

馬蹄形FRPM管パイプイントンネル工法（F・PIT工法）施工実施例

Construction of FRPM Pipe in Tunnel Method

阿部 浩樹* 毛利 栄征** 桜井 康一郎*** 鈴木 恭一郎**** 真鍋 拓吾***** 小山 智芳*****

Hiroki Abe, Yoshiyuki Mohri, Kouichiro Sakurai, Kyouichiro Suzuki, Takua manabe, Tomoyoshi Koyama

1. はじめに

本工法は老朽化したトンネル内に馬蹄形FRPM管を搬入・接合し、既設トンネルと管との隙間に中込材を注入することにより管渠を築造する更生工法である。既設断面に近い形状であるため断面ロスが少なく、内面が平滑でしかも耐食性に優れた新たな水路を築造するものである。また自立管として耐荷機能の回復を図ることが可能である。

本工事は前述の優位性に加え、施工日数の縮減、73R曲線部における配管敷設とクリアランス27mmでの施工を課題とした馬蹄形FRPMパイプイントンネル工法（以下F・PIT工法）2例について、品質と施工性を確認したのでここに報告する。

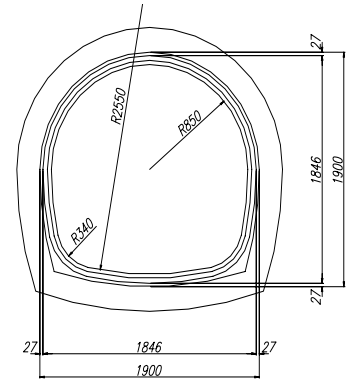


Fig.1 標準断面図(3r2550)

Standard section

2. 工事概要

工事概要について table.1 に示す。

工事名	長野県土地改良事業 いな利天地(三日町工区)地区	関東農政局 大井川用水農業水利事業所 菊川幹線水路整備その1工事
既設隧道形状	2r-1600	3r-2850 (h=1900)
更生管路口径 × 施工延長	2r-1350 × 132.0m	3r-2550 (h=1700) × 79.0m
中込材仕様	滞水施工型エアミルク 65.472m ³	滞水施工型エアミルク 33.93m ³

Table. 1 工事概要

work summary



Fig.2 馬蹄形FRPM管運搬状況

Transport Special shape pipe

3. 施工について

3-1. 既設隧道の状況

既設隧道内は、両実施例とも断続的なクラックが入る状況下であり、特に、いな利天地地区既設隧道は、現場打ち部には左右側壁の軸方向に5mm幅程度の連続したクラックが走り、アーチ部には横断方向に同様なクラックが確認された。また、菊川幹線はレーダ探査の結果、今回の補強範囲である1号暗渠は無筋コンクリートであった。骨組み解析にて許容応力度法による照査を行った結果、曲げ引張応力にて天端と底版に大幅な応力超過が認められた。双方とも抜本的な既設隧道の耐荷機能向上の必要があった。

	モーメント	軸力	圧縮 応力度	曲げ引張 応力度	判定	
	M	N	c	t	圧縮	曲げ 引張
天端	11.840	56.727	1.364	-0.910	ok	No
脚部	17.553	121.995	1.010	-0.382	ok	No
底版	25.224	62.888	2.673	-2.170	ok	No

許容圧縮応力度 ca = 4.5 N/mm²

許容曲げ引張応力度 ta = 0.25 N/mm²

Table. 2 既設隧道解析結果

Frame analysis results material of Existing canopy

* 栗本化成工業(株)

