

覆工再生工に関する再生覆工コンクリート技術の開発

前田建設工業株式会社 ○正会員 賀川 昌純, 白根 勇二, 水谷 和彦, 春田 克樹
中日本高速道路株式会社 正会員 鈴木 俊雄

1. はじめに

NEXCO 中日本金沢支社が管理する北陸自動車のトンネルは、矢板工法で構築されており、経年劣化に伴う老朽化により、更新が必要なトンネルが見受けられる。また、そのほとんどのトンネル覆工では漏水が発生しており、冬季にはツララとなって通行障害となっている。そのため、高速道路トンネルの長期耐久性確保を目的として、覆工再生工に関する技術開発・施工検討を行った。本稿は、このうち、再生覆工コンクリート技術の開発について報告するものである。

2. 再生覆工コンクリートに対する要求要件

覆工再生工は、トンネル坑内を車線規制し、供用下施工を前提条件としている。そのため、再生覆工コンクリート施工に際して要求される条件として、以下のよう

- ①長距離の輸送が可能な現場打ちコンクリート
(最大水平換算距離 850m)
- ②繊維補強コンクリートとすること
(ポリプロピレン(以下、PP 繊維と略す))
- ③最小覆工厚さ 20cm に充填可能なこと
- ④圧縮強度 36N/mm² を満足すること
- ⑤設備配置は、既設覆工壁面より 1.7m 以下であること

3. 再生覆工コンクリート配合選定

再生覆工コンクリートは、ベースコンクリートをレミコン工場で製造後、現地に運搬し、PP 繊維をアジテータ車で混合した後に長距離圧送し、セントル内へ打ち込む手順を想定した。したがって、再生覆工コンクリートのフレッシュ性状は、PP 繊維の後添加と長距離圧送による性状の変化を考慮して設定する必要がある、打込み時に要求される性状と、練上がり時の性状を2段階に分けて設定した。表-1 に、再生覆工コンクリートの配合種類と打込み時と練上がり時のフレッシュ性状の暫定仕様を示す。覆工最小厚さが 20cm であること、型枠バイブレータによる締固めを行うことを前提とするため、打込み時は中流動コンクリート相当(スランプ

フロー45~50cm)とした。また、長距離圧送によるロスを考慮し、練り上り時のスランプフローは60cmと70cmに設定した。これは、高流動コンクリート相当の配合であるため、セメント量の増大を抑制することが望ましく、コンクリートの発熱抑制、材料分離抵抗性確保のほか、アルカリシリカ反応抑制、資源の有効活用、二酸化炭素排出量削減(カーボンニュートラル)を目的として、フライアッシュ(以下、FA と称す)を使用することを基本コンセプトとした。

FA17-60 は、フライアッシュセメント B 種に相当し、セメント置換率 17%で、練上がり時のスランプフローの目標値は 60cm とした。

一方、FA25-70 は、練上がり時のスランプフローの目標値を 70cm とし、流動性と材料分離抵抗性を高めるために FA 使用量をさらに増加し、配合計算上は強度発現性に寄与しない細骨材として使用した(ただし、見掛けのセメント置換率 25%)。また、空気量も同様に、長距離圧送時のロス(-1.0%)を考慮し、練上がり時(PP 繊維なし)を 5.5%に設定した。

表-2 に、室内配合試験で決定した再生覆工コンクリートの配合を示す。コンクリート性状は使用する骨材

表-1 再生覆工コンクリートの暫定仕様

配合名	FA 置換率 (%)	要求するフレッシュ性状			
		打込み時		練上がり時(ベース)	
		スランプ フロー	空気量	スランプ フロー	空気量
FA17-60	17	45~50cm	4. 5%	60cm	5. 5%
FA25-70	25	45~50cm	4. 5%	70cm	5. 5%

表-2 再生覆工コンクリートの配合

配合名	単位量 (kg/m ³)										
	W	結合材B			細骨材S			粗骨材G		SP	PP
		C	EX	FA1	FA2	S1	S2	G1	G2		
FA17-60	175	351	20	76	0	239	568	332	498	適宜	2. 73
FA25-70	175	351	20	76	48	218	519	339	508	適宜	2. 73

※C: 普通ポルトランドセメント, EX: 膨張材, FA: フライアッシュ, S: 細骨材, G: 粗骨材, SP: 高性能AE減水剤, PP: PP繊維(後添加・外割)

キーワード 道路トンネル, 覆工再生, 長距離圧送, 中流動コンクリート, フライアッシュ, 供用下施工

連絡先 〒930-0858 富山県富山市牛島町18-7 前田建設工業(株)北陸支店 TEL: 076-431-7539

の粒度構成等の影響を受けるため、骨材は覆工再生工が計画される現地条件と同条件となるよう、敦賀市で調達される骨材を使用した。フレッシュ性状の経時変化は、実際の施工を想定し、静置 120 分後まで観察し、フレッシュ性状の保持性が良好であることを確認した。

