



COMUNE DI PADOVA

Settore Lavori Pubblici

ELENCO ANNUALE ANNO 2018

PROGETTO ESECUTIVO BASTIONI E QUINTE MURARIE VERSANTE EST LOTTO 6

IMPORTO COMPLESSIVO: EURO 155.175,00

N° Progetto	CUP: H92C15000220004	Elaborato:	
Nome File:	LLPP	RELAZIONE SULLE STRUTTURE	
Data:	EDP 2018/109	E CALCOLO ESECUTIVO	
Progettisti	RUP	Capo Settore	
STUDIO MURATORI & ZANON Arch. Federico Muratori STUDIO CAMPANELLA TESSONI Arch. Michela TESSONI STUDIO TOMBOLAN ASSOCIATI Arch. Davide Tombolan	Arch. Domenico Lo Bosco		

- **RELAZIONE SUI MATERIALI**
- **RELAZIONE DI CALCOLO**

RELAZIONE SUI MATERIALI DA IMPIEGARE

- **ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA**

Acciaio S275JR (Ex Tipo FeB 430);

Caratteristiche meccaniche per acciai laminati a caldo con spessore $s \geq 4\text{mm}$:

$$f_{tk} \geq 430 \text{ Mpa};$$

$$f_{yk} \geq 275 \text{ Mpa};$$

$$\sigma_{amm.} = 190 \text{ Mpa.}$$

$$\tau_{amm.} = 110 \text{ Mpa.}$$

- **BULLONI e BARRE FILETTATE**

Bulloni classe 5.6 e 8.8;

Caratteristiche meccaniche per bulloni classe 5.6:

$$f_{yb} = 300 \text{ Mpa};$$

$$f_{tb} = 500 \text{ Mpa};$$

Caratteristiche meccaniche per bulloni classe 8.8:

$$f_{yb} = 649 \text{ Mpa};$$

$$f_{tb} = 800 \text{ Mpa};$$

RELAZIONE DI CALCOLO

- **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

- **Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)
”Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”
- **Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18**
- **Circolare 2 febbraio 2009, n.617 – Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008**
- **D.M. LL. PP. 11-03-88**
“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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”
- **Circolare Ministeriale del 24-07-88, n. 30483/STC.**
- **Legge 02-02-74 n. 64, art. 1 - D.M. 11-03-88**
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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

1. DESCRIZIONE DELLE OPERE

La presente relazione ha per oggetto la progettazione delle strutture da porre in opera per la realizzazione di due pontili per il collegamento pedonale tra la viabilità ordinaria di terra e gli approdi fluviali sul canale piovego in corrispondenza delle Porte Contarine e di Piazzale Boschetti.

Le strutture da porre in opera saranno realizzate interamente in acciaio con profili di uso commerciale forati in officina e protetti dalla corrosione con zincatura a caldo, ed eventualmente con verniciatura aggiuntiva di pigmentazione a richiesta della Direzione Lavori e della Committenza. Le membrature realizzate in officina saranno assemblate, a mezzo di unioni bullonate, in cantiere dando forma a dei piani inclinati e orizzontali con piano di calpestio in grigliato elettrosaldato e sovrapposta pavimentazione in tavolato ligneo. I piani così ottenuti saranno sostenuti da un sistema di palificate realizzate con pali con anima in tubolare d'acciaio e rivestimento protettivo in resina di PVC adeguatamente infissi nel terreno.

