

# 無機系繊維補強プレートを用いた帯板接着工法の補強効果に関する実験的研究

戸田建設(株) 正会員 田中 徹 田中 孝  
 (公財)鉄道総合技術研究所 正会員 岡野 法之  
 京都大学大学院 正会員 木村 亮

## 1. はじめに

各種トンネルの補強工法選定においては、損傷の程度や原因、内空断面確保や付帯設備への影響、施工可能時間など、各種制約条件が考慮される。また、施工後の維持管理の容易さや、使用材料の耐久性、経年劣化した場合の再施工の可否なども重要な選定条件となる。

帯板状の繊維補強プレートを用いた内面補強工法(以下、帯板接着工法と呼ぶ)<sup>1)</sup>は、鋼板やプレキャストコンクリート板による補強工法と比較して内空への支障が小さく、プレートを任意の間隔で設置するので、施工後も覆工内面の変状を目視で確認できるなどの特徴を有する<sup>2),3),4)</sup>。

筆者らは、無機系繊維補強プレート(以下、BFPと呼ぶ)を用いた帯板接着工法の補強効果確認を目的に、スラブ状試験体による載荷試験を実施した。本文では試験の概要と結果について報告する。

## 2. 試験の概要

図-1~図-3に試験体の概要を示す。

試験体は鉄道開削トンネル1層2径間(現場打ちボックスカルバート)標準断面の上床版の一部を模擬し、無補強試験体とBFP2本および3本で補強した試験体の合計3体とした。

表-1に補強材となるBFPの仕様、表-2に鉄筋とBFPの物性値を示す。

BFPは幅50mm、厚さ2mmであり、エポキシ樹脂で試験体底面に接着し、端部は鋼板で覆い、鋼板をあと施工アンカーで固定した。

載荷は支点中央1点載荷とし、載荷点直下の変位量が60mmとなるまで載荷した。変位量30mmまでは0.2mm毎に、30mm以降は1.0mm毎に鉄筋とBFPの歪計測やひび割れの発生状況、BFPの剥離状況などの目視観察を実施した。なお、鉄筋の端部は拔出し防止を目的にナットで固定している。

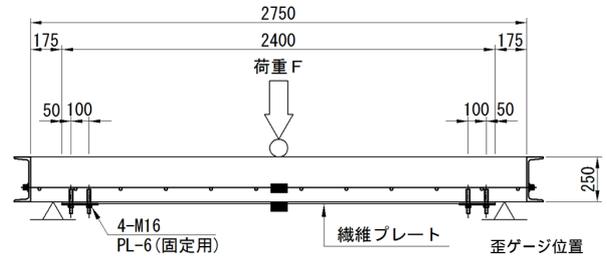


図-1 試験体側面図

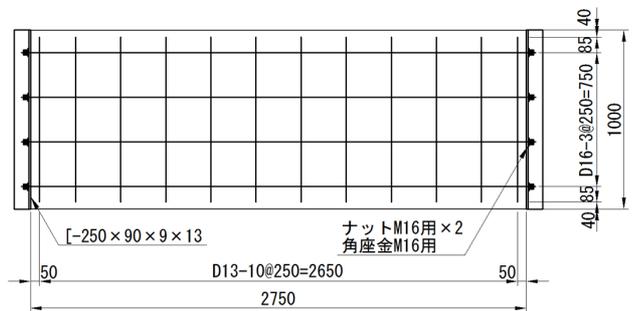


図-2 試験体平面図

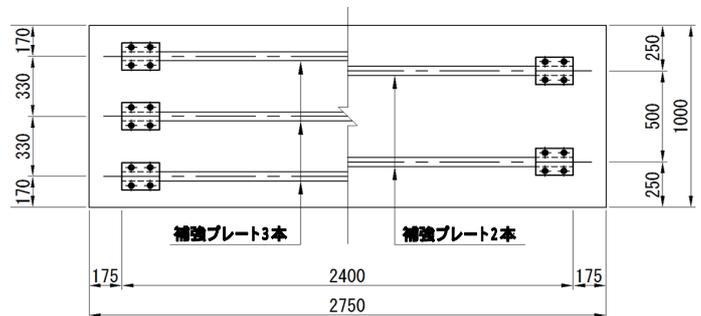


図-3 BFP配置図(底面)

表-1 補強プレートBFPの仕様

材料名	材質・仕様
補強プレート(BFP)	無機系(バサルト)繊維補強プレート 長さ2.4m×幅50mm×厚さ2.0mm
接着剤	エポキシ樹脂
固定治具	鋼材SS400 200×150×厚さ6mm あと施工アンカーM16×4本/箇所

表-2 鉄筋・補強材物性値

	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
鉄筋D16	391	567	183
補強プレート	-	1019	47

キーワード 補強工法, 無機系繊維補強プレート, 内面補強, 帯板接着工法

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋一丁目7-1 戸田建設(株)技術開発センター TEL 03-3535-6299

### 3. 試験結果の概要

図 - 4 に各試験体の荷重 - 変位曲線を示す。

3 試験体ともに載荷開始後、初期ひび割れ発生(表 - 3 参照)まではほぼ同等の勾配で推移し、その後、鉄筋降伏時(表 - 4 参照)までは3 試験体で勾配が大きく変化している。BFP 2本もしくは3本によって補強した試験体は無補強試験体と比較して、ひび割れ発生後の剛性低下が小さく、また、鉄筋降伏時の荷重が1.14倍(BFP 2本補強)と1.51倍(BFP 3本補強)に増加しており、高い補強効果を有することが確認できた。なお、いずれの試験体も変位量 60mm までコンクリートの圧壊等は認められず、荷重を保持したまま試験終了した。

