

EN.SE. S.A.S.
VIA C.DE CRISTOFORIS 2
20124 MILANO
TEL. +390229010536
FAX. +390229010543
ENSE@PROGETTISTRUTTURE.IT

EN:SE:

Acc 2

COMMITTENTE

Comune di Pogliano Milanese
Piazza Avis Aido, 6
20010 Pogliano Milanese
Milano

**PASSERELLA CICLOPEDONALE
SUL FIUME OLONA**

Via Cesare Battisti
20010 Pogliano Milanese
Milano

PROGETTISTA

Prof. Ing. Edmondo Vitiello

COLLABORATORI

Dott. Ing. Emanuele Corino
Dott. Arch. Laura Franzon

prof. ing.
EDMONDO
VITIELLO
n: 8596

**PROGETTO PRELIMINARE/DEFINITIVO
CALCOLI DELLE STRUTTURE E
RELAZIONI SPECIALISTICHE**

R02

NOME FILE

R02_OLONA.docx

DATA Prima emissione

01.07.15

Revisioni

EN.SE. di Edmondo Vitiello e C. S.a.s.

20124 Milano Via C. De Cristoforis, 2 Tel. 02 29010536-7 Fax 02 29010543

E-mail: ense@progettistrutture.it

tutti i diritti d'autore e di esclusiva sono riservati a norma di legge

Sommario

RELAZIONE DI CALCOLO	2
1. Normative di riferimento	2
2. Acciaio (par.11.3.4.1 delle NTC2008)	2
3. Grigliati.....	2
4. Appoggi	2
5. Analisi dei carichi	3
5.1 Carichi permanenti strutturali.....	3
5.2 Carichi permanenti non strutturali.....	3
5.3 Carichi da folla (par.5.1.3.3.3 delle NTC2008).....	3
5.4 Variazione termica (par.3.5.5 delle NTC2008).....	3
5.5 Azioni del vento (par.3.3.2 delle NTC2008).....	3
5.6 Azione sismica (par.3.2 delle NTC2008).....	3
6. Combinazioni di calcolo	4
7. Analisi dei principali elementi strutturali	6
7.1 Travi trasversali	6
7.1.1 Descrizione generale	6
7.1.2 Caratteristiche geometriche.....	6
7.1.3 Sollecitazioni e verifiche SLU	6
7.2. Travi longitudinali.....	7
7.2.1 Descrizione generale	7
7.2.2 Caratteristiche geometriche.....	7
7.2.3 Sollecitazioni e verifiche SLU	7
7.2.4 Spostamenti verticali.....	8
RELAZIONI SPECIALISTICHE.....	9
8. Interferenze	9
9. Relazione sulla gestione dei materiali	9

RELAZIONE DI CALCOLO

1. Normative di riferimento

- [1] D.M. Infrastrutture, 14 Gennaio 2008, *Norme Tecniche per le Costruzioni*
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, *Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008*
- [3] UNI C.N.R. 10011 – Bollettino Ufficiale (Norme Tecniche), 1986, e successive modifiche

2. Acciaio (par.11.3.4.1 delle NTC2008)

Per le strutture metalliche che costituiscono l'impalcato (travi principali e secondarie – diagonali di controventamento) si adotta:

Acciaio S235 secondo UNI EN 10025-2 (profili a sezione aperta – $t \leq 40\text{mm}$)

avente le seguenti caratteristiche:

$f_{yk} = 235\text{N/mm}^2$ tensione caratteristica di snervamento

$f_{tk} = 360\text{N/mm}^2$ tensione caratteristica di rottura

$E = 210000\text{N/mm}^2$ modulo elastico

$\nu = 0.2$ coefficiente di Poisson

3. Grigliati

Si utilizzeranno grigliati tipo Keller ($h = 40\text{mm}$) per carichi pari a 500daN/m^2 .

4. Appoggi

Su una spalla si utilizzeranno piastre di appoggio in acciaio (saldate alle travi principali) con tirafondi a tasselli chimici ancorati nelle strutture esistenti. Sull'altra spalla le piastre in acciaio avranno fori asolati per i tirafondi e un cuscino in neoprene, di appoggio sulla struttura esistente.

