

薄肉鋼板および繊維シートを用いた耐震補強の鉄道鉄筋コンクリート構造物への適用

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○鬼頭 直希 中田 裕喜 岡本 大 室野 剛隆 本山 紘希
株式会社サンヨーホーム 山川 洋 岡田 繁雄
(株) MG耐震技術研究所 山口 啓三郎

1. はじめに

本工法は、薄肉鋼板、連続繊維シート、および無収縮モルタルで構成される耐震補強工法である。個々の構成材料が軽量であるため施工性が良いことが特徴で、建築構造物の鉄筋コンクリート (RC) 部材に対して適用された実績がある。本研究では、鉄道 RC 構造物への適用を検討するため、せん断破壊形態である RC ラーメン高架橋柱と地下鉄 RC 中柱を補強対象として、静的正負交番載荷実験を行い、せん断補強およびじん性補強効果を確認した。

2. 実験方法

表-1, 図-1 に各試験体の諸元および補強図を示す。

試験体は、高架橋柱モデルに対し、繊維シートの総数をパラメータとした2体と、中柱モデル1体の計3体として、それぞれ実物を約1/2に縮尺した試験体を用いた。水平方向の載荷プログラムは、ひずみ測定から軸方向鉄筋が初めて降伏ひずみに達した時の水平変位 δ_y を基に、 $\pm\delta_y, \pm2\delta_y, \dots, \pm n\delta_y$ (n は整数) で各サイクル3回繰返し載荷を行った。軸応力は、高架橋柱モデルで 3.0N/mm^2 , 中柱モデルで 7.5N/mm^2 とした。材料試験結果を表-2に示す。また、鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造)¹⁾ (以下 RC 標準) に従い、無補強の部材について部材が曲げ耐力に達するときのせん断力 V_{mu} と、設計せん

表-1 試験体の諸元

供試体名	部材寸法					軸方向鉄筋		帯鉄筋		軸力		繊維シート 層数	鋼板 厚さ (mm)	充填材 厚さ (mm)	含浸材	耐力比 V_{mu}/V_{yd} (無補強時)
	b (mm)	h (mm)	d (mm)	a (mm)	a/d	径	p_t (%)	径-間隔	p_w (%)	応力 (N/mm^2)	軸力比					
No.1	450	450	400	1400	3.50	D22	1.08	D6ctc150	0.09	3.0	0.10	1	1.6	15	エポキシ樹脂	0.70
No.2											0.09					2
No.3	700	350	300	1100	3.67	D19	1.23	D6ctc100	0.09	7.5	0.20	2				0.81

