

後添加型中流動コンクリートの小断面放水路トンネルへの適用

飛島建設 土木事業本部 正会員 ○滝波 真澄, 正会員 平間 昭信
東北電力 第二蕨神発電所建設所 伊藤 正人, 大友 裕隆
飛島建設 東北支店 小林 一士, 原 直之
グレースケミカルズ 技術部 宮川 美穂

1. はじめに

第二蕨神発電所は、信濃川水系破間川中流部に位置する既設の蕨神ダム右岸に取水口を新設し、最大水量30m³/s、最大出力4,500kWのダム式発電所である¹⁾。本工事の放水路トンネルは掘削断面積が16.5m²と小さく(図-1)、作業スペースが十分確保できない施工環境であった。また、覆工は複鉄筋構造(主筋D22@200×配力筋D19@300)であることから、コンクリートの密充填と確実な締固めを確保するため、型枠バイブレータによる締固めが可能で、近年道路トンネルでの施工事例が増加している中流動覆工コンクリート²⁾を適用することとした。

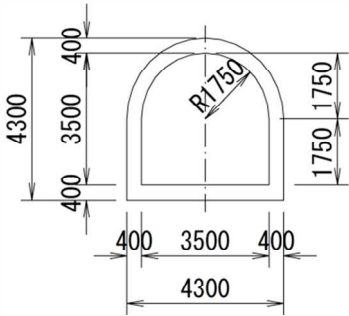


図-1 標準断面図

施工においては、レディーミクストコンクリート工場からの運搬距離が16.5kmと比較的長いことや、気温の変動によるフレッシュ性状の経時変化が大きい夏期から秋期にかけての施工であったため、現場にてトラックアジテータに増粘剤一液タイプの流動化剤を添加して中流動コンクリートの製造を行った。今回、その品質管理の結果を報告する。

2. 使用材料および配合

表-2 に使用材料を、表-3 にベースコンクリートの配合を示す。ベースコンクリートは呼び強度 24N/mm²、スランプ 18±2.5cm の配合とし、空気量は 4.5±1.5%とした。流動化後の中流動コンクリートは、あらかじめ試験練りにて、NEXCO トンネル施工管理要領で規格化されている表-1 に示す目標性能³⁾を得られるよう流動化剤添加率を 0.90%に設定した。

3. 試験方法

3.1 フレッシュ性状 現場にてトラックアジテータからコンクリート(以下、ベースコンクリート)を採取し、スランプおよび空気量試験を行った。フレッシュ性状の確認後、専用添加装置によりトラックアジテータへ流動化剤を添加し、90 秒間攪拌を行い、スランプ、スランプフローおよび空気量試験を行った。さらに、中流動コンクリートについては、経時変化試験と U 形充填性試験を一部追加実施した。なお、現場での流動化剤添加率は、事前設定した流動化剤添加率をスランプ増分の関係に基づき逐次調整した。

3.2 硬化性状 圧縮強度試験は全ブロックで材齢 7 日および 28 日で実施した。第 1 ブロックについては、脱型に必要な強度(管理値: 2 N/mm²)の発現を確認するため、初期材齢である 18 時間、21 時間および 24 時間の測定も行った。

表-1 中流動覆工コンクリートの目標性能

試験項目	基準
スランプ	21±2.5 cm
スランプフロー	35~50 cm
空気量	4.5±1.5%
加振変形試験	10 秒加振後のフローの広がり 10±3 cm
U 形充填性試験	充填高さ 280 mm 以上(障害なし)

表-2 使用材料

区分・記号	種類・物性
水: W	上水道水
セメント: C	普通ポルトランドセメント, 密度 3.15 g/cm ³
細骨材: S	魚野川水系陸砂, 表乾密度 2.63 g/cm ³
粗骨材: G	魚野川水系陸砂利, 表乾密度 2.78 g/cm ³
混和剤: Ad	AE 減水剤 遅延形 I 種
流動化剤: Sp	流動化剤 標準形 I 種 増粘剤一液タイプ

表-3 ベースコンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				Ad (C×%)
		W	C	S	G	
47.9	48.0	163	340	863	990	1.0

キーワード : 放水路トンネル, トンネル覆工, 流動化剤, 増粘剤一液タイプ, 後添加, 中流動コンクリート
連絡先 : 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP R&D 棟 2F 飛島建設 土木事業本部 TEL: 044-829-6713

