



COMUNE DI PADOVA

Settore Verde, Parchi, Agricoltura Urbana

PARCO INCLUSIVO SENSORIALE III LOTTO

IN VIA SIENA - ZONA BASSO ISONZO

PROGETTO ESECUTIVO

Importo complessivo €.250.000,00

N° Progetto LLPP OPI 2018/049	CUP	Elaborato	42
Nome file			
Data novembre 2018		Ponticello - strutture: Relazione illustrativa e di calcolo	

Progettisti	RUP	Capo Settore
Arch. Luca Mosole – Comune di Padova Ing. Giuseppe Silvestrini Via Comino n°4 – 35126 Padova	Ing. Paolo Salvagnini	

CARATTERISTICHE GENERALI DELL'OPERA

Si tratta della costruzione di una nuova passerella pedonale di attraversamento del canale Boschette, in località Basso Isonzo.

Il ponte pedonale, di **terza categoria**, presenta luce pari a 9.35 m. Lo schema statico dell'impalcato è di tipo a trave su due appoggi.

La struttura metallica consiste in 2 travi principali longitudinali di bordo in profilati di acciaio tipo HEA 300, travi secondarie trasversali in tubo rettangolare e terzere in tubo quadro. Si prevede un piano di calpestio realizzato da listelli in WPC di spessore pari a 23mm.

La larghezza complessiva dell' impalcato è di 2.60m.

La passerella è protetta verso l'esterno da un parapetto in vetro che non è oggetto di questa relazione.

L'impalcato viene posato su appoggi di tipo fisso nella spalla lato sud, verso il parco, e su appoggi scorrevoli in senso longitudinale nel lato nord, in direzione della palestra "Ilaria Alpi".

Le spalle sono costituite da una trave a L in calcestruzzo armato gettata in opera. I sottostanti micropali di fondazione sono disposti come indicato negli elaborati grafici allegati.

CRITERI DI PROGETTO

La struttura portante viene progettata con criteri antisismici seguendo le prescrizioni del D.M.17.01.2018.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17.01.2018, Nuove Norme Tecniche per le costruzioni.

CARICHI DI ESERCIZIO

Si seguono le istruzioni contenute nel D.M. 17.01.2018, Nuove Norme Tecniche per le costruzioni.

Per la costruzione in oggetto i carichi considerati per il calcolo delle strutture portanti e delle fondazioni sono quelli indicati nei disegni dei particolari costruttivi e nella presente relazione.

In particolare si è considerato un carico variabile sull'impalcato corrispondente alla folla compatta pari a 5 kN/mq, comprensivo di effetti dinamici.

MATERIALI UTILIZZATI

ACCIAIO PER ARMATURE C.A. :

- Tipo B 450 C controllato in stabilimento:
- Tensione minima di snervamento: $f_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$;
- Tensione massima di rottura: $f_u = 5400 \text{ daN/cm}^2$.

CALCESTRUZZO PER STRUTTURE DI FONDAZIONE

- Confezionato con cemento tipo 325; dosatura minima 360 kg/mc.
- Classe di resistenza C28/35;
- Classe di esposizione XC4 (ambiente umido esposto al gelo) secondo ENV 206.
- Copriferro minimo 35 mm, dimensione max inerte 20 mm.
- Classe di consistenza (slump) S4.

MISCELA DI INIEZIONE PER I MICROPALI

- Confezionato con cemento tipo 325; dosatura minima 600 kg/mc.
- Classe di resistenza C28/35;
- Rapporto acqua/cemento ≤ 0.50 ;
- Aggiunta di additivi fluidificanti in quantità di 5-10 kg per metro cubo di impasto.

