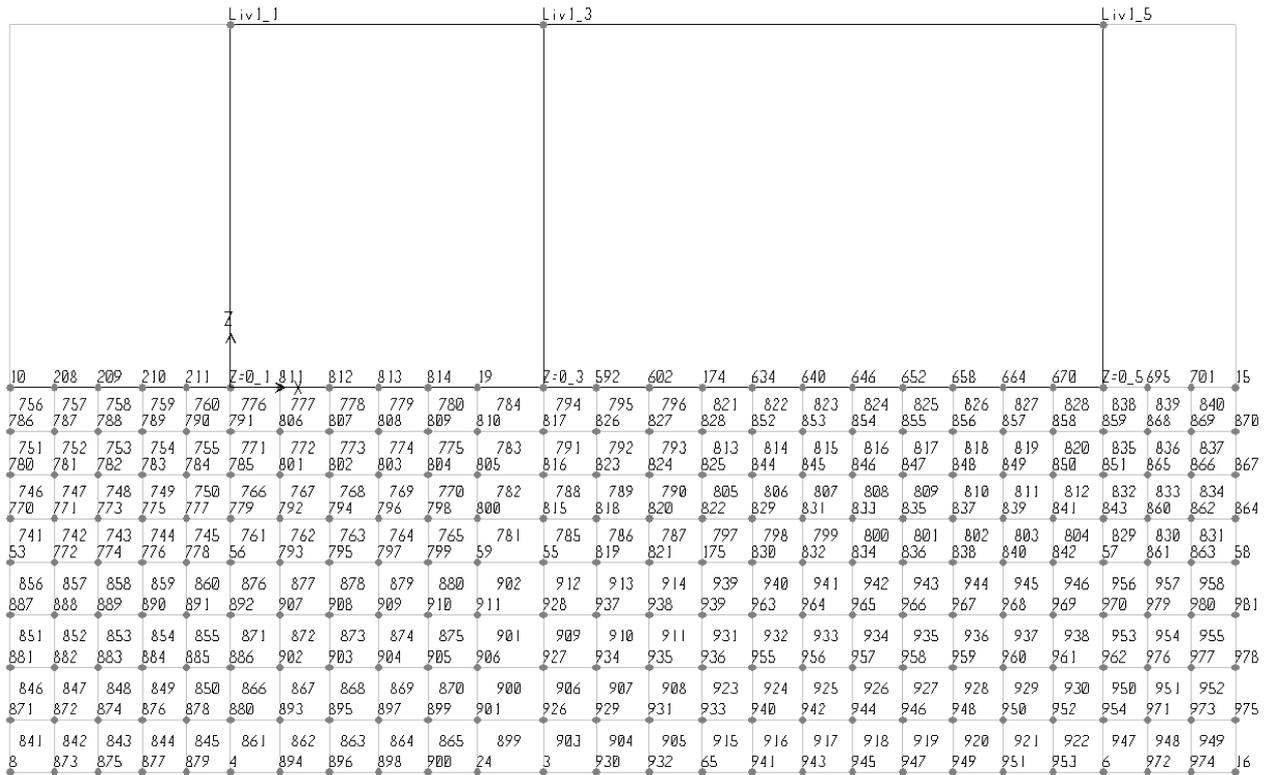
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	33 di 101



Fondazione



Setto in direzione X; Y=0m



PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO

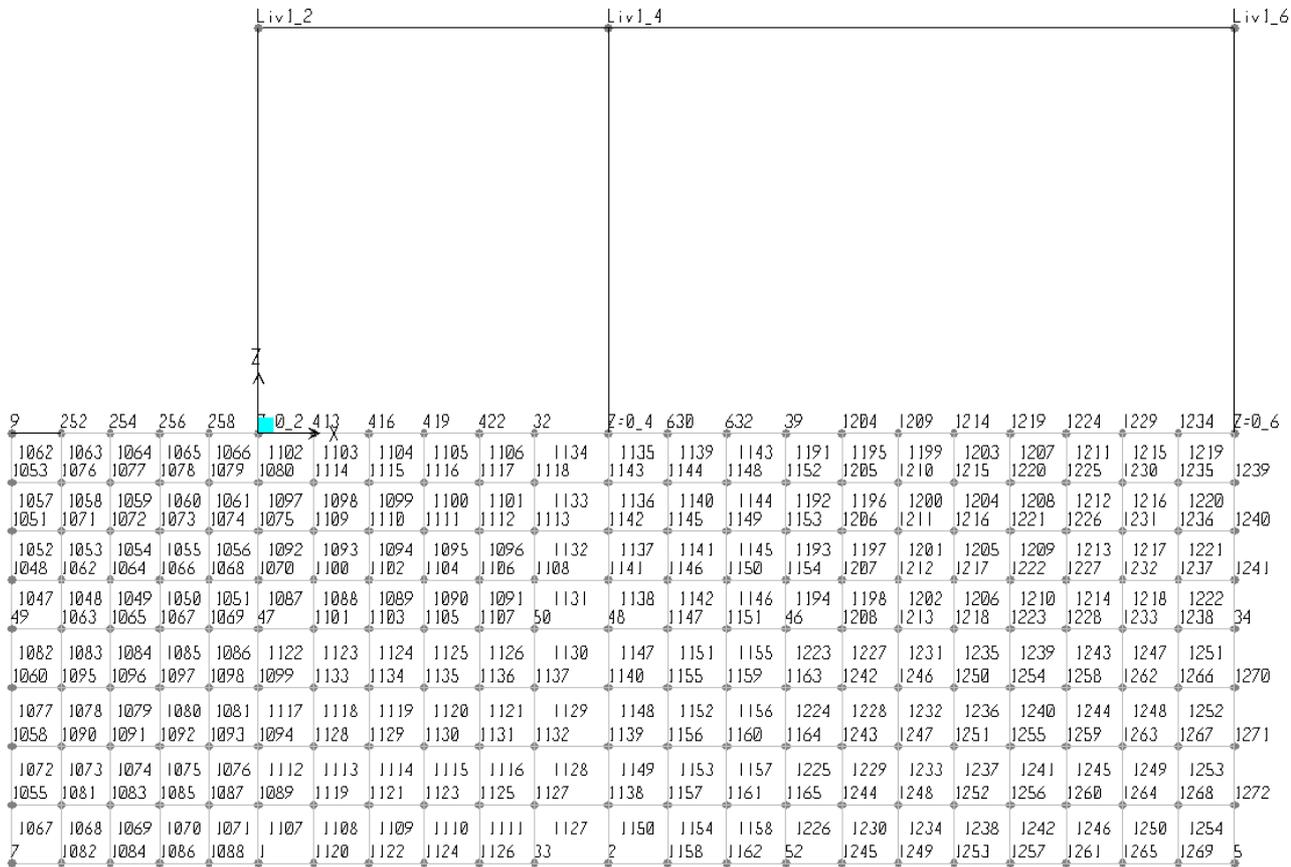
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA

RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA

DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

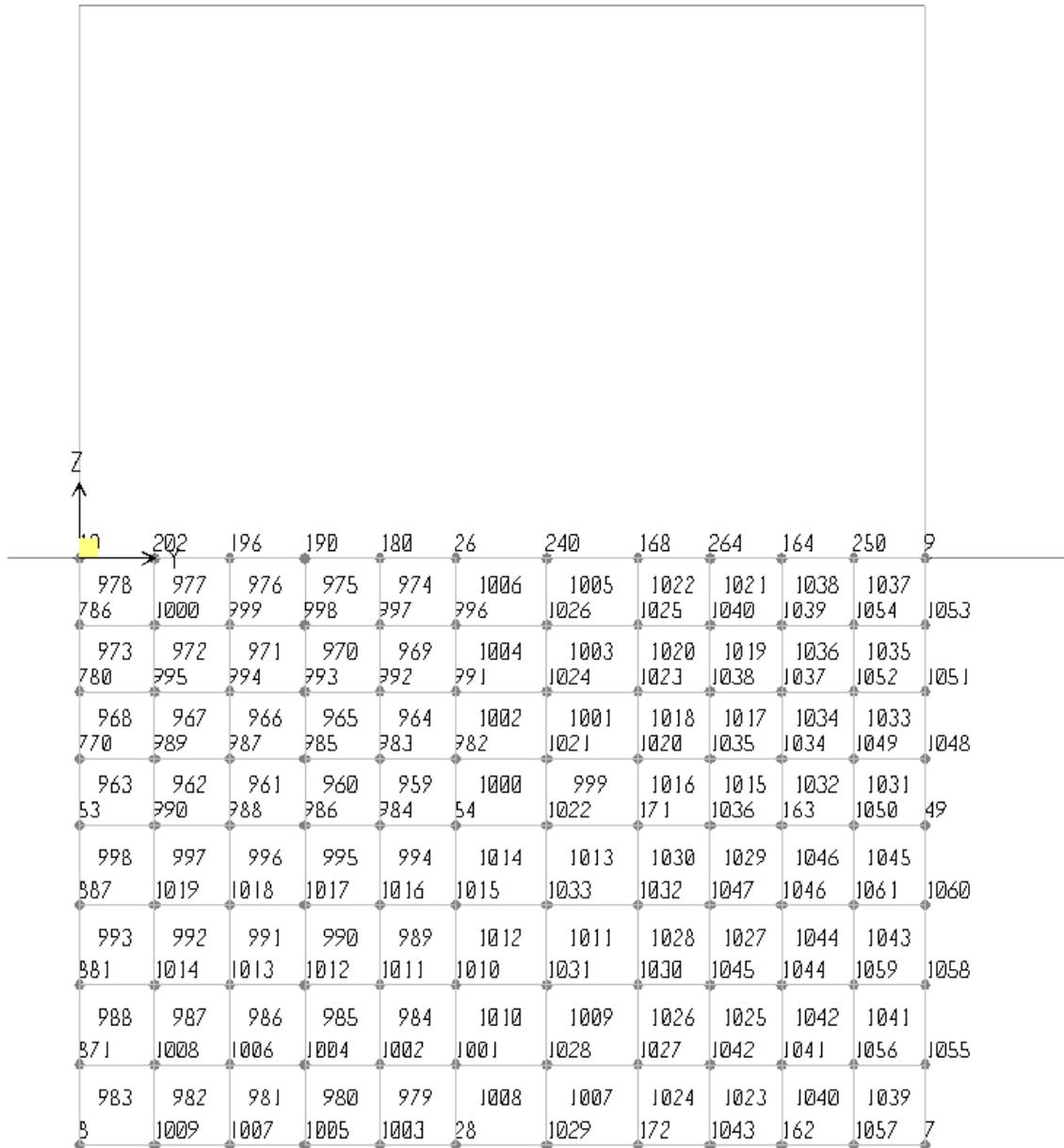
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	34 di 101



Setto in direzione X; Y=6.3m

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	35 di 101



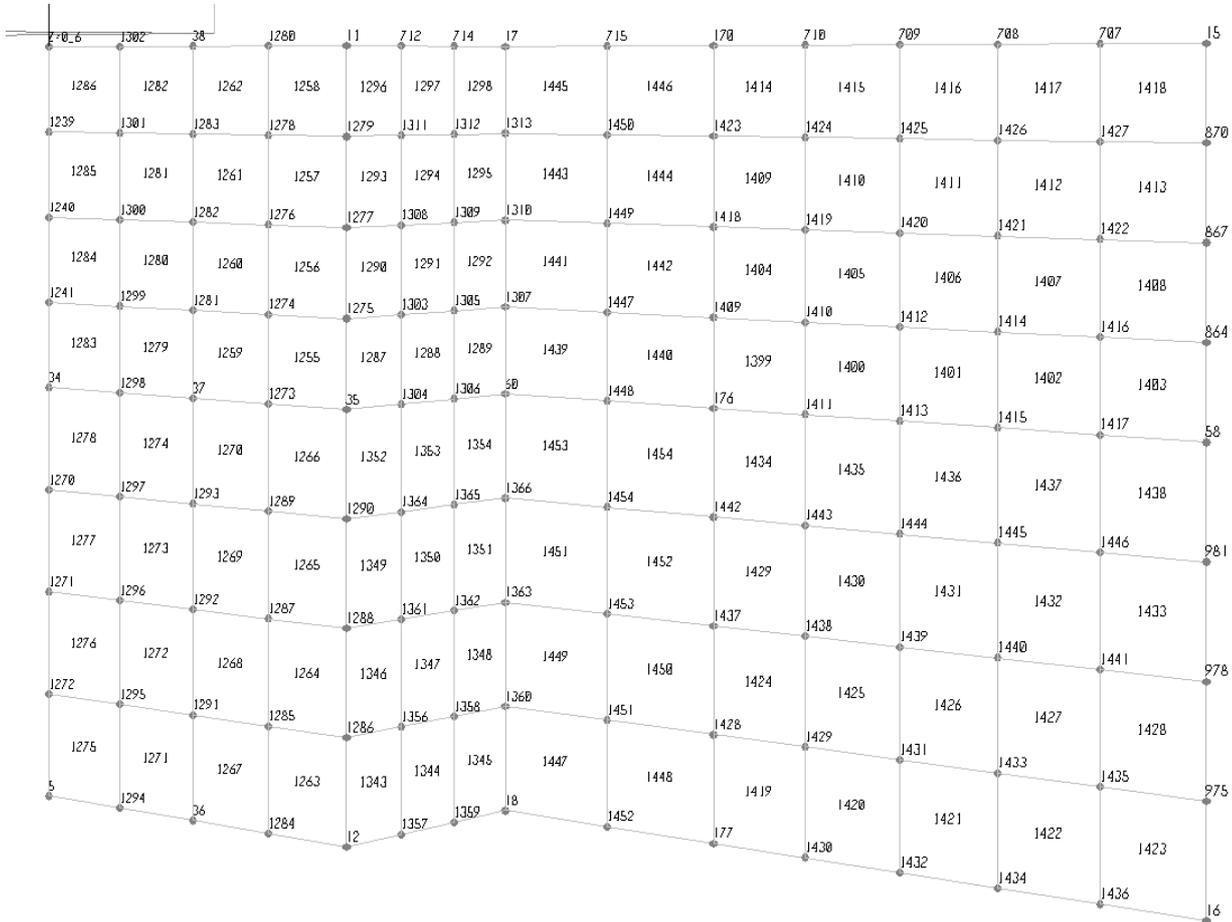
Setto in direzione Y; X=0m



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
 antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	36 di 101



