

小断面導水路の長距離運搬におけるコンクリートの品質確保

前田建設工業株式会社 正会員 ○山本 恭亮
前田建設工業株式会社 正会員 小泉 善美
東京発電株式会社 非会員 岩本 匡史

1. はじめに

東京発電（株）宮平発電所は 1923 年の運用開始から 100 年経過した水力発電所である。本工事は発電設備のリパワリング工事の主要土木・建築工事を行うものであり、代表工種である導水路トンネル(延長約 2,510m, 断面：5.0m²)の改良工事においてインバートコンクリート打設工事を施工するにあたり、コンクリートの品質確保が重要課題となった。

本論文では、受入れから打込みまでの長時間静置状態にした場合におけるコンクリートの品質確保について報告する。

2. 施工条件(運搬時間の算出)

導水路トンネルは山間部に位置するため、不整地運搬車による坑内運搬で打設を行う必要があった。そのため運搬中の攪拌が困難であり、コンクリート荷下ろしから打込みまで静置状態が続くため、打込み箇所でのワーカビリティの低下が懸念された。

コンクリート製造から打込みまでのフローを図-1 に示す。静置状態での運搬に、①10 分+②10 分+③ 5 分+④45 分=70 分(①荷下ろし、②モノレール運搬、③積替え、④不整地運搬車運搬)の時間を要するため、70 分間静置状態での品質確保が求められる。そのため、当初コンクリート配合を見直し、スランプの保持性を有する配合を検討するため室内試験を行った。

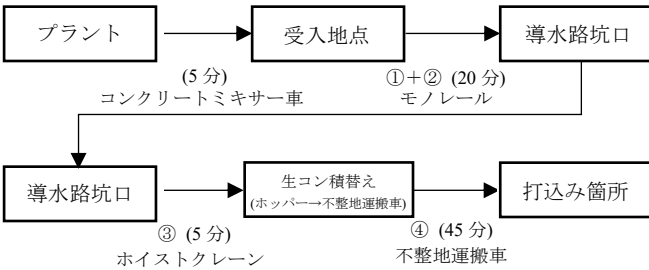


図-1 運搬経路図

3. 室内試験の実施

(1)コンクリート要求性能

本工事のコンクリート要求性能を表-1 に示す。プラントの出荷実績のある配合と長距離運搬にお

けるスランプロスを考慮し、本試験に用いるコンクリート配合を 27-15-20N に選定した。また、70 分の運搬時間であるが時間ロスを考慮し、90 分後のスランプ保持ができるように、練り混ぜ直後の目標スランプを 18 cm と設定した。

表-1 コンクリート要求性能

要求項目	要求性能
水セメント比	55%以内
設計基準強度	24N/mm ² 以上
単位水量	185kg/m ³
打込みのスランプ	8~12cm(許容範囲:±2.5cm)
打込みの空気量	4.5%(許容範囲:±1.5%)

(2)対策案の検討

現場での作業性・品質・技術力の観点から、コンクリートの荷下ろしから打込みまで追加作業のない方法を検討し、超保持型高機能タイプの AE 減水材「マスターレオシュア 700(MR700)」を使用して室内試験を行った。プラントおよびメーカーと協議のすえ、MR700 は、コンクリート練り混ぜ時に通常材料に加えて添加することでスランプ保持効果が期待できる薬剤であり、効果比較のために、MR700 の添加量 1.0%と 1.2%、通常の減水剤(MP)を添加したものも含め、No.1~3 の 3 種類のコンクリートを用いて試験を行った。表-2 に各コンクリート配合を示す。

表-2 コンクリート配合

No.	呼び強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	単位水量 (kg/m ³)	W/C (%)	細骨材率 (%)	混和剤	
						種類	添加量(C×%)
1	27	18	176	52.5	45.7	MP	1.0
2	27	18	176	52.5	45.7	MR700	1.0
3	27	18	176	52.5	45.7	MR700	1.2

(3)試験概要

試験項目を表-3 に示す。

表-3 試験項目

試験項目	試験方法	備考
スランプ (静置、練返し)	JIS A 1101	測定:練上がり直後,90分後,180分後
空気量	JIS A 1128	測定:練上がり直後,90分後,180分後
コンクリート温度	JIS A 1156	測定:練上がり直後,90分後,180分後
圧縮強度	JIS A 1108	測定:材齢7日,28日

