

接着層厚・CFRP 板の定着長が断面欠損した鋼柱部材の圧縮耐力に及ぼす影響について

首都高速道路 正会員 今井貴也 東京都立大学 正会員 タイウィサル・中村一史
首都高速道路技術センター 正会員 上條崇・小林明史
首都高速道路 正会員 平野秀一 日本エンジニアリング 正会員 政門哲夫
ダイクレ 正会員 鈴木啓之 ITW PP & F JAPAN 中川健太

1. はじめに

本研究は、腐食により断面欠損した鋼桁端部に対して、軽量で、現場でのハンドリングに優れる立体 CFRP 板と低弾性・高粘度の接着剤 (MA530) による急速施工を特徴とした補修工法の開発を目的としたものである。過年度の研究¹⁾では、本補修工法を適用すれば、桁端の断面欠損を模擬した試験体は、断面欠損のない健全体と同等の圧縮耐力まで回復することを確認したが、接着剤の厚さを規定していなかった。また、CFRP 板の適切かつ合理的な寸法も検討されていなかった。そこで、本研究では、接着層厚、CFRP 板の定着長が断面欠損した鋼柱部材の圧縮耐力の性能回復に及ぼす影響を検討することを目的として、H 形試験体を対象に静的載荷試験により検討した。

2. 断面欠損した鋼柱部材のモデル化と実験方法

2.1 試験体とセットアップ

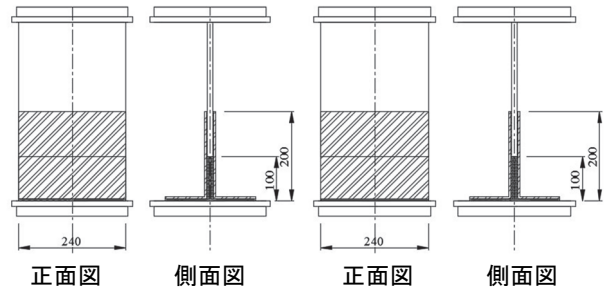
試験体は、H 形試験体 (SM400) とした。表-1、表-2 に、鋼材 (SM400)、実験に用いた接着剤 (MA530) の材料特性をそれぞれ示す。図-1、図-2 に、試験体モデル、補修モデルをそれぞれ示す。試験体は、断面欠損を与えない健全体の試験体 (NR000)、元の板厚に対して、下端 100mm の 75% 欠損 (NR075)、100% 欠損を与えた試験体の 3 種類を対象とした。図-3 に、使用する CFRP 板を示す。75%、100% 欠損に対しての補修モデルをそれぞれ RR075、RR100 とする。

表-1 鋼材 (SM400) の材料特性

降伏強度 σ_y (N/mm ²)	276
引張強度 σ_{tu} (N/mm ²)	433
伸び δ (%)	30

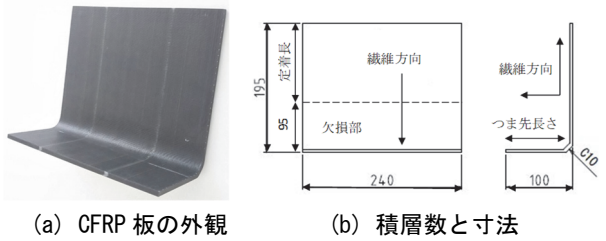
表-2 接着剤 (MA530) の材料物性値

引張弾性係数 (N/mm ²)	759
引張強度 (N/mm ²)	18.1
引張せん断接着強さ (N/mm ²)	9.9
可使時間 (min)	30
硬化時間 (h)	2



(a) RR075T02-17-100-100 (b) RR100T02-17-100-100

図-2 補修した柱部材のモデル化 ($t_a=2\text{mm}$, 単位: mm)



(a) CFRP 板の外観 (b) 積層数と寸法

図-3 L 形の CFRP 板 (定着長 100mm)

