

水溶性樹脂コンクリートの水密性に関する研究

日大生産工 ○伊藤 義也 日大生産工 越川 茂雄
日大生産工 山本 高義 石川島建材 山口 晋

1 まえがき

近年、コンクリート製品の高強度化のため、水溶性ポリマーを用いたポリマーセメントモルタルの研究が進められ、ポリマーを用いることにより、引張強度が向上することやブリーディング等の材料分離が低減することが報告されている¹⁾。また、ポリマーモルタルの実用化の例として高曲げ強度を必要とするマンホールのふた等の製品に最適であること等も提言している²⁾。しかし、水溶性ポリマーを常用コンクリートに用いた研究報告は見ない。

本研究は、水溶性ポリマーを混入したコンクリートはブリーディングが生じないことに着目し、Nonブリーディングの水溶性樹脂コンクリートの水密性について実験検討したものである。

2 使用材料

水溶性ポリマーはE社製ものである。表-1に主成分と一般性状を示す。セメントはT社製普通ポルト

ランドセメントで密度3.16 g/cm³および比表面積3260cm²/gである。細骨材は中国福建省産で密度2.58 g/cm³、吸水率2.08、F. M. 3.26と茨城県鹿島産で密度2.58 g/cm³、吸水率1.30 F. M. 2.14であってFM2.7となるように混合して使用した。粗骨材は栃木県葛生産で密度：2.60 g/cm³、F. M. : 6.77を使用した。AE減水剤およびAE剤はいずれもBP社製で、それぞれリグニンスリホン酸とポリオール複合体およびアルキルエーテル系陰イオン界面活性剤を主成分とするものである。

3 コンクリートの配合

ポリマーコンクリートの配合は表-2の通りであって目標スランプ12±2cmおよび目標空気

表-1 水溶性ポリマーの主成分および一般性状

主成分	全固形分重量(%)	PH	粘度(cp)	比重	外観
特殊アクリル共重合体	44~46	9.5	300	1	乳白色体

表-2 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg／m ³)						水溶性 樹脂 (C×%)	A E 減水剤 (C×%)	AE剤
		水	セメント	細骨材		粗骨材				
				中国産	鹿島産	20～15mm	15～5mm			
45	45.5	153	340	408	408	244	733	0	0.25	1 A
								5		
								10		
								15		
55	47.5	153	278	438	438	242	276	0		
								5		
								10		
								15		
65	49.5	153	255	465	465	237	712	0		
								5		
								10		
								15		

Watertightness of Watersoluble Polymer Concrete

Yoshinari ITOH, Shigeo KOSHIKAWA, Takanori YAMAMOTO and
SHIN Yamaguchi

量 $5 \pm 1\%$ で水溶性ポリマー（固形分 45% の溶液）をセメント質量の $5, 10$ および 15% 混入したものである。

4 透水試験方法

透水試験は加圧（インプット法）で 0.5MPa および 1.0MPa の水圧を 48 時間加え簡易透水試験装置を用い行った。また、水の浸透深さはコンピュータの画像解析法により求めた。

拡散係数 β_0^2 は平均深さ D_m を用いて式（1）により算出を行った。

$$\beta_0^2 = \frac{\alpha D_m^2}{4t\xi^2} \quad (1)$$

ここに、

β_0^2 ：初期拡散係数（ mm^2/s または $\times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ ）

D_m ：平均浸透深さ（ mm ）

t ：水圧を加えた時間（ s ）

α ：水圧を加えた時間補正に関する係数

（ $\alpha = t^{3/7}$ 48時間の場合：175.7）

ξ ：水圧に関する係数

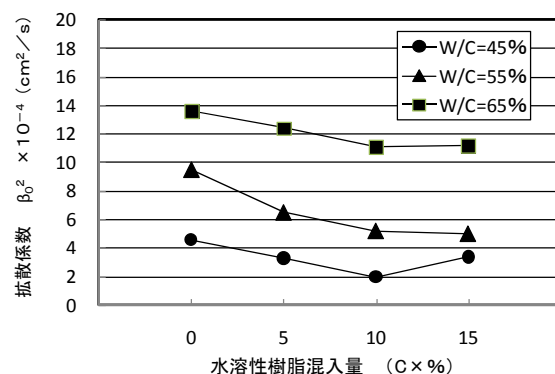
（ 0.5MPa の場合：0.905）

（ 1.0MPa の場合：1.163）

5 実験結果および検討

5.1 水溶性樹脂混入量と拡散係数の関係

図－1に水溶性樹脂混入量と拡散係数の関係を示す。水溶性樹脂コンクリートの拡散係数は水溶性樹脂を混入していないAEコンクリートに比して $P/C=10\%$ の混入量まではいずれの水セメント比



