

損傷を受けたRC柱の応急復旧を想定した補修効果に関する実験的研究

清水建設（株）技術研究所 正会員 ○滝本和志
清水建設（株）技術研究所 正会員 吉武謙二

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）橋脚や高架橋が大規模な地震によって損傷を受けた場合、物資運搬などの必要性から短時間で機能を回復させる必要がある^{1,2)}。本研究では、RCラーメン高架橋の柱を対象として、正負交番載荷実験で基部に損傷を受けたRC柱の応急復旧を想定した補修効果について実験的な検討を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体 試験体は、高架橋柱をモデル化した1/2スケールのA-1試験体と柱基部の剛性を高めたA-4試験体の2体である。断面は300mm×300mm、載荷点までの高さ1450mmとした。主鉄筋はD16を12本配置し、帯鉄筋には丸鋼（φ4）を50mm～100mmピッチで配置した。A-4試験体は基部の剛性を高めるため、柱基部1D（D：断面高さ300mm）の範囲に長さ300mmのD16鉄筋24本を2本ずつ各主鉄筋に束ねた。試験体の配筋図を図-1に示す。補修後の試験体名をそれぞれA-1R、A-4Rとする。

2.2 載荷方法 載荷方法は、計算降伏荷重の75%での載荷を正負1回行った後、柱基部の主鉄筋ひずみが降伏ひずみに達した時点の載荷点変位を降伏変位（1δ_y）として、降伏変位の整数倍で載荷変位を増加させながら正負交番載荷を行った。同一変位における繰返し回数は3回（7δ_y以降は1回）とした。2体ともに、1次載荷、補修、2次載荷を実施した。1次載荷では最大荷重に達した後、降伏荷重の80%以下に荷重が低下するまで載荷を行った。2次載荷は1次載荷と同じ載荷変位とし、降伏荷重の50%程度まで載荷を行った。なお、軸応力度は3.3MPaで載荷中すべて一定とした。

2.3 補修方法 補修方法は、ポリマーセメントモルタルによる断面修復、ひび割れへのエポキシ樹脂注入およびアラミド繊維シート（目付量415g/m²）2層巻き付けとした。ただし、応急復旧を想定して各工程を1日で実施できるように、ひび割れ注入は基部から2Dの範囲、シート巻き付けは1.5Dの範囲のみとした。座屈した主鉄筋はそのまま使用し、フックがはずれた帯鉄筋も曲げ直して再利用した。補修後の断面はシート巻き付け位置でA-1Rが310mm×320mm、A-4Rが310mm×330mmとなった。表-1にコンクリートと断面修復材の材料特性を、表-2に鉄筋の材料特性を示す。

3. 実験結果と考察

3.1 1次載荷 A-1試験体は、降伏前に曲げひび割れが発生、1δ_y載荷で斜めひび割れが発生した。3δ_y載荷で柱基部に圧壊が見られ、5δ_y載荷でかぶりコンクリートのはく落および主鉄筋の座屈が発生した。6δ_y載荷の途中で基部から150mm位置の帯鉄筋が破断し、その上下の帯鉄筋のフックがはずれて荷重が大きく低下したため、載荷を終了した。A-4試験体は、4δ_y載荷でかぶりコンクリートのはく落し、5δ_y載荷で主鉄筋の座屈が発生したが、その後の荷重低下はゆるやかで、8δ_y載荷で帯鉄筋がフック部で破断し、荷重が降伏荷重の80%を下回ったため載荷を終了した。基部の剛性を高めるために追加した2本の鉄筋は座屈せず、コアコンクリートの損傷は軽微であった。A-1

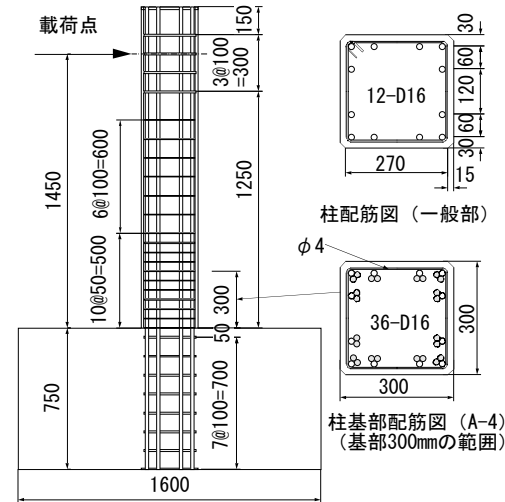


図-1 試験体の配筋

表-1 コンクリートと断面修復材の材料特性

試験体	コンクリート		断面修復材
	f'c	Ec	f'c
A-1	28.8	29.6	—
A-1R	36.1	30.4	42.4
A-4	32.7	28.4	—
A-4R	37.5	30.3	36.5

表-2 鉄筋の材料特性

鉄筋	fsy	fsu	Es
D16	392.0	599.3	192.2
φ4	469.0	565.5	207.0

f'c:圧縮強度(N/mm²) fsy:降伏点(N/mm²)
fsu:引張強度(N/mm²) Ec:弾性係数(N/mm²)

表-3 降伏変位と荷重

試験体	降伏変位(mm)	降伏荷重(kN)
A-1	13.8	92.0
	-12.3	-97.0
A-4	12.8	96.8
	-12.2	-88.8

キーワード：RC柱、補修、応急復旧、断面修復、ひび割れ注入、アラミド繊維シート

〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL(03)-3820-6962 FAX(03)-3820-5959

