

ひび割れへのエポキシ樹脂注入補修による RC 橋脚の耐震性能回復効果

北海道開発土木研究所 正会員 ○渡邊 一悟
 (株)長 大 正会員 長谷川 正
 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震発生以降、RC橋脚の塑性変形性能に着目した地震時保有水平耐力法による耐震設計が本格的に導入されたことにより、RC橋脚の耐震性能は飛躍的に向上している。しかしながら、塑性領域における損傷を許容するという事は、被災後に構造物を供用するために、機能復旧を目的とした補修を行う必要があることを意味している。本研究では、水平交番載荷により塑性領域に達する損傷を与えたRC橋脚供試体に対してひび割れ部へのエポキシ樹脂注入補修を施し、補修完了後に再度載荷を行う手法で、補修したRC橋脚の耐震性能回復効果に関する検討を行った。

2. 実験概要

実験に用いる供試体は、検討対象として道路橋で一般的に見られるRC壁式橋脚を想定し、実構造物に極力近い規模のものを用いるものとして、橋脚高4.0m及び2.0mの2種類とした。橋脚形状は、いずれの供試体も断面寸法比1:3、せん断スパン比5.0とし、主鉄筋比、横拘束筋体積比が同程度になるように設計を行った。

交番載荷実験は、まず、橋脚基部の引張側鉄筋ひずみが降伏ひずみに達するまでひずみ制御にて載荷を行い、この時点における載荷点変位を降伏変位 δ_y 、水平荷重を降伏荷重 P_y と定義した。その後の載荷では、片振幅を降伏変位の整数倍で漸増させる変位制御として、各変位振幅毎に3回繰り返し載荷する方法とした。

補修を行う供試体については、補修前の予備載荷として所定の損傷を与えた後、水平変位を0に戻した状態で低圧低速注入工法にてひび割れへのエポキシ樹脂注入を行い、再度正負交番載荷実験を行うものとした。

なお、補修後の載荷実験の際には、予備載荷で主鉄筋ひずみゲージが測定不可能となるため、補修を行わない基準供試体の降伏変位 δ_y を基準変位として繰り返し載荷を行うものとした。

補修を行う供試体の予備載荷は、損傷状態としてひび割れ幅が0.5mm程度まで進展した状態からかぶりコンクリートが膨らみ出す直前の状態までを想定し、 $3\delta_y$ 、 $4\delta_y$ 、 $5\delta_y$ 、 $6\delta_y$ の4段階に設定した。

表-1には使用した供試体の一覧を示している。表中、供試体名の第1項目は供試体高、第2項目は補修の有無(N:無補修、R:樹脂注入)、第3項目は予備載荷変位振幅(δ/δ_y)を示している。

供試体製作に用いたコンクリートは呼び強度24MPaの普通コンクリートであり、鉄筋はSD345材である。

表-1 供試体一覧表

供試体名	躯体高 (m)	断面寸法 (m)	引張主鉄筋比 (%)
4.0-N	4.0	0.80×2.40	0.38
4.0-R-4	4.0	0.80×2.40	0.38
4.0-R-6	4.0	0.80×2.40	0.38
2.0-N	2.0	0.38×1.14	0.45
2.0-R-3	2.0	0.38×1.14	0.45
2.0-R-5	2.0	0.38×1.14	0.45
供試体名	横拘束筋体積比 (%)	予備載荷 (δ_y)	樹脂注入量 (cc)
4.0-N	0.24	—	—
4.0-R-4	0.24	4	12,333
4.0-R-6	0.24	6	27,101
2.0-N	0.20	—	—
2.0-R-3	0.20	3	845
2.0-R-5	0.20	5	2,460

キーワード 壁式RC橋脚, エポキシ樹脂注入, 変形性能, 正負交番載荷

連絡先 〒060-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目 TEL 011-841-1698 FAX 011-820-2714

表-2 実験結果一覧

供試体名	変位 (mm)		荷重 (kN)		塑性率
	δy	δu	P_y	P_a	$\delta / \delta y$
4.0-N	22.5	202.5	431	606	9
4.0-R-4	22.5	270.0	316	662	12
4.0-R-6	22.5	247.5	315	657	11
2.0-N	12.2	97.6	94	126	8
2.0-R-3	12.2	134.2	76	131	11
2.0-R-5	12.2	158.6	74	132	13

