

## 高品質高充填覆工コンクリート工法の開発と現場適用 —トンネル坑口部補強鉄筋区間の充填性向上による品質、耐久性の向上—

西日本高速道路株式会社四国支社 高知工事事務所 石井義信  
 (株)鴻池組大阪本店 正会員 ○寺西克彦 吉金康夫  
 (株)鴻池組土木技術部 正会員 後藤裕一 為石昌宏

西日本高速道路株式会社四国支社発注「四国横断自動車道焼坂第二トンネル工事」の焼坂第二トンネル坑口部補強鉄筋区間(DⅢa:L=79m)にて「高品質高充填覆工コンクリート工法」を適用した。本稿では、その概要を報告する。

### 1. 工事概要

四国横断自動車道は、阿南市を起点として、高松市、高知市を經由し、大州市に至る延長44.1kmの路線である。今回、当工事は、須崎新荘～窪川間の直轄高速方式により整備される区間で中土佐町久礼に位置する和田トンネル L=156m、焼坂トンネル L=920m、明り土工工事 L=670mを含む延長 L=1,746mの高速道路を新設するものである。

### 2. 工法の概要

本工法は、標準のトンネル覆工用のコンクリート(T1-1,  $\sigma_{28}=18\text{N/mm}^2$  スランプ  $15\pm 2.5\text{cm}$ )に替えて、流動性を高めたコンクリートを用い、これまで充填性確保が困難となる場合があった補強鉄筋区間のアーチ天端部などへの充填性を向上させ覆工の品質および耐久性を確保できる工法である。今回の焼坂第二トンネルでの適用時には単位水量、単位セメント量および細骨材率を同一としたスランプ  $18\pm 2.5\text{cm}$  (以下、「S18」とする)とスランプフロー  $40\pm 5\text{cm}$  (以下「F40」とする)の異なる流動性を持つコンクリートを、それぞれ打ち始めからアーチ肩部までを S18、アーチ肩部から天端部打ち終わりまでを F40と同一スパン内で打ち重ねを行なう方法を用いた。(図-1参照) これは型枠に作用する側圧を考慮し、流動性状の異なるコンクリートを合理的に使い分けることによりトンネル覆工用型枠(以下セントルと称す)の補強を不要としたものである。これにより通常の施工方法で覆工コンクリートの打設が実施でき今回現場適用した「高品質高充填覆工コンクリート工法」の有効性が確認できた。

### 3. 配合上の特徴

- ① (株) 高速道路総合技術研究所において、開発が進められている中流動覆工コンクリートの要求性能(案)<sup>1)</sup>に準拠した。
- ② 所定の性状が得られるように単位結合材量を調整し、高性能AE減水剤を用い単位水量の低減を図ることで優れた流動性と分離抵抗性を併せ持ったコンクリートとした。
- ③ 単位水量、単位セメント量および細骨材率 S/A を変化させることなく、高性能AE減水剤の添加量の調整によりスランプ値  $15\text{cm}$ ～スランプフロー値  $45\text{cm}$ までの広い範囲のワーカビリティを自在に調整、管理することが可能な配合とした。
- ④ 今回の適用時には膨張材を添加することにより収縮補償コンクリートとした。(表-1 配合表 F40、S18 参照)
- ⑤ 粗骨材の最大寸法は  $20\text{mm}$ とし鉄筋区間への適用性向上を図った。
- ⑥ コンクリートに使用する材料は通常の生コン工場、設備にて供給できるものとした。
- ⑦ フライアッシュ、石粉や繊維などの混和材を用いる配合への変更が容易に対応できるものとした。

キーワード 覆工コンクリート、トンネル、高品質高充填、中流動コンクリート、スランプフロー

連絡先 〒530-8517 大阪市北区梅田3-4-5 (株)鴻池組土木技術部 TEL 06-6343-3290

表-1 工事概要

工事名称	四国横断自動車道 焼坂第二トンネル工事	
工事場所	高知県高岡郡中土佐町久礼	
工期	2006/3/28～2009/1/10	
発注者	西日本高速道路(株) 四国支社	
施工者	(株)鴻池組・西武建設(株)特定建設工事共同企業体	
工事内容	トンネル延長	和田TN L=156m 焼坂第二TN L=920m
	トンネル断面	掘削断面積: $81.2\text{m}^2$ 仕上り内空断面積: $72.3\text{m}^2$
	掘削工法	NATM 発破掘削 補助ベンチ付き全断面掘削工法, ショートベンチ工法
	補助工法	注入式フォアポーリング、坑口FCB押え盛土、騒音振動対策(低周波音対策)



写真-1 フレッシュ性状確認試験

4.現場適用時の側圧測定

(1) 測定位置

図-1 にセントルでの側圧測定位置を示す。セントルの構造計算は図-1 の荷重条件とし、コンクリート側圧はコンクリート標準示方書側圧算定式を準用し設計荷重としている。測点のSL部、2 段目部はS18を、肩部はF40を対象として側圧を測定する計画とした。コンクリートの打設速度はコンクリート打込み温度を考慮しセントルの設計荷重を超えない速度を、施工時の管理打設速度とした。

(2) 測定結果

高品質高充填覆工コンクリートの測定は NO.2~7 スパンまでの 6 スパン分を、NO.9, NO.12 の 2 スパン分は標準配合での側圧を測定した。

図-2 に高品質高充填覆工コンクリートの測定結果を、図-3 に標準の覆工用のコンクリートの測定結果を示す。

図中の実線折れ線はSL部でのコンクリート側圧が液圧分布で作用すると仮定し実際の打上り速度より計算したものである。SL部での側圧は実施工時の打上り速度に応じて側圧も増加しておりほぼ設計荷重(SL部側圧)で一定となり計算値を超えての液圧は作用していない。2 段目部での側圧もSL部と同様な傾向を示すがSL部より側圧が高い傾向にあり、標準とは差異がある。また肩部の側圧についても設計荷重を超えることはなかったが、標準に比べF40が大きい傾向を示した。

