

論文

[2148] 震害補修されたRC橋脚の動的復元力特性に及ぼす再来地震波の影響

正会員○秋 林 鎬 (徳島大学大学院)
 正会員 島 弘 (徳島大学工学部建設工学科)
 正会員 水口裕之 (徳島大学工業短期大学部)
 正会員 横井克則 (徳島大学工業短期大学部)

1. はじめに

鉄筋コンクリート橋脚（以下RC橋脚と呼ぶ）が、地震によって損傷を受けた場合、交通途絶等による影響は測り知れないばかりか、震災後における復旧物資運搬の要請からも早期に復旧することが必要となる。また、再建設することに比べて時間的・経済的にも有利な点から、軽微な損傷に対しては補修が行なわれる。道路震災対策便覧[1]では、RC橋脚の被災の程度に応じたエポキシ樹脂による補修・補強方法を示している。

エポキシ樹脂補修後のRC橋脚の再来地震に対する変形性能に関する研究は、これまでにいくつかなされており、補修後の再来地震に対する応答は、El-Centro波を用いた実験[2]では、一次地震による損傷度によって異なるが、増幅波を用いた実験[3]では、補修前後での復元力特性に差異がないとされている。

そこで本研究では、一次地震による損傷度と補修後のRC橋脚の復元力特性との関係には、再来地震波形が影響を与えたと考え、エポキシ補修後の曲げ破壊型RC橋脚モデルに波形の異なる再来地震を入力し、再来地震波形と補修後の復元力特性との関係を調べた。一次地震の損傷度は曲げひび割れ貫入、せん断ひび割れ発生、かぶりコンクリート剥離の3種類に変えた。載荷方法は振動台を用いた動的載荷とし、入力波形は増幅波を基本として変化させたものを用いた。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体は単一柱式RC橋脚の模型とした。橋脚の実物大実験は困難であるため、現実には縮小実験となる。本実験では、実物に対する模型の縮尺率を1/8に想定して、相似則および寸法効果を考慮した。材料的寸法効果としては、せん断、定着鉄筋の引抜け、主鉄筋の座屈などの挙動への寸法の影響がある。このため、使用材料の寸法を縮尺率と同じく原寸の1/8として、実物の挙動を再現できるようにした。供試体の断面形状および寸法を図-1に示す。供試体は計9体作成し、主鉄筋比は1.70%、帯鉄筋比は0.049%、せん断スパン比は3.8とした。

鉄筋は、主鉄筋にD3の異形棒鋼（降伏強度=232MPa、引張強度=294MPa）、帯鉄筋に直径0.9mmの垂鉛引き鉄線を用いた。コンクリートとして、骨材最大寸

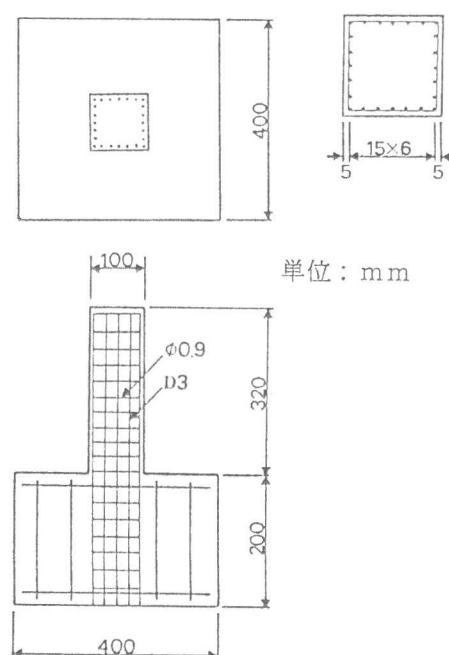


図-1 供試体寸法

法が2.5mmのモルタルを用い、強度は各供試体とも31~33MPaの範囲とした。柱頭部には、合計9.8kNの荷重がかかるように重錘を取り付け、軸応力を0.92MPaとした。

