



ALEANDRI Project & Consulting S.r.l.

Viale Giuseppe Mazzini n.117 – 00195 – Roma

Phone +39 065818999 – Fax +39 0697747054

Website: www.aleandri.net – E-mail: info@aleandri.net



PROGETTISTI

Ing. Luciano Baccarelli

CONSULENTI ESTERNI

COLLABORATORI

Ing. Marco Paolocci

Geom. Alessandro Proietti

Geom. Fabrizio Biferri



PROVINCIA
DI AREZZO

Provincia di Arezzo

Via della Libertà n.3 – 52100 Arezzo (AR)

Ponte Valdarno

Strada Provinciale SP 59 – Km. 12+700 Valdarno
Casentino

52029 – Castiglion Fibocchi (AR)

Progetto definitivo/esecutivo

03	17/09/2024	Aggiornamento elaborato
02	22/07/2024	Modifica barriere stradali
01	08/07/2024	Prima emissione
REV.	DATA	DESCRIZIONE

<u>FILE NAME</u>	22-038-Tx(Relazione Tecnica e di Calcolo_SP59 Km. 12+700)-Rev03	<u>COD. PROG.</u>	22 – 038
------------------	-----------------------------------------------------------------	-------------------	----------

<u>DISEGNATO</u>	ADP	<u>VERIFICATO</u>	GDM	<u>APPROVATO</u>	FMA
------------------	-----	-------------------	-----	------------------	-----

<u>DOCUMENTO</u>	Relazione Tecnica e di Calcolo – Ponte SP 59 – km. 12+700
------------------	-----------------------------------------------------------

<u>N° TAVOLA</u>	Tx(Relazione Tecnica e di Calcolo_SP59 km 12+700)-Rev03
------------------	----------------------------------------------------------------

Sommario

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO.....	3
Premessa	3
Descrizione sintetica dell'opera	4
Rilievo geometrico-strutturale.....	5
Livello di conoscenza	5
Normativa di riferimento	5
Descrizione sintetica degli interventi.....	6
VERIFICA DI TRANSITABILITA' Ponte SP59 – km12+700.....	7
Analisi dei carichi	7
Caratteristiche meccaniche muratura	8
Tabulati di calcolo	10
Verifica dispositivi di ritenuta - Ponte SP59 – km12+700	13
Premessa	13
Scelta del dispositivo di ritenuta.....	13
Verifica del cordolo in c.a.....	14

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Premessa

La seguente relazione viene redatta a supporto dei **Lavori di Manutenzione Straordinaria di ripristino del ponte sulla S.P.59 Valdarno Casentino, km. 12+700, località bivio per Gello Biscardo, comune di Castiglion Fibocchi.**

I lavori in argomento sono considerati ai sensi del §C.8.8.7 del D.M. 17 gennaio 2018 come un **intervento locale**. Ai sensi dell'art. 94bis comma b) del d.P.R. 380/2001 gli interventi locali sono considerati come di "minore rilevanza" nei riguardi della pubblica incolumità. Ai sensi della Legge Regionale n.65 del 10 novembre 2014 gli interventi di **minore rilevanza** sono soggetti al solo deposito.

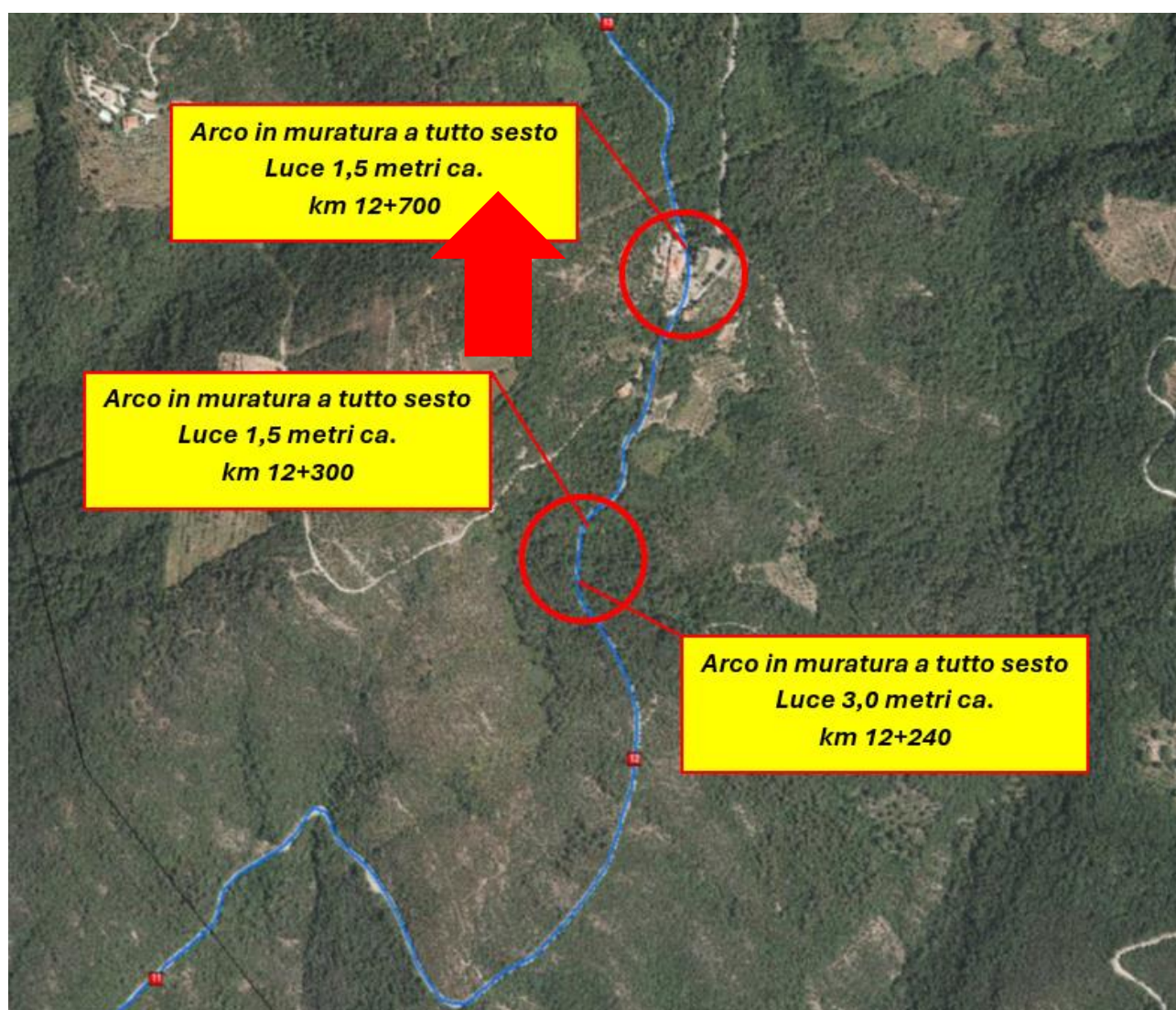


Figura 1 - ortofoto e localizzazione degli interventi – la freccia rossa indica l'opera oggetto della presente relazione

Descrizione sintetica dell'opera

Il Ponte ad arco in muratura sulla S.P. 59 Valdarno Casentino posto al km 12+700, è un'opera di scavalcamento a campata unica di una depressione del terreno, di rii a carattere torrentizio. Il manufatto ad arco a tutto sesto con spalle in pietrame, presenta una luce di 1,50 metri ca. ed uno spessore minimo in chiave di 3,90 metri ca. (ante operam) comprensivo di riempimento e pacchetto di pavimentazione. La larghezza del piano viabile è di 5,40 metri ca., la carreggiata a doppio senso di marcia è formata da due corsie di larghezza di 2,40 metri ca. e due banchine da 0,3 metri ca. delimitate da barriere stradali ritenute non idonee per essere considerate dispositivi di ritenuta stradale.

