

## 4. 撥水剤添加コンクリートにおける2次製品に関する検討

### Study on Precast Concrete Products Made with Water-Repellent-Admixed Concrete

岡流聖\* 谷口克彦\*

#### —概要—

本報告では、2次製品を想定したコンクリートに撥水剤をセメント質量比0.5%で添加し、撥水剤添加コンクリートの圧縮強度、耐凍害性、透水抑制性能および製品としての曲げひび割れ耐力について検討した結果を報告する。撥水剤無添加コンクリートと比較して、撥水剤添加コンクリートの圧縮強度は同程度であり、顕著な強度低下は認められなかった(図1)。また、凍結融解試験では300サイクル時点で相対動弾性係数が約85%となり、評価指標である60%以上を維持することを確認した(図2)。透水性に関しては、室内供試体の透水試験において打設面から深さ55mmまでの各試験面で透水量の抑制率が概ね50%以上となり、表層だけでなく内部においても透水抑制効果が確認された(図3)。さらに、試作U字溝のWAPP透水試験においても、撥水剤添加により透水抑制効果が確認された(図4)。曲げひび割れ耐力試験では撥水剤の有無にかかわらず各試作製品が規定荷重を満足し、性能低下は認められなかった。

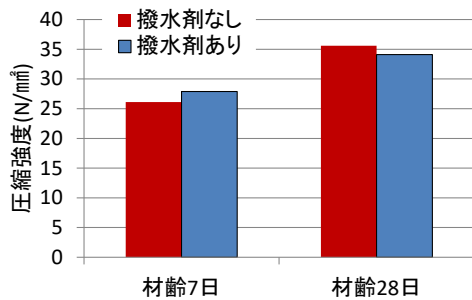


図1 圧縮強度試験結果

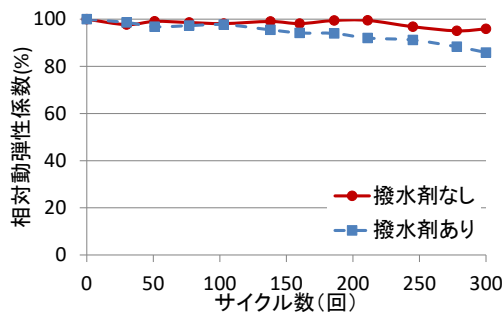


図2 凍結融解試験結果

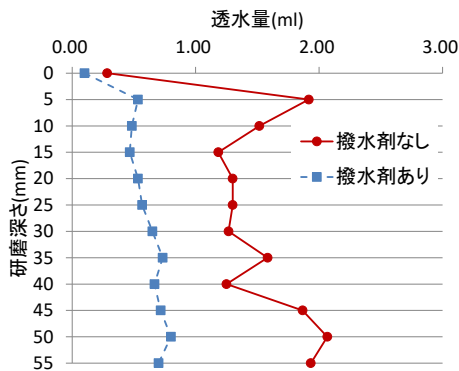


図3 透水試験結果

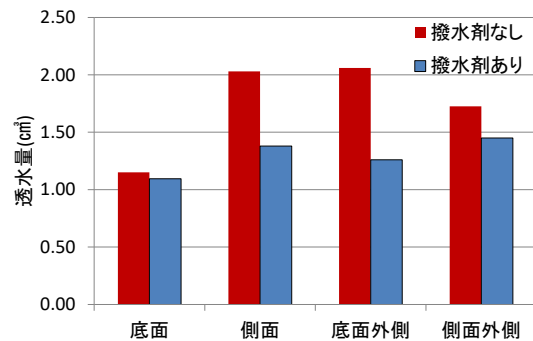


図4 WAPP 透水試験結果

#### —技術的な特長—

今回使用した撥水剤は、コアシェルカプセル化技術を適用した特殊な撥水剤である。この技術は、撥水成分を被覆材により包み込むことで、練混ぜ直後における撥水作用の急激な発現を抑制し、セメントの水和反応への影響を低減するとともに、硬化後のコンクリート内部において吸水防止性能を発現させるものである。このような撥水剤を練り混ぜ時に添加することで、コンクリート内部にも吸水防止性能を付与したものが撥水剤添加コンクリートである。本研究では、2次製品コンクリート配合で試験体を作製し、各種試験を実施した。