b : 断面幅, h : 断面高さ, d : 有効高さ, a : せん断スパン, p_t : 引張鉄筋比, p_w : 帯鉄筋比

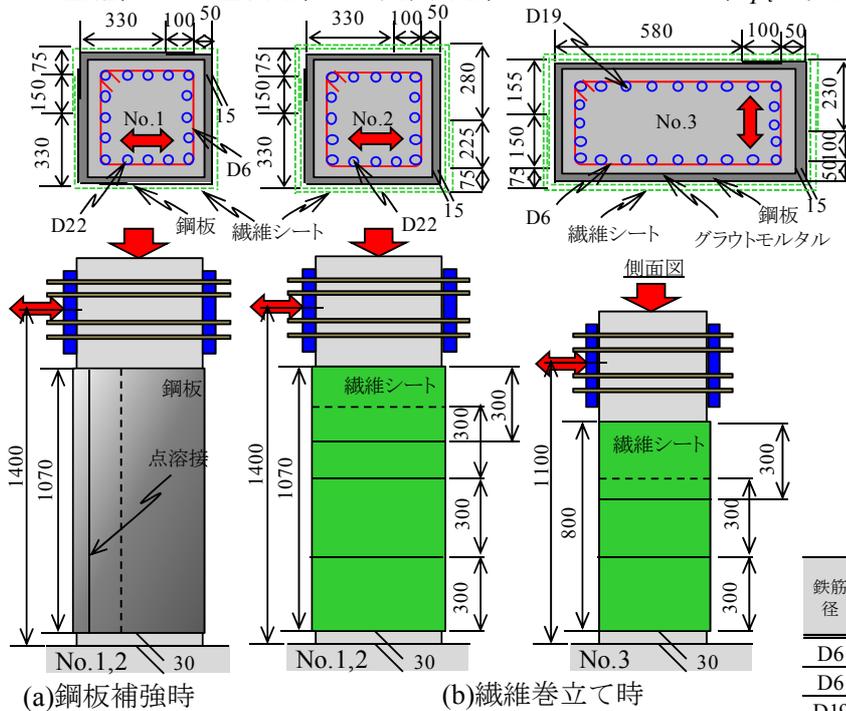


図-1 補強部の諸元

表-2 材料試験結果

(a)コンクリートおよび充填材

試験体名	柱コンクリート		グラウトモルタル
	圧縮強度 (N/mm^2)	弾性係数 (kN/mm^2)	圧縮強度 (N/mm^2)
No.1	29.6	26.1	43.1
No.2	31.9	27.0	64.3
No.3	37.3	26.8	74.5

(b)鋼板

種類	厚さ (mm)	降伏点 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)
SS400	1.6	318	405

(c)繊維シート (規格値)

種類	ヤング率 (kN/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	破断ひずみ (μ)	比重
ポリエチレン (60tタイプ)	75	2220	29600	0.97

(d)鉄筋 (SD345)

鉄筋径	ヤング率 (kN/mm^2)	降伏点 (N/mm^2)	降伏ひずみ (μ)	引張強度 (N/mm^2)	適用鉄筋
D6	194	403	2077	552	帯鉄筋 (No.1, 2)
D6	189	468	2476	575	帯鉄筋 (No.3)
D19	182	394	2164	574	軸方向鉄筋 (No.3)
D22	192	365	1901	550	軸方向鉄筋 (No.1, 2)