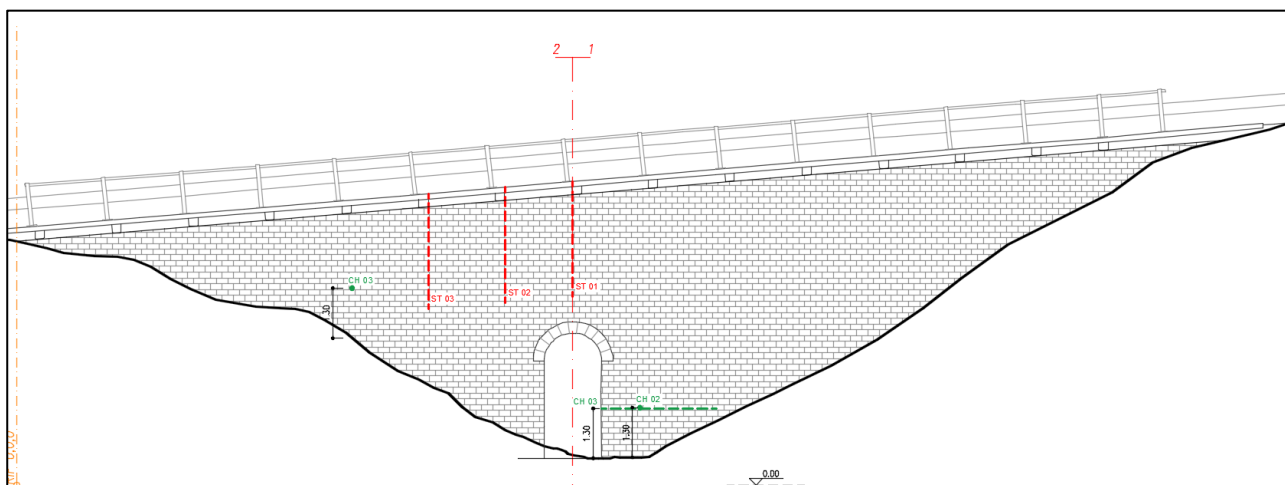


Figura 2 - Ponte sulla S.P.59 Valdarno Casentino, km 12+700 - prospettiva laterale

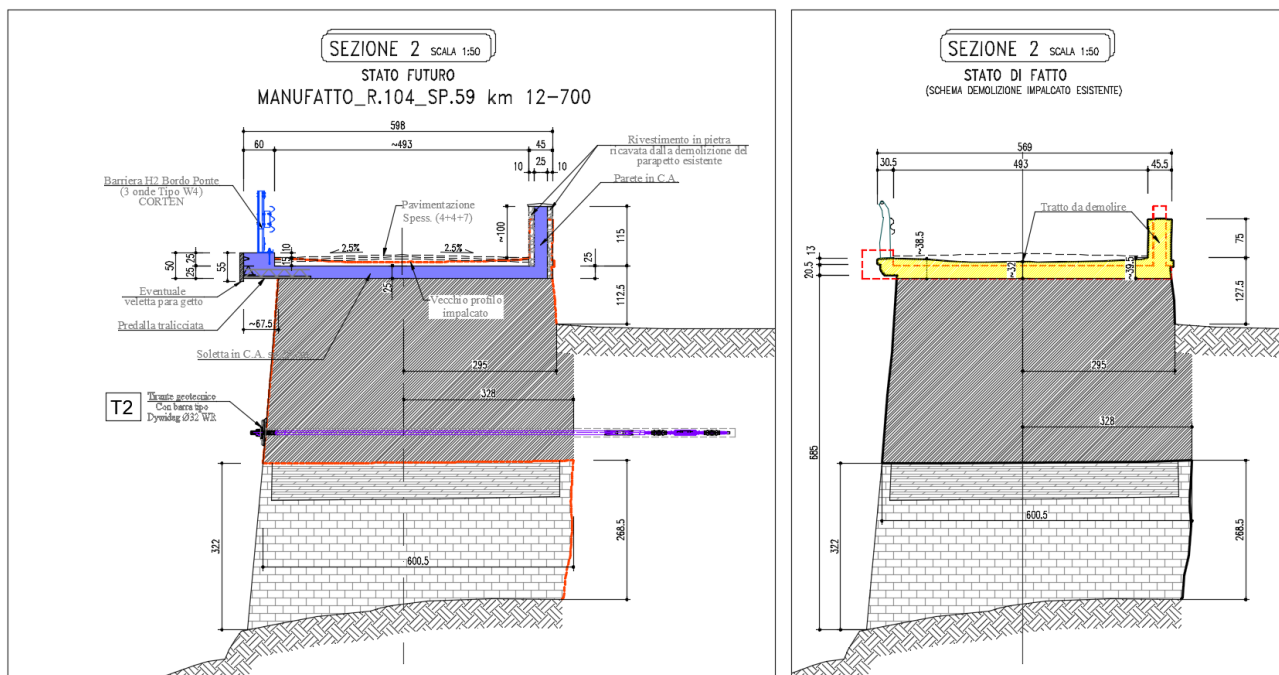


Figura 3 - Ponte sulla S.P.59 Valdarno Casentino, km 12+700 – sezione trasversale in mezzaria (ante e post operam)

Il manufatto in argomento presenta timpani, spalle e muri d'ala in pietra squadrata con giunti di malta regolari. Le indagini realizzate hanno evidenziato la presenza di un paramento esterno

costituito da elementi lapidei di spessore compreso tra i 20 ed i 25 cm, cantonali eseguiti a regola d'arte e ben ammorsati. Il riempimento appare compatto e privo di vuoti fino alla quota del pacchetto di sovrastruttura flessibile costituito dalla sovrapposizione di diversi strati di asfaltatura. Le strutture dell'arco a tutto sesto sono invece realizzate in mattoni pieni e malta di calce. Le stesse appaiono realizzate a regola d'arte con un corretto sfalsamento dei giunti di malta. Le indagini ed i ripetuti sopralluoghi non hanno evidenziato segni di sofferenza di natura statica del manufatto.

Rilievo geometrico-strutturale

Per la definizione dei dettagli costruttivi, delle proprietà dei materiali e del rilievo geometrico-strutturale è stata realizzata una campagna di indagine conoscitiva a cura della CO.M. Sigma S.r.l. In particolare, sono state eseguite sul Ponte al km 12+700 della S.P.59:

- n° 3 carotaggi orizzontali in continuo per la verifica stratigrafica della sezione muraria;
- Nr. 2 prelievi di elementi lapidei di cui nr. 1 mattone pieno e nr.1 carota di pietra;
- Nr. 1 scavo fondazionale
- Nr. 3 carotaggi verticali in continuo per la verifica stratigrafica del terreno

Per il dettaglio delle risultanze si faccia riferimento al Verbale di indagine redatto ai sensi del D.M. 17/01/2018, della Circolare C.S.LL.PP. n.07/2019 e delle norme di metodo utilizzate.

Livello di conoscenza

In virtù del livello di dettaglio raggiunto dalle indagini di cui sopra si è tenuto conto di un **Livello di conoscenza LC2** e di un fattore di confidenza $FC = 1,20$ (indagini estese sui dettagli costruttivi e prove estese sulle caratteristiche meccaniche dei materiali).

Normativa di riferimento

D.P.R. 380 del 06/06/2001	Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
D.M. del 17/01/2018	Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"
Circ. n. 7 del 21/01/2019	Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al D.M. 17 gennaio 2018
L.R. n.41 del 24/07/2018	Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua
D.M. 578 del 17/12/2020	Adozione delle linee guida per la gestione del rischio dei ponti esistenti e per la definizione di requisiti ed indicazioni relativi al sistema di monitoraggio dinamico

Descrizione sintetica degli interventi

Gli interventi di manutenzione straordinaria di ripristino del ponte sulla S.P. 59 Valdarno Casentino posto al km 12+700, località bivio per Gello Biscardo, comune di Castiglion Fibocchi, consistono in:

- sostituzione degli attuali dispositivi laterali di ritenuta con barriere Bordo Ponte di Classe H2 sull'impalcato e con barriere Bordo Laterale di Classe H2 sul rilevato;
- scarifica dell'attuale superficie di rotolamento per un'altezza di 50cm ca;
- realizzazione di una soletta in c.a. e di cordoli laterali sui quali ancorare i montanti metallici dei nuovi dispositivi di ritenuta stradale;
- rifacimento del pacchetto dei neri al di sopra della soletta in c.a.;
- inserimento di nuovi tiranti in acciaio di confinamento;
- ristilatura dei giunti di malta in corrispondenza dei pietritti, delle spalle, dei timpani e dell'intradosso dell'arcata in muratura di mattoni pieni e malta di calce laddove necessario.

