

東北大学 正員 石田 博 樹
 国鉄仙幹工 正員 加藤 勝 美
 東北大学 正員 狩野 誠 一郎

1. まえがき

1978年6月の宮城県沖地震により、建設中の東北新幹線は大きい被害を受けたが、とりわけRC2層ラーメン高架橋の線路直角方向の中層ばりに数多くのひびわれが発生した。柱の高いラーメン高架橋に中層ばりを用いることは、柱の上下端の曲げモーメントを減ずるために極めて有効であると考えられる。しかし、大きい地震荷重を受けると、中層ばりに斜ひびわれが発生し、大きい塑性変形が生ずるので、その効果は弾性理論による構造解析によってこれを評価することはできない。

本研究は、RC2層ラーメン高架橋の中層ばりを想定した供試体に、一方向荷重や交替繰返し荷重を載荷し、破壊性状、荷重変形特性等を明らかにするとともに、地震によりひびわれの発生した中層ばりを樹脂注入により補修した効果を実験的に検討したものである。

2. 実験概要

(1). 実験に使用した材料

- a. コンクリート $\sigma_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$
 b. 鉄筋 軸方向鉄筋 SD-35 D-16, D-22
 腹鉄筋 SD-30 D-6
 c. エポキシ樹脂 圧縮強度 530 kg/cm^2
 引張強度 390 kg/cm^2

(2). 供試体

供試体は、実構造物の1/2とし、軸方向鉄筋比と腹鉄筋比を因子とした。形状寸法を図-1に、供試体一覧を表-1に示す。

(3). 実験方法

地震荷重作用時の中層ばりのモーメントとせん断力×はり高の比つまり $M/SR = 2.5$ であるので、すべてせん断スパン比を2.5として載荷する。

供試体No.1~6は一方向で破壊まで載荷する。供試体No.7~12は、図-2に示す載荷パターンで交替繰返し荷重を載荷する。No.13~18は所定の変形レベルまで交替繰返し荷重を載荷し、発生したひびわれに樹脂注入による補修をした後、再び破壊まで交替繰返し荷重を載荷する。載荷は変形制御で行ない、軸方向鉄筋が降伏する時の変形量(δ_y)を基準とし、各変形レベルで3回の繰返しを行ない、その3回で大きい荷重の低下がなければ、変形レベルを順次 $2\delta_y$, $3\delta_y$, $4\delta_y$ と上げていった。

表-1 供試体一覧

供試体 No.	供試体 記号	軸方向鉄 筋比(ρ)	腹鉄筋 比(ρ_w)	載荷 パターン	供試体 No.	供試体 記号	軸方向鉄 筋比(ρ)	腹鉄筋 比(ρ_w)	載荷 パターン
1	A-1-F	0.85	0.124	一方向 破壊	10	B-1-F	1.81	0.124	繰返し 破壊
2	A-2-F	0.85	0.249	"	11	B-2-F	1.81	0.249	"
3	A-3-F	0.85	0.497	"	12	B-3-F	1.81	0.497	"
4	B-1-F	1.81	0.124	"	13	A-1- δ_y	0.85	0.124	繰返し δ_y
5	B-2-F	1.81	0.249	"	14	A-1- $2\delta_y$	0.85	0.124	" $2\delta_y$
6	B-3-F	1.81	0.497	"	15	A-1- $3\delta_y$	0.85	0.124	" $3\delta_y$
7	A-1-F	0.85	0.124	繰返し 破壊	16	B-1- $2\delta_y$	1.81	0.124	" $2\delta_y$
8	A-2-F	0.85	0.249	"	17	B-2- $2\delta_y$	1.81	0.249	" $2\delta_y$
9	A-3-F	0.85	0.497	"	18	B-3- $2\delta_y$	1.81	0.497	" $2\delta_y$