図－1 水溶性樹脂混入量と拡散係数の関係

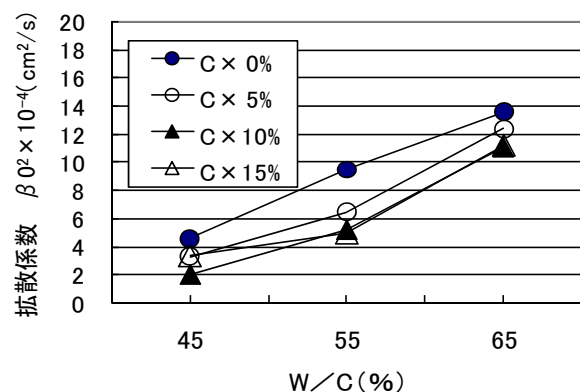
の場合とも減少した。この減少の割合は $W/C=45\% > 55\% > 65\%$ の順に W/C が小さいものほど大きいことが認められた。しかし、さらに $P/C=15\%$ と増加させても $P/C=10\%$ の場合とほぼ同等であった。すなわち、AEコンクリートに対する水溶性樹脂混入量 $5, 10$ および 15% の拡散係数比は、 $W/C=45\%$ の場合、 $0.72, 0.43$ および 0.74 、 $W/C=55\%$ の場合、 $0.68, 0.55$ および 0.53 、 $W/C=65\%$ 場合、 $0.91, 0.84$ および 0.82 である。これらのことは、水溶性樹脂混入による水密性の改善効果が混入量 10% で最大でAEコンクリートに比して、 $W/C=45\%$ の場合、 $1/2.3$ 、 $W/C=55\%$ の場合、 $1/1.8$ および $W/C=65\%$ の場合、 $1/1.2$ と低減することを示すものである。

以上のように、 W/C が小さいものほど水密性の改善が大きいのは、セメント量が多い場合セメント粒子間隙の樹脂によるマイクロフィラー効果が期待できることによるものと考える。

5.2 W/Cと拡散係数の関係

図－2に W/C と拡散係数の関係を示す。

水溶性樹脂コンクリートの W/C と拡散係数の関係は、AEコンクリートと同様の傾向で W/C が大きいほど大きくなることを示した。すなわち、 $W/C=55\%$ を 1.00 とした場合の $W/C=45\%$ および 65% の拡散係数比はAEコンクリートで 0.48 および 1.43 、水溶性樹脂コンクリートの $P/C=5\%$ で $0.51, 1.91$ 、 $P/C=10\%$ で $0.40, 2.13$ および 15% で $0.68, 2.24$ であった。以上のことは水溶性樹脂コンクリートの場合も従来から言われているAEコンクリートと同様に W/C により、水密性が支配されていることを示すものである。



図－2 W/Cと拡散係数の関係

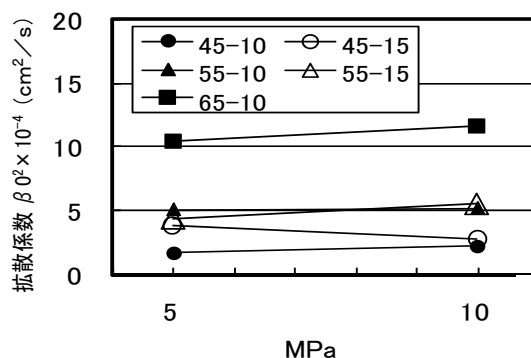
5. 3 加えた水圧がおよぼす影響

図－3に加えた水圧と拡散係数を示す。
今回加えた高水圧の5MPaおよび10MPaの水溶性樹脂コンクリートの拡散係数は加えた水圧の大きさにかわらずほぼ同等で水溶性樹脂混入による水密性の改善は比較的大きい水圧に対し有効であることが認められた。

