# 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
# Test Results of Resistance against Falling Concrete by using FRP Grid

○立石　晶洋*，安藤　昌文**，島田　晃成**，篠原　亮二**，小林　朗*
Akihiro Tateishi，Msafumi Andou，Akinari Shimada，Ryouji Shinohara，Akira Kobayashi

## 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システムでは，合理的な耐震対策が進められている．

開水路形式の水路システムは，自由水面を持つ開水路，トンネル，暗渠等を主体とした水路となっており，施設の重要度を勘案し，耐震性能照査が実施され，事前の耐震対策の必要性が判断されている．

無筋コンクリート覆工の水路トンネルについてレベル 2 地震動を想定した時刻歴応答解析を実施した結果，地層条件等によってはトンネル覆工断面内の引張応力が照査基準値を超過し，発生するひび割れが覆工を貫通し覆工コンクリートの落下が懸念され,「事前の耐震対策が必要」と判断された．

耐震補強工法の選定は，地震時の変形を抑制する対策が技術的に困難と考え，施工性，経済性を考慮し，内面からのアーチ部覆工の落下を防止する工法を基本とした．選定した 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ると考えた．

FRP グリッド補強工法による覆工の崩落に抵抗するメカニズムは 1)引張, 2)単純せん断, 3)付着はく離が想定された（図 1）．本検討では 2)単純せん断と 3)付着はく離に対する対荷力を確認した実験結果を示した．

## ２．目標耐力

図 2 に示す覆工断面の貫通ひび割れに挟まれる範囲を崩落部とし，覆工の自重 70kN/m を単位長さあたりの目標耐力とした．

表 1 に本検討に使用した FRP グリッドの材料特性を示す．格子間隔 100mm の場合において引張耐力は 245kN/m であることから，1)引張に対する目標耐力を満たすとした．

## ３．純せん断試験

純せん断試験は，図 3 に示す試験体を支点板と固定板の間に固定し，万能試験機により中央の載荷板に圧縮力を作用させ実施した．載荷板と支点板の隙間は約 2mm とした．試験体は超速硬型のモルタル板を格子間隔

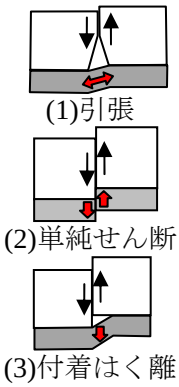


図 1　抵抗概略

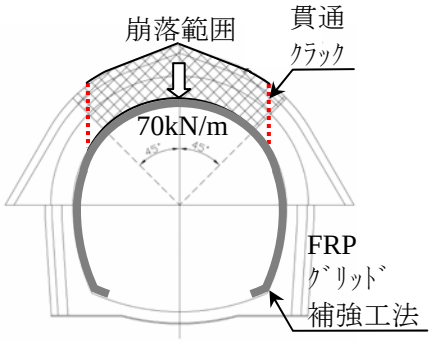


図 2　崩落・補強イメージ

表 1　FRP 材料特性（公称値）

| 種類 | 断面積 $mm^2$ | 引張強度 $N/mm^2$ | 引張耐力 kN/m | 弾性係数 $N/mm^2$ |
|---|---|---|---|---|
| 高強度型 | 17.5 | 1,400 | 245 | 100,000 |

*:新日鉄住金マテリアルズ株式会社，Nippon Steel & Sumikin Materials Co., Ltd.
** : 独立行政法人水資源機構，Incorporated Administrative Agency Japan Water Agency
キーワード:水路トンネル，耐震補強，崩落防止，FRP 格子筋，CFRP

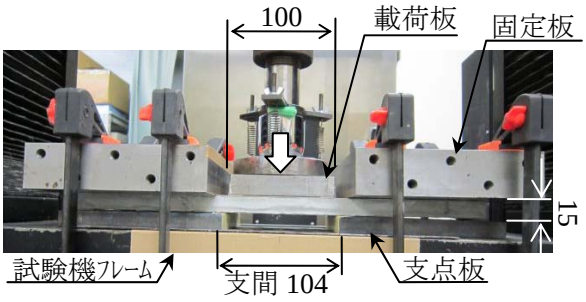

図 3　純せん断試験概略

50mm と 100mm の FRP グリッドで補強したものを用いた.

