

LA DURABILITA' DELLE STRUTTURE IN C.A. E C.A.P. SECONDO LE NORMATIVE ITALIANA ED EUROPEA

M. Collepari* V. Corinaldesi⁺, S. Monosi⁺, A. Nardinocchi⁺

***(ENCO, PONZANO VENETO)**

⁺(Università Politecnica delle Marche, Ancona)

Obiettivo del lavoro

- **L'obiettivo del lavoro è consistito nella valutazione critica delle norme Europee che dovrebbero assicurare la durabilità delle opere in CA e CAP.**
- **In particolare sono state esaminate due classi di esposizione (XC4 ed XS3) dove sono a rischio la durabilità delle armature metalliche per effetto della depassivazione promossa rispettivamente dalla carbonatazione e dai cloruri dell'acqua marina.**

Corrosione delle armature metalliche provocata dal cloruro → classe di esposizione XS3



DURABILITA' DELLE STRUTTURE IN XS3 SECONDO LE NORME EUROPEE

UNI 11104 (EN 206-1)			Eurocodice 2		
a/c	R _{ck} (MPa)	c (kg/m ³)	Copriferro (mm) CA CAP		Durabilità (anni)
≤ 0.45	≥ 45	≥ 360	≥ 45	≥ 55	≥ 50
≤ 0.45	≥ 45	≥ 360	≥ 55	≥ 65	≥ 100

Penetrazione del cloruro nel cls

La diffusione del cloruro in un cls la cui porosità non cambia durante l'esposizione ai cloruri avviene in accordo alla seconda legge di Fick:

$$\partial C / \partial t = D \cdot \partial^2 C / \partial^2 x^2$$

C=concentrazione del cloruro nel cls

t=tempo

x=spessore del cls penetrato

D= coefficiente di diffusione → dipende da a/c e dal tipo di cemento

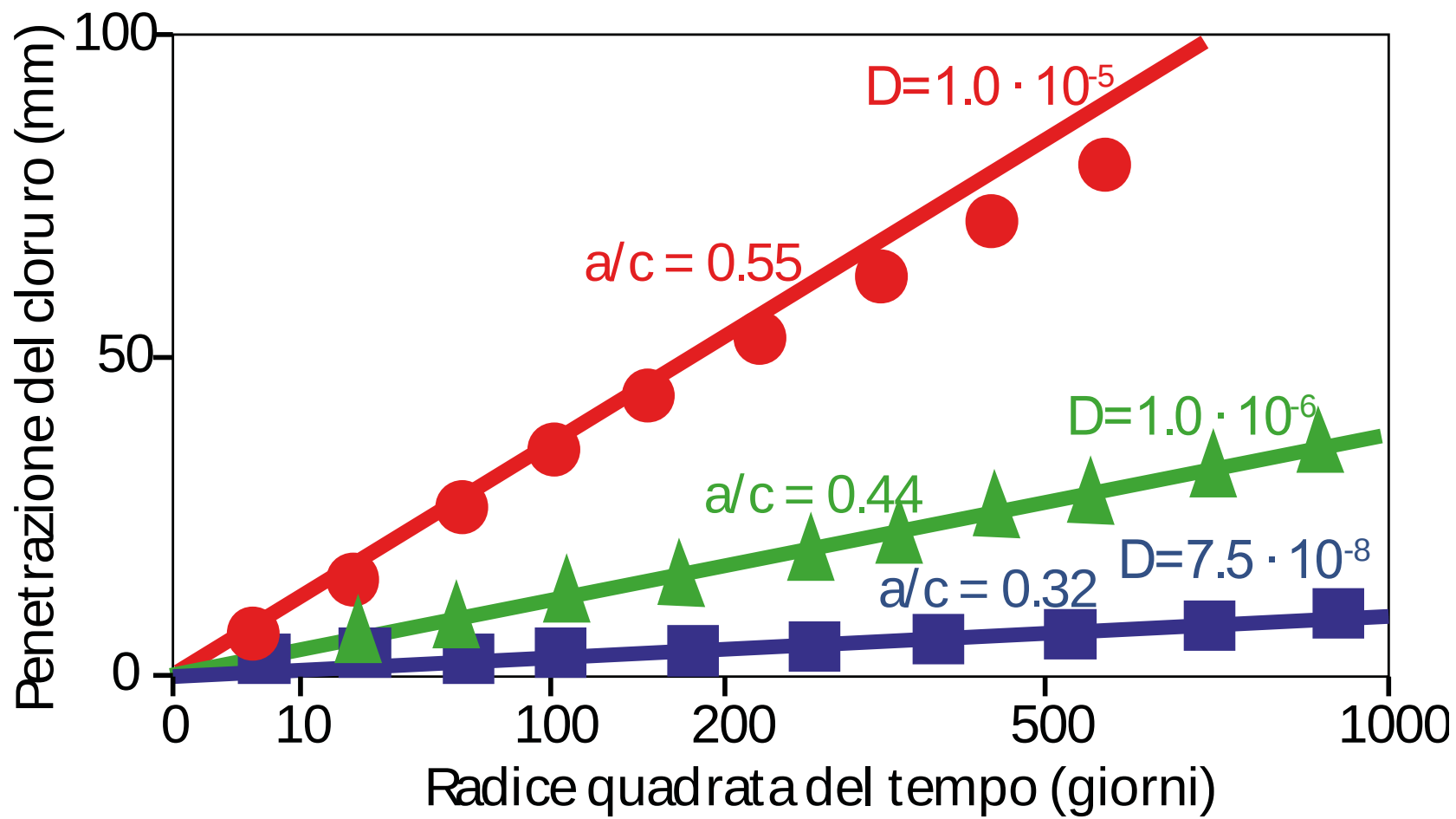
Coefficiente di diffusione (D)

