

損傷した RC 柱の水硬性樹脂と連続繊維シートによる補強効果に関する実験的研究

東急建設株式会社 正会員 ○笠倉 亮太, 前原 聡, 黒岩 俊之, 早川 健司, 伊藤 正憲

1. はじめに

2011 年に発生した東日本大震災においては、地震動に対して耐震補強の有効性が示された。しかしながら、地震動による倒壊等の大規模被害に至らないまでも損傷を受けた構造物が数多く存在し、度重なる余震にて再損傷する構造物もみられた^{例え}¹⁾。このため、損傷を受けた構造物は、これまで以上に迅速な復旧が必要とされる。このような状況の下、筆者らは、医療用ギブスをアイデアの起源とし、水硬性樹脂を含浸させた連続繊維シート（Fiber Sheet containing Hydoraulic-resin 以下、TST-FiSH）を損傷した柱に巻立てた後、散水することで補強効果が得られる安全かつ迅速な復旧工法の開発を行っている²⁾。（図-1）

これまでに、柱の縮小試験体を用いた荷重試験により、せん断耐力は既往の算定式³⁾にて評価できることを確認した²⁾。本稿では、事前の荷重試験⁴⁾によりせん断破壊した実大試験体に TST-FiSH を適用した場合の補強効果について検討した。

2. 使用材料

(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：35000～45000mPa・s at 25℃）は、一液硬化性であり、

水と接触することで直後に反応・硬化が始まる。

(2) 連続繊維シート

連続繊維シートにはアラミド繊維シートを使用し、目付量 280g/m²、引張強度 2060N/mm²、弾性係数 1.18×10⁵N/mm² のものを用いた。

3. 実験概要

事前の荷重試験⁴⁾によりせん断破壊した柱試験体（A-2）に TST-FiSH による補強を行い正負交番荷重試験を行った。表-1 に試験体諸元、事前荷重試験結果および各耐力算定値、表-2 に使用したコンクリートと鉄筋の物性値、図-2 に試験体寸法、配筋および事前荷重時の損傷状況を示す。また、図-2 には、アラミド繊維シートの割付を併せて示す。試験体は、ラーメン高架橋のせん断スパンを取り出した実大モデルである。試験体の各耐力は安全係数を 1.0 とし、既往の算定式^{5),6)}に準拠して算出した。

試験体の復旧は、ひび割れにエポキシ樹脂系注入材を注入し、図-3 に示す TST-FiSH 工法の施工手順に従って行った。なお、TST-FiSH の巻立て量は 4 層である。

荷重は、一定軸力（軸力比 3%）を作用させた状態で水平方向に正負交番荷重を行った。荷重パターンは部材角による変位制御とし、曲げ降伏耐力の算定値に達してからは 3 サイクル荷重とした。

4. 実験結果

表-3 に実験結果、写真-1 に試験体の損傷状況、図-4 に荷重～変位関係を示す。試験体は事前荷重時の最大荷重を大きく上回り、±4/100 荷重中に柱基部が大きくはらみ出し、緩やかな荷重低下を生じた。±6/100 にて軸方向鉄筋が破断し、大きく荷重が低下したため、+7/100 にて荷重を終了した。最大荷重は、正負ともに±3/100 でそれぞれ 1175.7kN、-1067.0kN であった。また、

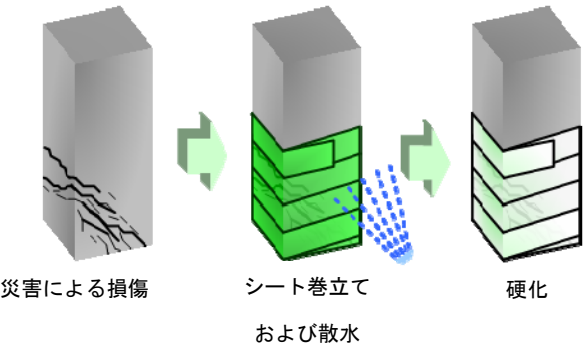


図-1 工法概念図

表-1 試験体諸元、事前荷重試験結果および各耐力算定値

試験体	断面寸法		せん断 スパン 比	軸方向鉄筋			帯鉄筋			事前載荷 最大荷重		算定値							
												降伏荷重		曲げ耐力		せん断耐力 V_{AFd}			耐力比
	幅 mm	高さ mm		規格	径	本数	規格	径	間隔 (中間部)	kN		kN					V_{AF}/V_{mu}	$\frac{\mu_{AFd}}{V_s+V_{AF}}$	$\frac{\mu_{AFd}}{V_c+V_s+V_{AF}}$
										正側	負側	P_y	V_{mu}	V_c	V_s	V_{AF}			
A-2	750	1100	2.36	SD345	D25	26	SR235	φ9	150 (300)	902.9	-901.9	820	1070	418	279	1237	1.16	6.7	8.0

キーワード 迅速復旧、補修・補強、水硬性樹脂、せん断破壊

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 東急建設株式会社 土木本部 土木技術設計部 Tel:03-5466-5322

表-2 コンクリートと鉄筋の物性値

コンクリート	圧縮強度 (N/mm ²)		静弾性係数 (kN/mm ²)
	31.7		30.4
鉄筋	降伏応力 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
	392	589	192
軸方向鉄筋	392	589	192
帯鉄筋	363	471	203