2. ANALISI DEI CARICHI E SCHEMI DI CARICO

ANALISI DEI CARICHI

Peso proprio struttura:

Travi principali secondarie e piastrame: 57 daN/m²

Peso proprio portato:

Tavolato di pavimentazione: 26 daN/m²

Grigliato di pavimentazione: 30 daN/m²

Carico variabile:

Carico distribuito (Cat. C5): 500 daN/m²

Azione Orizzontale su parapetto Carico variabile:(Cat. C5):..... 300 daN/m

La verifica allo stato limite ultimo prevede la seguente combinazione:

$$\gamma_{G_1} G_1 + \gamma_{G_2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q_1} Q_{k1} + \gamma_{Q_2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q_3} \psi_{03} Q_{k3} \cdot \cdot \cdot$$

mentre allo stato limite di esercizio si usa la seguente combinazione:

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

Data la tipologia strutturale delle opere e la loro conformazione in opera, in accordo con quanto previsto dall'aspetto architettonico le membrature sono sintetizzabili con schemi di calcolo del tipo a trave continua su due o tre appoggi a cerniera.

Dal punto di vista sismico si considera l'opera con le seguenti caratteristiche:

- Classe d'uso: III
- Tipologia di terreno: D
- Vita nominale: 50 anni

per cui in considerazione delle coordinate geografiche dei luoghi di installazione degli elementi e delle caratteristiche sismiche locali si ottengono i seguenti parametri di pericolosità sismica:

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T _r [anni]	a _g /g [-]	F ₀ [-]	T [*] _c [s]
Operatività	30	0.030	2.513	0.210
Danno	50	0.037	2.543	0.248
Salvaguardia Vita	475	0.083	2.635	0.337
Prevenzione Collasso	975	0.106	2.614	0.352

L'azione sismica viene determinata con il metodo dell'Analisi Statica Lineare per cui operando con i dovuti elementi nella relazione:

$$F_i = \frac{F_h \times z_i \times W_i}{\sum_j z_j \times W_j}$$

Si ottiene una forza orizzontale massima pari a 210 daN/m².

3. VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Trave portante Principale IPE 300

- *Verifiche di resistenza*

Le sollecitazioni che interessano l'elemento nel caso più gravoso sono:

$$M = 3850000 \text{ Nmm}$$

$$T = 900 \text{ N}$$

La sezione è di Classe 1 ma a favore di sicurezza si esegue la verifica in campo elastico per cui si ha:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \times f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 145880952 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = 0.03 < 1 \quad \text{VERIFICATO!}$$

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \times f_{yk}}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = 3886152 \text{ N}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = 0.01 < 1 \quad \text{VERIFICATO!}$$

- *Verifiche a deformazione*

$$f_d = \frac{P \times l^3}{48 \times E \times J} = 0.07 \text{ mm} \quad \text{VERIFICATO!}$$

Trave portante Secondaria IPE 200

Questo elemento non assume direttamente un compito statico essendo il grigliato di supporto al piano di calpestio ordito in modo tale da insistere sulle travi principali, assume tuttavia un compito di collegamento tra le travi principali parallele del sistema. Pertanto si assegna a favore di sicurezza il carico corrispondente ad un'area d'influenza pari a 1.5 metri utile al dimensionamento anche delle squadrette di collegamento alla trave principale.

- *Verifiche di resistenza*

Le sollecitazioni che interessano l'elemento nel caso più gravoso sono:

$$M = 2250000 \text{ Nmm}$$

$$T = 7500 \text{ N}$$

La sezione è di Classe 1 ma a favore di sicurezza si esegue la verifica in campo elastico per cui si ha:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \times f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 50809523 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = 0.05 < 1 \quad \text{VERIFICATO!}$$

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \times f_{yk}}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = 211695 \text{ N}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = 0.03 < 1$$

VERIFICATO!

