

トンネル覆工コンクリートを対象とした撥水型枠の基礎的研究

佐藤工業 正会員 ○豆田 憲章^{*1}
 佐藤工業 正会員 森濱 哲志^{*1}
 佐藤工業 正会員 北川 真也^{*1}
 佐藤工業 正会員 宇野洋志城^{*2}

1. はじめに

近年、撥水性を付与する（特殊な微細凹凸構造を有する）技術の用途が拡大しており、建設業界にも適用できる技術として注目を浴びている。ここでいう撥水性とは水をはじく効果であり、撥水性の評価基準としては接触角（図-1）が挙げられる。接触角（ θ ）が150度以上の場合には超撥水性があるとされている¹⁾。

一方、トンネル覆工コンクリートのスプリングラインより下方施工においては、エントラップトエアがコンクリートの表面に残ることによりコンクリートの美観上の問題となる場合がある。

本報告は、トンネル覆工コンクリート（とくにスプリングラインより下方）において表面美観を向上させることを目的とし、撥水剤を用いた型枠の効果に関して実験結果を述べたものである。

2. 実験条件

実験ケースを表-1に示す。今回使用した型枠表面塗布剤は剥離剤、超撥水剤1、剥離剤+超撥水剤1、超撥水剤2、滑落剤の5種類である。撥水剤および滑落剤の接触角を表-2に示す。試験体寸法は図-2に示すように300×300×100 mmとし、試験体作成は型枠の傾斜角を水平面に対し各0度、30度、60度、90度で行った。コンクリートの打込みは3層を標準として型枠上面より行い、締固めはゴムハンマーを用いて型枠側部から各点30回振動を与えて行った。脱枠はすべての実験において打込み完了から36時間後とし、その後実験室内（20度、RH60%）にて気中養生を行った。

コンクリートの配合およびフレッシュ性状を表-3に示す。いずれのコンクリートの配合も、標準的にトンネル覆工に用いられている配合である。呼び強度は21および24N/mm²、目標スランプは15±2.5cm、目標空気量は4.5±1.5%とした。

表面気泡の測定は試験体から600mm離れた位置よりデジタルカメラを用いて自然光の状態では撮影し、画像変換

表-3 コンクリートの配合およびフレッシュ性状

配合 ケース		W/C %	s/a %	W kg/m ³	C kg/m ³	S kg/m ³	G kg/m ³	混和剤 kg/m ³	スラック [*] (cm)	空気量 (%)	温度 (℃)
A	21-15-20-BB	60	50.4	171	285	912	910	2.85	13.5	4.4	17.5
B	24-15-20-BB	55	49.9	171	311	891	910	2.80	17.5	5.6	16.0

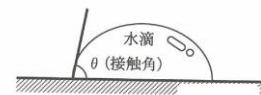
図-1 接触角（ θ ）参考図¹⁾

表-1 実験ケース

No.	配合ケース	型枠表面塗布剤	傾斜角(度)
1	A	剥離剤	0
2			30
3			60
4			90
5		超撥水剤1	0
6			30
7			60
8			90
9		剥離剤+超撥水剤1	0
10			30
11			60
12			90
13	B	超撥水剤2	30
14			60
15		滑落剤	30
16			60

表-2 各表面塗布剤の接触角

表面塗布剤	接触角
超撥水剤1	160度～175度
超撥水剤2	150度以上
滑落剤	最大100度

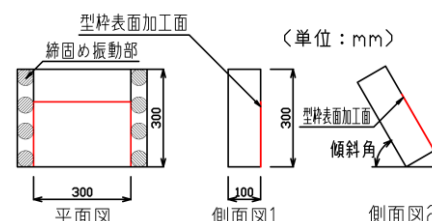


図-2 試験体寸法および型枠傾斜角

キーワード 撥水性, 覆工コンクリート, 表面美観, 表面気泡

連絡先 *1 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-19 TEL: 03-3661-1572 FAX: 03-3661-1576

*2 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山14-10 TEL: 046-270-3091 FAX: 046-270-3093

後、表面気泡計測を行った。画像は画素数を 300 万 (2048×1536 ピクセル) 程度としている。なお表面気泡の計測は、東北地方整備局『トンネル覆工コンクリート表層目視評価の方法』²⁾を参考にし、5mm 以上の大きさの気泡を対象とした。

3. 実験結果および考察

表面気泡面積率の測定結果を図-3 に示す。水平面に対する傾斜角の増大に伴い(剥離剤+超撥水剤 1)を除いたすべての試験体において、表面気泡面積率は減少している。これは、傾斜角の増大に伴い、コンクリート中のエンラップトエアが抜けやすい状態になったためと考えられる。特に、超撥水剤 1 においては、すべての傾斜角において他の型枠表面塗布剤よりも表面気泡面積率が小さいことから、表面美観に効果的であると考えられる。

