

# 既設導水路トンネルの改築

田中清隆・岩下一彦・甲斐 豊

我が国の高度成長期時代に構築された様々なコンクリート構造物は現在経年的な劣化などにより老朽化が進行し、何らかの対策の必要性を迫られている。そして今この問題に対してスクラップアンドビルドではなく、リニューアルにて対応する時代に来ている。

寺内導水路の改築工事も、同様に新たに新設導水路を構築するのではなく、従来の導水路を灌漑期に部分使用を行いながら、非灌漑期（10月から翌4月まで）の工程制限の制約の中で、中大口径管更生工法として採用されている工法を適用してトンネル内巻補強を行った。本報告ではその施工実績を紹介する。

キーワード：老朽化，リニューアル，工程制限，中大口径管更生工法

## 1. はじめに

両筑平野用水施設の寺内導水路（延長4.3 km）（図一1）は1974年に完成し、肥沃な農業地帯である両筑平野地域へ農業用水を補給し食料供給基盤を支える施設としての機能や、福岡・佐賀両県の生活用水や地元朝倉市の工業用水を供給する重要なライフラインとして機能を果たしてきた。

しかし、長年の経年劣化により機能の低下が進行し、湧水箇所の増加傾向やクラックの発生、インバートの浮上り破損が生じ、今後の安定的な用水供給確保や施設の安全性確保のため大規模な補修改築計画の必要性が生じてきた。

このため、両筑平野用水二期事業の一環としてトン

ネル覆工補強を主とした改築・補修工事を行った。

この二期事業とは2005年度から開始し2013年度を完了予定として現在供用中の、江川ダムと寺内ダムの合理的な総合運用を行うために機能している全ての水源施設、頭首工、導水路、幹支線水路、水管理施設のリニューアル事業である。

## 2. 寺内導水路の変状について

2008年に実施した損傷度調査では、電磁波レーダーを使った空洞探査により覆工背面に約2,500 mの区間で空洞が確認された。これは放置するとゆるみ域の崩落による偏圧により覆工の破損のリスクを持った変状である。

一部の区間では、外圧によるインバートの浮上りが発生し破損している部分がある（写真一1）。



図一1 工事位置図



写真一1 インバートの浮上り

側壁覆工面からの湧水も多く、湧水量はトンネル全体で毎秒50リットル程度である（写真—2）。

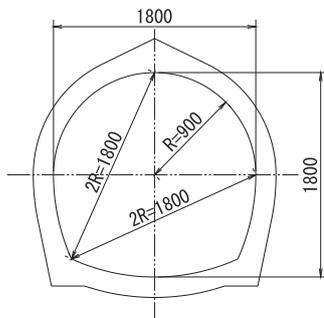
なお、当初建設当時に切羽からの異常出水、崩壊等により掘削が難航した区間は破碎帯を含む脆弱区間であり、今回の内巻補強工を施す区間として設計されている。

覆工側壁部の調査において、多数のジャンカおよび欠損が確認された。またクラックに関しては、外水圧が高いにもかかわらず、さほど深刻なクラックの発生は見あたらなかった。

トンネルの断面は、高さ1,800mm幅1,800mmの2Rタイプの馬蹄形断面である（図—2）。



写真—2 覆工からの湧水



図—2 標準断面図（現況）

### 3. 工事概要

工事名称：両筑二期寺内導水路改築工事

工事場所：福岡県朝倉市田代地内他

発注者：独立行政法人水資源機構

工期：H21年4月9日～H25年7月16日(契約工期)

：H21年4月9日～H23年4月30日(技術提案)

工事数量：裏込注入工……………860 m<sup>3</sup>

：トンネル内巻補強工…………… 1,100 m

：ファンカーテングラウチング工… 10 断面

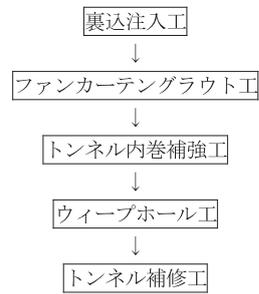
：ウィープホール工…………… 330 箇所

：トンネル補修工…………… 1 式

各工種の施工位置は、損傷調査の結果と当初建設当時の地山データや施工記録に基づき決定された。施工手順は全線の空洞の裏込注入工を施工した後、6ヶ所のトンネル内巻補強工を今回の目的工事とし、その準備工としてファンカーテングラウチング工を施工した。