Grigliato

La luce massima del grigliato è pari a 1100 mm, dalle tabelle di dimensionamento dei grigliati Tipo Libra si ha la verifica del grigliato alla resistenza e alla freccia come riportato nella seguente scheda di verifica:

Calcolo Portata Carico Distribuito (*)

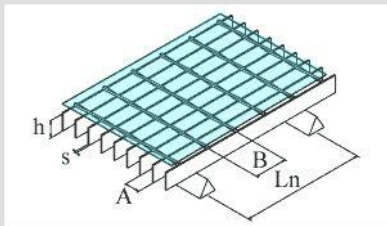
Altezza piatto portante (h) mm	25.0
Spessore piatto portante (s) mm	2.0
Interasse Piatti (A) mm	25.0
Interasse Traversi (B) mm	100.0
Distanza tra gli appoggi (Ln) mm	1100.0
Carico applicato (P) daN/m²	500.0

Nota: 1daN ≈ 1Kg

(*) Il calcolo della portata si riferisce al materiale S235JR secondo UNI EN 10025. Per calcoli con materiale differente, contattare LIBRA INDUSTRIALE SpA

Verifica con carico applicato P Verifica con carico da classe

Portata Verificata	
Peso grigliato grezzo (Stimato) daN/m²	17.241
Peso grigliato grezzo zincato (Stimato) daN/m²	18.275



Nella verifica si è trascurato a favore di sicurezza il contributo alla ripartizione del carico derivante dai morali di supporto del tavolato.

Azione sulla testa dei pali

La massima forza orizzontale sul palo pari a:

$$H = 210 \times 1.75 \times 0.6 = 220.5 \text{ daN}$$

Collegamento Testa palo e IPE 300

La massima forza orizzontale sul palo è pari a:

$$H = 220.5 \text{ daN}$$

pertanto si verifica:

1. la saldatura parallela alla trave:

UNIONE A FLESSIONE E TAGLIO - cordoni paralleli all'azione			
<p>Pianta</p>	INPUT Definizione dell'azione V = 2210 [N] e = 125 [mm] Definizione della geometria dell'unione h = 300 [mm] a _w = 5 [mm] A _w = 1500 [mm ²]	OUTPUT τ _{ij} = 0,74 [N/mm ²] σ _{⊥max} = 1,84 [N/mm ²]	VERIFICA (D.M. 2008) Metodo direzionale EN10210 - S275 H/NH/NLH $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_{yk}}{\beta \gamma_{M2}}$ 2,24 < 404,71 Verificato
	Fondazione Promozione Acciaio		
	_____ _____ _____		
	_____ _____ _____		

2. la saldatura dei piatti di rinforzo ortogonali alla trave :

UNIONE A FLESSIONE E TAGLIO - cordoni paralleli all'azione			
<p>Pianta</p>	INPUT Definizione dell'azione V = 2210 [N] e = 125 [mm] Definizione della geometria dell'unione h = 120 [mm] a _w = 5 [mm] A _w = 600 [mm ²]	OUTPUT τ _{ij} = 1,84 [N/mm ²] σ _{⊥max} = 11,51 [N/mm ²]	VERIFICA (D.M. 2008) Metodo direzionale EN10210 - S275 H/NH/NLH $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_{yk}}{\beta \gamma_{M2}}$ 11,94 < 404,71 Verificato
	Fondazione Promozione Acciaio		
	_____ _____ _____		
	_____ _____ _____		

3. Il sistema di bullonatura per il collegamento con l'IPE300

UNIONI SOLLECITATE A TAGLIO - Forza baricentrica			
	INPUT Definizione dell'azione V = 2210 [N] Definizione della geometria dell'unione db ₁ = 111,80 [mm]	VERIFICA (D.M. 2008 punto 4.1) Classe acciaio EN10210 - S275 H/NH/NLH Classe bulloni _____ Spessori collegati t ₁ = 10 [mm] t ₂ = 10 [mm]	
	OUTPUT - Forza agenti sui singoli bulloni F _{b1} = 552,5 [N] Forza agente su ogni singolo bullone dell'unione		
	Unione normale F _{V,Ed} < F _{V,Rd} 552,50 < 60288,00 Verificato F _{V,Ed} < F _{b,Rd} 552,50 < 146200,00 Verificato		
	Unione resistente allo scorrimento allo SLE F _{V,Ed} < F _{V,Rd} 552,50 < 32697,52 Verificato F _{V,Ed} < F _{V,Rd} 552,50 < 60288,00 Verificato F _{V,Ed} < F _{b,Rd} 552,50 < 146200,00 Verificato		
Fondazione Promozione Acciaio			

