

3. 撥水剤添加コンクリートの諸性状に関する研究

Study on Various Properties of Concrete with Water-Repellent Additives

岡 流聖* 谷口克彦*

ー概要ー

本研究では、現場打ちを模擬したコンクリートに対して撥水剤(W10)をセメント質量比で0.5%添加し、撥水剤添加コンクリートの撥水性能、フレッシュ性状、圧縮強度について検討を行った。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はフレッシュ性状、圧縮強度に有意な差は認められなかった(表1、図1)。また、表面から5mm間隔で深さ500mmまでのすべての試験面において、撥水剤を添加していないコンクリートと比較して、水の浸透が半分以下に抑制されていることが確認された(図2)。

表1 フレッシュ性状

種別	Air(%)	SL(cm)	SLF(cm)	C.T(°C)	Tmp(°C)	CL(kg/m ³)
ベース	3.2	17.5	30×30	23	19	0.04
W10(0.5%)	3.8	16.5	29.5×28.5	22	19	0.04

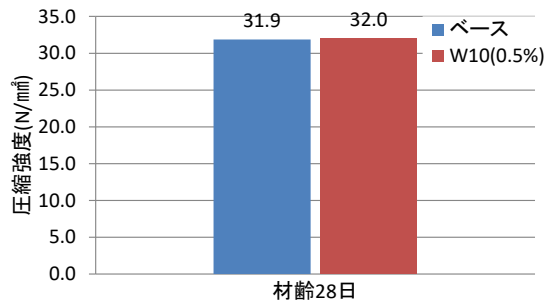


図1 圧縮強度試験結果

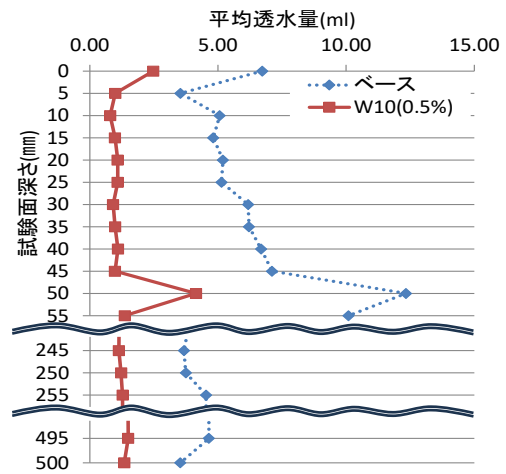


図2 透水試験結果

ー技術的な特長ー

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ではなく内部にまで撥水性を付与するものである。表面含浸工法などでは保護できないコンクリート表面のひび割れ後にも撥水性を有することで、コンクリートの耐久性を維持させることを目的としている。本研究では、新たに開発された撥水剤(W10)をコンクリート内部に練り混ぜている。これは、コアシェルカプセル化技術を用いて開発された撥水剤である(写真1)。今回は、ミキサー車のホッパーから所定量の撥水剤(W10)を投入し(写真2)、高速攪拌を行った後コンクリート供試体を打設した。養生後コア抜きを実施し、各試験を実施した。



写真1 撥水剤(W10)



写真2 撥水剤添加状況

※本研究は、青木あすなろ建設(株)とダウ・東レ(株)との共同研究成果の一部である。

本報は、土木学会全国大会年次学術講演会(2024.09,V-22)で発表したものに、加筆・修正したものである。

撥水剤添加コンクリートの諸性状に関する研究 Study on Various Properties of Concrete with Water-Repellent Additives

○岡 流聖*
Ryusei OKA

谷口 克彦*
Katsuhiko TANIGUCHI

ABSTRACT The concrete with the water repellent which has been developed with the core-shell encapsulation technology was investigated for the water repellency (impermeability), fresh properties, and strength in this study. Compared to concrete without water repellent, concrete with water repellent had no significant differences in fresh properties and compression strength. Also, it was observed that water penetration was reduced to less than half that of concrete without water repellent in all test surfaces at 5 mm interval from the surface to a depth 500 mm.

