

V-316 高軸力を受ける RC 柱の炭素繊維シートと鋼板を併用した耐震補強実験

佐藤工業（株）中央技術研究所 正会員 中村 晋 ○小林 祐二 荒添 正棋
 東 燃（株）トリート事業室 正会員 小林 朗

1. はじめに

兵庫県南部地震による地下鉄の被害は近代様式の地中構造物の地震被害として大きなものであった。大開駅の崩壊は、駅横断方向の震動により中柱が曲げせん断破壊し、圧壊したことにより生じたと考えられる[1]。このため、地下鉄構造物の中柱を対象とした耐震補強工事が各所で実施されている。

中柱の補強は、破壊モードの改善および所定の変形性能の確保を目的として実施されている。補強方法として、高架橋等の地上構造物で用いられてきた鋼板巻立法が用いられようとしている。しかし、地下鉄の中柱の補強を行う際、地上構造物と異なり時間・空間的制約を受ける。このため、重量のある鋼板補強工法に替わる工法の一つとして、軽量で取り扱い易い炭素繊維シートを用いた補強工法が検討されている[2]。しかし、その工法も高軸力下での変形性能や施工性などに課題が残されている。ここでは、それぞれの欠点を補完し、両者の長所を活かす工法として炭素繊維シートと鋼板の併用補強工法を提案し検討を行った。

2. 本工法の概要

図-1 に示す様に、炭素繊維シートは既設 RC 柱における構造物横断方向つまりせん断力を分担する面、鋼板はそれに直交する面つまりはらみだしなどが生じる面に配置している。その炭素繊維シートを図の様に鋼板に接着させ、既設 RC 柱との間は無収縮モルタル等の充填材を注入する。

このように本工法は、鋼板補強における溶接または貼接作業、さらに炭素繊維補強における不陸調整および隅角部の面取り等の下地処理等のそれぞれの補強工法の課題である作業が不用となるという施工的特徴を有している。このことにより、地下空間における補強工事の効率化を計ることが可能になる。

3. 実験概要および結果

本実験で用いた RC 試験体および補強に用いた炭素繊維シートと鋼板の仕様を表-1、試験体の断面筋骨を図-2 に示す。

作用軸力は、設計圧縮強度 $f'cd$ 比で 0.49 である。加力スケジュールは 8 段階の変形角 (1/800, 1/400, 1/200, 1/100, 1/67, 1/50, 1/25, 1/20) を正負交替で 3 回繰り返す変位制御の加力を行った後、1/15 の変形角まで単調載荷する方式を用いた。

実験終了後に炭素繊維シートおよび鋼板を除去したところ RC 柱の脚部にはせん断ひび割れ、柱中央部には主鉄筋に沿ったひび割れが生じている。柱前面には、脚近傍にコンクリートの圧壊また曲げひび割れが生じていた。しかし、炭素繊維シートと鋼板は良好な付着状態を保持していた。

水平荷重と水平変位の関係を図-3 に示す。本実験では水平変位 36mm (部材角 1/50rad) までは、安定した水平耐力および鉛直耐力を保持していることが分かる。この変形角は、兵庫県南部地震クラスの地震による地下鉄神戸高速鉄道大開駅における地震応答変形角の推定値 (約 1/100rad) より大きな値となっている。

表-1 試験体仕様

項目	仕様		
断面寸法	300×600		
軸力 (σ_0)	9.63N/mm ²		
コンクリート強度 (fck)	23.25N/mm ²		
主筋	配置	D22×16 (SD345: $\sigma_y=391.6\text{N/mm}^2$)	
	主鉄筋比	3.44%	
帯筋	配置	D10ctc180 (SD345: $\sigma_y=388.1\text{N/mm}^2$)	
	帯鉄筋比	0.13%	
補強材	鋼板	材質	SS400, $t=3.2\text{mm}$, $\sigma_y=297.8\text{N/mm}^2$
		継手	水平継手:非溶接,端部空隙:20mm 鉛直継手:炭素繊維シートにて接着
	炭素繊維シート	3×目付量 200g/m ²	
充填材	無収縮モルタル, fck:52.3N/mm ²		

keywords : 炭素繊維シート, 鋼板, 併用補強工法, 高軸力

〒243-02 神奈川県厚木市三田 47-3 Tel 0462-41-2172 Fax 0462-41-4784 e-mail arazoe@satokogyo.co.jp

