



AUTORIZZATO dal Ministero dei Lavori Pubblici (per prove secondo L 1086/71 DM 52655 del 24/11/2004)
RICONOSCIUTO dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica (art. 4 - Legge 297/99)
QUALIFICATO da ITALFERR -CEPAV UNO AV MI-BO

**VALUTAZIONE DELLA EFFICACIA DELL' ADDITIVO PENETRON
ADMIX IN CALCESTRUZZI CON VARIE CLASSI DI RESISTENZA E
DURABILITA'**

Ing. Silvia Collepardi



VALUTAZIONE DELL' EFFICACIA DELL' ADDITIVO PENETRON ADMIX IN CALCESTRUZZI CON VARIE CLASSI DI RESISTENZA E DURABILITA'

Ing. Silvia Collepardi

1.1 INTRODUZIONE E OBIETTIVI DELLA SPERIMENTAZIONE

Obiettivo della campagna di prove è stata la valutazione dell'efficacia dell'additivo Penetron Admix nel miglioramento dell'impermeabilità dei calcestruzzi caratterizzati da diverse classi di resistenza e di durabilità alle aggressioni ambientali. Sulla base di una precedente campagna di prove si era evidenziata la necessità di garantire una prolungata stagionatura umida dei calcestruzzi per l'attivazione dell'additivo Penetron Admix utilizzato sia per ridurre la porosità del calcestruzzo sia per sigillare eventuali fessure. Per tale motivo l'utilizzo dell'additivo Penetron Admix risulta raccomandabile per strutture di tipo idraulico dove tale condizione di saturazione d'acqua è garantita dall'utilizzo stesso del manufatto. Diversamente, tale condizione deve essere garantita con opportuna bagnatura o protezione con teli bagnati per almeno 28gg. Ovviamente, più a lungo si è in grado di garantire l'apporto di acqua al calcestruzzo, maggiore sarà l'effetto sigillante sviluppato dal Penetron Admix.

Per tale motivo la sperimentazione è stata condotta mantenendo i calcestruzzi i condizioni di $UR \geq 95\%$ fino a 90gg.

1.2 MATERIE PRIME UTILIZZATE, MISCELE CONFEZIONATE E MISURE ESEGUITE

Durante la sperimentazione condotta sono state impiegate le seguenti materie prime:

- CEM II/A-LL 42,5 R Buzzi
- CEM II/A-LL 42,5R Alta Resistenza Solfati (ARS) Tecnocem stab. Borgo (CN)
- Aggregati naturali cave Canzian: sabbia Canzian 0/4, Ghiaino Canzian 4/10, Ghiaia Canzian 4/16 caratterizzati come riportato in **Tabella 1** e **Figura 1**.
- Superfluidificante Acrilico Primium RM20 della General Admixtures;
- Penetron Admix

Con suddette materie prime sono stati confezionati i seguenti 6 calcestruzzi tutti a pari classe di consistenza S4 (slump 20cm) :

- Calcestruzzo per classe di esposizione XC2 ($\alpha_c=0.60$, 320 kg/m³ di CEM II/A_LL 42.5R) **senza o con l'impiego di Penetron Admix**(1% sul cemento aggiunto in betoniera insieme alle altre materie prime secche prima dell'introduzione dell'acqua)
- Calcestruzzo per classe di esposizione XA2, XC4, XS1, XD2 ($\alpha_c=0.50$, 360 kg/m³ di CEM II/A_LL 42.5R ARS) **senza o con l'impiego di Penetron Admix** (1% sul cemento aggiunto in betoniera insieme alle altre materie prime secche prima dell'introduzione dell'acqua)

- Calcestruzzo per classe di esposizione XA3, XS2, XS3, XD3 ($a/c=0.45$, 400 kg/m³ di CEM II/A_LL 42.5R ARS) **senza o con l'impiego di Penetron Admix** (1% sul cemento aggiunto in betoniera insieme alle altre materie prime secche prima dell'introduzione dell'acqua)

