



AIPO

Agenzia Interregionale per il fiume Po



COMUNE DI STAGNO LOMBARDO
Provincia di Cremona

SETTORE POLITICHE ENERGETICHE PATRIMONIO AMBIENTE SERVIZI LAVORI PUBBLICI

Commessa:

CR-E-815 Rifacimento chiavica del Fossadone sull'Argine Maestro sinistro del fiume Po in Comune di Stagno Lombardo (CR) - Cod OPERA 936 - CUP B53H19000290002 - CIG 82186558A7

Livello di progettazione

PROGETTO ESECUTIVO

STRALCIO 1



©I.S.I. Ingegneria e Ambiente
Ing. Gian Lorenzo Bernini - Ing. Rosaria Ragazzini
Via Martiri della Liberazione, 36 - 43126 Vicofertile (PR)
cod.fisc. e P.I. 02577010347
Tel. 0521 941229 - info@isiingegneriaeambiente.it

Progettazione

Ing. Gian Lorenzo Bernini
Ing. Rosaria Ragazzini

Titolo

Relazione di caratterizzazione dei materiali

Numero

2020-815-CR-STR2

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
02	28.08.2020	Aut. Paesaggistica	RR	RR	FA
03	23.12.2020	Progetto Definitivo	RR	RR	FA
04	31.03.2021	Progetto Esecutivo	RR	RR	FA
05	25.05.2021	Validazione	RR	RR	FA

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge, di questo elaborato è vietata la riproduzione e la cessione a terzi senza esplicita autorizzazione

Sommario

1	PREMESSA	2
2	VALORI CARATTERISTICI E DI CALCOLO DELLE PARTI IN C.A.	3
2.1	Caratterizzazione meccanica del cls di progetto	4
2.1.1.	Calcestruzzo C30/37 (di calcolo e di getto per i diaframmi di fondazione in c.a.)	4
2.1.2.	Calcestruzzo C32/40 (di calcolo e di getto della platea del manufatto principale)	4
2.1.3.	Calcestruzzo C35/45 (di getto)	4
2.1.4.	Parametri per verifiche di fessurazione	4
2.1.5.	Parametri verifiche a taglio (par. 4.1.2.3.5.1, par. 4.1.2.3.5.3 DM 17/01/2018)	5
2.1.6.	Parametri verifiche a punzonamento (par.6.4.4, EN 1992-1-1:2005)	5
2.1.7.	Durabilità	5
2.2	Valori caratteristici e di calcolo dell'acciaio per c.a.	6
2.3	Strutture di elevazione – Carpenteria metallica esterna	6
2.3.1.	Acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) di tipo S235JR	6
2.3.2.	Acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) di tipo S275JR	6
2.3.3.	Bulloneria ad alta resistenza di tipo SB	6

1 Premessa

La presente Relazione di Caratterizzazione meccanica dei materiali supporta sia la progettazione dei fabbricati del nuovo presidio idraulico che la verifica della sicurezza statica e sismica (secondo NTC2018) della struttura idraulica di regolazione esistente. In particolare, la valutazione della sicurezza si riferisce all'infrastruttura idraulica di compartimentazione del recapito del cavo Fossadone su Po, a garanzia della continuità idraulica dell'Argine Maestro.

Il progetto del nuovo impianto chiavicale e del sistema di sollevamento s'inserrerà infatti in affiancamento alla struttura esistente di compartimentazione dell'attraversamento del cavo entro l'argine maestro di Po.

Il fabbricato attuale si compone di una struttura chiavicale a struttura portante in calcestruzzo armato, inclusa nell'ingombro del corpo arginale, a cui è affiancato un ponte ad arco in muratura, ad unica campata di luce pari a 7.50 m, funzionale all'attraversamento del cavo Fossadone.