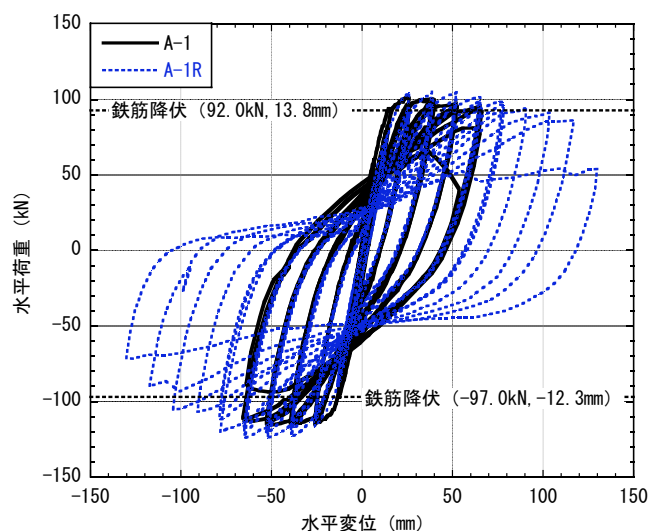


図-2 履歴曲線の比較

試験体は正側、A-4 試験体は負側の損傷が大きかった。表-3に降伏時の変位と荷重を示す。

3.2 2次荷重 A-1R 試験体は8 δ_y 荷重まで降伏荷重を保持していたが、9 δ_y 荷重時に座屈した主鉄筋に押されてシートが破断し始め、10 δ_y 荷重で荷重が大きく低下した。A-1R 試験体の最終状況を写真-1に示す。主鉄筋の破断は1本のみであった。A-4R 試験体もA-1R 試験体と同様の挙動を示したが、10 δ_y 荷重以降において柱上部の未補修部に発生した斜めひび割れが大きく開くようになった。このように部分的な補修の場合、未補修部分が損傷を受ける可能性が考えられる。その後の荷重で四隅の主鉄筋を含む5本の主鉄筋が破断した。

3.3 補修効果 図-2に補修前後の履歴曲線の比較(A-1、A-1R)を、図-3に包絡線の比較を示す。水平な2本の破線はA-1試験体の降伏荷重である。これらの図から今回採用した補修工法によって、耐力、変形性能ともに損傷前の性能まで回復していることがわかる。

2回の荷重における剛性および最大荷重の

比較を表-4に示す。剛性は正側荷重時の初期剛性(ひび割れ発生時の割線剛性)と降伏剛性(降伏変位時の割線剛性)を示す。ひび割れ注入を基部から2D範囲のみとしたため、2次荷重時の初期剛性はかなり低下しているが、降伏剛性は90%近くまで回復している。2次荷重時の最大荷重は、すべて1次荷重を上回っているが、1次荷重で損傷が小さかった側の荷重の増加の程度に比べて、損傷が大きかった側の最大荷重はほとんど増加しておらず、荷重の回復程度は損傷度の影響を受けることが考えられる。

4. まとめ

基部に損傷を受けたRC柱の応急復旧を想定した補修効果について実験的な検討を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 柱基部のみの補修では、補修後の初期剛性は大きく低下するが、降伏剛性は90%近くまで回復できる。
- (2) 補修後の耐力の回復率は損傷度の影響を受けるが、無損傷時の耐力まで回復することができる。
- (3) 部分的な補修の場合、未補修部分が損傷を受ける可能性がある。

参考文献

- 1) 稲熊 弘・関 雅樹：損傷レベル4の大変形領域まで損傷させた鉄道高架橋RC柱の補修効果に関する実験的研究、土木学会構造工学論文集、Vol.51A、2005
- 2) 仁平達也・谷村幸裕・岡本 大・田所敏弥：曲げ損傷を受けたRC柱の補修後の部材特性に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、No.2、2006

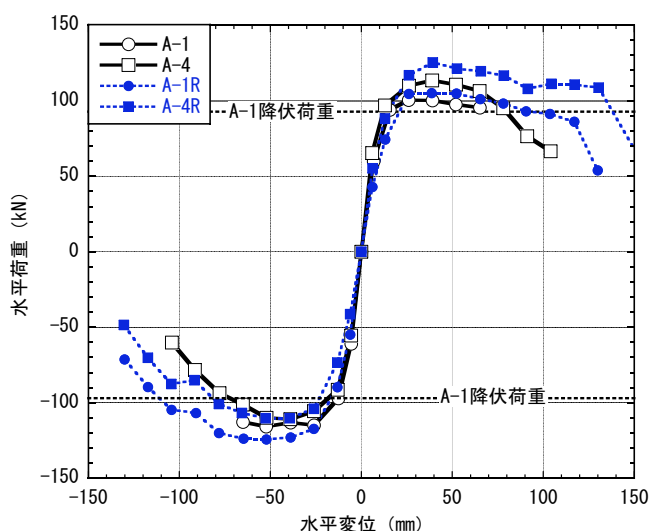


図-3 包絡線の比較



写真-1 A-1R 試験体の損傷状況

表-4 剛性と最大荷重の回復率

試験体	剛 性				最大荷重		
	初期剛性 (kN/mm)	回復率 (%)	降伏剛性 (kN/mm)	回復率 (%)	正側 (kN)	負側 (kN)	平均回復率(%)
A-1	19.2	47	6.7	85	101.1	-115.8	106
A-1R	9.1		5.7		105.1	-124.3	
A-4	20.2	73	7.6	89	113.4	-111.4	106
A-4R	14.8		6.8		125.4	-111.5	