(3) 考察

S18 打設部分と標準配合の側圧状況や最終的に設計荷重以内の側圧であったことより、肩部までの側圧は同等とする当工法の仮定条件は満足している。

アーチ肩部から天端の打設完了まではコンクリート自重と液圧分布による側圧が水平荷重として作用する設計の仮定は、測定結果からも妥当であり、アーチ肩部以降のF40の適用を図る当工法についても問題はないと考察される。

5.本工法の適用によって得られた効果

・流動性の異なるコンクリートを打設部位により使い分けることで、セントルの補強が不要である。 ・充填性の向上および低水比のコンクリートの使用により、コンクリートの密実化・緻密化が図られ覆工コンクリートの品質・耐久性の向上が得られる。 ・標準の覆工コンクリートの施工工程にて施工が可能である。

6.おわりに

今回開発した工法は、覆工コンクリートの流動性向上による充填性の改善により、コンクリートの充填性が困難となる場合があった補強鉄筋区間のアーチ天端部、断面変化部、妻部隅角部、箱抜き部などで確実な充填により密実で高品質、高耐久性の覆工コンクリートの施工を実現できるものである。また本工法はトンネルの覆工コンクリート以外にも、明り工事の鉄筋構造物への適用も可能である。

参考文献

1) 馬場弘二, 伊藤哲男:中流動覆工コンクリートの開発検討, 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要, 6-010, pp.19-20, 2005 年 9 月

表-1 配合表

種類	W/P (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )						
			W	C	EX	S	G	SP	AE
F40	47.3	47	175	350	20	802	929	5.18	3.5A
S18	47.3	47	175	350	20	802	929	2.96	2A

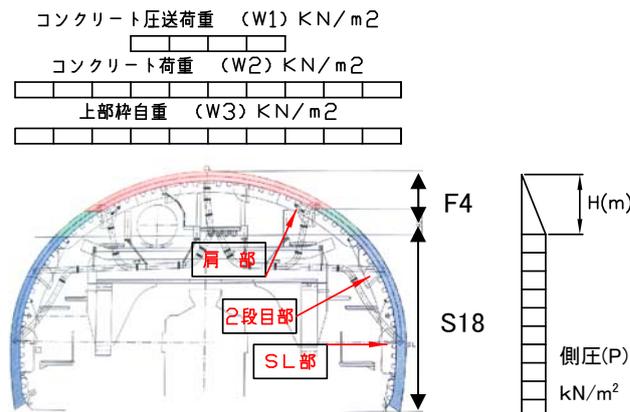


図-1 側圧測定位置、断面荷重

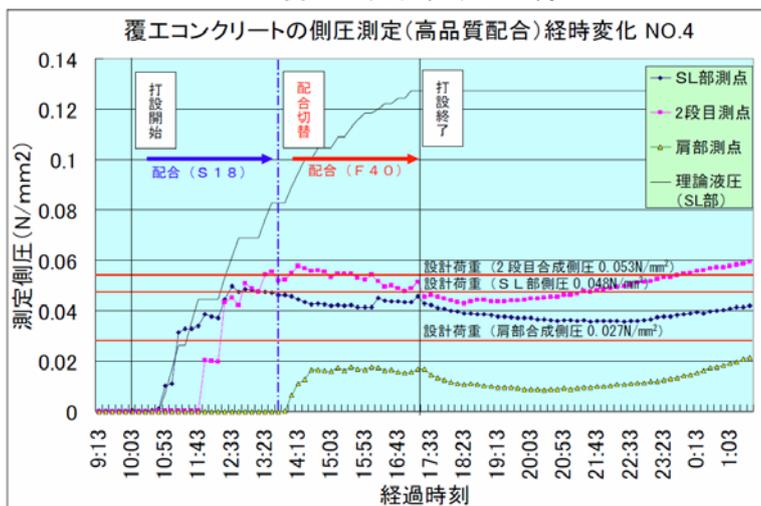


図-2 高充填覆工コンクリートの側圧測定結果

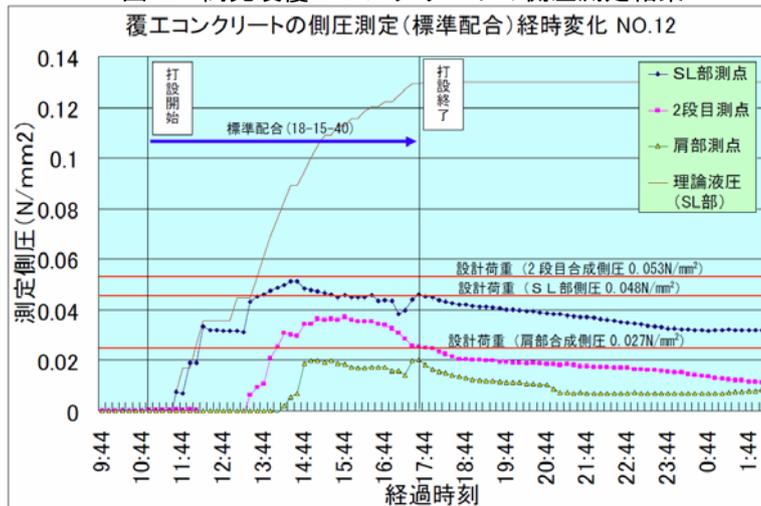


図-3 標準覆工コンクリートの側圧測定結果