ACCIAIO PER PROFILATI E PIATTI TIPO S 275 JR

- Tensione minima di snervamento: 2750 daN/cm²;

- Tensione minima di rottura: 4300 daN/cm²;

ACCIAIO PER TUBI STRUTTURALI TIPO S 235 JR

- Tensione minima di snervamento: 2350 daN/cm²;
- Tensione minima di rottura: 3600 daN/cm²;

BULLONI PER GIUNZIONI

- Bulloni ad alta resistenza classe 8.8 con dado 6S.
- Tensione minima di snervamento: 6400 daN/cm²;
- Tensione minima di rottura: 8000 daN/cm²;

SALDATURE

Sono previsti giunti a completa penetrazione di I classe così come definiti dalle vigenti norme (Eurocodice 3) e giunti a cordone d'angolo.

Tutte le saldature dovranno essere in grado di soddisfare ai controlli radiografici previsti dalla normativa, sotto il diretto controllo dell'Istituto Italiano della Saldatura.

CALCOLO DELLA SOLLECITAZIONE SISMICA TRASMESSA DALL'IMPALCATO

Caratteristiche geometriche del fabbricato:

Geometria della pianta:

Lato maggiore in pianta = 9,35 m

Lato minore in pianta = 2,60 m

Caratteristiche del manufatto:

- Vita nominale (2.4.1)	Tipo	2
- Classe d'uso (2.4.2)	Classe	III
- Categoria del suolo (3.2.2)	Cat.	C
- Categoria topografica (Tab. 3.2.III)	Cat.	T2

Parametri sismici:

a_g / g = 0,0932

F_0 = 2,642

T_c^* = 0

Parametri cat. Sottosuolo (Tab. 3.2.IV): S_s = 1,5

Parametri cat. Topografica (Tab. 3.2.V): S_T = 1,2

S = 1,8

ANALISI LINEARE STATICA

CALCOLO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (3.2.3.2.2)

Struttura non dissipativa: $q = 1$, $T = 0$;

Per $0 \leq T < T_B$ (3.2.2)

$S_e(T) = a_g \cdot S =$ = 0,17 g

Impalcato Ponte - Analisi dei carichi :

- Peso proprio impalcato $G_1 + G_2$:

120 x 9,35 x 2,60 = 2917 daN

- Peso proprio parapetto $G_1 + G_2$:

60 x 9,35 x 2,00 = 1122 daN

- Peso proprio sbalzo $G_1 + G_2$:

120 x 2,50 x 0,45 = 135 daN

Totale carichi permanenti : $G =$ 4174 daN

- Carico variabile (Q_1) impalcato:

500 x 9,35 x 2,60 = 12155 daN

- Carico variabile (Q_1) sbalzo:

500 x 2,50 x 0,45 = 563 daN

Totale carichi variabili : $Q =$ 12718 daN

Analisi dei carichi totali del manufatto:

$G =$ 4174 daN

$Q =$ 12718 daN

Sollecitazioni agenti per stato limite ultimo :

Coefficienti parziali (D.M. 17.01.2018 tab. 5.1.V) :

	SFAV.	FAV.
$\gamma_{G1} =$	1,35	1,0
$\gamma_{G2} =$	1,50	0,0
$\gamma_Q =$	1,35	0,0

Valori di coefficienti di combinazione:

(D.M. 17.01.2018 Tab. 5.1.VI)

Azioni da traffico

ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
0,75	0,75	0,0

Combinazione delle azioni (D.M. 17.01.2018 Punto 2.5.3):

- Combinazione fondamentale (2.5.5) impiegata per S.L.U.=

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} * Q_{kj} =$$

Massa W - Impalcato :

$$4174 + 0,0 \times 12718 = 4174 \text{ daN}$$

Massa W_{tot} dell'intero manufatto :

$$= 4174 \text{ daN}$$

CALCOLO DELLE FORZE SISMICA TOTALE SU ANCORAGGI E SPALLE**Parametri di calcolo:** λ per edifici con $T_1 < 2 * T_C$

$$= 1$$

$$F_h = S_d(T_1) * W * \lambda =$$

$$0,17 \times 4174 \times 1 = 700 \text{ daN}$$

VERIFICA DELLE TERZERE IN TUBO 60x60x4 A FLESSIONE E TAGLIO

Inclinazione della trave:	0 /	100	
$\alpha =$		0,000	rad
Luce della trave in pianta	$L^* =$	1,50	m
Luce di calcolo ($L^* / \cos \alpha$) :	$L =$	1,50	m