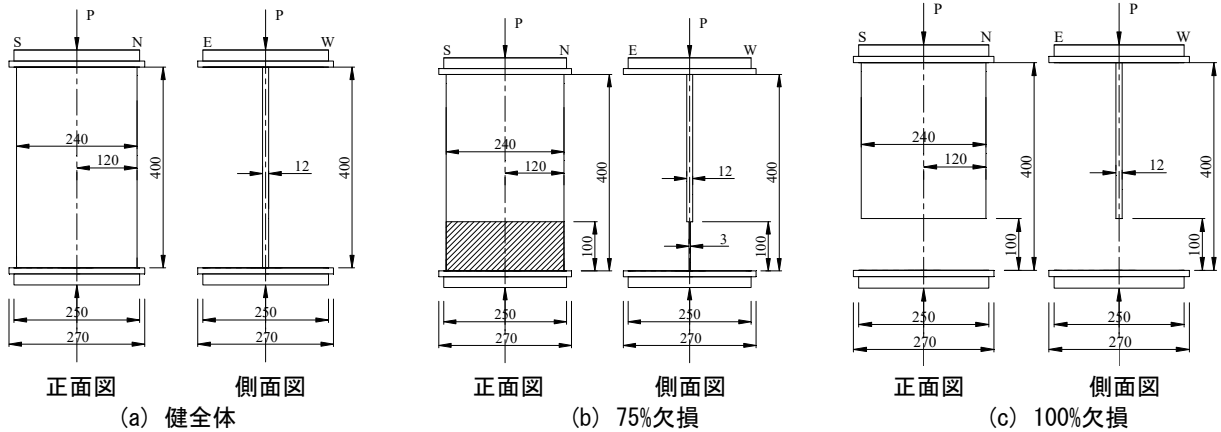


図-1 柱部材のモデル化 (単位: mm)

キーワード 接着接合, CFRP 板, 低弾性接着剤, 性能回復
連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 TEL.042-677-1111 内線(4564)

2.2 補修設計と施工方法

表-3 に、試験体の実験パラメータを示す。CFRP 板に使用した炭素繊維シートは中弾性タイプ（弾性係数 440kN/mm^2 ，引張強度 2400N/mm^2 ）であり，鋼材の欠損率 75%，100%と等価な剛性となる積層数とした。RR100 では，専用架台で支持して補修を行った。定着長は一般部の接着長さであり，ウェブ面で 50，100，200mm，フランジ面で 50，100mm とし，その組み合わせを検討した。フランジ面の検討は，支承のセットボルトの干渉に配慮したものである。鉛直変位は，試験体の 4 箇所に設置した変位計の平均値とした。

3. 実験結果と考察

図-4 に，荷重と鉛直変位の関係を示す。表-4 に，試験体の最大荷重と破壊形式を示す。図，表より，RR075，RR100 では，鋼材の欠損率と等価な剛性となる積層数（それぞれ 13 層，17 層）で，定着長 100mm の場合，健全体に対して，それぞれ約 90%，80%の圧縮耐力まで回復し，破壊形式は CFRP 板の圧壊となることがわかった。一方，RR075 で積層数を 17 層，RR100 で定着長を 200mm とすると，圧縮耐力は健全まで回復し，破壊形式は CFRP 板の圧壊，未接着部の変形となることを確認した。さらに，つま先長さの短縮（50mm）が耐力に及ぼす影響は小さいといえた。

図-5 に，荷重と鋼材のコバ面下端から 15mm 位置における軸ひずみの関係を示す。図より，欠損率 75%の部位は，CFRP 板が接着された場合でも，健全体の 50%の作用荷重で降伏するものの，降伏後も荷重が増加することがわかる。これは，断面欠損した鋼部材は，降伏後も CFRP 板により面外変形が抑制されることによるものと考えられた。

4. まとめ

以上のことから，健全と同等の性能回復のためには，欠損率 75%，100%の補修では，接着層厚は 2mm 程度で，CF シートの必要積層数は 17 層，必要定着長はそれぞれ 100，200mm とすればよいことがわかった。さらに，セットボルトを考慮して，フランジ部のつま先長さは 50mm に短縮できることが確かめられた。なお，破壊形式の妥当性は，別途，本モデルを対象に有限要素解析を行って，検証している。