Keywords : 撥水剤添加コンクリート, 透水性能, 長寿命化

Water repellent-added concrete, Water permeability performance, Longer service life

1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化を実現するためには、早期劣化を可能な限り抑制することが必要である。この早期劣化の原因の一つとして、コンクリート中の内部鉄筋の腐食が挙げられる。鉄筋は、二酸化炭素による中性化や塩化物イオンなどの劣化因子の影響を受けることで不動態被膜が破壊され、腐食が促進されやすくなる。それらの劣化因子からコンクリート構造物を守るために、様々な工法が選択できるが、比較的安価で一般的に選択されているものとして、シラン系表面含浸剤を用いた表面保護工法が挙げられる。

この工法は表面含浸剤をコンクリート表面に塗布・含浸して、コンクリート表面に撥水層を形成し、劣化因子の主な侵入経路となる水の侵入を遮断することで、コンクリートと内部鉄筋を保護するものである。しかし、図1に示すようにこの工法にはいくつかデメリットが存在する。シラン系の表面含浸剤は、コンクリートの表層近傍において数 mm の撥水層を形成させるものが一般的であり、この撥水層の深さ以上にひび割れが発

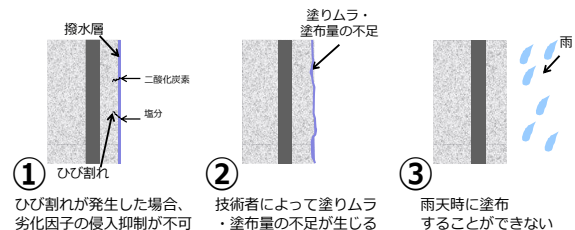


図1 表面含浸工法デメリット

生・進行した場合、撥水層以外は通常のコンクリートと同じものであるため、劣化因子の浸入を抑制することは困難である。また、コンクリート表面に塗布・含浸させる際には、作業員の技量次第で塗りムラや塗布量の不足が生じることや、雨天時は塗布することが出来ないもしくは所定の撥水効果を担保できないなどの問題がある。

2. 撥水剤添加コンクリート

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ではなく内部にまで撥水性を付与するものである。表面含浸工法などでは保護できないコンクリートひび割れ後にも撥水性を有す

*技術研究所 材料研究部

ることで、コンクリートの耐久性を維持させることを目的としている。例えば、浅本らの研究では、すでに市販されている撥水剤を混入したモルタルについて諸性状を調べている¹⁾。その結果、表面撥水性を発揮し、ひび割れを有しても水分浸透を抑制できることが明らかとなっている。しかし、市販されている撥水剤を混入した場合、圧縮強度が最大で 50%程度に減少することも判明している。



写真1 撥水剤(W10)

表1 使用材料

記号	材料	種類	産地・銘柄	密度(g/cm ³)	給水率(%)	粗粒率(F.M)
C	セメント	普通ポルトランドセメント	住友大阪セメント(株)	3.15	-	-
W	水	地下水	茨城県つくば市	1.00	-	-
S	細骨材①	陸砂	茨城県行方市	2.58	2.38	2.69※
S	細骨材②	砕砂(石灰岩)	栃木県佐野市	2.7	1.64	
G	粗骨材	砕石2005(硬質砂岩)	茨城県つくば市	2.67	0.52	61.1%(実積率)
AD	混和剤	フローリックS【標準型】	(株)フローリック	-	-	-
WR	撥水剤	W10	ダウ・東レ(株)	-	-	-

※①:②=7:3の合成砂で計測

表2 配合表

目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
				水 W	セメント C	細骨材① S	細骨材② S	粗骨材 G	混和剤 AD	撥水剤 WR
18±2.5	4.5±1.5	49.5	45.2	180	364	539	239	971	3.89	1.82



図2 打設フロー

本研究では、写真1に示す新たに開発された撥水剤(ここではW10とする)をコンクリート内部に練り混ぜ、撥水剤添加コンクリートの性質を確認するために実験を行った。ここでは、現場打ちを模擬したコンクリートにW10を練り混ぜた際の撥水性能に与える影響を把握するとともに、フレッシュ性状、圧縮強度に与える影響についても報告する。

3. 試験概要

3.1 使用材料およびコンクリート配合

本実験に使用した使用材料を表1に、コンクリートの配合を表2に示す。W10はコアシェルカプセル化技術を用いて開発された撥水剤である。添加方法は後添加とし、添加量はセメント質量比で0.5%とした。

