

COMMITTENTE:



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

PROGETTO DEFINITIVO

**NODO DI MILANO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
TRATTA RHO-GALLARATE**

FV01 – FERMATA DI RHO – ADEGUAMENTO STAZIONE ESISTENTE

SCALA:

Relazione di calcolo - Soletta di sbarco piattaforma elevatrice 3 marciapiede

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA / DISCIPLINA PROGR. REV.

M D L 1 1 1 D 4 4 C L F V 0 1 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Ingletti	01/2010	Matera	01/2010	Barelli		

Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma N° A2315
Dott. Ing. Luigi Esposito
U.O. Urbanistica
11/01/2010

File:

n. Elab.:

INDICE

1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	MATERIALI.....	7
4	TRAVE IN C.A. - ANALISI DEI CARICHI.....	8
5	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI TRAVE	9
6	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI PILASTRO.....	9
7	VERIFICHE.....	10
7.1	VERIFICHE TRAVE	10
7.1.1	<i>Verifiche a flessione della trave.....</i>	<i>10</i>
7.1.2	<i>Verifiche a fessurazione della trave.....</i>	<i>11</i>
7.2	VERIFICHE PILASTRO.....	12
7.2.1	<i>Verifiche a pressoflessione del pilastro</i>	<i>12</i>
7.2.2	<i>Verifiche a fessurazione del pilastro.....</i>	<i>13</i>
7.3	VERIFICHE LUNGHEZZE D'ANCORAGGIO DELLE BARRE D'INGHISAGGIO	14
8	CALCOLO INCIDENZA ARMATURA.....	15

1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nella presente relazione viene studiato l'inserimento di una soletta in c.a. per garantire l'accesso alla III banchina mediante l'utilizzo dell'elevatore posto in corrispondenza del sottopasso promiscuo della stazione di Rho.

L'inserimento della soletta comporta la demolizione della pensilina esistente a copertura delle scale e l'inserimento di due pilastri aventi sezione 30 x 30 cm². La soletta di spessore 20 cm, realizzata in c.a., poggia sul lato strada sui due pilastri di progetto ed è inghisata, sul setto esistente, lato sottopasso. La soletta presenta le seguenti dimensioni 2.60 m x 2.10 m x 0.20 m. Per garantire l'alloggiamento della soletta, in corrispondenza del lato sottopasso è prevista, per una lunghezza di 2.10 m, la demolizione di un tratto di trave della larghezza di 30 cm e di spessore pari a 15 cm, in modo tale da poggiare la nuova soletta e consentire l'inghisaggio delle barre di collegamento della nuova struttura all'esistente (vedi Fig.1).