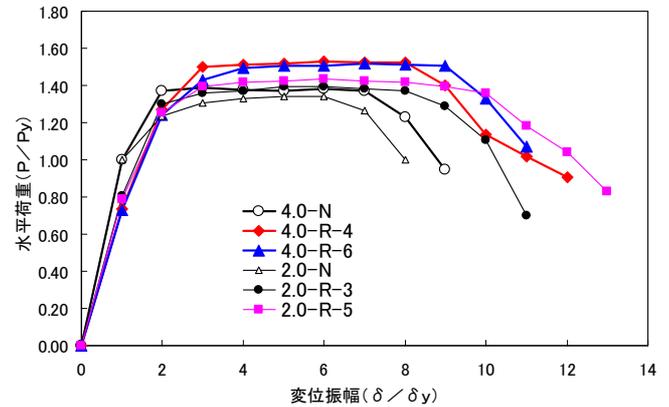


図-1 荷重-変位関係包絡線

3. 実験結果

表-2には実験結果を一覧表にして示している。表中の δy 、 P_y は降伏変位、降伏荷重を、 P_a は載荷荷重の最大値を、 δu は終局時の変位を示している。また、図-1には降伏変位、降伏荷重で無次元化した1サイクル目の荷重-変位関係の包絡線を示している。

図および表より、補修を施した供試体の降伏変位時荷重は基準供試体の73~81%と低い値を示すが、4.0-R-4、4.0-R-6供試体は $3\delta y$ 以降、2.0-R-3、2.0-R-5供試体は $2\delta y$ 以降の荷重が補修前の荷重を上回っており、最大荷重 P_a も5~9%程度増加していることがわかる。降伏変位時荷重が低めの値を示すのは、エポキシ樹脂注入が不可能な微細なひび割れ(0.1mm程度以下)が残留するためであると考えられる。

また、終局変位 δu を降伏変位 δy で除して評価する終局塑性率は、基準となる4.0-N供試体が9、2.0-N供試体が8であるのに対して、補修を施した供試体は11~13を示しており、補修前と比較して大きな靱性能を示していることが分かる。

図-2には、補修を施した各供試体の履歴吸収エネルギー累積値の各変位振幅毎の推移状況を示している。

履歴吸収エネルギー量は、躯体高4.0mの供試体と2.0mの供試体で大きく異なるため、図中では、補修を施した供試体の履歴吸収エネルギー量を基準供試体の履歴吸収エネルギー量で除して無次元化した値を用いて示している。図より、載荷初期の段階では、各供試体とも基準供試体よりも小さな値を示しているが、2.0-R-3、4.0-R-4供試体では $7\delta y$ 、2.0-R-5、4.0-R-6供試体では $8\delta y$ で基準供試体の履歴吸収エネルギー量を上回ることで、予備載荷変位振幅の小さな供試体ほど吸収エネルギー量が大きくなる傾向にあることがわかる。

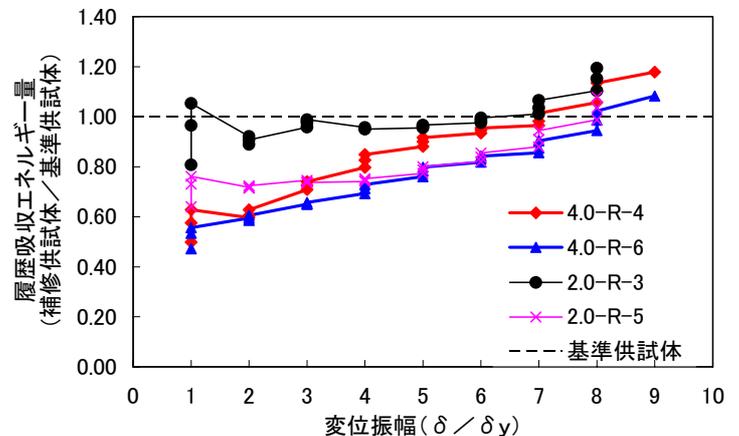


図-2 履歴吸収エネルギー累積値

4. まとめ

- (1) 水平ひび割れが卓越した状態から、かぶりコンクリートが剥離する直前の状態でエポキシ樹脂注入補修を行うことで、塑性変形性能は補修前以上に回復する。
- (2) 載荷初期の水平荷重は、エポキシ樹脂注入が不可能な微細なひび割れが残留することから、補修前と比較して小さな値を示すが、 $3\delta y$ 以降では補修前以上の値を示す。
- (3) 履歴吸収エネルギーの累積値は、載荷初期の段階では基準供試体と比較して小さな値を示すが、基準供試体が終局となる載荷段階では、基準供試体を上回る値を示す。

以上より、水平ひび割れが卓越した状態からかぶりコンクリートが剥離する直前の状態で、ひび割れ部へのエポキシ樹脂注入補修を行うことにより、補修前と同程度以上の耐震性能を確保できることが明らかとなった。