- Dalla seconda legge di Fick, se la concentrazione C_s del cloruro a contatto con la superficie del cls non cambia si può dedurre la seguente equazione [1]:

$$D = (x/4)^2 / t \quad [1]$$

$$t = (x/4)^2 / D \quad [2]$$

Calcestruzzi stagionati 28gg, confezionati con 400 kg/m³ di CEM I 42.5R, esposti a NaCl(3%) a 20°C



INFLUENZA DI CV E DI SF SULLA DURABILITA' DI STRUTTURE ESPOSTE AI CLORURI

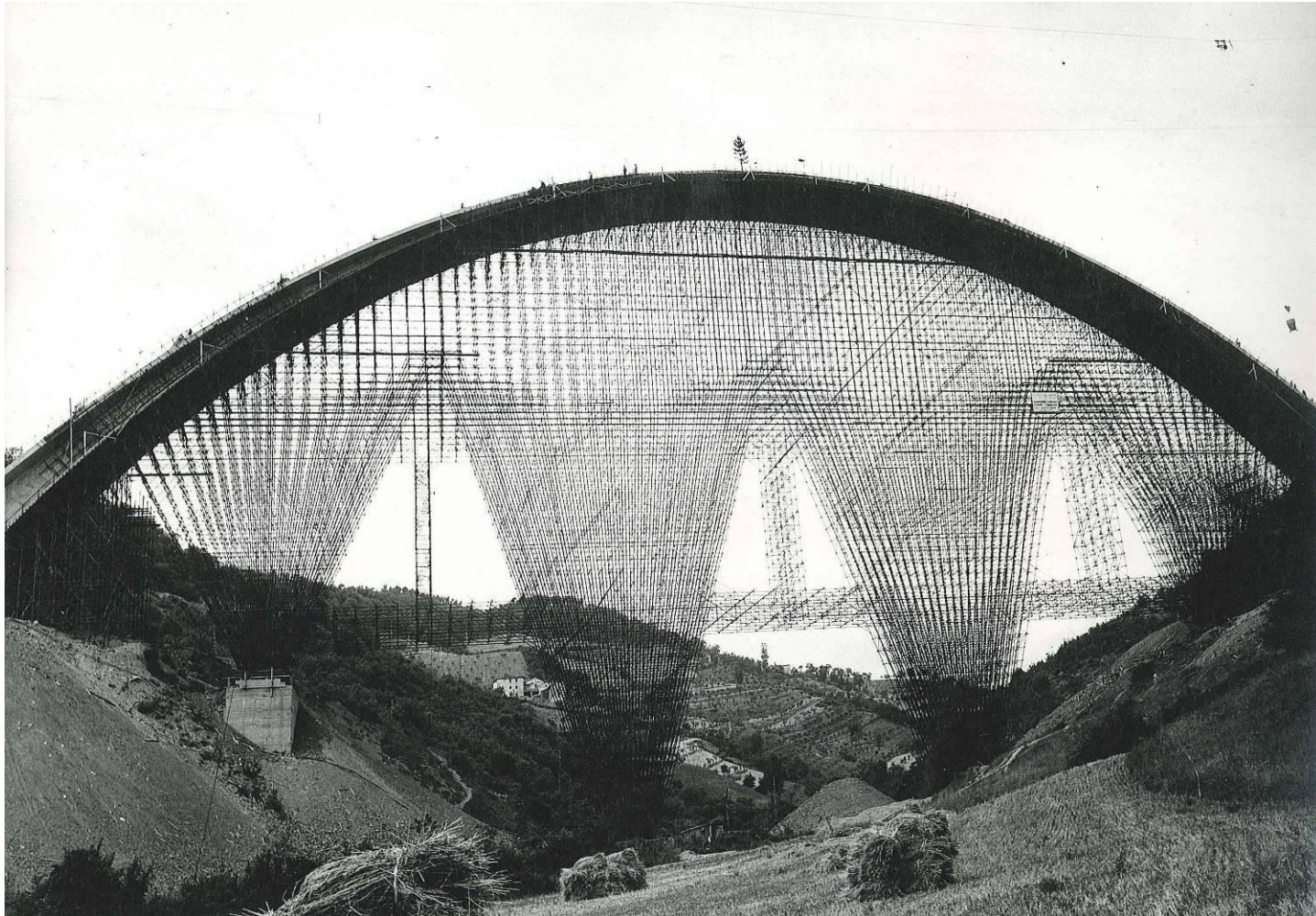
a/c	R_{ck} (MPa)	D mm²·s⁻¹	t₄₅ (anni)	t₅₅ (anni)
0.55	36	1 · 10⁻⁵	0.5	1
0.44	47	1 · 10⁻⁶	4.1	9
0.32	70	8 · 10⁻⁸	54	82
0.32 & 25% CV	70	6 · 10⁻⁸	60	100
0.32 & 10% SF	80	8 · 10⁻⁹	460	760

