



**COMMITTENTE:** CHIMICA EDILE DO BRAZIL Ltda.

## **Test REPORT N.2**

Esecuzione di test su provini di calcestruzzo confezionati mediante aggiunta di DRY D1 Super Lento - antiritiro.

Data

24.09.2014

**Il coordinatore scientifico delle attività:**

Prof. Maurizio de' Gennaro

**Lo Sperimentatore:**

Dott. Geol. Marco D'Amore



## INDICE

	pag.
<b>PREMESSA</b>	3
1. Mix design e campionatura	4
2. Massa volumica del calcestruzzo indurito (UNI EN 12390-7)	7
3. Determinazione dell'assorbimento di acqua alla pressione atmosferica [UNI 7699]	8
4. Determinazione della densità reale e della porosità totale aperta mediante picnometro ad elio	10
5. <b>CONCLUSIONI</b>	12
<b>APPENDICE 1</b>	13



## PREMESSA

Lo scrivente, Dott. Geol. Marco D'AMORE, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con il n.° 2126, in data 18.06.2014 ha ricevuto dalla Società Consortile a Responsabilità limitata INNOVA l'incarico professionale avente ad oggetto: Esecuzione di test su provini di calcestruzzo.

L'indagine si inserisce nell'ambito di un progetto di ricerca applicata per conto della società CHIMICA EDILE DO BRAZIL Ltda.

Su questa base sono stati approntati n. 4 impasti di calcestruzzo, da destinare al settore della pavimentazione industriale e della prefabbricazione che hanno previsto l'impiego, tra i vari additivi, dell'aggiunta di ossido di calcio (CaO) - DRY D1 (Super Lento).

A partire da detti impasti, i cui *mix design* vengono descritti nel paragrafo 1, sono stati confezionati i provini necessari per l'esecuzione dei test elencati nella seguente tabella 1. Sia gli impasti che la scelta delle tipologie di prove, sono state eseguiti in base alle direttive del referente committente Riccardo VANNETTI, Team Manager Dry D1 - CHIMICA EDILE DO BRAZIL Ltda.

**Tabella 1:** Test eseguiti ("X").

Sigla IMPASTO	Massa volumica del calcestruzzo indurito	Determinazione dell'assorbimento di acqua alla pressione atmosferica	Determinazione della porosità totale e della densità reale mediante picnometro ad elio	Determinazione dell'assorbimento dell'acqua per capillarità
	[UNI EN 12390-7]	[UNI 7699]		[UNI EN 1925] APPENDICE 1
MIX 1 CEM 52,5 TQ	X	X	X	X
MIX 2 CEM 52,5 TQ + DRY	X	X	X	X
MIX 3 CEM 42,5 TQ	X	X	X	X
MIX 4 CEM 42,5 TQ +DRY	X	X	X	X



## 1. Mix design e campionatura

In tabella 1.1 vengono riportati i *mix design* dei quattro impasti realizzati in data 23.05.2014, presso i laboratori della centrale DETTA S.p.A. - Cave e betonaggio di Sala Consilina - Salerno (figura 1.1).



**Figura 1.1:** Centrale DETTA S.p.A. cave e betonaggio - Sala Consilina, Salerno.

Gli impasti sono stati eseguiti dall'Ing./Arch. Matteo Felitti (*Engineering & Concrete Consulting*) in collaborazione con lo scrivente.

Per la preparazione degli impasti è stata adoperata una betoniera del tipo mostrata in figura 1.2 e, tra i vari componenti, sono stati utilizzati inerti prodotti direttamente in cava, nelle granulometrie descritte in tabella 1.1 (MIX DESIGN).



**Figura 1.2:** Betoniera impiegata per la preparazione degli impasti (laboratorio-centrale DETTA S.p.A.)

La sformatura e la successiva stagionatura dei provini sono state svolte presso la stessa centrale DETTA S.p.A. ed in data 18.07.2014, la campionatura (figura 1.3) è pervenuta presso il "Laboratorio per la caratterizzazione petrofisica dei lapidei ornamentali e la diagnostica dei materiali" (INNOVA-DiSTAR, Università degli Studi di Napoli "Federico II") per l'esecuzione dei test.