3.2 打設フローおよび供試体概要

打設フローを図2に示す。打設当日のミキサー車到着後、W10添加前のベースコンクリートについて品質検査を実施した。その後、ベースコンクリートの打設を行った。ベースコンクリートは、 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ の立方供試体とした。ベースコンクリート打設後、ミキサー車に残っている生コンに対して所定量のW10をミキサー車のホッパーから投入した。投入後、ドラムを高速攪拌させてW10を攪拌させた。攪拌後に品質検査を実施し、ベースコンクリートと同様に $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ の立方供試体1基を打設した。打設後は、ブルーシートを被せ養生を行い10日後に型枠の脱型を行った。その後、材齢28日となる時点でコア抜きを実施し、圧縮強度試験および透水試験を行った。コンクリート供試体は無筋とし、型枠設置のためのセパレータと供試体移動の際に使用するインサートのみ供試体内に設置した。コア抜きに関しては、写真2に示すように、供試体の側面から計9か所を採取した。採取した供試体については、供試体の表面から0mm～250mm、250mm～500mmまでを透水試験用の供試体とし、500mm

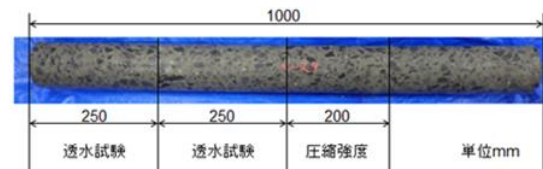
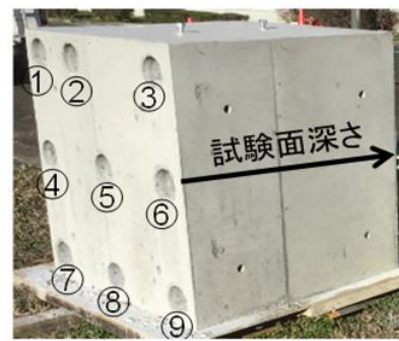


写真2 コア抜き供試体

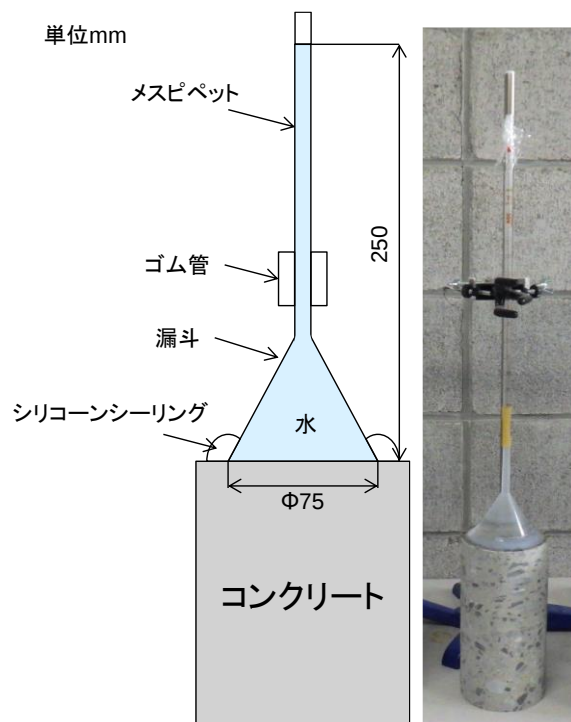


図3 透水試験状況

～700mmの部分で圧縮強度試験用とした。コア供試体については、コンクリートカッターで切断を行った。透水試験用供試体については、十分に乾燥させてから試験を行い、圧縮強度試験はコア抜きを実施した当日に行った。

3.3 試験項目

フレッシュ性状は、JIS A 1101 コンクリートのスランプ試験方法、JIS A 1128 フレッシュコンクリートの空気量試験に準拠した。

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。試験は管理供試体が材齢 7 日、28 日で行い、コア供試体は材齢 28 日で行った。

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。試験体はコア供試体を使用し打設面で計測を行った。その後、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 5mm ずつ研磨を実施し、その研磨面で透水試験を実施した。透水試験は打設供試体の中心部まで撥水性を確保しているか確認するために、試験面深さ 500 mm まで試験を行った。透水試験は口径 75mm の漏斗をコア供試体上面にシリコンシーラントを用いて取り付け、ゴム管を連結部材としてメスピペットを取り付けた(図 3)。その後、試験面の高さが 250mm となるように注水し、24 時間後の透水量を計測した。

