

## 発泡ウレタンを使用した裏込め充填工法の試験施工

## Test construction of repair construction method using the foaming urethane

○松本 拓<sup>\*</sup>, 村尾弘道<sup>\*\*</sup>, 長束 勇<sup>\*</sup>,  
吉岡 敦<sup>\*\*\*</sup>, 大川栄二<sup>\*\*\*</sup>, 橋爪秀夫<sup>\*\*\*</sup>, 菊池信夫<sup>\*\*\*</sup>, 小浪岳治<sup>\*\*\*</sup>

MATSUMOTO Takumi, MURAO Hiromichi, NATSUKA Isamu,  
YOSHIOKA Atsushi, OOKAWA Eiji, HASHIDUME Hideo, KIKUTI Nobuo, KONAMI Takeharu

## 1.はじめに

農業水路トンネルは、農業用水を導水するだけでなく、洪水防止などの多面的機能を発揮する水利システムの構成要素として重要な構造物である。しかし、供用中の農業水路トンネルの多くでは、躯体側壁のスプリングラインに発生するひび割れによる、水路トンネル躯体の安定性の低下が問題となっている。

既往の室内模型実験<sup>1)</sup>の成果より、スプリングラインに発生するひび割れは、覆工天端裏側に存在する地盤の空洞に起因することが明らかになった。また、その空洞部を充填し、模型躯体に作用する圧力を全周等分布荷重状態にすることで、模型躯体が当初の形状に近づき、安定性を取り戻すことも分かった。これらのことから、供用中の水路トンネルに対して、地盤内の空洞を充填することで地山との一体化を図る、裏込め充填工法が提案されている。そして、この工法の充填材として、空洞の充填を行いながらトンネル躯体に圧力を作用させる、現場発泡硬質ウレタン(以下、発泡ウレタン)に注目した。

そこで、著者らは、官民連携共同研究として、供用中の農業水路トンネルにおいて発泡ウレタンを用いた空洞注入に関する試験施工を実施し、発泡ウレタンによる裏込め充填工法の効果を検討した。

## 2.試験施工場所と試験概要

試験施工の実施場所は、兵庫県下の導水路トンネルのバレル No.10 であり、施工断面は、図 1 のように標準馬蹄形  $2r=2,500\text{mm}$ 、設計巻厚  $200\text{mm}$  となっている。この付近では、スプリ

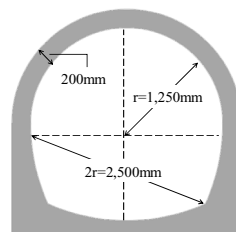


図 1 施工断面概略図

schematic of construction section

ングラインにひび割れが発生しており、事前に実施した電磁波レーダーと CCD カメラを用いた調査により、覆工天端裏側に空洞が確認された。試験施工では、①空洞充填を対象としたタイプ A、②空洞充填に加えて躯体に圧力を作用させるタイプ B、について実施した。タイプ A の施工位置は、バレルの上流端から 4.5m、5.5m、6.5m とし、タイプ B はバレルの上流端から 5.5m、6.5m、7.5m、8.5m、10.5m とした。

また、事前調査の躯体のコア圧縮強度、躯体断面形状に基づいて破壊解析を行った。その結果、トンネルへの圧力が  $1.0\text{MPa}$  を超えた場合、または、トンネル躯体の変位が  $1.0\text{mm}$  を超えた場合は、トンネルが崩落する可能性が示唆された。そこで、これらの値を注入上限監視値に設定して施工を実施した。

施工中の安全性の確保と充填材の効果の確認のためには、トンネル躯体の挙動が重要となることから、空洞充填に伴うトンネル躯体の挙動を、次の 3 つの方法で計測した。①レーザー変位計をバレルの上流端から 7.5m の位置に設置し、天端、左右スプリングラインの 3 測点で躯体変位を計測。②パイ型変位計をバレルの上

<sup>\*</sup>島根大学大学院生物資源科学研究科, Graduate school of Life and Environmental Science, Shimane University,

<sup>\*\*</sup>近畿農政局, Kinki Regional Agricultural Administration Office,

<sup>\*\*\*</sup>ウレタン充填工法研究開発組合(アップコン(株), アキレス(株), 株ジオデザイン, 岡三リビック(株)), Urethane grouting Construction Method Research and development union(Upcon Co.Ltd, Achilles Corporation, Geodesign Co.Ltd, Okasanlivic Co.Ltd)

