

損傷したRC柱の早期復旧方法の開発 — 補修・補強方法に関する確認実験 —

服部 尚道* 瀬野 康弘**
早川 健司** 黒岩 俊之**

要約: 兵庫県南部地震で損傷した RC 柱は、様々な補修、補強が施され復旧・供用されている。中でも数多く採用された鋼鉄巻立て工法は、注入材・充填材による補修、補強材の設置、充填材による既設柱と補強材の隙間の間詰めといった3段階の施工で構築される。筆者らは、さらなる早急な復旧を実現することを目的として、補強材の設置後、ひび割れ注入と、既設柱と補強材の隙間の間詰めを一時に行う簡便な補修・補強方法を考案した。そこで、本工法の補修・補強効果を確認するため、曲げ降伏後にせん断破壊した RC 柱を対象として、施工性を考慮した軽量プレキャストコンクリート補強部材と、発泡エポキシ樹脂やアクリル樹脂の充填材を用いて補修・補強を施した試験体の正負交番繰返し載荷実験を実施した。その結果、本工法により補修・補強した RC 柱の破壊形式は曲げ破壊へ移行するが、変形性能は既往の設計式により算出した設計靱性率を若干下回ったことから、本工法がひび割れ注入性に劣ることを考慮して設計すれば復旧工法として適用できることを確認した。

キーワード: 鉄筋コンクリート柱、補修、補強、復旧、プレキャスト部材

- 目次:**
1. はじめに
 2. 実験概要
 3. 実験結果および考察
 4. まとめ

1. はじめに

兵庫県南部地震で損傷した RC 柱は、様々な補修、補強が施され復旧・供用されている。中でも数多く採用された鋼鉄巻立て工法は、注入材・充填材による補修、補強材の設置、充填材による既設柱と補強材の隙間の間詰めといった3段階の施工により構築されており、目的が異なる補修、補強は別工種で実施されてきた。そこで、筆者らは、補修、補強を同一工種として施工することでさらなる早急な復旧を実現するため、補強材の設置後、ひび割れ注入と、既設柱と補強材の隙間の間詰めを一時に行う簡便な補修・補強方法を考案した。本工法は、一般にひび割れ補修材として用いられている発泡エポキシ樹脂やアクリル樹脂を、損傷柱のひび割れと既設柱と軽量プレキャストコンクリート補強部材との隙間に一時に充填するもので、従来工法と比較してひび割れ注入性は劣るものと予想されるが、施工の簡略化が図れ、補強材との一体化により耐震性能の改善が期待できる。

そこで、本工法の補修・補強効果を確認するため、曲げ降伏後にせん断破壊した損傷 RC 柱を対象として、施工性を考慮した軽量プレキャストコンクリート補強部材と発泡エポキシ樹脂、アクリル樹脂の充填材を用いて補修・補強を施した RC 柱の正負交番繰返し載荷実験を実施した。

2. 実験概要

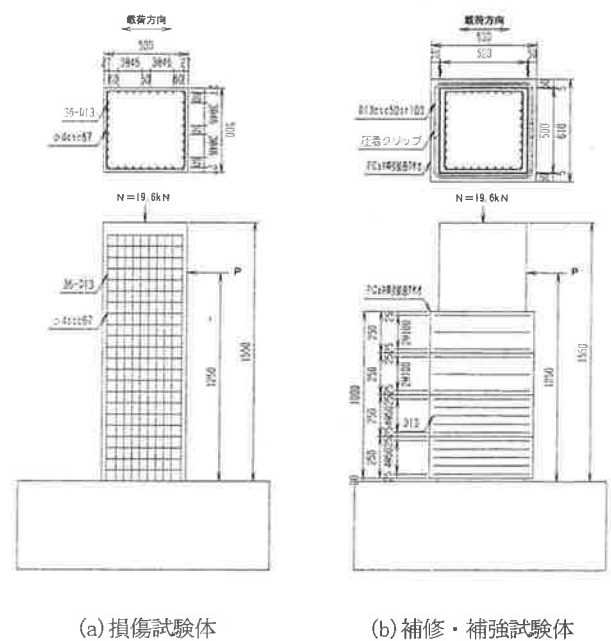


図1 試験体一般図

損傷した柱には、既往の研究¹⁾において曲げ降伏後にせん断破壊した試験体を用いた。今回実施する補修・補強の目的は、損傷 RC 柱のせん断耐力の回復を図り、変形性能を改善することである。損傷試験体と補修・補強

表 1 試験体の諸元

試験体	コンクリート orモルタル 圧縮強度 (N/mm ²)	充填材		主鉄筋			帯鉄筋			設計 靱性率 μd
		種類	圧縮強度 (N/mm ²)	配置	降伏強度 (N/mm ²)	主鉄筋比 (%)	配置	降伏強度 (N/mm ²)	帯鉄筋比 (%)	
R10	30.0	—	—	36-D13	360	1.82	$\phi 4@67$	330	0.075	—
R20	27.5	—	—	36-D13	360	1.82	$\phi 4@67$	330	0.075	—
R10-PE	34.6	発泡エポキシ	25.3	—	—	—	D13@50	333	0.75	10.7
R20-PA	31.6	アクリル	69.0	—	—	—	D13@50	333	0.75	10.9