5. 4 ポロシチーによる水密性改善に関する考察
水密性樹脂コンクリートの水密性の改善は4.1で述べたようにセメント粒子間隙の樹脂によるマイクロフィラー効果と考えるのでこれを確かめる目的により水銀圧入式ポロシメーター（TF社製 Pascal 140/400型：300,000～1,900（nm）／7500～1.8（nm）でポロシチーを測定した。

表－3および図－4に細孔径範囲を1000～100 μm 、100～10 μm 、10～1 μm 、1～0.1 μm 、0.1～0.01 μm 、および0.01～0.001 μm に6分割した測定結果を示す。これらの結果によれば、T.P.Vは水溶性樹脂の混入量により、一定の傾向は認められなかった。しかし、表－3に示すよう、平均細孔径は混入量により、小さくなることが認められた。特にW/C45%の場合は、いずれの混入量とも、また、W/C55%、およびW/C65%では、混入量15%でこの傾向はそれぞれ、顕著であ

った。すなわち、各セメントの水密性樹脂0%の平均細孔径に比して、W/C45%の場合、0.41～0.62%、W/C55%の場合、混入率5～10%で0.76～0.91、混入率15%で0.45およびW/C65%の場合、混入率5～10%で0.80～0.84、混入率15%で0.58とそれぞれ減少した。そこでさらに6分割した各細孔径範囲の変化について図－4により検討すれば次の通りである。混入率0%の各細孔径範囲の細孔量に比して、明らかに細孔量の減少傾向が認められたのはいずれのW/Cの場合とも、10～1 μm および1～0.1 μm の細孔径範囲である。そして、この減少量はW/Cおよび混入量により、次のように相違することが認められた。W/C45%の場合、いずれの混入率の場合ともほ



図－3 加えた水圧と拡散係数の関係

表－3 水銀圧入式ポロシメーターによる水溶性樹脂コンクリートの細孔測定結果

水セメント比 (%)	水溶性樹脂 混入量 (C×%)	細孔容積測定結果					
		全細孔容積 (mm ³ /g)		比表面積 (m ² /g)		平均細孔経 (μm)	
45	0	55.9 —	55.9 (1.00)	12.6 —	12.6 (1.00)	0.041 —	0.041 (1.00)
	5	58.2 (104.3)	58.2 (1.04)	11.6 34.8	23.2 (1.84)	0.0164 0.017	0.0167 (0.41)
	10	41.9 51.7	46.8 (0.84)	12.8 15.2	14 (1.11)	0.02 0.022	0.021 (0.51)
	15	60.9 52.9	56.9 (1.02)	15.6 14.8	15.2 (1.21)	0.028 0.023	0.0255 (0.62)
55	0	76.3 67.2	71.75 (1.00)	17.1 13.2	15.15 (1.00)	0.053 0.084	0.0685 (1.00)
	5	76.7 62.8	69.75 (0.97)	16.9 14.2	15.55 (1.03)	0.053 0.051	0.052 (0.76)
	10	79 89.8	84.4 (1.17)	16.9 18.4	17.65 (1.17)	0.063 0.063	0.063 (0.92)
	15	53 —	53 (0.74)	12.9 —	12.9 (0.85)	0.031 —	0.031 (0.45)
65	0	99.4 101.8	100.6 (1.00)	17.4 17.0	17.2 (1.00)	0.082 0.092	0.087 (1.00)
	5	77.5 84.6	81.05 (0.81)	15.2 16.0	15.6 (0.91)	0.076 0.063	0.695 (0.80)
	10	98.2 —	98.2 (0.98)	19.5 —	19.5 (1.13)	0.0733 —	0.733 (0.84)
	15	82.2 52	67.1 (0.67)	19.1 11.5	15.3 (0.89)	0.048 0.053	0.0505 (0.58)

ぼ同等で $10\sim 1\mu\text{m}$ の範囲で平均0.51に、 $1\sim 0.1\mu\text{m}$ で平均0.62に減少した。これに対し、W/C55%の場合、 $10\sim 1\mu\text{m}$ の範囲では混入率が增加するほど0.81 $\sim$ 0.61と減少した。そして、 $1\sim 0.1\mu\text{m}$ では混入率5 $\sim$ 10%では減少が認められないが混入率15%では0.66に大きく減少した。W/C65%の場合は、 $10\sim 1\mu\text{m}$ の範囲では混入率5 $\sim$ 10%の場合、減少は認められないが混入率15%の場合、0.88と若干減少した。そして $1\sim 0.1\mu\text{m}$ の範囲では混