4. 試験結果

4.1 フレッシュ性状 図-2 に、第 1 ブロックでのベースコンクリートのスランプ、中流動コンクリートのスランプフロー、流動化剤の添加率を示す。図中点線は、中流動コンクリートのスランプフロー管理基準値を示す。ベースコンクリートのスランプは管理基準値 $18 \pm 2.5\text{cm}$ の範囲内であり、平均スランプは 17.9cm であった。中流動コンクリートのスランプフロー管理基準値 $35 \sim 50\text{cm}$ に対して、平均スランプフローは 45.2cm であり、要求性能を満足するコンクリートの製造が可能であった。ベースコンクリートのスランプに合わせて調整を行った流動化剤添加率は、当初設定した添加率 0.90% よりも若干低い $0.80 \sim 0.85\%$ での調整であった。

写真-1 に、中流動コンクリートのスランプフロー試験の一例を示す。粗骨材は均一に分散しており、周囲にペーストや水の分離は見られなかった。流動化剤を添加してから 40 分後に測定を行った中流動コンクリートの経時変化試験では、スランプフローの低下量は 1.5cm と小さく、使用した流動化剤は良好なスランプ保持性を有することが確認できた。また、中流動コンクリートの空気量は $5.0 \sim 5.5\%$ の範囲であり、ベースコンクリートの空気量と比較すると $0.3 \sim 1.0\%$ 増加する傾向にはあったが、流動化剤添加による大きな変動は見られなかった。さらに、中流動コンクリートの U 形充填性試験は、充填高さの基準値 280mm 以上に対して、 355mm と高い充填性を示した。

4.2 硬化性状 若材齢の圧縮強度は、材齢 18 時間で 3.9 N/mm^2 、21 時間で 5.2 N/mm^2 、24 時間で 6.1 N/mm^2 であり、脱型に必要な強度発現性が得られた。また、品質管理材齢 28 日における 8 スパンの平均は 32.0 N/mm^2 と呼び強度 24 N/mm^2 の 1.3 倍以上の圧縮強度が得られた。

5. 施工状況

写真-2 に打設状況を、写真-3 に仕上がり状況を示す。放水路トンネルの覆工は、長さ 6m の移動式鋼製型枠を用いて施工し、側圧を考慮して通常の型枠に比べ、載荷重を割り増し設定し補強を行った⁴⁾。締固めに関しては、側壁部は挿入式バイブレータ ($\phi 40\text{mm}$) を用いて、肩部およびアーチ部は型枠バイブレータにより行った。施工当初は、挿入式バイブレータのかけ過ぎにより側壁部に豆板が見られたが、仕上がり状況を反映した締固め方法の改善による品質の向上を図った。

6. まとめ

第二荻神発電所新設工事において、増粘剤一液タイプの流動化剤を使用した中流動コンクリートを採用し、高い材料分離抵抗性と適切な流動性の確保により、狹隘で締固めが難しい複鉄筋構造の放水路トンネル覆工を確実に施工できた。

【参考文献】1) 伊藤正人，長谷川健吾，大友裕隆：第二荻神発電所新設工事の概要，電力土木，No.370，pp.25-29，2014。

2) 高速道路総合技術研究所：NEXCO 中流動覆工コンクリート技術のまとめ，pp.5-1-5-2，2011。

3) 東日本高速道路，中日本高速道路，西日本高速道路：トンネル施工管理要領，p.39，2013。

4) 柳森豊，堂園淳一，平間昭信，筒井隆規：トンネル二次覆工への中流動コンクリートの適用，コンクリート工学，Vol.49，No.6，pp.11-17，2011。

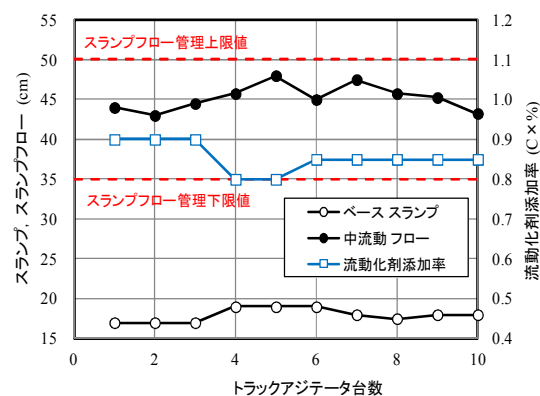


図-2 スランプ、スランプフローと流動化剤添加率



写真-1 中流動コンクリート スランプフロー



写真-2 打設状況



写真-3 仕上がり状況