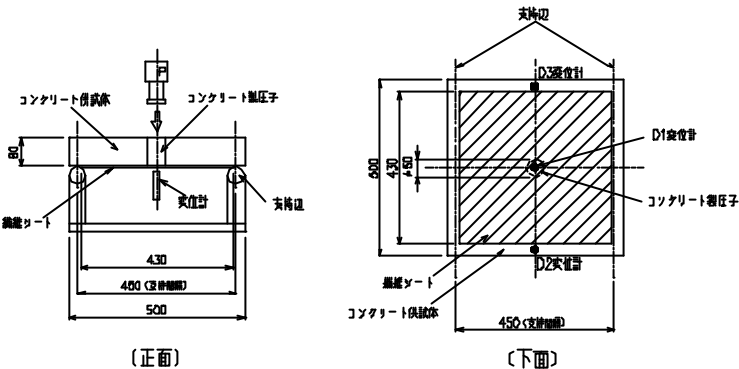


トンネル覆工剥落対策に用いる繊維シート接着工の基礎性能実験について

日本道路公団 実験研究所 トンネル研究室 正会員 大嶋 健二^{*})
日本道路公団 実験研究所 トンネル研究室 正会員 伊藤 哲男^{*})
日本道路公団 実験研究所 トンネル研究室 正会員 城間 博通^{*})
パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○倉持 秀明^{**})

1. はじめに

近年、トンネルの覆工コンクリートの剥落対策として炭素、アラミドなどの繊維材料を用いた FRP を覆工内面に接着する工法が注目されており、繊維シート接着工の種類は、繊維の材質・耐力・織り方・連続繊維・短繊維、含浸接着剤の種類など多数の材料が開発されている。また、接着の対象となるトンネル覆工側においてもコンクリート強度やアーチの曲率半径など適用条件が多様である。特に従来一方の繊維シートを2層張としていたが、クロスシート等の1層張により施工の合理化が図られている。しかし、接着工の材料選定や適用条件などの設計法は各現場での対応となっているのが現状である。そこで繊維シート接着工の設計法を確立することを目的として、繊維シートの材質、目付け量、含浸接着剤の種類、コンクリート強度等をパラメータとして基礎的な性能を確認するための実験をおこなった。その結果、設計手法を構築する上で有効な知見が得られたので報告する。



図—1 供試体と実験装置の概要

2. 平板型押し抜き実験の実験方法

既往の実験¹⁾を参考として中央に押し抜き圧子用の孔(φ50mm)をあけたコンクリート製の平板(500×500×80mm)の下面に繊維シートを接着し、押し抜き圧子に荷重をかけて強制的に繊維シート(430×430mm)を引き剥がすことにより、繊維シートが保持できる荷重と変位を計測した。供試体の形状と実験装置の概要を図-1に示す。また、繊維シートの種類、含浸接着剤の種類、コンクリートの強度による接着性能の違いを確認する目的で表-1に示すケースについて実験を行った。

コンクリート供試体への荷重載荷は変位制御(初期載荷速度:0.2mm/min、剥離発生後:1mm/min)とし、図-2のような0.5mm毎のステップ載荷(インターバル2分)とした。鉛直変位0.1mm毎に荷重測定を行い、4ステップ毎に剥離状況の観察と剥離範囲をマーキングした。

実験終了後に4ステップ毎の剥離周長を測定した。

表—1 平板押し抜き実験ケー

CASE名	繊維シートの種類	目付量 (g/nf)	設計厚 (一方向) (mm)	引張弾性 係数 (N/mm ²)	耐力 (一方向) (kN/m)	含浸 接着剤	コンクリート 強度 (N/mm ²)
1	2方向炭素繊維	200	0.0556	2.3×10 ⁵	161	エポキシ	30
2							20
3							10
4							20
5	2方向アラミド繊維(メッシュ)	300	0.0834	2.3×10 ⁵	240	エポキシ	20
6		140	0.0389	2.3×10 ⁵	113		
7		180	0.0480	1.18×10 ⁵	98		
8		90	0.0240	1.18×10 ⁵	49		
9	2方向ガラス繊維	200	0.0380	1.3×10 ⁵	74.8	エポキシ	20
10	紫外線光硬化型FRP	600	約1.5	6.0×10 ³	120		
11	ポリエステル	160	0.1160	1.46×10 ⁴	126		

3. 実験結果と考察

3.1 荷重と変位の関係

各ケースの荷重-変位曲線を図-3に示す。荷重と変位の関係は、載荷初期から剥離開始までの比較的急勾配部分(一次勾配)と剥離後の緩い勾配部分(二次勾配)のバイリニア型の形状を示す傾向にある。一次勾配部分は主に

トンネル 剥落対策 覆工 繊維シート接着工 実験

^{*}) 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 TEL 042-791-1621 FAX 042-791-2380

^{**}) 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 TEL 03-3344-1903 FAX 03-3344-1906

繊維シートの自由長部分の引張剛性により決まる勾配と考えられる．二次勾配部分は，繊維シートの剥離範囲が進展することによって剥離周長が長くなり，剥離荷重が増加することを示す．

3.2 剥離周長と荷重の関係

剥離周長と荷重の関係は，図 - 4，5 に示すように概ね比例関係にある．ここで，剥離周長とは，写真 - 1 に示すように载荷ステップごとにマーキングした線の長さをいう．この写真でもわかるように連続繊維で2方向に織り込んだシートは，剥離進展の形状がひし形の異方性を示す．これに対して紫外線硬化型のように短繊維をランダムに配置したシートでは剥離進展は圧子を中心に同心円状に広がっていく．

