

シヨ-ボンド建設(株) 正会員 泉 栄一

1. はじめに

東海地震や関東地震の危機が叫ばれている今日、震害後の構造物の残存耐震性能や補修効果の検証は復旧技術の重要なポイントである。現在、実際に震害を受けた場合の復旧対策として、建設省をはじめ各大学で検討が開始されている^{1),2)}。本実験は、地震を受けた鉄筋コンクリート部材を想定し、その被災度を3段階に分けて代表的な補修方法であるエポキシ樹脂注入による修復効果を検討するものである。

2. 実験概要

(1)供試体 主鉄筋量を変化させた曲げ型(Bシリーズ)と曲げせん断型(BSシリーズ)の2種類を各3体ずつ製作した。図-1に寸法詳細を示す。コンクリートはレデーミクストコンクリートを使用し、実験時の圧縮強度 $\sigma_c = 24.0 \text{ kg/cm}^2$ 、鉄筋はSD30($\sigma_{sy} = 36.0 \text{ kg/cm}^2$)である。

(2)載荷方法 図-2に示すような片持ちはり形式の正負繰返しで、はり自由端の変位を制御する。補修前ではB1・BS1は変形角 $R = 1/100$ まで、B2・BS2は $R = 3/100$ まで、B3・BS3は $R = 3/100$ までの変形で載荷を終了した後、エポキシ樹脂注入を行う。補修後は各供試体とも $R = 5/100$ まで載荷を行う。

(3)補修方法 ひびわれへの注入は図-3に示す注入器を用いて、ゴムの圧力を利用した低圧で長時間持続注入する方法で行う。コンクリート剥落部はパテ状のエポキシ樹脂を充てんして断面補修を行う。表-1に使用した樹脂(注入材・断面補修材)の特性を示す。

(4)測定 はり自由端の変位、鉄筋のひずみおよび曲率を高感度変位計、ストレインゲージおよびパイ型ゲージで検出する。

3. 実験結果と考察

(1)破壊状況 図-4に補修前(B3-ORI.)と補修後(B3-REP.)のひびわれ状況を示した。各供試体間で受けた最大変位の違いによるひびわれの本数や幅に違いがみられるが、基本的には補修前と補修後でひびわれ形式に大きな違いはなかった。ただし、補修後供試体の場合のひびわれは補修した箇所からは発生せずその近傍からであった。また、補修した箇所から破壊に至ることもしなかった。

(2)はり自由端の変位 図-5に荷重-はり自由端変位の履歴曲線を示した。履歴性状は耐力の上昇に関することを除けば補修前と補修後の差はほとんどなく、ほぼ同様のループを描いた。

(3)耐力 表-2に各供試体の各サイクルのピーク時の耐力と耐力

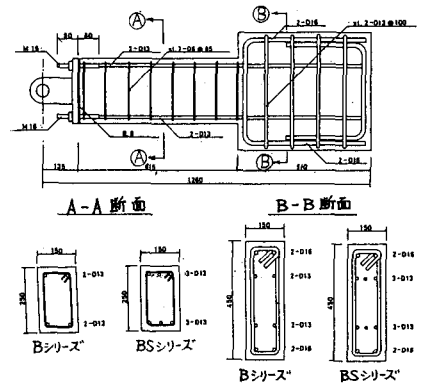


図-1 供試体形状・寸法

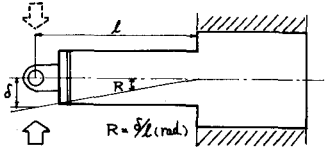


図-2 載荷方法と変形角

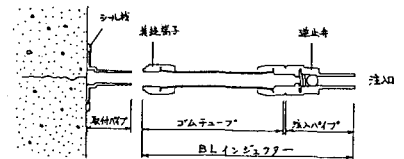
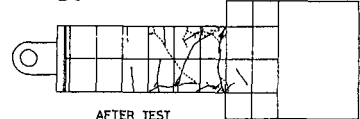


図-3 注入器具

表-1 使用樹脂の特性

試験項目	試験方法	単位	試料	値
圧縮強度	JIS K 7208	kg/cm ²	723	808
圧縮弾性係数	JIS K 7208	kg/cm ²	22500	62900
曲げ強度	JIS K 7203	kg/cm ²	—	492
引張強度	JIS K 7113	kg/cm ²	—	258
引張断面積	JIS K 6850	kg/cm ²	142	128

B3-ORI.



B3-REP

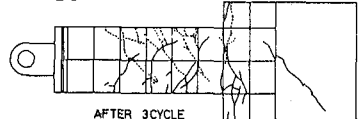


図-4 ひびわれ状況

上昇率を示した。表中の*印の値は、実験値ではなく最終サイクルの値を用いている。これは、図-5に示した履歴ループが降伏後は耐力の上昇はほとんどないという性状に基づいての推定値である。全供試体を通して、補修後の供試体の変形が大きくなる程、補修前の同変形時に対する耐力上昇率が高くなる傾向を示した。図-6に補修後の耐力上昇率を示した。耐力上昇率は正と負サイクルの平均値で示した。

ここで、エポキシ樹脂注入によってなぜ耐力が上昇するのか、その原因について実験結果から推測されることを考察してみる。実験終了後、注入状況を観察してみると目視では判断不能なひびわれや繰り返し載荷のために付着が失われていた鉄筋のまわりにまで完全に注入されていることが確認できた。(写真-1参照)この条件から以下のことが推測できる。