キーワード せん断補強, じん性補強, 薄肉鋼板, 繊維シート, 鉄道 RC 構造物

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

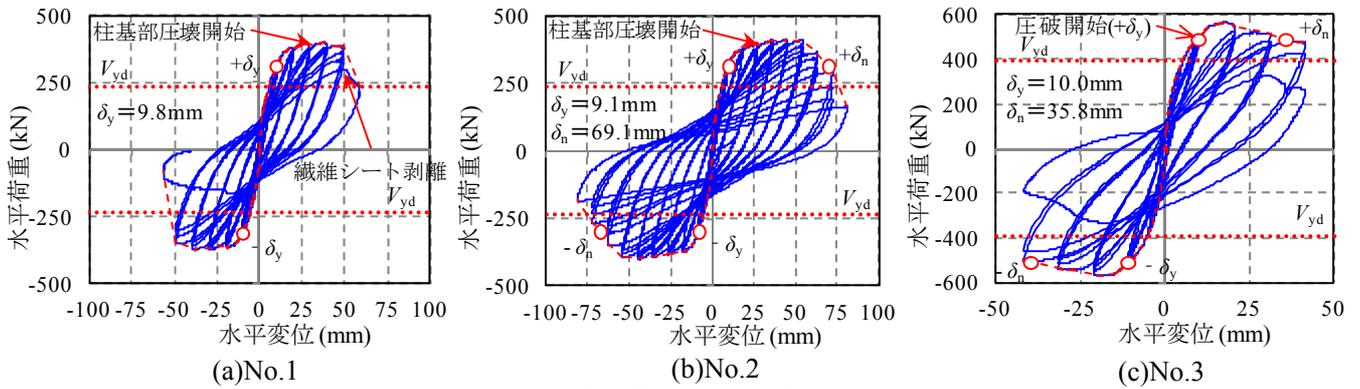


図-2 水平荷重—水平変位関係

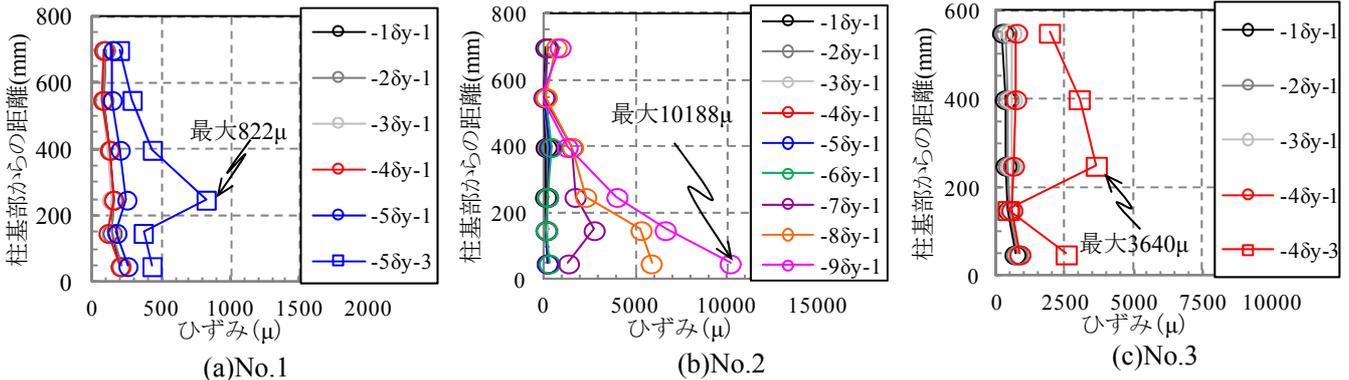


図-3 載荷面の繊維シートひずみ

断耐力 V_{yd} の比 V_{mu}/V_{yd} を、安全係数を 1.0 として、実強度を用いて算出した結果を表-1 に併せて示す。

3. 実験結果

図-2 に各試験体の水平荷重—水平変位関係を示す。水平荷重は軸力による付加曲げモーメントの影響を考慮した。また、補強前の柱を対象に、RC 標準に従って算出したせん断耐力の計算値 V_{yd} を併記した。各試験体とも、 V_{yd} に達した後もせん断破壊せず、荷重は増加した。すなわち、せん断破壊に対する補強効果を確認した。また、No.1 は、 $+6\delta_y$ において繊維シート継手部および鋼板の剥離が生じ水平荷重が低下したが(図-2 (a))、No.2, No.3 は繊維シートおよび鋼板の剥離は認められず、軸方向鉄筋の座屈およびはらみ出しにより水平荷重が低下した(図-2 (b) (c))。

降伏変位 δ_y と終局変位 δ_n (降伏荷重を下回らない最大変位) の比であるじん性率 μ は、No.2 で 7.6, No.3 で 3.6 となった。No.2 は柱基部ではらみ出しが生じたが、No.3 は柱基部から 300mm 上部付近のはらみ出しにより水平荷重が低下した。また、柱基部でのコンクリートの圧壊は、No.1, No.2 では $+3\delta_y-1$ であったのに対し No.3 は $+1\delta_y-1$ と早かった。これは軸力の影響によるものと考えられる。

図-3 に軸方向鉄筋のはらみ出しに起因して応答する、載荷面における繊維シートの水平方向ひずみを

示す。No.1 は繊維シートの継手部および鋼板が剥離したため、最大 822μ と小さい値であるのに対し(図-3 (a))、No.2 は基部付近で最大 10188μ であり、軸方向鉄筋の座屈を十分拘束できた結果となった(図-3 (b))。No.3 では、はらみ出しが確認できた $+4\delta_y-3$ でひずみが急増し、最大 3640μ がであった(図-3 (c))。

変形性能の評価にじん性率 μ を用いたが、RC 標準では部材角による変形性能評価法が用いられている。そこで、繊維シートの剥離が生じなかった No.2 と No.3 に対し、RC 部材(無補強)の変形性能算定式において、補強効果がどの程度のせん断補強鉄筋比 p_w に相当するかを試算した。その結果、No.2 は 0.68%, No.3 は 0.52% に相当することを確認した。

4. まとめ

薄肉鋼板および繊維シートを用いた耐震補強をせん断破壊形態の鉄道 RC 構造物に適用し載荷実験を行い、せん断補強およびじん性補強効果を確認した。ただし、本工法においては、少なくとも 2 層以上の繊維シートを用いることが望ましいと考えられる。今後は、断面寸法の影響を考慮した部材角による変形性能の定式化が課題である。

参考文献

1) (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)，丸善，2004。