

各種繊維材料を用いた TST-FiSH の補修効果の実験的検討

	芝浦工業大学大学院	学生会員	○鈴木 将充
東急建設 (株)	技術研究所 土木研究室	正会員	笠倉 亮太
東急建設 (株)	技術研究所 土木研究室	正会員	伊藤 正憲
	東京大学生産技術研究所	正会員	加藤 佳孝
	埼玉大学大学院	正会員	牧 剛史

1. はじめに

地震により損傷を受けた構造物は、余震に対する安全性の確保とライフラインの早期回復のため、迅速に復旧されることが望まれる。著者らは、医療用ギプスをアイデアの起源とし、損傷した RC 柱部材に対し水硬性樹脂が含浸された連続繊維シートを巻き立てた後、散水するだけで補修効果が得られる新しい迅速復旧工法を提案している。しかし、一般的に使用されている連続繊維シート（炭素、アラミド、ビニロン）を適用した場合の性状や、本工法の適用範囲など、工法の確立に向けた課題が残されている。そこで、水硬性樹脂が含浸された連続繊維シート（以下 TST-FiSH (Fiber Sheets containing Hydraulic-resin)）を用い、損傷度が異なる 2 種類の梁供試体に本工法を適用しその補修効果について検討した。

2. 実験概要

2.1 TST-FiSH 使用材料

使用した材料を表-1 に示す。なお、TST-FiSH は使用した連続繊維シートに応じて〇〇TST-FiSH（例えば、炭素 TST-FiSH）と記載する。

(1) 水硬性ポリウレタン樹脂

本実験で用いた水硬性ポリウレタン樹脂（粘度：35000 ～45000 mPa・s at 25℃）は、一液硬化性であり、水と接触することで反応・硬化するものである。

(2) 連続繊維シート

使用した連続繊維シートを表-1 に示す。炭素繊維シートは高強度 2 方向クロスタイプ、アラミド繊維シートは 1 方向、ビニロン繊維シートは 2 方向クロスタイプである。

2.2 供試体諸元および寸法

供試体の諸元を表-2 に示す。供試体は、せん断破壊による損傷を想定したものであり、実験要因は、連続繊維シート種類、損傷度である。また、従来工法と比較す

表-1 使用材料

種類	仕様
コンクリート	24-12-13H 材齢7日 圧縮強度24.9N/mm ² 、引張強度2.14N/mm ²
引張鉄筋	SD345-D13 引張強度566N/mm ² 、降伏強度374N/mm ² 、弾性係数1.80×10 ⁵ N/mm ²
帯鉄筋	SD295-D6 引張強度462N/mm ² 、降伏強度310N/mm ² 、弾性係数1.69×10 ⁵ N/mm ²
TST-FiSH	水硬性ポリウレタン樹脂+連続繊維シート（炭素、アラミド、ビニロン）
炭素	目付量300g/m ² 、引張強度3400N/mm ² 、弾性係数2.45×10 ⁵ N/mm ² 、破断伸び1.5%
アラミド	目付量280g/m ² 、引張強度2060N/mm ² 、弾性係数1.18×10 ⁵ N/mm ² 、破断伸び1.8%
ビニロン	目付量285g/m ² 、引張強度2000N/mm ² 、弾性係数4.3×10 ⁴ N/mm ² 、破断伸び4.8%

表-2 供試体諸元

供試体No.	連続繊維シート	樹脂種類	損傷度	予想破壊形態
1	—	—	—	せん断破壊
2	炭素	水硬性ポリウレタン	小	せん断破壊
3	炭素	水硬性ポリウレタン	大	せん断破壊
4	ビニロン	水硬性ポリウレタン	大	せん断破壊
5	アラミド	水硬性ポリウレタン	大	せん断破壊
6	炭素	エポキシ	大	曲げ破壊

