

強度の異なるほろ形トンネルにおける FRP グリッドを用いた内面補強工法の効果
 The effect of the inner surface reinforce using FRPgrid
 in hood form tunnel which different strength

○松本 拓*, 長束 勇**, 石井将幸**, 加藤智丈***, 竹村 学**, 谷口硯士****, 内山純一****

MATSUMOTO Takumi, NATSUKA Isamu, ISHII Masayuki, KATO Tomotake,

TAKEMURA Manabu, TANIGUCHI Kenshi, UCHIYAMA Junichi

1. はじめに

供用中の農業用水路トンネルには、1 円弧ほろ形(以下、ほろ形)と呼ばれる断面形状のものが数多く存在している。しかし、それらのトンネルの多くには、躯体の側壁部とアーチ部の境界であるスプリングライン付近(以下、SL)にひび割れが発生しており、トンネル躯体の安定性の低下や漏水が問題となっている。

このような SL 付近に発生するひび割れは、背面空洞が影響していることが確認されており、その対策工法として、裏込め充填工法が挙げられる。しかし、既往の研究¹⁾により、ほろ形トンネルには必ずしも十分な対策でないことが示唆されたことから、FRP グリッドを用いた内面補強工法(以下、グリッド補強)に注目した。先行の研究²⁾では、JIS モルタル(高強度)を用いたほろ形トンネルにおいて、グリッド補強の補強効果についての検討が行われ、耐荷力の向上が確認されたものの、低強度での補強効果については未確認である。

そこで本研究では、供用中の農業用水路トンネルの覆工コンクリート強度(低強度)を考慮し、強度の差異によるグリッド補強の補強効果への影響について比較検討を行った。

2. 試験概要

本研究において、強度の異なるトンネル供試体を 2 種類作製した。トンネル供試体の大きさは、実構造物の約 1/4 程度となっている。まず、供試体材料の配合を、質量比でセメント：水：

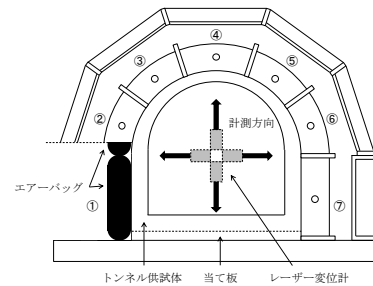


図1 分割エアバッグ荷重装置

Loading test apparatus using multiple airbags

砂=2：1：6 とし、28 日材齢の圧縮強度が 47.3N/mm² のトンネル供試体(Case0, Case1)を作製した。次に、供試体材料の配合を、質量比でセメント：フライアッシュ：水：砂=1：1：1.1：6 とし、28 日材齢圧縮強度が 16.9N/mm² のトンネル供試体(Case2)を作製した。Case1 と Case2 のグリッドの補強仕様は、一般的に適用されている標準補強仕様(炭素繊維シート 200g/m² 相当)を 1/4 程度に縮小したものを使用し、接着剤でトンネル供試体の側壁部内面とアーチ部内面に仮止めした後、厚さ約 5mm となるように AG モルタルのライニングを行った。

荷重試験には、図 1 に示す分割エアバッグ荷重装置を用いた。この装置は、設置された 7 つのエアーバッグに空気を送り込むことにより、トンネル供試体に荷重する仕組みとなっている。また、各エアバッグは独立しているため、空気注入選択が可能であり、様々な地圧状況を再現できるものとなっている。荷重に伴って生じる供試体の変位は、レーザー変位計を使用し、

*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,

**島根大学生物資源科学部, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University,

***ショーボンド建設(株), SHO-BOND Corporation,

****新日鉄住金マテリアルズ(株)コンポジット社, Nippon Steel & Sumikin Materials Co.Ltd. Composites Company

キーワード：ほろ形トンネル、内面補強、FRP グリッド

表 1 残留耐荷倍率

Magnification of the load to be destroyed from the occurrence of the first crack

	第一ひび割れ発生荷重 (MPa)	供試体破壊荷重 (MPa)	残留耐荷倍率 (供試体破壊荷重/第一ひび割れ発生荷重)
Case0	0.126	0.126	1.0
Case1	0.160	0.48 以上	3.0 以上
Case2	0.105	0.37	3.5

天端, 左右 SL, 底部の計 4 か所を同時に計測した. 本研究では, 図 1 に示す③④⑤のエアバッグへの空気を遮断し, 残りの 4 つのエアバッグに空気を注入することで供試体に荷重した. これは覆工天端裏側に空洞が存在している状況を再現したものである.