Sui vari conglomerati sono state misurate le seguenti prestazioni:

- Slump (UNI EN 12350/2) e massa volumica (UNI EN 12350/6) del calcestruzzo al termine della miscelazione
- Massa volumica (UNI EN 12390/7) e resistenza meccanica (UNI EN 12390/3) a 28-60-90 giorni di provini cubici 15x15x15 cm maturati a 20°C e $UR_{\geq 95\%}$
- Prova di permeabilità all'acqua sotto pressione (UNI EN 12390/8) su una terna di provini cubici 15x15x15 cm stagionati per 60 giorni in acqua
- Misure di penetrazione dello ione cloruro dopo 28-45-60-90gg su provini stagionati in camera umida (20°C e $UR_{\geq 95\%}$) per 28gg giorni e poi immersi in soluzione acquosa di cloruro di sodio al 3.5%.

In **Tabella 2 e 3** vengono riportati i dettagli delle composizioni e delle prestazioni allo stato fresco ed indurito dei sei calcestruzzi. In **Figura 2** si riporta l'andamento della penetrazione dei cloruri in funzione della radice del tempo.

Dai risultati ottenuti si deduce che l'aggiunta dell'additivo Penetron Admix non sembra modificare sostanzialmente le resistenze meccaniche a lungo termine del calcestruzzo.

Per quanto riguarda, invece, la permeabilità all'acqua, l'aggiunta di Penetron Admix produce una significativa riduzione di penetrazione d'acqua nei calcestruzzi caratterizzati da una maggiore porosità (rapporti a/c 0.60 e 0.50). Nei calcestruzzi di maggiore densità ($a/c=0.45$), il beneficio derivante dall'impiego del Penetron Admix appare poco significativo. Tuttavia, ciò non esclude che anche nei calcestruzzi poco porosi l'impiego di Penetron Admix possa costituire un elemento di maggiore sicurezza alla durabilità della struttura. Infatti, nel caso di formazione di fessure di varia origine (ad. es per eccessivo gradiente termico o per ritiro igrometrico contrastato) esse possono essere ridotte o completamente sigillate riattivando la cristallizzazione del Penetron Admix mediante stagionatura umida del calcestruzzo.

Per quanto riguarda la penetrazione dei cloruri valgono le stesse considerazioni fatte per la permeabilità all'acqua

1.3 CONCLUSIONI

La sperimentazione ha confermato quanto rilevato dalle precedenti campagne di prove : per evidenziare e quantificare in laboratorio l'efficacia del prodotto Penetron Admix già sperimentata sul campo, le prove devono essere condotte con stagionature in acqua a lungo termine (almeno 60gg) ovvero in condizioni analoghe a quelle di opere idrauliche o comunque di ambienti con frequente afflusso di acqua. In tali condizioni, la riduzione di porosità conseguente alla riattivazione dell'Additivo Penetron Admix conduce ad un miglioramento delle proprietà fisico-meccaniche più evidente all'aumentare del rapporto acqua-cemento iniziale del calcestruzzo.

Enco Srl
Ing. Silvia Colleparidi

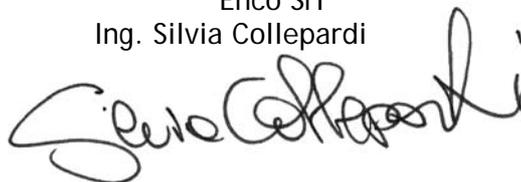


Tabella 1: Analisi granulometriche, massa volumica ed assorbimento degli aggregati