In conformità all'art. 3 della Legge Regionale n.41 del 24 luglio 2018, gli interventi descritti nell'elenco sopra riportato manterranno in corrispondenza del manufatto di attraversamento, invariata la sezione idraulica e l'attuale stato di regimentazione del corso d'acqua attraversato, non interferiranno con la stabilità del fondo e delle sponde, non produrranno aggravio del rischio in altre aree, non produrranno aggravio del rischio per le persone e per il manufatto oggetto di intervento.

VERIFICA DI TRANSITABILITA' Ponte SP59 – km12+700

La verifica di transitabilità ai mezzi pesanti del manufatto ad arco in argomento è stata prodotta in conformità alle Linee Guida per la Gestione del rischio, la Valutazione della Sicurezza ed il Monitoraggio dei ponti esistenti di cui al D.M. 578 del 2020.

Per la verifica dell'arco è stato utilizzato Aedes.SAV, software dedicato all'analisi di archi e volte in muratura traverso modellazione piana.

Nelle immagini di seguito rappresentate si dà evidenza del modello relativo all'arco in muratura che presenta una luce pari a 150cm ed una larghezza di 247cm (considerata una corsia di marcia).

Analisi dei carichi

G ₁ - Spessore arco in mattoni pieni e malta di calce	25 cm (consid. aut. dal software)
G ₂ - Spessore riempimento (altezza in chiave)	330 cm (consid. aut. dal software)

Per la definizione del contributo degli altri carichi permanenti si procede omogeneizzando il carico rispetto al peso specifico del calcestruzzo ed in particolare:

pavimentazione flessibile	$h_{media} = 18,5 \text{ cm}$	$\gamma = 1700 \text{ daN/m}^3$	$G_{3,1} = 315 \text{ daN/m}^2$
cordoli in c.a.		$0,55 \times 0,60 \times 2500 = 825 \text{ daN/m}$	
peso barriera stradale tipo BP		75 daN/m	
peso muretto in c.a.		$1,15 \times 0,45 \times 2500 = 1294 \text{ daN/m}$	
		$G_{3,2} = (825 + 75 + 1294)/4,93 = 445 \text{ daN/m}^2$	

Omogenizzazione del carico a CLS $G_3 = (825 + 315 + 445)/2500 = 0,55 \text{ m}$ (consid. aut. dal software)

Viene considerato lo schema di carico corrispondente ad un autoarticolato a 5 assi da 440 kN (distribuiti su una lunghezza di 11 metri), limitazione standard del Codice della Strada.

Q ₁ – autoarticolato 440 kN - considerato uniformemente distribuito	$440/11/2,47 = 16,19 \text{ kN/m}^2$
--------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------

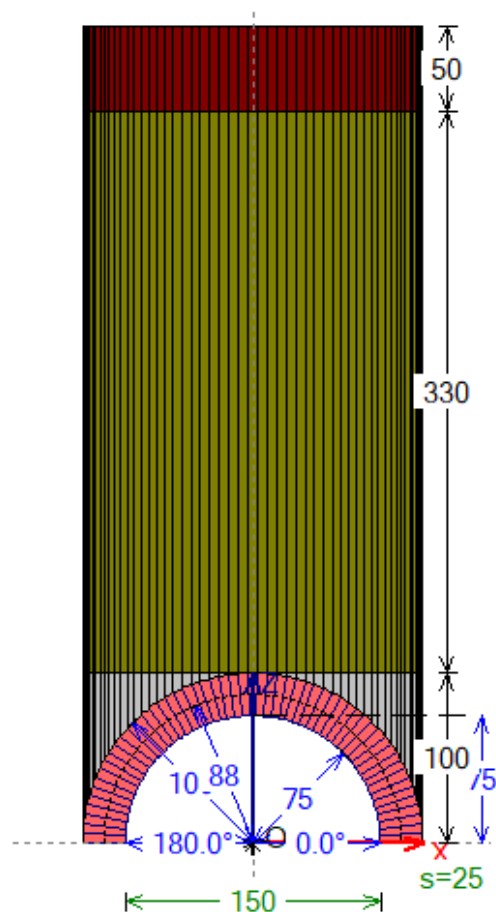


Figura 4 - modellazione piana dell'arco, del riempimento e delle altre strutture

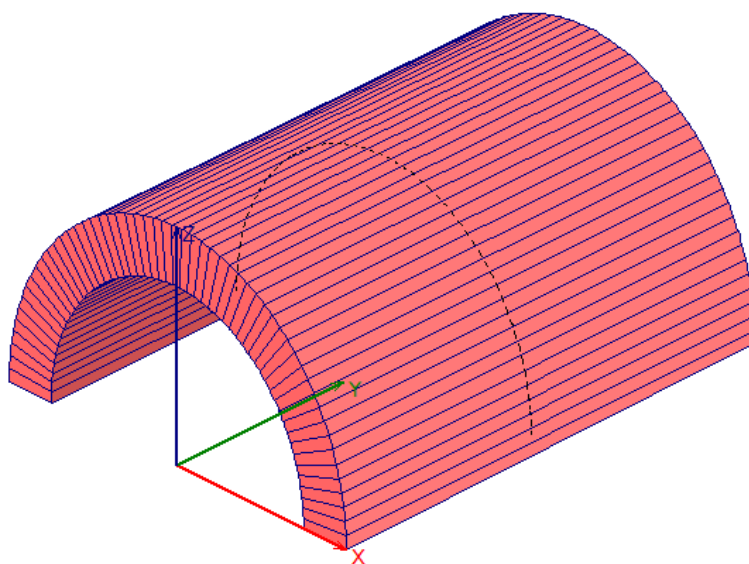


Figura 5 - modellazione tridimensionale dell'arco

Caratteristiche meccaniche muratura



Per la definizione della resistenza a compressione della muratura in mattoni pieni e malta di calce si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 11.10.VI del D.M. 17.01.2018 considerando troppo limitativi i valori di riferimento di cui alla Tabella C8.5.I della Circolare C.S.LL.PP. n.7/2019.

Tab. 11.10.VI - Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm²)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm ²	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	–

Per le verifiche a compressione della muratura si adotta il valore di $f_k = 7,2$ N/mm²

Nell'immagine di seguito riportata si dà evidenza della resistenza a compressione del provino M1 estratto dall'intradosso dell'arcata oggetto di verifica.

