Agricultural and Rural Development Information Center

ISSN 1340-7813
117
平成27年3月

ARIC情報

■巻頭言
基準と判断力

■トピックス
国営総合農地防災事業
和歌山平野地区について
ー「和歌山平野」における安全な排水と豊かな農業の実現ー

■事業紹介
３ダムを新設して柏崎刈羽地域の農業振興を目指す
ー国営柏崎周辺農業水利事業の取組状況ー

■ARIC'S LETTER
大地へ近き技術者の君へ
～鈴木大拙著「日本的霊性」の〝大地性〟の紹介～

ARIC情報　第117号　平成27年3月発行
編集／発行：
一般社団法人農業農村整備情報総合センター
〒103-0006 東京都中央区日本橋富沢町10番16号
TEL.03-5695-7170
印刷所：共立速記印刷株式会社

ISSN 1340-7813

FRT 工法（農業用水路トンネル機能回復加圧式ウレタン充填工法）の技術開発の取り組み紹介

－水中不分離性試験の結果報告－

農業用水路トンネル機能回復技術研究会

1. はじめに

多くの農業用水路トンネルには大きな変状が発生しており、ストックマネジメントの観点から、その補修・補強が喫緊の課題となっている。

農業用水路トンネルの設計基準である「土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」基準書・技術書（平成８年10月・農林水産省構造改善局発行）にもあるとおり、従来の改修工法としては巻替工法や鋼板内張工法、既製管挿入工法等があるが、コスト高やトンネル断面が減少する等の諸課題があった。

これらの諸課題を解決するべく従来の補修工法であるグラウチング工法でトンネルの機能を回復できる改修工法としてFRT工法（農業用水路トンネル機能回復加圧式ウレタン充填工法）を開発した。

2. FRT 工法の概要

(1) 適用範囲

FRT 工法の適用範囲は、トンネル天端背面の空洞が原因でスプリングライン付近に延長方向へひび割れが生じている馬蹄型の既設農業用水路トンネルである（**写真-1**）。

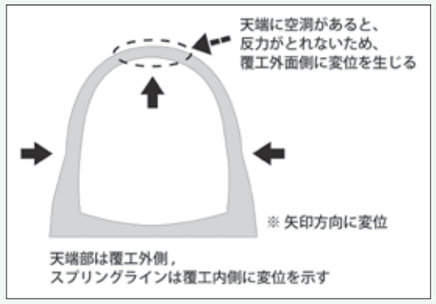
この背面空洞は、施工技術の未熟な時代に施工されたトンネルで多く見られ、（**図-1**）に示すように天端部分に覆工コンクリートが充填不足となることで発生するものであると推測されている。設計時に前提としたトンネル外周地圧が全周等分布の状態になるという状態を満足しなくなり、ひび割れが発生したと考えられる。

(2) 工法概要

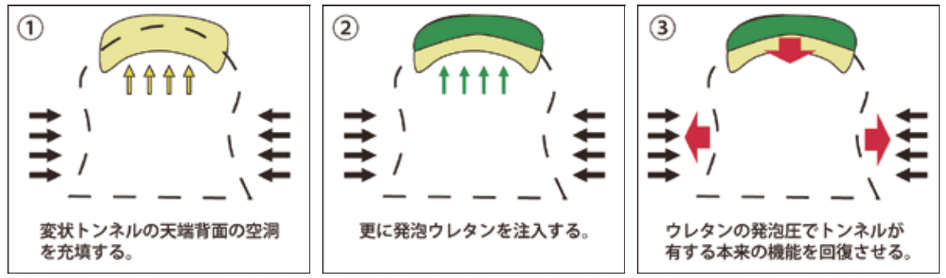
FRT 工法は、トンネル天端背面の空洞へ発泡ウレタンを（SK-01A）注入充填し、さらに発泡固化速度の速い加圧注入用の発泡ウレタン（SK-01B）を注入することで発泡圧が生じ、この発泡圧によってトンネルが有する本来の機能を回復させる工法である（**図-2**）。

注入装置（**写真-2**）は移動可能で、且つ小型なため、坑内奥深くまで搬入することができる。一斗缶に詰めた２種類のウレタン原液と供に坑内に持ち込んで注入施工する。