Analisi dei carichi :

- Peso proprio trave (G1):					
1 x	5,5 x	1,00 =		5,5	daN/ml
- Peso portato (G2):					
1 x	80 x	0,45 =		36,0	daN/ml

Totale carichi permanenti :			$G =$	41,5	daN/ml
- Carico variabile (Q1) :					
1 x	500 x	0,45 =		225	daN/ml
Totale carichi variabili :			$Q =$	225	

Sollecitazioni agenti per stato limite ultimo :

		SFAV.	FAV.
Coefficienti parziali :	$\gamma_{G1} =$	1,35	1,0
	$\gamma_{G2} =$	1,50	0,0
	$\gamma_Q =$	1,35	0,0

Valori di coefficienti di combinazione:

	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Azioni da traffico	0,75	0,75	0,6

Combinazione delle azioni :

- Combinazione fondamentale impiegata per S.L.U.=						
1,35 x	5,5 +	1,5 x	36 +	1,35 x	225 =	
					365	daN/ml

Coefficienti di sicurezza :

Sezioni Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} =$	1,05	
Luce di calcolo :	$l =$	1,50	ml
Coefficiente di momento :	$1/$	8	
Momenti di calcolo :	$M_{ed,x} =$	103	daNm
	$M_{ed,y} =$	0	daNm
Tagli di calcolo :	$V_{ed,x} =$	274	daN
	$V_{ed,y} =$	0	daN

- Profili: N°1 TUBO 60x60x4 acciaio S 235

Tensione di rottura f_{uk}	=	3600	daN/cm ²
Tens. di snervamento f_{yk}	=	2350	daN/cm ²
Modulo elastico E :	=	2100000	daN/cm ²
Modulo di taglio G :	=	700000	daN/cm ²
Coefficiente ϵ	=	1,00	

Proprietà della sezione lorda:

h profilato h =	6,00	cm	W _{x,el} =	14,51	cm ³
Larghezza b =	6,00	cm	W _{y,el} =	14,51	cm ³
spessore anime t _w =	0,40	cm	S _x =	0,00	cm ³
spessore ali t _f =	0,40	cm	S _y =	0,00	cm ³
Area A =	8,96	cmq	W _{x,pl} =	17,64	cm ³
J _x =	43,52	cm ⁴	W _{y,pl} =	17,64	cm ³
J _y =	43,52	cm ⁴	Area int. Ω =	31	cmq
			J _t =	70	cm ⁴

Classe delle anime : $d / t_w = 13 \varepsilon$
 ----> Anime in classe = 1

Classe delle ali (saldate): $b / t_f = 13 \varepsilon$
 ----> Ali in classe = 1

----> Sezione in classe = 1

Verifica dello stato limite ultimo di resistenza della sezione (metodo elastico) :

Resistenza della sezione :

Verifica a flessione :

Per classi 1 - 2 - 3:

$$M_{c,Rd} = M_{El,Rd} = (W_{El,min} * f_{yk}) / \gamma_{M0} = 325 \text{ daNm}$$

Per classi 4:

$$M_{c,Rd} = (W_{eff,min} * f_{yk}) / \gamma_{M0} =$$

$$M_{ed} / M_{c,Rd} = 103 / 325 = 0,32 < 1$$

Verifica a taglio :

$$V_{c,Rd} = (A_v * f_{yk}) / (\sqrt{3} * \gamma_{M0}) = 7371 \text{ daN}$$

Per profilati rettangolari cavi con carico parallelo all'altezza del profilo si assume:

$$A_v = A * h / (b + h) = 4,48 \text{ cmq}$$

Per profilati rettangolari cavi con carico parallelo alla base del profilo si assume :

$$A_v = A * b / (b + h) = 4,48 \text{ cmq}$$

Per sezioni circolari cave e tubi di spessore unif. Si assume

$$A_v = 2A / \pi = 5,70 \text{ cmq}$$

$$V_{ed,X} / V_{c,Rd} = 274 / 7371 = 0,04 < 1$$

Verifica dello stato limite di deformazione :

Spostamenti verticali :

$$\text{Luce di calcolo : } l = 1,50 \text{ ml}$$

$$F_{max} = (5/384 p l^4 / E J_x) = 0,19 \text{ cm}$$

Corrispondente a 1 / 780 della luce.

