

水分浸透速度係数による即時脱型コンクリートの水分浸透に対する抵抗性の評価

徳島大学大学院 学生会員 ○田岡 堯
徳島大学大学院 フェロー 橋本親典
徳島大学大学院 正会員 渡邊 健
徳島大学技術支援部 正会員 石丸啓輔

1. はじめに

即時脱型コンクリート（以下、即脱コンクリート）は、ゼロスランプの超硬練りコンクリートに加圧・振動・締固めを行い作製される。プレキャスト製品のため、通常の RC 構造物よりもかぶりが小さい。一方、コンクリート標準示方書[設計編]の中性化と水の浸透による鋼材腐食に対する照査では、水の浸透に対する抵抗が大きい方が、鋼材腐食深さの設計値が小さくなり、耐久性が優れることになる。

本研究では使用材料が異なる 5 つの製造工場で作製された、AE 剤使用または未使用の即脱コンクリート 4 配合と普通コンクリート 2 配合を用意し、土木学会の新しい規準として制定された試験（JSCE-G 582-2018）を用いて水分浸透速度係数を求め、即脱コンクリートと普通コンクリートの水分浸透に対する抵抗性を評価した。

2. 実験概要

2.1 使用材料・配合条件

使用材料を表－1に、配合表を表－2に示す。配合 A はスランプ8.0±2.5cm、配合 B は21.0±2.0cmの普通コンクリート、配合 C～F は即脱コンクリートである。また、配合 C は AE 剤を使用した AE コンクリートである。

2.2 実験方法

供試体は、配合 A～E はφ100mm×200mm、配合 F はφ100mm×150mm の円柱供試体を用いた。材齢 28 日から更に温度 40±2℃かつ相対湿度の環境で 28 日の乾燥を与え、水分浸透速度係数試験（JSCE-G 582-2018）を実施した。

3. 実験結果および考察

水分浸透速度係数試験結果を図－1に示す。浸漬時間 5 時間から 48 時間までに得られた水分浸透深さの平均値 $\bar{L}$ と浸漬時間の平方根の平均値 $\sqrt{t}$ を用いて最小二乗法より計算した結果、式(1)において水分浸透速度係数（近似直線の傾き A）と定数（切片 B）が得られる。

$$\bar{L} = A \cdot \sqrt{t} + B \tag{1}$$

キーワード 即時脱型コンクリート、水分浸透速度係数

連絡先 〒770-0814 徳島県徳島市南常三島町 2-1 TEL 088-656-7315

表－1 使用材料

使用材料	種類	使用配合	記号	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
セメント	普通ポルトランドセメント	C以外	C1	3.16	
	早強ポルトランドセメント	C	C2	3.14	
細骨材	砕砂1(広島県府中産)	A	S1	2.70	1.80
	砕砂2(広島県三原産)		S2	2.57	1.48
	砕砂3(香川県財田産)	B	S3	2.59	2.00
	砕砂4(長野県上高井産)	C	S4	2.62	1.99
	砕砂4(長野県上高井産)		S5	2.62	1.62
	陸砂(北海道白老産)	D	S6	2.68	1.17
	砕砂5(北海道敷生川産)		S7	2.65	1.43
	砕砂5(兵庫県神埼産)	E	S8	2.55	1.92
	海砂1(佐賀県唐津産)			2.56	1.22
	砕砂7号(兵庫県神埼産)			2.62	0.80
	海砂2(福岡産)	F	S9	2.58	2.24
	高炉スラグ細骨材(広島県福山産)		BFS-5	2.71	1.32
粗骨材	砕石1(広島県世羅産)(15~5mm)	A	G1	2.61	0.32
	砕石2(広島県世羅産)(20~10mm)		G2	2.61	0.32
	砕石3(香川県財田産)(20~10mm)	B	G3	2.6	1.81
	砕石6(香川県財田産)(15~5mm)		G4	2.61	1.61
	砕石7(長野県上高井産)(15~5mm)	C	G5	2.62	1.58
	砕石8(北海道敷生川産)(15~5mm)	D	G6	2.64	1.45
	砕石9(兵庫県神埼産)(15~5mm)	E	G7	2.65	0.76
	砕石10(広島県蒲刈産)(15~5mm)	F	G8	2.68	1.26
	砕石7号(兵庫県姫路産)		G9	2.60	1.35
混和材	フライアッシュ(Ⅱ種)	D	F1	1.95	
	高炉スラグ微粉末	B	F2	2.89	
混和剤	AE減水剤	A	Ad1	1.11	
	AE剤(Ⅰ種)	C	Ad2	1.006	
	減水剤(Ⅰ種)	D	Ad3	1.15	
	高性能減水剤(Ⅰ種)	E	Ad4	1.05	

表－2 配合表

配合名	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								圧縮強度 材齢28日 (N/mm ²)
						水 W	セメント	混和材	細骨材		粗骨材		混和剤	
A	20	8.0±2.5	48.0	4.5±1.5	38.0	172	C1	0	S1	S2	G1	G2	Ad1	39.0
							359		343	326	542	542	2.87	
B	20	21.0±2.0	40.1	2.0	43.9	165	C1	0	S3		G3	G4	Ad4	79.7
							411		783	403	603	3.7		
C	15	0	36.5	4.5±1.5	79.3	130	C2	0	S4	S5	G5		Ad2	60.3
							356		1204	254	381	0.71		
D	15	0	34.0	2.5±1.0	70.1	115	C1	F2	S6	S7	G6		Ad3	65.9
							338	80	958	380	570	2.1		
E	15	0	35.0	4.5	86.0	124	C1	F1	S8		G7		0	64.1
							310	45	1627		262			
F	15	0	35.0	3.5	60.6	142	C1	0	S9	BFS-5	G8	G9	0	65.7
							406		281	445	741	399		