SIGLA			M 01	ELEMENTO	ARCO	
						
Prova di compressione monoassiale (UNI EN 12390-3)						
Dimensioni effettive conformi alla norma UNI EN 12390-3			Massa del provino [Kg]	Sezione del provino [mm ²]	Carico di rottura [kN]	Resistenza unit. [Mpa]
L1	L2	L3/h				
220,0	150,0	40,0	2,577	33000	2912,7	88,3

Dati Struttura. Arco a Tutto Sesto in muratura

Volta | Arco | Piedritti, Pile, Spalle | Contorno | Materiale (1) | Materiale (2) | Rinforzi | Cedimenti | Timpano

MURATURA della VOLTA Tipologia (da Tabella Materiali): Resistenza media a Compressione: f_m (N/mm²) **7,200** Moduli elastici (N/mm²): E = 1500 G = 500

26) (NTC 18) 7-LC 2) Muratura in mattoni pieni e malta di c. Fattore di Confidenza FC = 1.200 Secondo §C8.7.1.2.1.3: FC deve corrispondere a LC1 se si considera la resistenza a compressione

(NTC 18) 7-LC 2) Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Ponti: fattore di difformità gamma, Carcata: 1.035 => valore di progetto per FC: $FC' = 1.242$

p. spec. (kN/m²) = 18.00 Giunti: coefficiente d'attrito: f = 0.50 Ponti: coefficiente di degrado gamma, D = 1.00

Resistenze di progetto: $f_{md} = f_m / \text{gamma}, M / FC' / \text{gamma}, D - f_{d} / \text{gamma}, D$: Statica (gamma, M = 3.00): $f_{md} = 1.932$; $f_d = 0.50$ (26.6°). SLE: $\min(f_{md}; 0.6 \cdot f_m) = 1.932$

Sismica (gamma, M = 2.00): $f_{md} = 2.899$; $f_d = 0.50$ (26.6°)

Parametri meccanici

Per ottenere valori specifici per la muratura considerata, è possibile utilizzare la App IQMindex (Indice di Qualità Muraria) che fornisce valori coerenti con la Normativa vigente (D.M.).

Parametri meccanici di riferimento definiti secondo Tab.C8.5.1, tenendo conto anche dei possibili coefficienti correttivi (ad es.: malte particolarmente scadenti, oppure: coefficienti

Figura 6 – scheda materiali

Dati Condizioni di Carico Elementari [CCE] (2)													
N°	Commento	Pai 0 (per SLE)	Pai 2 (quasi perm.)	P.p. volta	P.p. rinf.sx	P.p. rinf.dx	P.p. sottof.	P.p. pavim.	Carichi di superficie	Carichi lineari	Carichi concentrati	Forze aggiuntive sui piedritti	Carichi mobili
1	Permanenti strutturali e non strutturali	1.00	1.00	✓	✓	✓	✓	✓					
2	Carico da traffico autoarticolato 5 assi 44 ton (equivalente distribuito)	1.00	1.00	✓	✓	✓	✓	✓					

Figura 7 - scheda condizioni di carico

Dati Combinazioni delle Condizioni di Carico [CCC] (2)												
<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>												
N°		Commento	Molt.CCE 1	Molt.CCE 2	Pied.Sx Sp.att.	Pied.Sx Sp.pass.	Perc.Sx Sp.pass.	Pied.Dx Sp.att.	Pied.Dx Sp.pass.	Perc.Dx Sp.pass.	Ponti cls: Adeg.	SLE
1	▶	Carichi permanenti	0.90	0.00	■	■	0	■	■	0	■	■
2		Combinazione di Condizioni di Carico 2	1.26	1.60	■	■	10	■	■	10	■	■

Figura 8 - scheda combinazioni di carico

Tabulati di calcolo

Risultati Analisi Limite e Verifiche SLU

Combinazione di Condizioni di Carico 1 (di 2)

Verifica SODDISFATTA

Verifica di Stabilità (Equilibrio dell'arco) SODDISFATTA

Verifica ad Attrito (Taglio nei giunti) SODDISFATTA

[confronto tra Angoli di Scorrimento e Angolo di Attrito Interno dei giunti φ :
la verifica viene eseguita confrontando il rapporto ($|T| / N$, Compressione)
con il coefficiente d'attrito di progetto: $f, d = \tan \varphi$]

Verifica a Compressione della muratura SODDISFATTA

[confronto tra max Tensione di Compressione e Resistenza di progetto f, md]

Resistenze di progetto:

Resistenza a compressione di progetto della muratura f_{md} :

$f_{md} = f_m / \gamma_M / F'C / \gamma_D = 1.932 \text{ N/mm}^2$, dove:

$f_m = 7.200 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 3.00$

$F'C = \max[1.000, FC \cdot \gamma_C] = 1.242$, con: $FC = 1.20$, $\gamma_C = 1.035$

$\gamma_D = 1.00$

Resistenza ad attrito di progetto: $f_d = f / \gamma_D = 0.50$ ($\varphi = 26.6^\circ$), dove:

$f = 0.50$

$\gamma_D = 1.00$

Sforzi nelle Interfacce dei Conci

N.	N estrad.	N intrad.	Taglio	Risult.	Momento	Momento ultimo	dist.:intr.- asse	scorrim.	σ , compr.	f, md	zona reagente
			(kN)		(kNm)		(cm)	(°)	(N/mm²)		(cm)
1	115.37	66.80	71.14	195.57	6.07	19.29	15.8	3.3	21.3	0.531	1.932
2	103.50	81.61	60.67	194.80	2.74	19.55	14.0	1.5	18.1	0.406	1.932
3	92.78	94.04	50.17	193.44	-0.16	-19.70	12.4	-0.1	15.0	0.309	1.932
4	83.26	104.07	39.77	191.51	-2.60	-19.74	11.1	-1.4	12.0	0.404	1.932
5	74.93	111.76	29.62	189.03	-4.60	-19.68	10.0	-2.5	9.0	0.481	1.932
6	67.79	117.17	19.83	186.02	-6.17	-19.54	9.2	-3.3	6.1	0.539	1.932
7	61.80	120.40	10.52	182.51	-7.33	-19.30	8.5	-4.0	3.3	0.580	1.932
8	56.94	121.57	1.79	178.52	-8.08	-18.97	8.0	-4.5	0.6	0.604	1.932
9	53.14	120.83	-6.27	174.08	-8.46	-18.58	7.6	-4.9	2.1	0.615	1.932
10	50.35	118.34	-13.57	169.23	-8.50	-18.10	7.5	-5.0	4.6	0.610	1.932
11	48.49	114.28	-20.05	164.00	-8.22	-17.57	7.4	-5.1	7.0	0.590	1.932
12	47.49	108.84	-25.66	158.43	-7.67	-16.98	7.6	-4.9	9.3	0.556	1.932
13	47.25	102.24	-30.35	152.54	-6.87	-16.35	7.9	-4.6	11.5	0.511	1.932
14	47.69	94.68	-34.11	146.39	-5.87	-15.67	8.4	-4.1	13.5	0.459	1.932
15	48.69	86.37	-36.91	140.02	-4.71	-14.97	9.0	-3.5	15.3	0.402	1.932
16	50.17	77.55	-38.77	133.47	-3.42	-14.26	9.8	-2.7	16.9	0.340	1.932
17	52.01	68.42	-39.69	126.80	-2.05	-13.53	10.8	-1.7	18.2	0.275	1.932
18	54.13	59.19	-39.70	120.07	-0.63	-12.82	11.9	-0.6	19.3	0.208	1.932
19	56.41	50.08	-38.84	113.35	0.79	-12.12	13.2	0.7	20.0	0.203	1.932
20	58.77	41.26	-37.15	106.71	2.19	-11.46	14.7	2.2	20.4	0.247	1.932
21	61.11	32.94	-34.71	100.25	3.52	-10.83	16.2	3.7	20.3	0.289	1.932
22	63.36	25.26	-31.56	94.08	4.76	-10.26	17.9	5.4	19.6	0.336	1.932
23	65.44	18.39	-27.80	88.32	5.88	-9.74	19.5	7.0	18.3	0.413	1.932
24	67.28	12.45	-23.50	83.12	6.85	-9.30	21.1	8.6	16.4	0.551	1.932
25	68.82	7.56	-18.75	78.65	7.66	-8.94	22.5	10.0	13.8	0.833	1.932