4. 試験結果

W10 の添加前後のフレッシュ性状を表 3 に示す。W10 の添加前と比較して、W10 の添加後は空気量が 0.6% 増加したが、その他の性状については大きな変化は見られなかった。

管理供試体およびコア供試体の圧縮強度試験の結果を、それぞれ図 4 と図 5 に示す。なお、コア供試体については、採取した供試体の平均値を圧縮強度として示す。管理供試体では、W10 を添加したコンクリートのベースに対する圧縮強度比は、材齢 7 日では 99% 程度、材齢 28 日では 95% 程度となった。コア供試体では、W10 を添加したコンクリートの圧縮強度は、ベースコンクリートと同等の結果を示した。ここで、空気量増加分の強度補正²⁾(空気量 1% あたり圧縮強度が 5% 低下していると仮定)を行った場合、W10 を添加した供試体の補正後の圧縮強度は、管理供試体、コア供試体共にベースコンクリートと同程度となり、圧縮強度の低下は比較的軽微といえる。

表 3 フレッシュ性状

種別	Air(%)	SL(cm)	SLF(cm)	C.T(°C)	Tmp(°C)	CL(kg/m ³)
ベース	3.2	17.5	30×30	23	19	0.04
W10(0.5%)	3.8	16.5	29.5×28.5	22	19	0.04

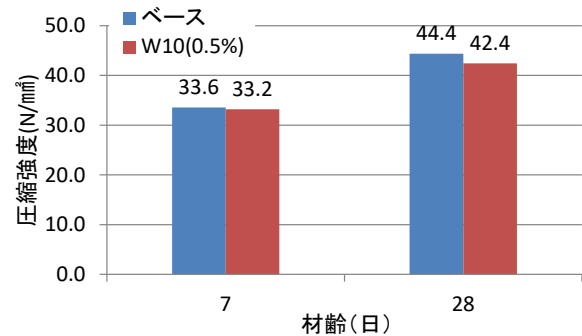


図 4 圧縮強度試験結果(管理供試体)

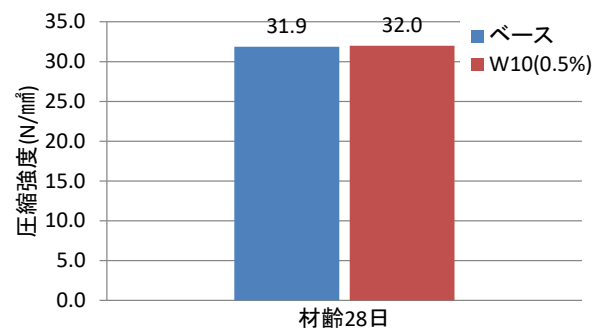


図 5 圧縮強度試験結果(コア供試体)