Setto in direzione Y; X=9.9m; X=11.4m

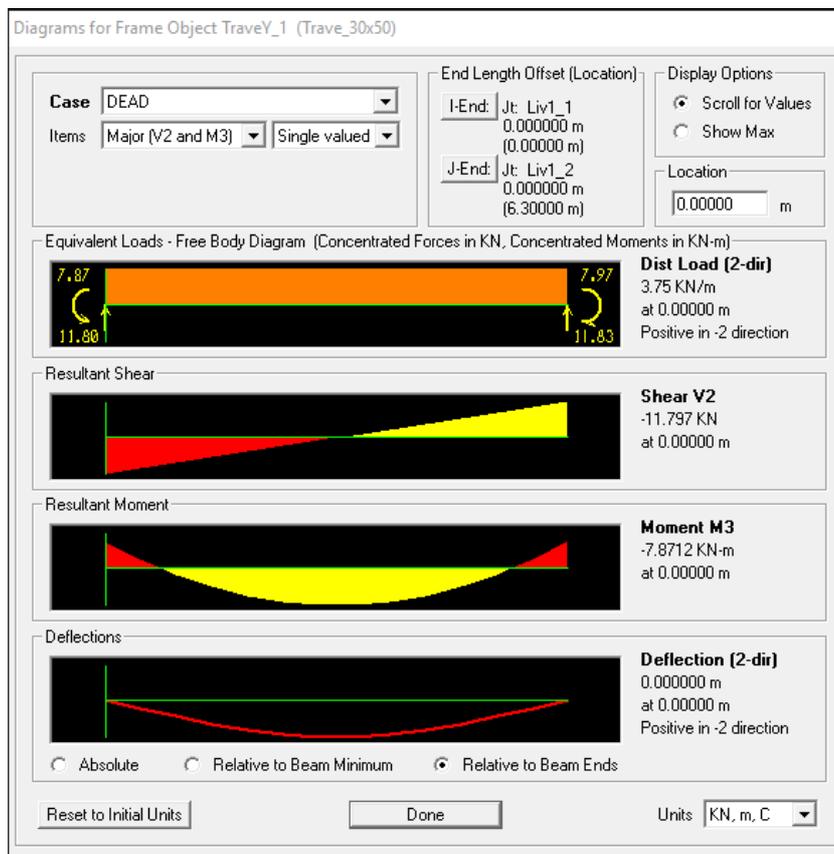
Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	37 di 101

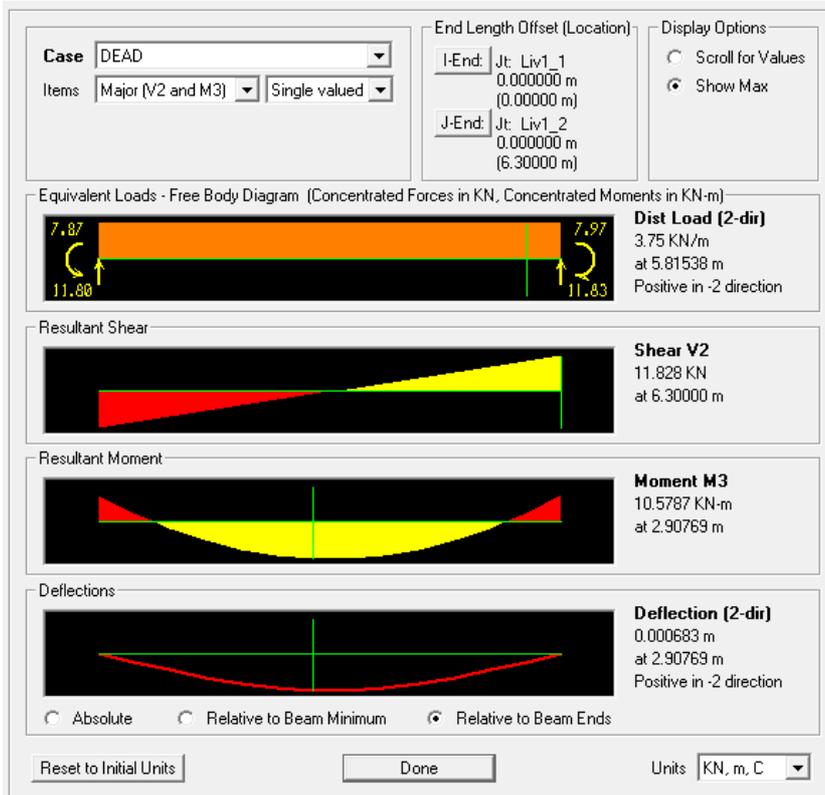
7. GIUDIZIO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

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_1" 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_1 (Trave_30x50)



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: $L = 6.3\text{m}$

$$M_{\text{appoggio}} = -1/12 p L^2 = -12.4\text{ kNm}$$

$$M_{\text{mezzeria}} = 1/24 p L^2 = 6.2\text{ kNm}$$

$$\text{Taglio} = 1/2 p L = 11.8\text{ kN}$$

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 e pari a $7.9\text{kNm} + 10.6\text{ kNm} = 18.5\text{ kNm}$, risulta pari alla somma dei momenti calcolata manualmente pari a 18.6 kNm .



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
 antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	39 di 101

8. ANALISI MODALE

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

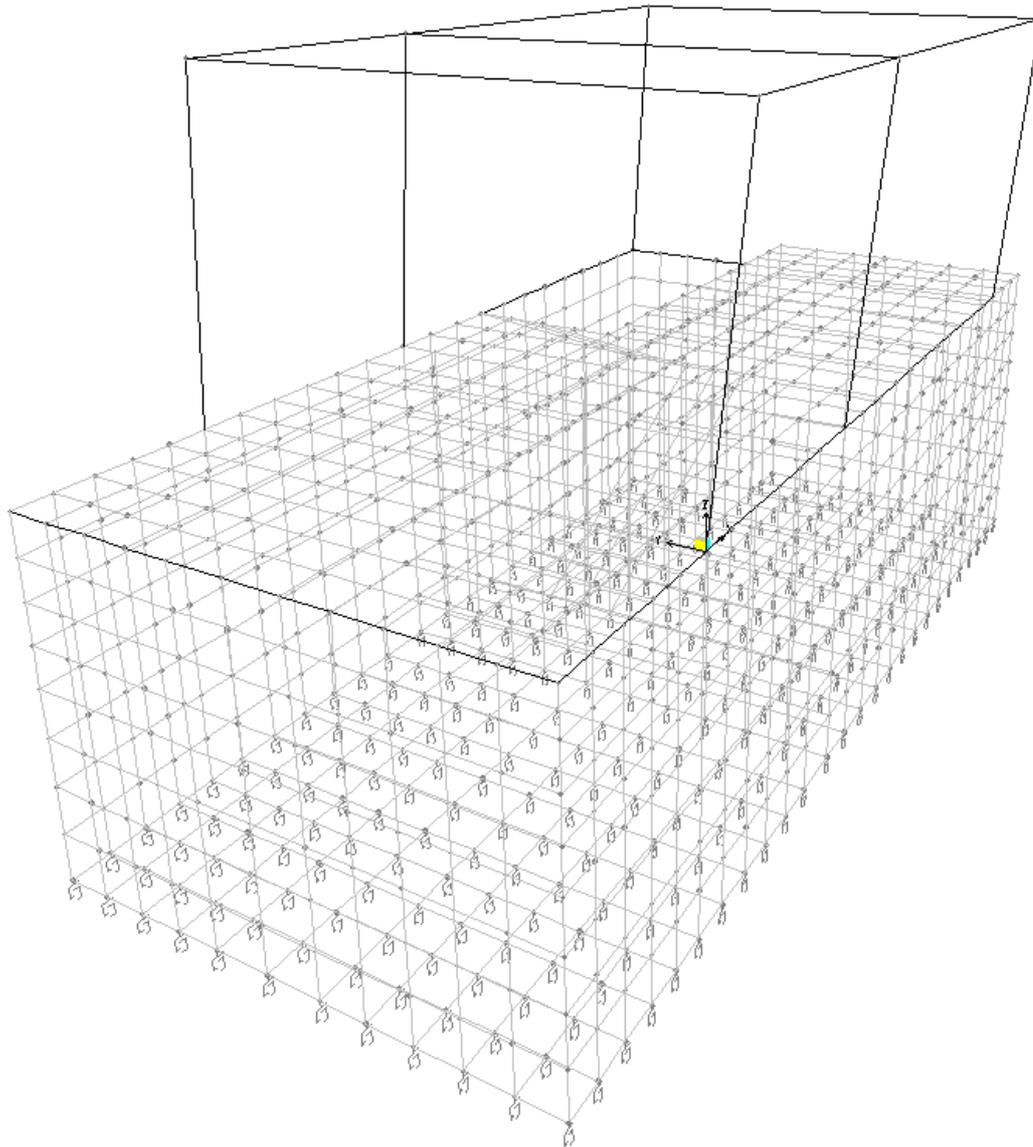
Si riportano di seguito il tabulato e le immagini delle deformate modali dei principali modi di vibrare.

StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Mode	1	0.333370687	1.13E-03	0.930296564	2.36E-09	1.13E-03	0.930296564	2.36E-09
Mode	2	0.247182539	0.137064242	6.52E-02	2.35E-07	0.138198164	0.995521965	2.37E-07
Mode	3	0.222359025	0.861777166	4.47E-03	1.32E-06	0.99997533	0.999993024	1.56E-06

StepType	StepNum	Period	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Mode	1	0.333370687	0.434052996	3.53E-04	0.184928041	0.434052996	3.53E-04	0.184928041
Mode	2	0.247182539	3.03E-02	4.28E-02	0.80453616	0.464323027	4.31E-02	0.989464201
Mode	3	0.222359025	2.13E-03	0.26892397	1.05E-02	0.466457591	0.31203	0.999989053

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

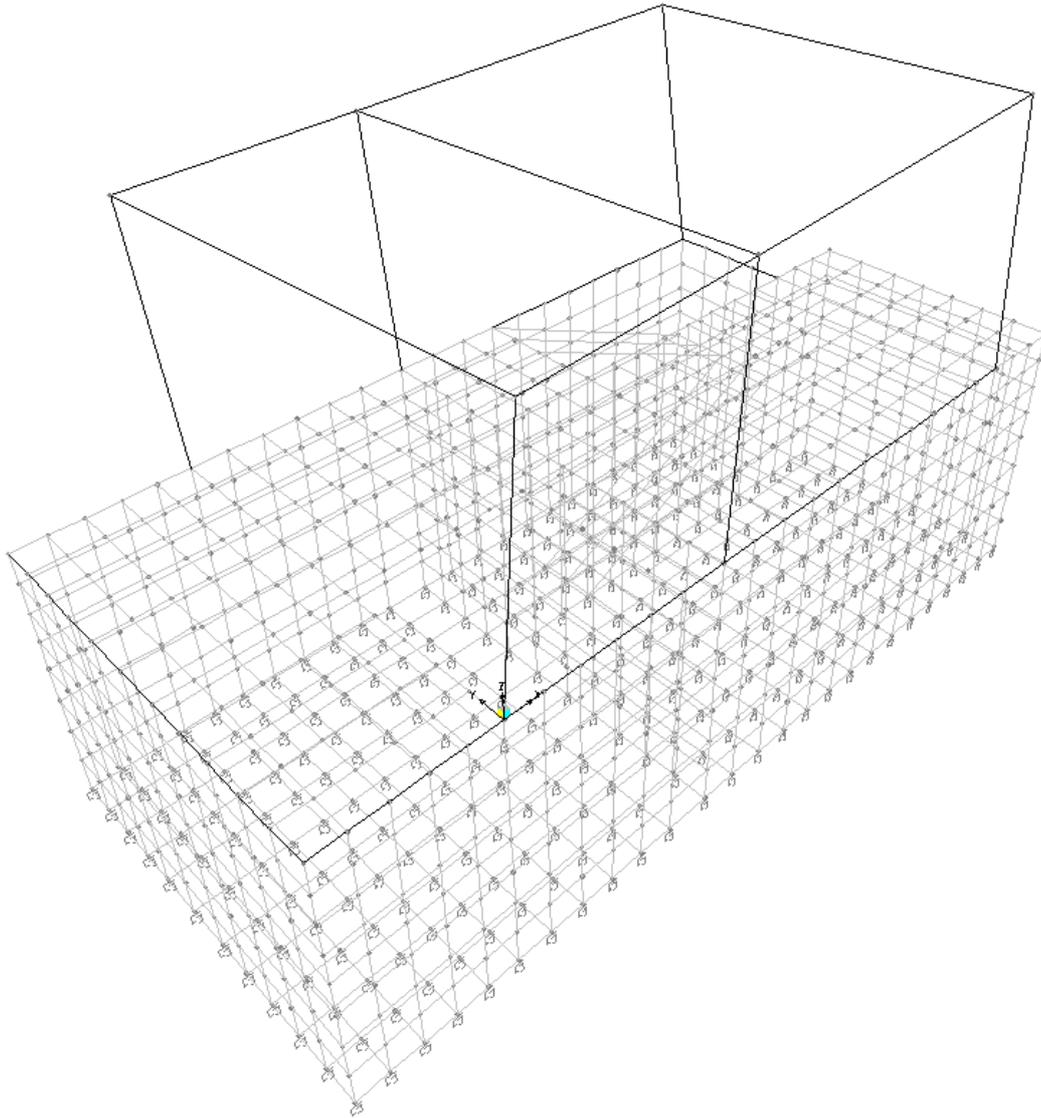
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	40 di 101