26	70.01	3.82	-13.65	75.08	8.27	8.66	23.7	11.2	10.5	1.541	1.932	3.9
27	70.83	1.28	-8.29	72.58	8.69	8.47	24.6	12.1	6.6	1.932	1.932	1.5
28	71.24	0.00	-2.78	71.30	8.91	8.37	25.0	12.5	2.2	1.932	0.000	1.5
29	71.24	0.00	2.78	71.30	8.91	8.37	25.0	12.5	2.2	1.932	0.000	1.5
30	70.83	1.28	8.29	72.58	8.69	8.47	24.6	12.1	6.6	1.932	1.932	1.5
31	70.01	3.82	13.65	75.08	8.27	8.66	23.7	11.2	10.5	1.541	1.932	3.9
32	68.82	7.56	18.75	78.65	7.66	8.94	22.5	10.0	13.8	0.833	1.932	7.4
33	67.28	12.45	23.50	83.12	6.85	9.30	21.1	8.6	16.4	0.551	1.932	11.7
34	65.44	18.39	27.80	88.32	5.88	9.74	19.5	7.0	18.3	0.413	1.932	16.5
35	63.36	25.26	31.56	94.08	4.76	10.26	17.9	5.4	19.6	0.336	1.932	21.4
36	61.11	32.94	34.71	100.25	3.52	10.83	16.2	3.7	20.3	0.289	1.932	25.0
37	58.77	41.26	37.15	106.71	2.19	11.46	14.7	2.2	20.4	0.247	1.932	25.0
38	56.41	50.08	38.84	113.35	0.79	12.12	13.2	0.7	20.0	0.203	1.932	25.0
39	54.13	59.19	39.70	120.07	-0.63	-12.82	11.9	-0.6	19.3	0.208	1.932	25.0
40	52.01	68.42	39.69	126.80	-2.05	-13.53	10.8	-1.7	18.2	0.275	1.932	25.0
41	50.17	77.55	38.77	133.47	-3.42	-14.26	9.8	-2.7	16.9	0.340	1.932	25.0
42	48.69	86.37	36.91	140.02	-4.71	-14.97	9.0	-3.5	15.3	0.402	1.932	25.0
43	47.69	94.68	34.11	146.39	-5.87	-15.67	8.4	-4.1	13.5	0.459	1.932	25.0
44	47.25	102.24	30.35	152.54	-6.87	-16.35	7.9	-4.6	11.5	0.511	1.932	23.7
45	47.49	108.84	25.66	158.43	-7.67	-16.98	7.6	-4.9	9.3	0.556	1.932	22.8
46	48.49	114.28	20.05	164.00	-8.22	-17.57	7.4	-5.1	7.0	0.590	1.932	22.3
47	50.35	118.34	13.57	169.23	-8.50	-18.10	7.5	-5.0	4.6	0.610	1.932	22.4
48	53.14	120.83	6.27	174.08	-8.46	-18.58	7.6	-4.9	2.1	0.615	1.932	22.9
49	56.94	121.57	-1.79	178.52	-8.08	-18.97	8.0	-4.5	0.6	0.604	1.932	23.9
50	61.80	120.40	-10.52	182.51	-7.33	-19.30	8.5	-4.0	3.3	0.580	1.932	25.0
51	67.79	117.17	-19.83	186.02	-6.17	-19.54	9.2	-3.3	6.1	0.539	1.932	25.0
52	74.93	111.76	-29.62	189.03	-4.60	-19.68	10.0	-2.5	9.0	0.481	1.932	25.0
53	83.26	104.07	-39.77	191.51	-2.60	-19.74	11.1	-1.4	12.0	0.404	1.932	25.0
54	92.78	94.04	-50.17	193.44	-0.16	-19.70	12.4	-0.1	15.0	0.309	1.932	25.0
55	103.50	81.61	-60.67	194.80	2.74	-19.55	14.0	1.5	18.1	0.406	1.932	25.0
56	115.37	66.80	-71.14	195.57	6.07	-19.29	15.8	3.3	21.3	0.531	1.932	25.0

Azioni alle imposte (Spinte dall'arco sui piedritti)

Imposta	Spinta (kN)	Car.Vert. (kN)	Inclinazione sull'orizz.(°)	Distanze dal piedritto (cm)	
				in dir.X	in dir.Z
Sinistra	71.14	182.17	68.7	15.8	0.0
Destra	71.13	182.17	68.7	15.8	0.0

Combinazione di Condizioni di Carico 2 (di 2)

Verifica SODDISFATTA

Verifica di Stabilità (Equilibrio dell'arco) SODDISFATTA

Verifica ad Attrito (Taglio nei giunti) SODDISFATTA

[confronto tra Angoli di Scorrimento e Angolo di Attrito Interno dei giunti φ :
la verifica viene eseguita confrontando il rapporto ($|T| / N$, Compressione)
con il coefficiente d'attrito di progetto: $f_d = \tan \varphi$]

Verifica a Compressione della muratura SODDISFATTA

[confronto tra max Tensione di Compressione e Resistenza di progetto f_{md}]

Resistenze di progetto:

Resistenza a compressione di progetto della muratura f_{md} :

$f_{md} = f_m / \gamma_M / F'C / \gamma_D = 1.932 \text{ N/mm}^2$, dove:

$f_m = 7.200 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 3.00$

$F'C = \max[1.000, FC \cdot \gamma_C] = 1.242$, con: $FC = 1.20$, $\gamma_C = 1.035$

$\gamma_D = 1.00$

Resistenza ad attrito di progetto: $f_d = f / \gamma_D = 0.50$ ($\varphi = 26.6^\circ$), dove:

$f = 0.50$

$\gamma_D = 1.00$

Sforzi nelle Interfacce dei Conci

N.	N estrad.	N intrad.	Taglio	Risult.	Momento	Momento ultimo	dist.:intr.- asse	scorrim.	σ , compr.	f , md	zona reagente
			(kN)		(kNm)		(cm)	(°)	(N/mm²)		(cm)
1	199.03	109.24	128.91	334.14	11.22	28.58	16.1	3.6	22.7	0.935	1.932
2	177.64	136.34	111.17	333.08	5.16	28.92	14.1	1.6	19.5	0.709	1.932
3	158.42	159.36	93.29	331.19	-0.12	-29.14	12.5	0.0	16.4	0.519	1.932
4	141.41	178.32	75.50	328.52	-4.61	-29.25	11.1	-1.4	13.3	0.697	1.932
5	126.63	193.23	57.97	325.07	-8.33	-29.26	9.9	-2.6	10.3	0.842	1.932
6	114.09	204.19	40.90	320.90	-11.26	-29.17	9.0	-3.5	7.3	0.953	1.932
7	103.75	211.32	24.45	316.02	-13.45	-28.98	8.2	-4.3	4.4	1.033	1.932
8	95.56	214.80	8.79	310.48	-14.91	-28.70	7.7	-4.8	1.6	1.088	1.932
9	89.47	214.80	-5.95	304.33	-15.67	-28.33	7.4	-5.1	1.1	1.117	1.932
10	85.38	211.56	-19.64	297.58	-15.77	-27.88	7.2	-5.3	3.8	1.115	1.932
11	83.19	205.33	-32.18	290.31	-15.27	-27.34	7.2	-5.3	6.4	1.080	1.932