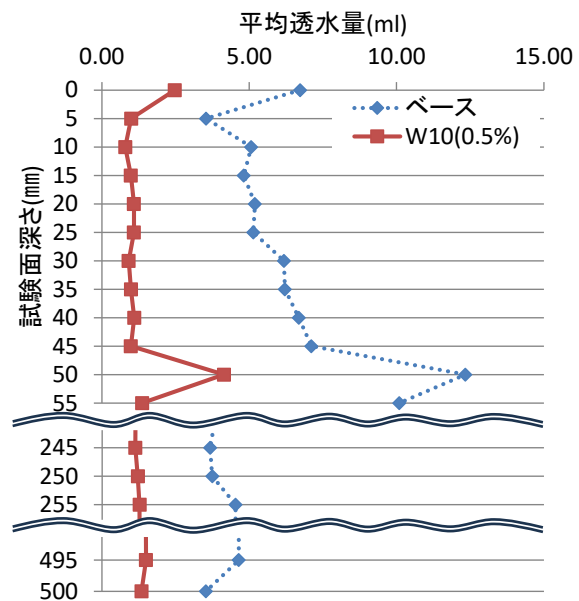


図 6 透水試験結果

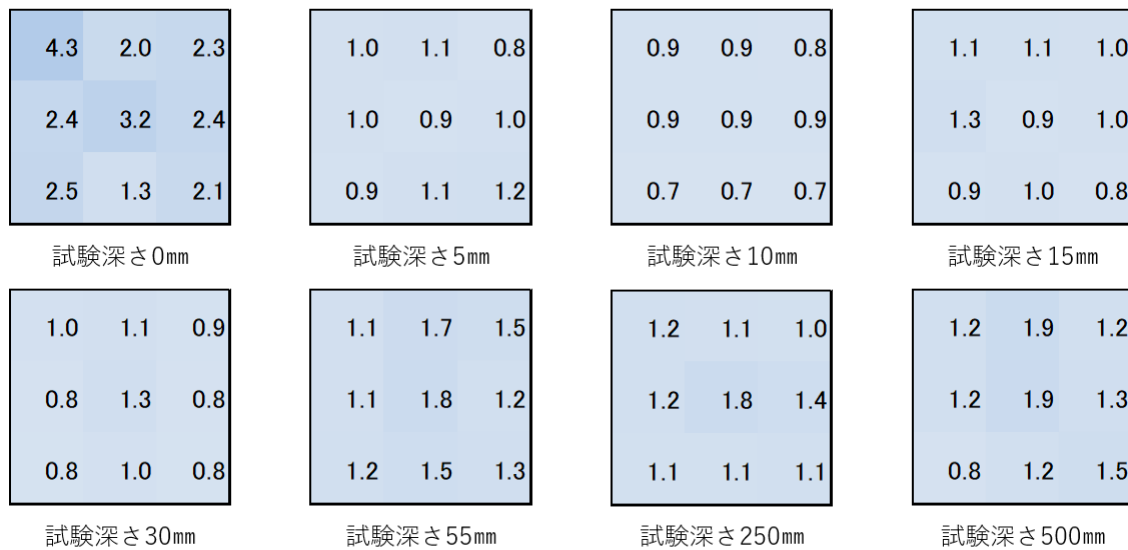


図7 各試験深さにおけるブロック別透水量(ml)

透水試験の結果を図6に示す。透水試験の結果、W10を添加したコンクリートでは、すべての試験面でベースコンクリートと比較して透水量の抑制効果を示すことが確認できた。表層部ではやや透水量が多くなっているが、これは養生期間中の乾燥などの影響により、表層の品質が低下したことが原因と考えられる。表層部からコンクリート内部に向かって5mmずつ研磨を実施し、その各断面で透水試験を実施したところ、ベースコンクリートと比較して透水抑制率が約60%になることが認められた。ここで、W10を添加したコンクリートについて、各試験深さにおける断面ブロック別の透水量の結果を図7に示す。図に示す結果から、試験深さが異なる場合でも、それぞれの断面ブロックにおける透水量に大きな偏りが無いことがわかる。このことから、コンクリート全体にW10が攪拌していると判断でき、各試験断面で撥水性能を持つと判断した。

以上のことより、現場打ち打設を模擬して作製した供試体では、コンクリート全体に撥W10が攪拌していること、コンクリートの諸性状に問題なく撥水性能を有することが確認できた。

5. まとめ

W10を添加したコンクリートの試験結果より

以下の所見を得た。

- W10を添加したコンクリートは、空気量が0.6%増加したものの、その他のフレッシュ性状については大きな変化は見られなかった。
- 圧縮強度試験では、W10を添加したコンクリートのベースに対する圧縮強度比が、管理供試体で95%程度となった。コア供試体については、W10を添加したコンクリートの圧縮強度はベースコンクリートと同等の結果を示した。
- W10を添加したコンクリートでは、ベースコンクリートと比較して全ての試験面で透水抑制率が約60%を示した。また各試験深さにおける断面ブロック別の透水量に関しては、大きな偏りが無く、コンクリート全体にW10が攪拌していることを確認できた。

6. 今後の展開

コンクリートで問題となる劣化因子の影響については、耐凍害性能および耐塩害性能を確認するための試験も実施しており、次回報告する予定としている。今回実施した現場適用に向けた検討に加えて、コンクリート製品への適用も検討し、さらなるW10を添加したコンクリートの実用化を図っていく。

【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) 日本コンクリート工学会: コンクリート技術の要点' 22, 2022