

供用中の農業用水路トンネルの状態を考慮した内面補強工法 Internal reinforcement method considering conditions of irrigation tunnels in service

○松本 拓^{*}, 長束 勇^{**}, 石井将幸^{**}, 加藤智丈^{***}, 内山純一^{****}

MATSUMOTO Takumi, NATSUKA Isamu, ISHII Masayuki, KATOU Tomotake, 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。

このようなスプリングライン付近に発生するひび割れの対策工法として、裏込め充填工法が挙げられる。しかし、先行研究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。なお、本研究に先立ち、JIS モルタルで作製し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た結果、耐荷力の向上が確認されている²⁾。

そこで本研究では、供用中の農業用水路トンネルは強度が様々であることと、スプリングラインにひび割れが発生していることを考慮し、トンネル躯体における圧縮強度の大小とひび割れの存在がグリッド補強の効果に及ぼす影響について検討を行うことを研究目的とした。

2.試験概要

本研究に用いたほろ形トンネル供試体の大きさは、横幅 500mm、高さ 500mm であり、実構造物の約 1/4 程度である。FRP グリッドは、標準補強仕様のものを、供試体の大きさに合わせて 1/4 程度に縮小したものである。

まず、圧縮強度の異なる供試体を 3 種類作製

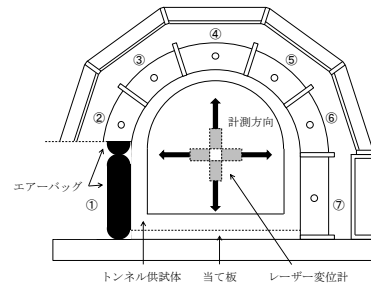


図1 分割エアバッグ荷重装置
Loading test apparatus using multiple airbags

した。高強度供試体として、JIS 規格の配合で約 50N/mm^2 を目標として作製した。中強度供試体の圧縮強度は、供用中の水路トンネルに多く見られる強度である約 30N/mm^2 を目標として作製した。低強度供試体の圧縮強度は、水路トンネルの設計基準強度である 18N/mm^2 を目標として作製した。

次にひび割れを中強度供試体に再現するために、供用中のトンネルにひび割れが発生している部分である左右スプリングライン内面と天端外面の 3 か所に疑似ひび割れを作製した。疑似ひび割れの幅はディスクサンダーを用いたため約 5mm となり、深さは曲げの中立軸を考慮し、トンネル供試体巻厚の半分である約 16mm とした。

補強方法は、アーチ部と側壁部の内面に FRP グリッドを仮止めし、プライマーを塗布後、厚さ約 5mm となるように AG モルタルによるライニングを行うという手順で行った。

荷重試験では、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、様々な地圧状況を空気圧によって再現することが可能となっ

^{*}鳥取大学大学院連合農学研究科, United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori 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 圧縮強度の異なる供試体における補強効果(補強の有無による倍率)
Effect of reinforcement considering compressive strength

	第一ひび割れ発生荷重倍率	試験終了荷重倍率	残留耐荷倍率
高強度	1.8 (0.210/0.116)	2.5 (0.290/0.116)	1.4
中強度	1.4 (0.149/0.103)	2.0 (0.210/0.103)	1.4
低強度	1.8 (0.135/0.075)	2.3 (0.195/0.085)	1.4

※高強度供試体の結果は先行研究²⁾の結果を用いた。

表2 ひび割れの存在する供試体における補強効果(補強の有無による倍率)
Effect of reinforcement considering presence of cracks

第一ひび割れ発生荷重倍率	試験終了荷重倍率	残留耐荷倍率
2.5 (0.135/0.055)	3.7 (0.235/0.064)	1.7

※表1と表2の括弧内の数値は、左が補強したものが無補強のものとの結果であり、単位はMPaである。

ている。载荷に伴って生じる変位は、レーザー変位計を使用し、天端、左右スプリングライン、底部の計4か所を同時に計測した。载荷試験では、天端裏側に大きな空洞を再現した。これにより、トンネル供試体の耐荷力が低下することから、グリッド補強の補強効果をより顕著に調べられると考えたためである。

3. 試験結果

3.1 圧縮強度の影響

表1より、無補強供試体とグリッド補強を施した供試体を比較すると、グリッド補強を施したことで、第一ひび割れ発生荷重は、高強度供試体で1.8倍、中強度供試体で1.4倍、低強度供試体で1.8倍に向上した。耐荷力が減少に転じる直前の最大荷重である試験終了荷重は、高強度供試体で2.5倍、中強度供試体で2.0倍、低強度供試体で2.3倍に向上した。また、グリッド補強の効果を、試験終了荷重を第一ひび割れ発生荷重で除した値である残留耐荷倍率で表すと、高強度供試体は1.3倍、中強度供試体と低強度供試体は1.4倍となり、概ね等しい効果が得られた。さらに、無補強供試体が脆性的な破壊を起こしたことに對して、補強供試体は脆性的な破壊を起こさなかった。

これらことから、どのような圧縮強度であってもグリッド補強は概ね等しく効果を発揮し、脆性的な破壊を防ぐことができると考えられる。

3.2 ひび割れの影響

表2より、疑似ひび割れ供試体にグリッド補強を施すことで、第一ひび割れ発生荷重は2.5倍、試験終了荷重は3.7倍となった。残留耐荷倍率は1.7倍となり、脆性的な破壊を起こさなかった。このことから、トンネル躯体にひび割れが存在していても、グリッド補強は効果を発揮し、脆性的な破壊を防ぐことができると考えられる。

3.3 付着強度の影響

ほとんどの補強供試体において、補強部材の剥離と同時に供試体が破壊に至った。このことから、グリッド補強の効果には補強部材の付着強度が大きく関係していると考えられる。そのため、付着強度が高くなれば、グリッド補強の効果がより得られることが示唆された。

4. まとめ

本研究の結果から、グリッド補強はどのような圧縮強度であっても概ね等しい効果を発揮し、ひび割れが存在していても効果を発揮する。また、補強部材の付着強度を向上させることで、耐荷力も向上すると考えられる。

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):ホロ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