

FRP グリッドによる水路トンネル耐震補強における押抜き試験結果

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 正会員 ○立石 晶洋, 小林 朗
独立行政法人水資源機構 安藤 昌文, 島田 晃成, 篠原 亮二

1. 目的

大規模地震対策特別措置法の規定に基づく地震防災対策強化地域等の水路トンネルでは、合理的な耐震対策が進められている。特に、重要度の高い幹線水路においては、震災時に必要な通水の継続が可能であること、通水しながらの修復が可能であることが求められる。

一方、FRP グリッド補強工法は、コンクリート構造物の表面に炭素繊維強化ポリマー製（以下、CFRP）の格子筋を配置し、ポリマーセメントモルタル（以下、PCM）等により増厚し、コンクリートと一体化することにより耐荷性、耐久性の向上を図る工法である。CFRP は腐食しない材料であることから、PCM 等のかぶり厚さを低減できること、PCM の施工により覆工断面の欠損部の断面修復を同時に行えること、樹脂を使用しないことから湿潤面への施工が可能であることから水路に適した工法であり、水路トンネルの補修・補強に使用実績がある。

本検討では、被災後に覆工コンクリートの崩落によって水路トンネルの通水を阻害させない工法を検討するため、FRP グリッドにより補強した無筋コンクリートブロックの押抜き試験を実施し、覆工コンクリートの崩落に対する抵抗性を確認した。

2. 試験方法

図1に試験1、図2に試験2の試験体概略を示す。試験体は3個の無筋コンクリートブロックを並べ、下面にFRP グリッドを配置、接着し、一体化させて作製した。試験は、両端の固定ブロックに支点を設け、中央の荷重ブロックを万能載荷試験機により載荷することでコンクリートの崩落を模擬し、荷重とクロスヘッドの変位を測定した。

試験1では事前に使用材料の違いが耐力に及ぼす要因を複数回に分けて確認するために、市販の300×300×t60のコンクリートブロックを使用した。試験パラメータは、PCMの種類、躯体とPCMの接着性を向上させるエポキシ樹脂プライマーの有無、FRP

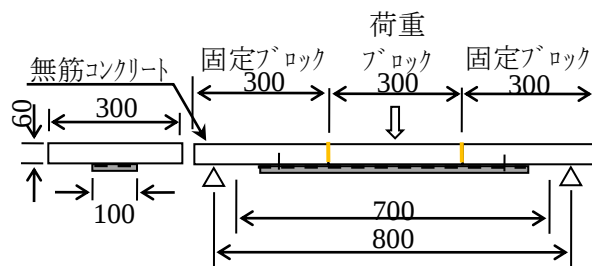


図1 試験1 試験体概略

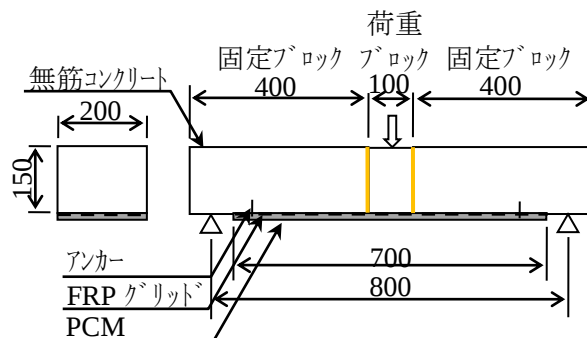


図2 試験2 試験体概略

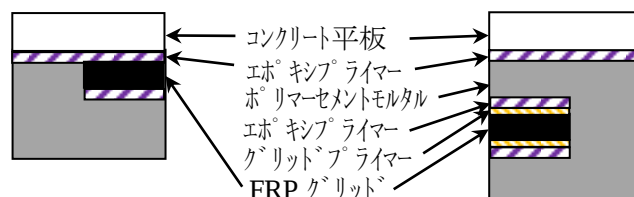


図3 補強材断面図(左 D0S 等, 右 D1S 等)

グリッドと PCM の接着性を向上させる FRP グリッド用ウレタンプライマーの有無、FRP グリッド配置位置とした(表1)。試験に使用した FRP グリッドは炭素繊維とビニルエステル樹脂から成り、筋材1本あたりの断面積17.5mm²、引張強度1,400N/mm²、弾性係数100,000N/mm²のものをを用いた。格子間隔は50mmとした。

図2の試験2では既設のトンネルと同等の圧縮強度21.1N/mm²のコンクリートブロックを用い、試験1の最大荷重の高かったパラメータを採用した。FRP グリッドの格子間隔は100mmとした。

3. 試験1 結果

表1に試験パラメータと最大荷重、破壊状況を示す。エポキシ樹脂プライマーを使用しなかった ASD のみコンクリートと PCM の界面ではなく離し、最大荷

キーワード 水路トンネル、耐震補強、崩落防止、FRP 格子筋、CFRP

連絡先 〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町3-8 新日鉄住金マテリアルズ(株)コンボジットカンパニー TEL 03-5623-5558