Collegamento con squadrette tra IPE 200 e IPE 300

Il massimo carico verticale agente sul collegamento è pari a:

$$V=7500N$$

Per cui con le dimensioni degli elementi strutturali in progetto si ha:

VERIFICA COLLEGAMENTO A SQUADRETTA SECONDO EC3																								
INPUT - Definizione delle caratteristiche dei materiali impiegati																								
Definire la classe dell'acciaio dei profili Acciaio trave = S 275 N/NL/M/ML	Definire le caratteristiche dei bulloni Bulloni classe 8.8	Utilizzare i menu a tendina per definire le caratteristiche dei profili e dei bulloni utilizzati																						
Acciaio angolare = S 275 N/NL/M/ML	Bulloni M 14																							
INPUT - Definizione geometria e dimensioni del collegamento																								
<div style="margin-bottom: 10px;"> Estremità profilo - tipo 2 </div> <div> Allineamento bulloni - tipo 1 </div> <p style="font-size: small;">Inserire le dimensioni richieste con riferimento alle figure</p>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">n_b =</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">a₁ =</td><td style="padding: 2px 5px;">52,00 [mm]</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">a₂ =</td><td style="padding: 2px 5px;">67,00 [mm]</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">n_s =</td><td style="padding: 2px 5px;">1,00</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">h =</td><td style="padding: 2px 5px;">120,00 [mm]</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">a =</td><td style="padding: 2px 5px;">50,00 [mm]</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">p_v =</td><td style="padding: 2px 5px;">60,00 [mm]</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">p_h =</td><td style="padding: 2px 5px;">0,00 [mm]</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">b =</td><td style="padding: 2px 5px;">30,00 [mm]</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">t₁ =</td><td style="padding: 2px 5px;">8,00 [mm]</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">t₂ =</td><td style="padding: 2px 5px;">5,60 [mm]</td></tr> </table>	n _b =	2	a ₁ =	52,00 [mm]	a ₂ =	67,00 [mm]	n _s =	1,00	h =	120,00 [mm]	a =	50,00 [mm]	p _v =	60,00 [mm]	p _h =	0,00 [mm]	b =	30,00 [mm]	t ₁ =	8,00 [mm]	t ₂ =	5,60 [mm]
n _b =	2																							
a ₁ =	52,00 [mm]																							
a ₂ =	67,00 [mm]																							
n _s =	1,00																							
h =	120,00 [mm]																							
a =	50,00 [mm]																							
p _v =	60,00 [mm]																							
p _h =	0,00 [mm]																							
b =	30,00 [mm]																							
t ₁ =	8,00 [mm]																							
t ₂ =	5,60 [mm]																							
INPUT - Definizione delle sollecitazioni di progetto																								
Definire l'azione di taglio sollecitante V _{Sd} con riferimento alle figure		V _{Sd} = 8 [kN]																						
OUTPUT - Verifiche secondo EC3																								
Forza massima agente sui bulloni Verifica a taglio bulloni Verifica rifollamento anima trave Verifica rifollamento piatti giunto Verifica a taglio dell'anima	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$F_{V,Sd,m} \leq F_{V,Rd,tot}$</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F_{V,Sd,m} = 7,29 [kN]</td> <td rowspan="5" style="border: none; text-align: center; vertical-align: middle;"> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>Verificato</td></tr> <tr><td>Verificato</td></tr> <tr><td>Verificato</td></tr> <tr><td>Verificato</td></tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$F_{V,Sd,m} \leq F_{b,Rd}$</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F_{V,Rd,tot} = 46,11 [kN]</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$F_{V,Sd,m} \leq F_{b,Rd}$</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F_{b,Rd} = 67,42 [kN]</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$F_{V,Sd,m} \leq F_{b,Rd}$</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F_{b,Rd} = 96,32 [kN]</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$V_{Sd,u} \leq V_{eff,Rd}$</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">V_{eff,Rd} = 58,33 [kN]</td> </tr> </table>	$F_{V,Sd,m} \leq F_{V,Rd,tot}$	F _{V,Sd,m} = 7,29 [kN]	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>Verificato</td></tr> <tr><td>Verificato</td></tr> <tr><td>Verificato</td></tr> <tr><td>Verificato</td></tr> </table>	Verificato	Verificato	Verificato	Verificato	$F_{V,Sd,m} \leq F_{b,Rd}$	F _{V,Rd,tot} = 46,11 [kN]	$F_{V,Sd,m} \leq F_{b,Rd}$	F _{b,Rd} = 67,42 [kN]	$F_{V,Sd,m} \leq F_{b,Rd}$	F _{b,Rd} = 96,32 [kN]	$V_{Sd,u} \leq V_{eff,Rd}$	V _{eff,Rd} = 58,33 [kN]								
$F_{V,Sd,m} \leq F_{V,Rd,tot}$	F _{V,Sd,m} = 7,29 [kN]	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>Verificato</td></tr> <tr><td>Verificato</td></tr> <tr><td>Verificato</td></tr> <tr><td>Verificato</td></tr> </table>	Verificato		Verificato	Verificato	Verificato																	
Verificato																								
Verificato																								
Verificato																								
Verificato																								
$F_{V,Sd,m} \leq F_{b,Rd}$	F _{V,Rd,tot} = 46,11 [kN]																							
$F_{V,Sd,m} \leq F_{b,Rd}$	F _{b,Rd} = 67,42 [kN]																							
$F_{V,Sd,m} \leq F_{b,Rd}$	F _{b,Rd} = 96,32 [kN]																							
$V_{Sd,u} \leq V_{eff,Rd}$	V _{eff,Rd} = 58,33 [kN]																							