※本研究は、青木あすなろ建設(株)とインフラテック(株)との共同研究成果の一部である。

本報の一部は、令和7年度土木学会全国大会第80回年次学術講演会(V-416, 2025.08)で発表済みである。

\*技術研究所 材料研究部

## 撥水剤添加コンクリートにおける 2 次製品に関する検討 Study on Precast Concrete Products Made with Water-Repellent-Admixed Concrete

○岡 流聖\*  
Ryusei OKA

谷口 克彦\*  
Katsuhiko TANIGUCHI

**ABSTRACT** This study evaluated concrete for secondary products with a water-repellent agent added at 0.5% by cement mass. Compared with the control, no significant differences were observed in compressive strength, while freeze–thaw resistance remained acceptable (relative dynamic modulus 85% after 300 cycles, above the 60% criterion). Water penetration was reduced by 50% down to 55 mm from the casting surface, and tests on a prototype U-shaped channel confirmed improved water resistance without reducing the specified flexural cracking load capacity.

**Keywords** : 撥水剤添加コンクリート, 透水性能, 2 次製品

*Water-Repellent-Admixed Concrete, Water permeability performance, precast concrete products*

### 1. はじめに

撥水剤添加コンクリートとは、コンクリートの練り混ぜ時に撥水剤を添加することで、コンクリート表面のみならず、内部まで疎水化させ、吸水防止性能を付与するものである。表面含浸工法などで形成した吸水防止層を超えてひび割れがコンクリート内部に進展しても、内部でも吸水防止性能を有することで、コンクリートの耐久性を維持することを目的としている。また、撥水剤をコンクリートに練り混ぜることにより、表面含浸工法で懸念される作業員の技量による塗りむらや、雨天時に塗布作業ができない点を解決することが可能である。ここでは、2 次製品コンクリート配合での試験練り結果と、その配合で試作した U 字溝を用いた透水抑制機能の結果について述べる。また、製品として JIS 規格を満たすかどうか確認するため

に実施した曲げひび割れ耐力試験の結果についても報告する。

### 2. 試験概要

#### 2.1 供試体概要

本報告では、試験練り・透水抑制機能評価（室内供試体および U 字溝）と、曲げひび割れ耐力試験（製品）でコンクリートの配合・使用材料・

表 1 使用材料

記号	材料	銘柄	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
W	水	地下水	1
C	普通ポルトランドセメント	住友大阪セメント(株)	3.15
FU	炭酸カルシウム	(株)三友	2.71
S1	細骨材(砕砂)	南九州市川辺町清水産	2.66
S2	細骨材(砕砂)	いちき串木野市金山産	2.61
G	粗骨材(砕石)	いちき串木野市金山産	2.61
AD1	減水剤	シーカメント2200	1.065
AD2	AE剤	シーカAER-50	1.065
WR	撥水剤	W10	0.99

表 2 配合

配合名	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )									
			水 W	セメント C	混和剤 FU	細骨材 S1	細骨材 S2	粗骨材 G	減水剤 AD1	AE剤 AD2 C×%	撥水剤 WR C×%	
試験練り	撥水剤なし	51.8	39.7	170	328	216	455	195	973	6.75	0.012	0
	撥水剤あり										0.0136	0.5
U字溝	撥水剤なし	51.8	39.7	170	328	216	455	195	973	6.75	-	0
	撥水剤あり										-	0.5

\*技術研究所 材料研究部

※本報の一部は、令和 7 年度土木学会全国大会第 80 回年次学術講演会(V-416, 2025.08)で発表済みである。

供試体条件が一部異なるため、試験系統ごとに整理して示す。

### 2.1.1 コンクリート配合・使用材料

(1)試験練り・透水抑制機能評価（室内供試体、U字溝）

試験体のコンクリートの使用材料を表 1 に、コンクリート配合を表 2 に示す。試験練り（室内供試体）では、目標スランプフローを 650 mm、目標空気量を 4.5%とした。養生は 24 時間室内保管後、屋外放置とした。U 字溝製作時は non-AE コンクリートとし、目標空気量を 2.0%とした。養生は蒸気養生（前置き 30～60 分後、約 60℃で 1 時間）後に屋外放置とした。

(2)曲げひび割れ耐力試験（製品）

曲げひび割れ耐力試験に用いたコンクリートの使用材料を表 3 に、コンクリート配合を表 4 に示す。目標スランプは 12 ± 2.5 cm、目標空気量は 4.5% ± 1.5%とした。養生は蒸気養生（前置き 60 分後、約 60℃で 1 時間）後に屋外放置とした。