**Tabella 1.1: MIX DESIGN.**

COMPONENTI	Calcestruzzo prestazionale per prefabbricazione di elementi strutturali		Calcestruzzo a stabilità volumetrica per pavimenti industriali (senza rete metallica)	
	MIX 1 CEM 52,5 TQ	MIX 2 CEM 52,5 TQ + DRY	MIX 3 CEM 42,5 TQ	MIX 4 CEM 42,5 TQ + DRY
Acqua [l]	150	150	160	160
CEM II 52.5 R [Kg/m <sup>3</sup> ]	320	320	-	-
CEM II 42.5 R [Kg/m <sup>3</sup> ]	-	-	320	320
DRY D1 (Super Lento) [Kg/m <sup>3</sup> ]	-	7	-	10
Additivo superfluidificante Sika®Plast 90 [l]	3,5	3,5	3,25	3,25
Inerti grossi (breccia N.3) 16-31mm [Kg/m <sup>3</sup> ]	350	350	750	750
Inerti medi (risotto N.2) 8-16mm [Kg/m <sup>3</sup> ]	550	550	-	-
Inerti fini (sabbia) 0-5 mm [Kg/m <sup>3</sup> ]	1000	1000	1200	1200
Cenere volante [Kg/m <sup>3</sup> ]	50	50	-	-
Polvere pozzolanica (tufo Cab 70) [Kg/m <sup>3</sup> ]	-	-	10	10
Macro-fibre Sintetiche strutturali CHRYSO 30mm [Kg/m <sup>3</sup> ]	-	-	3	3
a/c	0,44	0,44	0,50	0,50