生コン練上げから打込みまでの運搬時間を考慮し、練上がり直後、90 分後(1m³積：坑内運搬 1 往復分)、

キーワード コンクリート、減水材、長距離運搬、水力発電所、スランプ、品質確保

180 分後(2m³積：坑内運搬 2 往復分)の時点でのスランプ、空気量、コンクリート温度を測定した。スランプにおいては、静置状態とスコップによる練返しの 2 つ条件で試験を行った。また、静置 90 分後の流動性を確認するため、試験台の 4 隅を木槌によってタンピング(20 回)を行い、崩れ具合を確認した。(図-2)

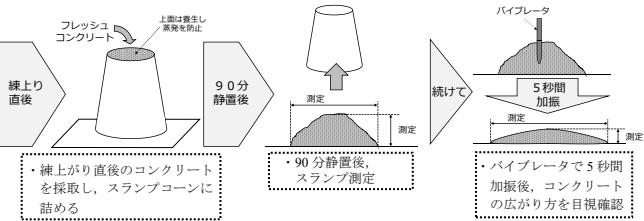


図-2 静置状態における流動性評価方法

4. 試験結果

室内試験の結果を下記に示す。

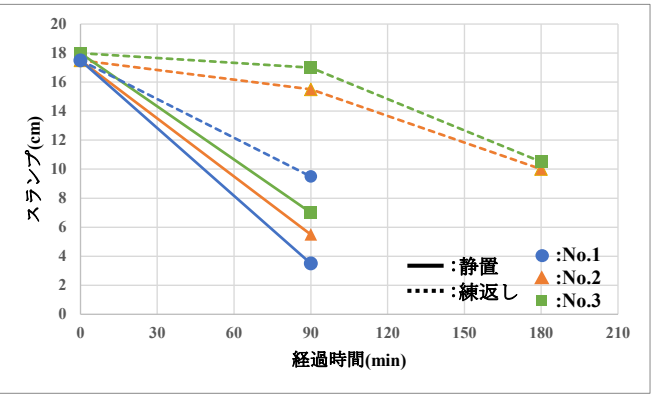


図-3 スランプ試験結果

No.	空気量(%)			コンクリート温度(℃)			圧縮強度(N/mm ²)	
	直後	90分	180分	直後	90分	180分	7日	28日
1	5.3	4.2	-	22.0	23.0	-	26.3	36.6
2	3.8	3.6	3.3	22.0	23.0	23.0	26.0	37.1
3	3.8	3.5	3.4	23.0	24.0	22.0	25.7	36.7

表-4 その他試験結果まとめ

図-3 より、No.1 ではいずれの条件においてもスランプ低下が著しいことから本施工において有効でない判断できる。また、No.2,3 においても、静置状態では 90 分経過の時点でスランプが 8cm を下回っていることから、コンクリート運搬による振動などの影響により、スランプ低下の可能性が考えられる。しかし、練返しを行うことにより、90 分経過の時点で No.2,3 のいずれにおいてもスランプが 15cm を上回っており、特に混和剤の添加率を 1.2%とした No.3 では、スランプ値 17.0cm と高いスランプ保持効果が見られた。180 分経過においても、多少のスランプ低下は見られるものの、それぞれスランプ値が約 10.5cm あることから、施工性、品質を有すると判断できる。

以上の結果から、長時間の静置状態が続いても、荷下ろし直前に練返しすることでワーカビリティを再起できることが分かった。また、表-4 から、いずれにおいてもコンクリートの要求性能を満たしており、品質・コスト・管理面を考慮して、MR700 の使用が有効であると判断した。

5. 施工の実施

室内試験の結果から、No.3 配合の試験施工(1m³積：90 分)を現地で行った。練返しの有効性から打込み箇所付近に小型バックホウを配置し、アオリ内で練返しすることで材料の均一性とワーカビリティを確保した。また、打設時にバイブレータで締固めを行うことで密実性を確保した。以上より、品質の良いコンクリートを打設することができた。

試験施工の結果から作業を標準化し、インバートコンクリート打設を実施した。施工が進むにつれ、運搬時間が短くなるため、都度、試験練りを行い、MR700 の添加量を調整した。その結果、円滑な打設ができ、インバートコンクリートは完了した。



写真-1 施工状況(コンクリート練返し状況)

6. まとめ

MR700 の使用により、攪拌できない長距離運搬におけるスランプロスを抑え、さらに運搬時間に応じて混和剤添加量を調整することで、コンクリートの施工性および品質を確保することができた。また、静置状態後に練返しを行うことで、運搬中の攪拌ができない環境下でも、コンクリートの品質を維持できることを実証した。今後、山間部の既存ストックのリニューアル工事が増え、コンクリート打設で攪拌できない運搬が増えてくる可能性がある。そのような環境において、今回の施工報告が手段の選択肢となり得ると考える。