** 農村工学研究所土質研究室

*** 大井川農業水利事業所

**** 上伊那郡伊那土地改良区

***** (株)エステック

***** 住友大阪セメント(株)

Kurimoto Plastics Co.LTD

National Institute for Rural Engineering

Ooigawa Agricultural irrigation business

Ina Regional Agricultural Land Improvement District

Estec Co.,LTD

Sumitomo Osaka Cement Co.,LTD

キーワード 更生工法、隧道改修、馬蹄形FRPM管

3-2 曲げ配管工法の採用

いな利天地地区既設隧道内は、線形上、曲率半径 73R $\theta=34^{\circ}03'58''$ の平面曲線延長が 43.3mであった。そこで、馬蹄型 FRPM 管の継手部の可とう性を利用した曲げ配管工法を採用した。曲げ配管箇所
の管長を 3m、一箇所の曲げ角度を継手許容曲げ角度内の $2^{\circ}19'59''$ とし、曲線部の緩和に努め、かつ通過時のクリアランスも押さえることで、スムーズな運搬を可能とし曲管を使用せずコストを下げ、施工性を向上させた。

3-3.3R 馬蹄形の採用と最小クリアランスの克服

菊川幹線では、耐荷機能向上と合わせて流量確保が必要条件であった。施工実績である 2R 馬蹄では余裕高が確保できないため、既設暗渠にあわせ 3R 馬蹄形とし必要流量を確保した。なお強度検討として FEM 解析を行い、たわみ率 1.7%（鉛直）、発生応力 5.6Mpa（管側部）といずれも許容値以下であることを確認し、2R 馬蹄形と同等であり強度上の安全性を確認した。施工性としては、平均クリアランス 27mm を克服するため、運搬台車の性能を向上させた。既設暗渠の状況に追従し微調整が可能ないように管の支持機構の改良を行った結果、更生管と既設隧道を接触させず、スムーズに運搬・配管することができた。

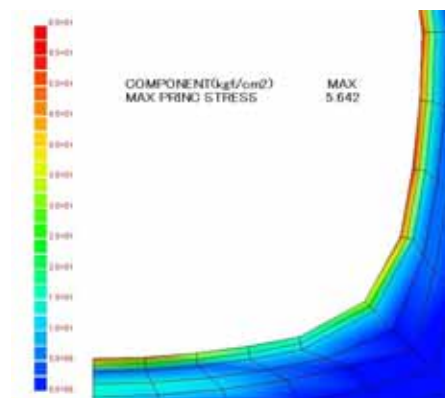


Fig. 3 FEM 解析結果
FEM Analysis results material

3-3. 充填材の仕様

一般的に更生工法で更生管路とトンネルの中込材にはエアモルタルを使用するが、本施工箇所はクラックや既設打継目からの漏水が確認されており、その状況下で、エアモルタルを打設すると、材料分離を起こし、消泡することで空隙が発生する可能性がある。（左図 Fig.4 参照）その状態で、仮に大きな外水圧が作用すると、管に作用する座屈応力は非常に大きくなり、最悪の場合は大規模な管路の破壊を引き起こすこととなる。



耐水施工型中込材 エアモルタル
Fig. 4 水中打設結果
Result set underwater stroke

座屈に対する抵抗力を大きく左右する要因は管背面の中込材であり、この中込材が空隙なく打設・硬化していれば座屈に対して大きな抵抗力を付与することができる。今回の施工は湧水環境下であり、材料分離の可能性が高いため耐水施工型中込材を採用した。左記のように品質管理上、一定基準値を満たし、頂部からのリークにより、確実なグラウチングを行うことができた。

項目	単位	規格値	実測値 (いな利平均)	実測値 (菊川平均)
密度	t/m ³	1.1 ± 0.1	1.05	1.1
フロー	mm	120 ± 20	126	133
一軸圧縮強度 (28日)	N/mm ²	1.0以上	1.7	1.47

Table. 3 中込材の品質性能
Quality performance of Filling material

4. おわりに

本件では隧道改修に F・PIT 工法を実施し、既設隧道を活かしつつ効率的に機能を回復させることが出来た。今後も改良を重ね、より既設隧道に近い断面形状の馬蹄形 FRPM 管や施工の効率化によるコスト削減に取り組み、既存施設ストックの長寿命化を図る工法として農村振興に寄与することができれば幸いである。