

内面補強を施したほろ型トンネルの耐荷性評価 Evaluations for load bearing capacity of hood form tunnel with internal reinforcement

○岡本祐輝*, 松本 拓**, 浅野純平***, 長束 勇***, 石井将幸***

OKAMOTO Yuuki, MATSUMOTO Takumi, ASANO Junpei, NATSUKA Isamu, ISHII Masayuki

1. はじめに

現在、農業用水路トンネルの多くは、地圧により変状を起こしており、天端外面と左右スプリングライン内面においてひび割れが発生し、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。この対策工法として裏込め充填工法が挙げられるものの、この工法は馬蹄形において有効であり、ほろ形においては十分な対策でないことが示唆されている¹⁾。このことから、先行研究²⁾では、ほろ形に対する対策工法として内面補強に着目し、FRP グリッドによる補強が行われ、耐荷性の向上が確認された。

本研究では、FRP グリッドによる補強の問題点である側壁基部のせん断破壊を抑制するために、側壁基部にハンチを加えて補強を行った供試体を用いた試験（以下、試験 1）と、補強の材料に HPCRCC を用いて補強を行った供試体を用いた試験（以下、試験 2）を行った。

2. 試験方法

本研究では、図 1 に示す分割エアバッグ載荷装置を用い、実際の約 1/4 スケールで作製したトンネル供試体で載荷試験を行った。この分割エアバッグ載荷装置には、独立した 7 つの

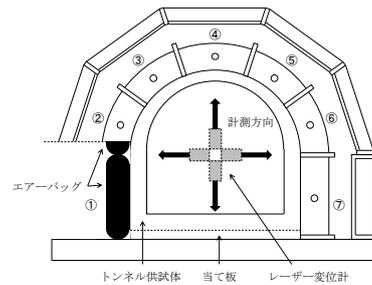


図 1 分割エアバッグ載荷装置
Loading test apparatus using multiple airbags

エアバッグが設置されており、それぞれに空気を送り込むことで載荷することができる。さらに、載荷によるトンネル供試体の変位を、天端、左右スプリングライン、底盤の 4 カ所において、レーザー変位計により計測した。なお、本研究では補強効果を確認しやすくするために、7 つのエアバッグの内の天端背面に位置する 3 つ以外に空気を送り込むことでトンネル供試体に載荷した。

3. 試験 1

本試験でのトンネル供試体は、供試体材料の配合を質量比でセメント：水：砂=1：0.5：3 とした JIS 規格とし、FRP グリッドを仮止め後、AG モルタルによって厚さ 5 mm となるように増

表 1 試験 1 と先行研究の結果
Result of test 1 and previous study

		第一ひび割れ発生荷重 (MPa)	供試体破壊荷重 (MPa)
ハンチあり	供試体 1	0.202	0.202
	供試体 2	0.202	0.202
	供試体 3	0.151	0.185
ハンチなし		0.210	0.290

*近畿農政局, Kinki Regional Agricultural Administration Office

**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,

キーワード：ほろ形トンネル、内面補強、FRP グリッド、HPCRCC

表 2 試験 2 と先行研究の結果
Result of test 2 and previous study

	強度	ひび割れ	第一ひび割れ発生荷重 (MPa)	供試体破壊荷重 (MPa)
HPFRCC を用いた 内面補強工法を行った トンネル供試体	高強度	あり	0.050	0.090
	中強度	あり	0.090	0.090
	中強度	なし	0.115	0.115
	低強度	なし	0.093	0.093
無補強トンネル供試体	中強度	あり	0.055	0.064
	中強度	なし	0.103	0.103
	低強度	なし	0.075	0.075

厚し、さらに AG モルタルにより作製したハンチを加え、載荷試験を行った。

試験 1 と先行研究の結果を表 1 に示す。試験 1 とハンチのないトンネル供試体の結果と比較したところ、耐荷力の向上が見られず、破壊荷重に至っては小さくなってしまっていた。原因としては、第一ひび割れが天端から発生しており、ハンチでは上部の変位を抑制できなかったこと、側壁基部のせん断破壊から底盤の曲げ破壊に変化してしまっただことが挙げられる。

4. 試験 2

本試験でのトンネル供試体は、供用中の農業用水路トンネルの状況に近づけるため、圧縮強度や疑似ひび割れの有無を変化させた計 4 種類を作製した。1 つ目がトンネル躯体を JIS 規格で作製し、疑似ひび割れのある高強度・ひび割れありである。2 つ目がトンネル躯体を供用中の農業用水路トンネルに多い $30\text{N}/\text{mm}^2$ に近い圧縮強度で作製し、疑似ひび割れのある中強度・ひび割れありである。3 つ目が 2 つ目と同じ強度で、疑似ひび割れのない中強度・ひび割れなしである。4 つ目がトンネル躯体を農業用水路トンネルの設計基準強度である $18\text{N}/\text{mm}^2$ に近い圧縮強度で作製し、疑似ひび割れのない低強度・ひび割れなしである。これらのトンネル供試体に HPFRCC を 5 mm 厚で吹付け、載荷試験を行った。

試験 2 と先行研究の結果を表 2 に示す。試験 2 と無補強トンネル供試体の結果と比較したところ、HPFRCC を用いることによる耐荷力の向上が見られた。また、本載荷試験から、補強前にひび割れが存在すると耐荷力が低下すること、トンネル躯体の強度が大きいと耐荷力が向上するものの、剥離が起こった後に破壊に至ることから、耐荷力はトンネル躯体の強度よりも補強部の付着強度の影響を大きく受けると考えられることが分かった。

5. まとめと今後の展開

試験 1 から、下部の補強では上部の変位を抑制できなかったことと、補強方法によっては破壊形態が変化することが判明した。さらに、試験 2 から、ひび割れの有無が耐荷力に影響し、耐荷力の向上はトンネル躯体の強度よりも付着強度の影響が大きいことが判明した。今後の展開としては、補強部とトンネル躯体の付着力を向上させることで剥離を防止し、補強部とトンネル躯体を一体化すれば耐荷力が向上するのについて確認することが課題だと考える。

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