その計算結果と2018年度に実施した際の即脱コンクリートの実験値²⁾を併せて表-3に示す。水分浸透速度係数は、普通コンクリートの配合A, 配合Bが大きな値を示した。また、2018年度の実験値も類似する値を示した。AE剤の有無による水分浸透速度係数の違いは見られなかった。

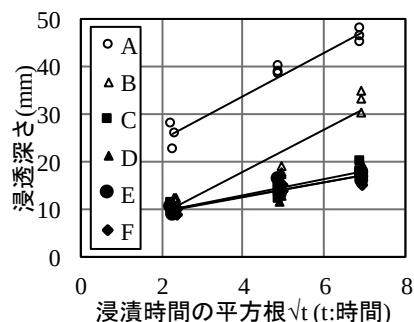


図-1 水分浸透速度係数試験結果

表-3 近似直線の傾きと切片

記号	水分浸透速度係数(A)	定数(B)
A	4.6	15.52
B	4.4	0.45
C	1.7	6.31
D	1.8	5.34
E	1.5	6.54
F	1.5	6.22
2018年度	1.7	2.49

水分浸透速度係数と水セメント比 W/C の関係を図-2に示す。W/C が小さくなるに伴い、水分浸透速度係数が小さくなる傾向が見られた。これは、W/C が小さくなるとコンクリートが緻密になり、水分が浸透する隙間が少なくなったためであると考えられる。また、コンクリート標準示方書³⁾によると、水結合材比および結合材の種類から水分浸透速度係数の予測値 q_p (mm/ $\sqrt{\text{hr}}$) を以下の式(2)で推定することができる。

$$q_p = 31.25 \times (W/B)^2 \quad (2)$$

ここに、W/B：水結合材比

この式は、水結合材比 0.4, 0.5, 0.6 のコンクリートに対する実験から得られたものであり、使用する結合材が、普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種、フライアッシュセメント B 種である場合に適用できる。W/B を W/C に置き換え、 $0.35 \leq (W/C) \leq 0.6$ の範囲でこの式の曲線を図-2に示す。即脱コンクリートの水分浸透速度係数は、予測式よりも相当に小さくなったため安全側であると評価できる。なお、式(2)の W/B の適用範囲は 40~60%であり、今回の W/C が 35%は適用範囲外である。

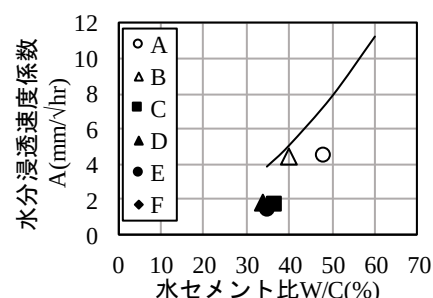


図-2 水分浸透速度係数と W/C の関係

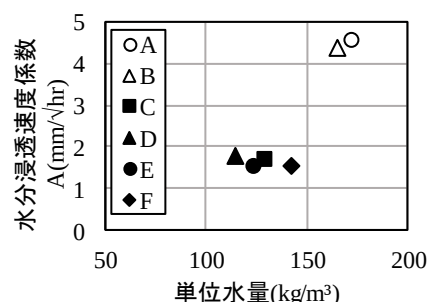


図-3 水分浸透速度係数と単位水量の関係

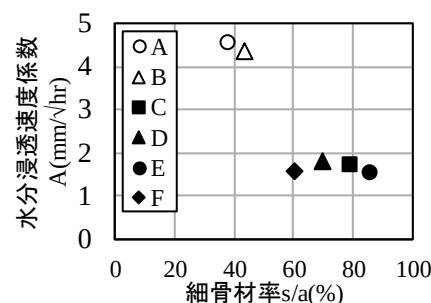


図-4 水分浸透速度係数と細骨材率の関係

水分浸透速度係数と単位水量の関係を図-3に示す。単位水量が小さくなると水分浸透速度係数は小さくなった。これは単位水量が小さくなるとコンクリートが密実になり、水分が浸透する隙間が少なくなるためであると考えられる。

水分浸透速度係数と細骨材率の関係を図-4に示す。細骨材率が高くなると水分浸透速度係数は小さくなった。これは細骨材率が高くなると、粗骨材とモルタルとの間にできる隙間である潜在的欠陥が少なくなり、水分が浸透する隙間が少なくなるためであると考えられる。

4. まとめ

以下に本実験の範囲内で明らかになったことを記す。

- 1) 即脱コンクリートは普通コンクリートよりも水分浸透に対する抵抗性が大きくなった。
- 2) コンクリートの種類に関係なく、水分浸透速度係数は、単位水量が小さくなると小さくなり、細骨材率が高くなると小さくなった。

参考文献

- 1) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕9編プレキャストコンクリート 9.3 かぶり 表 9.3.1 最小かぶり，pp.465，2018.3
- 2) 橋本親典，松田健士朗，渡邊健，石丸啓輔：即時脱型コンクリートの水分浸透速度係数に与える配合要因に関する一考察，セメント・コンクリート研究討論会論文報告集，Vol.46，pp.81-84，2019
- 3) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕，pp.152-153，2018.3