2.2 荷重方法および測定項目

荷重は、図-2に示すように振動台にセットした供試体の頭部に重錘を載せ、アクチュエータでこの供試体頭部を固定し、振動台を振動させて入力を行なった。振動台への入力波は、供試体躯体下端部の引張側の主鉄筋が降伏するときの天端変位(= δy :降伏変位)を基準とした。また降伏変位は主鉄筋降伏時の躯体変位と主鉄筋の引抜けによる変位をそれぞれ計算で求め[4]、その和とした。一次荷重は図-3に示すように、順次、変位振幅がその整数倍 $n \delta y$ ($n=1, 2, 3 \dots$)となるような正弦波の増幅波を用いた。一次地震による損傷度は、増幅波の最大振幅($n \delta y$)を変化させて、曲げひびわれからかぶりコンクリート剥離までの範囲とした。二次荷重は、図-4に示すように、初期変位 δp を含む増幅波とし、 δp の値を変化させることによって、地震波形の影響を調べた。

補修後の二次荷重(再来地震)では、表-1に示すように δp の値を3種類に変化させた。初期変位以降は、12 δy までの増幅波を入力した。同一変位振幅での繰り返し回数は3回とし、1 δy までは漸増波を入力した。一次荷重での塑性率 n の値および二次荷重での δp の値を表-1に示す。入力加速度は、実物と模型の絶対応答加速度がほぼ同じになるように決定した。なお、絶対応答加速度は実物および模型供試体の固有周期から求めた[5]。

測定項目として図-2のように取付けた摺動形変位計を用いてフーチングと供試体天端との相対変位を求めた。また、天端部を固定したアクチュエータの荷重と振動台の荷重から作用荷重を求め、加震開始から連続的にデジタルデータレコーダに収録した。また、荷重中の供試体の状況を2方向からビデオで録画して、各変位振幅での損傷状況を観察した。

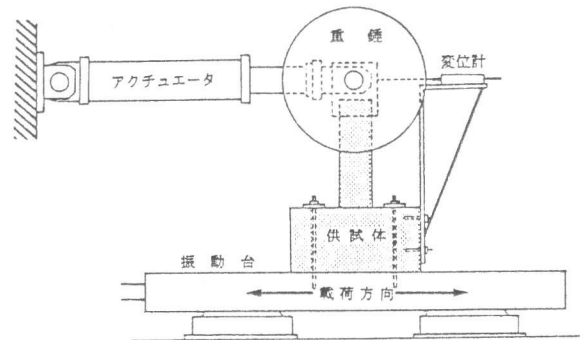


図-2 荷重装置

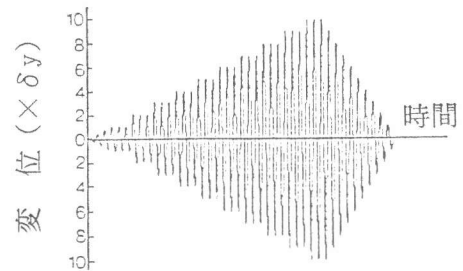


図-3 一次荷重の入力波形
(最大変位が10 δy の場合)

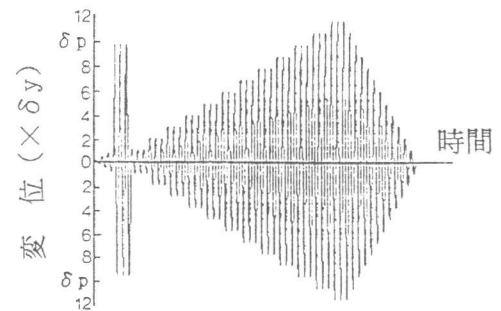


図-4 二次荷重の入力波形
(δp が10 δy の場合)

表-1 各供試体への入力レベル ($n \times \delta y$)

供試体番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
一次地震	最大変位 (n)			8			10			
再来地震	初期変位 δp	6	8	10	6	8	10	6	8	10
	最大変位 (n)	12								