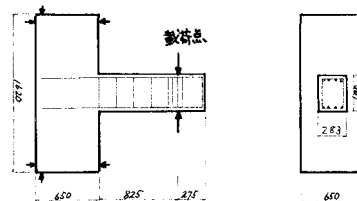


図-1 形状寸法

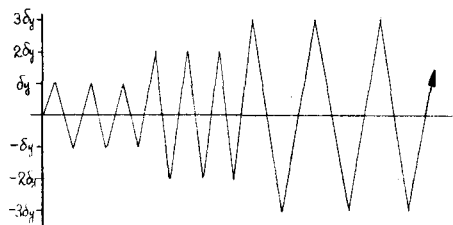


図-2 載荷パターン

3. 実験結果

(1). 破壊性状 一方向載荷の場合、破壊性状は P_u/P_e の値によって次の3種類となった。35°~40°の斜ひびわれの幅が増大して破壊するもの(B-1, A-1, B-2), 35°~40°の斜ひびわれと約50°の曲げせん断ひびわれの幅が増大して破壊するもの(A-2, B-3), 約50°と75°の曲げせん断ひびわれの幅が増大して破壊するもの(A-3)。繰返し載荷の場合は次の2種類となった。一方向載荷のひびわれがほぼ対称形に発生し、そのひびわれ幅が増大して破壊するが、一方向載荷に比較するとコンクリートの剥離が多いもの(B-1, A-1, B-2)。斜ひびわれおよび曲げせん断ひびわれ幅の増大とともに、軸方向鉄筋に沿ったひびわれが発生し、かぶりコンクリートが軸方向鉄筋に押し込まれたり、クロスしたひびわれに挟み込まれる部分のコンクリートが剥落することにより鉄筋が露出し耐力が低下するもの(A-2, B-3, A-3)。

(2). 荷重-変位曲線

一方向載荷の場合の荷重-変位曲線を図-3に示す。この図より腹筋筋量を2倍にすると、部材の靱性もほぼ2倍となり、軸方向鉄筋筋量を2倍にすると、部材の曲げおよびせん断耐力は、部材降伏時で1.4~1.9倍となる。又、軸方向鉄筋比と腹筋比との割合が同一の供試体A-1とB-2, A-2とB-3の靱性はほぼ等しいことがわかる。

繰返し載荷の場合の各変形レベルの1回目の荷重-変位曲線の一例を図-4に示す。破線が破壊まで繰返し載荷したもので、実線が $2\delta_y$ まで載荷した供試体に樹脂を注入し、注入後再び破壊まで載荷したものである。この図より

注入後の供試体の剛性は、初期載荷に比べて斜ひびわれ発生時の剛性程度まで回復していることがわかる。

(3). 靱性率

表-2 靱性率

靱性率を部材降伏時の変形量に対する終局時の変形量の割合と定義すると、各供試体の靱性率は表-2の様である。一方向載荷時と交番繰返し載荷時の靱性率を比較すると、 P_u/P_e の値が小さく、一方向載荷でも靱性率のあまり大きくない

供試体記号	腹筋比/軸方向鉄筋比 (P_u/P_e)	一方向載荷時の靱性率	交番繰返し載荷時の靱性率	繰返し載荷による靱性率低下の度合
B-1	$1/2 \times 0.137$	1.7	2.0	1.18
A-1	1×0.137	4.0	2.0, 3.0	0.5, 0.75
B-2	1×0.137	4.5	3.0	0.67
A-2	2×0.137	8.1	4.0	0.49
B-3	2×0.137	7.1	4.0	0.56
A-3	4×0.137	17以上	8.0	0.47以下

B-1, A-1, B-2 については、交番繰返し載荷による靱性率低下の度合は小さい。 P_u/P_e の値の大きいA-2, B-3, A-3については、交番繰返し載荷により靱性率が大きく低下する。

(4). 樹脂注入補修の効果

樹脂注入補修の効果を、最大耐力、剛性率、靱性率で検討した結果を表-3に示す。剛性率は変位と荷重の割合を示したもので、初期載荷時の降伏変位と降伏荷重の割合を100としている。最大耐力、剛性率、靱性率のいずれも、補修した供試体の方がA-1Fの供試体よりやや大きくなっており、注入による補修の効果を確認した。

表-3 補修の効果

供試体記号	最大耐力 (t)		注入前の降伏変位に対する注入後の剛性率	靱性率
A-1-F	12.3		100	2.3
	注入前	注入後		
A-1- δ_y	11.1	11.9	100	4
A-1- $2\delta_y$	11.8	12.8	103	5
A-1- $3\delta_y$	11.8	12.6	109	5

4. あとがき 本研究は、東北大学尾根芳夫教授に御指導いただいたことと、昭和53年度吉田研究奨励金を授与されたことに謹んで感謝の意を表します。

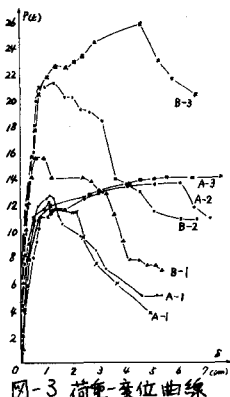


図-3 荷重-変位曲線

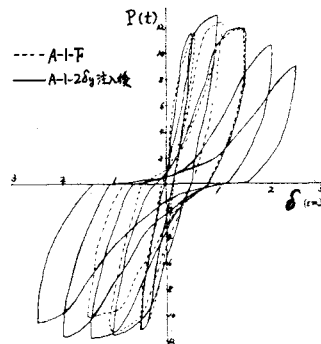


図-4 荷重-変位曲線