5. Analisi dei carichi

5.1 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali è valutato in funzione della densità del materiale acciaio equivalente a:

$$\gamma_s = 7850 \text{ daN/m}^3$$

5.2 Carichi permanenti non strutturali

- Peso proprio del grigliato tipo keller: $p = 50 \text{ daN/m}^2$
- Peso proprio dei parapetti (e rete) metallici: $p = 100 \text{ daN/m}$

5.3 Carichi da folla (par.5.1.3.3.3 delle NTC2008)

Il carico da folla è costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 500 daN/m^2 .

5.4 Variazione termica (par.3.5.5 delle NTC2008)

Sulla struttura è applicata una variazione termica stagionale:

$$\Delta T_u = \pm 25^\circ \text{C} \text{ (strutture in acciaio esposte – Tab.3.5II)}$$

Si considera un coefficiente di dilatazione termica a temperatura ambiente:

$$\alpha_T = 12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ \text{C}^{-1} \text{ (acciaio da carpenteria – Tab.3.5III)}$$

5.5 Azioni del vento (par.3.3.2 delle NTC2008)

Zona 1 (Tab.3.3.I): $v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ (velocità di riferimento)

Classe di rugosità del terreno (Tab.3.3.III): B

Categoria di esposizione (Tab.3.3.II) IV

5.6 Azione sismica (par.3.2 delle NTC2008)

Vita nominale (Tab.2.4.I - NTC2008): $V_N = 50 \text{ anni}$

Classe d'uso: III ($C_U = 1.5$ – Tab.2.4.II - NTC2008)

Periodo di riferimento dell'azione sismica: $V_R = V_N \cdot C_U = 75 \text{ anni}$

Categoria sottosuolo (Tab.3.2.II - NTC2008): C

Categoria topografica (Tab.3.2.IV - NTC2008): T1

Parametri sismici:

Stato Limite	Tr [anni]	a_s [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0,019	2,534	0,178
Danno (SLD)	75	0,024	2,531	0,197
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,045	2,696	0,297
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,053	2,768	0,316
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

6. Combinazioni di calcolo

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (par.2.5.3 delle NTC2008):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento q_s	Vento a ponte scarico			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_s	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

7. Analisi dei principali elementi strutturali

7.1 Travi trasversali

7.1.1 Descrizione generale

Le travi trasversali, disposte con interasse pari a 2.00m e aventi lunghezza 2.50m, sono calcolate in funzione dei soli carichi gravitazionali (condizione di carico più gravosa).

7.1.2 Caratteristiche geometriche

IPE 160

Area della sezione trasversale	A	20,1	[cm ²]
Area della sezione resistente al taglio agente lungo z	A _{vz}	9,66	[cm ²]
Area della sezione resistente al taglio agente lungo y	A _{vy}	12,14	[cm ²]
Momento d'inerzia attorno all'asse forte	I _{yy}	869	[cm ⁴]
Momento d'inerzia attorno all'asse debole	I _{zz}	68	[cm ⁴]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i _{yy}	6,58	[cm]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i _{zz}	1,84	[cm]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	W _{el,yy}	108,7	[cm ³]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	W _{el,zz}	16,7	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W _{pl,yy}	123,9	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	W _{pl,zz}	26,1	[cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	235	[MPa]
Coefficiente ε	ε	1,00	[-]

Classificazione dell'anima

Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	127,20	[mm]
Spessore dell'anima	t _w	5,00	[mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w	25,44	[-]

Classificazione dell'anima per flessione	CLASSE 1
Classificazione dell'anima per compressione	CLASSE 1

Classificazione delle ali

Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	29,5	[mm]
Spessore delle ali	t _f	7,40	[mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t _f	3,99	[-]

Classificazione delle ali per flessione	CLASSE 1
---	----------

7.1.3 Sollecitazioni e verifiche SLU

Descrizione carico	p [daN/m]	γ _{Gi} / γ _{Qi}	p _{SLU} [daN/m]
Peso proprio trave	15,8	1,35	21,33
Peso proprio grigliato	100	1,35	135
Carico da folla	1000	1,5	1500
Totale	1115,8	-	1656,33
Calcolo sollecitazioni			
L [m]	2,5		
M _{SLU} (= p x L ² / 8) [daNm]	1294		
V _{SLU} (= p x L / 2) [daN]	2070		
Verifica			
σ _M (= M _{SLU} / W _{el,yy}) [daN/cm ²]	1191		
τ (= V _{SLU} / A _{vy}) [daN/cm ²]	171		
σ* (= √(σ _M ² + 3τ ²)) [daN/cm ²]	1227		
σ _{amm} (= f _{yk} / 1,05)	2238		

7.2. Travi longitudinali

7.2.1 Descrizione generale

Le travi longitudinali, disposte con interasse pari a 2.50m e aventi lunghezza 15.70m, sono calcolate in funzione dei soli carichi gravitazionali (condizione di carico più gravosa).

