

後添加型中流動コンクリートの高密度配筋覆工への適用事例

鹿島建設(株) 正会員 ○木原大樹 正会員 新明正人 須藤信一

鹿島建設(株) 正会員 坂井吾郎 正会員 松本修治

1. はじめに

天ヶ瀬ダム再開発事業の一環である本工事は、直径 25.6~26.4m、深さ 49.9m の立坑を掘削し、その立坑から NATM で、トンネルを構築するものである。このトンネルは、ダムの放流能力を増強させる導水路であり、供用開始後にはトンネル内部から水圧が作用する。そのため、トンネル覆工コンクリートは、全区間において D25 から D35 の複鉄筋、かつ、鉄筋ピッチが 125mm と小さく、高密度配筋となっている（写真－1）。また、覆工コンクリートの施工においては、コンクリートを立坑下にバケットで輸送し、さらにアジテータ車とコンクリートポンプによりトンネル坑内を打込み箇所まで輸送しなければならない。そのため、通常のスランプ 15cm 程度の覆工コンクリートでは、配管閉塞や未充填部などの初期欠陥の発生が懸念される。そこで、打込み直前に現場で流動化剤を添加することで安定して製造できる後添加型の中流動コンクリート¹⁾を適用した。

2. 検討概要

前述の施工条件や仕様などから、コンクリートの要求性能を表－1のように設定した。これまでの覆工用中流動コンクリートの実績や現地プラントが保有する JIS 認証配合を基に机上配合を作成し、試し練りを行うことで暫定配合を決定した。次に、プラントの実機ミキサによる製造、運搬性能試験を実施して、配合を決定し、実構造物への適用を行った。

2.1 使用材料および配合

表－2に使用材料を示す。中流動コンクリートは、高い流動性と材料分離抵抗性が求められる。ここでは、後添加型中流動コンクリートを採用することから、特殊増粘剤（材料分離抵抗性の付与）を溶解させて一液としたポリカルボン酸系の流動化剤を使用した。また、ベースコンクリートの配合を表－3に示す。



写真－1 配筋状況

2.2 試し練り

試し練りは、室温 20℃程度に調整された室内で行い、流動化後に十分な材料分離抵抗性が確認でき、目標性能を満足することが可能であるベースコンクリート配合と流動化剤添加率の把握を行った。なお、練混ぜは、ベースコンクリートには強制二軸型ミキサを使用し、後添加型中流動コンクリートには、アジテータ車を

表－1 コンクリートの要求性能

試験項目	基準
スランプフロー	50.0±7.5cm
空気量	4.5±1.5%
U 形充填性試験	充填高さ 300mm 以上（障害なし）
圧縮強度試験	材齢 28 日で 30N/mm ² 以上

模擬したアジテータ型ドラム

を使用して行った。手順は、1 バッチ 50L のベースコンクリートを 90 秒間で練り混ぜて排出し、フレッシュ性状試験を行った。次に、アジテータ型ドラムにコンクリートを移し、流動化剤を投入して 20r.p.m で 3 分間攪拌し、フレッシュ性状試験を実施した。

表－2 使用材料一覧

使用材料	記号	産地、種別、物性等
セメント	C	普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm ³ ）（※ P=C+EX）
混和材	EX	膨張材（密度：3.10g/cm ³ ）
細骨材	S	山砂（城陽産、表乾密度：2.56g/cm ³ 、吸水率：2.11%、粗粒率：2.80）
粗骨材	G	山砂利 2505（城陽産、表乾密度：2.60g/cm ³ 、吸水率：1.31%）
混和剤	AD	AE 減水剤（リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体）
流動化剤	V-SP	流動化剤（ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体）

表－3 コンクリート配合

Gmax (mm)	スランプ (cm)	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					AD (%)
				W	C	EX	S	G	
25	15.0	44.5	50.0	173	369	20	843	856	1.20

キーワード 中流動コンクリート、後添加、増粘剤一液型、流動化剤、添加量

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-8014

2.3 実機試験

実機試験は、6月（外気温 25℃程度）に実施した。現地プラントの実機ミキサを用いて試し練りで決定したベースコンクリートを製造し、アジテータ車で現場まで運搬した。現場に到着した時点で、ベースコンクリートのフレッシュ性状試験を実施した後、立坑上でフレッシュコンクリートを大型バケツに移し、クレーンにて立坑下へ輸送した。写真-2のように予め立坑下に待機させているアジテータ車にコンクリートを移し替えると同時に、流動化剤を投入し、2分間攪拌を行った。スランプフロー試験は、攪拌完了直後と攪拌完了から30分、60分および90分で実施した。



