

## 水路トンネル覆工模型実験による炭素繊維シート補強効果の検証 Experiential study of strengthen effect by modelled waterway tunnel using CFRP sheet

○俵道和\*1 石井将幸\*2 上野和広\*2 森充広\*3 小森篤也\*4

○TAWARA Michikazu ISHII Masayuki UENO Kazuhiro MORI Mitsuhiro KOMORI Atsuya

### 1. はじめに

農業用水路トンネルの覆工コンクリートにおいて、トンネル側面に見られる軸方向ひび割れは、トンネル天端の背面空洞の影響により生じた可能性があり、トンネルの安全性喪失が懸念される。この変状に対する合理的な対策の実現には、既設水路トンネルの耐荷性能評価に加え、適切な補強方法の選定が求められる。本研究では、覆工コンクリートの補強工法開発にあたり、馬てい形の頂部コンクリートの厚さが異なる場合および炭素繊維シートの貼付け範囲が異なる場合の耐荷性能や変形性能について検討した。

### 2. トンネル試験体および補強方法

試験体の形状は2R標準馬てい形的水路トンネル覆工(無筋コンクリート)を対象とし、寸法は実構造物相当(頂部の覆工厚さ250mmまたは183mm,トンネル軸方向長さ300mm)で製作した。補強材は炭素繊維ストランドシート(設計厚さ0.167mm×シート幅250mm,300g/m<sup>2</sup>,以下CFSSと記す)を基材とし、結合材として樹脂モルタルを7mmの厚さで塗布した。本試験での補強量は引張鉄筋比換算でコンクリート断面に対し0.2%に設定した。補強範囲はインバートを除く覆工内面とし、コンクリート表面へプライマー塗布→樹脂モルタル塗布→CFSS配置→樹脂モルタル塗布の順で行い、樹脂モルタルは左官施工とした。

### 3. 荷重試験および試験体種類

試験体は、平坦な床上に摩擦低減に配慮した薄鉄板の上にセットし、荷重は油圧式ジャッキ(全4本,最大500kN/本)を用い、各ジャッキ荷重を均等にしつつ漸増荷重した。ジャッキ反力は床に固定したコンクリートブロックで受ける構造とし、CFSSの剥離破壊により荷重が増加しなくなるまで荷重した。

CFSSの補強範囲は、内側全周を補強する試験体を基本としているが、初期損傷のひび割れ位置からCFSSの定着長分の長さを確保することで内側全周を補強した試験体と同程度の補強効果が得られると考えられる。要素試験の結果より、CFSS1層の場合の定着長は160mmと算出されている。よって、本試験ではCFSSの貼付け範囲の妥当性を評価するとともに、内側全体を補強した

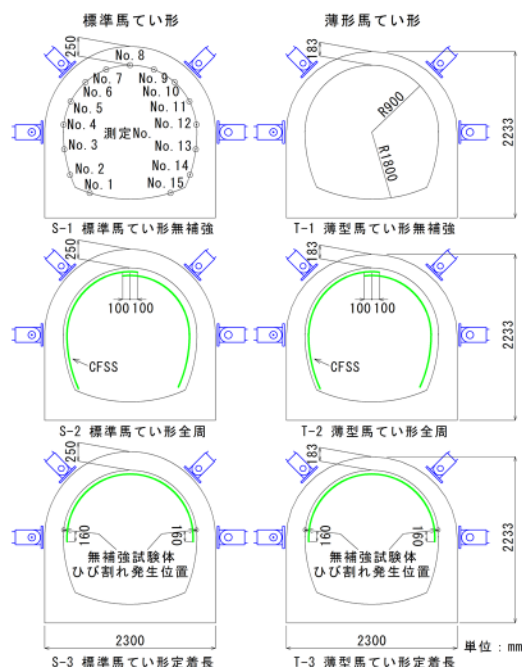


図-1 試験体の形状

\*1 オリエンタル白石(株) Oriental Shiraishi Corporation

\*2 島根大学 Shimane University

キーワード: 水路トンネル, 馬てい形, 補強

\*3 (国研)農業・食品産業技術総合研究機構 National Agriculture and Food Research Organization

\*4 日鉄ケミカル&マテリアル(株) Nippon Steel Chemical & Material Co., Ltd.