12	82.78	196.39	-43.49	282.54	-14.20	-26.73	7.4	-5.1	8.9	1.016	1.932	22.2
13	84.04	185.02	-53.49	274.33	-12.62	-26.05	7.8	-4.7	11.2	0.930	1.932	23.4
14	86.27	171.56	-61.66	265.10	-10.66	-25.26	8.4	-4.1	13.5	0.832	1.932	25.0
15	88.11	156.64	-66.87	253.72	-8.57	-24.32	9.0	-3.5	15.3	0.729	1.932	25.0
16	90.44	140.73	-69.94	241.52	-6.29	-23.30	9.8	-2.7	16.8	0.619	1.932	25.0
17	94.01	124.25	-71.94	229.81	-3.78	-22.29	10.8	-1.7	18.2	0.500	1.932	25.0
18	97.72	107.56	-71.84	217.49	-1.23	-21.25	11.9	-0.6	19.3	0.380	1.932	25.0
19	102.20	91.05	-70.84	205.82	1.39	-20.24	13.2	0.7	20.1	0.367	1.932	25.0
20	106.48	75.06	-67.83	193.80	3.93	-19.24	14.7	2.2	20.5	0.447	1.932	25.0
21	110.78	59.94	-63.52	182.16	6.36	-18.29	16.2	3.7	20.4	0.523	1.932	25.0
22	114.67	45.99	-57.36	170.60	8.59	-17.38	17.8	5.3	19.6	0.606	1.932	21.5
23	118.55	33.49	-50.78	160.30	10.63	-16.58	19.5	7.0	18.5	0.745	1.932	16.5
24	121.80	22.69	-42.60	150.64	12.39	-15.87	21.1	8.6	16.4	0.993	1.932	11.8
25	124.70	13.79	-34.34	142.68	13.86	-15.30	22.5	10.0	13.9	1.502	1.932	7.5
26	126.84	6.96	-24.77	136.07	14.99	-14.85	23.7	11.2	10.5	1.932	1.932	2.8
27	128.38	2.33	-15.46	131.62	15.76	-14.55	24.6	12.1	6.7	1.932	1.932	2.7
28	129.11	0.00	-5.19	129.21	16.14	-14.39	25.0	12.5	2.3	1.932	0.000	2.7
29	129.11	0.00	5.19	129.21	16.14	-14.39	25.0	12.5	2.3	1.932	0.000	2.7
30	128.38	2.33	15.46	131.62	15.76	-14.55	24.6	12.1	6.7	1.932	1.932	2.7
31	126.84	6.96	24.77	136.07	14.99	-14.85	23.7	11.2	10.5	1.932	1.932	2.8
32	124.70	13.79	34.34	142.68	13.86	-15.30	22.5	10.0	13.9	1.502	1.932	7.5
33	121.80	22.69	42.60	150.64	12.39	-15.87	21.1	8.6	16.4	0.993	1.932	11.8
34	118.55	33.49	50.78	160.30	10.63	-16.58	19.5	7.0	18.5	0.745	1.932	16.5
35	114.67	45.99	57.36	170.60	8.59	-17.38	17.8	5.3	19.6	0.606	1.932	21.5
36	110.78	59.94	63.52	182.16	6.36	-18.29	16.2	3.7	20.4	0.523	1.932	25.0
37	106.48	75.06	67.83	193.80	3.93	-19.24	14.7	2.2	20.5	0.447	1.932	25.0
38	102.20	91.05	70.84	205.82	1.39	-20.24	13.2	0.7	20.1	0.367	1.932	25.0
39	97.72	107.56	71.84	217.49	-1.23	-21.25	11.9	-0.6	19.3	0.380	1.932	25.0
40	94.01	124.25	71.94	229.81	-3.78	-22.29	10.8	-1.7	18.2	0.500	1.932	25.0
41	90.44	140.73	69.94	241.52	-6.29	-23.30	9.8	-2.7	16.8	0.619	1.932	25.0
42	88.11	156.64	66.87	253.72	-8.57	-24.32	9.0	-3.5	15.3	0.729	1.932	25.0
43	86.27	171.56	61.66	265.10	-10.66	-25.26	8.4	-4.1	13.5	0.832	1.932	25.0
44	84.04	185.02	53.49	274.33	-12.62	-26.05	7.8	-4.7	11.2	0.930	1.932	23.4
45	82.78	196.39	43.49	282.54	-14.20	-26.73	7.4	-5.1	8.9	1.016	1.932	22.2
46	83.19	205.33	32.18	290.31	-15.27	-27.34	7.2	-5.3	6.4	1.080	1.932	21.6
47	85.38	211.56	19.64	297.58	-15.77	-27.88	7.2	-5.3	3.8	1.115	1.932	21.6
48	89.47	214.80	5.95	304.32	-15.67	-28.33	7.4	-5.1	1.1	1.117	1.932	22.1
49	95.56	214.80	-8.79	310.48	-14.91	-28.70	7.7	-4.8	1.6	1.088	1.932	23.1
50	103.75	211.32	-24.45	316.02	-13.45	-28.98	8.2	-4.3	4.4	1.033	1.932	24.7
51	114.09	204.19	-40.90	320.90	-11.26	-29.17	9.0	-3.5	7.3	0.953	1.932	25.0
52	126.63	193.23	-57.97	325.07	-8.33	-29.26	9.9	-2.6	10.3	0.842	1.932	25.0
53	141.41	178.32	-75.50	328.52	-4.61	-29.25	11.1	-1.4	13.3	0.697	1.932	25.0
54	158.42	159.36	-93.29	331.19	-0.12	-29.14	12.5	0.0	16.4	0.519	1.932	25.0
55	177.64	136.34	-111.17	333.08	5.16	-28.92	14.1	1.6	19.5	0.709	1.932	25.0
56	199.03	109.24	-128.91	334.14	11.22	-28.58	16.1	3.6	22.7	0.935	1.932	25.0

Azioni alle imposte (Spinte dall'arco sui piedritti)

Imposta	Spinta	Car.Vert.	Inclinazione	Distanze dal piedritto (cm)	
	(kN)	(kN)	sull'orizz.(°)	in dir.X	in dir.Z
Sinistra	128.91	308.27	67.3	16.1	0.0
Destra	128.91	308.27	67.3	16.1	0.0

Non sono state richieste Verifiche nei Piedritti

Analisi Sismica NON eseguita

ANALISI STATICA: MOLTIPLICATORI DI COLLASSO

Combinazione di Condizioni di Carico 1 (di 2)
 Stabilità (Equilibrio della struttura): n.d.
 Attrito (Taglio nei giunti): n.d.
 Compressione della muratura: n.d.

Combinazione di Condizioni di Carico 2 (di 2)
 Stabilità (Equilibrio della struttura): >> 1
 Attrito (Taglio nei giunti): >> 1
 Compressione della muratura: 6.517

Moltiplicatore di collasso minimo del Sistema Voltato in direzione verticale:
 (= fra tutte le CCC) **6.517**

Verifica dispositivi di ritenuta - Ponte SP59 – km12+700

Premessa

Il presente documento ha la funzione di dimensionare i dispositivi di ritenuta stradale (guard rail) dei ponti ad arco in muratura, situati sulla Strada Provinciale SP 59 Valdarno Casentino, al km 12+240 – 12+300 – 12+700, in località Bivio per Gello Biscardo nel Comune di Castiglion Fibocchi.

Le barriere di sicurezza in argomento sono progettate in conformità alle istruzioni tecniche allegate al D.M. n.2367 del 21 giugno 2004 che recepiscono ufficialmente le norme UNI EN 1317 ed individuano la "classificazione prestazionale dei dispositivi di sicurezza nelle costruzioni stradali, le modalità di esecuzione delle prove d'urto e i relativi criteri di accettazione".

Scelta del dispositivo di ritenuta

La scelta della classe minima dei dispositivi di ritenuta, secondo l'art.6 delle istruzioni tecniche avviene tenendo conto della loro destinazione ed ubicazione del tipo e delle caratteristiche della strada nonché di quelle del traffico cui la tessa sarà interessata.

Ai fini applicativi, il traffico è classificato in ragione dei volumi di traffico e della prevalenza dei mezzi che lo compongono, distinto nei seguenti livelli:

TIPO DI TRAFFICO	TGM	% VEICOLI CON MASSA > 3,5 T
I	≤ 1000	QUALSIASI
I	> 1000	≤ 5
II	> 1000	5 < N ≤ 15
III	> 1000	> 15

Figura 9 - tabella relativa al tipo di traffico

La Provincia di Arezzo ha messo a disposizione dati relativi al TGM rilevati alla progressiva km 12+600 evidenziati in rosso nella tabella di seguito riportata.