In favore di sicurezza, nel calcolo delle sollecitazioni si considera un'azione assiale aggiuntiva dovuta alla possibile variazione termica specificata nei capitoli precedenti.

7.2.2 Caratteristiche geometriche

IPE 550			
Area della sezione trasversale	A	134,4	[cm ²]
Area della sezione resistente al taglio agente lungo z	A _{vz}	72,34	[cm ²]
Area della sezione resistente al taglio agente lungo y	A _{vy}	72,24	[cm ²]
Momento d'inerzia attorno all'asse forte	I _{yy}	67116	[cm ⁴]
Momento d'inerzia attorno all'asse debole	I _{zz}	2668	[cm ⁴]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i _{yy}	22,35	[cm]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i _{zz}	4,45	[cm]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	W _{el,yy}	2440,6	[cm ³]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	W _{el,zz}	254,1	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W _{p,yy}	2787,0	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	W _{p,zz}	400,5	[cm ³]
<u>CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE</u>			
Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	235	[MPa]
Coefficiente ε	ε	1,00	[-]
<u>Classificazione dell'anima</u>			
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	467,60	[mm]
Spessore dell'anima	t _w	11,10	[mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w	42,13	[-]
Classificazione dell'anima per flessione		CLASSE 1	
Classificazione dell'anima per compressione		CLASSE 4	
<u>Classificazione delle ali</u>			
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	75,45	[mm]
Spessore delle ali	t _f	17,20	[mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t _f	4,39	[-]
Classificazione delle ali per flessione		CLASSE 1	

7.2.3 Sollecitazioni e verifiche SLU

Descrizione carico	p [daN/m]	γ _{Gi} / γ _{Qi}	p _{SLU} [daN/m]
Peso proprio trave	106	1,35	143,1
Peso proprio travi secondarie	8,75	1,35	11,81
Peso proprio grigliato	62,25	1,35	84,04
Peso proprio parapetti	100	1,35	135
Carico da folla	622,5	1,5	933,75
Totale	899,5	-	1307,7
Calcolo sollecitazioni			
L [m]	15,7		
N _{AT} (= 0,72 ^(*) E A α ΔT) [daN]	52617,6		
ω ^(**)	1,12		
M _{SLU} (= p x L ² / 8) [daNm]	40292		

$V_{SLU} (= p \times L / 2) \text{ [daN]}$	10265
Verifica	
$\sigma_N (= \omega N_{\Delta T} / A) \text{ [daN/cm}^2\text{]}$	438
$\sigma_M (= M_{SLU} / W_{el,yy}) \text{ [daN/cm}^2\text{]}$	1651
$\tau (= V_{SLU} / A_{vy}) \text{ [daN/cm}^2\text{]}$	142
$\sigma (= \sigma_N + \sigma_M) \text{ [daN/cm}^2\text{]}$	2089
$\sigma^* (= \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}) \text{ [daN/cm}^2\text{]}$	2104
$\sigma_{amm} (= f_{yk} / 1,05)$	2238

(*) 0,72 (=1,2*0,6) è il coefficiente per l'azione termica da Tab.5.1.V e 5.1.VI

(**) da prospetto 7-IIb C.N.R. 10011 per $\lambda=45$

7.2.4 Spostamenti verticali

Descrizione carico	$f^{(*)} \text{ [cm]}$
Peso proprio trave	0,59
Peso proprio travi secondarie	0,05
Peso proprio grigliato	0,35
Peso proprio parapetti	0,56
Carico da folla	3,49
<u>Totale</u>	5,05
Freccia limite per carichi totali (L/200)	7,85
Freccia limite per carichi accidentali (L/250)	6,28

(*) $f = (5/384) p L^4 / E I_{yy}$

RELAZIONI SPECIALISTICHE

8. Interferenze

Non si prevedono interferenze in quanto la passerella sostituisce una struttura simile esistente.

9. Relazione sulla gestione dei materiali

La passerella sarà eseguita in officina, trasportata e varata in luogo con gru.

Sarà, però, necessario rimuovere preventivamente la passerella esistente che andrà trasportata in un'officina di demolizione che provvederà anche a smaltire i resti.