参考文献

- 1) 今井貴也，中村一史，平野秀一，増井隆，上條崇，政門哲夫，鈴木啓之，中川健太：断面欠損した鋼柱部材の CFRP 板と低弾性接着剤による性能回復に関する検討，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.75，No.5，pp.II-6-II-18，2019.5

表-3 試験体の実験パラメータ

試験体名	欠損率 (%)	接着層厚 t_a (mm)	定着長・つま先長さ (mm)
NR000	0	—	—
NR075	75	—	—
RR075T01-13-100-100	75	1	100-100
RR075T02-13-100-100		2	
RR075T05-13-100-100		5	
RR075T02-17-100-100		2	100-50
RR075T02-17-100-050		2	
RR075T02-17-050-050		2	
RR100T02-17-100-100	100	2	100-100
RR100T05-17-100-100		5	
RR100T02-17-200-100		2	100-200

表-4 最大荷重と破壊形式

試験体名	最大荷重		破壊形式
	(kN)	比	
NR000	807.1	1.000	高さ中心付近の面外変形
NR075	92.2	0.114	断面変化部の局所変形
RR075T01-13-100-100	737.2	0.913	CFRP 板圧壊後，はく離，断面変化部・高さ中心付近での面外変形の混在
RR075T02-13-100-100	760.3	0.942	
RR075T05-13-100-100	769.6	0.954	
RR075T02-17-100-100	807.8	1.001	
RR075T02-17-100-050	806.4	0.999	
RR075T02-17-050-050	703.6	0.871	CFRP 板のはく離
RR100T02-17-100-100	651.6	0.807	CFRP 板圧壊後，はく離
RR100T05-17-100-100	628.8	0.779	
RR100T02-17-200-100	831.6	1.030	

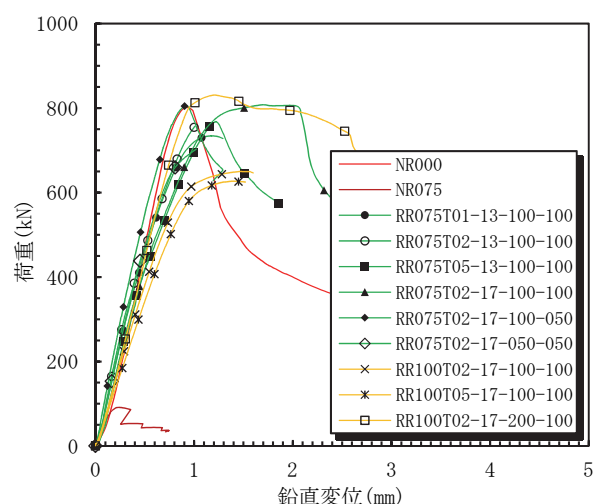


図-4 荷重と変位計平均による鉛直変位の関係

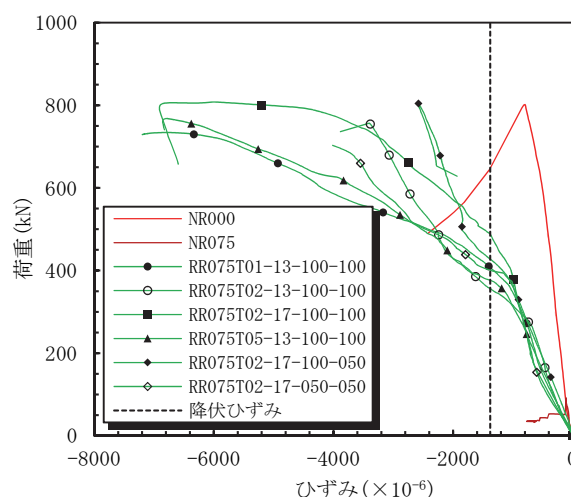


図-5 荷重とコバ面下端から 15mm 位置のひずみの関係