

ウォータータイト構造トンネルにおける覆工コンクリートの検討

佐藤工業㈱	中央技術研究所	正会員	宇野 洋志城* ¹
佐藤・五洋特定建設工事共同企業体			中谷 幸一* ²
国土交通省 高知工事事務所			吉良 勉* ³
国土交通省 高知工事事務所			増田 稔* ³

1. はじめに

現在、高知県下で施工中の新宇治川放水路トンネルは、宇治川床上浸水対策特別緊急事業の中核として計画された仕上がり内径 6980mm、覆工厚 460mm の真円形の外水圧トンネルである（図-1 参照）。トンネル周辺では生活用水や農業用水に広く地下水が利用されているため、トンネル施工による恒久的な地下水位の低下、水涸れを避けなければならない、トンネル周囲を防水シートで止水して地下水の排水を抑え、工事期間中に一旦低下した地下水位を回復するウォータータイト構造を採用している。本報告は、充てん施工試験を行った結果をもとに配合選定した経緯について述べるものである。

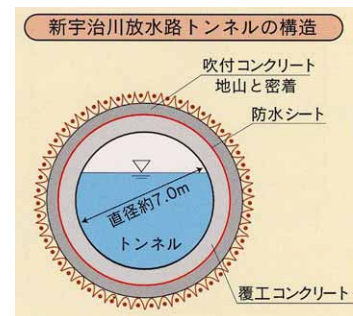


図-1 トンネル概要

2. 覆工コンクリートの要求性能

覆工コンクリートには、立地条件から最大水圧 1.1MPa に耐える水密性の高い鉄筋コンクリート構造が要求され、使用するコンクリートの設計基準強度に関しては、回復地下水位区間毎に 21, 30, 40N/mm² と設定されている。また、コンクリートの充てん性に関しては、アーチ部鉄筋固定のために設置する鉄筋吊支保工（H-100×100）がコンクリート断面のうち 29～43%を占めており、良好なワーカビリティが要求されている（特記仕様の段階ではスランプを 12cm と規定）。

3. 試験概要

要求性能に応えるため、モデル型枠を用意して充てん施工試験を行った。

3. 1 試験条件

型枠延長は実施工スパン長 10.5m とし、覆工厚、配筋ともにアーチ部を再現した。詳細を図-2 に示す。打設にはコンクリートポンプ車を使用し（圧送距離 12m、吐出能力 55～70m³/h）、圧入箇所は通常セントル型枠と同位置で 18m³/h 程度の打設速度を保持し（妻型枠設置の約 7 分間は圧送停止）、棒状振動機 2 本を引抜きながら打設した。

3. 2 試験配合

充てん施工試験は、まずスランプ 12cm の特記配合を用いて行い、その後流動化コンクリート配合（スランプ 18cm）で順次行った。配合表を表-1 に示す。

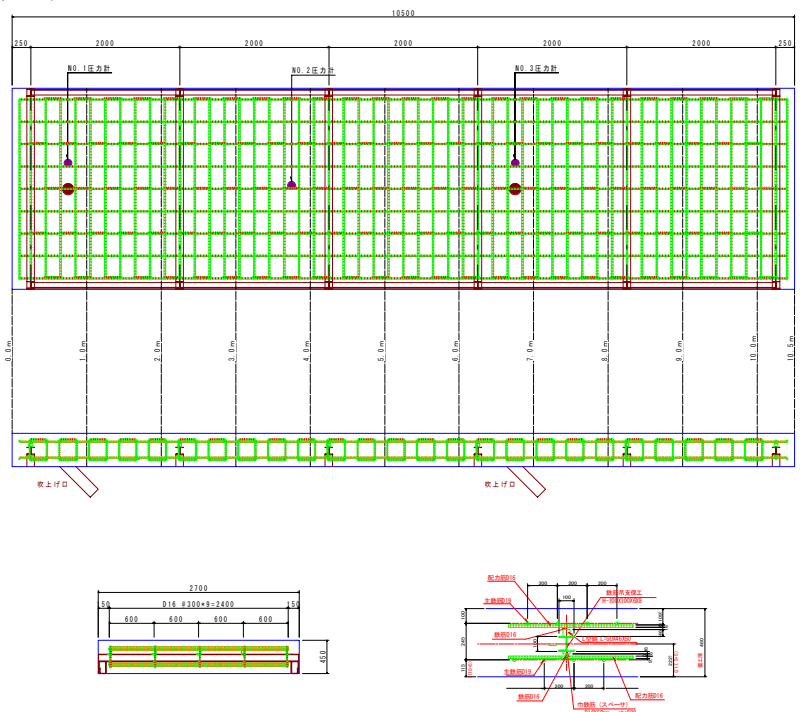


図-2 モデル型枠の形状・配筋詳細図（単位：mm）

キーワード ウォータータイト構造、水路トンネル、二次覆工、流動化コンクリート、充てん性

連絡先	*1：〒243-0211 神奈川県厚木市三田 47-3	Tel.：046-241-2171
	*2：〒781-2100 高知県吾川郡伊野町字三ツ森地内	Tel.：088-850-4477
	*3：〒780-8023 高知県高知市六泉寺町 96-7	Tel.：088-833-0111