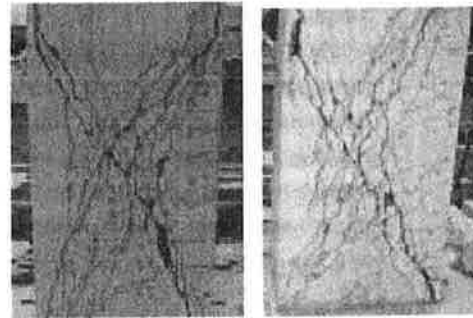
後の試験体の形状・寸法を図 1 に、試験体の諸元を表 1 に示す。損傷試験体の損傷前の断面は 500mm×500mm、せん断スパンは 1250mm、せん断スパン比 2.5 であり、コンクリートの骨材の最大寸法が 10mm の R10 試験体と 20mm の R20 試験体を用いた。プレキャストコンクリート補強部材は、本実験では軽量モルタル（単位体積重量：1.39t/m³）を使用したロ型断面の帯鉄筋内蔵型補強部材であるが、実施工ではさらに軽量化を図るためコ型の補強部材を用い帯鉄筋を介して圧着継手により接合後、接合部の無収縮モルタル詰めを行い補強部材が完成することを想定している。補強部材の断面は、損傷試験体がせん断破壊し載荷方向に 20mm はらみ出していたため、外寸 610mm×630mm、内寸 510mm×530mm 厚みは 50mm とした。また、1 ブロックの高さは 250mm であり、重量は約 44kgf である。補強範囲は部材高さ方向に 1000mm とし、曲げ耐力が向上するのを防止するため、柱基部から 20mm の隙間を設けている。内蔵する帯鉄筋は、下側の 2 ブロックは D13 を 50mm 間隔で配置し、上側 2 ブロックは 100mm 間隔で配置した。使用した充填材は、R10 試験体には膨張力によりひび割れに充填するとされている発泡エポキシ樹脂を、R20 試験体には流動性の高いアクリル樹脂を使用した。損傷試験体のひび割れ状況を写真 1 に、試験体の補修・補強状況を写真 2 に示す。補修・補強試験体の設計は RC プレキャスト型枠工法設計指針²⁾に準じ、目標靱性率を 10 以上とした。

載荷方法は、一定軸力 19.6kN のもと、正負交番繰返し載荷とし、載荷繰返し回数は降伏変位 (d_y) を基準として $\pm 1 d_y$, $\pm 2 d_y$, $\pm 3 d_y$, $\pm 4 d_y$, …… $\pm n d_y$ までの載荷を各 3 サイクルずつ繰り返す、各変位 1 回目の載荷で復元力が降伏耐力よりも低下した場合を終局状態とみなし、そのサイクルで載荷終了とした。ここで、各試験体の降伏変位 (d_y) は、損傷試験体の損傷前の降伏変位を適用した。

載荷装置は反力フレームに架設されたサーボ制御の 1500 kN 試験機により水平力を載荷した。

3. 実験結果および考察

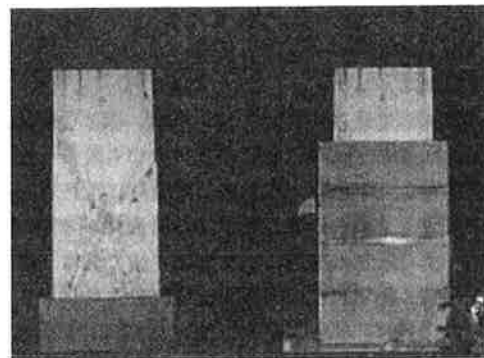
試験体の破壊状況を写真 3 に、結果一覧を表 2 に示す。



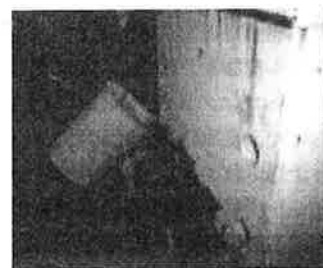
(a) R10 試験体

(b) R20 試験体

写真 1 損傷試験体のひび割れ状況



(a) 補強部材設置



(b) 充填材の流し込み

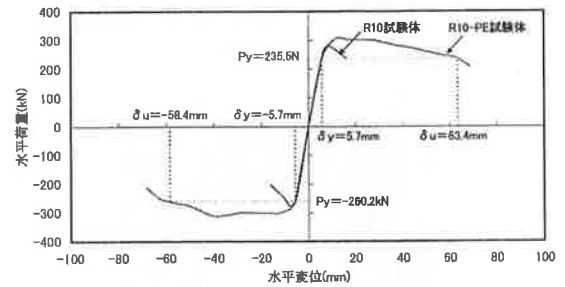
写真 2 試験体の補修・補強状況

終局状態における破壊形式は R10, R20 試験体がせん断破壊であったのに対し, R10-PE, R20-PA 試験体は曲げ破壊となった。なお, 破壊形式の判定は, 終局時におけるひび割れ状況およびプレキャスト補強部材内に配置した帯鉄筋のひずみにより判定した。