ここで、実施工では一般に剥離剤が用いられていることから、剥離剤の表面気泡面積を規準として、比較検討を行った結果を図-4 に示す。超撥水剤 1 を型枠表面塗布剤として用いたものは、剥離剤の表面気泡面積の結果を傾斜角 30 度で約 0.4、傾斜角 60 度で約 0.8 といずれも大きく下回っており、表面気泡抑制に効果的であるといえる。しかし(剥離剤+超撥水剤 1)は、傾斜角 60 度において、表面気泡発生率が約 1.8 と大きな値を示している。これは、脱枠時においてコンクリート表面に超撥水剤 1 のプライマーの付着が確認されており、超撥水剤 1 と剥離剤が何らかの反応したことによるものと考えられる。このため、コンクリート内部気泡が型枠に沿って浮上することができず、コンクリート表面に気泡として残ったものと考えられる。

さらに、超撥水剤 1 の効果を剥離剤と比較検討するため、実際に用いられるセントルの一部を使用し、スプリングラインより下方の打設を想定した実物大実験を行った。型枠諸元は、幅 1500mm、高さ 1000mm、曲率半径 1510mm とし、型枠下端における水平面に対する傾斜角を 49 度とした。コンクリートの配合は表-3 の配合ケース B である。型枠脱型は、コンクリートの圧縮強度が 3N/mm² 以上で行った。写真-1 から明らかなように、超撥水剤 1 を用いたものは剥離剤を用いたものよりも表面気泡が少なく、表面美観に効果的である結果となった。

これは、超撥水剤 1 を塗布した型枠表面は剥離剤塗布面より表面気泡が移動がしやすく、コンクリート中のエンラップトエアが抜けやすい状態になったためと考えられる。

4. おわりに

今後の課題として、実際のトンネル覆工コンクリートの施工に対し本技術を適用するためには、表面気泡面積率と透気係数の相関性、使用回数が増えることによって失われる撥水性の効果、すなわち、表面気泡の低減効果が持続する限界などの耐久性が挙げられる。これらに関しては、今後の課題として検討する予定である。

参考文献

- 1) 辻井薫ほか：超撥水・撥油発現の原理、撥水・撥油の技術と材料（普及版）、シーエムシー出版、2008 年
- 2) 国土交通省 東北地方整備局：コンクリート構造物の品質確保の手引き（案）（トンネル覆工コンクリート編）、平成 28 年 5 月

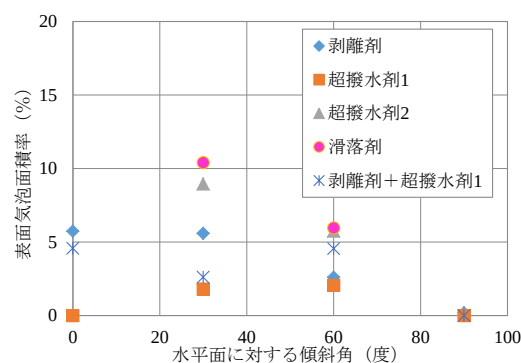


図-3 表面気泡面積率

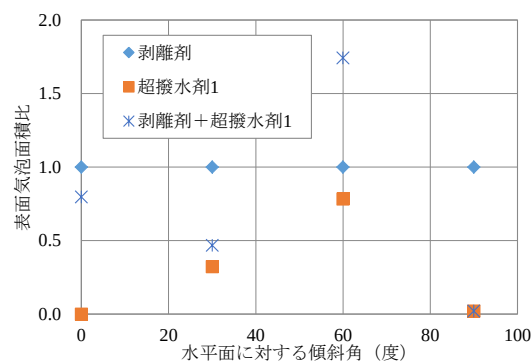


図-4 表面気泡面積比(剥離剤を規準)

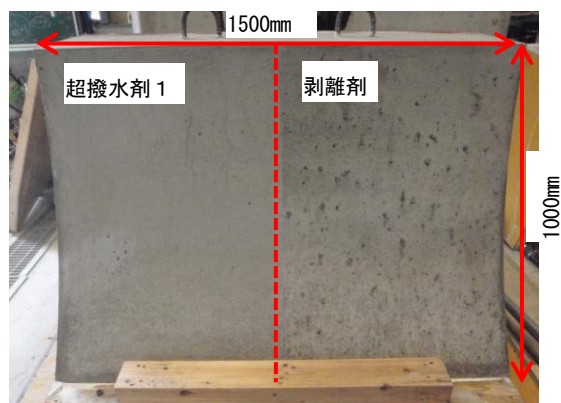


写真-1 実物大実験