Modo n.1

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

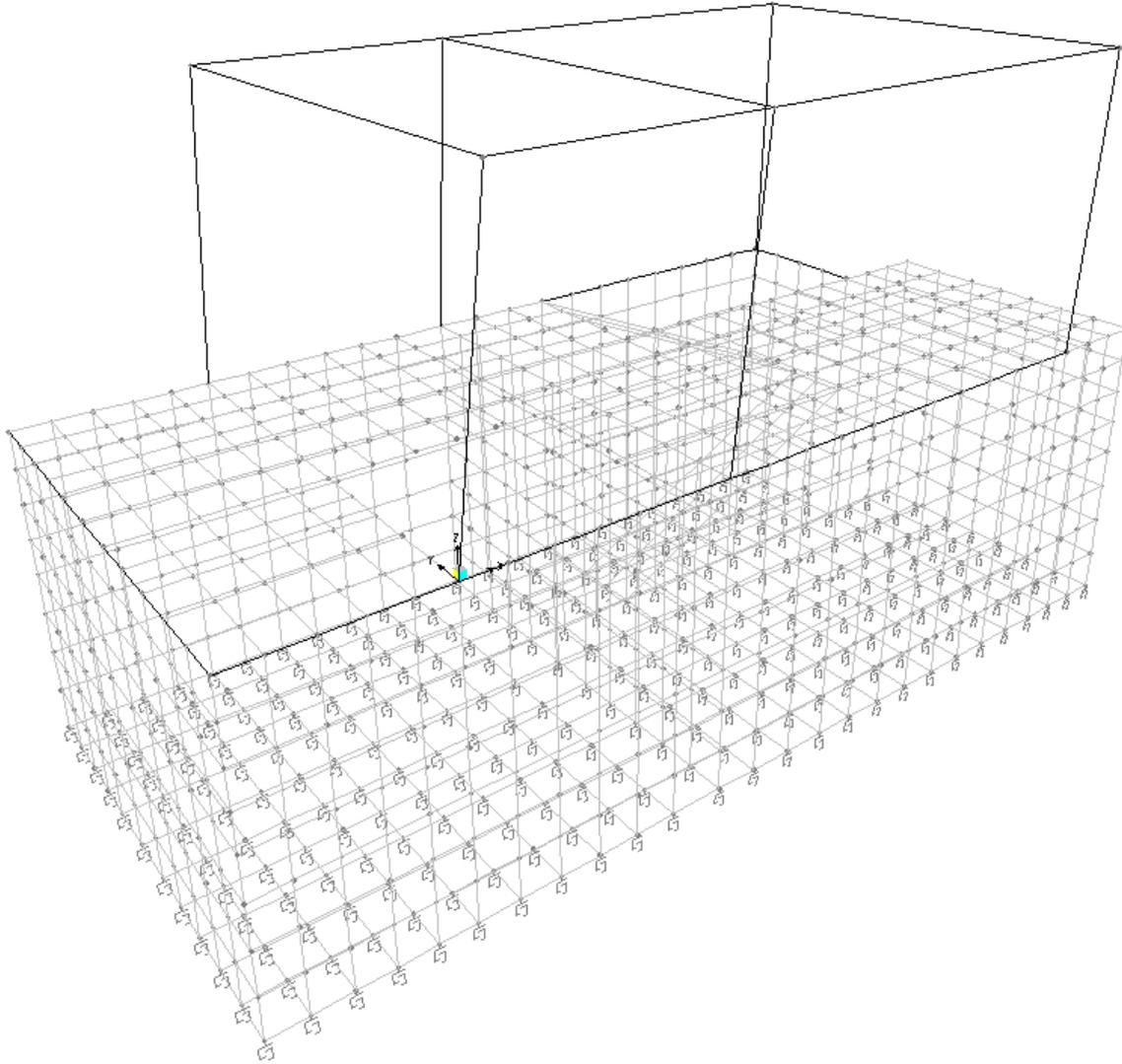
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	41 di 101



Modo n.2

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	42 di 101



Modo n.3

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	43 di 101

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		2.76	kN/mq
Totale carichi permanenti	P=	4.83	kN/mq
Carichi accidentali	Q=	0.50	kN/mq
Neve	Q=	0.71	kN/mq

COMBINAZIONI

SLU PP+PERM		6.83	kN/mq
SLU ACC comb 1		1.28	kN/mq
SLU ACC comb 2		1.07	kN/mq
SLE QUASI PEGMANENTE PP+PERM		4.83	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		4.83	kN/mq

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
 antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	44 di 101

SLE FREQUENTE ACC comb 1	0.00	kN/mq
SLE FREQUENTE ACC comb 2	0.14	kN/mq
SLE RARA PP+PERM	4.83	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	3.69	kN/m
SLU ACC	0.69	kN/m
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	2.61	kN/m
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kN/m
SLE FREQUENTE PP+PERM	2.61	kN/m
SLE FREQUENTE ACC	0.08	kN/m
SLE RARA PP+PERM	2.61	kN/m
SLE RARA ACC	0.46	kN/m
SLU TOT	4.38	kN/m
SLE QUASI PERMANENTE TOTALE	2.61	kN/m
SLE FREQUENTE TOTALE	2.69	kN/m
SLE RARA TOTALE	3.07	kN/m

9.1.1 SOLLECITAZIONI

Per il calcolo delle sollecitazioni sui travetti è stato assunto un modello a trave continua su 3 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	12.22	kNm
SLU ACC	2.44	kNm
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	8.64	kNm
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kNm

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	45 di 101

SLE FREQUENTE PP+PERM	8.64	kNm
SLE FREQUENTE ACC	0.27	kNm
SLE RARA PP+PERM	8.64	kNm
SLE RARA ACC	1.63	kNm

Combinazione SLU	14.66	kNm
Combinazione SLE quasi permanente	8.64	kNm
Combinazione SLE frequente	8.91	kNm
Combinazione SLE rara	10.27	kNm

Momento negativo a travetto appoggio centrale

SLU PP+PERM	13.99	kNm
SLU ACC	2.62	kNm
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	9.89	kNm
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kNm
SLE FREQUENTE PP+PERM	9.89	kNm
SLE FREQUENTE ACC	0.29	kNm
SLE RARA PP+PERM	9.89	kNm
SLE RARA ACC	1.75	kNm

Combinazione SLU	16.61	kNm
Combinazione SLE quasi permanente	9.89	kNm
Combinazione SLE frequente	10.18	kNm
Combinazione SLE rara	11.64	kNm

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

SLU PP+PERM	13.82	kNm
SLU ACC	2.59	kNm
SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM	9.77	kNm
SLE QUASI PERMANENTE ACC	0.00	kNm
SLE FREQUENTE PP+PERM	9.77	kNm
SLE FREQUENTE ACC	0.29	kNm
SLE RARA PP+PERM	9.77	kNm

SLE RARA ACC 1.73 kNm

Combinazione SLU 16.41 kNm

Combinazione SLE quasi permanente 9.77 kNm

Combinazione SLE frequente 10.06 kNm

Combinazione SLE rara 11.50 kNm

Momento negativo a travetto appoggio estremità

SLU PP+PERM 3.70 kNm

SLU ACC 0.69 kNm

SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM 2.62 kNm

SLE QUASI PERMANENTE ACC 0.00 kNm

SLE FREQUENTE PP+PERM 2.62 kNm

SLE FREQUENTE ACC 0.08 kNm

SLE RARA PP+PERM 2.62 kNm

SLE RARA ACC 0.46 kNm

Combinazione SLU 4.40 kNm

Combinazione SLE quasi permanente 2.62 kNm

Combinazione SLE frequente 2.70 kNm

Combinazione SLE rara 3.08 kNm

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

SLU PP+PERM 3.54 kNm

SLU ACC 0.66 kNm

SLE QUASI PERMANENTE PP+PERM 2.50 kNm

SLE QUASI PERMANENTE ACC 0.00 kNm

SLE FREQUENTE PP+PERM 2.50 kNm

SLE FREQUENTE ACC 0.07 kNm

SLE RARA PP+PERM 2.50 kNm

SLE RARA ACC 0.44 kNm

Combinazione SLU 4.20 kNm

Combinazione SLE quasi permanente 2.50 kNm

Combinazione SLE frequente 2.57 kNm

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	47 di 101

Combinazione SLE rara	2.94	kNm
-----------------------	------	-----

Taglio sezione di appoggio centrale

SLU PP+PERM	13.91	kN
-------------	-------	----

SLU ACC	2.61	kN
---------	------	----

Combinazione SLU	16.52	kN
------------------	-------	----

Taglio sezione a filo fascia piena centrale

SLU PP+PERM	12.60	kN
-------------	-------	----

SLU ACC	2.36	kN
---------	------	----

Combinazione SLU	14.96	kN
------------------	-------	----

Taglio sezione di appoggio estremità

SLU PP+PERM	9.52	kN
-------------	------	----

SLU ACC	1.85	kN
---------	------	----

Combinazione SLU	11.37	kN
------------------	-------	----

Taglio sezione a filo fascia piena estremità

SLU PP+PERM	8.62	kN
-------------	------	----

SLU ACC	1.67	kN
---------	------	----

Combinazione SLU	10.30	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
appoggio centrale:	1 ϕ 8 inferiori	1 ϕ 14 + 1 ϕ 16 superiori
appoggi estremità:	1 ϕ 8 inferiori	1 ϕ 10 superiori

Verifica sezione di mezzeria

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	48 di 101

Verifica di resistenza a flessione

Larghezza media zona tesa		0.14	m
Altezza utile		0.163	m
Armatura minima		0.365	cmq
Armatura prevista	1Ø12+1Ø14	2.67	cmq
Momento resistente		16.55	kNm
Momento agente		14.66	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.13	

Verifica tensioni in esercizio

Tensione compressione cls combinazione quasi permanente	5.08	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente = 0.45 fck:	16.8	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione compressione cls combinazione rara	6.04	MPa
Tensione limite in combinazione rara = 0.6 fck:	22.4	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione trazione acciaio combinazione rara	258	MPa
Tensione limite in combinazione rara = 0.8 fyk:	360	MPa
Verifica soddisfatta		

Verifica a fessurazione

Tensione trazione acciaio combinazione quasi permanente	217	MPa
Tensione trazione acciaio combinazione frequente	224	MPa
Tensione trazione cls combinazione quasi permanente	5.5	MPa
Tensione trazione cls combinazione frequente	5.6	MPa
Apertura fessure combinazione quasi permanente	0.146	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		

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	49 di 101

FREQUENTE

c	30	mm
s	66	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	78.8	mm
h _{eff}	78.8	mm
A _{eff}	11035.8	mm ²
ρ	0.024185	-
s _{rm}	102.1	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	217.3	N/mm ²
σ _{sr}	133.2	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.81	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000840	-
w _m	0.0858	mm
w _k	0.146	mm
<=	0.3	mm

QUASI PERMANENTE

c	30	mm
s	66	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	78.8	mm
h _{eff}	78.8	mm
A _{eff}	11035.8	mm ²
ρ	0.024185	-
s _{rm}	102.1	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	224.1	N/mm ²
σ _{sr}	133.2	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.82	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000879	-
w _m	0.0898	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)	162	mm
k	2.00	
f _{ck}	37.4	MPa
A _{sl}	3.55	cmq
b _w	0.14	m
ρ _l	0.01564	-
σ _{cp}	0.0	MPa
V _{min}	0.605	MPa

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	50 di 101

Taglio resistente		21.12	kN
Taglio agente		15.0	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.41	
<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		0.363	cmq
Armatura prevista superiormente	1Ø14+1Ø16	3.55	cmq
Armatura prevista inferiormente	1Ø8	0.50	cmq
Momento resistente		19.2	kNm
Momento agente		16.4	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.17	
<u>Verifica tensioni in esercizio filo F.P. appoggio centrale</u>			
Tensione compressione cls combinazione quasi permanente		12.35	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente		16.8	MPa
Verifica soddisfatta			
Tensione compressione cls combinazione rara		14.54	MPa
Tensione limite in combinazione rara		22.4	MPa
Verifica soddisfatta			
Tensione trazione acciaio combinazione rara		239	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		203	MPa
Tensione trazione acciaio combinazione frequente		209	MPa
Tensione trazione cls combinazione quasi permanente		3.9	MPa
Tensione trazione cls combinazione frequente		4.0	MPa
Apertura fessure combinazione quasi permanente		0.095	mm
Apertura limite fessure combinazione quasi permanente		0.3	mm
Verifica soddisfatta			