Parapetto

La massima spinta orizzontale per unità di lunghezza è pari a:

$$F_d^H = 450 \text{ daN/m}$$

Per cui si verificano i seguenti elementi:

1. Montante

$$M_{Ed} = 5350000 \text{ Nmm}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \times f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 6111111 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = 0.87 < 1$$

VERIFICATO!

2. Bullonatura

- Taglio

$$M_{Ed} = 5900000 \text{ Nmm}$$

$$V = \frac{5900000}{160} = 36875 \text{ N}$$

$$V^* = 18438 \text{ N (2 sezioni di taglio)}$$

$$F_{v,Rd} = 44160 \text{ N}$$

$$\frac{V^*}{F_{v,Rd}} = 0.42 < 1$$

VERIFICATO!

- Rifollamento

$$V = \frac{5900000}{160} = 36875 \text{ N}$$

$$F_{b,Rd} = 62608 \text{ N}$$

$$\frac{V^*}{F_{v,Rd}} = 0.59 < 1$$

VERIFICATO!

3. Fazzoletti

$$M_{Ed} = 5900000 \text{ Nmm}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \times f_{yk}}{\gamma_{Mo}} = 14142857 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = 0.42 < 1$$

VERIFICATO!

4. Saldatura Fazzoletti

UNIONE A FLESSIONE E TAGLIO - cordoni paralleli all'azione			
<p>Pianta</p>	INPUT Definizione dell'azione V = 590000 [N] e = 10 [mm] Definizione della geometria dell'unione h = 180 [mm] a _w = 10 [mm] A _w = 1800 [mm ²]	OUTPUT τ _{ij} = 163,89 [N/mm ²] σ _{⊥max} = 54,63 [N/mm ²]	VERIFICA (D.M. 2008) Metodo direzionale EN10210 - S275 H/NH/NLH 289,07 < 404,71 Verificato $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta \gamma_{M2}}$
	Fondazione Promozione Acciaio		

IL PROGETTISTA