INERTE:	Ghiaia		ghiaino		Sabbia	
Natura	naturale		naturale		mista	
Vaglio UNI apertura maglie (mm)	Tratt. cumulat. gr	trattenuto cumulat. %	Tratt. cumulat. gr	trattenuto cumulat. %	Tratt. cumulat. gr	trattenuto cumulat. %
40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	354.5	21.7	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1021.7	62.7	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1414.8	86.8	0.0	0.0	0.0	0.0
12.5	1555.2	95.4	12.6	1.2	0.0	0.0
10	1620.5	99.4	191.5	18.3	0.0	0.0
8	1628.4	99.9	466.4	44.6	0.0	0.0
6.3	1630.1	100.0	715.2	68.3	0.0	0.0
4	1630.1	100.0	1037.9	99.1	21.4	2.7
2	1630.1	100.0	1046.8	100.0	251.4	31.3
1	1630.1	100.0	1046.8	100.0	438.5	54.5
0.5	1630.1	100.0	1046.8	100.0	565.0	70.3
0.25	1630.1	100.0	1046.8	100.0	700.7	87.1
0.125	1630.1	100.0	1046.8	100.0	782.0	97.2
0.063	1630.1	100.0	1046.8	100.0	797.4	99.2
resto	1630.1	100.0	1046.8	100.0	804.2	100.0
MODULO DI FINEZZA	7.63		6.44		3.43	
MASSA VOL. (Kg/m³)	2755		2732		2670	
ASSORBIM. (%)	0.67		0.85		1.63	