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	51 di 101

Apertura fessure combinazione frequente 0.101 mm
 Apertura limite fessure combinazione frequente 0.4 mm
 Verifica soddisfatta

FREQUENTE

c	30	mm
s	64	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	16	mm
A _s	354.82	mm ²
b _{eff}	140	mm
(H-x)/2	61.4	mm
h _{eff}	61.4	mm
A _{eff}	8589.4	mm ²
ρ	0.041309	-
s _{rm}	92.2	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	203.1	N/mm ²
σ _{sr}	175.0	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.63	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000608	-
w _m	0.0560	mm
w _k	0.095	mm

<= 0.3 mm

QUASI PERMANENTE

c	30	mm
s	64	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	16	mm
A _s	354.82	mm ²
b _{eff}	140	mm
(H-x)/2	61.4	mm
h _{eff}	61.4	mm
A _{eff}	8589.4	mm ²
ρ	0.041309	-
s _{rm}	92.2	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	209.0	N/mm ²
σ _{sr}	175.0	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.65	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000646	-
w _m	0.0596	mm
w _k	0.101	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) 165 mm
 k 2.00
 f_{ck} 37.4 MPa

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	52 di 101

A_{sl}		0.79	cmq
b_w		0.14	m
ρ_t		0.0034	-
σ_{cp}		0.0	MPa
v_{min}		0.605	MPa
Taglio resistente		13.98	kN
Taglio agente		10.30	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.36	

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

Larghezza media zona tesa		0.140	m
Altezza utile		0.165	m
Armatura minima		0.370	cmq
Armatura prevista superiormente	1Ø10	0.79	cmq
Armatura prevista inferiormente	1Ø8	0.50	cmq
Momento resistente		5.3	kNm
Momento agente		4.2	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.26	

Verifica tensioni in esercizio filo F.P. appoggio estremità

Tensione compressione cls combinazione quasi permanente		5.16	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente		16.8	MPa
Verifica soddisfatta			
Tensione compressione cls combinazione rara		6.07	MPa
Tensione limite in combinazione rara		22.4	MPa
Verifica soddisfatta			
Tensione trazione acciaio combinazione rara		251	MPa
Tensione limite in combinazione rara		360	MPa
Verifica soddisfatta			

Verifica a fessurazione filo F.P. appoggio estremità

Tensione trazione acciaio combinazione quasi permanente		213	MPa
---	--	-----	-----

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	53 di 101

Tensione trazione acciaio combinazione frequente	220	MPa
Tensione trazione cls combinazione quasi permanente	1.1	MPa
Tensione trazione cls combinazione frequente	1.1	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	1.40	cmq
Armatura prevista	1Ø14+1Ø16	3.55 cmq
Momento resistente	21.96	kNm
Momento agente	16.61	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.32

Verifica tensioni in esercizio

Tensione compressione cls combinazione quasi permanente	5.23	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente	16.8	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione compressione cls combinazione rara	6.16	MPa
Tensione limite in combinazione rara	22.4	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione trazione acciaio combinazione rara	225	MPa
Tensione limite in combinazione rara	360	MPa
Verifica soddisfatta		

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	54 di 101

Verifica a fessurazione

Tensione trazione acciaio combinazione quasi permanente	191	MPa
Tensione trazione acciaio combinazione frequente	197	MPa
Tensione trazione cls combinazione quasi permanente	2.5	MPa
Tensione trazione cls combinazione frequente	2.6	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 estremità

Verifica di resistenza a flessione

Larghezza media zona tesa	0.50	m
Altezza utile	0.17	m
Armatatura minima	1.32	cmq
Armatatura prevista	1Ø10	0.79 cmq
Momento resistente	5.60	kNm
Momento agente	4.40	kNm
Verifica soddisfatta	FS	1.27

Verifica tensioni in esercizio

Tensione compressione cls combinazione quasi permanente	2.42	MPa
Tensione limite in combinazione quasi permanente	16.8	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione compressione cls combinazione rara	2.86	MPa
Tensione limite in combinazione rara	22.4	MPa
Verifica soddisfatta		
Tensione trazione acciaio combinazione rara	239	MPa

Tensione limite in combinazione rara 360 MPa
Verifica soddisfatta

Verifica a fessurazione

Tensione trazione acciaio combinazione quasi permanente 201 MPa

Tensione trazione acciaio combinazione frequente 207 MPa

Tensione trazione cls combinazione quasi permanente 0.7 MPa

Tensione trazione cls combinazione frequente 0.7 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 0.29 cmq

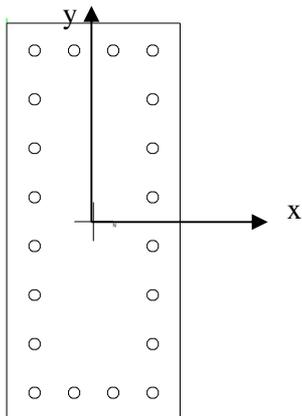
Armatura prevista 1Ø8 0.50 cmq

Verifica soddisfatta FS 1.7

10. VERIFICHE PILASTRI

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: $M2=M_{yy}$)

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

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MIN N	-250.4	39.0	-0.7	SLU
MAX N	-6.7	6.1	101.7	SismaX_SLV
MAX M2	-97.7	168.5	79.0	SismaY_SLV
MAX M3	-118.2	60.8	207.4	SismaX_SLV
MIN M2	-193.8	-159.6	-52.9	SismaY_SLV
MIN M3	-210.4	-67.5	-213.7	SismaX_SLV

Sollecitazioni di taglio:

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

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

	V (kN)
Max V2	80.9
Min V2	-82.6
Max V3	38.6
Min V3	-38.6

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.

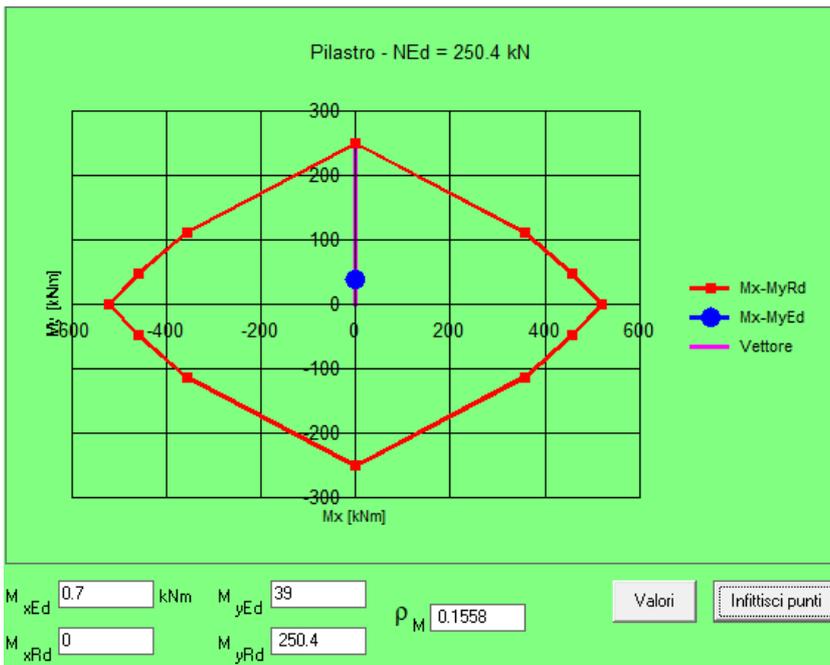
Armatura disposta: **20φ20**

N*	x [cm]	y [cm]	N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	16	3.14	4.8	30.69
2	30	0	17	3.14	4.8	22.06
3	30	70	18	3.14	4.8	13.43
4	0	70	19	3.14	4.8	56.57
			20	3.14	25.2	56.57

Sollecitazioni		P.to applicazione N	
S.L.U.	Metodo n	<input type="radio"/> Centro	<input checked="" type="radio"/> Baricentro cls
N _{Ed} 250.4	0 kN	<input type="radio"/> Coord. [cm]	xN 0
M _{xEd} 0.7	0 kNm		yN 0
M _{yEd} 39	0	Tipo rottura	
		Lato acciaio - Acciaio snervato	

Materiali		M _{xRd} 0 kN m
B450C	C35/45	M _{yRd} 250.4 kN m
ε _{su} 1.975 ‰	ε _{c2} 2 ‰	σ _c -18.99 N/mm²
f _{yd} 391.3 N/mm²	ε _{cu} 2 ‰	σ _s 391.3 N/mm²
E _s 200,000 N/mm²	f _{cd} 19.83	ε _c 1.588 ‰
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0.8	ε _s 1.975 ‰
ε _{syd} 1.957 ‰	σ _{c,adm} 13.5	d 25.2 cm
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0.8	x 11.23 x/d 0.4457
	τ _{c1} 2.257	δ 0.9971

Metodo di calcolo		Tipo flessione	
<input checked="" type="radio"/> S.L.U.+	<input type="radio"/> S.L.U.-	<input checked="" type="radio"/> Retta	<input type="radio"/> Deviata
<input checked="" type="radio"/> Metodo n		N* rett. 100	
Calcola MRd		Dominio Mx-My	
angolo asse neutro θ° 270		<input type="checkbox"/> Precompresso	

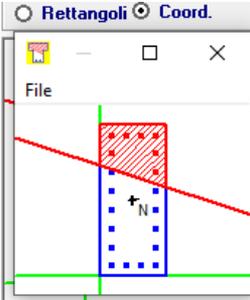


Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	58 di 101

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	70
4	0	70

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
16	3.14	4.8	30.69
17	3.14	4.8	22.06
18	3.14	4.8	13.43
19	3.14	4.8	56.57
20	3.14	25.2	56.57



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN

M_{xEd} 0 kNm

M_{yEd} 0

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.

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ°

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

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} ‰ σ_{c,adm}

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}

τ_{c1}

M_{xRd} kN m

M_{yRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

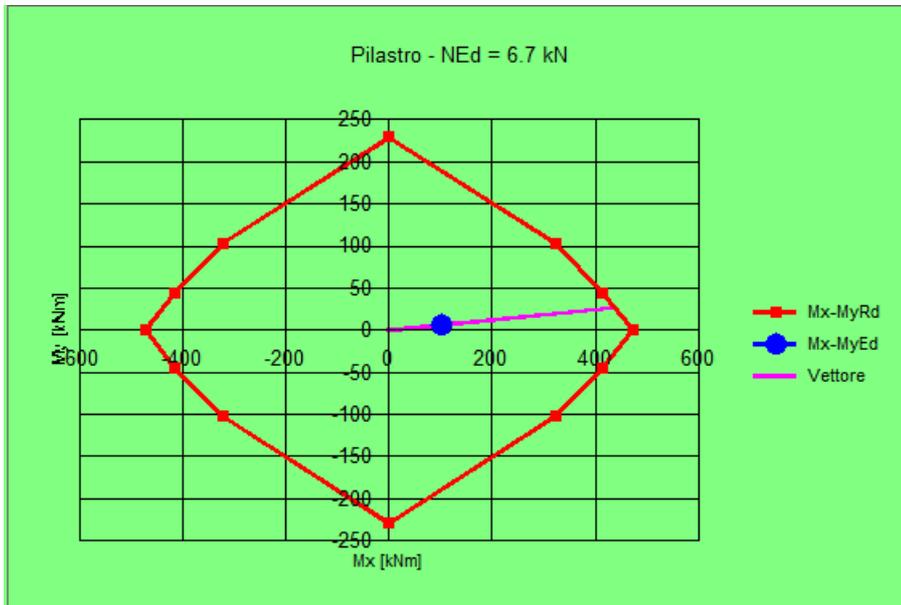
ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d

δ



M_{xEd} kNm M_{yEd}

M_{xRd} M_{yRd}

ρ_M

Valori

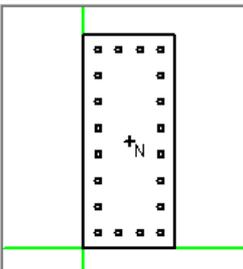
Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLPT2000006 B 59 di 101

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	70
4	0	70

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
16	3.14	4.8	30.69
17	3.14	4.8	22.06
18	3.14	4.8	13.43
19	3.14	4.8	56.57
20	3.14	25.2	56.57

Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 97.7 0 kN
M_{xEd} 79 0 kNm
M_{yEd} 168.5 0