STRADA	CODICE STRADA	ANNO	LOCALITA'	PROGRESSIVA	TGM TOT	TGM L	TGM P
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	2006	Cippo Km 9.000 Fattoria Rubeschi (n°8)	9000	2722	2373	350
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	2004	Bivio SP01	10000	2752	2494	258
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	1991	Pian di Nova - Gello	12600	483	393	90
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	1995	Pian di Nova - Gello	12600	468	400	68
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	1991	km 20+650 Fra Talla e la Crocina	20650	460	374	86
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	1995	km 20+650 Fra Talla e la Crocina	20650	450	383	67

Figura 1 - SP 59 Vald. Casentinese - dati TGM - fonte Provincia di Arezzo

TIPO DI STRADA	TIPO DI TRAFFICO	BARRIERE SPARTITRAFFICO	BARRIERE BORDO LATERALE	BARRIERE BORDO PONTE(1)	ATTENUATORI
AUTOSTRADALE (A) E STRADE EXTRAURBANE PRINCIPALI (B)	I	H2	H1	H2	P50, P80, P100
	II	H3	H2	H3	
	III	H3-H4 (2)	H2-H3 (2)	H3-H4 (2)	
STRADE EXTRAURBANE	I	H1	N2	H2	
SECONDARIE (C) E STRADE URBANE DI SCORRIMENTO (D)	II	H2	H1	H2	
	III	H2	H2	H3	
STRADE URBANE DI QUARTIERE (E) E STRADE LOCALI (F).	I	N2	N1	H2	
	II	H1	N2	H2	
	III	H1	H1	H2	

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale
(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

Figura 10 - scelta della classe minima di contenimento

Nel caso specifico la Strada Provinciale SP 59 Valdarno Casentino è classificabile come una STRADA LOCALE di tipo F2 (extraurbana locale a traffico limitato).

Per tale categoria di strada il Decreto Ministeriale del 05/11/001 n.6792 rappresenta una sezione stradale costituita da una carreggiata di larghezza pari a 8,50 metri (n.2 corsie da 3,25 metri + n.2 banchine laterali da 1,00 metro). Nello stato di progetto, la carreggiata stradale in corrispondenza dei ponti sulla SP59 Valdarno Casentino posti al km 12+240 – 12+300 – 12+700, presenterà una larghezza inferiore a 6 metri totali, al di sotto degli standard minimi richiesti per la categoria F2. Si ritiene tuttavia che le categorie stradali siano da considerarsi come obiettivi da raggiungere per le strade esistenti, laddove siano presenti vincoli fisici non immediatamente eliminabili quali la larghezza dell'opera d'arte di scavalcamento in argomento.

Il tipo di traffico che insiste su tale strada risulta di TIPO I in quanto il valore del TGM bidirezionale è minore di 1000 veicoli/giorno.

In virtù delle considerazioni di cui sopra, i dispositivi di ritenuta stradale da installare sui ponti ad arco in muratura, situati al km 12+240 – 12+300 – 12+700 della Strada Provinciale SP 59 Valdarno Casentino devono presentare una Classe minima di contenimento **H2** per Barriera **Bordo Ponte**.

La classe minima di contenimento delle barriere su rilevato da installare laddove necessario invece risulta essere N1.

In relazione ai ponti in muratura in argomento si evidenzia che:

- non sono presenti situazioni specifiche particolari per le quali risulta necessario adottare un livello di contenimento superiore rispetto al minimo prescritto dalla norma;
- non sono presenti ostacoli a tergo delle barriere bordo ponte tali da influenzare la scelta del dispositivo di ritenuta in considerazione dei valori della Lunghezza Operativa (Wm), della Deflessione Dinamica (Dm) e dell'Intrusione del Veicolo (VIm);
- sono presenti cordoli in c.a. inadeguati all'installazione di barriere conformi e si manifesta la necessità di adattare le carpenterie e le armature dei cordoli alle prestazioni richieste dai nuovi dispositivi di contenimento.

Il criterio generale seguito per la scelta del tipo e delle caratteristiche delle barriere è stato quello di utilizzare in tutti i casi in cui ciò è stato ritenuto possibile, barriere caratterizzate dalla classe minima di contenimento (Lc) e dal livello minimo di severità dell'urto sugli occupanti dei veicoli in svio (ASI, PHD e THIV), nel rispetto delle prescrizioni normative.

Tale scelta è motivata dalla considerazione che classi di protezione più elevate rendono le barriere più rigide, caratterizzate da valori degli indici ASI, PHD e THIV (che quantificano il danno arrecato durante l'urto agli occupanti dei veicoli) più elevati (per quanto rientranti nei limiti normativi) e più critiche, pertanto, le conseguenze degli urti coinvolgenti veicoli leggeri che rappresentano la stragrande maggioranza degli eventi possibili, come richiamato anche dalla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 62032/2010.

Verifica del cordolo in c.a.

Sui ponti ad arco in muratura, situati al km 12+240 – 12+300 – 12+700 della Strada Provinciale SP 59 Valdarno Casentino, saranno installate barriere di **Classe H2 BORDO PONTE** con le seguenti caratteristiche:

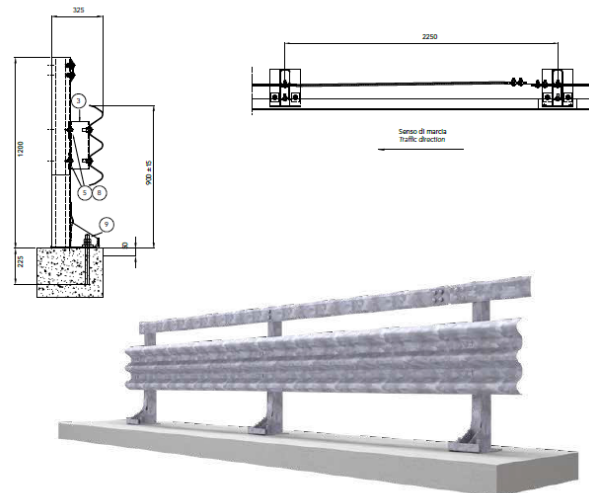
Test	Deflessione dinamica normalizzata [m]	Intrusione veicolo normalizzata [m]	Larghezza di lavoro normalizzata [m]
TB51	0,90	1,70	1,20 = W4

La resistenza del cordolo cui sono collegate le barriere di sicurezza nei confronti delle azioni eccezionali da urto veicolare è verificata considerando il momento plastico che il montante della barriera metallica di sicurezza può fornire. Tale approccio ottempera quanto previsto dal §4.7.3.3 della UNI EN 1991-2 così come emendato dall'appendice nazionale (G.U. 27 marzo 2013, D.M. 31/07/2012).

Le verifiche di seguito riportate vengono effettuate tenendo conto delle **indicazioni non vincolanti** di cui alla scheda tecnica del dispositivo di ritenuta di **CLASSE H2 BORDO PONTE – BARRIERA 3 ONDE PER MANUFATTO W4** prodotto dalla Marcegaglia Buildtech.

CLASSE H2 BORDO PONTE - BARRIERA 3 ONDE PER MANUFATTO W4

Class H2 Bridge side - 3-waves guardrail for bridge W4
3 Wellen Leitplanke auf Bauwerk, Aufhaltestufe H2, Wirkungsbereich W4
Classe H2 Bord pont - Glissière 3 ondes simple pour pont W4
Clase H2 Borde de puente - Barrera de triple onda simple para buse puente W4



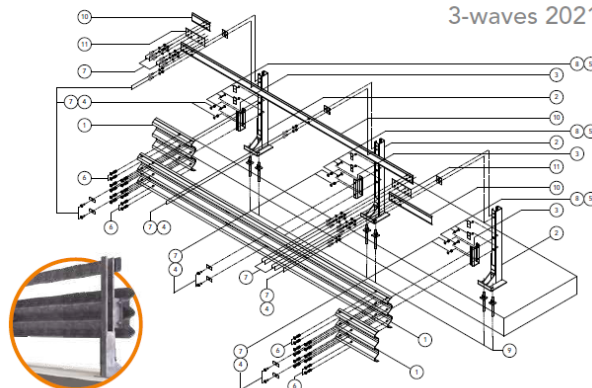
Caratteristiche	Characteristics	Eigenschaften	Caractéristiques	Características
Altezza barriera	Barrier height	Höhe Leitplanke	Hauteur glissière de sécurité	Altura barrera
Profondità d'infissione tirafondi	Depth of anchor bolts penetration	Einschraubtiefe der Verankerungen	Profondeur de vissage des ancrages	Profundidad de anclaje varilla roscada
Ingombro trasversale	Overall width	Gesamtbreite	Grosueur hors tout	Anchura total
Interasse pali	Post spacing	Stahlabstand	Distance entre poteaux	Distancia entre postes