キーワード: 水路トンネル、ひび割れ、裏込め充填工法、発泡ウレタン

表1 右側壁におけるひび割れ幅の変位量

displacement of crack width in the right side wall

計測位置(m)	1	2	3	4	5	6	8	10
注入前(mm)	-2.520	-0.382	-1.891	-0.321	-3.662	1.442	-2.382	2.389
注入後(mm)	-2.522	-0.386	-1.902	-0.369	-3.681	1.432	-2.410	2.386
変位(mm)	-0.002	-0.004	-0.011	-0.048	-0.019	-0.010	-0.028	-0.003

※ひび割れ幅の差で負値はひび割れが閉じていることを示す

流端から 4m と 6m の位置にて設置し、左右側壁のひび割れ幅の変動を計測。③コンタクトゲージにより、施工前後のひび割れ幅の計測(右側壁 8 測点、左側壁 7 測点、合計 15 測点)。

### 3.試験結果

図 2 に注入中におけるトンネル躯体の変位(6.5m 地点)を、図 3 に注入中におけるひび割れ幅の変動を示す。また、表 1 に右側壁におけるひび割れ幅の変位量(6.5m 地点)を示す。

図 2 のように、空洞充填に伴い、天端は覆工内面方向へ、左右スプリングラインは覆工外面方向へ変位した。注入中における最大圧力は 778.9KPa となり、注入終了時におけるトンネル躯体の変位量は、天端で 0.068mm、左スプリングラインで 0.012mm、右スプリングラインで 0.016mm となった。また、図 3 のように、空洞充填に伴い、ひび割れ幅が減少した。施工終了時のひび割れ幅は、右側壁で 0.012mm、左側壁で 0.003mm 減少が見られた。これらは、空洞に充填したタイプ B によって、圧力が作用したためだと考えられる。なお、図 2 と図 3 のように、トンネル躯体とひび割れ幅の変位の開始は、圧力の上昇より遅れている。これは、発泡ウレタンは注入してから発泡するまでに時間を要するためであると考えられる。

さらに、表 1 のように、施工後における右側壁のひび割れ幅は、施工前と比較して減少した。ひび割れ幅は最大で 0.048mm 減少しており、平均して 0.016mm の減少が見られた。これは、左側壁においても同じ傾向が見られた。

施工終了後に電磁波レーダーを用いた調査を行ったところ、覆工天端裏側に空洞は確認され

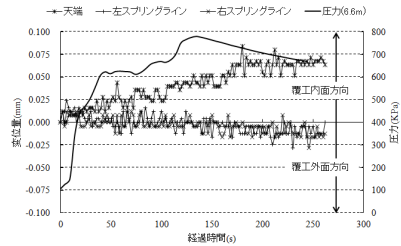


図2 注入中におけるトンネル躯体の変位  
displacement of the tunnel under grouting(point 6.5m)

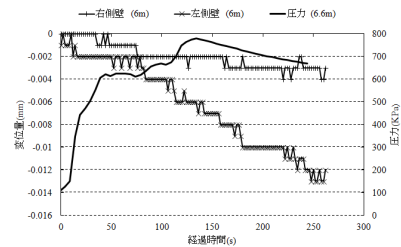


図3 注入中におけるひび割れ幅の変動  
fluctuate of crack width under grouting(point 6.5m)

ず、空洞は十分に充填されていた。

### 4.まとめ

本試験施工では、供用中の農業用水路トンネルに、発泡ウレタンを用いた裏込め充填工法を実施した。その結果、圧力を作用させるタイプ B により、トンネル躯体が元の形状へ近づき、ひび割れ幅が小さくなった。また、施工終了後に天端裏側に空洞は確認されなかった。これらのことから、充填材に発泡ウレタンを使用した裏込め充填工法の効果が確認された。

#### 参考文献

1)村尾弘道ら(2010)：農業用水路トンネルのひび割れ発生機構の解明と補強工法の検討，平成 21 年度第 6 回土木学会中国支部島根会研究・事例報告会概要集，pp.17-18