Limite di deformabilità per solai in generale: 1/400 della luce

VERIFICA DELLE TRAVI IN TUBO 160x80x4 A FLESSIONE E TAGLIO

Inclinazione della trave:	0 /	100	
$\alpha =$		0,000	rad
Luce della trave in pianta	$L^* =$	2,30	m
Luce di calcolo ($L^* / \cos \alpha$) :	$L =$	2,30	m

Analisi dei carichi :

- Peso proprio trave (G1):					
1 x	14,5 x	1,00 =		14,5	daN/ml
- Peso portato (G2):					
1 x	80 x	1,50 =		120	daN/ml
Totale carichi permanenti :	$G =$		134,5	daN/ml	
- Carico variabile (Q1) :					
1 x	500 x	1,50 =		750	daN/ml
Totale carichi variabili :	$Q =$		750		

Sollecitazioni agenti per stato limite ultimo :

		SFAV.	FAV.
Coefficienti parziali :	$\gamma_{G1} =$	1,35	1,0
	$\gamma_{G2} =$	1,50	0,0
	$\gamma_Q =$	1,35	0,0

Valori di coefficienti di combinazione:

	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Azioni da traffico	0,75	0,75	0,0

Combinazione delle azioni:

- Combinazione fondamentale impiegata per S.L.U.=						
1,35 x	14,5 +	1,5 x	120 +	1,35 x	750 =	
					1212	daN/ml

Coefficienti di sicurezza :

Sezioni Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} =$	1,05	
Luce di calcolo :	$l =$	2,30	ml
Coefficiente di momento :	$1/$	8	
Momenti di calcolo :	$M_{ed,x} =$	801	daNm
	$M_{ed,y} =$	0	daNm
Tagli di calcolo :	$V_{ed,x} =$	1394	daN
	$V_{ed,y} =$	0	daN

- Profili: N°1 TUBO 160x80x4 acciaio S 235

Tensione di rottura f_{uk}	=	3600	daN/cm ²
Tens. di snervamento f_{yk}	=	2350	daN/cm ²
Modulo elastico E :	=	2100000	daN/cm ²
Modulo di taglio G :	=	700000	daN/cm ²
Coefficiente ϵ	=	1,00	

Proprietà della sezione lorda:

h profilato h =	16,00	cm	W _{x,el} =	73,61	cm ³
Larghezza b =	8,00	cm	W _{y,el} =	50,33	cm ³
spessore anime t _w =	0,40	cm	S _x =	48,06	cm ³
spessore ali t _f =	0,40	cm	S _y =	29,50	cm ³
Area A =	18,56	cmq	W _{x,pl} =	96,13	cm ³
J _x =	588,90	cm ⁴	W _{y,pl} =	59,01	cm ³
J _y =	201,30	cm ⁴	Area int. Ω =	119	cmq
			J _t =	485	cm ⁴

Classe delle anime : $d / t_w = 38 \varepsilon$
 ----> Anime in classe = 1

Classe delle ali (saldate): $b / t_f = 18 \varepsilon$
 ----> Ali in classe = 1

----> Sezione in classe = 1

Verifica dello stato limite ultimo di resistenza della sezione (metodo elastico) :

Resistenza della sezione :

Verifica a flessione :

Per classi 1 - 2 - 3:

$$M_{c,Rd} = M_{El,Rd} = (W_{El,min} * f_{yk}) / \gamma_{M0} = 1648 \text{ daNm}$$