P.to applicazione N

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 Deviata

N* rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 274

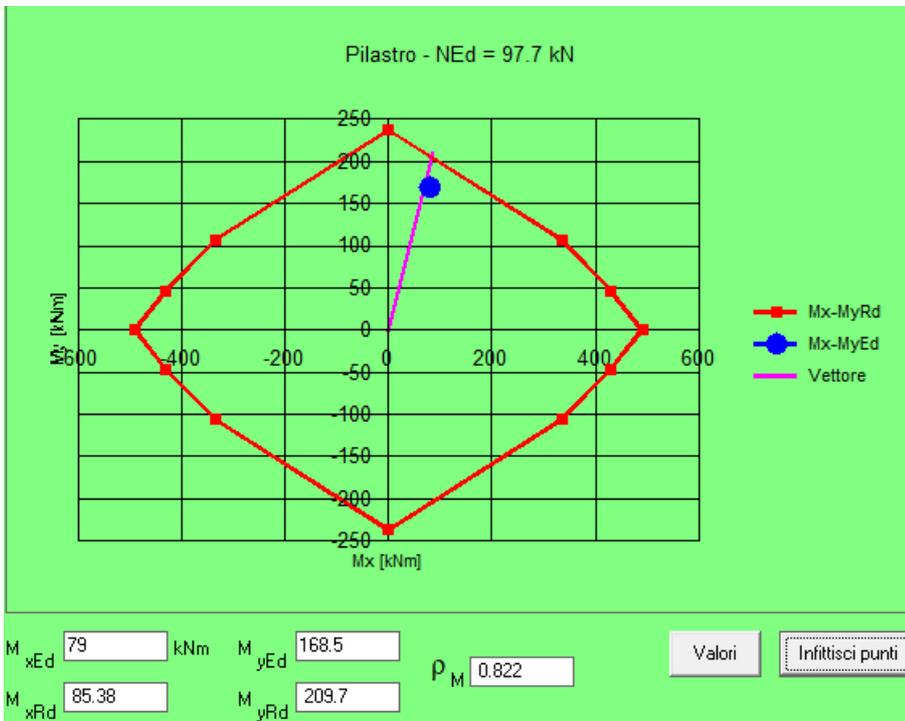
Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε_{su} 1.975 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 2 ‰
E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 19.83
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

M_{xRd} 85.38 kN m
M_{yRd} 209.7 kN m
σ_c -18.84 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 1.553 ‰
ε_s 1.975 ‰
d 29.69 cm
x 13.07 x/d 0.4403
δ 0.9903

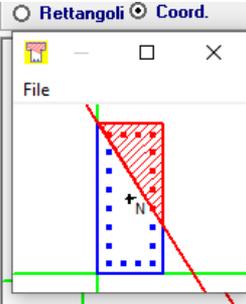


Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	60 di 101

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	70
4	0	70

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
16	3.14	4.8	30.69
17	3.14	4.8	22.06
18	3.14	4.8	13.43
19	3.14	4.8	56.57
20	3.14	25.2	56.57



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 118.2 0 kN

M_{xEd} 207.4 0 kNm

M_{yEd} 60.8 0

P.to applicazione N

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 Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 302

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε_{su} 1.975 ‰ ε_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 2 ‰

E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19.83

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

ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5

σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8

τ_{c1} 2.257

M_{xRd} 347.8 kN m

M_{yRd} 102 kN m

σ_c -19.12 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

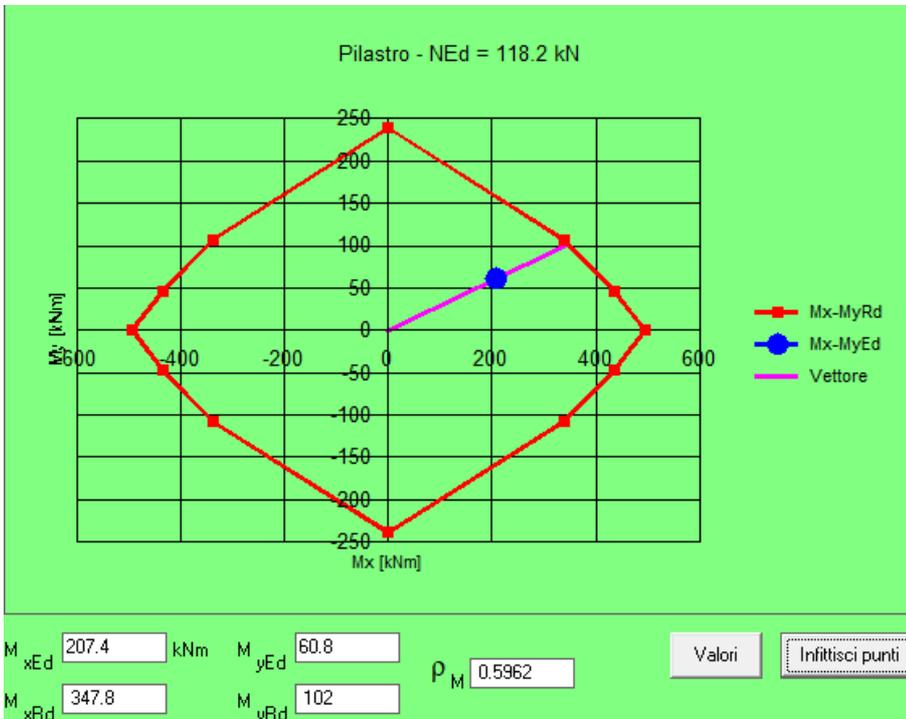
ε_c 1.623 ‰

ε_s 1.975 ‰

d 55.92 cm

x 25.22 x/d 0.4511

δ 1

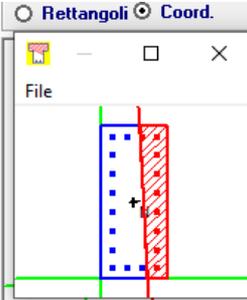


Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLPT2000006 B 61 di 101

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	70
4	0	70

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
16	3.14	4.8	30.69
17	3.14	4.8	22.06
18	3.14	4.8	13.43
19	3.14	4.8	56.57
20	3.14	25.2	56.57



Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 193.8 kN
M_{xEd} 52.9 kNm
M_{yEd} 159.6 kNm

P.to applicazione N
 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 Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

Materiali

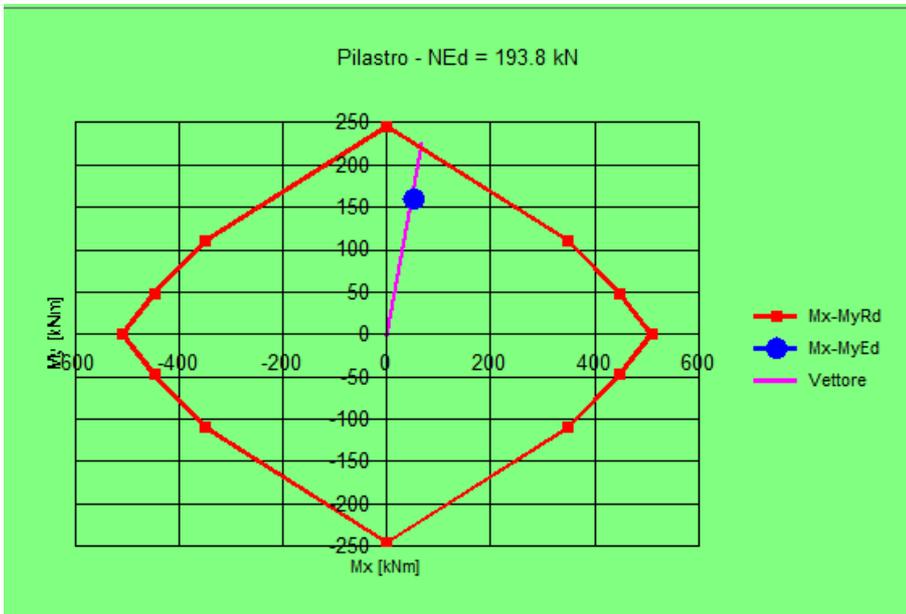
B450C C35/45

ε_{su} 1.975 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 2 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19.83 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

M_{xRd} 67.41 kNm
M_{yRd} 224.4 kNm
σ_c -19.09 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 1.613 ‰
ε_s 1.975 ‰
d 28.58 cm
x 12.85 x/d 0.4495
δ 1

angolo asse neutro θ° 273

Precompresso



M_{xEd} 52.9 kNm M_{yEd} 159.6 kNm ρ_M 0.7177 Valori Infiltrici punti

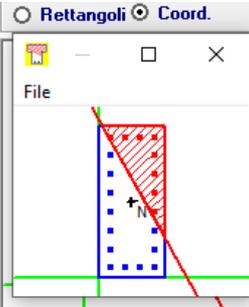
M_{xRd} 67.41 kNm M_{yRd} 224.4 kNm

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLPT2000006 B 62 di 101

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	70
4	0	70

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
16	3.14	4.8	30.69
17	3.14	4.8	22.06
18	3.14	4.8	13.43
19	3.14	4.8	56.57
20	3.14	25.2	56.57



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.

Calcola MRd Dominio Mx-My

Materiali

B450C C35/45

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} kNm

M_{yRd} kNm

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ϵ_c ‰

ϵ_s ‰

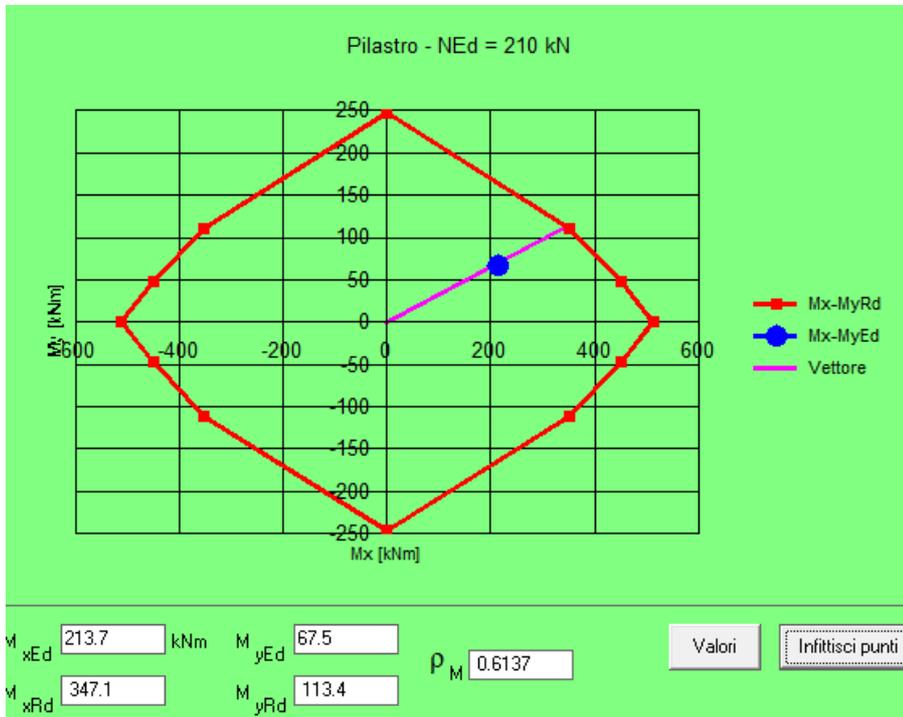
d cm

x x/d

δ

angolo asse neutro θ°

Precompresso



Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	63 di 101

10.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si dispongono staffe $\phi 8/17.5$

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}	98 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		sì [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.55 [-]
		1.55 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0062519 [-]
		0.0062519 [-]

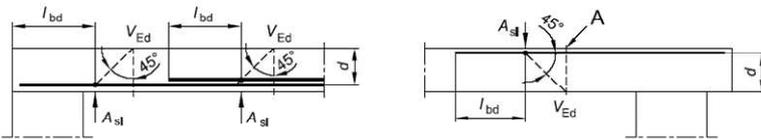
$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c$$

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

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

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

Legenda
A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	106.75 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	82.84 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	106.75 [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	2 [-]
Passo delle staffe	s	175 [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	603 [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}	135.55 [kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f_{cd}	10.63 [MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	961.03 [kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot \theta = 1$	$A_{sw,max}$	855.31 [mm ²]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	135.55 [kN]

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

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

$$z = 0.9d$$

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

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

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

Verifica nella direzione del lato corto (taglio V3):

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	64 di 101

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	76.6 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo	si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.86 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0013298 [-]
		0.0013298 [-]

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

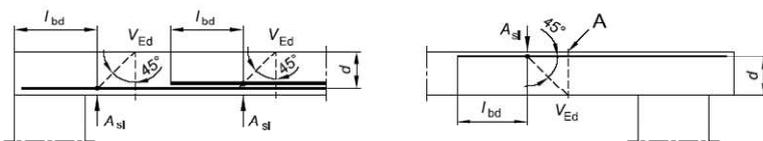
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

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

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	72.10 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	102.81 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	102.81 [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	175 [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	243 [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}	81.94 [kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f_{cd}	10.63 [MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	903.66 [kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	1995.73 [mm ²]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	81.94 [kN]

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

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

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

$$z = 0,9d$$

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

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

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

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	-167.4	24.3	0.7	SLEQP
MAX N	-68.0	-37.3	2.6	SLEQP
MAX M2	-143.7	65.8	16.1	SLEQP
MAX M3	-143.7	65.8	16.1	SLEQP
MIN M2	-145.6	-60.0	11.6	SLEQP
MIN M3	-98.4	15.0	-74.0	SLEQP
MIN N	-167.4	24.4	0.6	SLEFREQ

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	65 di 101

MAX N	-68.0	-37.3	2.7	SLEFREQ
MAX M2	-143.7	65.8	16.1	SLEFREQ
MAX M3	-143.7	65.8	16.1	SLEFREQ
MIN M2	-145.6	-60.0	11.6	SLEFREQ
MIN M3	-98.4	15.0	-74.0	SLEFREQ
MIN N	-180.6	27.5	1.1	SLERARA
MAX N	-72.7	-40.7	2.5	SLERARA
MAX M2	-157.0	73.9	16.4	SLERARA
MAX M3	-157.0	73.9	16.4	SLERARA
MIN M2	-158.9	-67.4	11.3	SLERARA
MIN M3	-107.5	15.1	-82.8	SLERARA