写真-2 実機試験状況

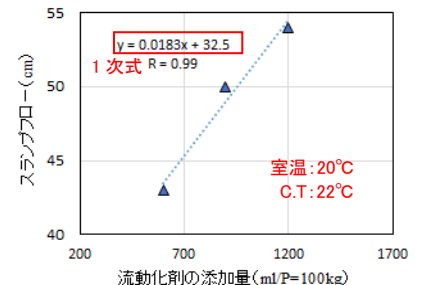


図-1 流動化剤量とスランプフロー

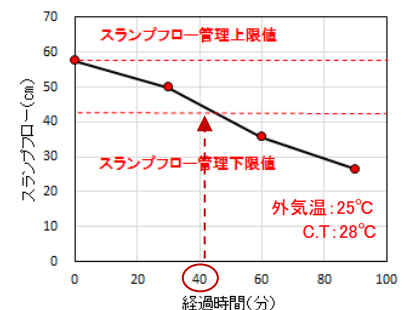


図-2 スランプフローの経時変化

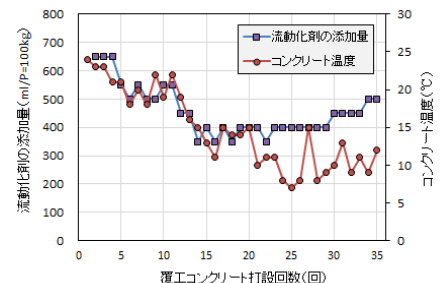


図-3 流動化剤添加量と温度

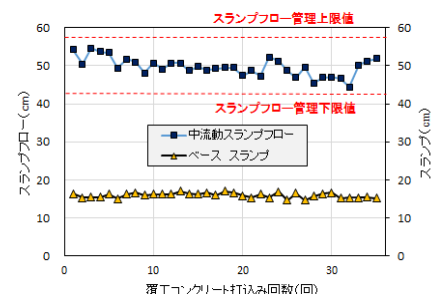


図-4 スランプ・スランプフロー

3. 試験結果および考察

3.1 スランプフローと流動化剤添加量の関係

図-1に試し練り時の結果を示す。試し練りでは、流動化剤の添加量とスランプフローに高い相関が認められ、図中に示すように、流動化剤の添加量を結合材（P）100 kg当り 100ml 増加させることでスランプフローは約 2 cm 程度増大することが確認できた。

3.2 流動化後の経時変化

試し練り結果と既往の研究²⁾を参考とし、実機試験時の流動化剤添加量を 900ml/（P=100kg）とした結果、添加直後に所定の性状を確保することができた。実機試験におけるスランプフローの経時変化を図-2に示す。外気温が 25℃程度の環境では、スランプフローの要求性能を満足できる経過時間は 40 分程度までという結果となった。なお、空気量に関しては、経過時間 90 分後において 0.3%減少した程度で、ほぼ変化は見られなかった。

3.3 実施工でのフレッシュ性状

図-3に実施工での流動化剤添加量とコンクリート温度（C.T）を示す。所定のスランプフローを得るために、コンクリート温度の低下に合わせて流動化剤添加量を減らすことで、流動化後のフレッシュ性状を調整できた。また、流動化剤添加量は、秋施工（C.T=25～20℃）と比べ、冬施工（C.T=9～18℃）では、150ml/（P=100kg）程度減らすことができた。これは流動化剤の主成分であるポリカルボン酸エーテル系化合物の特性によるものと考えられる。また、コンクリート温度が 15℃以下の場合には、流動化剤添加量は 350ml/（P=100kg）から減少させなかった。これは、流動化剤添加量が減れば、材料分離抵抗性を付与する増粘剤成分も減少するため、今回の材料においてフレッシュ性状を安定的に確保するためには、最低限の添加量であると考えたことによる。

図-4に実施工でのベースコンクリートのスランプと流動化後のスランプフローを示す。ベースコンクリートは性状が安定しており、流動化後のスランプフローに関しても、十分に管理状態にあると判断できた。

4. おわりに

本工事では、後添加型中流動コンクリートを採用して、高い材料分離抵抗性と充填性を確保したことにより高密度に配筋された導水路トンネル覆工において約 8000 m³のコンクリートを打込み、確実に施工できた。

参考文献

- 1) 高速道路総合技術研究所：NEXCO 中流動覆工コンクリートの技術のまとめ，2011.12
- 2) 橋本理ほか：土木学会第70回年次学術講演会，VI-642，2015