（写真-1）スプリングライン付近のクラック



（図-1）背面空洞による変形イメージ



（図-2）FRT 工法の概要

（写真-2）注入装置

（図-3）FRT 工法の施工手順

(3) 施工手順

FRT 工法の施工手順は、（**図-3**）に示したとおり、

①覆工コンクリートに空洞充填用の注入孔を削孔して（**写真-3**）注入管を取り付ける。

②空洞充填用の発泡ウレタン（SK-01A）を注入して、注入孔を目詰めする。

③覆工コンクリートに加圧注入用の注入孔と圧力計の取付孔を削孔する。

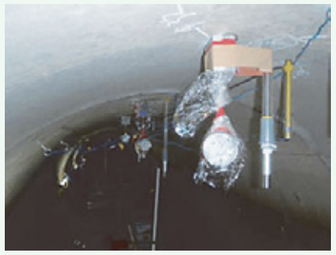
④圧力計を覆工背面に設置し、注入管を取り付ける。

⑤圧力管理しながら、加圧注入用の発泡ウレタン（SK-01B）を注入して注入孔等を目詰めする。

（**写真-4、写真-5、写真-6**）。

（写真-3）注入孔の削孔状況

（写真-4）加圧注入状況



（写真-5）圧力管理状況

（写真-6）トンネル内での注入装置

3. 水中不分離性試験

(1) 試験概要

農業用水路トンネルの覆工背面には水が滞留していることが多く、FRT 工法で確実にトンネルの機能を回復させるためには、注入した発泡ウレタンが滞留水の影響により、分離することがないのか？所定の圧縮強度を確保できるのか？等の疑問に応えるためにその特性を把握しておくことが重要である。なるべく現場条件に近い試験条件に設定した試験 BOX に発泡ウレタンを注入し、FRT 工法の空洞充填材として必要な物性である、

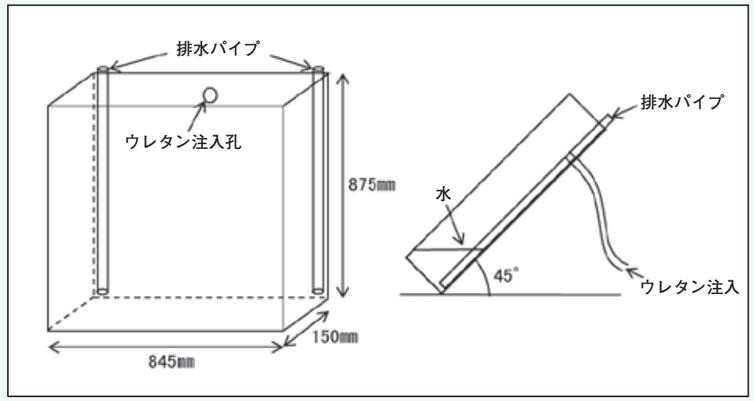
①密度

②圧縮強度

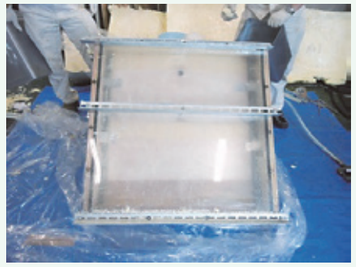
の２項目を測定した。

(2) 試験条件

FRT 工法では通常、覆工コンクリートの頂部及び左右各１列の計３列に注入孔を削孔するため、覆工背面の水は、左右列の注入孔より下部に滞留していると思われる。この左右列注入孔の下部に滞留水があり、そこへ左右列の注入孔からウレタン注入することを想定し、なるべく現場条件に近くなるよう試験条件を設定した。具体的には、**(図-4)**、**(写真-7)** に示した形状の試験 BOX（約 111 L）に 10 L の水を溜めて、45° 程度傾斜させた状態で、試験 BOX 上部背面から発泡ウレタンを注入した。なお、滞留水の逃げ道を作るため、試験 BOX の左右２箇所に内径 ϕ20 mm の排水パイプを設置した。また、試験状況が確認できるよう試験 BOX の前面は、透明のアクリル板とした。発泡ウレタンは、FRT 工法で加圧前の空洞充填用に使用する反応速度が遅いタイプの 30 倍発泡品 SK-01（密度：40±4 kg/m^3）を使用。BOX 内が完全充填できるよう 約 4.5 kg（40±4 kg/m^3×111 L）の発泡ウレタンを注入した。



(図-4) 試験 BOX 概要（845×875×150 mm）



(写真-7) 試験 BOX（845×875×150 mm）

(3) 試験状況

水より比重の重い発泡ウレタンの混合液は、まず滞留水の底に沈んでから約 10 秒後に発泡が始まると水面に浮かび、上部方向へ発泡していった。上端に達すると今度は水中方向へ発泡して滞留水を押し出し、排水パイプから滞留水が排出された **(図-5)**。試験 BOX 内の滞留水はすべて排水され、発泡ウレタンで完全に充填された **(写真-8)**。