**Figura 1.3:** Campionatura (laboratorio centrale di betonaggio e cava DETTA S.p.A).



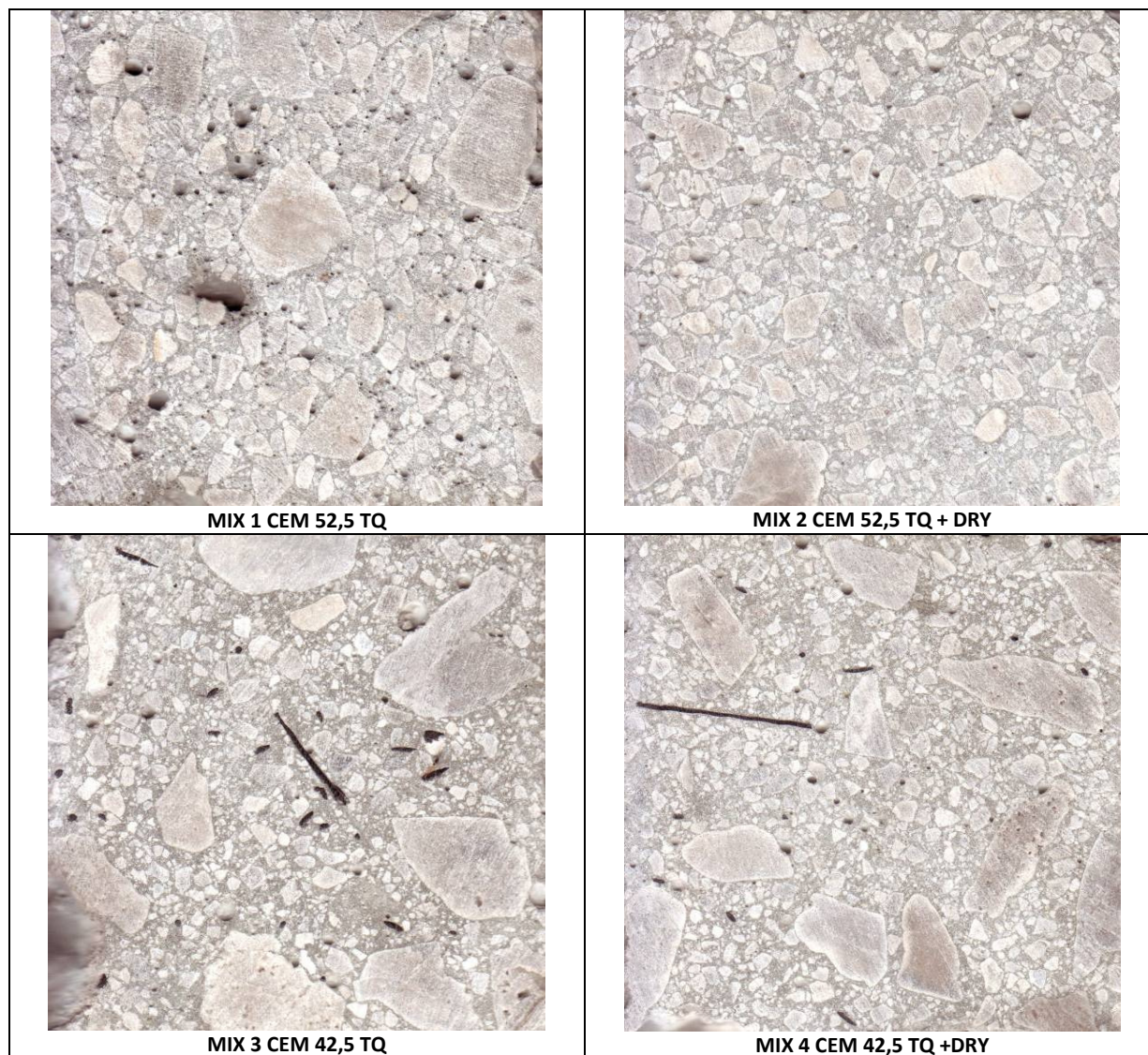


Figura 1.4: Foto macroscopiche rappresentative dei campioni.



## 2. Massa volumica del calcestruzzo indurito (UNI EN 12390-7)

In tabella 2.1 si riportano i valori della massa volumica calcolata mediante pesata idrostatica.

**Tabella 2.1:** Valori della massa volumica.

SIGLA del provino	Provino cubico [cm]	*Massa Volumica [Kg/m <sup>3</sup> ]	MEDIA Massa Volumica [Kg/m <sup>3</sup> ]
MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 1	15X15X15	2247	2227
MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 2	15X15X15	2210	
MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 3	15X15X15	2224	
MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 1	15X15X15	2402	2392
MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 2	15X15X15	2399	
MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 3	15X15X15	2375	
MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 1	15X15X15	2457	2430
MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 2	15X15X15	2432	
MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 3	15X15X15	2402	
MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY provino 1	15X15X15	2426	2423
MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY provino 2	15X15X15	2421	
MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY provino 3	15X15X15	2421	

\*I provini sono stati essiccati in stufa.



**Figura 2.1:** Apparecchiatura utilizzata per la misura della massa volumica del calcestruzzo mediante pesata idrostatica (Laboratorio per la caratterizzazione petrofisica dei lapidei ornamentali e la diagnostica dei materiali, INNOVA - DISTAR).



### 3. Determinazione dell'assorbimento di acqua alla pressione atmosferica [UNI 7699]

In tabella 3.1 vengono riassunti i valori di assorbimento di acqua alla pressione atmosferica, valutati per ciascun impasto e su terne di provini.

**Norma:** Determinazione dell'assorbimento di acqua alla pressione atmosferica [UNI 7699];

**Data di esecuzione:** 22.07.2014

**Umidità relativa :** 55%

**Temperatura:** 23°C

**Durata:** 63 gg.

La quantità percentuale in massa di acqua (parziale o totale) di saturazione  $w_a$  è fornita dalla relazione:

$$w_a = \frac{100 \cdot (M_j - M_0)}{M_0}$$

dove:

$w_a$  è la percentuale in massa di acqua di saturazione arrotondata al più prossimo 0,1%;

$M_j$  è la massa del provino dopo immersione in acqua per  $j = 1 \text{ h}, 3 \text{ h}, 8 \text{ h}, 24 \text{ h}, 72 \text{ h}, 168 \text{ h}, \text{ ecc.}; u^{(4)}$ ;

$M_0$  è la massa del provino prima dell'immersione.