表 3 使用材料

記号	材料	銘柄	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
W	水	神奈川県上水道	1
C	普通ポルトランドセメント	太平洋セメント(株)	3.16
S	細骨材(砕砂)	神奈川県相模原市緑区小倉産	2.59
G	粗骨材(砕石)	神奈川県相模原市緑区小倉産	2.62
AD	混和剤	マスターポリヒド2000	1.02
WR	撥水剤	W10	-

表 4 配合

配合名	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					撥水剤 WR C×% 0 0.5
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 AD	
撥水剤なし	48.3	42.5	170	352	752	1029	1.76	
撥水剤あり								

### 2.1.2 供試体の形状・寸法

供試体の形状と寸法は表 5 に示す。

表 5 供試体の形状・寸法

区分	試験対象	寸法
試験練り(室内供試体)	円柱供試体	φ100×200mm
	角柱供試体	100×100×400mm
透水抑制機能評価(U字溝)	KWTラフ	幅300×長さ1000mm
曲げひび割れ耐力試験(製品)	落ちふた式U形側溝3種300A	幅300×長さ2000mm
	落ちふた式U形側溝ふた3種300	412×500mm、厚さ95mm
	上ふた式U形側溝1種300B	幅300×長さ600mm

### 2.1.3 撥水剤

今回使用した撥水剤は、コアシェル化カプセル技術を用いた特殊な撥水剤である。コアシェル化カプセル技術は、撥水成分を被覆材により包み込むことで、練混ぜ直後における撥水作用の急激な発現を抑制し、セメントの水和反応への影響を低減するとともに、硬化後のコンクリート内部において吸水防止性能を発現させるものである。撥水剤は後添加とし、添加量はセメント質量比で 0.5%とした。

### 2.2 試験項目

実施した試験項目を表 6 に示す。

表 6 試験項目

試験練り(室内供試体)	圧縮強度試験(JIS A 1108)
	凍結融解試験(JIS A 1148)
	透水試験(JIS A 6909)
透水抑制機能評価(U字溝)	WAPP透水試験
曲げひび割れ耐力試験(製品)	曲げひび割れ耐力試験(JIS A 5372)

### 2.2.1 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に準拠した。材齢 7 日および 28 日で実施し、撥水剤添加が圧縮強度へ影響を与えないことを確認するために試験を実施した。浅本らの研究では、既存の撥水剤を混ぜたモルタルの特性が調査されている<sup>1)</sup>。その結果、このモルタルは表面の撥水効果を持ち、ひび割れが生じても水の浸透を抑えることが確認されているが、市販の撥水剤を配合すると、圧縮強度が最大で約 50%低下するという課題も明らかになっている。

### 2.2.2 凍結融解試験

凍結融解試験は、JIS A 1148 コンクリートの凍結融解試験方法 A 法に準拠した。凍結側が -18℃、融解側が 5℃、1 サイクルは約 3～4 時間で管理して 300 サイクルまで実施し、撥水剤添加による耐凍害性の変化を確認するために試験を実施した。

### 2.2.3 透水試験

透水試験は、JIS A 6909 建築用仕上塗材の透水試験 B 法に準拠した。φ100×200 mm の円柱

供試体を使用し打設面で計測を行った。打設面での透水試験を実施した後、コンクリート表面だけでなく内部の透水抑制機能を確認するために、打設面から 5 mm ずつ研磨を実施し、その研磨面で透水試験を実施した。透水試験は、鉄筋の被りを考慮し打設面から 55 mm までの深さで実施した。

### 2.2.4 WAPP 透水試験

U 字溝は豊福らによって開発された WAPP 透水試験機<sup>2)</sup>を用いて、透水量の測定を行った(写真 1)。本試験は全体に撥水剤が混和されているか確認するために試験を実施した。



写真 1 WAPP 透水試験

### 2.2.5 曲げひび割れ耐力試験

曲げひび割れ耐力試験は、JIS A 5372 プレキャストコンクリート製品に準拠して実施した(写真 2)。試験は試験体を所定の支持条件で曲げ試験装置に設置し荷重を加え、規定荷重に到達するまで載荷した。試験体が規定荷重に到達した時点で、所定の保持を行ったうえで観察を実施し、曲