場合と定着長を考慮した場合の補強効果の違いについて評価を行った。さらに、頂部付近の覆工厚さが異なる場合を想定した比較も行った。試験体形状を図-1、試験体種類を表-1に示す。試験体 S-2, S-3, T-2 および T-3 は、樹脂モルタルを内側全周に塗布した。

#### 4. 試験結果

覆工内面の変位（図-1に示す側点 No.4,12の平均）と載荷荷重（各ジャッキ平均）の関係を図-2に示す。S-1 および T-1 の無補強時は 90kN 程度の荷重で破壊し、最大変位は 0.5mm となった。CFSS を全面に貼り付けた補強後の破壊荷重は、S-2 で 217kN（無補強時の 2.4 倍）、T-2 で 194kN（無補強時の 2.2 倍）となり、最大変位は、S-2 および T-2 とともに 3.0mm（無補強の 6 倍）となり、頂部の厚さにかかわらず耐荷性能、変形性能とも向上した。以上より、無補強時は、標準馬てい形と薄型馬てい形で違いは確認されなかったが、全面補強した S-2 および T-2 について、同一荷重による変形量は T-2 より S-2 が小さくなる傾向を示したが、形状が異なる場合でも同程度の補強効果を得られることが確認された。

CFSS のひずみと荷重の関係を図-3に示す。S-3 および T-3 の CFSS の端部となる側点 No.4 および No.12 の関係を示す。無補強供試体 S-1, T-1 と比較して、耐荷力性能の向上は確認されるものの S-3 は約 160kN, T-3 は約 125kN で CFSS のひずみが急激に変化していることが確認された。また、CFSS のひずみが急激に変化した荷重から 4 方向のジャッキの荷重のバラツキが生じ、均一な載荷ができない状況となった。CFSS を全面に貼り付けた S-2 および T-2 については最終荷重まで 4 方向のジャッキの荷重は均一に載荷された。図-4 にひび割れおよび CFSS の剥離状況を示す。S-3 および T-3 について、CFSS の端部で CFSS の剥離や樹脂モルタルの切断が確認された。以上より、定着長を考慮した貼付け方法で補強した場合は CFSS 端部で局部的な破壊することが確認され、本工法においては水路トンネルの内面全面を補強することが望ましいと考えられる。

謝辞：本研究は、官民連携新技術研究開発事業新規研究開発課題「無筋コンクリート水路トンネル覆工に最適化した補強工法の開発」によって実施しました。

表-1 試験体種類  
Table-1 Specimen type

	無補強	全面補強 <sup>※1</sup>	定着長考慮 <sup>※2</sup>
標準馬てい形	S-1	S-2	S-3
薄型馬てい形	T-1	T-2	T-3

※1 CFSSを1層で配置し、2分割したものを天端付近で100mmの長さで重ね合わせる。  
※2 定着長を考慮しCFSSを1層1枚で配置する。

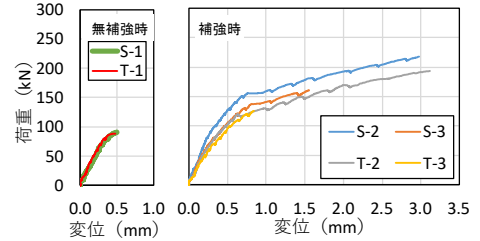


図-2 荷重と変位の関係  
Figure-2 Load vs Displacement

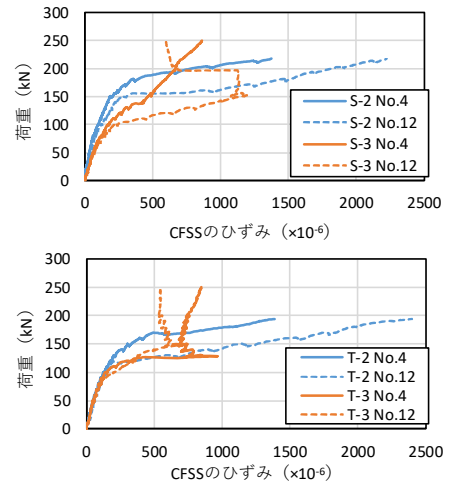


図-3 荷重と CFSS のひずみの関係  
Figure-3 Load vs Strain of Strand Sheets

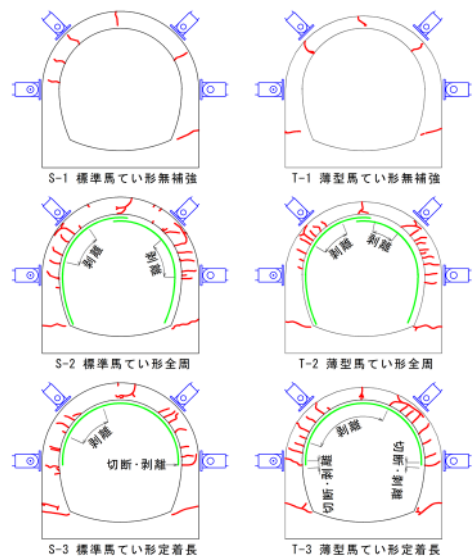


図-4 ひび割れおよび CFSS の剥離状況  
Figure-4 Cracking and Strand Sheets Delamination