表-3 損傷度の設定

損傷度：小	斜めひび割れ貫通（残留ひび割れ幅W<0.5mm） →斜めひび割れ発生後、帯鉄筋が初期降伏ひずみ1830μ到達時点で除荷（図-2参照）
損傷度：大	斜めひび割れ幅（残留ひび割れ幅）0.5mm≦W<2mm →最大荷重到達後も載荷を継続し、最大荷重の80%に低下した時点で除荷（図-2参照）

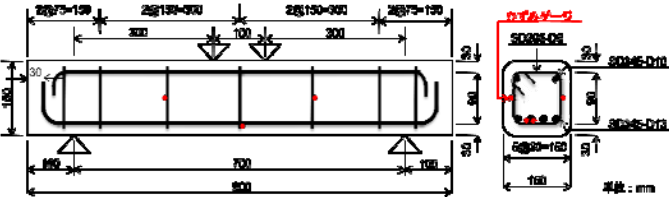


図-1 供試体諸元

るため、エポキシ樹脂を用いて補修した供試体も試験した。供試体の形状は、図-1 に示すように、せん断スパン a=300mm、有効高さ d=120mm、a/d=2.5 である。

2.3 損傷度の設定

設定した損傷度を表-3 に示す。

2.4 載荷方法

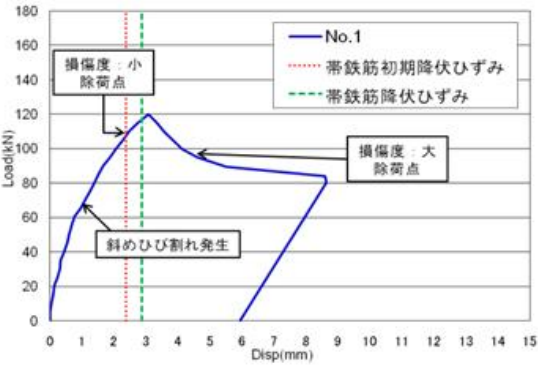
載荷は、各供試体に 2.3 で設定した損傷度を与えた後（一次載荷）、せん断スパン区間に各材料を用いて 1 層の巻立て補修を行った。シートのラップ長は梁上面において 150mm とした。補修効果の検証（二次載荷）は、シート巻立て後 7 日で実施した。なお、載荷は 500kN 万能試験機を用いて行い、損傷度の制御は基準供試体（無補修）No.1 の載荷試験結果を参考に行った。供試体 No.1

キーワード：TST-FiSH、水硬性ポリウレタン樹脂、連続繊維シート、せん断破壊、迅速復旧

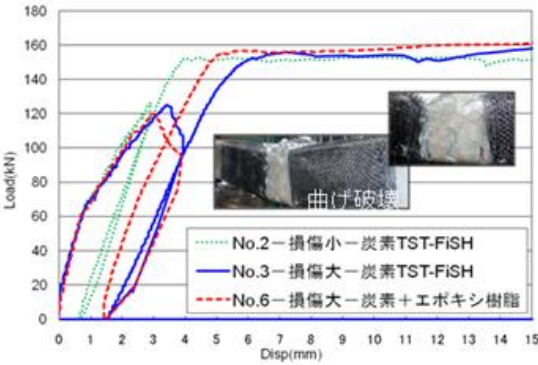
連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL 03-5859-8401

表－4 各供試体の最大耐力および破壊形式

実験 No.	連続繊維 シート	樹脂種類	一次載荷						二次載荷		
			計算値 (kN)		実験値 (kN)	残留 ひび割れ幅 (mm)	損傷度		計算値 (kN)	実験値 (kN)	破壊形式
			せん断耐力	曲げ耐力							
1	－	－	84.5	114.6	120.1	－	－	－	－	－	せん断破壊
2	炭素	水硬性ポリウレタン	84.5	114.6	126.7	0.15	小	152.8	153.1	－	曲げ破壊
3	炭素	水硬性ポリウレタン	84.5	114.6	125.0	0.60	大	128.2	167.1	－	曲げ破壊
4	ビニロン	水硬性ポリウレタン	84.5	114.6	114.1	1.10	大	66.8	125.0	せん断破壊（シート破断）	－
5	アラミド	水硬性ポリウレタン	84.5	114.6	136.1	0.60	大	89.0	161.4	－	曲げ破壊
6	炭素	エポキシ	84.5	114.6	120.0	0.60	大	128.2	165.9	－	曲げ破壊