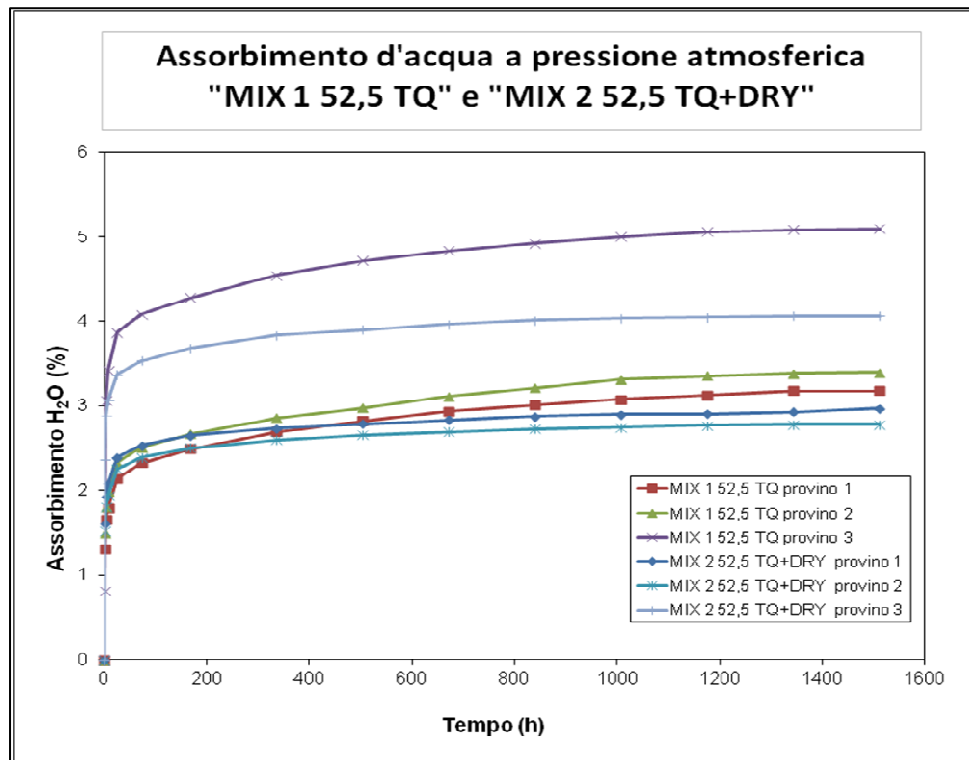
**Tabella 3.1:** Valori di assorbimento di acqua alla pressione atmosferica [UNI 7699].

Sigla PROVINO	Provino cubico [cm]	$M_0$ Massa del provino prima dell'immersione [cm]	$M_j$ Massa del provino dopo l'immersione (63gg) [cm]	$W_a$ (massa d'acqua assorbita) [%]	$W_a$ MEDIA [%]
MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 1	15x15x15	7583,62	7824,48	3,18	3,89
MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 2	15x15x15	7458,66	7458,66	3,40	
MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 3	15x15x15	7505,67	7888,07	5,9	
MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 1	15x15x15	8106,45	8346,89	2,97	3,27
MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 2	15x15x15	8096,85	8322,08	2,78	
MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 3	15x15x15	8015,65	8341,49	4,07	
MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 1	15x15x15	8291,82	8530,69	2,88	3,24
MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 2	15x15x15	8209,62	8443,29	2,85	
MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 3	15x15x15	8105,62	8429,80	4,00	
MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY provino 1	15x15x15	8187,65	8440,09	3,08	3,00
MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY provino 2	15x15x15	8172,21	8408,49	2,89	
MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY provino 3	15x15x15	8170,61	8417,99	3,03	