Per classi 4:

$$M_{c,Rd} = (W_{eff,min} * f_{yk}) / \gamma_{M0} =$$

$$M_{ed} / M_{c,Rd} = 801 / 1648 = 0,49 < 1$$

Verifica a taglio :

$$V_{c,Rd} = (A_v * f_{yk}) / (\sqrt{3} * \gamma_{M0}) = 15268 \text{ daN}$$

Per profilati rettangolari cavi con carico parallelo all'altezza del profilo si assume:

$$A_v = A * h / (b + h) = 12,37 \text{ cmq}$$

Per profilati rettangolari cavi con carico parallelo alla base del profilo si assume :

$$A_v = A * b / (b + h) = 6,19 \text{ cmq}$$

Per sezioni circolari cave e tubi di spessore unif. Si assume

$$A_v = 2A / \pi = 11,82 \text{ cmq}$$

$$V_{ed,X} / V_{c,Rd} = 1394 / 15268 = 0,09 < 1$$

Verifica dello stato limite di deformazione :

Spostamenti verticali :

$$\text{Luce di calcolo : } l = 2,30 \text{ ml}$$

$$F_{max} = (5/384 p l^4 / E J_x) = 0,26 \text{ cm}$$

Corrispondente a 1 / 883 della luce.

Limite di deformabilità per solai in generale: 1/400 della luce

VERIFICA DI TRAVE IN ACCIAIO A FLESSIONE E TAGLIO

Inclinazione media della trave:	0 /	100	
$\alpha =$		0,000	rad
Luce della trave in pianta	$L^* =$	9,35	m
Luce di calcolo ($L^* / \cos \alpha$) :	$L =$	9,35	m

Analisi dei carichi distribuiti:

- Peso proprio trave (G1):					
1 x	88 x	1,00 =		88	daN/ml

Totale peso proprio:			$G1 =$	88	daN/ml
- Carico permanente impalcato (G2):					
1 x	100 x	1,30 =		130	daN/ml
- Carico permanente parapetti (G2):					
1 x	60 x	1,00 =		60	daN/ml

Totale carichi permanenti :			$G2 =$	190	daN/ml
- Carico variabile impalcato (Q1) :					
1 x	500 x	1,30 =		650	daN/ml

Totale carichi variabili :			$Q =$	650	

Analisi dei carichi concentrati:

- Peso proprio struttura portante(G1):					
1 x	0 x	0,00 x	0,00 =	0	daN
- Peso pavimentazione (G2):					
1 x	0 x	0,00 x	0,00 =	0	daN

Totale carichi permanenti : $G =$				0	daN
- Carico variabile (Q1) :					
500 x	0 x	0,00 x	0,00	0	daN

Totale carichi variabili : $Q =$				0	

Sollecitazioni agenti per stato limite ultimo :		SFAV.	FAV.
Coefficienti parziali :	$\gamma_{G1} =$	1,35	1,0
	$\gamma_{G2} =$	1,50	0,0
	$\gamma_Q =$	1,35	0,0
Valori di coefficienti di combinazione:			
	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Azioni da traffico	0,75	0,75	0,0

Combinazione delle azioni :

- Combinazione fondamentale impiegata per S.L.U.=					
1,35 x	88,3 +	1,5 x	190 +	1,35 x	650 =
					1282 daN/ml
- Combinazione fondamentale impiegata per S.L.U.=					
1,35 x	0 +	1,5 x	0 +	1,35 x	0 =
					0 daN

Coefficienti di sicurezza :

Sezioni Classe 1-2-3-4

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

Carico distribuito:

$$\begin{aligned} \text{Luce di calcolo :} & \quad l = 9,35 \text{ ml} \\ \text{Coefficiente di momento :} & \quad 1/8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momenti di calcolo per car. Distr.:} & \quad M_{ed,x} = 14006 \text{ daNm} \\ & \quad M_{ed,y} = 0 \text{ daNm} \end{aligned}$$

Carico concentrato:

$$\begin{aligned} \text{Carico conc. :} & \quad P = 0 \text{ daN} \\ \text{Distanza appoggio al muro :} & \quad a = 0,00 \text{ ml} \\ \text{Distanza appoggio a terra :} & \quad b = 9,35 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momenti di calcolo per car. Conc.:} & \quad M_{ed,x} = 0 \text{ daNm} \\ & \quad M_{ed,y} = 0 \text{ daNm} \end{aligned}$$