入率5 $\sim$ 10%の場合、約0.75に減少し、混入率15%の場合、0.66と大きく減少することが認められた。以上の結果は、水溶性樹脂コンクリートの水密性の改善は樹脂の混入により、平均細孔径が小となること、また、 $10\sim 1\mu\text{m}$ および $1\sim 0.1\mu\text{m}$ の細孔径範囲の細孔量が減ること等によることを示すものである。

6 まとめ

本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

- (1) 水溶性樹脂コンクリートの水密性は水溶性樹脂の混入により改善し、その効果はP/C=10%で最も大きくAEコンクリートに比して拡散係数はW/C=45 $\sim$ 65%で約1/1.2 $\sim$ 1/2.3と低減する。
- (2) 水溶性樹脂コンクリートの水密性とW/Cの関係は、従来、言われているAEコンクリートの場合と同様で拡散係数はW/Cが大となるほど大となる。
- (3) 加えた水圧による水溶性樹脂コンクリートの水密性改善は、5MPa $\sim$ 10MPaの水圧のおおきさによる違いはなく、いずれの高水圧下でも同等である。
- (4) 水溶性樹脂コンクリートのポロシチー性状は混入率0%に比して、平均細孔径が小となること。また、 $10\sim 1\mu\text{m}$ および $1\sim 0.1\mu\text{m}$ の細孔径範囲の細孔量は減少することが認められた。これらのことは水溶性樹脂コンクリートの水密性の改善は樹脂のマикроフィラー効果であることをも検証するものである。

以上の(1) $\sim$ (4)のことは常用コンクリートの水密性の改善に水溶性樹脂が有用であることを示すものである。

参考文献

- 1) 促進養生コンクリートの高性能化とその応用(学位論文)、林志翔 2006.1

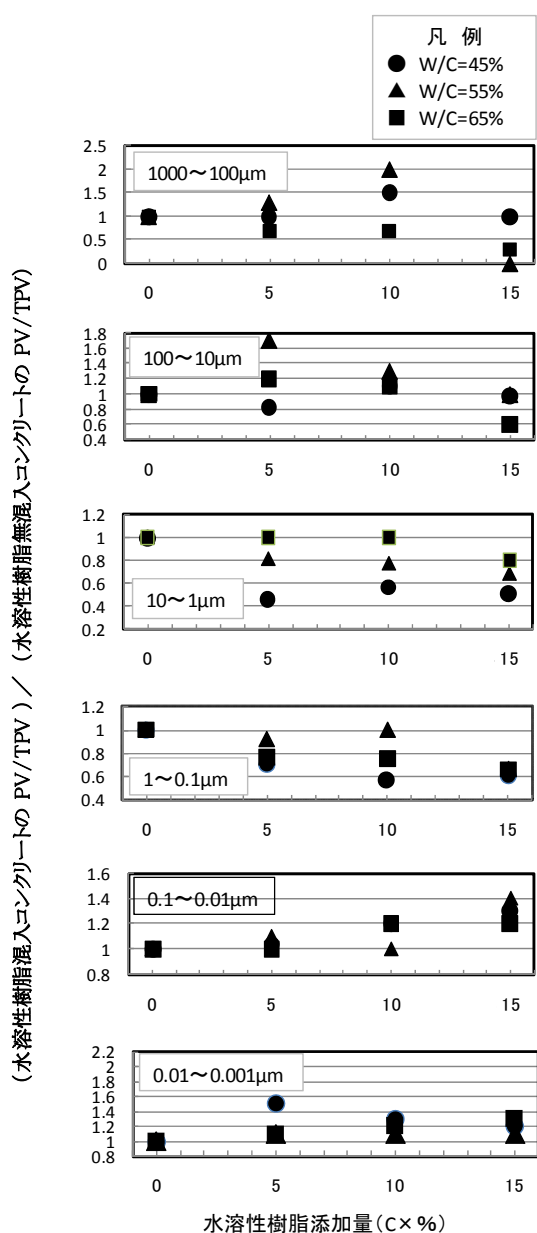


図-4 水溶性樹脂の有無が各細孔径におよぼす影響