

アラミド FRP を用いたアンカー式定着工法の実験的検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員○中原 祐介, 正会員 上月 隆史
東海旅客鉄道株式会社 正会員 宮本 雅章, 定兼 弘憲

1. 目的

アラミド繊維は、高強度かつ軽量、高耐久性、形状形成が容易といった性質を備えており、構造物補強で用いられている。特殊な環境下や空間的に制限のある場所等での施工において、これらの特徴を持つアラミド繊維を構造部材として用いることは効果的である。一方、アラミド繊維は接着材による貼付で定着するのが一般的であるが、構造物の角部や狭隘な箇所では十分な定着長が確保できない場合がある。本稿では、アンカー方式で定着させることにより前述の箇所でも施工可能な方法を開発することを目的に、アラミド FRP を用いたあと施工アンカー（以下、アラミド FRP アンカーと称す）に対する要素試験を行った。

2. アラミド FRP アンカーの概要

アラミド FRP アンカーとは、帯状のアラミド繊維シートを事前に樹脂を含浸させて板状の FRP に成形し、それをあと施工でコンクリートに埋め込んで定着したものである。アラミド FRP と注入材の付着は、接着材の接着力もしくは断面の凹凸に期待した。今回使用するアラミド繊維は、高耐力が必要とされる場所でも使えるものとしたことから、アラミド繊維の目付量が大きく高規格な保証耐力 118kN の帯状のアラミド繊維シート（表-1）を2枚貼り合わせたものとした。アラミド FRP アンカーを写真-1に示す。なお、本工法は定着部分を板状の部材にする必要があるが、埋め込み部以外の形状は自由に成形できるものである。埋め込み部以外は、プレキャストでも現場含浸施工でも対応できる。

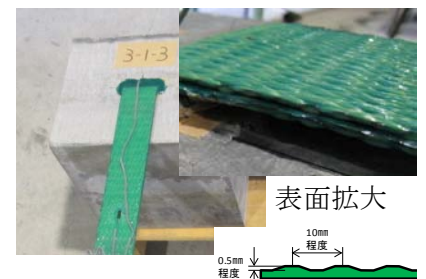


写真-1 アラミド FRP アンカー

3. 軸直角方向引張時の定着力

定着部をアンカー方式にした場合の軸直角方向引張試験を実施した。試験方法を図-1、アラミド FRP の形状を図-2、写真-2 に示す。試験体は帯状のアラミド繊維シートを 90° 折り曲げた状態で FRP 化したものをコンクリートブロックに削孔した穴に挿入し、注入材で定着した。注入材はあと施工アンカーで実績のあるエポキシ樹脂とモルタルの2種とした。アラミド FRP とコンクリートブロックは、埋め込みのみで貼り付けていない。