(1)鉄筋の付着強度が完全に回復し、さらにエポキシ樹脂により強化される。そのために補修前は均一なひずみ分布状態だったものが補修後は集中して大きくなり、また、補修前に累積されたひずみも加わって補修後は容易にひずみ硬化の状態に達する。

(2)鉄筋のまわりに完全に樹脂が注入されることにより、樹脂アンカーの引抜破壊と同じ状態になって見掛けの鉄筋径が増大した分だけ抵抗も増す。

(3)コンクリートが剝落したかぶり部分とエポキシ樹脂に置き換えると、コンクリートの圧縮強度の約4倍の強度を持つ樹脂の影響で中立軸が圧縮側に移動して応力中心間距離が長くなる。このために引張側鉄筋応力度 σ_t が補修前と補修後で等しくても部材の強度は上昇する。

4. まとめ

エポキシ樹脂注入による補修方法は耐力の回復だけではなく、耐力が上昇する傾向にある。本実験での耐力上昇は、曲げ破壊型では1.09~1.24倍、曲げせん断型では1.09~1.41倍である。

5. おわりに

樹脂注入による復旧技術の今後の課題は、本報告で述べた耐力上昇の原因を究明することと、復旧された構造物が永久構造物として機能するための耐久性等の検討することとして進めていきたい。

最後に、本実験にあたり御指導と御協力を頂いた建設省建築研究所第3研究部構造研究室長・中田慎介博士、同室技官・川島俊一氏、東京理科大学院生・関口秀治氏(現、熊谷組)、佐藤直昭氏、佐々木一氏に感謝の意を表す。

- <参考文献> 1)岩崎,伯野,益子:土木構造物の震災復旧技術の調査研究について 第3回年次学術会議:1-376
2)田才,佐藤,柳川,小谷,青山:RC部材の補修に用いた実験的研究 昭和37年建築学会大会(構造分科)
3)高橋,宗:樹脂による鉄筋定着に関する実験的研究 第37回年次学術会議:11-10

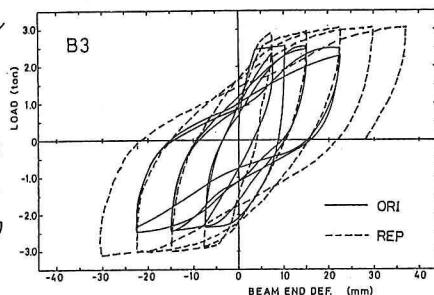


図-5 荷重-はり自由端変位

表-2 耐力と耐力上昇率

R		1/100		2/100		3/100	
		+CYCLE	-CYCLE	+CYCLE	-CYCLE	+CYCLE	-CYCLE
B1	P _{pos} (tonf)	2.47	2.27	2.47	2.27	2.47	2.27
	P _{neg} (tonf)	2.52	2.58	2.64	2.49	2.78	2.66
	P _{pos} /P _{neg}	1.18	1.14	1.07	1.10	1.13	1.17
	Ave.	1.16		1.09		1.15	
B2	P _{pos} (tonf)	2.48	2.44	2.57	2.53	2.57	2.59
	P _{neg} (tonf)	2.83	2.88	2.88	2.98	2.95	3.09
	P _{pos} /P _{neg}	1.14	1.18	1.12	1.15	1.15	1.19
	Ave.	1.16		1.14		1.17	
B3	P _{pos} (tonf)	2.51	2.33	2.56	2.46	2.49	2.45
	P _{neg} (tonf)	2.93	2.90	2.97	2.96	3.07	3.04
	P _{pos} /P _{neg}	1.17	1.24	1.16	1.20	1.23	1.24
	Ave.	1.21		1.18		1.24	
BS1	P _{pos} (tonf)	3.88	3.58	3.88	3.58	3.88	3.58
	P _{neg} (tonf)	4.16	3.95	4.07	3.73	4.30	3.98
	P _{pos} /P _{neg}	1.07	1.10	1.05	1.04	1.11	1.11
	Ave.	1.09		1.05		1.11	
BS2	P _{pos} (tonf)	3.75	3.69	3.67	3.72	3.67	3.72
	P _{neg} (tonf)	4.15	4.27	4.20	4.48	4.27	4.42
	P _{pos} /P _{neg}	1.11	1.16	1.14	1.20	1.16	1.19
	Ave.	1.14		1.17		1.18	
BS3	P _{pos} (tonf)	3.78	3.54	3.89	3.45	3.84	2.89
	P _{neg} (tonf)	4.36	4.15	4.51	4.28	4.67	4.64
	P _{pos} /P _{neg}	1.15	1.17	1.16	1.23	1.22	1.60
	Ave.	1.16		1.20		1.41	

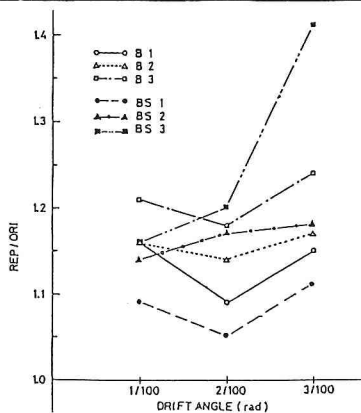


図-6 補修後の耐力上昇率

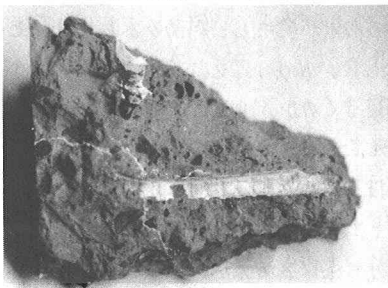


写真-1 エポキシ樹脂注入状況