繊維シートの材質の違いによる剥離周長と荷重の関係は，図 - 4 に示すように引張剛性が大きい材料ほど剥離荷重も大きくなる傾向を示す．ただし，紫外線硬化型シートは他の材料に比べシートが厚いため，シートの引張剛性だけでなく曲げ剛性が荷重伝達に寄与していると考えられる．このことは，剥離個所における応力集中の度合いや作用方向など剥離強度を決定する諸要因が他の薄いシート材料と若干異なる傾向を示すと予想される．

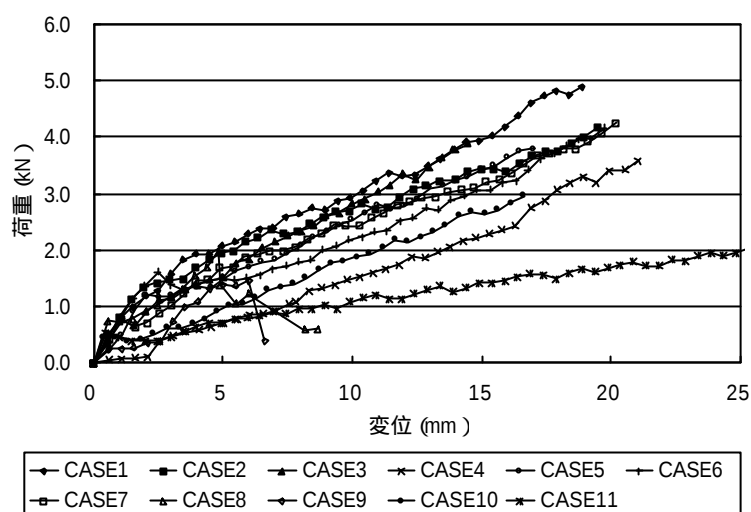
コンクリート強度の違いにより整理したのが図 - 5 である．繊維シートとコンクリートの剥離形態はほとんどの材料がコンクリート母材表層部からの破壊であり，同図からも剥離強度はコンクリートの強度に影響することがうかがえる．ただし，実験では 10，20 N/mm² の違いが明確にでなかった．

図 - 6 に含浸接着剤の種類別の剥離周長と荷重の関係を示す．剥離強度は，含浸接着剤によっても影響を受けることがわかった．

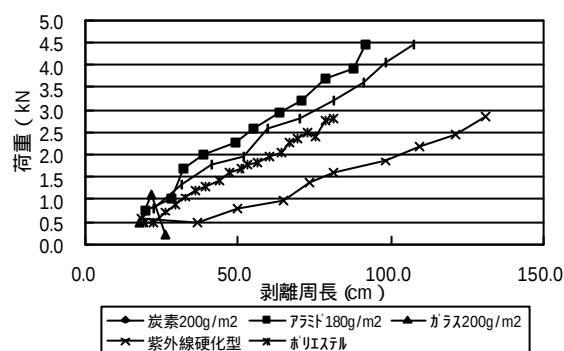
4. まとめ

今後は，ここで得られた材料，コンクリート強度，含浸接着剤等の違いによる剥離強度の違いを定量的に評価することによって，剥落対策工の設計手法を確立する予定である．

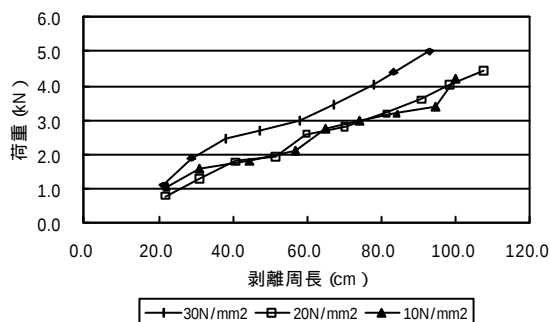
コンクリート片の剥落防止効果に関する実験的・解析的研究 吳智深他土木学会論文集 No.662, -49, 2000



図—3 変位と荷重の関係



図—4 剥離周長と荷重の関係(材質別)



図—5 剥離周長と荷重の関係(コンクリート強度別)

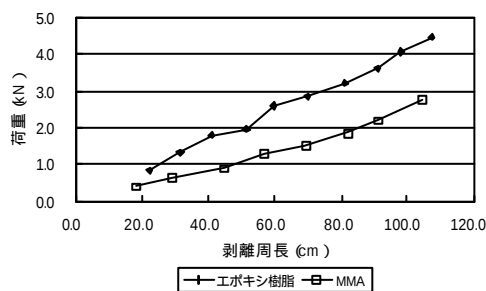
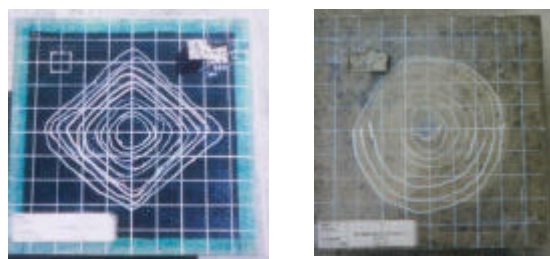


図 - 6 剥離周長と荷重の関係(含浸接着剤別)



左：炭素繊維シート，右：紫外線硬化型シート

写真—1 繊維シートの剥離周長マーキング状況

参考文献 1：連続繊維シートの貼り付けによる