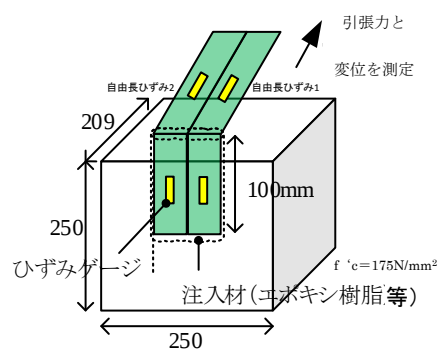


図-1 試験方法

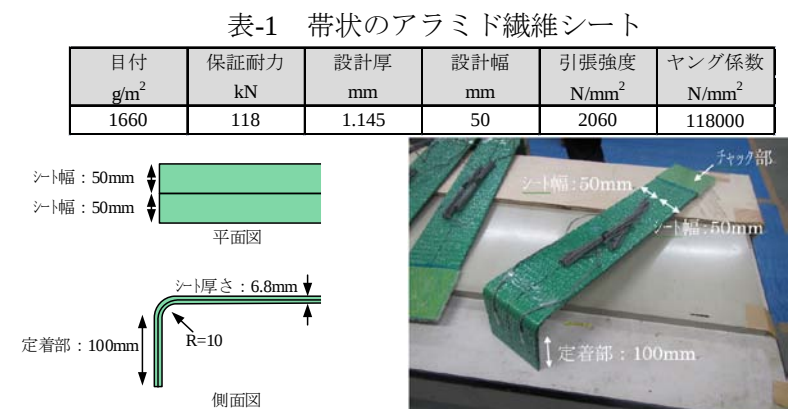


図-2 アラミド FRP の形状

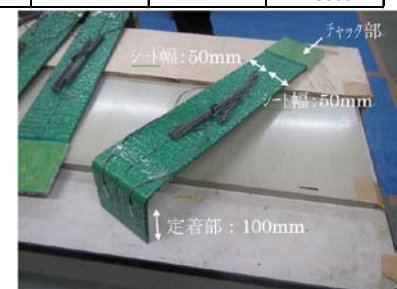


写真-2 アラミド FRP

キーワード あと施工アンカー, アラミド FRP

連絡先 〒160-0004 東京都港区港南2丁目1番85号JR東海品川ビルA棟 東海旅客鉄道株式会社 TEL 03-6711-9554

試験結果を表-2, 3, 図-3, 4, に示す. まず, エポキシ樹脂を注入材にした場合には, アラミド FRP 単体の引張試験 (別途実施し, 同一仕様のアラミド FRP で $n=3$ 平均 185.0kN/50 mm) の 0.7 倍程度の定着力があったが, これは隅角部へ注入材を充填することが困難で隙間が空いてしまったため, 折り曲げ部が弱点箇所となりアラミド FRP 自体の耐力が落ちてしまったと考えられる (図-5). 定着部については, コンクリートブロック自体にひび割れが発生していたものの, 埋込部のエポキシ樹脂及び周辺コンクリートには損傷はなかった (写真-3). 次に, モルタルを注入材とした場合には, エポキシ樹脂に比較して定着力が小さくなった. 隅角部のモルタルの圧壊とアラミド FRP の抜け出しによるものと考えられる (写真-4). 変位については, 自由長部以外でも伸びが生じた. これはアラミド FRP がコンクリートブロックに密着していないために, 折り曲げ部で曲げ変形が生じて, 加力方向に変位したものと考えられる.

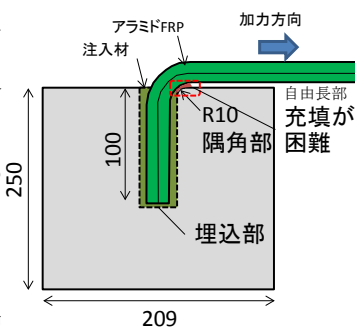


図-5 定着力低下の推定原因

表-2 試験結果 (エポキシ樹脂)

アラミドFRP	保証耐力118kNアラミドバンド×2層×並列	
削孔幅	120mm	
削孔高さ	30mm	
面取り加工	R10mm	
設計定着長	100mm	
注入材	連続シート補強用エポキシ樹脂 (FRP樹脂と同一)	
試験体番号	1-1	1-2
最大荷重	266.0kN	266.0kN
平均	266.0kN	
破壊形態	アラミドFRPの隅角部破断	

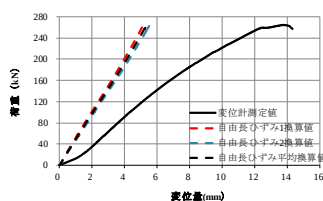


図-3 荷重-変位曲線
(エポキシ樹脂: 試験体番号 1-1)

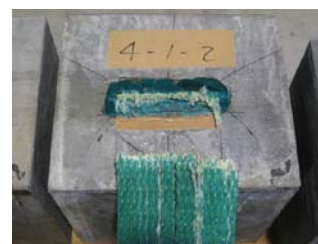


写真-3 破壊状況 (エポキシ樹脂)

表-3 試験結果 (モルタル)

アラミドFRP	保証耐力118kNアラミドバンド×2層×並列		
削孔幅	120mm		
削孔高さ	30mm		
面取り加工	R10mm		
設計定着長	100mm		
注入材	無収縮モルタル		
試験体番号	2-1	2-2	2-3
最大荷重	199.4kN	190.4kN	214.4kN
平均	201.4kN		
破壊形態	注入材圧壊	注入材圧壊	注入材圧壊

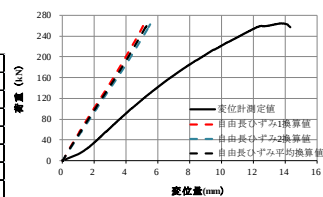


図-4 荷重-変位曲線
(モルタル: 試験体番号 2-1)



写真-4 破壊状況
(モルタル: 試験後アラミド FRP 切断)

軸直角方向引張試験で得られるアンカー工法の定着力と, 貼付工法による定着力を比較するために付着試験を実施した. 試験は JSCE-E-543 に基づき実施した (図-6). なお, アラミド FRP や貼付に使用した接着材は軸直角方向引張試験で用いられたものと同一である. 有効と考えられる定着長は, アラミド繊維シートのひずみ分布結果より 300 mm程度までと推測されることから定着長 300 mm の場合の定着力と比較することとした (図-7). 試験結果を表-4 に示す. アンカー工法 (最小定着力 190.4kN) は, 貼付工法 (170.0kN) 以上の定着力を確保できていることが分かる. 構造物の隅部や狭隘な箇所では定着長がとれない場合でも, 施工可能な工法と言える.

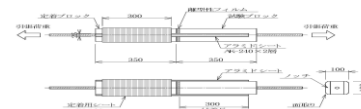


図-6 試験方法

表-4 試験結果

	定着長300mm、保証耐力118kN2層、幅25mm 最大荷重 (kN)
No.1	45.9 kN
No.2	40.9 kN
No.3	40.6 kN
平均値	42.5 kN
100mm幅換算値	170.0 kN

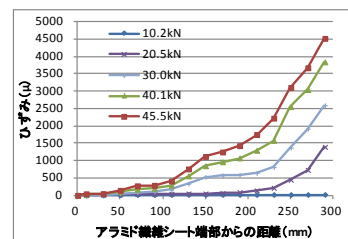


図-7 アラミド繊維シートのひずみ分布 (No.1)

5. まとめ

- ・アラミド FRP を用いたあと施工アンカーを用いることで, 貼付工法と同等以上の定着力を確保できることが分かった.
- ・軸直角方向引張試験において, 隅角部での隙間によりアラミド FRP 自体の耐力が小さくなってしまった. 隙間を無くし, 弱点箇所を生じさせないような隅角部の施工方法を開発することで, 更なる定着力の向上と変位の抑制が可能であると考えられ, 今後の課題である.