

## 伸び性能に優れた紫外線硬化型FRPシートの トンネル目地部剥落対策に対する適用性に関する実験的検討

鉄建建設（株） 正会員 ○益田 彰久  
松岡 茂

### 1. はじめに

トンネル覆工コンクリートの剥落対策として、炭素やアラミドをはじめとする繊維材料を用いたシートを覆工内面に接着する工法が実施されている。トンネル覆工コンクリートの中でも、特に目地部付近はコンクリートの充填が難しいことや、型枠設置時に不慮の応力が作用したことによりひび割れが発生している場合が多く、剥落対策の必要性が高い箇所である。しかし目地部は温度変化や地震時における覆工コンクリートのひずみを吸収することでひび割れなどの損傷を緩和する役目も果たしているため、繊維シートなどによる剥落対策で目地部を拘束した場合にはコンクリートに新たな損傷を与える可能性があり、目地部を跨いで繊維シートを接着する場合には、繊維シートの伸び性能を確認する必要がある。また覆工の温度変化による伸縮により繊維シートの付着性能が低下し、繊維シート自体が剥離する危険性がある。したがって、目地部を跨いで接着する繊維シートには、目地部の伸縮に追従できる性能が要求され検討がなされている<sup>1)</sup>。

筆者らは、目地部の伸縮に追従可能な伸び性能を持つ繊維シートとして紫外線硬化型FRPシートを開発し、このシートの伸縮追従性能を確認するために試験を行った。

### 2. 紫外線硬化型FRPシートについて

剥落防止対策用として開発した繊維シートは、単体で12%以上の伸度性能を持つPVA（ポリビニル・アルコール）繊維を補強材とし、これに紫外線硬化型のエポキシアクリレート系の樹脂を含浸して製作した、複合材FRPである。工場ですべシート状に生産されるため、現場で繊維に樹脂を含浸させる作業の必要がない。そのため品質が均一であり、性能の信頼性に優れている。樹脂は紫外線の照射によってはじめて硬化し始め、紫外線ランプによって20分程度（直射日光下で5分）で完全に硬化する。厚さ約1.5mm、重量1.7kg/m<sup>2</sup>と軽量で、かつ硬化以前には非常に柔らかいため、補修対象部材形状を問わず貼り付けることができ、作業性に優れているものである。紫外線硬化型シートの物性諸元を表-1に示す。

表-1 紫外線硬化型FRPシート物性値

引張強度の特性値 (N/mm <sup>2</sup> )	517
有効厚さ (mm)	0.162
破断荷重の特性値 (N/mm <sup>2</sup> )	86
破断ひずみ	12.0%
平均ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> )	4495

### 3. 付着性能試験

試験は参考文献1に準拠して行った。図-1に試験体の詳細図を示す。目地部を想定して、試験片FRPシートは2つの100×100mm断面コンクリートブロックを跨ぐように設置した。ブロック間には圧縮方向の変位にも対応できるように長さ20mmの目地材を配置し、さらに20mmの自由長を確保できるようにフィルムを貼った。よって試験片には合計40mmの自由長が存在している。また試験片の自由長部および定着部には50mmピッチでひずみゲージを設置した。なお試験片の幅は50mmである。

表-2に試験ケースおよび結果の一覧を示す。試験ケースは単調引張載荷、引張方向への繰り返し載荷、引張・圧縮方向への繰り返し載

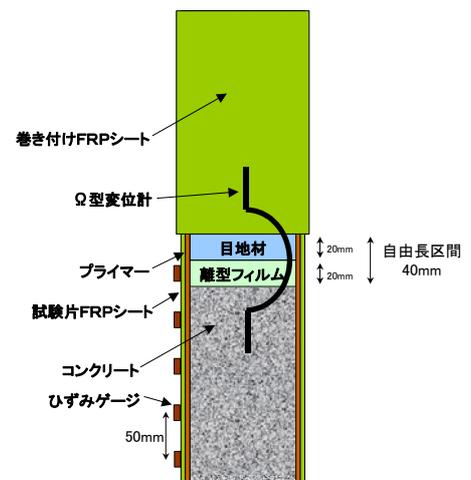


図-1 試験体詳細図

キーワード トンネル覆工、剥落防止、紫外線硬化型FRPシート、ビニロン繊維

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉9-1 鉄建建設（株） 技術研究所 TEL:0476-36-2355

荷，の3種類であり，それぞれ3体行った．繰り返し荷重における変位量は2mm および4mm とし，荷重回数は60回とした．

単調荷重①・③ではFRPシートが破断したため荷重を停止した．単調荷重②ではFRPシートの破断が発生せず，変位計の測定限界に近づいたため，荷重を途中で停止した．破断時の目開き量（約7mm）を自由長（40mm）と剥離長さ（約14mm）を合わせた長さで除した値は約13%であり，FRPシートの破断ひずみとほぼ一致していることが確認された．