図 - 5, 図 - 6 に載荷位置直下のBFPと鉄筋に発生した応力を示す。また、BFPで補強した試験体は鉄筋が引張強さに到達する前後から、スパン中央のひび割れ発生箇所近傍で剥離が始まり(表 - 5 参照)、変位量 25~28mm 程度でBFP全体が剥離することを目視で確認している。

BFPに発生する応力は、鉄筋の引張強さに到達前後から、BFP全体が剥離するまで大きく上下している。この間に鉄筋が負担していた荷重がBFPに再配分されていると考えられる。この荷重分担の再配分以降、BFPに発生する応力は載荷終了まで一定勾配で増加している。

なお、変位量 60mm におけるBFPの発生応力は引張強さの6割程度であり、破断や固定治具からの抜け出し等は認められなかった。

### 4. 試験結果のまとめ

本試験の結果、無機系繊維補強プレートを用いた帯板接着工法を開削トンネル上床版に適用した場合、一定の補強効果を有することが確認できた。今後はBFP 端部固定方法の簡略化や本工法を用いた補強設計方法について検討する予定である。

#### 【参考文献】

- 岡野法之, 植村義幸, 小島芳之, 西藤 潤, 朝倉俊弘: 山岳トンネル覆工の内面補強に関する実験的研究, トンネル工学論文集第 19 巻, pp.69-76, 2009.11
- 岡野法之: CFP 帯板を用いたトンネル覆工の内面補強工法, 強化プラスチック, Vol.57, No.4, pp.133-140
- 公益財団法人 鉄道総合技術研究所: トンネル補修・補強マニュアル, 平成 19 年 1 月
- 田中徹, 岡野法之, 小島芳之: パサルト繊維補強プレート帯板接着工法に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集 Vol.34 2012 年 7 月

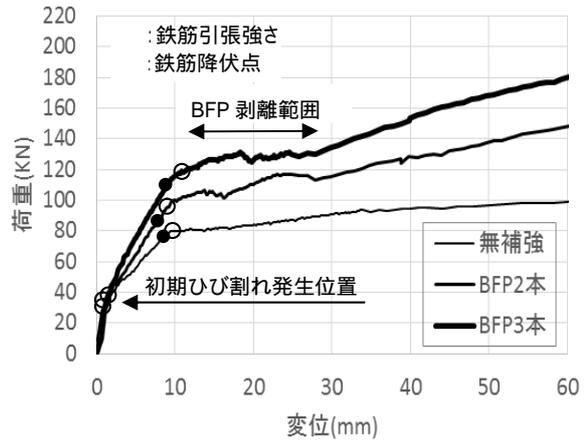


図 - 4 荷重-変位曲線

表 - 3 初期ひび割れ発生時の荷重と変位量

項目	無補強	BFP 2本	BFP 3本
荷重(kN)	35.2	39.2	30.9
変位量(mm)	1.5	1.6	1.2

表 - 4 鉄筋の降伏・引張強さ荷重と変位量

項目		無補強	BFP 2本	BFP 3本
降伏	荷重(kN)	72.6	82.5	109.7
	変位量(mm)	7.9	7.3	9.1
引張強さ	荷重(kN)	79.5	92.6	120.5
	変位量(mm)	9.5	8.6	11.9

表 - 5 プレートの剥離発生時の荷重と変位量

項目	無補強	BFP 2本	BFP 3本
荷重(kN)	-	101.8	118.2
変位量(mm)	-	11.0	11.0

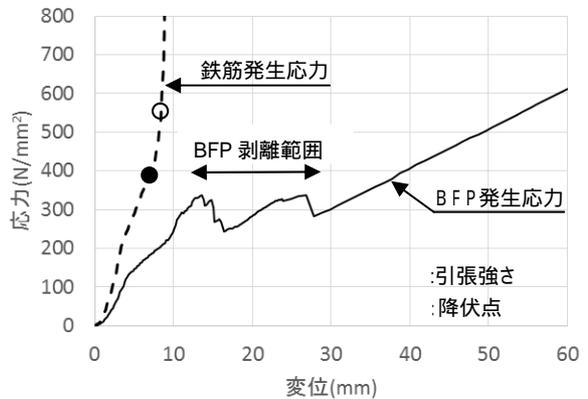


図 - 5 補強プレート2本

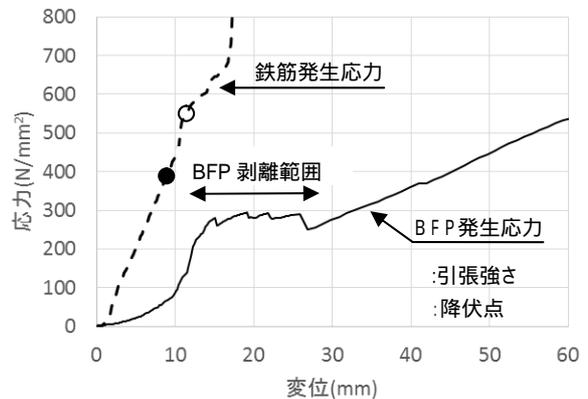


図 - 6 補強プレート3本