図－2 荷重－変位関係(No.1 供試体)



図－3 荷重－変位関係(供試体 No.2, 3, 6)

の荷重－変位関係を図－2 に示す。

3. 実験結果および考察

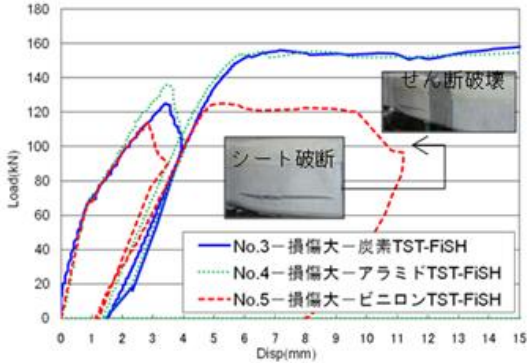
表－4 に各供試体の最大耐力の計算値，実験値，および破壊形態を示す．なお，せん断耐力は，コンクリートライブラリー101 を参考とし，累加法により算定した．

(1) 損傷度および接着樹脂の影響

炭素繊維シートを用いて補修した供試体 No.2, 3, 6 の荷重－変位関係を図－3 に示す．供試体 No.2, 3, 6 の破壊形態は曲げ破壊であり，主筋降伏後，荷重がゆるやかに増加し，コンクリート上縁が圧壊したため変位 15mm にて試験を終了した．本実験で設定した損傷度の違いによる耐力の差はみられなかった．また，接着樹脂の違いによる耐力の差もみられなかった．これは，破壊形態が曲げ破壊となったためである．

(2) 連続繊維シートの影響

供試体 No.3, 4, 5 の荷重－変位関係を図－4 に示す．アラミド TST-FiSH を用いて補修した供試体 No.4 は，図－3 に示された供試体 No.3 と同様の挙動が観察された．また，ビニロン TST-FiSH を用いて補修した供試体 No.5 の破壊形態はせん断破壊であり，最大荷重到達後ゆるやかに荷重が低下し，変位が約 11mm にてビニロン繊維シートが破断したため試験を終了した．供試体 No.4, 5 ともに補修後の耐力は補修前の耐力を上回っており，補修効果が確認できる．ビニロン TST-FiSH がせん断破壊となった理由としては，弾性係数が $4.3 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (表－1 参照) と他の繊維に比べ極端に小さく，コンクリート



図－4 荷重－変位関係(供試体 No.3, 4, 5)

とほぼ同等であるため，斜めひび割れ発生後，供試体の変形にシートが追従し，補修効果が小さくなったと考えられる．

4. まとめ

本実験で得られた知見を以下に示す．

- (1) 炭素 TST-FiSH およびアラミド TST-FiSH を用いて補修した供試体の破壊形態は曲げ破壊となり，補修を行うことで破壊モードの移行が見られ，従来工法と同様な補修効果が確認できた．また，損傷度の違いによる補修効果の影響はみられなかった．
- (2) ビニロン TST-FiSH を用いて補修した供試体の破壊形態はせん断破壊となったが，補修後の耐力は補修前の耐力を上回り，補修効果が確認された．

謝辞：本研究は，平成 20 年度国土交通省建設技術研究開発助成制度（研究代表者：加藤佳孝）によるものである．また，樹脂を提供していただいたエムシー工業山崎久史氏に，研究実施において研究室各位の協力を得た．ここに記して，感謝の意を表す．