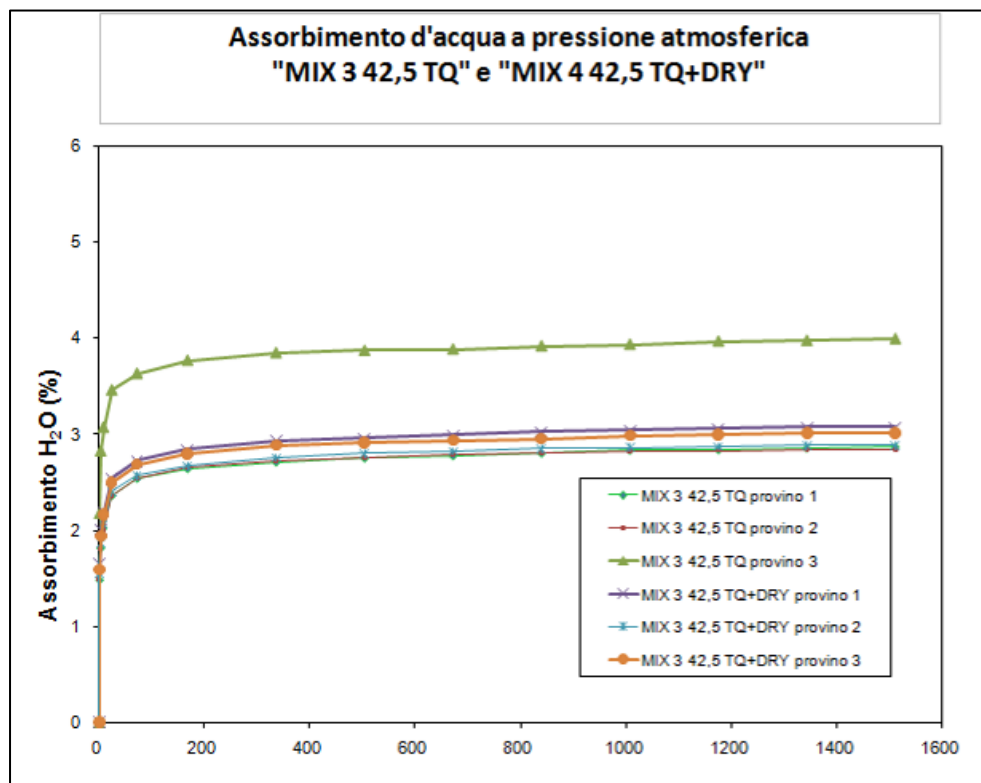


**Figura 3.1:** Test di assorbimento di acqua alla pressione atmosferica.





**Figura 3.2:** Curve di assorbimento di acqua a pressione atmosferica su terne di provini "MIX 1 52,5 TQ" e "MIX 2 52,5 TQ+DRY".



**Figura 3.3:** Curve di assorbimento di acqua a pressione atmosferica su terne di provini "MIX 3 42,5 TQ" e "MIX 4 42,5 TQ+DRY".



#### 4. Determinazione della densità reale e della porosità totale aperta mediante picnometro ad elio

Il peso specifico o densità reale, espresso in  $\text{g}/\text{cm}^3$ , è il rapporto tra la massa del campione secco ed il volume della sola parte solida.

La determinazione della densità reale, funzione del peso specifico dei costituenti solidi del provino in calcestruzzo (volume della parte solida esclusi i vuoti), è stata effettuata con l'ausilio di un picnometro ad elio (Multi Volume Pycnometer 1305 Micromeritics, con un'accuratezza di  $\pm 0,1-0,2\%$ ), su tre provini cilindrici (tabella 4.1) per ognuno degli impasti campionati, trascorsi i 28 gg di maturazione.



Figura 4.1: Picnometro ad elio Micromeritics 1305.

Tale apparecchiatura (figura 4.1) è costituita da una camera con volume noto ( $35 \text{ cm}^3$ ) e di una seconda camera in comunicazione con la prima. La prima camera, destinata ad ospitare il campione, è pressurizzata con elio; successivamente il gas, attraverso una manopola è fatto espandere nella seconda camera, comunicante con la prima, determinando così una caduta di pressione. Dai due valori di pressione, misurati prima e dopo l'espansione del gas, è possibile determinare il volume del campione e la sua densità reale.

Al fine di ottenere un dato sufficientemente preciso, su ogni campione la prova è ripetuta per tre volte: il risultato finale è espresso dal valore medio.

Le misure del volume apparente (ricavate mediante calibro) e di quello reale hanno consentito di calcolare la porosità aperta. La porosità è definita "aperta" quando è determinata soltanto in funzione dei pori comunicanti con l'esterno del provino e non tiene conto di eventuali pori isolati presenti all'interno di essa.