結果，試験体の幅から単位幅に換算して求めた最大耐力はそれぞれ 230kN/m，158kN/m となり，目標耐力 70kN/m を上回った. また，格子間隔 50mm の方が 100mm の試験体に比べ最大耐力が高かったことから，FRP グリッドによるモルタルへの拘束力が純せん断耐力を向上させると考えられる.

## ４．押抜き試験

コンクリート覆工の崩落時のズレによる補強材の付着はく離を模擬するため，両端の固定ブロックに支点を設け，中央の荷重ブロックに載荷する押抜き試験を実施した（図 4）. 試験体は，独立した 3 個の無筋コンクリートブロックを並べ，その下面に補強材を接着，一体化させた. 補強材の接着は，下地処理後，FRP グリッドを打ち込み式アンカーで固定し，エポキシ樹脂プライマーを塗布し，PCM を 15mm 塗布する手順で実施した．試験には PCM の種類の影響を確認するため，高強度型と高じん性型を用い，使用材料の圧縮強度はコンクリートブロック 21.1N/mm$^2$，高強度型 PCM54.2N/mm$^2$（曲げ強度 10.1N/mm$^2$），高じん性型 PCM58.9 N/mm$^2$（曲げ強度 14.9N/mm$^2$）であった．試験では，万能載荷試験機により荷重ブロックに載荷し，荷重とクロスヘッドの変位を測定した.

図 3 に測定された荷重－変位関係を示す. 高強度型 PCM では初期に目標値に達する前に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，目標耐力を上回った後，補強端部まで大きくはく離が進行して試験を

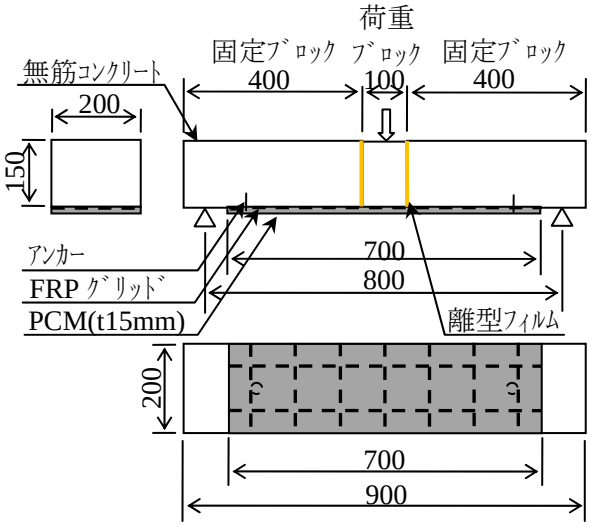

図 4　押抜き試験概略

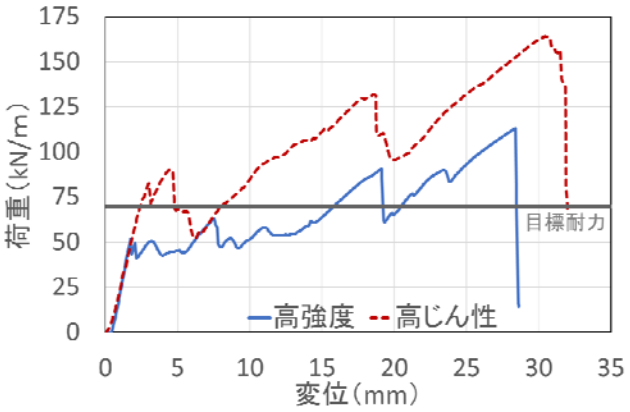

図 5　荷重－変位関係

終了した．高じん性型 PCM では初期に目標耐力以上に荷重が増加し，その後下面固定ブロックのコンクリート内から発生したひび割れが，PCM 断面内を貫通し，貫通ひび割れの開口の増大により，最終的にモルタル内の FRP グリッドが破断した．両 PCM とも最大耐力は目標耐力 70kN/m を満足した.

## ５．まとめ

コンクリート覆工の崩落による FRP グリッドの破壊抵抗性を確認するため，純せん断試験，押抜き試験を実施した結果，目標耐力を満足した．高じん性型 PCM の方がはく離発生荷重，最大荷重とも大きくなった.

## 参考文献

立石，小林，安藤，島田，篠原：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, 土木学会第 70 回年次学術講演会, 2015