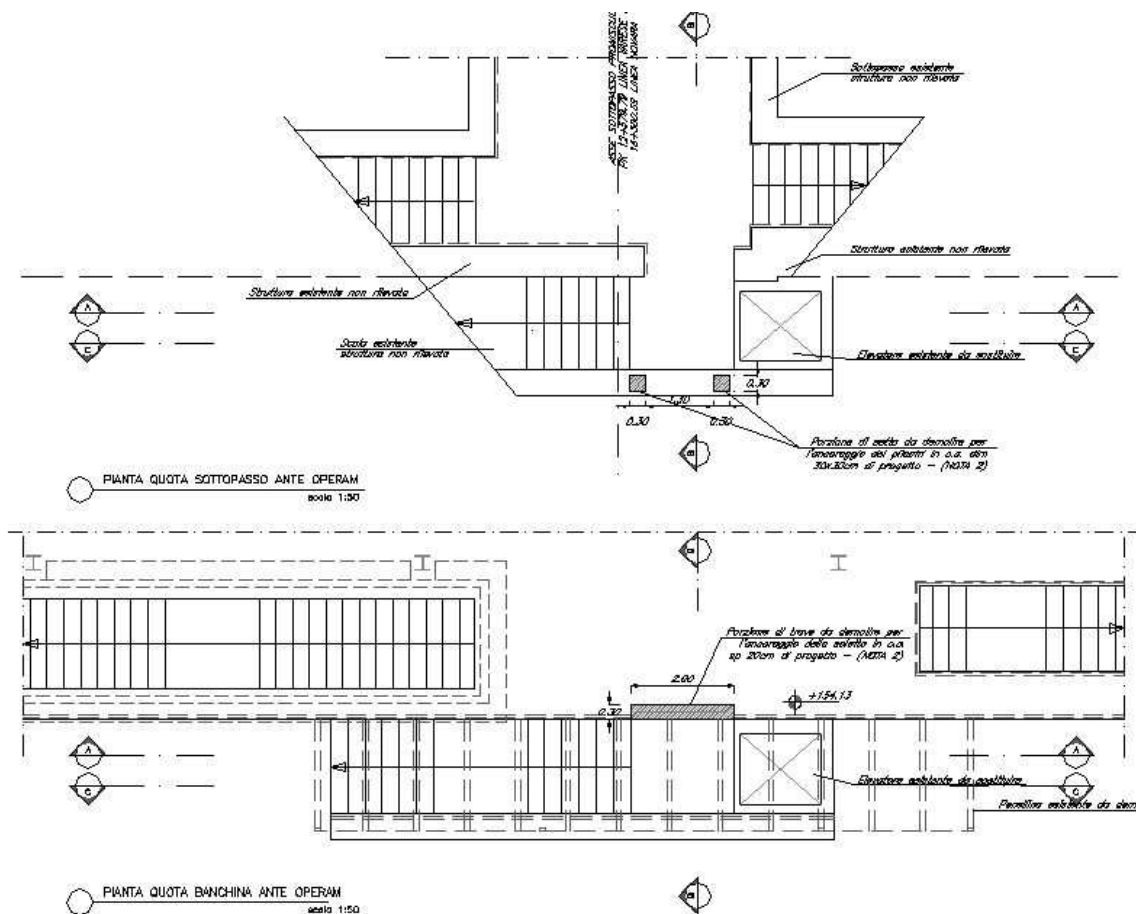
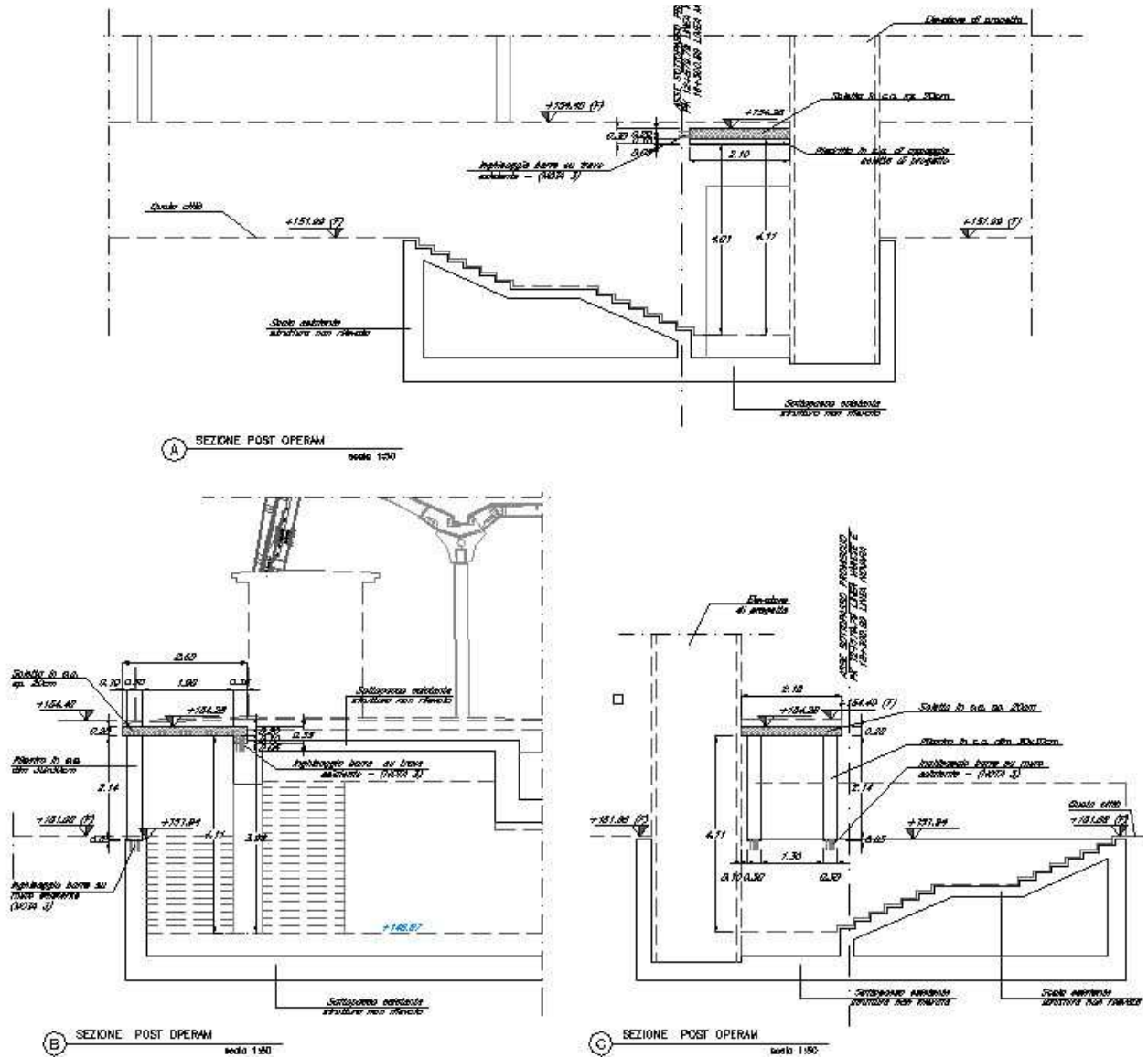