Figura 1: Distribuzione granulometrica degli aggregati

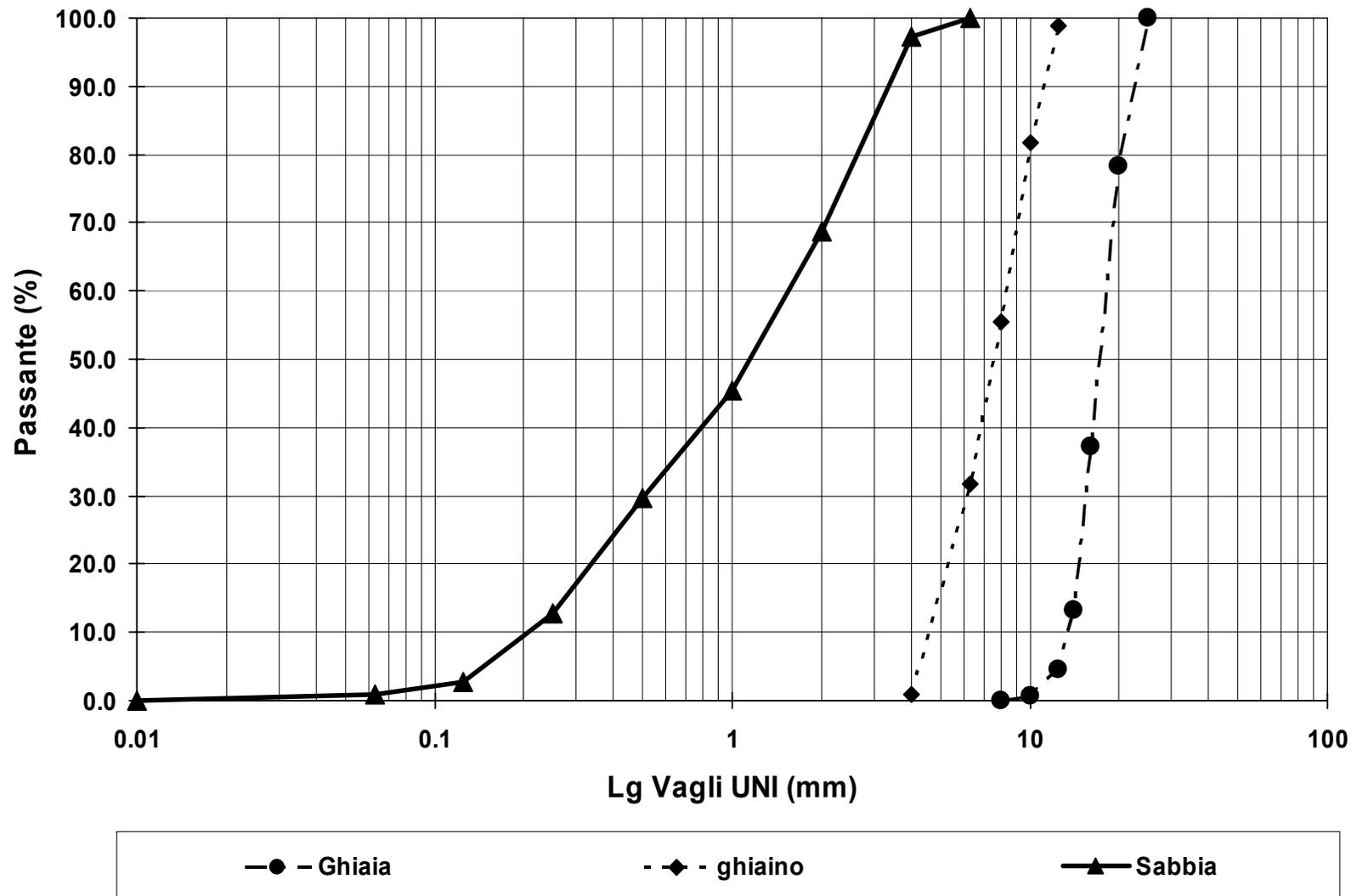


Tabella 2: Composizioni e prestazioni allo stato fresco dei calcestruzzi

Mix n°	per Classe Espos.	legante		Ghiaia s.s.a. kg/m ³	Ghiaino s.s.a. kg/m ³	Sabbia s.s.a. kg/m ³	Acqua kg/m ³	Additivi		a/c	M _v kg/m ³	aria %	Slump (cm) a 20°C dopo:	
		CEM kg/m ³	Tipo					tipo	% in peso				0'	40'
342	XC2	320	CEM II/A-LL 42,5 R Buzzi Unicem	468	439	981	191	Primium RM 20	\	0.595	2398	\	21	\
343		318		466	436	976	189	Primium RM 20	\	0.593	2388	\	20	\
							Admix	1.00						
338	XA2, XC4, XS1, XD2	359	CEM II/A-LL 42,5R ARS Tecnocen stab. Borgo (CN)	467	438	956	178	Primium RM 20	0.25	0.496	2398	\	20	\
339		359		466	437	954	177	Primium RM 20	0.25					
								Penetron Admix	1.00					
340	XA3, XS2, XS3, XD3	400	CEM II/A-LL 42,5R ARS Tecnocen stab. Borgo (CN)	469	440	917	180	Primium RM 20	0.25	0.449	2408	\	20	\
341		401		469	439	916	179	Primium RM 20	0.25					
								Penetron Admix	1.00					

Tabella 3: Prestazioni dei calcestruzzi allo stato indurito

Mix n°	Resistenza compressione (N/mm ²)			Massa Volumica (Kg/m ³)			Permeab H ₂ O UNI EN 12390/8 a 60gg (max/media mm)		
	28gg	60gg	90gg	28gg	60gg	90gg	provino 1	provino 2	Media
342	31.2	35.8	41.2	2444	2430	2457	25/12	27/13	26/12,5
343	30.3	35.4	41.8	2437	2434	2433	18/10	22/12	20/11
338	27.4	30.7	37.1	2399	2440	2416	22/10	28/13	25/11,5
339	31.5	32.1	37.0	2437	2424	2428	15/8	16/8	15,5/8
340	37.3	37.5	46.6	2429	2435	2440	12/5	15/7	13,5/6
341	37.7	38.9	48.2	2436	2445	2431	13/6	10/5	11,5/5,5

NOTA: Nei mix con il cemento Buzzi sono state raggiunte migliori prestazioni meccaniche rispetto ai mix con il cemento Tecnocem di minor alc

Mix n°	Penetrazione Cl ⁻ (mm) su provini stagionati fino a 28gg a UR 95%, poi in una soluzione al 3.5% di NaCl per gg			
	28gg	45gg	60gg	90gg
342	13	14	16	18
343	12	13	14	14
338	15	17	18	19
339	12	13	14	14
340	11	12	13	16
341	9	10	12	13

Figura 2: Andamento della penetrazione degli ioni cloruri in funzione del tempo