表-1 試験配合

No	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								備 考 (対象の設計基準強度)
						水	セメント	細骨材		粗骨材		混和剤		
								W	C	S1	S2	G1	G2	
1	20	12±2.5	4.5±1.5	38	38.7	171	450	388	257	517	509	1.125	—	通常／40N/mm ²
2	20	18±2.5	4.5±1.5	38	41.2	171	450	411	275	496	488	—	3.150	流動化／40N/mm ²
3	20	18±2.5	4.5±1.5	46	44.7	164	357	474	314	496	485	—	3.213	流動化／30N/mm ²
4	20	18±2.5	4.5±1.5	58	47.2	161	278	521	348	493	483	—	3.614	流動化／21N/mm ²
5	20	18±2.5	4.5±1.5	54	46.7	161	298	511	341	493	483	—	3.576	流動化／24N/mm ²

ただし、セメント：高炉B種セメント（密度3.04g/cm³）混和剤Ad1（スランブ12cm用）：AE減水剤、Ad2（スランブ18cm用）：高性能AE減水剤

3. 3 試験結果

すべての配合において、打設時のコンクリート温度は13～15℃程度、フレッシュ性状はスランブ、空気量ともに目標範囲内におさまった。しかしながら、配合1では10.5mの型枠内を充てんできず、型枠内閉塞、型枠破裂の結果が得られ、配合4では充てん完了したもののブリーディング水が多く発生して支保工H鋼リブ内に溜まり、硬化後には未充てん部分となった（写真-1：上は配合2、中は配合3、下は配合4）。また、流動距離別のふるい試験結果からも、配合2,3では粗骨材量に変動はないのに対して配合4ではバラツキがあり、材料分離傾向が認められた。これは、配合4の単位セメント量が他配合に比べて少なく、コンクリートの粘性が不足している状況下でポンプ圧送を行ったために加圧脱水された結果であると考えられた。以上の結果を参考に、国土交通省の通知（鉄筋コンクリート構造物のW/Cは55%以下）に従って単位セメント量も増加した配合5による施工試験を追加実施した結果、良好な充てんが得られた。

なお、高流動コンクリートの適用の可能性に関しても比較検討したが（表-3 参照）、材料費が流動化コンクリート適用時の型枠補強費＋材料費の5割増となるため、トンネル総延長を想定したコスト増加分も考慮した結果、今回の覆工コンクリートへの適用は避けた。

一方、配合2～4を対象に型枠にかかる圧力を測定した結果からは、型枠の耐力を0.2N/mm²程度にすれば、十分対応できることがわかった。

5. おわりに

今回の充てん施工試験結果をもとに、設計基準

強度が回復地下水区間毎に21, 30, 40N/mm²と設定されている配合に対し、それぞれ配合5, 配合3, 配合2を対応させることで十分施工が可能であるとの見解が得られた。

謝辞

今回の検討にあたり、高知工科大学岡村学長・島教授・大内雅博助教授にご助言を賜りました。ここに感謝の意を表します。

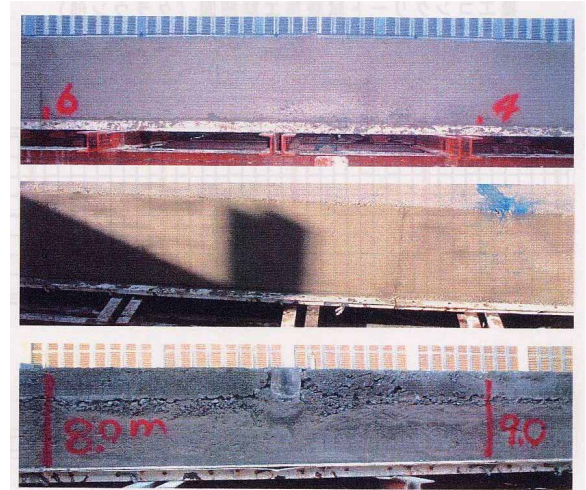


写真-1 型枠取外し後の状況

表-2 粗骨材分布測定結果

No	未充てん	粗骨材分布 (%)				備考
		圧入口 ～0.0M	圧入口 ～4.0M	圧入口 ～9.0M	差	
1	有	—	—	—	—	型枠内閉塞、型枠破裂
2	無	39	38	38	1	充てん良好
3	無	39	38	39	0	充てん良好
4	有	39	37	33	6	材料分離（水）多

表-3 覆工比較

配合	特記仕様	流動化	高流動
コンクリート	スランブ 12cm	スランブ 18cm	スランブ フロー 65cm
施工試験	棒状振動機はかぶり部分だけ挿入可。変形性低く、型枠端部まで充てん不可。型枠負荷は大幅増。打設口増す必要有。	棒状振動機はかぶり部分だけ挿入可。変形性増し、単位セメント量278kg/m ³ 以外は充てん具合良好。型枠負荷増は僅か。	実施せず。
品質	充てんしてもコールドジョイント、背面空洞ができ易く、水密性はない。	材料分離の可能性残るが、配合次第で水密性確保できる。	材料分離の可能性低く、水密性高し。
評価	×	◎	○
コスト		型枠補強費＋材料費	材料費
		100 : 150	