Fig.1 – Pianta delle demolizioni



Così come illustrato nella tavola di Carpenteria relativa all'inserimento della soletta di sbarco piattaforma elevatrice, riportata in parte nelle figure sopra, l'intervento verrà realizzato per fasi:

FASE 1

- la demolizione della pensilina esistente a copertura delle scale lato strada;
- si procede poi con la demolizione di una porzione del setto (30x15 cm²), demolizione necessaria al collegamento della soletta all'esistente;
- la demolizione di una porzione di trave 210x30 cm² sp. 15 cm quota banchina;

FASE 2

- la realizzazione dei due pilastri (30 x 30 cm²);
- la realizzazione di una trave in c.a. (30x45 cm² - L=210 cm) inghisata al setto esistente;
- la realizzazione della soletta in c.a. di spessore 20 cm.

L'intervento di progetto prevede la realizzazione di due pilastri 30 x 30 cm ad interasse 1.60 m inghisati nel setto esistente lato strada.

La successiva realizzazione di una soletta in c.a. dello spessore di 20cm, anch'essa inghisata alla struttura esistente.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sono stati condotti nell'osservanza delle Normative vigenti con particolare riferimento a Leggi, Decreti e Specifiche di seguito riportate:

- **L. 05.11.1971, n. 1086** - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- **D.M. 11.03.1988** - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Circ. 24.09.1988, n.30483** - Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **D.M. 09.01.1996 e 14.02.1992** - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- **D.M. 16.01.1996** - Norme tecniche relative ai "Criteri per generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

- **Circ. 04.07.1996, n.156AA.GG./STC.** - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16.01.1996.
- **Circ. 15.10.1996, n.252AA.GG./STC.** - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 09.01.1996.
- **CNR-UNI 10011/88** - Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- **D.M. 16.01.1996** – Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- **Istruzione FS - (ASA Servizi di Ingegneria) n.44 a** - Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione e il collaudo di cavalcavia e passerelle pedonali sovrastanti la sede ferroviaria
- **Istruzione FS - (ASA Servizi di Ingegneria) n. 44 b** - Istruzioni tecniche per manufatti da costruire in zona sismica.
- **Istruzione FS n.44 I/SC/PS-OM/2298 13.01.97** - Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari – Istruzione per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo.

3 MATERIALI

CALCESTRUZZO

Si assumono le seguenti caratteristiche cubiche minime a compressione:

Magrone $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$

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

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

In conformità alla normativa vigente e delle citate Istruzioni, i massimi valori unitari di tensione da prendere in conto nelle verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili sono:

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

Tensione di compressione $\sigma_c = 11.00 \text{ N/mm}^2$

Tensioni tangenziali $\tau_{c0} = 0.67 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{c1} = 1,97 \text{ N/mm}^2$

ACCIAIO

per tondi di diametro $\leq 26 \text{ mm}$ FeB 44k

per tondi di diametro $\geq 28 \text{ mm}$ FeB 38k

In conformità alla normativa vigente e delle citate Istruzioni, i massimi valori unitari di tensione da prendere in conto nelle verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili sono:

Acciaio tipo FeB 44k $\sigma_s = 255 \text{ N/mm}^2$

Acciaio tipo FeB 38k $\sigma_s = 215 \text{ N/mm}^2$

In accordo alla Tab. 2.2.2.4 delle istruzioni F.S., la tensione dell'acciaio (per le combinazioni TA1 e TA2), i diametri e le distanze tra le barre di acciaio, per limitare gli effetti della fessurazione, risultano:

$\sigma_s \leq 220 \text{ N/mm}^2$ diametro $\leq 20 \text{ mm}$ (massimo interasse barre 200mm)

$\sigma_s \leq 190 \text{ N/mm}^2$ diametro $\leq 24 \text{ mm}$ (massimo interasse barre 250mm)

$\sigma_s \leq 160 \text{ N/mm}^2$ diametro $\leq 30 \text{ mm}$ (massimo interasse barre 300mm)

COPRIFERRO

Soletta: 4 cm

Struttura controterra: 4 cm

4 TRAVE IN C.A. - ANALISI DEI CARICHI

Azioni permanenti

Le azioni permanenti sono quelle relativi ai pesi propri degli elementi strutturali e permanenti portati valutati sulla base delle loro caratteristiche geometriche e dei pesi specifici previsti nella normativa vigente.

In particolare si ha:

- Peso proprio della soletta $0.20 \times 1.30 \times 25$ = 6.50 kN/m;
- Pavimentazione e malta di allettamento = 2 kN/m

Azioni variabili

- Carico accidentale $10 \text{ kN/mq} \times 1.30 = 13 \text{ kN/m}$

5 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI TRAVE

Di seguito si riporta il calcolo delle sollecitazioni relative alla trave di bordo 30x20 che poggia sui piedritti.

In via del tutto conservativa, si scelgono due schemi di calcolo.

Si adotta lo schema di calcolo di trave appoggiata-appoggiata di luce 1.60 m al fine di definire le sollecitazioni massime in termini di momento flettente sulla trave.

Si riporta i valori del momento e del taglio in corrispondenza rispettivamente della mezzeria e dell'appoggio:

Il momento massimo è pari a :

$$M_{\max} = P l^2/8 = 21.50 \times (1.60)^2/8 = 6.90 \text{ kNm}$$

Il taglio massimo è pari a :

$$T_{\max\text{app}} = Pl/2 = 21.50 \times 1.60 /2 = 17.2 \text{ kN}$$

6 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI PILASTRO

Per il pilastro, per l'equilibrio del nodo quando si considera uno schema incastro/incastro per la trave, si considera conservativamente un momento pari a quello trasferito dalla trave considerata perfettamente incastrata. Il taglio sulla trave risulta nel pilastro come sforzo normale.

Per la trave, il momento massimo è pari a :

$$M_{\max\text{inc}} = P l^2/12 = 21.50 \times (1.60)^2/12 = 4.60 \text{ kNm}$$

Il taglio massimo in caso di schema ad incastro è pari a $T_{\max\text{inc}} = T_{\max\text{app}} = 17.2 \text{ kN}$.

7 VERIFICHE

7.1 Verifiche trave

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza per la trave e per il pilastro.

7.1.1 Verifiche a flessione della trave

Sollecitazioni

Momento flettente	M	6.9	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	11.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	20	cm		
Larghezza sezione	B	30	cm		
Armatura compressa (1° strato)	A_{s1}'	3.08	cm ²	2 Ø 14	$c_{s1} =$ 5 cm
Armatura compressa (2° strato)	A_{s2}'	0.00	cm ²	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	A_{s2}	0.00	cm ²	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	A_{s1}	3.08	cm ²	2 Ø 14	$c_{t1} =$ 5 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.3	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	171.1	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e	∞	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u	∞	cm		
Posizione asse neutro	y	5.4	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	686	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	22309.1	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	5837.49	cm ⁴		

Verifica a taglio

Taglio	T	17	kN
Tensione tangenziale	τ	0.42	N/mm ²
	$\tau_{c,0}$	0.67	N/mm ²

Si predispongono comunque una armatura minima a taglio costituita da staffe Ø 10 /20 cm.

**RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA DI SBARCO
PIATTAFORMA ELEVATRICE 3 MARCIAPIEDE**

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 11 D 44 CL FV0100002 A 11/6

7.1.2 Verifiche a fessurazione della trave

Sollecitazioni

Momento flettente	M	6.9	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	11.0	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	2.9	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	20	cm
Larghezza sezione	B	30	cm
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	3.08	cm ² 2 Ø 14 $c_{s1} = 5$ cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0.00	cm ² Ø $c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0.00	cm ² Ø $c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	3.08	cm ² 2 Ø 14 $c_{t1} = 5$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.3	N/mm ² < σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	171.1	N/mm ² < σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm > H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm
Posizione asse neutro	y (M)	5.4	cm
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	686	cm ²
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	22309.1	cm ⁴
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	5837.49	cm ⁴