１日養生後に試験 BOX を解体して発泡ウレタンを取り出したが、発泡ウレタンは完全に固化しており、フォーム外観も特に異状は認められなかった。取り出した発泡ウレタンから 50×50×50 mm の試験片を５個切り出し、５個の試験片それぞれの

①密度

②圧縮強度

を測定した。試験方法は、JIS A 9511（発泡プラスチック保温材）に準じて実施した。

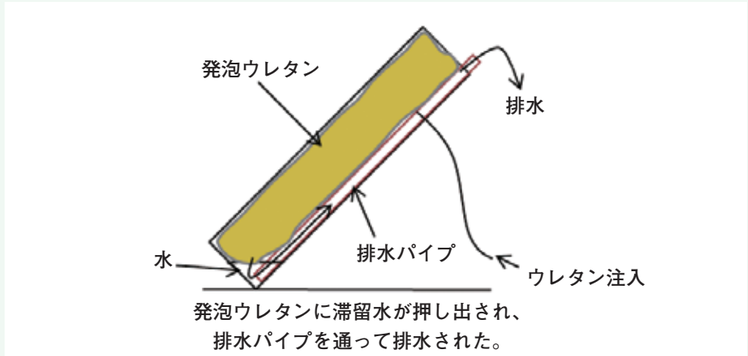
(4) 試験結果

密度は、**(表-1)** に示したとおり 40±4 kg/m^3 の規格値に対し、2 試験片が上限を超え、平均値では 44.30 kg/m^3 と規格値の上限を若干上回った。また、圧縮強度については **(表-1)** に示したとおりすべての試験片が規格値（0.2 N/mm^2 以上）を満たし、平均値は 0.2592 N/mm^2 であった。

(5) 考察

FRT 工法の基本的な原理は、前述したとおり覆工背面の空洞に空洞充填用の発泡ウレタンを注入した後、さらに加圧用の発泡ウレタンを注入し、その発泡圧で覆工背面を加圧してトンネル本来の機能を回復させるものである。したがって滞留水の影響を受けるのは、最初に注入する空洞充填用の発泡ウレタンであり、空洞充填用の発泡ウレタンが、加圧充填用の発泡ウレタンの発泡圧を覆工背面に伝達させることが重要となる。つまり空洞充填用の発泡ウレタンの圧縮強度は非常に重要な要素であるといえる。

今回の試験結果から、空洞内に滞留水があっても空洞充填用の発泡ウレタンは所定の圧縮強度を確保でき、FRT 工法が有効であることを確認することができた。



(図-5) 滞留水の排出状況

4. おわりに

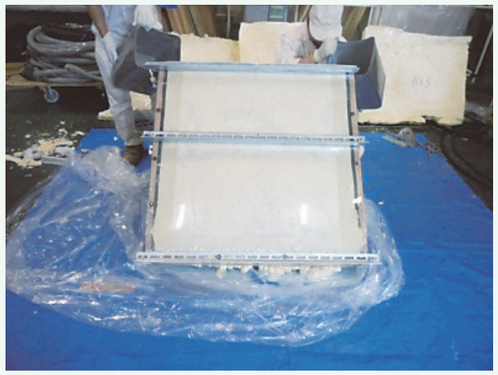
FRT 工法は、平成 22～24 年度にかけて、農林水産省の「官民連携新技術研究開発事業」を活用して開発されたばかりの全く新しい「改修工法」である。平成 26 年 1 月に発行の本誌「ARIC 情報」112 号において、その研究開発事業の成果報告を紹介し、今回は、普及段階を目指した検証試験等について報告した。今後も検証試験を積み重ねることで信頼性を高め、多くの現場で採用いただけるよう引き続き努力していく所存である。

最後に、FRT 工法の技術開発にあたり、多大なるご支援と技術面でのご指導をいただいた島根大学の長束教授と石川県立大学の青山教授に、この場をお借りして謝意を表したい。

■お問い合わせ先
農業用水路トンネル機能回復技術研究会
事務局：アップコン株式会社
〒 213-0012
神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1
KSP東棟 611
TEL 044(820)8120
FAX 044(820)8121
URL http://www.upcon.co.jp

〈参考文献〉

・「ARIC 情報」112 号
トンネル空洞への現場発泡硬質ウレタンフォーム充填による機能回復技術



(写真-8) ウレタン充填完了

(表-1) 試験結果（密度、圧縮強度）

試験片 NO	密度 (kg/m^3)	圧縮強度 (N/mm^2)
NO-1	43.67	0.27
NO-2	40.26	0.26
NO-3	48.78	0.26
NO-4	41.75	0.22
NO-5	47.04	0.29
平均	44.30	0.26