トンネル内巻補強工を施工した後にその前後区間に外水圧が覆工に与える影響を緩和する事を目的としたウィープホールを6m毎千鳥に削孔し、最後に断面欠損部、ジャンカ、ひび割れ等の補修を行った（図—3）。

補修手順は下記のフロー（図—4）の流れによる。



図—4 補修工程フロー

このトンネルを補修するにあたり、2ヶ所の新設立坑と1ヶ所の既設斜坑を利用し坑内へのアプローチとした。

工種・種別	平成21年度				平成22年度			
	4・5・6月	7・8・9月	10・11・12月	1・2・3月	4・5・6月	7・8・9月	10・11・12月	1・2・3月
第1工事区間								
裏込注入工			■					
カーテングラウト工				■			■	
トンネル内巻補強工				■			■	
ウィープホール工				■				
第2工事区間								
裏込注入工			■				■	
カーテングラウト工				■			■	
トンネル内巻補強工				■			■	
ウィープホール工				■				
第3工事区間								
裏込注入工				■				
カーテングラウト工							■	
トンネル内巻補強工							■	
ウィープホール工								■
トンネル補修工								■

図—3 実施工程

それぞれの坑口に作業ヤードを設置し、各ヤードには坑内からの汚濁水を処理し河川放流を行うための濁水処理プラントを設置した。

#### 4. 補修対策工

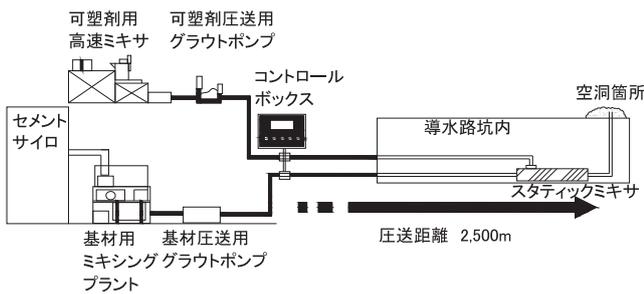
##### (1) トンネル背面の空洞注工

トンネル覆工裏の空洞充填対策として、裏込注工を施工するにあたり、いかに注入材を長距離圧送（最大2,500m）するかが大きなポイントであった。

そこで、充填箇所まで基材と可塑剤を別々に長距離圧送し、注入直前の圧送配管内のスタティックミキサで混合し注入するシステムを採用した（図—5）。

注入材は、水中分離抵抗が高く水質に影響を及ぼさない無機系の可塑性注入材を使用した（写真—3）。

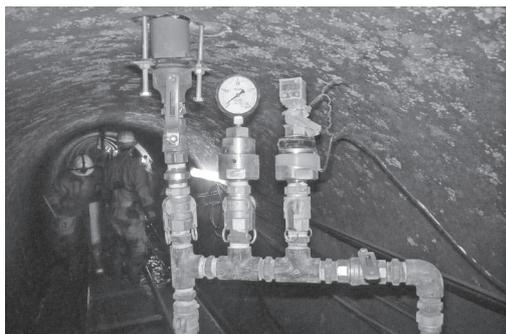
なお、注入圧は0.2MPaを標準とし、注入圧力過大を防止するために、注入口に圧力センサーを設置し、所定の圧力に達すると自動的に注入を停止するシステムを採用した（写真—4）。