Entrambe le strutture esistenti furono realizzate in asse con il tracciato arginale, con quota di piano stradale e di manovra riferiti alla "originaria" sommità arginale maestra di 38.00 m s.l.m. non più adeguata all'attuale livello idrometrico TR200 (PAI) di Po, valutato a quota 38.17 m s.l.m. sulla sezione del manufatto (riferibile alla sezione 27B del Catasto Arginature maestre di Po - AIPO).

La non possibilità di adeguamento sommitale del tratto arginale intercettato dal ponte in muratura e dall'adiacente manufatto chiavicale, ha indotto la formazione di una concavità nell'andamento altimetrico della sommità arginale attuale. Il nuovo manufatto idraulico, pertanto, oltre a garantire la compartimentazione arginale e il deflusso delle portate del Fossadone, dovrà compensare la criticità altimetrica, mediante un impalcato ed un rilevato arginale di apporto adeguati per quota altimetrica per tenuta idraulica. L'impalcato inoltre, dovrà consentire la continuità della pista arginale, e per tale ragione sarà dimensionato (come riscontrabile dalla relazione di predimensionamento strutturale allegata al presente Progetto Preliminare) per garantire un transito stradale di 1° cat.

La Committente, tuttavia, ha espresso la volontà di non dismettere quanto già in loco, ossia di:

- ⇒ Mantenere l'impianto chiavicale esistente con funzione di doppio scudo di sicurezza
- ⇒ Conservare l'attraversamento su ponte ad arco, limitando tuttavia l'accesso ai soli addetti AIPO.

Tali esigenze hanno vincolato le scelte progettuali di definizione della proposta architettonica della nuova struttura ed hanno ampliato la campagna di rilievo e d'indagini geognostiche dello stato di fatto includendo, oltre alla conformazione topografica e geologica dei luoghi, anche alle attività di:

- ✓ Rilievo architettonico dei manufatti esistenti
- ✓ Caratterizzazione meccanica dei materiali (c.l.s. e barre d'armatura) del manufatto chiavicale
- ✓ Caratterizzazione meccanica delle murature portanti del ponte ad arco
- ✓ Valutazione prestazionale del ponte

L'elaborato 2020-815-CR-GEO3, riepiloga quindi la campagna di indagini diagnostiche di caratterizzazione delle prestazioni meccaniche dei materiali costitutivi gli elementi strutturali del fabbricato di regolazione idraulica esistente e del ponte ad arco in muratura di attraversamento arginale, organizzate nell'ambito dei livelli di progettazione "Preliminare" (ossia di Fattibilità tecnico-economica) e Definitiva-Esecutiva.

I dati acquisiti sono quindi serviti da supporto sia alla progettazione definitiva ed esecutiva delle nuove strutture idrauliche, sia alla valutazione della sicurezza e vulnerabilità sismica del fabbricato di regolazione esistente e del ponte ad arco in muratura di attraversamento del Fossadone in corrispondenza della chiavica esistente.

L'assetto progettuale della infrastruttura idraulica di regolazione e sollevamento, infatti, considera:

- Il sistema di paratoie presenti nel manufatto di regolazione attuale come un presidio di sicurezza in caso di avaria o manutenzione del sistema principale a progetto;
- L'attraversamento su ponte ad arco come un elemento funzionale al percorso ciclo-pedonale di sommità arginale.

In ragione di ciò, le analisi strutturali di valutazione della sicurezza statica e vulnerabilità sismica della chiavica esistente e del ponte ad arco, considerano:

2.1 Caratterizzazione meccanica del cls di progetto

2.1.1. Calcestruzzo C30/37 (di calcolo e di getto per i diaframmi di fondazione in c.a.)

Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck} =$	37.00 N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	30.71 N/mm ²
Valor medio della resistenza cilindrica a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	38.71 N/mm ²
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3} =$	2.94 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm} =$	3.53 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	17.40 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0,7 \cdot 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.03 N/mm ²
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} / \gamma_c =$	3.09 N/mm ²
Modulo elastico	$E = 22.000 (f_{cm}/10)^{0.3} =$	33.020 N/mm ²
Coefficiente di Poisson	$\nu =$	0.2