CONCLUSIONI

- La norma 11104 e l'Eurocodice 3 non sono assolutamente adeguate a garantire una durabilità di almeno 50 anni o 100 anni in classe di esposizione XS3 con R_{ck} di 45 MPa e un c_f di 45 mm o 55 mm rispettivamente.
- Per raggiungere l'obiettivo di una durabilità di 50 anni nella XS3 occorre ridurre a/c a 0,32 ed aumentare R_{ck} a 70 MPa.
- I dati sperimentali indicano che in presenza di cenere volante (100 kg/m^3) o di fumo di silice (60 kg/m^3) l'obiettivo di 100 anni di durabilità può essere raggiunto con a/c di 0,32.

LA COSTRUZIONE

Il viadotto AGLIO fu costruito nel 1957 su progetto del Prof. Guido Oberti



Situazione nel 1982







Scarifica del cls ammalorato e posizionamento di nuovi ferri integri



Preparazione del *betoncino* colabile



*Colaggio del betoncino con $a/c = 0.32$ e
60 Kg/m³ di fumo di silice $\rightarrow R_{CK} = 80$ MPa*



Vista di un pilastro restaurato



CONTROLLO NEL 2012

30 anni dopo il restauro



PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE

SIGLA PROVINO	Data prelievo	Posizione carotaggio	Carbona- -tazione (mm)	Dimensioni carota dopo rettifica (mm)	
				H	D
Pila 13	23 - 24 /04/2012	Pila 13	0	59,80	59,3
Pila 21		Pila 21	0	73,80	74,1
Pila 33		Pila 33	0	75,40	74,1

RESISTENZA A COMPRESSIONE

SIGLA PROVINO	DATA PROVA	Carico di rottura (kN)	Area caricata (mm²)	Resistenza (f_λ) su carota con snellezza unitaria λ (N/mm²)
Pila 13	27/04/12	268	2762	97,0
Pila 21		474	4312	109,9
Pila 33		344	4312	79,7

ANALISI DEL CLORURO

in un disco spesso 1 cm dalla superficie esterna della carota

- **PILA 13**

$\text{Cl}^- = 0,01 \%$

- **PILA 21**

$\text{Cl}^- = 0,00 \%$

- **PILA 33**

$\text{Cl}^- = 0,00 \%$

Grazie