

長距離TBM工法におけるトンネル覆工の施工

戸田建設株式会社 ○正会員 野又 政宏

1. はじめに

本報告は、長距離（トンネル延長 L=5,405.5m）、且つ小断面（仕上り内径 $\phi 2,300\text{mm}$ ）の TBM 工法による水路トンネル工事のうち、トンネル覆工の施工実績について報告するものである。

2. 工事概要

工 事 名：西諸(二期)農業水利事業浜ノ瀬幹線水路第二期建設工事

工 期：平成 19 年 6 月 19 日～平成 21 年 3 月 31 日

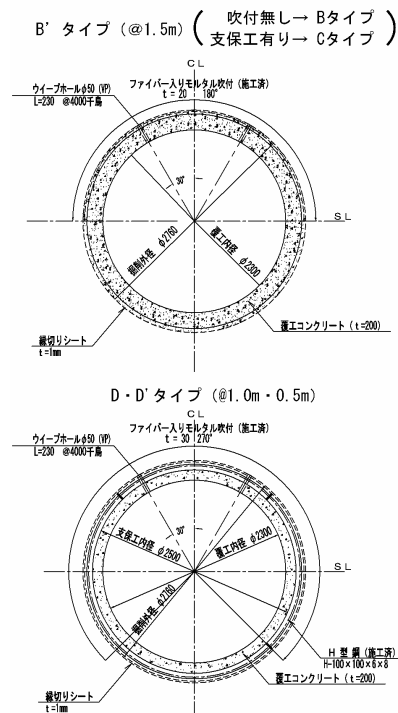
発 注 者：九州農政局 西諸農業水利事業所

工事内容：トンネル覆工

延 長：L=5,304m

(別件工事にて L=101.5m 施工)

断 面：掘削外径 $\phi=2,760\text{mm}$ 、仕上り内径 $\phi 2,300\text{mm}$



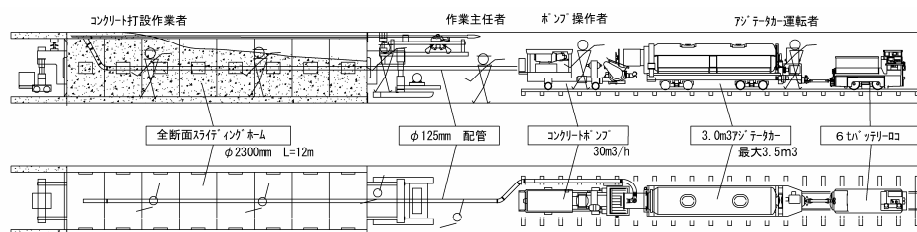
図－1 標準断面図

3. 施工条件及びその課題

コンクリートは、坑内レール方式のアジテータカーで長距離運搬するため、経時によるコンクリートのワーカビリティ低下が予想された。

さらに設計巻厚が 200mm（支保工部のかぶり 100mm）と狭いため、コンクリートの確実な充填が課題であった。

トンネルタイプの標準断面図を図－1 に、覆工コンクリートの施工要領図を図－2 に示す。



図－2 覆工コンクリート施工要領図

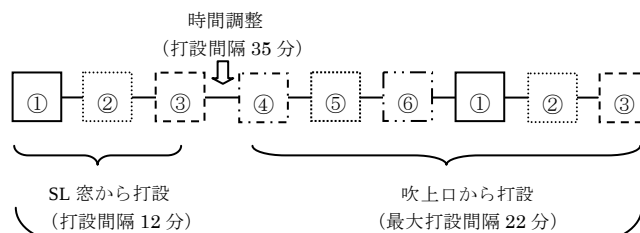
- ・ 1 スパン打設量：25.1m³
- ・ スライディングフォーム：12m
- ・ 総打設回数：442 回
- ・ 打設順序
SL 下部…SL 窓から 3 台打設
アーチクラウン部…吹上口から 6 台打設

4. 打設サイクルの策定

実際にアジテータカーを走行させて行ったシミュレーションを基に計画したサイクルタイムを表－1 に、また打設間隔を短くすることに重点をおき、アジテータカー 6 台編成で計画したサイクルを図－3 に示す。

表－1 サイクルタイム計画表

作業内容	所要時間 (分)	累計時間 (分)	計算	備考
工場～坑口ヤード	25	25		生コン車(場外)
アジテータカー積込	8	33		3.0m³積載
入坑	58	91	5.355km/5.6km/hr*60	最大延長
アジテータカー開口他	3	94	(開口)1分+(攪拌)2分=3分	
打込み	15	109		打込完了109分



図－3 打設サイクル図(6 台編成)