図—5 注入システム図



写真—3 水中不分離性能試験

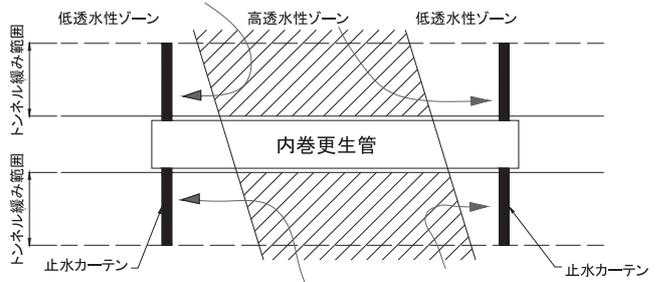


写真—4 圧力センサー付注入口

##### (2) ファンカーテングラウチング工

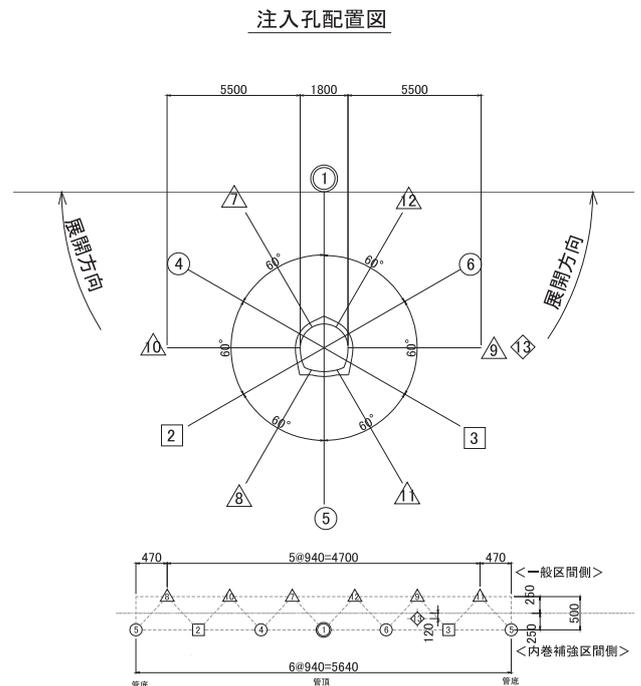
当初建設時の出水区間や、破碎帯区間は高浸透水ゾーンであり、トンネル内への湧水供給源である。

この部分にトンネル内巻補強工を施工するため、トンネル周囲の緩み域を浸透した地下水がトンネル縦断方向へ浸透するのをグラウトで阻止する事を目的とするものである（図—6）。



図—6 ファンカーテングラウチング工説明図

ファンカーテングラウチング工の注入材料は、高炉セメントB種を使用し、注入位置は1段あたり2列とし、1列6本の千鳥配列とする（図—7）。



図—7 ファンカーテングラウチング標準断面図

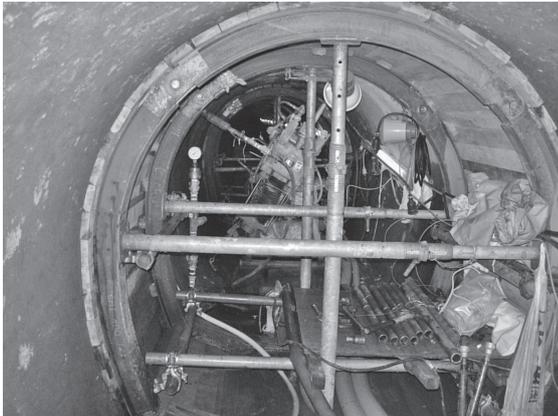
列間隔は50cmとし、施工位置は、トンネル内巻補強工の両端とした。

注入方式はステージ注入工法による中央内挿法を原則とし、注入ステージ長は5mとした。

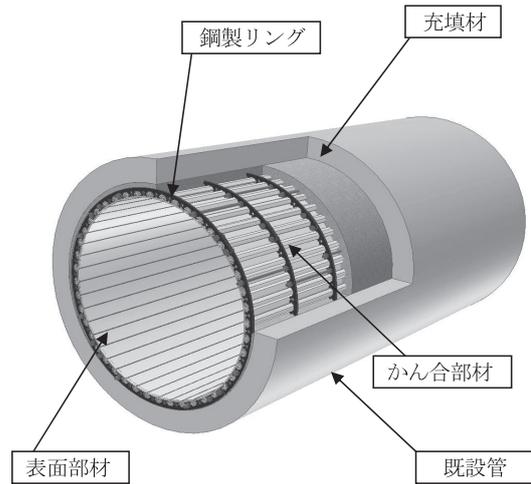
改良目標値は5ルジオンとし、完了基準は最終次数孔における改良目標値の非超過率が85%以上とした。

注入圧力は、0.3 MPa を標準とし、湧水が見られる場合は湧水圧力をこれにプラスして考慮するが、覆工の崩落を招かぬよう最大で0.5 MPa 以下で管理した。

また、注入にあたって、安全対策として注入箇所的前後に覆工保護サポートを設置し、外圧による覆工崩落に備え、なおかつダイヤルゲージで覆工の変状を観察しながら注入を行った（写真—5）。