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:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 3.35 / 1,2 = - 2.79 \text{ MPa}$$

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

$$\sigma_{c_Q,PERM} = -3.90 \text{ MPa (comb Max M2 e Min M2)}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -3.90 \text{ MPa (comb Max M2 e Min M2)}$$

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

FREQUENTE

c	38	mm
s	86.3	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	2512	mm ²
b _{eff}	700	mm
(H-x)/2	65.3	mm
h _{eff}	65.3	mm
A _{eff}	45710.4	mm ²
ρ	0.054955	-
S _{rm}	111.5	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	116.7	N/mm ²

QUASI PERMANENTE

c	38	mm
s	86.3	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	2512	mm ²
b _{eff}	700	mm
(H-x)/2	65.3	mm
h _{eff}	65.3	mm
A _{eff}	45710.6	mm ²
ρ	0.054954	-
S _{rm}	111.5	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	116.7	N/mm ²

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	66 di 101

σ_{sr}	100.3	N/mm ²
β_1	1	-
β_2	0.5	-
$(1-\beta_1\beta_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)$	0.63	-
E	210000	N/mm ²
ε_{sr}	0.000350	-
w_m	0.0390	mm
w_k	0.066	mm

<= 0.3 mm

σ_{sr}	100.3	N/mm ²
β_1	1	-
β_2	0.5	-
$(1-\beta_1\beta_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)$	0.63	-
E	210000	N/mm ²
ε_{sr}	0.000350	-
w_m	0.0390	mm
w_k	0.066	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:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 16.81 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

In particolare si ha:

COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ_{cls} +	$\sigma_{cls,LIMITE}$	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MIN N SLEQP	-167	24	167	2.29	16.81	OK
MAX N SLEQP	-68	-37	68	3.33	16.81	OK
MAX M2 SLEQP	-144	66	0	6.16	16.81	OK
MAX M3 SLEQP	-144	66	0	6.16	16.81	OK
MIN M2 SLEQP	-146	-60	0	5.74	16.81	OK
MIN M3 SLEQP	-98	15	0	4.18	16.81	OK
MIN N SLERARA	-181	27	0	2.58	22.41	OK
MAX N SLERARA	-73	-41	0	3.62	22.41	OK
MAX M2 SLERARA	-157	74	0	6.84	22.41	OK
MAX M3 SLERARA	-157	74	0	6.84	22.41	OK
MIN M2 SLERARA	-159	-67	0	6.36	22.41	OK
MIN M3 SLERARA	-108	15	0	4.52	22.41	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:

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

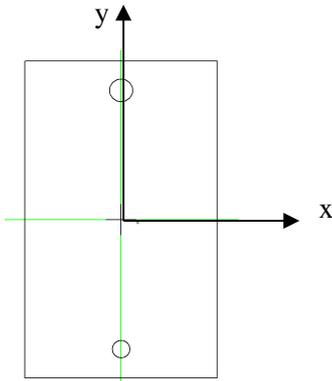
COMB	N (<0 comp.) (kN)	M _y (M22) (kNm)	M _x (M33) (kNm)	σ_{acc} - (MPa)	$\sigma_{acc,LIMITE}$ (MPa)	Verifica
MIN N SLERARA	-181	27	0	-24.60	-360.00	OK
MAX N SLERARA	-73	-41	0	-60.16	-360.00	OK
MAX M2 SLERARA	-157	74	0	-130.83	-360.00	OK
MAX M3 SLERARA	-157	74	0	-130.83	-360.00	OK
MIN M2 SLERARA	-159	-67	0	-97.63	-360.00	OK
MIN M3 SLERARA	-108	15	0	-66.42	-360.00	OK

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

11. VERIFICHE TRAVI 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	154.5	SLU	TraveY_4	2.85
MIN M3	0.0	0.0	-205.3	SismaY_SLV	TraveY_7	0

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	167.1
Min V2	-169.2
Max V3	0
Min V3	0

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	69 di 101

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: **4 ϕ 20**

lembo superiore: **3 ϕ 20**

appoggio

lembo inferiore: **3 ϕ 20**

lembo superiore: **5 ϕ 20**

11.1.1.1 Verifica in mezzeria

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	30	50	1	9.42	5
			2	12.57	45

Sollecitazioni		P.to applicazione N	
S.L.U.	Metodo n	<input type="radio"/> Centro	<input checked="" type="radio"/> Baricentro cls
N _{Ed} 0	0 kN	<input type="radio"/> Coord.[cm]	xN 0
M _{xEd} 167.1	0 kNm		yN 0
M _{yEd} 0	0	Tipo rottura	
		Lato acciaio - Acciaio snervato	

Materiali		M _{xRd} 195.8 kNm
B450C	C35/45	σ_c -14.74 N/mm²
ϵ_{su} 1.975 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰	σ_s 391.3 N/mm²
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 2 ‰	ϵ_c 0.9871 ‰
E_s 200.000 N/mm²	f_{cd} 19.83	ϵ_s 1.975 ‰
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8	d 45 cm
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 13.5	x 15
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.8	x/d 0.3332
	τ_{c1} 2.257	δ 0.8566

Metodo di calcolo

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

Metodo n

Tipo flessione

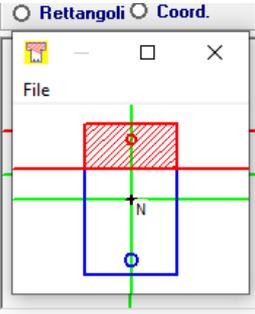
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd

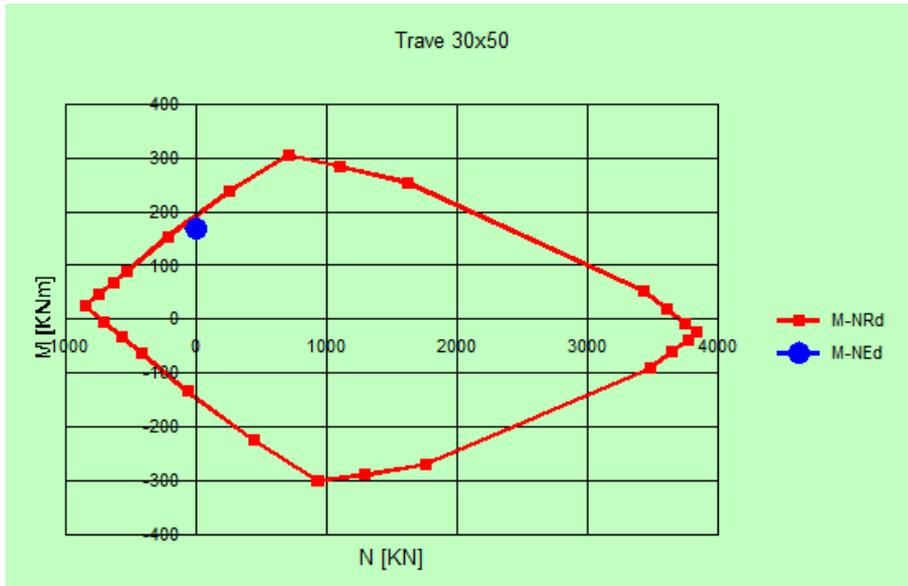
L₀ 0 cm

Precompresso



Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLPT2000006 B 70 di 101



11.1.1.2 Verifica in appoggio

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

N*	As [cm ²]	d [cm]
1	15.71	5
2	9.42	45

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 Deviato

N* rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

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} % σ_{c,adm} ‰

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰

τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

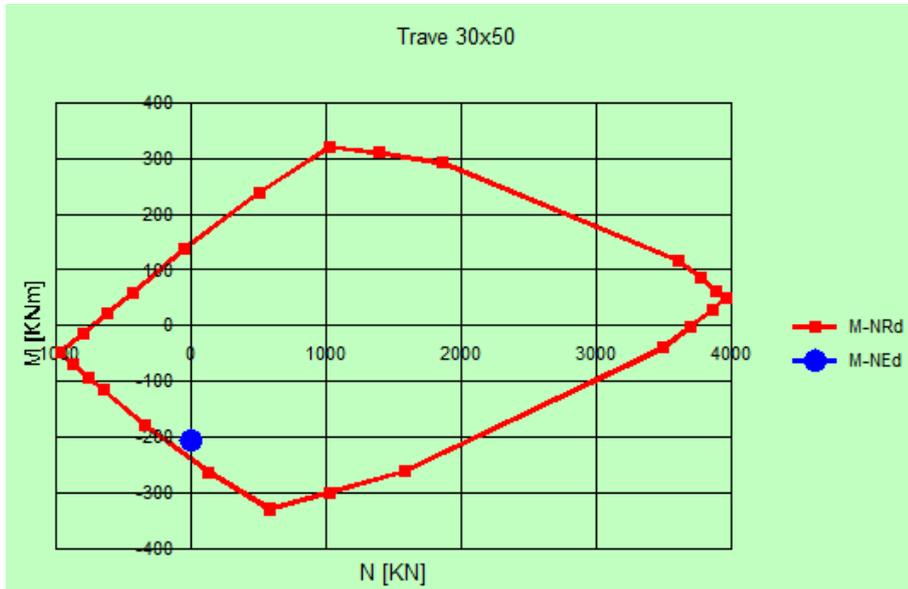
σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ



11.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si dispongono staffe $\phi 10/15$

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}	169.2 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.65 [-]
		1.65 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0111404 [-]
		0.0111404 [-]

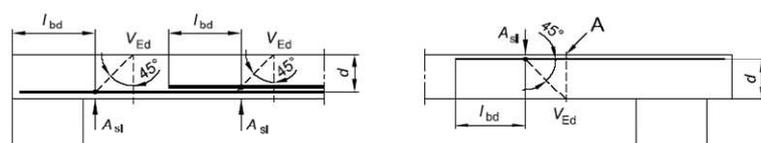
$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

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

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

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

Legenda
A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	97.01 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	64.19 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	97.01 [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 vasca antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	72 di 101

§ 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	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}	157	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	423	[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}	173.33	[kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	10.63	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	674.16	[kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	733.13	[mm ²]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	173.33	[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	98.7	SLEQP
MAX M3	0.0	0.0	98.7	SLEFREQ
MAX M3	0.0	0.0	110.8	SLERARA

Sezione di appoggio:

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MIN M3	0.0	0.0	-71.6	SLEQP
MIN M3	0.0	0.0	-71.6	SLEFREQ
MIN M3	0.0	0.0	-80.6	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:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 3.35/1.2 = - 2.79 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	73 di 101

11.2.1.1 Verifica in mezzeria

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

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -5.44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -5.44 \text{ MPa}$$

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

FREQUENTE

c	40	mm
s	66.67	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	1256.0	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	169.6	mm
h _{eff}	169.6	mm
A _{eff}	50871.8	mm ²
ρ	0.02469	-
s _{rm}	133.8	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	197.7	N/mm ²
σ _{sr}	121.7	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.81	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000763	-
w _m	0.1021	mm
w _k	0.174	mm

<= 0.3 mm

QUASI PERMANENTE

c	40	mm
s	66.67	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	1256.0	mm ²
b _{eff}	300	mm
(H-x)/2	169.6	mm
h _{eff}	169.6	mm
A _{eff}	50871.8	mm ²
ρ	0.02469	-
s _{rm}	133.8	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	197.7	N/mm ²
σ _{sr}	121.7	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.81	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000763	-
w _m	0.1021	mm
w _k	0.174	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:

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -3.72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -3.72 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	74 di 101

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

FREQUENTE

c	40	mm
s	50.00	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	161.9	mm
h _{eff}	161.9	mm
A _{eff}	48557.0	mm ²
ρ	0.032333	-
s _{rm}	120.9	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	115.8	N/mm ²
σ _{sr}	104.3	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.59	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000328	-
w _m	0.0397	mm
w _k	0.067	mm
<=	0.3	mm

QUASI PERMANENTE

c	40	mm
s	50.00	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	161.9	mm
h _{eff}	161.9	mm
A _{eff}	48557.0	mm ²
ρ	0.032333	-
s _{rm}	120.9	mm
f _{ctm}	3.35	N/mm ²
σ _s	115.8	N/mm ²
σ _{sr}	104.3	N/mm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.59	-
E	210000	N/mm ²
ε _{sr}	0.000328	-
w _m	0.0397	mm
w _k	0.067	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:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 16.81 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

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

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

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	99	7.33	16.81	OK
MAX M3 SLERARA	0	0	111	8.23	22.41	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	111	-221.97	-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	-72	4.97	16.81	OK
MAX M3 SLERARA	0	0	-81	5.60	22.41	OK

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

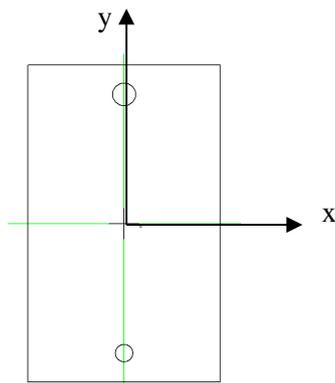
COMB	N (<0 comp.)	M _y (M22)	M _x (M33)	σ _{acc -}	σ _{acc,LIMITE}	Verifica
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(MPa)	(MPa)	
MAX M3 SLERARA	0	0	-81	-130.41	-360.00	OK

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

12. VERIFICHE TRAVI 30X40

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	96.1	SismaX_SLV	TraveX_1	3.45
MIN M3	0.0	0.0	-109.5	SismaX_SLV	TraveX_1	3.45

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	70.3
Min V2	-65.8
Max V3	0
Min V3	0

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.