Il suo valore, espresso in percentuale, è calcolato attraverso la seguente formula:

$$n = \frac{\gamma - \gamma_s}{\gamma} \cdot 100$$

dove:

$\gamma$  è la densità apparente del provino in calcestruzzo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$\gamma_s$  è la densità reale del provino in calcestruzzo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).



**Tabella 4.1:** Densità e porosità totale aperta (picnometrie ad elio).

Sigla PROVINO	Massa [g]	Altezza [cm]	Diametro [cm]	Volume apparente [cm <sup>3</sup> ]	Volume reale [cm <sup>3</sup> ]	Densità reale [g/cm <sup>3</sup> ]	Porosità totale aperta [%]	MEDIA (porosità totale aperta) [%]
MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 1	33,98	2,75	2,58	14,37	12,90	2,63	10,23	10,31
MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 2	36,54	2,91	2,58	15,21	13,83	2,64	9,05	
MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 3	36,71	3,00	2,58	15,68	13,85	2,65	11,65	
MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 1	36,11	2,77	2,58	14,47	13,63	2,65	5,82	6,02
MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 2	33,88	2,54	2,58	13,27	12,48	2,71	5,96	
MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 3	33,38	2,52	2,58	13,17	12,34	2,70	6,28	
MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 1	43,68	3,32	2,58	17,35	16,10	2,71	7,19	7,70
MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 2	41,37	3,18	2,58	16,62	15,28	2,71	8,03	
MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 3	41,23	3,19	2,58	16,67	15,36	2,68	7,87	
MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY provino 1	36,70	2,87	2,58	15,00	13,85	2,65	7,65	7,40
MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY provino 2	39,03	3,00	2,58	15,68	14,54	2,68	7,25	
MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY provino 3	35,46	2,75	2,58	14,37	13,32	2,66	7,30	



## 5. CONCLUSIONI

I valori medi della massa volumica dei campioni "MIX 1 CEM 52,5 TQ", "MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY", "MIX 3 CEM 42,5 TQ" e "MIX 4 CEM 42,5 TQ+DRY" risultano pari rispettivamente a 2227 Kg/m<sup>3</sup>, 2392 Kg/m<sup>3</sup>, 2430 Kg/m<sup>3</sup> e 2423 Kg/m<sup>3</sup>. Nei provini del "MIX 1 CEM 52,5 TQ" si rileva un valore in massa volumica media di 2227 Kg/m<sup>3</sup> che risulta inferiore, se confrontato con i provini della corrispondente tipologia additivata "MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY" (2392 Kg/m<sup>3</sup>).

I test di assorbimento di acqua alla pressione atmosferica [UNI 7699] mostrano i seguenti valori percentuali in termini di massa d'acqua assorbita ( $W_a$ ): 3,89 % (MIX 1 CEM 52,5 TQ), 3,27 (MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY), 3,24 % (MIX 3 CEM 42,5 TQ) e 3,00% (MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY). In questo caso, le tipologie addittivate con DRY D1 Super Lento presentano, un minor assorbimento d'acqua [ $W_a$ ]. In linea generale, i *trend* delle curve di assorbimento d'acqua (figg. 3.2 e 3.3) non sono dissimili fra loro, fatta eccezione per i provini "MIX 1 CEM 52,5 TQ provino 3", "MIX 2 CEM 52,5 TQ+DRY provino 3" e "MIX 3 CEM 42,5 TQ provino 3" che, nel corso del periodo di immersione presentano valori più alti in termini di  $W_a$  e raggiungono, rispettivamente, valori pari al 5,9 %, 4,07 % e 4%. In ogni caso si tratta di calcestruzzi poco assorbenti, in quanto presentano una percentuale di acqua di saturazione minore del 12%.

Infine, i valori della porosità totale aperta (%) determinati al picnometro ad elio, consentono di rilevare un generale miglioramento e quindi valori più bassi, per le tipologie addittivate con DRY D1 Super Lento. In particolare si registra un valor medio pari a 6,02 % nei provini "MIX 2 CEM 52,5 TQ + DRY" contro, 10,31 % per il corrispondente tal quale "MIX 1 CEM 52,5 TQ".

Dott. Geol. Marco D'Amore