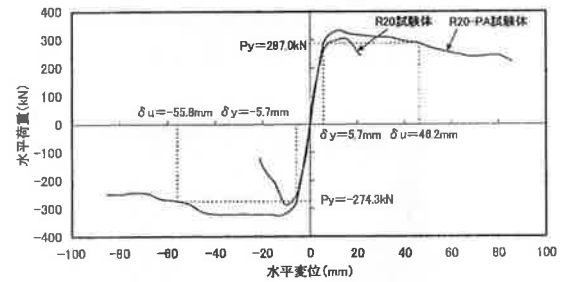
図 2 に損傷試験体と補修・補強試験体の荷重-変位包絡線の比較図を示す。補修・補強を施した R10-PE, R20-PA 試験体は損傷前の R10, R20 試験体の耐力を上回ると共に, 変形性能が改善されたことが確認できた。

また, 靱性率については表 2 に示すように R10-PE では設計靱性率をほぼ満足したものの, R20-PA では若干下回る結果となった。そこで, 載荷実験後に試験体のコア抜きを行い, 発泡エポキシとアクリルの充填状況を確認した(写真 4, 5 参照)。その結果, 主鉄筋より外側のかぶりコンクリート部のひび割れに対しては確実に充填されていたが, 主鉄筋より内側の内部コンクリートのひび割れに対しては発泡エポキシでは最小 0.40mm のひび割れ幅まで, アクリルでは最小 0.20mm のひび割れ幅まで充填できていることが確認できたものの, それ以上のひびわれ幅でも充填されていない箇所があることを確認した。

そこで, 表 2 に示すように, 設計靱性率算出時におけるせん断耐力のうちコンクリート負担分についてコア部分を控除して算出した結果, 実験値は修正設計靱性率をほぼ満足する結果となった。

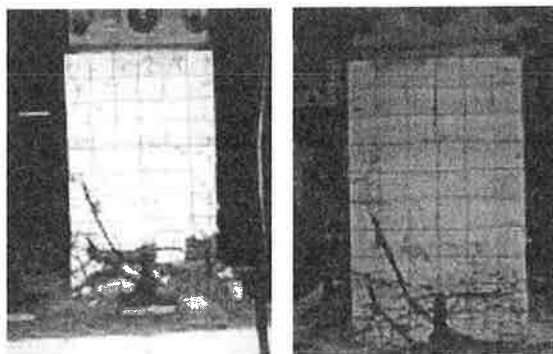


(a) R10, R10-PE 試験体



(b) R20, R20-PA 試験体

図 2 荷重-変位包絡線



(a) R10-PE 試験体

(b) R20-PA 試験体

写真 3 試験体の破壊状況

表 2 結果一覧

試験体	破壊形式	靱性率	修正設計靱性率
R10-PE	曲げ破壊	正側: 11.1 負側: 10.2	9.3
R20-PA	曲げ破壊	正側: 8.1 負側: 9.8	9.5



(a) コア抜き位置



(b) 柱基部から 625mm のコア抜き供試体 ((a)の斜線部)

写真 4 R10-PE 試験体のコア抜き供試体



(a) コア抜き位置



(b) 柱基部から 625mm のコア抜き供試体 ((a)の斜線部)

写真5 R20-PA 試験体のコア抜き供試体

付 記

本研究は、武蔵工業大学土木工学科吉川研究室との共同研究として行われたものである。

参考文献

- 1) 大滝健：Size Effects in Shear Failure of Reinforced Concrete Bridge Columns, 京都大学博士論文, 2001.3
- 2) (財) 鉄道総合技術研究所：既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針—RCプレキャスト型枠工法編一, 1996.12

TESTS ON REINFORCED CONCRETE COLUMNS RETROFITTED WITH SIMPLE JACKETING

H.Hattori, Y.Seno, K.Hayakawa, and T.Kuroiwa

Many reinforced concrete columns damaged in the Hyogo-ken Nanbu Earthquake were retrofitted with various techniques and have been under service so far. In various retrofitting techniques, steel jacketing is one of the most popular schemes, which has three major procedures to be completed as follows,

1. Injection of resin or cement grout to cracks
2. Placing of steel jackets
3. Infill the gap with cement grout

In order to save time for restoration, the author proposed to combine the procedure 1 and 3 and to use lightweight pre-cast concrete jackets instead of steel. This paper reports the results of cyclic loading tests of retrofitted columns using the proposed technique. Test columns before retrofitting had extensive shear cracks and sparkling epoxy resin or acryl resin were used for injection. As a result, the retrofitted columns attained their flexural strength exhibiting propriety as a retrofit method, however, insufficient crack injection should be taken into account when design because displacement ductility level was slightly lower than the expected design ductility level.