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	77 di 101

Armatura disposta:

mezzeria:

lembo inferiore: **5 ϕ 16**

lembo superiore: **2 ϕ 16**

appoggio

lembo inferiore: **2 ϕ 16**

lembo superiore: **6 ϕ 16**

12.1.1.1 Verifica in mezzeria

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4.02	4.6
2	10.05	35.4

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 96.1 kNm
M_{yEd} 0

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

Materiali
B450C C35/45
E_{su} 1.975 ‰ E_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 2 ‰
E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 19.83 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
E_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

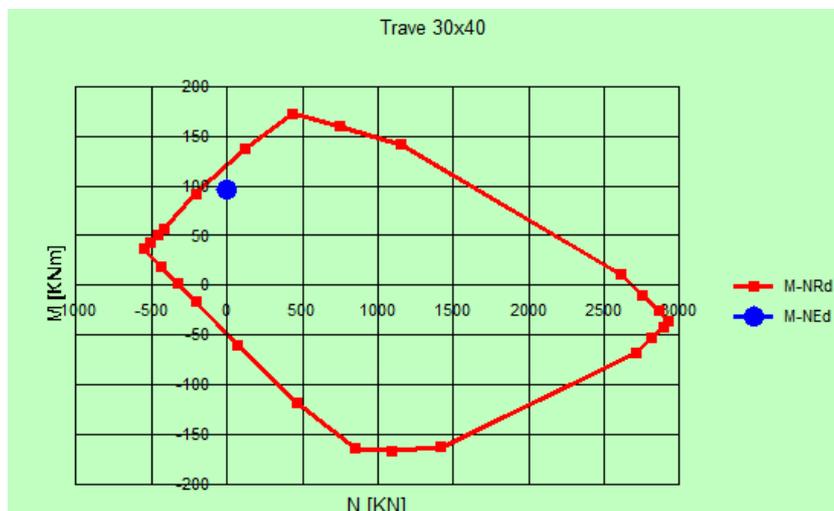
M_{xRd} 121.6 kNm
σ_c -15.79 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 1.097 ‰
ε_s 1.975 ‰
d 35.4 cm
x 12.64 x/d 0.3571
δ 0.8864

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 vasca antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	78 di 101

12.1.1.2 Verifica in appoggio

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	30	40	1	12.06	4.6
			2	4.02	35.4

Sollecitazioni		P.to applicazione N	
S.L.U.	Metodo n	<input type="radio"/> Centro	<input checked="" type="radio"/> Baricentro cls
N _{Ed} 0	0 kN	<input type="radio"/> Coord.[cm]	xN 0
M _{xEd} -109.5	0 kNm		yN 0
M _{yEd} 0	0	Tipo rottura	
		Lato acciaio - Acciaio snervato	

Materiali		M _{xRd} -144.2 kN m
B450C	C35/45	σ _c -17.06 N/mm²
ε _{su} 1.975 ‰	ε _{c2} 2 ‰	σ _s 391.3 N/mm²
f _{yd} 391.3 N/mm²	ε _{cu} 2 ‰	ε _c 1.252 ‰
E _s 200,000 N/mm²	f _{cd} 19.83	ε _{cs} 1.975 ‰
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0.8	d 35.4 cm
ε _{syd} 1.957 ‰	σ _{c,adm} 13.5	x 13.74 x/d 0.388
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0.8	δ 0.9251
	τ _{c1} 2.257	

Metodo di calcolo

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

Metodo n

Tipo flessione

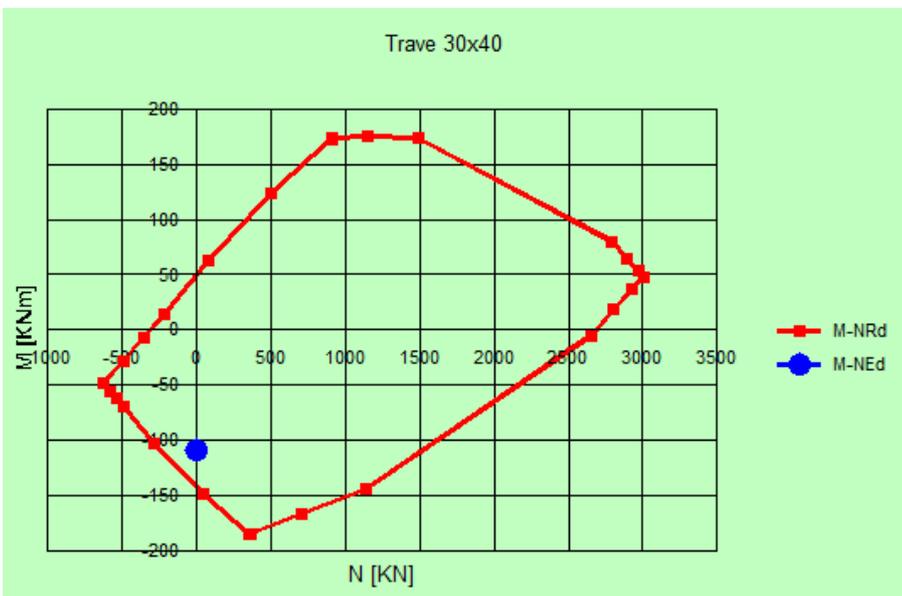
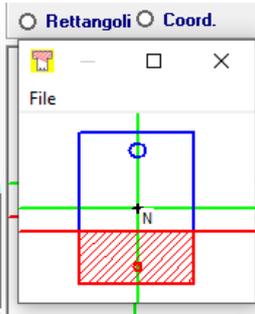
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso



12.1.2 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}	70,3 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		sì [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12 [-]
Coefficiente k	k	1,74 [-]
		1,74 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,0108682 [-]
		0,0108682 [-]

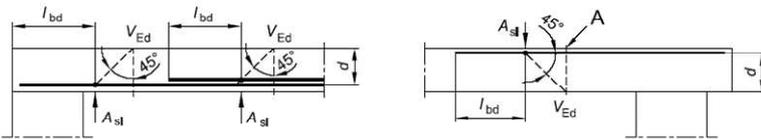
$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

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

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

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

Legenda
A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	79,54 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	54,38 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	79,54 [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

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: $M3=M_{xx}$)

Sezione di campata:

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MAX M3	0.0	0.0	15	SLEQP
MAX M3	0.0	0.0	15	SLEFREQ
MAX M3	0.0	0.0	15	SLERARA

Sezione di appoggio:

	N (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Comb.
MIN M3	0.0	0.0	-24.9	SLEQP
MIN M3	0.0	0.0	-24.9	SLEFREQ
MIN M3	0.0	0.0	-24.9	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:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 3.35 / 1.2 = - 2.79 \text{ MPa}$$

12.2.1.1 Verifica in mezzeria

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

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -1.37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -1.37 \text{ MPa}$$

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

12.2.1.2 Verifica in appoggio

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

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -2.17 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	81 di 101

$$\sigma_{c_FREQ} = -2.17 \text{ MPa}$$

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

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:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 16.81 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

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

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

12.2.2.1 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	15	2.0	16.81	OK
MAX M3 SLERARA	0	0	15	2.0	22.41	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	15	-48.36	-360.00	OK

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

12.2.2.2 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	-25	3.14	16.81	OK
MAX M3 SLERARA	0	0	-25	3.14	22.41	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	-25	-67.51	-360.00	OK

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

13. VERIFICHE SETTI LIVELLO INTERRATO S=0.3m

13.1 STATO LIMITE ULTIMO

Le massime sollecitazioni allo SLU-SLV sono le seguenti.

Sollecitazioni flettenti:

Momento M22 (Vettore momento orizzontale – armatura verticale):

$$M22 = 85 \text{ kNm/m}$$

$$F22 = - 110 \text{ kN/m (compressione)}$$

Momento M11 (Vettore momento verticale – armatura orizzontale):

$$M11 = 55 \text{ kNm/m}$$

$$F11 = - 95 \text{ (compressione)}$$

Sollecitazioni di taglio:

$$V13 = 100 \text{ kN/m (taglio agente sulla faccia verticale del setto)}$$

$$V23 = 110 \text{ kN/m (taglio agente sulla faccia orizzontale del setto)}$$

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 $\phi 16/20 \times 20$

Verifica armature verticali – F22; M22

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10.05	6.9
			2	10.05	23.1

Sollecitazioni		P.to applicazione N	
S.L.U.	Metodo n	<input checked="" type="radio"/> Centro	<input type="radio"/> Baricentro cls
N _{Ed} 110	0 kN	<input type="radio"/> Coord.[cm]	xN 0
M _{xEd} 85	0 kNm		yN 0
M _{yEd} 0	0	Tipo rottura	
		Lato acciaio - Acciaio snervato	

Materiali		M _{xRd} -94.72 kN m
B450C	C32/40	σ_c -12.86 N/mm ²
ϵ_{su} 1.975 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰	σ_s 391.3 N/mm ²
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 2 ‰	ϵ_c 0.8749 ‰
E_s 200,000 N/mm ²	f_{cd} 18.81	ϵ_s 1.975 ‰
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8	d 23.1 cm
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 12.25	x 7.092 x/d 0.307
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.7333	δ 0.8238
	τ_{c1} 2.114	

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

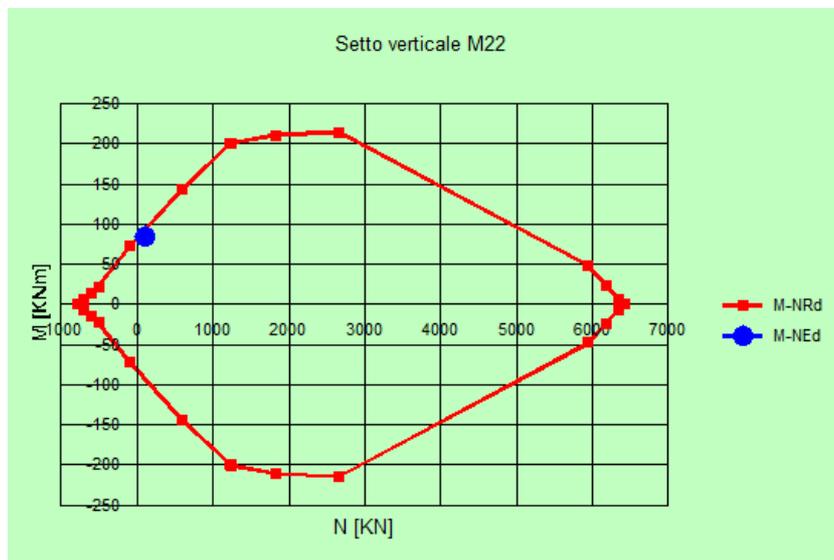
Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso



Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca antincendio

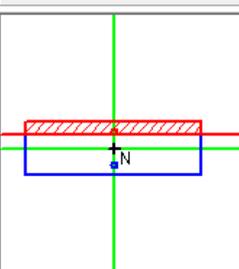
COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLPT2000006 B 84 di 101

Verifica armature orizzontali - F11; M11

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	5.3
2	10.05	24.7

Rettangoli Coord.



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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd

L₀ 0 cm

Precompresso

Sollecitazioni
 S.L.U.

N _{Ed}	95	0	kN
M _{xEd}	55	0	kNm
M _{yEd}	0	0	

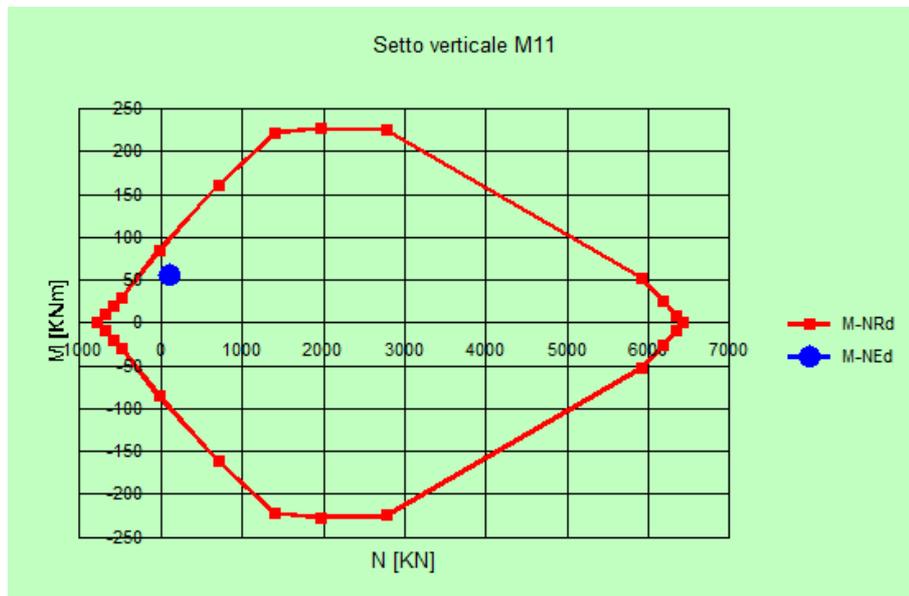
P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

 xN 0
 yN 0

Materiali

B450C	C32/40
ε _{su} 1.975 ‰	ε _{c2} 2 ‰
f _{yd} 391.3 N/mm²	ε _{cu} 2 ‰
E _s 200.000 N/mm²	f _{cd} 18.81
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0.8
ε _{syd} 1.957 ‰	σ _{c,adm} 12.25
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0.7333
	τ _{c1} 2.114