キーワード TBM 工法 トンネル覆工 アジテータカー 高性能 AE 減水剤

連絡先 〒886-0007 宮崎県小林市大字真方 6795 TEL 0984-22-7562 FAX 0984-22-7564

5. コンクリート配合の検討

(1) 打設実験

クラウン部へのコンクリートの充填性とその配合を確認するために、Dタイプ（支保工@1.0m）とB’タイプ（吹付のみ）について、実物大模型を使った打設実験を行った。（写真－1）

実験の結果から、有支保区間及び無支保区間共に打込みの最少スランプを16.5cmとした。また、粗骨材の最大寸法に関しては、無支保区間では40mmで打設可能な結果が得られたが、ワーカビリティを重視して全区間で20mmとした。



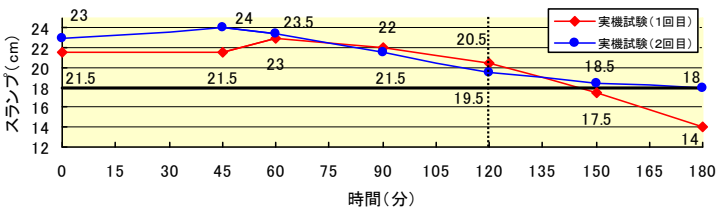
(2) 事前配合確認試験

配合確認試験では、経時変化による流動性低下について検討した。

混和剤には、流動性保持能力及び減水率の高い高性能AE減水剤を使用することとし、材料分離抵抗性付与及び単位水量175kg/m³以下を目標として、試験練り及び実機試験を行った。

表－2 実機試験配合

セメント	高性能	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					単位量(%)	
				水	セメント	細骨材	粗骨材	高性能	高性能添加率	
高炉B	遅延形	50.0	48.8	175	350	825	901	3.85	1.10	



図－4 スランプ変化図

打込み後の流動性確保も考慮し、打設サイクル計画による打込み完了時間109分に対し、安全率を加味した120分後に18±2.5cmを確保することを目標に、配合を決定し実機試験を行った。（表－2、図－4）

試験結果から、120分後に目標値を満足する結果が得られたが、上限値を超える可能性があるため、実施工では、高性能AE減水剤の添加率を調整することで対応することとし、この配合を採用することとした。

6. 施工実績

表－3 実施配合一覧表

工事の進捗による運搬時間の短縮及び季節の変化による外気温の変動に合わせて表－3のように配合変更を実施し、品質保持に努めた。

流動性が高いコンクリートで打設しているため、材料分離抵抗性を高めるため単位セメント量が多い配合となっており、水和熱によるひび割れが懸念されたが、縁切りシートの効果もありひび割れは発生していない。

適用範囲	生コン工場	セメント	混和剤	W/C (%)	S/A (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤
						水	セメント	細骨材	粗骨材	高性能	
スパンNO. NO.1～109	A社	高炉B	高性能AE減水剤遅延形	50.0	48.8	175	350	825	901	3.85～3.50	
期間 H19.8.8～H20.1.9											
スパンNO. NO.110～228	A社	高炉B	高性能AE減水剤標準形	53.8	48.8	175	325	835	915	2.93	
期間 H20.1.10～H20.6.9											
スパンNO. NO.229	B社	高炉B	高性能AE減水剤遅延形	50.9	42.7	175	344	724	1001	3.10	
期間 H20.6.10											
スパンNO. NO.230～351	A社	高炉B	高性能AE減水剤遅延形	52.4	48.8	173	330	835	915	2.97	
期間 H20.6.11～H20.11.4											
スパンNO. NO.241～354	B社	高炉B	高性能AE減水剤標準形	51.5	45	175	340	765	973	3.40～3.23	
期間 H20.6.25～H20.11.27											
スパンNO. NO.355～442	B社	高炉B	AE減水剤標準形(1種)	52.7	45	175	332	767	978	2.99	
期間 H20.11.28～H21.3.17											
スパンNO. NO.382～440	A社	高炉B	AE減水剤標準形(1種)	53.0	47.3	175	330	807	939	1.24	
期間 H20.12.6～H21.3.14											

クラウン部の圧送で負荷がかかったスパンにおいては天端部及び肩部での剥離が見られることもあったが、コールドジョイント等の発生も無く全スパンのコンクリート打設を完了した。

7. まとめ

本工事では、長距離運搬によるコンクリートのワーカビリティの低下及び狭い巻厚での確実な充填という課題に対して、打設サイクル及びコンクリートの配合にて対応した。

その結果、総打設回数442回（L=5,304m）を不具合及び大きなトラブルの発生もなく無事に施工することができた。しながら、有支保区間では吹上口の切り替えを余儀なくされることもあるのが現状である。

今後は、更なる品質・施工性の向上、またコストの低減を図るためにも、既設側の吹上口から連続打設する従来の吹上方式を根本的に見直し、流動距離を短くするため、吹上口の切り替えを行っても、空洞や巻厚不足の発生を抑えることができる打設方法の確立が必要と考える。