



Commessa:

**PR-E-1087 Lavori urgenti di messa in sicurezza
della briglia selettiva a funzione del manufatto limitatore
della cassa di espansione di monte del torrente Enza
CUP B77H22000180001**



**PROGETTO ESECUTIVO - 1° STRALCIO
VERIFICHE STRUTTURALI**

**RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE
DEI MATERIALI**

Scala: -

2022-1087-PR-STR2

Tav.

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	14.11.2022	Emissione	RR	RR	RR

I PROGETTISTI



Monica Larocca **IL RUP**
Dott. Ing. Monica Larocca

1. PREMESSA

La caratterizzazione del calcestruzzo e dell'acciaio per c.a. della traversa di dissipazione di monte è sviluppata in considerazione della campagna di indagini diagnostiche commissionate negli anni 2019 e 2020 dalla Stazione Appaltante ed illustrate in elaborato tecnico 2022-1087-PR-GEO3.

In considerazione delle caratteristiche di ripetitività della struttura nonché dell'acquisizione degli elaborati progettuali originari e della numerosità di prove dirette effettuate, si è ritenuto conforme alle indicazioni di Circolare 2019 l'applicazione di un livello di conoscenza pari a LC3 (con FC=1) per la valutazione della platea e della struttura di elevazione della traversa. I diaframmi strutturali, in quanto non indagati e di difficile indagine diretta, saranno invece valutati con LC2.

La verifica della struttura esistente è stata quindi sviluppata considerato calcestruzzo di classe:

- C32/40 per le strutture di elevazione con FC=1
- C20/25 per le strutture di fondazione con FC=1
- Come dichiarato a progetto (C24/30) con FC=1.20 per le diaframature di fondazione

L'acciaio per armature è assunto di tipo B450C.

I materiali sono stati mantenuti in campo elastico in considerazione della natura monolitica degli elementi strutturali che compongono la traversa.

Di seguito verranno motivate le assunzioni di caratterizzazione meccanica dei materiali nell'ambito delle procedure di verifica sulla base delle indagini diagnostiche acquisite.

2. CARATTERIZZAZIONE DEL C.L.S. IN OPERA

2.1 CERTIFICATI DI PROVA A ROTTURA DEI CAMPIONI DI CLS

Il calcestruzzo in opera è stato caratterizzato in ragione delle 15 prove a rottura delle rispettive carote prelevate in occasione della campagna di indagini 2019.

I certificati di riferimento sono i numeri 534B/19, 535B/19, 536B/19, 537B/19, 538B/19, 539B/19 emessi dal Laboratorio Geotecnologico Mantovano s.r.l.

Per convertire le resistenze ottenute dalle carote in un valore di resistenza media IN SITU è stata applicata la formula di **MASI** (2005) in cui :

$$f_{cis} = f_{car} (C_{h/D} \times C_{dia} \times C_a \times C_d)$$

In cui

- C_{h/D}** Coefficiente correttivo dei rapporti h/D diversi da 2 = $2 / (1.5 + D/h)$
C_{dia} Coefficiente correttivo del diametro = 1.06, 1.00, 0.98 per D pari a 50-100-150mm
C_a Coefficiente correttivo relativo alla presenza di armature incluse = 1.03 ÷ 1.13
C_d Coefficiente correttivo di disturbo assunto pari a 1.10

Tabella seguente propone quindi le pressioni a rottura riscontrate sulle 15 carote insieme con le rispettive caratteristiche geometriche dei campioni cilindrici. A ciascun valore di Resistenza a compressione del provino cilindrico è applicata la formula di Masi con determinazione della resistenza media in situ del calcestruzzo.

Il valore caratteristico è quindi ricavato dalla formula:

$$f_{ck} = f_{cm} + 8 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

L'attribuzione della classe di resistenza utilizzata per la verifica degli elementi strutturali è quindi valutata in considerazione del valor medio ottenuto da campioni provenienti da elementi strutturali omogenei (spalla dx , spalla sx , fondazione, paramento)