Lato acciaio - Acciaio snervato
 M_{xRd} 98.42 kN m
 σ_c -11.85 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 0.7837 ‰
 ε_s 1.975 ‰
 d 24.7 cm
 x 7.017 x/d 0.2841
 δ 0.7951



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}	100 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.93 [-]
		1.93 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.004352 [-]
		0.004352 [-]

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

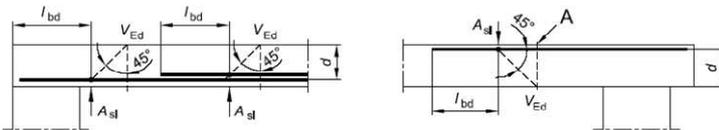
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

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

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	130.34 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	124.95 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	130.34 [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}	110 [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	0.0040701 [-]
		0.0040701 [-]

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

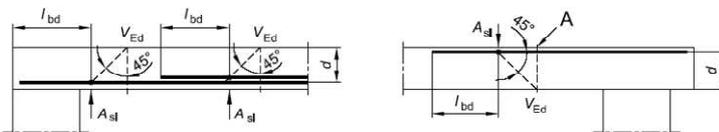
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

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

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	134.12 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	130.44 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	134.12 [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.
-90	47	SLEQP
-94	50	SLEFREQ
-95	50	SLERARA

Momento M11 (Vettore momento verticale – armatura orizzontale):

F11 (kN/m)	M11 (kNm/m)	Comb.
-15	15	SLEQP
-15	17	SLEFREQ
-10	20	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:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 3.10 / 1.2 = - 2.58 \text{ MPa}$$

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

13.2.1.1 Momento M22

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -2.61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -2.78 \text{ MPa}$$

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

QUASI PERMANENTE:

	and_Z=0	U. d.m.
c	69	mm
s	200	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	87 di 101

ϕ	16	mm
A_s	1005.0	mm ²
h_{eff}	109.8	mm
A_{eff}	109800	mm ²
ρ	0.00915	-
S_{rm}	265.4	mm
σ_t	25.82	kg/cm ²
σ_s	1778.0	kg/cm ²
σ_{sr}	2113.0	kg/cm ²
β_1	1	-
β_2	0.5	-
$(1-\beta_1\beta_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)$	0.29	-
E	2100000	kg/cm ²
ϵ_{sr}	0.0003387	-
W_m	0.0899	mm
W_k	0.1528	mm

w limite	0.2	mm
Verifica	OK	

FREQUENTE:

	and Z=0	U. d.m.
c	69	mm
s	200	mm
k_2	0.4	-
k_3	0.125	-
ϕ	16	mm
A_s	1005.0	mm ²
h_{eff}	109.9	mm
A_{eff}	109900	mm ²
ρ	0.00914	-
S_{rm}	265.5	mm
σ_t	25.82	kg/cm ²
σ_s	1900.0	kg/cm ²
σ_{sr}	2119.0	kg/cm ²
β_1	1	-
β_2	0.5	-
$(1-\beta_1\beta_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)$	0.38	-
E	2100000	kg/cm ²

Relazione di calcolo elevazione fabbricato vasca
antincendio

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLPT2000006	B	88 di 101

ϵ_{sr}	0.0003619	-
W_m	0.0961	mm
W_k	0.1633	mm

w limite	0.3	mm
Verifica	OK	

13.2.1.2 Momento M11

$$\sigma_{c_Q,PERM} = -0.84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -0.96 \text{ MPa}$$

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

13.2.2 **VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO**

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

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 19.92 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

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	6.34	OK
SLERARA	6.74	OK

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

COMB	$\sigma_{acc} -$ (MPa)	Verifica
SLERARA	-189.51	OK

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

13.2.2.2 Momento M11

COMB	$\sigma_{cls +}$ (MPa)	Verifica
SLEQP	1.77	OK
SLERARA	2.36	OK

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

COMB	$\sigma_{acc -}$ (MPa)	Verifica
SLERARA	-84.92	OK

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

14. VERIFICHE SOLETTA PIANO TERRA S=0.2M

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):

$$M22 = 25 \text{ kNm/m}$$

$$F22 = 20 \text{ kN/m (trazione)}$$

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

$$M11 = 25 \text{ kNm/m}$$

$$F11 = 2 \text{ (trazione)}$$

Sollecitazioni di taglio:

$$V13 = 35 \text{ kN/m (taglio agente su una sezione parallela a Y)}$$

$$V23 = 45 \text{ kN/m (taglio agente su una sezione parallela a X)}$$

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 $\phi 14/20 \times 20$

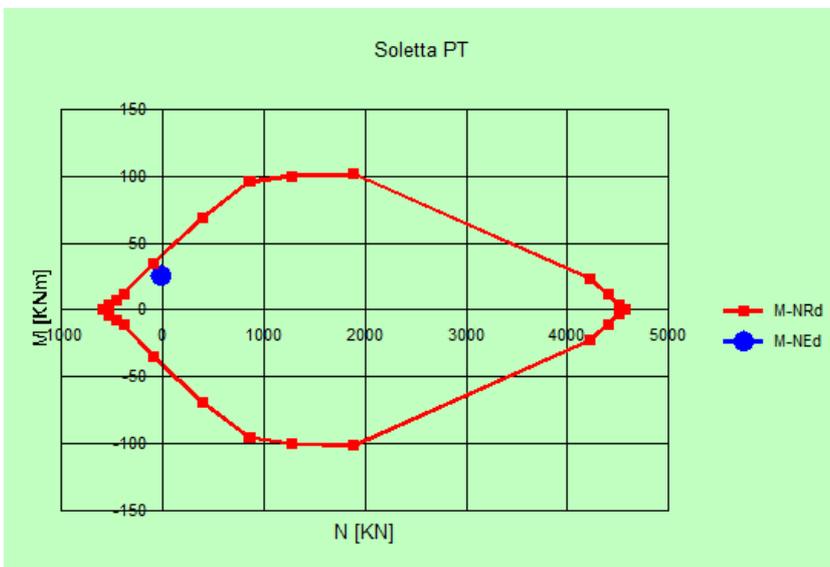
Si riporta la verifica più gravosa:

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	7.70	4.6
			2	7.7	15.4

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

Materiali		M _{xRd}	40.39 kN m
B450C	C35/45	σ _c	-12.31 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	0.7682 ‰
E _s 200,000 N/mm²	f _{cd} 19.83	ε _s	1.957 ‰
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0.8	d	15.4 cm
ε _{syd} 1.957 ‰	σ _{c,adm} 13.5	x	4.341 x/d 0.2819
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0.8	δ	0.7924
	τ _{c1} 2.257		

Metodo di calcolo		Tipo flessione	
<input checked="" type="radio"/> S.L.U. +	<input type="radio"/> S.L.U. -	<input checked="" type="radio"/> Retta	<input type="radio"/> Deviata
Metodo n		N° rett.	100
Calcola MRd		Dominio M-N	
L ₀	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}	45 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	2.14 [-]
		2.00 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.004998 [-]
		0.004998 [-]

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

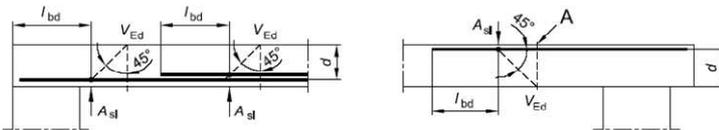
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

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

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	98.05 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	93.17 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	98.05 [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

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.
10	-18	SLEQP
10	-20	SLEFREQ
10	-20	SLERARA

Momento M11 (Vettore momento verticale – armatura orizzontale):

F11 (kN/m)	M11 (kNm/m)	Comb.
1	-17	SLEQP
1.1	-18	SLEFREQ
1.2	-20	SLERARA

F>10: 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:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 3.35 / 1.2 = - 2.79 \text{ MPa}$$

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

14.2.1.1 Momento M22

$$\sigma_{c_Q,PERM} = -2.50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -2.77 \text{ MPa}$$

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

Vengono omesse le verifiche in quanto le sollecitazioni risultano inferiori a quelle relative al momento M22.

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:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck} = 16.81 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

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	5.27	OK
SLERARA	5.85	OK

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

COMB	$\sigma_{acc} -$ (MPa)	Verifica
SLERARA	-196.6	OK

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

14.2.2.2 Momento M11

Vengono omesse le verifiche in quanto le sollecitazioni risultano inferiori a quelle relative al momento M22.

15. VERIFICHE SOLETTA DI FONDAZIONE $S=0.5M$

Per le verifiche di natura geotecnica si rimanda allo specifico elaborato "RS3Z00D26CLPT2000005".

15.1 STATO LIMITE ULTIMO

Le massime sollecitazioni allo SLU-SLV sono le seguenti.

Sollecitazioni flettenti:

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

$$M22 = 85 \text{ kNm/m}$$

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

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

$$M11 = 80 \text{ kNm/m}$$

$$F11 = 0$$

Sollecitazioni di taglio:

$$V13 = 105 \text{ kN/m (taglio agente su una sezione parallela a Y)}$$

$$V23 = 105 \text{ kN/m (taglio agente su una sezione parallela a X)}$$

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.

Viene disposta la seguente armatura:

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

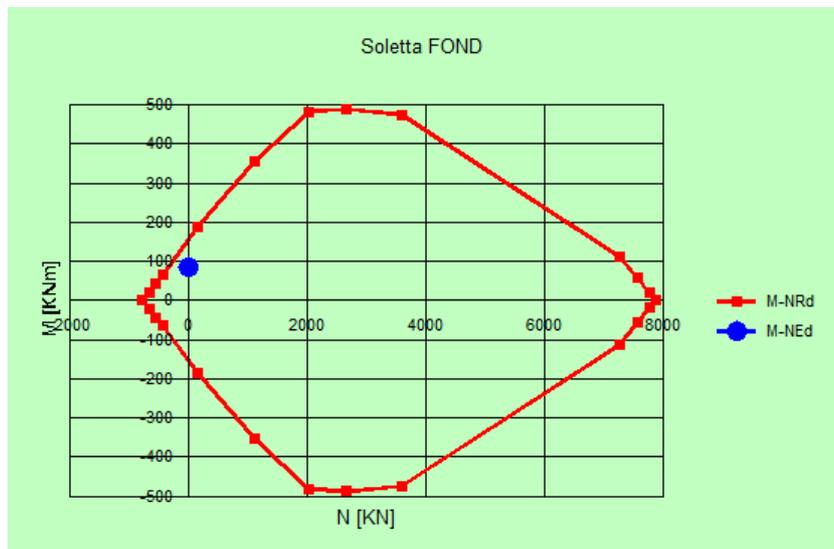
Si riporta la verifica più gravosa:

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	10.05	5.9
			2	10.05	44.1

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} 85	0 kNm		yN 0
M _{yEd} 0	0	Tipo rottura	
		Lato acciaio - Acciaio snervato	

Materiali		M _{xRd} 159.2 kNm	
B450C	C25/30	σ_c -6.786 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 0.5563 ‰	
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 44.1 cm	
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75	x 9.761	x/d 0.2213
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.6		δ 0.7167
	τ_{c1} 1.829		

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



15.1.2 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}	105 [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	0.0022796 [-]
		0.0022796 [-]

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

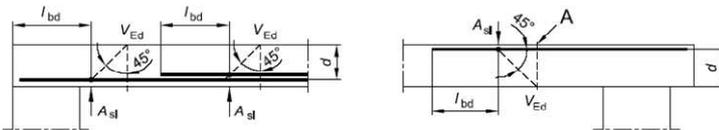
$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00$$

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

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	157.97 [kN]	$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b d$
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	166.73 [kN]	$V_{Rd,min} = (0,035 k^{3/2} f_{ck})^{1/2} b d$
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	166.73 [kN]	Disporre il quantitativo minimo di orditura a taglio

15.2 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	50	SLEQP
0	50	SLEFREQ
0	55	SLERARA

Momento M11 (Vettore momento verticale – armatura orizzontale):

F11 (kN/m)	M11 (kNm/m)	Comb.
0	75	SLEQP
0	75	SLEFREQ
0	80	SLERARA

F>10: trazione

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:

15.2.1.1 Momento M11

$$\sigma_{c_Q.PERM} = -1.63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c_FREQ} = -1.63 \text{ MPa}$$

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

15.2.1.2 Momento M22

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

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:

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

15.2.2.1 Momento M11

COMB	$\sigma_{cls} +$ (MPa)	Verifica
SLEQP	3.42	OK
SLERARA	3.65	OK

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

COMB	$\sigma_{acc} -$ (MPa)	Verifica
SLERARA	-196.0	OK

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

15.2.2.2 Momento M22

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

16. 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 rigidità 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	415	cm
q	1.5	
$d_{r,X,SISMAX}$	0.39	cm
$qd_{r,X,SISMAX}$	0.585	cm
$d_{r,Y,SISMAY}$	0.66	cm
$qd_{r,Y,SISMAY}$	0.99	cm
$qd_{r,MAX}$	0.99	cm

Essendo CU=III:

$qd_r =$	0.99	cm	\leq	$2/3 \times 0.005h = 0.003$	$h =$	1.38	cm	OK	per tamponature fragili
$qd_r =$	0.99	cm	\leq	$2/3 \times 0.0075h = 0.005$	$h =$	2.08	cm	OK	per tamponature duttili