2.1.2. Calcestruzzo C32/40 (di calcolo e di getto della platea del manufatto principale)

Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck} =$	42.00 N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	34.86 N/mm ²
Valor medio della resistenza cilindrica a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	42.86 N/mm ²
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3} =$	3.201 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm} =$	3.84 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	19.75 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0,7 \cdot 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.24 N/mm ²
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} / \gamma_c =$	3.41 N/mm ²
Modulo elastico	$E = 22.000 (f_{cm}/10)^{0.3} =$	34.044 N/mm ²
Coefficiente di Poisson	$\nu =$	0.2

2.1.3. Calcestruzzo C35/45 (di getto)

Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck} =$	45.00 N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	37.35 N/mm ²
Valor medio della resistenza cilindrica a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	45.35 N/mm ²
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3} =$	3.35 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm} =$	4.02 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	21.17 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0,7 \cdot 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.35 N/mm ²
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} / \gamma_c =$	3.52 N/mm ²
Modulo elastico	$E = 22.000 (f_{cm}/10)^{0.3} =$	34.625 N/mm ²
Coefficiente di Poisson	$\nu =$	0.2

2.1.4. Parametri per verifiche di fessurazione

Per le verifiche di formazione delle fessure il moltiplicatore di f_{ctm} è: 1/0;

Per le verifiche di apertura delle fessure i valori ammissibili delle aperture delle fessure sono:

per le armature poco sensibili – condizioni ordinarie

Combinazione Rara	Combinazione Quasi Permanente	Combinazione Frequente
0 mm	0.0 mm	0.2 mm

per le armature poco sensibili – condizioni aggressive:

Combinazione Rara	Combinazione Quasi Permanente	Combinazione Frequente
0 mm	0.2 mm	0.3 mm

2.1.5. Parametri verifiche a taglio (par. 4.1.2.3.5.1, par. 4.1.2.3.5.3 DM 17/01/2018)

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$$

$$v_{min} = 0.191703 \cdot k^{3/2}$$

$$k_1 = 0.15,$$

$$f_{cd}/f_{cd} = 0.5$$

Per il significato dei parametri si veda anche par.6.2.2 EC2

2.1.6. Parametri verifiche a punzonamento (par.6.4.4, EN 1992-1-1:2005)

Sono i medesimi valori per il taglio di cui sopra

2.1.7. Durabilità

Le classi di esposizione dei vari elementi strutturali e manufatti sono riepilogate in tabella seguente:

MANUFATTI	CL. ESPOSIZIONE		CL.USO	VN	CLASSE RESISTENZA		Ambiente	CL. STRU	Cmin dur	Cnom
	XC	XF			Minima	Progetto				
MURO DI MONTE SP. SX	XC2	XF3	II	50	C25/30	C35/45	Aggressivo	S4	30	40
MURI ARGINALI	XC2	--	II	50	C25/30	C35/45	Ordinario	S3	25	35
FONDAZIONI - PLATEA	XC2	--	III	100	C25/30	C32/40	Ordinario	S6	35	45
DIAFRAMMI	XC2	--	III	100	C25/30	C30/37	Ordinario	S6	35	45
ELEVAZIONE - SETTI	XC4	XF1	III	100	C32/40	C35/45	Aggressivo	S6	40	50
ELEVAZIONE - SOLAI	XC4	XF1	III	100	C32/40	C35/45	Aggressivo	S5	35	45
FABBRICATI	XC3	XF1	III	100	C32/40	C35/45	Ordinario	S6	35	45
MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO	XC2	--	III	100	C25/30	C35/45	Ordinario	S5	30	40
MANUFATTO DI RECAPITO	XC2	XF3	III	100	C25/30	C35/45	Aggressivo	S5	30	40

In tabella sono anche definite le classi strutturali e le classi di resistenza del calcestruzzo previste a progetto.