3. 試験結果

表 1 に残留耐荷倍率, 図 2 と図 3 に, Case0, Case1 と Case2 における荷重試験結果を示す.

荷重試験の結果, 第一ひび割れ発生荷重は Case0 で 0.126MPa, Case1 で 0.160MPa, Case2 で 0.105MPa となった. また, 供試体破壊荷重は Case0 で 0.126MPa (ひび割れ発生と同時に破壊), Case1 で 0.48MPa 以上, Case2 で 0.37MPa となった. このことから, 第一ひび割れが発生する荷重は, グリッド補強の影響はそれほど大きくなく, 供試体の強度に依存すると考えられる. しかし, 図 2, 図 3 に見られるように, 補強供試体は, 第一ひび割れ発生後, 脆性的な破壊は起こらず, 両供試体の変位は共に一定の安定した変化を示している. また, 残留耐荷倍率 (供試体破壊荷重/第一ひび割れ発生荷重) は, Case1 で 3.0 倍以上, Case2 で 3.5 倍となり, ほぼ同等の値と想定される. このことから, グリッド補強は, トンネル供試体の強度が低い場合であっても, 強度の高い場合同等の補強効果が得られると考えられる.

4. まとめと今後の展開

FRP グリッドを用いた内面補強工法は, 第一ひび割れ発生後における供試体破壊までの変位の状況や, 残留耐荷倍率に類似の傾向が見られた. このことから, 第一ひび割れ発生後におい

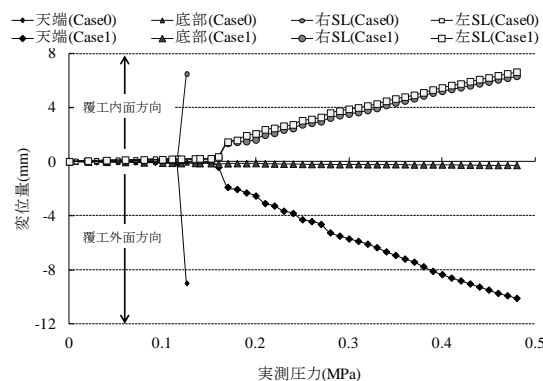


図 2 Case0, Case1 における荷重試験結果
Deformations of tunnel lining in the case0 and Case1

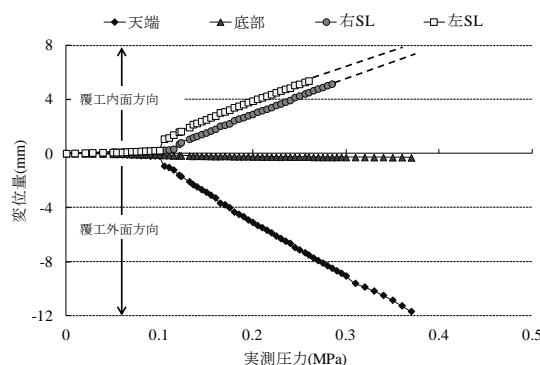


図 3 Case2 における荷重試験結果
Deformations of tunnel lining in the case2

て, トンネル躯体の強度が低い場合でも, 強度の高い場合と同等の補強効果が得られると考えられる.

今後の展開として, 補強を行うトンネルにはひび割れが発生している場合があることを考慮し, ひび割れを疑似再現したほろ形トンネルにおけるグリッド補強の補強効果を検討する.

参考文献

- 1)松本ら(2012):ほろ形水路トンネルにおけるひび割れ発生機構とその対策工法,平成23年度第8回土木学会中国支部島根会研究・事例報告会概要集, pp.19-20
- 2)村尾ら(2011):ほろ型トンネルにおけるFRPグリッドを用いた内面補強の効果,第66回農業農村工学会中国四国支部講演会講演要旨集, pp.71-73