写真 2 曲げひび割れ耐力試験状況

げひび割れが認められない場合を合格(異常なし)とし、撥水剤の添加がコンクリート製品の曲げひび割れ耐力に及ぼす影響を定量的に評価した。

## 3. 試験結果

### 3.1 圧縮強度試験

圧縮強度試験の結果を図 1 に示す。撥水剤を添加したコンクリートは、ベースコンクリートと比較して同程度の強度を示すことを確認した。撥水剤添加による強度低下は少ないと考えられる。

### 3.2 凍結融解試験

凍結融解試験の結果を図 2 に示す。300 サイクル時点での相対動弾性係数について、撥水剤を添加したコンクリートは相対動弾性係数が約 85% となり、ベースコンクリートと比較すると 10% 程度低い結果を示したが、コンクリートの耐凍害性を評価する上で指標とされる相対動弾性係数 60% 以上は保持することを確認した。この結果か

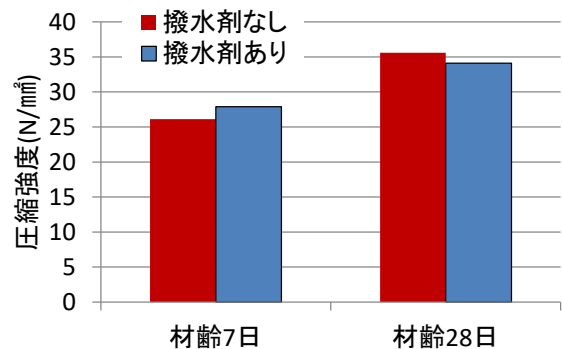


図 1 圧縮強度試験結果

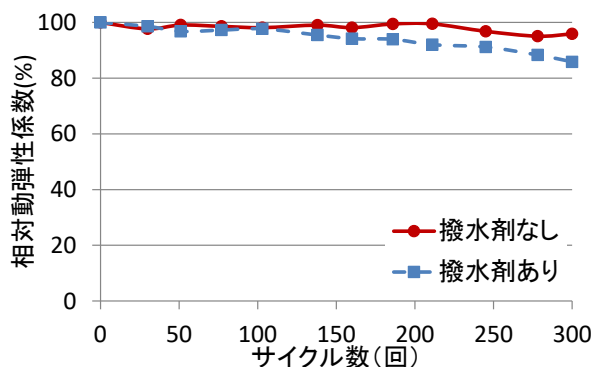


図 2 凍結融解試験結果

ら、撥水剤添加によって耐凍害性が著しく低下する傾向は認められなかった。

### 3.3 透水試験

透水試験の結果を図 3 に示す。撥水剤を添加したコンクリートは、ベースコンクリートと比較して透水抑制効果を示すことを確認した。透水量の抑制率は全ての試験面において約 50%以上となった。この結果より、表層だけでなく内部まで疎水化した吸水防止層が形成されていることが分かる。

### 3.4 WAPP 透水試験

WAPP 透水試験の結果を図 4 に示す。U 字溝の測定面に WAPP 試験機のチャンバーを取り付け、チャンバー内を水で満たした後、20 分間、55 kPa の圧力を加えてコンクリート内に侵入する透水量の計測を行った。透水試験の結果は、各測定面で 2 か所ずつ測定を行い平均化したものである。

試験の結果、撥水剤を添加したコンクリートをベースコンクリートと比較すると、底面では透水量の差が微量となっているが、側面では約 30% の透水抑制効果の向上が認められた。U 字溝外側においても底面外側は約 35%、側面外側では約 15% の透水抑制効果の向上が認められた。底面における透水量の差が微量であった原因については、U 字溝製作時に底面外側が打設面になるため、底面側が密実になったのではないかと考えられる。透水量の値は撥水剤を添加した場合、底面、側面の場所によらず同程度となっていることから、撥水剤を添加した場合、コンクリート製品であっても、撥水剤が均一に混和されていると考えられる。

### 3.5 曲げひび割れ耐力試験

曲げひび割れ耐力試験の結果を図 5 に示す。全ての供試体において、撥水剤の添加有無にかかわらず、測定値はいずれも各製品の規定荷重を満たした。落ちふた式 U 形側溝 3 種 300A では撥水剤添加・無添加ともに 73.2 kN と同等の測定