Momento complessivo:

$$\begin{aligned} M_{ed,x \text{ Tot}} & = 14006 \text{ daNm} \\ M_{ed,y \text{ Tot}} & = 0 \text{ daNm} \end{aligned}$$

Taglio complessivo :

$$\begin{aligned} V_{ed,x} & = 5992 \text{ daN} \\ V_{ed,y} & = 0 \text{ daN} \end{aligned}$$

- Profili: N°1 Profilo HEA 300 acciaio S 275

$$\begin{aligned} \text{Tensione di rottura } f_{uk} & = 4300 \text{ daN/cm}^2 \\ \text{Tens. di snervamento } f_{yk} & = 2750 \text{ daN/cm}^2 \\ \text{Modulo elastico } E & = 2100000 \text{ daN/cm}^2 \\ \text{Modulo di taglio } G & = 700000 \text{ daN/cm}^2 \\ \text{Coefficiente } \epsilon & = 0,92 \end{aligned}$$

Proprietà della sezione lorda:

h profilato h =	29,00	cm	W _{x,el} =	1259,52	cm ³
Larghezza b =	30,00	cm	W _{y,el} =	420,67	cm ³
spessore anima t _w =	0,85	cm	S _x =	652,53	cm ³
spessore ali t _f =	1,40	cm	S _y =	336,35	cm ³
Area A =	106,27	cm ²	W _{x,pl} =	1305,07	cm ³
posiz. baric. e _y =	14,50	cm	W _{y,pl} =	672,70	cm ³
J _x =	18263,00	cm ⁴	J _t =	60,24	cm ⁴
J _y =	6310,00	cm ⁴	r =	2,70	cm

$$\begin{aligned} \text{Classe dell'anima :} & \quad d / t_w = 33,34 \epsilon \\ & \quad \text{----> Anime in classe} = 1 \\ \text{Classe delle ali (lamine):} & \quad b / t_f = 9,18 \epsilon \\ & \quad \text{----> Ali in classe} = 1 \\ & \quad \text{----> Sezione in classe} = \boxed{1} \end{aligned}$$

Verifica dello stato limite ultimo di resistenza della sezione (metodo elastico) :

Verifica a flessione :

Per classi 1 - 2 - 3:

$$M_{c,Rd} = M_{El,Rd} = (W_{el,min} * f_{yk}) / \gamma_{M0} = 32987 \text{ daNm}$$

Per classi 4:

$$M_{c,Rd} = (W_{eff,min} * f_{yk}) / \gamma_{M0} =$$

$$M_{ed} / M_{c,Rd} = 14006 / 32987 = 0,42 < 1$$

Verifica a taglio :

$$V_{c,Rd} = (A_v * f_{yk}) / (\sqrt{3} * \gamma_{M0}) = 35475 \text{ daN}$$

Per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima si assume :

$$A_v = (A - 2b_t + (t_w + 2r) * t_f) = 23,46 \text{ cmq}$$

Per profilati ad C e ad U caricati nel piano dell'anima si assume:

$$A_v = (A - 2b_t + (t_w + r) * t_f) = 23,46 \text{ cmq}$$

Per profilati ad I e ad H caricati nel piano delle ali si assume:

$$A_v = (A - \sum (t_w + h_w)) = 77,27 \text{ cmq}$$

$$V_{ed,X} / V_{c,Rd} = 5992 / 35475 = 0,17 < 1$$

Verifica dello stato limite di deformazione :

Spostamenti verticali :

$$\text{Luce di calcolo : } l = 9,35 \text{ ml}$$

$$F_{max} = (5/384 p l^4/E J_x + 1/3 P a^2 b^2/E J_x l) = 2,41 \text{ cm}$$

Corrispondente a 1 / 388 della luce.

Limite di deformabilità per solai in generale: 1/400 della luce