写真—5 ファンカーテングラウチング注入状況



図—8 内巻補強説明図



写真—6 坑内運搬設備

(3) トンネル内巻補強工

(a) 内巻補強工法の選定

内巻補強工法には、主に下記のような工法がある。

- ① 硬質プラスチック製セグメントをボルトとナットを用いて組立て、管路とセグメントの間に充填材を注入し、複合管として更生する工法。
- ② 塩ビ製の帯板を既設管の内側に密着させながら、かん合部材を使ってスパイラル状に製管し、その隙間に高流動高強度の充填材を注入する工法。
- ③ 既設管渠内で組み立てた鋼製リングに、高密度ポリエチレン製のかん合材と表面部材をはめ込み、既設構造物内壁と表面部材との間に高流動・高密度充填材を充填することで内面更生管を形成する工法。

寺内導水路については、施工箇所に応じて0.2 MPa から最高 1.3 MPa の外水圧に耐えねばならない条件がある。各々の工法を比較検討した結果、鋼製リングをRC 構造物の鉄筋と置き換えて構造計算ができ、鋼製リングのピッチを変える事でさまざまな外水圧に対応できる理由から③番目の工法を選定した（図—8）。

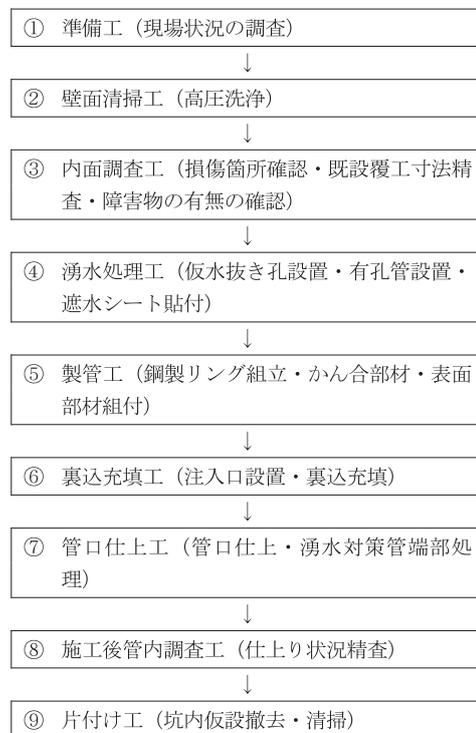
(b) 材料搬入方法

坑内に単管レールを設置し小型バッテリーカーに台車を連結して材料の小運搬を行った。

また、覆工補強済の区間での運搬はローラー付手押し台車を製作し、材料小運搬に使用した（写真—6）。

(c) 施工手順

施工手順を下記フローに示す。



(d) トンネル内巻補強工の施工

① 遮水シートの施工

湧水対策として遮水シートを貼付た。シート材料は

NATMで一般的に使用されるエチレン酢酸ビニール製  $t = 0.8 \text{ mm}$  + 透水性緩衝材  $0.3 \text{ mm}$  を使用し、覆工面への固定はポリエチレン製押え板を釘止めし釘孔はブチルゴムで止水し、シートは溶着接合した（写真一7）。



写真一7 遮水シート溶着状況

②鋼製リング組立

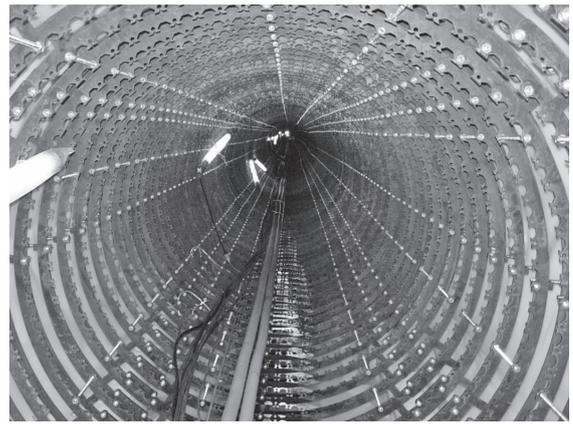
専用工場でレーザー加工された鋼製リングは1リング4分割で構成され、1枚約5kgの重量で分割された状態で坑内に搬入し、ボルトとナットで組立た後にアジャスターボルトで覆工内面に突合せ固定する（写真一8、図一9）。