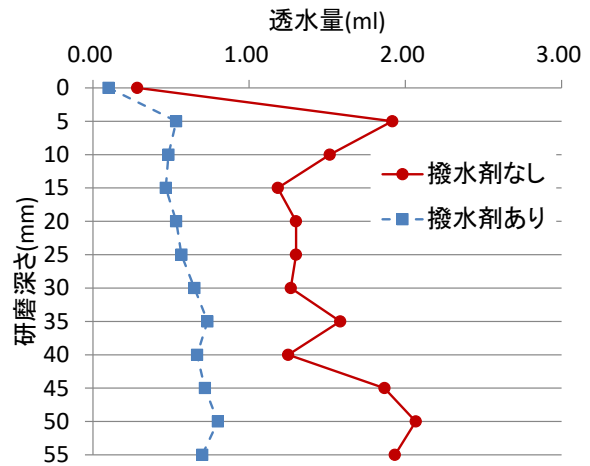


図 3 透水試験結果

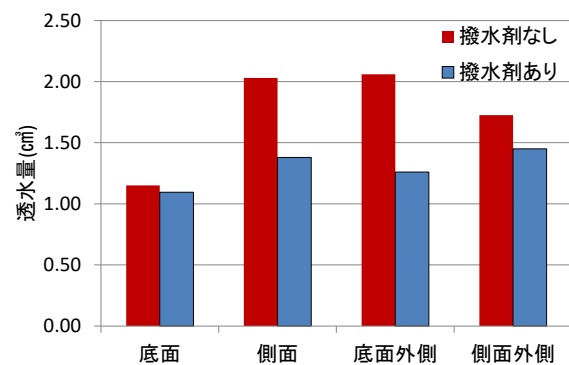


図 4 WAPP 透水試験結果

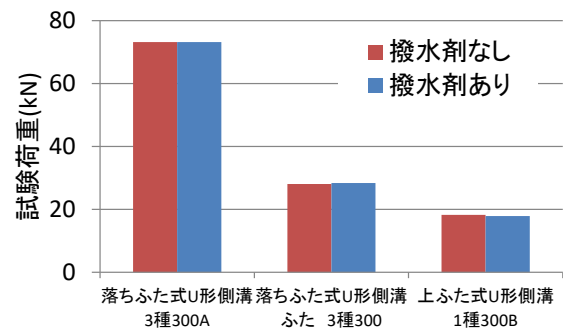


図 5 曲げひび割れ耐力試験結果

値を示した（規格値：72 kN）。落ちふた式 U 形側溝ふた 3 種 300 では撥水剤添加 28.1 kN、無添加 28.4 kN（規格値：27 kN）、上ふた式 U 形側溝 1 種 300B では撥水剤添加 18.3 kN、無添加 17.9 kN（規格値：17 kN）と、いずれの条件でも規格荷重をクリアし、撥水剤の有無による性能に顕著な低下は見られなかった。

#### 4. まとめ

今回の撥水剤を添加したコンクリートの各諸性状の試験の結果、以下のことを確認した。

- ・圧縮強度試験では、撥水剤を添加したコンクリートはベースコンクリートと同等の結果を示した。
- ・凍結融解試験では、撥水剤を添加したコンクリートは一般的に耐凍害性を有するとされる相対動弾性係数 60%を超える値を維持することを確認した。
- ・透水試験の結果では、室内試験練りのコンクリートでは撥水剤を添加することで 50%程度の透水抑制率を有することを確認した。コンクリート内部についても、表層と同等以上の透水抑制率を有することを確認できた。コンクリート製品においても、各試験面で透水抑制効果を示し、コンクリート全体に撥水剤が均一に混和していることを確認した。
- ・撥水剤の添加は、コンクリート製 U 形側溝およびその蓋の曲げひび割れ耐力に悪影響を及ぼさないことが示された。全ての試験において、撥水剤の有無にかかわらず製品は要求される性能を満たし、異常も確認されなかった。

#### 5. 今後の展開

今後は実環境下での長期的な性能検証を進める。具体的には、今回試作した U 字溝を実際に屋外に暴露し、経年による変化を定期的に検査していく。これにより、撥水剤添加コンクリートがコンクリート構造物の長寿命化に寄与する有効な技術であることを実証し、実用化に向けたさらなる知見を得ることを目指していく。

#### 【参考文献】

- 1) 浅本晋吾, 吉田悠佳, 樂堯, 米田大樹: 撥水材を混入したセメント系材料の内部撥水性と材料特性の検討, コンクリート工学論文集, 第 29 巻, pp.11-19, 2018

- 2) 豊福俊泰, 白川敏夫, 彌永育代: コンクリート構造物の透水性試験に基づく品質評価方法, 特許公報 (B1), 特願 2013-110971, 特許第 5611417 号, 学校法人中村産業学園, 2014.9.12