N°	Ubicazione	D	H	H/D	Massa Volumica kg/m³	Resistenza max unit Fcar(MPa)	Data prelievo	Data prova	C _{W/D}	C _{dla}	Ca	Cd	Resistenza max unit Fcls(MPa)	fcm	fck	Rck
C1	Dente	102	101	0,99	2183	31,6	04/06/2018	17/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	29,91			
C2	Spalla dx	102	103	1,01	2232	49,0	04/06/2018	17/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	46,75			
C3	Spalla dx	102	102	1,00	2250	44,7	04/06/2018	17/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	42,48	44,37	36,37	43,82
C4	Spalla dx	102	103	1,01	2242	46,0	04/06/2018	17/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	43,89			
C5	Protezione dx	102	102	1,00	2235	40,2	04/06/2018	17/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	38,21	37,13	29,13	35,09
C6	Protezione sx	102	105	1,03	2240	45,0	05/06/2018	17/06/2019	0,81	1,00	1,08	1,10	43,26			
C7	Spalla sx	102	103	1,01	2311	61,9	05/06/2018	17/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	59,06	53,40	45,40	54,70
C8	Spalla sx	102	103	1,01	2315	53,8	05/06/2018	17/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	51,33			
C9	Spalla sx	102	102	1,00	2252	52,4	05/06/2018	17/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	49,80			
C23	Fondazione	102	105	1,03	2259	38,5	11/06/2018	19/06/2019	0,81	1,00	1,08	1,10	37,01			
C30	Fondazione	102	100	0,98	2321	26,0	11/06/2018	19/06/2019	0,79	1,00	1,08	1,10	24,51			
C31	Fondazione	102	104	1,02	2222	25,4	11/06/2018	19/06/2019	0,81	1,00	1,08	1,10	24,33			
C55	Fondazione	102	103	1,01	2236	23,8	14/06/2018	19/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	22,71	27,35	19,35	23,31
C56	Fondazione	102	103	1,01	2295	32,4	14/06/2018	19/06/2019	0,80	1,00	1,08	1,10	30,91			
C57	Fondazione	102	104	1,02	2324	25,7	14/06/2018	19/06/2019	0,81	1,00	1,08	1,10	24,61			

FIGURA 1: Tabella di valutazione dei valori di resistenza media del cls in funzione dei valori di resistenza sui campioni

Parametri caratteristici agli SLU del calcestruzzo		Coefficienti utilizzati
Parametro	Formula di calcolo	
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ [N/mm²]	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck}$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	$\alpha_{cc} = 0,85$ $\gamma_c = 1,50$
Resistenza media a trazione semplice (assiale)	$\leq C50/60$	$f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3}$
	$> C50/60$	$f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln \left[1 + \frac{f_{cm}}{10} \right]$
Resistenza caratteristica a trazione corrispondente ad un frattile del:	5%	$f_{ctk 5\%} = 0,70 f_{ctm}$
	95%	$f_{ctk 95\%} = 1,30 f_{ctm}$
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm}$	
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk 5\%}}{\gamma_c}$	
Modulo elastico [N/mm²]	$E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0,3}$	

FIGURA 2: Parametri caratteristici del cls

Da quanto esposto si è ritenuto adeguato considerare cautelativamente per le parti strutturali della traversa oggetto di verifica le seguenti attribuzioni alle prestazioni meccaniche del cls:

- C32/40 per le strutture di elevazione con FC=1
- C20/25 per le strutture di fondazione con FC=1
- Come dichiarato a progetto (Rbk 300 kg/cm² ossia C25/30) con FC=1.35 per le diaframature di fondazione

3. CARATTERIZZAZIONE DELL'ACCIAIO PER C.A.

Durante la campagne di indagini diagnostiche sono state estratte 3+3 campioni di barre di cui di seguito si propongono in risultati delle prove a rottura per trazione dei relativi campioni, con identificazione della rispettiva ubicazione e diametro. In sede di verifica è stata accertata la conformità tra le barre prelevate e quanto previsto negli elaborati di PE, prodotti in scansione nell'ambito del presente progetto Definitivo-Esecutivo.

N° Id. Barra	Diametro	Sez. Effettiva	Fy (MPa)	Ft (MPa)	Agt(%)	Data
F1	12	113	527.2	639.5	11.8	18/06/19
F2	14	153.9	504.1	592.9	12.8	18/06/19
F3	20	314	454.5	668.4	13.4	18/06/19
F9 - dente	20	314	656.0	748.1	11.9	17/03/20
F10 - sp dx	18	254,3	537.5	649.0	12.2	17/03/20
F11 - sp sx	12	113	556.3	673.1	13.1	17/03/20

I valori medi sui 6 campioni delle tensioni di snervamento e rottura sono rispettivamente pari a **539 MPa e 662MPa**, ossia comparabili con i livelli prestazionali di un acciaio di tipo B450C, le cui caratteristiche sono riportate in tabella seguente.

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