③かん合部材・表面部材の組付け

かん合部材を鋼製リングの溝にプラスチックハンマーを使用して組付ける。その後表面部材を搬入して、かん合部材とかん合させ、仕上げる（写真一9）。

④裏込充填工

充填材は、専用プラントから、トラックミキサーを使って搬入し、配合は高炉セメントB種、石灰石砕砂、



写真一8 鋼製リング組立

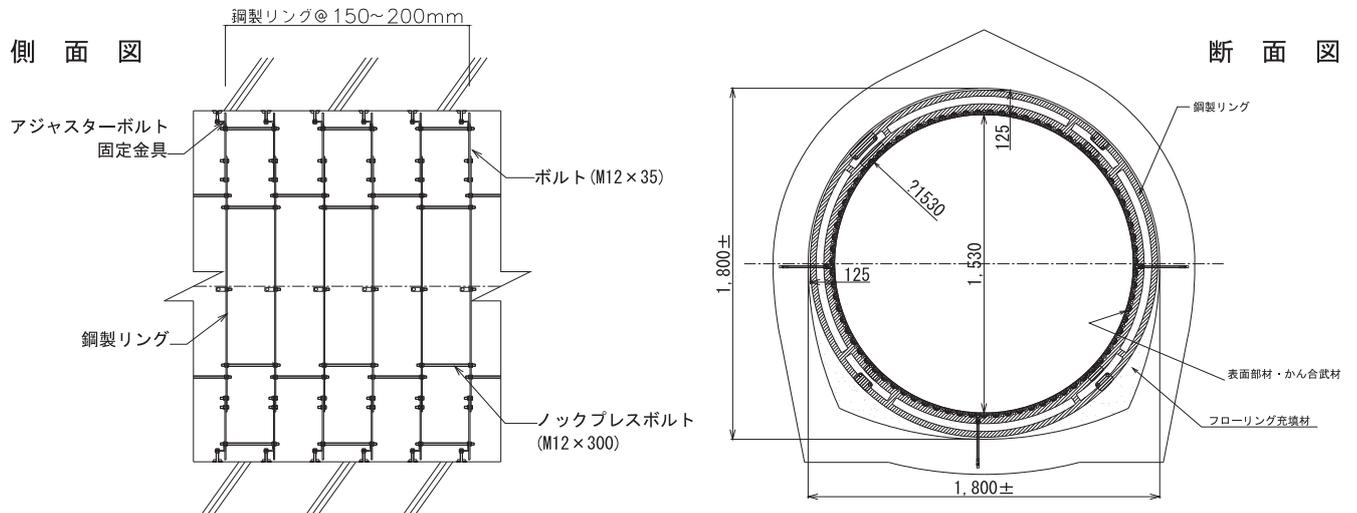


写真一9 かん合材・表面材組付け

混和剤、水を配合した高流動モルタルであり、複雑な形状の部材の隅々まで充填できる特性があり、水中分離抵抗性、無収縮、ノンブリージング性に優れた物性である。

品質管理項目は、フロー値  $300 \pm 30 \text{ mm}$ 、一軸圧縮強度は材令28日で  $24 \text{ N/mm}^2$  以上である。

充填は、地上に元ポンプを1台、坑内に中継ポン



図一9 鋼製リング組立図

ブを2台設置し、一日の充填高さを50cm以下とし6シフトから7シフトに分割して注入した(写真—10)。



写真—10 裏込充填状況



写真—11 トンネル内巻補強工完了

## 5. おわりに

中小断面のトンネルにおけるリニューアル工事では、大型機械が使用できず、ほとんど人力施工及び小型機械にたよる補修工法が主流となる。これは資材搬

入計画と人員配置計画さえしっかりと管理できれば工程に乗り比較的容易に施工できるので、今後さまざまな分野でニーズが生じるであろう。

施工に関しては、いかに人力による苦渋作業を減らし効率的に資機材を運搬するかが大きな課題であり、創意工夫が求められるところである。

本工事の実績により、既設管リニューアルの分野で特に外水圧のかかる条件での施工例として、今後の同様の工事の参考になれば幸いである。

最後に厳しい工程の中、ご尽力いただいた協力会社の皆様、施工にあたり深い御理解とご指導を下さった(独)水資源機構の皆様に感謝申し上げます。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) (独)水資源機構両筑平野用水総合事業所  
両筑平野用水事業概要

### 【筆者紹介】



田中 清隆 (たなか きよたか)  
株式会社熊谷組  
寺内導水路作業所  
所長



岩下 一彦 (いわした かずひこ)  
株式会社熊谷組  
寺内導水路作業所  
副所長



甲斐 豊 (かい ゆたか)  
株式会社熊谷組  
寺内導水路作業所