Rapporti di prova Crash test reports, Testberichte, Comptes rendus d'essais, Relaciones de pruebas											
Test n.	Facility	Test	Type	Barrier length m	Mass kg	Speed km/h	ASI max 1.4	THIV max 33 km/h	D m	V m	W m
PROVA 2243	AISICO	TB51	Laterale 20°	58,5	13000	70			0,9	1,7-VIS	1,2-W4
PROVA 2244	AISICO	TB11	Laterale 20°	58,5	900	100	1,2 B	32	0,2		0,4-W1

96 Marcegaglia Buildtech

H2-W4

3-waves 2021



Componenti	Components	Bauteile	Composants	Elementos
Descrizione - barriera in acciaio zincato	Description - galvanized steel barrier			
11	Piatto di collegamento	Connection plate	Plaque de connexion	Platina de unión
10	Bandella superiore	Upper shaped plate	Obenher Bandstahl	Bande supérieure
9	Tirafondo + dadi + 1 rondella	Anchor bolt + nuts + 1 washer	Verbindungsankerschraube + Mutter + 1 Unterlegscheibe	Tira-fond + tuerca + 1 rondella
8	Bullone completo	Bolt with nut and washer	Schraube komplett	
7	Boulon complet	Bolton completo con tuerca y arandela		
6	Piastrina M10	Plate	Plättchen	Platina
5	Piastrina coprisola	Slot covering plate	Lochabdeckplatte	Plaque de couverture fente
4	Distanzatore "U"	U-Spacer	U-Abstandhalter	Entretaxe U
3	Palo con piastrina	Rectangular tube post with base plate	Verkehrsbremsstahl mit Grundplatte	
2	Palo con piastrina	Rectangular tube post with base plate	Verkehrsbremsstahl mit Grundplatte	
1	Faccia 3 onde	3-waves beam	3 wellige Leuchtebene	Glissière 3 ondes

CE 2131/CP8947

Marcegaglia Buildtech 97

Figura 11 - scheda tecnica barriera BP - H2 - 3 onde per manufatto W4

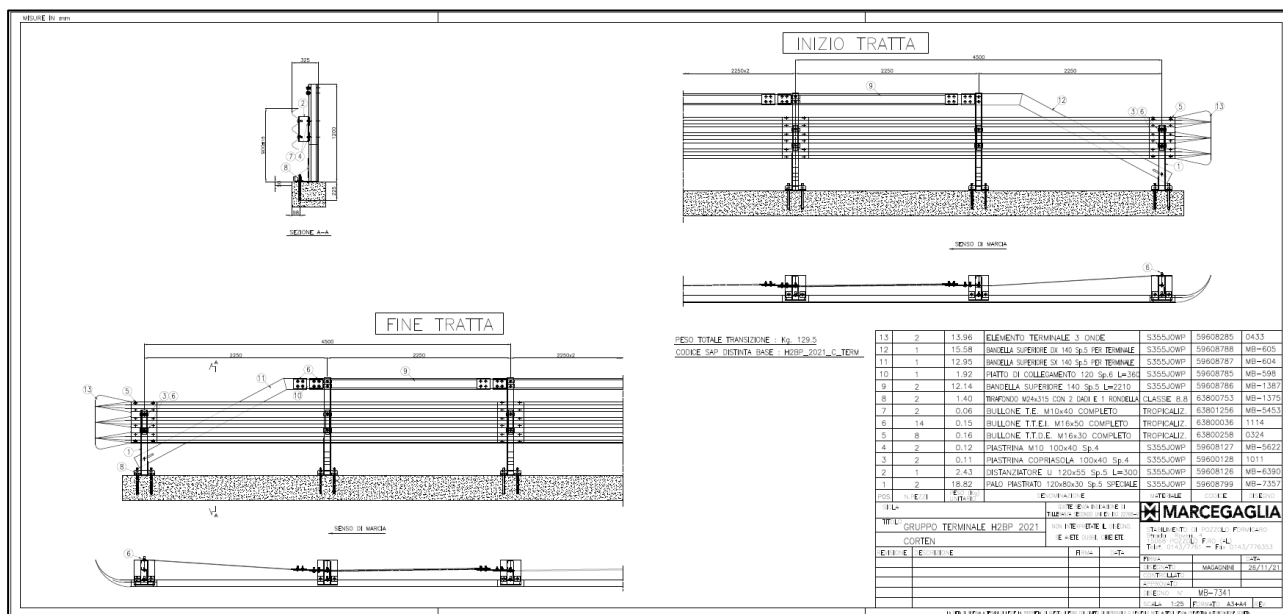


Figura 12 - scheda tecnica barriera BP - H2 - 3 onde per manufatto W4 - acciaio CORTEN

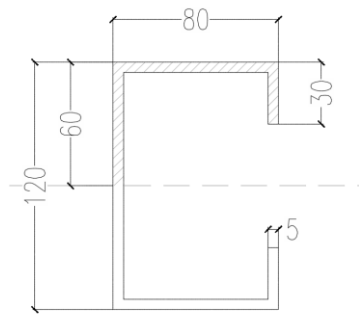
Si precisa che i dispositivi di ritenuta da impiegare in opera dovranno in ogni caso presentare caratteristiche tecniche analoghe (Vm, Dm e VIm) ed essere tutti **dotati di marcatura CE** ai sensi del D.M. 28.06.2011 e della norma UNI EN 1317-5.

Caratteristiche del montante tubolare:

interasse	2250 mm
acciaio	S355 JOWP - corten
sezione	120 x 80 x 30 sp.5

Per la determinazione del Modulo di resistenza plastico si assume che la sezione sia interamente plasticizzata.

$$W_{y,pl} = 2 * S'_y$$



$$S'_y = (5.5 * 0.5) * 2.75 + (8 * 0.5) * 5.75 + (2.5 * 0.5) * 4.25 = 35.875 \text{ cm}^3$$

$$W_{y,pl} = 2 * S'_y = 2 * 35.875 = 71.75 \text{ cm}^3$$

Si calcola quindi il momento resistente plastico della sezione

$$M_{u,pl} = (3550 * 71.75) / 1,05 = 242583 \text{ daN x cm} = 24.26 \text{ kN x m}$$

$$M_{sd} = (1.5 * 24.26) / 2,25 = 16.17 \text{ kN x m / m}$$

Si considera un'armatura in soletta costituita da un doppio strato di R.E.S. Ø12 maglia 20x20: sviluppando le verifiche per una fascia di larghezza 100 cm si ha:

$$M_{rd} = 64.39 \text{ kN x m} > M_{sd} = 16.17 \text{ kN x m}$$

Verifica C.A. S.L.U. - File: [X] [Y] [Z]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: []

N° strati barre [2] Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	7.35	6
			2	7.35	19

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} [0] kN
M_{xEd} [0] kNm
M_{yEd} [0] kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L_o [0] cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C40/50

Proprietà	B450C	C40/50
ε _{su}	67.5	2
f _{yd}	391.3	3.5
E _s	200.000	22.67
E _s /E _c	15	0.8
ε _{syd}	1.957	14.75
σ _{s,adm}	255	0.8667
τ _{co}		2.4

M_{xRd} [64.39] kNm

σ_c [-22.67] N/mm²
σ_s [391.3] N/mm²
ε_c [3.5] ‰
ε_s [17.74] ‰
d [19] cm
x [3.131] x/d [0.1648]
δ [0.7]