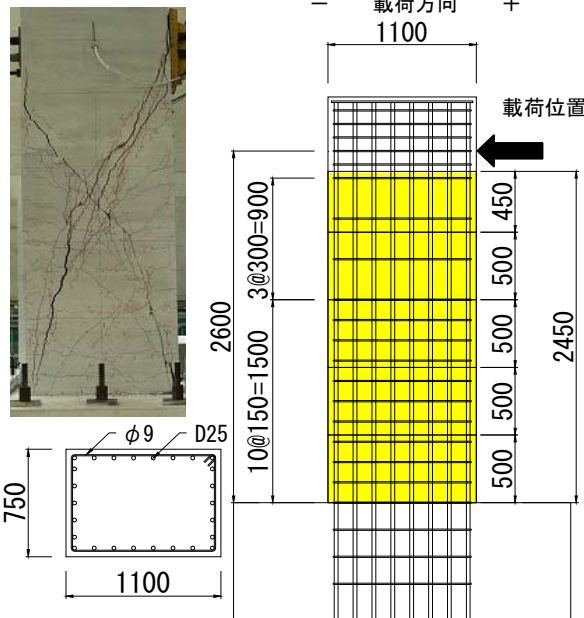


図-2 試験体寸法、配筋および事前載荷時の損傷状況

TST-FiSH は曲げ変形とともに、繊維方向に割裂が生じたが、継手部破壊や繊維破断は生じなかった。破壊形態は、柱基部の軸方向鉄筋が座屈し塑性ヒンジ化したこと、正側載荷時に RC 標準⁵⁾による曲げ耐力の算定値に達していたことから曲げ破壊であったと考えられる。

最大じん性率 μ は正側で 14.2、負側で 11.4 となり、コンクリートにより受け持たれるせん断耐力 V_c 、せん断補強筋により受け持たれるせん断耐力 V_s およびアラミド繊維シートにより受け持たれるせん断耐力 V_{AF} を考慮し、算定した設計じん性率 $\mu_{AFd}=8.0$ を上回った。ここで、最大じん性率は、最大耐力以降に降伏荷重を維持できる変位点 (N 点) と引張鉄筋が降伏する変位点 (Y 点) の比である。なお、事前載荷において正側のみ曲げ降伏に至っているため、正負ともに事前載荷の正側降伏荷重 (880kN) 時の試験体変位を用いて、最大じん性率を算出した。

4. おわりに

せん断破壊した RC 柱にひび割れ注入を行い、本工法で $V_{AF}/V_{mu} > 1.0$ となるよう補強した試験体の正負交番載荷試験により得られた知見を以下に示す。

表-3 実験結果

試験体	最大荷重				最大じん性率		破壊形態
	正側		負側		正側	負側	
	kN	R	kN	R	μ		
A-2	1175.7	3/100	1067.0	-3/100	14.2	11.4	曲げ破壊

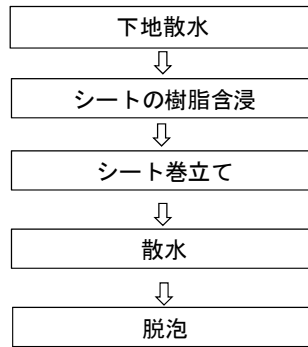


図-3 TST-FiSH 工法の施工手順

写真-1 損傷状況

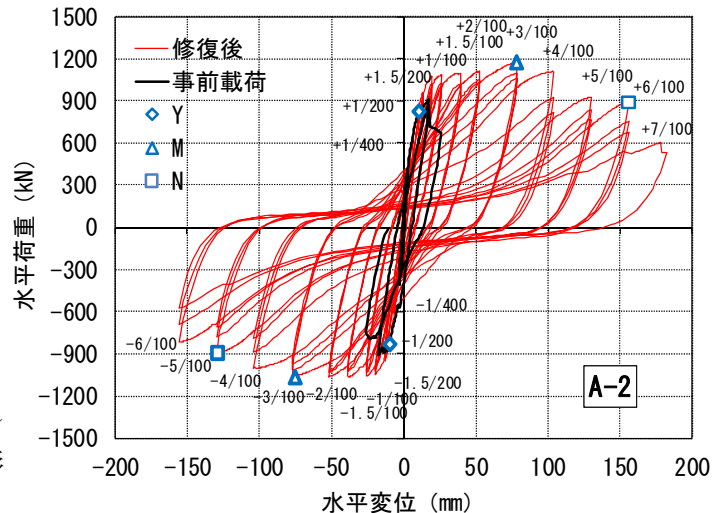


図-4 荷重～変位関係

- ・破壊形態をせん断破壊型から曲げ破壊型に移行させることができた。
- ・最大じん性率は、せん断耐力 V_c 、 V_s および V_{AF} を考慮した既往の算定式による設計じん性率を上回った。

参考文献

- 1) 大庭光商他: 東北新幹線の被害と復旧, コンクリート工学, vol.50, No.1, pp.49-53, 2012.1
- 2) 笠倉亮太他: 水硬性樹脂を含浸させた連続繊維シートを用いた迅速復旧工法の開発, コンクリート工学, Vol.47, No.12, pp.12-25, 2009.12
- 3) 土木学会, コンクリートライブラリー101 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針, 2000.7
- 4) 渡邊竜太他: 柱中間部の帯鉄筋量と帯鉄筋形状に着目した既設高架橋柱の破壊性状について, 土木学会第 67 回年次学術講演会公演概要集, pp.847-848, 2012.9
- 5) (公財)鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 2004.4
- 6) (公財)鉄道総合技術研究所: アラミド繊維シートによる鉄道高架橋柱の耐震補強工法設計・施工指針, アラミド補強研究会, 1996.12

謝辞

本実験は、エムシー工業山崎久史氏にご協力を頂き、東京理科大学加藤佳孝准教授に多大なるご指導頂いた。ここに記して感謝の意を表します。