表 1 試験パラメータおよび試験結果

試験	No.	PCM	PCM 厚さ h mm	グリッド 位置	EP	GP	PCM 材齢	PCM 圧縮強度 N/mm ²	最大 荷重 kN	破壊位置
1	A1L	低弾性	15	直下	有	無	23	23.2	3.87	グリッド上側 PCM 内水平ひび割れ
	A2S	高強度	15	直下	有	無	36	62.5	8.47	グリッド上側 PCM 内水平ひび割れ
	A3S	高強度	15	直下	有	有	36	62.5	9.43	グリッド上側 PCM 内水平+斜めひび割れ
	A4S	高強度	30	中間	有	有	28	48.7	8.48	PCM 内斜めひび割れ
	A5D	高靱性	15	直下	無	無	30	55.0	7.01	コンクリート-PCM 界面
	A6D	高靱性	15	直下	有	無	30	55.0	8.44	グリッド上側 PCM 内水平ひび割れ
	A7D	高靱性	15	直下	有	有	30	55.0	9.76	グリッド上側 PCM 内水平ひび割れ
2	D0S	高強度	15	直下	有	無	52	54.2	22.6	下面コンクリートはく離
	D1S	高強度	20	中間	有	有	52	54.2	30.1	PCM - FRP グリッド 界面はく離
	D2D	高靱性	15	直下	有	無	46	58.9	32.9	FRP グリッド 破断

EP：エポキシ樹脂プライマー，GP：グリッド用ウレタンプライマー

重も低かった。エポキシ樹脂プライマーにより、コンクリートと PCM の付着力は向上すると考えられる。

最大荷重は、低弾性型 PCM が低く、高強度型と高じん性型は高かった。また、エポキシ樹脂プライマーを塗布した試験体はすべて PCM 内での破壊であることから PCM の圧縮強度が耐力に影響を与えていると考えられる。

FRP グリッド用ウレタンプライマーを塗布しなかった試験体は、概ね FRP グリッド上面からはく離し、水平方向にはく離しながら PCM 内をひび割れが進展する破壊であった。一方ウレタンプライマーを塗布した A4S, A5S は最終的に PCM 断面に斜めひび割れが開口する破壊であった。グリッド用プライマーの塗布により、グリッド表面と PCM の付着力が向上し、破壊形式が変化したと考えられる。

4. 試験 2 結果

試験 1 の結果から、最大荷重の高かった高強度型、高じん性型 PCM に対して、エポキシ樹脂プライマーを塗布した試験体 D0S, D2D, グリッド用ウレタンプライマーを塗布した FRP グリッドを中間に配置した試験体 D1S を試験した。

高強度型 PCM の D0S, D1S は約 10kN から下面コンクリート内ではく離を生じながら徐々に荷重が増加し、D0S は 22.6kN で端部まではく離した。D1S は表面の PCM がはく離し、FRP グリッドへの拘束力が無くなり、最終的に PCM とのはく離に至った。高じん性型 PCM の D2D 試験体は、約 15kN からコンクリートブロックから発生した斜めひび割れが、PCM でも

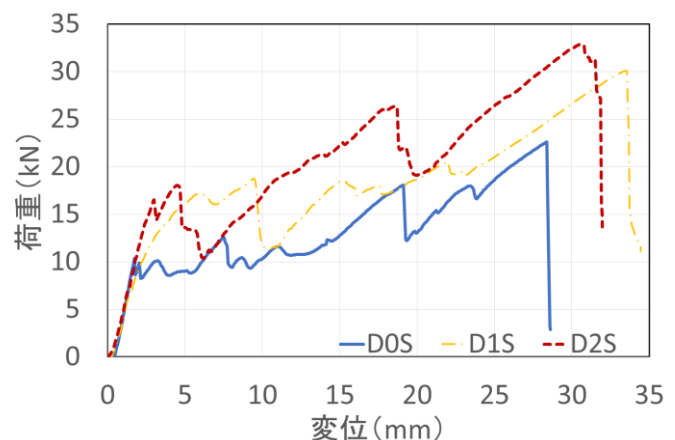


図 4 荷重－変位関係（試験 2）

開口をはじめた後、はく離が進展せず、FRP グリッドの破断に至った。D2D は初期の荷重ピーク、最大荷重とも高い結果となった。すべての試験体において初期のピーク荷重と同時に全面がはく離して耐力を失う脆性的破壊をすること無く、荷重を保持することが分かった。

5. まとめ

FRP グリッドで補強した無筋コンクリートブロックの押抜き試験を実施し、エポキシ樹脂プライマーにより付着力が向上すること、高じん性型 PCM の試験体は初期の荷重ピーク、最大荷重とも高くなることを確認した。また、初期の荷重ピーク時に脆性的に破壊することなく、FRP グリッドによって荷重を保持することが確認された。

参考文献

・立石，安藤，島田，篠原，小林：FRP グリッド補強工法によるコンクリート覆工の崩落に対する抵抗性，平成 27 年度農業農村工学会講演要旨集，2015