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	5	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	6	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	159.8	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	5.4	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00046		
Copriferro netto	c'	4.3	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	14.8	cm	
Area efficace	A_{ceff}	444	cm ²	
Armatura nell'area efficace	A_{seff}	3.1	cm ²	
	ρ_r	0.00693		
Distanza tra le barre	s	15.0	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	21.7	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.10	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0.17	mm	

7.2 Verifiche pilastro

7.2.1 Verifiche a pressoflessione del pilastro

Sollecitazioni

Momento flettente	M	4.6	kN m
Sforzo normale	N	17.2	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	11.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	20	cm		
Larghezza sezione	B	30	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	3.08	cm ²	2 Ø 14	$c_{s1} =$ 5 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	3.08	cm ²	2 Ø 14	$c_{t1} =$ 5 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.1	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	84.7	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e	26.7	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u	16.7	cm		
Posizione asse neutro	y	6.3	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	686	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	22309.1	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	6093.04	cm ⁴		

Verifica a taglio

Taglio	T	0	kN
Tensione tangenziale	τ	0.00	N/mm ²
	$\tau_{c,D}$	0.67	N/mm ²

Si predispongono comunque una armatura minima a taglio costituita da staffe Ø 10 /20 cm.

**RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA DI SBARCO
PIATTAFORMA ELEVATRICE 3 MARCIAPIEDE**

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 11 D 44 CL FV0100002 A 13/6

7.2.2 Verifiche a fessurazione del pilastro

Sollecitazioni

Momento flettente	M	4.6	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	11.0	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	2.9	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	20	cm		
Larghezza sezione	B	30	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	3.08	cm ²	2 Ø 14	$c_{s1} =$ 5 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	3.08	cm ²	2 Ø 14	$c_{t1} =$ 5 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.2	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	114.1	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	5.4	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	686	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	22309.1	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	5837.49	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	5	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	6	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	159.8	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	5.4	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00022		
Copriferro netto	c'	4.3	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	14.8	cm	
Area efficace	AC_{eff}	444	cm ²	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	3.1	cm ²	
	ρ_r	0.00693		
Distanza tra le barre	s	15.0	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	21.7	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.05	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0.08	mm	

7.3 Verifiche lunghezze d'ancoraggio delle barre d'inghisaggio

Si riportano di seguito le verifiche della lunghezza di ancoraggio delle barre di spiccato del pilastro seguendo le prescrizioni contenute nel D.M.LL.PP del 9 gennaio 1996 e nella relativa circolare del 15 Ottobre 1996, n. 252 – paragrafo 5.3.3.

Le barre d'inghisaggio saranno prolungate oltre la sezione nella quale sono soggette alla massima tensione in misura sufficiente in modo tale da garantire l'ancoraggio nell'ipotesi di ripartizione uniforme delle tensioni tangenziali di aderenza.

Le tensioni tangenziali di aderenza sono pari a :

$$\tau_b = 3 \tau_{c0} = 3 \cdot 0.67 = 2.01 \text{ N/mm}^2$$

L'ancoraggio (in ogni caso pari a 20 diametri) non deve essere minore di 20 cm.

La lunghezza d'ancoraggio è definita dalla condizione di equilibrio delle forze nella direzione della barra:

$$L_{\text{ancoraggio}} = (\sigma_s \cdot \emptyset) / (4 \cdot \tau_b) = 260 \cdot 14 / (4 \cdot 2.01)$$

Tenendo conto delle sollecitazioni effettive nell'acciaio del pilastro (trazione max pari a 84.7 N/mm²), si definisce il valore seguente dell'ancoraggio :

$$L_{\text{ancoraggio}} = (\sigma_s \cdot \emptyset) / (4 \cdot \tau_b) = 84.7 \cdot 14 / (4 \cdot 2.01) = 147 \text{ mm} < \text{al valore minimo.}$$

Si sceglie quindi una lunghezza pari al minimo prescritto dalla normativa ovvero:

$L_{\text{ancoraggio}}$ pari a 20 diametri e quindi un valore di 280 mm.

8 CALCOLO INCIDENZA ARMATURA

Le incidenze sono come segue:

Armatura longitudinale

Trave – 95 kg/m³

Pilastro - 70 kg /m³

Armatura trasversale

Trave - 60 kg/m³

Pilastro - 35 kg /m³