写真-1に単調荷重終了時点（FRPシート破断時）の状況を示す．FRPシートの剥離は自由長近傍のみに生じており，繊維シートに設置したひずみゲージの値については，自由長部分に設置したひずみゲージNo.1のみが大きな値を示しており，それ以外のひずみゲージではほとんどひずみは発生していない．このことから，FRPシートの剥離は自由長近傍に限定されていることが確認された．

繰り返し荷重試験では，いずれのケースもFRPシートは破断することなく，60回の繰り返し荷重を終了した．引張側のみの繰り返し荷重Aでは，4mmの変位量を与えても繊維シートの剥離は認められず，ひずみは自由長に設置したひずみゲージのみに生じていた．圧縮・引張側の繰り返し荷重Bでは，圧縮荷重を載荷した際に繊維シートの剥離が多少生じたがその剥離長さは小さく，最も大きな変位量である±4mmでの60回繰り返し荷重を終了した時点でも20mm以下であった．荷重への影響については図-3に示すように繰り返しにより多少荷重が低下する傾向が見られるが，その程度は小さく，試験終了まで4kN以上の荷重を保持していた．

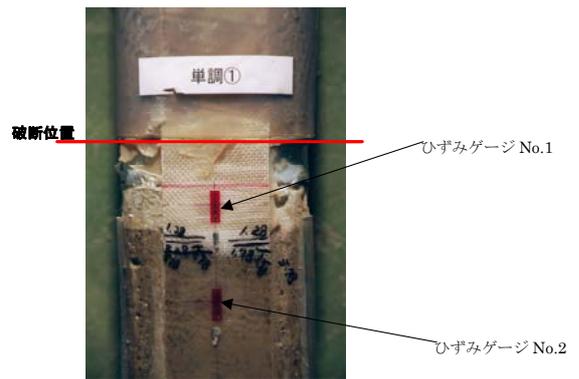
4. まとめ

以上の試験結果により，紫外線硬化型FRPシートが破断する際の伸び変形はシート自身が有する伸び性能が十分に発揮されていること，また繰り返し引張・圧縮方向への変形が作用した場合の付着性能について問題がないことが確認された．よって，紫外線硬化型FRPシートのトンネル覆工目地部における剥落対策工に対する適用性が確認された．今後は実際の施工環境によって性能の有効性を確認する必要があるものとする．

参考文献 1)城間他，トンネル覆工目地部におけるはく落対策用繊維シート接着工の実験的考察，土木学会第58回年次学術講演会講演概要集，第3部門，3-021，2003

表-2 試験結果一覧

試験ケース	最大変位 (引張は+、圧縮は-)		破断荷重	FRP剥離長さ	
	①	②		①	②
単調荷重	①	7.1mm	9.6kN	14mm	14mm
	②	8.7mm	剥離のみ	22mm	107mm
	③	6.7mm	8.9kN	18mm	10mm
繰り返し荷重A (引張方向のみ)	①	0mm 2mm	破断せず	5mm	11mm
	②	0mm 2mm		9mm	12mm
	③	0mm 4mm		16mm	20mm
繰り返し荷重B (引張・圧縮方向)	①	-2mm 2mm	破断せず	12mm	27mm
	②	-2mm 2mm		22mm	3mm
	③	-4mm 4mm		20mm	13mm



破断状況

写真-1 単調引張試験①終了状況

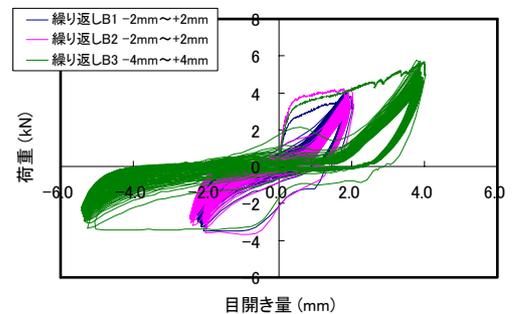


図-2 繰り返し荷重試験B結果

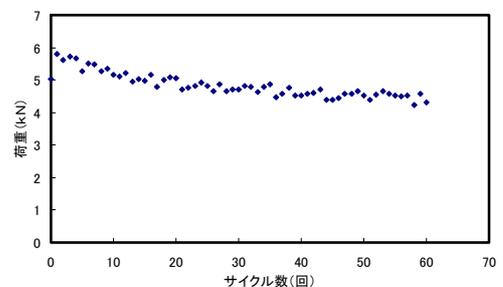


図-3 荷重回数と荷重の関係  
(繰り返し荷重試験B3)