4. 炭素繊維シートと鋼板の付着特性

炭素繊維シートが分担するせん断力は、炭素繊維シートを鋼板に定着して伝達する必要がある。その定着長は炭素繊維シートと鋼板の付着特性に基づいて適切に評価する必要がある。ここでは、その付着特性を明らかにするため、既往の炭素繊維シートの継手強度試験と同様の実験[3]を実施した。その際、炭素繊維シートは目付量 200g/m²、鋼板(SS400)は厚さ 3.2mmを用いた。実験は、炭素繊維シートを1層とし、ラップ長を 12.5, 25, 50, 75, 100mm としたケースと炭素繊維シート2層また3層をラップ長 50, 100, 150mm で定着したケースを実施した。その結果、得られた平均付着強度と付着長の関係を図-4に示す。これより、平均付着応力度は付着長が 100mm 以上は、炭素繊維シートの枚数によらず 4.0~5.0N/mm² となることが分かる。構造実験で用いた炭素繊維シートが3層でラップ長を 150mm としたケースの平均付着強度は 5.1N/mm² となった。

次に構造実験で用いた本提案工法の模型試験体を対象として、定着部の付着特性について検討を行う。炭素繊維シートが分担するせん断力は、指針[2]によれば3層で 17.3t となる。この実験における定着長は 150mm であることから、炭素繊維シートの分担せん断力を鋼板に伝達するために必要な付着応力は 3.1N/mm² となり、付着強度以下となっている。

5. まとめ

本論文では、まず、地下鉄・中柱の補強工事を行う際に既往の鋼板や炭素繊維シート、それぞれの補強工法の施工面での欠点を補完し両者の長所を活かす炭素繊維シートと鋼板の併用補強工法を提案した。

次に、その構造性能を明らかにす

るために実施した実験より、本提案工法は高軸力下においても兵庫県南部地震クラスの地震に対して地下鉄・中柱が保有すべき変形性能を有していることが明らかとなった。さらに、炭素繊維シートと鋼板の付着特性に関する実験より、平均付着応力度は付着長が 100mm 以上の場合に炭素繊維シートの枚数によらず 4.0~5.0N/mm² となることが分かった。その結果、炭素繊維シートの鋼板への定着長を本提案工法の特徴を損なうことなく適切に設定出来ることが明らかとなった。

参考文献

- [1] 矢的照夫他, 兵庫県南部地震による神戸高速鉄道・大開駅の被害とその要因分析, 土木学会論文集, No. 537/I-35, pp. 303-320, 19964
- [2] (財)鉄道総合技術研究所, 炭素繊維シートによる地下鉄 RC 柱の耐震補強工法設計・施工指針, 1997.1
- [3] 杉山哲也他, 炭素繊維シート複合材料の耐久性評価, JCI 北海道支部「新素材のコンクリート構造物への利用」シンポジウム論文 報告集, pp. 49-56, 1996, 11

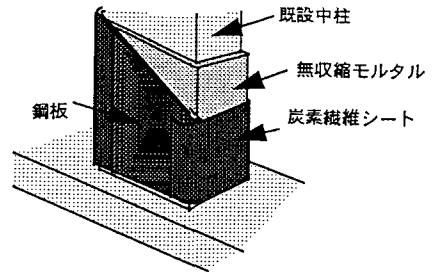


図-1 炭素繊維シートと鋼板の併用補強工法の概要

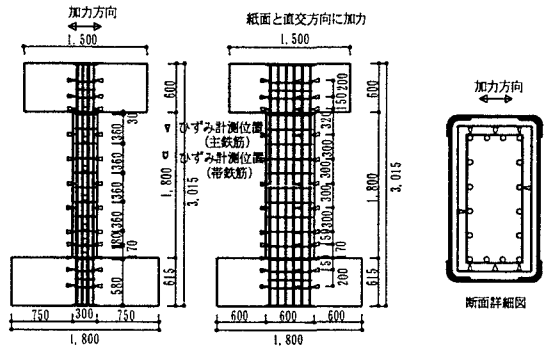


図-2 試験体の断面配筋

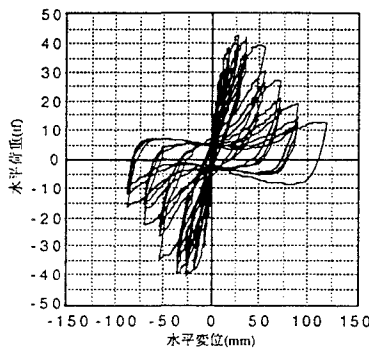


図-3 本実験による水平荷重と水平変位の関係

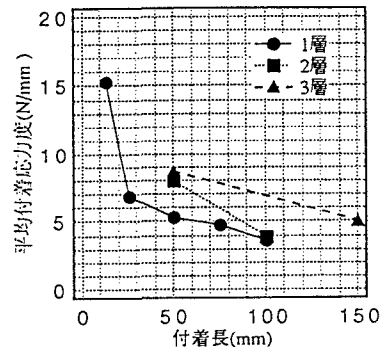


図-4 平均付着応力度と付着長の関係