4. 実証試験の概要

実証試験は、国内で最大能力を有するコンクリートポンプ（定置式 200m³/h×26MPa 級）を配備し、管内圧力負荷に応じて超高压管、高压管、低压管の 3 種類（5 インチ管）を使用して、水平換算距離 850m 以上となる長距離圧送用配管を設備し、長距離圧送試験および充填試験を実施した（写真-1）。実証試験の実施時期は、フレッシュ性状の保持が困難な夏季（9 月中旬）とし、試験時の最高気温は 27℃であった。



写真-1 長距離圧送・充填試験状況

5. 実証試験の結果

長距離圧送試験の着目点は、圧送性能、圧送管の状態、管内圧力のほか、長距離圧送前後のコンクリート性状変化とし、圧送管筒先で採取したコンクリートのフレッシュ性状試験や繊維混入率試験を実施した。コンクリートの圧送量は、実際の施工を想定し、16m³/時間としたため、コンクリート出荷から筒先からコンクリートが排出されるまでの時間は約 130 分を要した。試験時の外気温（最高気温 27℃）の影響を受けてコンクリート温度も上昇する傾向であった。

図-1 に、各配合のフレッシュ性状の変化を示す。FA17-60、FA25-70 とも繊維を混入することでスランプフローが 2～5cm 程度低下し、空気量が 0.4～1.6%程度増加し、FA17-60 の変化量が大きい傾向であった。圧送時間や外気温の影響を受けて、FA17-60 のスランプフローは 24～40cm 低下する結果となり、一時、圧送管の

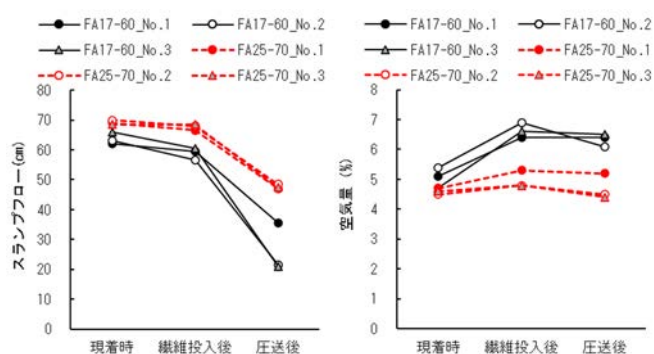


図-1 スランプフロー、空気量の変化

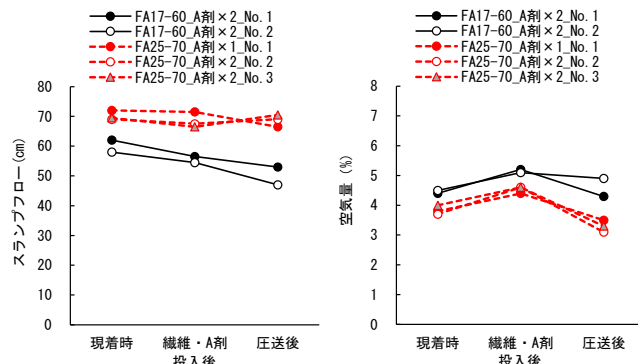


図-2 後添加型混和剤による圧送性改善効果

閉塞も発生した。一方、FA25-70 は、スランプフローの低下が 20cm に留まり、打ち込み時の目標スランプフロー 45～50cm を満足することができた。空気量の変化は、計画当初 1%以上の低下を予測していたが、長距離圧送時の流体変化を抑制する特殊配管（インロー式配管）を採用したことによっていずれも 0.4%程度の変化に留まり、繊維混入による増加を踏まえると練上がり時と目標値を大きく変える必要がないことが確認された。

FA17-60 は圧送が困難であり、FA25-70 もスランプフローの低下が 20cm と大きいと、流動性の保持性能の向上を目的に、遅延効果を有する後添加型混和剤（A 剤）を用いて、長距離圧送再試験を行った。試験結果を図-2 に示す。A 剤は粉体で所定数量の袋をアジテータ車に投入した。その結果、いずれの配合もスランプフローの低下が 10cm 以下に制御され、ワーカブリティ改善に大きな効果を発揮することを確認した。特に、FA25-70 の効果が大きく、少量添加（1 袋）でもロス 0cm という結果を得ることができた。

6. おわりに

今回の実証試験では、長距離圧送性能のほか、模擬アーチ型枠による充填性能の検討、長期モニタリングも行った。そこで得られた知見も生かし、今後、再生覆工コンクリートの実施工への導入を図る予定である。