Verranno inoltre applicate le seguenti prescrizioni esecutive

- Sovrapporre i ferri nelle riprese per almeno 60 diametri ;
- Impiegare distanziatori in plastica o pasta di cemento per garantire un copriferro (misurato dall'esterno ferro e non dal baricentro ferro)
- Sovrapporre le reti eventuali per almeno cm 20 ;
- Nella giunzione per sovrapposizione dei ferri, non legare i due ferri fra loro, ma tenerli distanziati di almeno cm 2 (interferro).

$$c_{nom} = \max (c_{min,b}, c_{min,dur}) + 10 \text{ (mm)} \geq 20 \text{ mm}$$

$$c_{min,b} = \phi / n_b \quad n_b \text{ numero di barre di un eventuale gruppo di barre; per barra singola } n_b = 1.$$

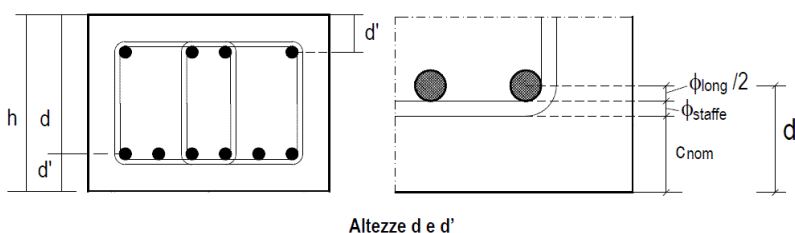


FIGURA 2: Particolare di definizione della distanza di copriferro

2.2 Valori caratteristici e di calcolo dell'acciaio per c.a.

Acciaio da armatura		Tipo di acciaio	
		U.M.	B450C
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	540
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	450
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$	MPa	391,3
Modulo elastico	E_s	GPa	206
Deformazione al limite elastico	$\epsilon_{yd} = f_{sd} / E_s$	‰	1,90

2.3 Strutture di elevazione – Carpenteria metallica esterna

Per le analisi strutturali riguardanti l'intervento in esame verranno considerati i seguenti materiali strutturali:

- acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) di tipo **S275** ed **S235**
- bulloneria ad alta resistenza per strutture metalliche **con insiemi di tipo SB** (Structural Bolting, non a serraggio controllato, secondo le norme UNI EN 15048-1:2007 e UNI EN 15048-2:2007) presentanti idonea marcatura, con caratteristiche di **classe 8 (dado) e 8.8 (vite)**.
- Barre filettate D20-16-24mm
- Spessore dei cordoni di saldatura 10mm

2.3.1 Acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) di tipo S235JR

S235J – (ex Fe360) spessore t , $40 < t < 80$ mm:

f_{tk} : tensione caratteristica di rottura	360	N/mm ²
f_{yk} : tensione caratteristica di snervamento	235	N/mm ²
$\gamma_a = 1.05$		
f_d : tensione di calcolo = f_{yk} / γ_a	210	N/mm ²
Dilatazione termica	1.2 10-51/C°	
Modulo E di elasticità normale	210.000 N/mm ²	
Modulo G di elasticità tangenziale	80.769 N/mm ²	

2.3.2 Acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) di tipo S275JR

S275J – (ex Fe430) spessore t , $40 < t < 80$ mm:

f_{tk} : tensione caratteristica di rottura	430	N/mm ²
f_{yk} : tensione caratteristica di snervamento	275	N/mm ²
$\gamma_a = 1.05$		
f_d : tensione di calcolo = f_{yk} / γ_a	250	N/mm ²
Dilatazione termica	1.2 10-51/C°	
Modulo E di elasticità normale	210.000 N/mm ²	
Modulo G di elasticità tangenziale	80.769 N/mm ²	

2.3.3 Bulloneria ad alta resistenza di tipo SB

Classe del dado	8	10		
Classe della vite	8.8	10.9		
f_{yb} : Tensione di snervamento	640	N/mm ²	900	N/mm ²

f_{tb} : Tensione di rottura	800	N/mm ²	1000	N/mm ²
c: Coefficiente di resistenza a taglio	0.6		0.5	