3. 実験結果および考察

3.1 一次地震による損傷程度

一次地震による損傷程度は、曲げひびわれ貫入、せん断ひびわれ発生、かぶりコンクリートの剥離の3種類とした。図-5にはそれぞれの破壊状況の一例を示す。

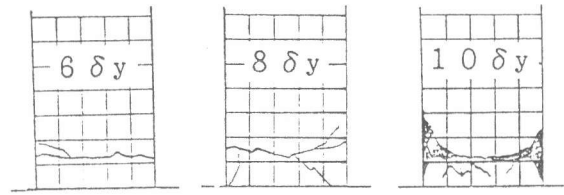


図-5 一次載荷後の損傷状況

3.2 荷重変位曲線

補修後の復元力特性を求めるために用いた一次載荷での荷重-変位曲線の一例を図-6に、二次載荷での荷重-変位曲線の一例を図-7に示す。

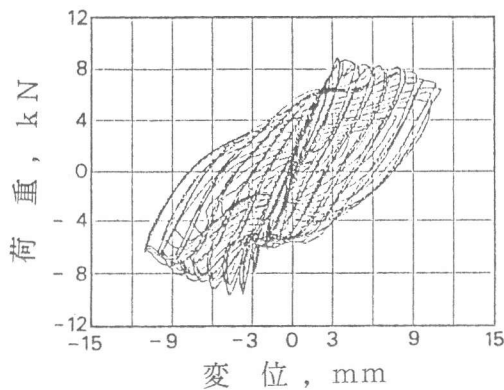


図-6 一次載荷による荷重変位曲線

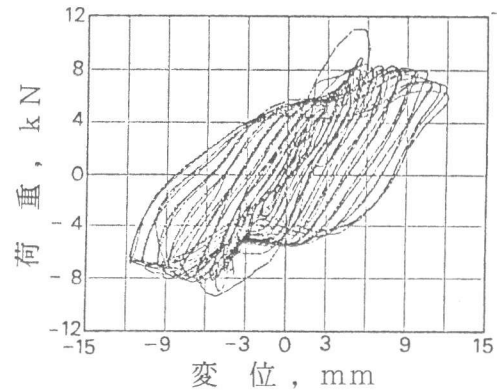


図-7 二次載荷による荷重変位曲線

3.3 補修後の復元力特性

一次地震での損傷程度および初期変位 δp が補修後の復元力特性に与える影響を調べるために補修後の復元力特性は、①荷重低下率②剛性③最大耐力比で表した。

(1) 荷重低下率

荷重低下率は、二次載荷での初期変位 δp によって得られた最大荷重 P_{omax} で、増幅波の載荷区間での最大耐力 P_{1max} を除して求めた。図-8に示すように初期変位 δp の値が大きいものほど、初期変位以降の耐力の低下が著しく、一次地震での損傷度が大きいものほど同様な傾向を示した。

(2) 剛性

剛性は、荷重変位曲線における最大荷重点と、原点を結んだ直線の勾配で定義した。図-9は、 δp の値が変化したときの剛性と、二次載荷での塑性率(変形量)との関係の一例(一次地

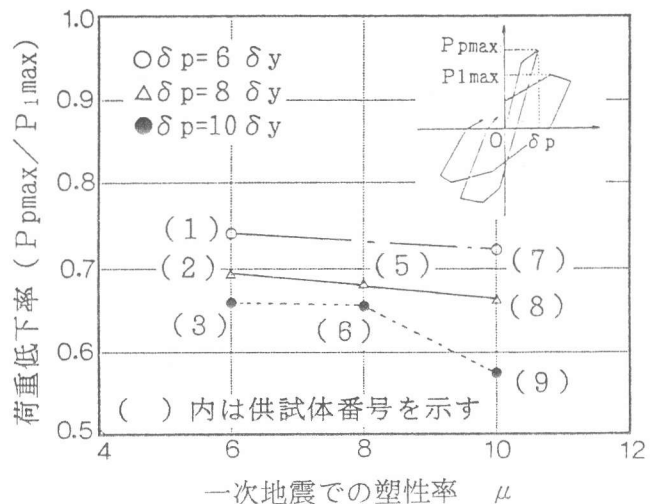


図-8 損傷度と耐力低下率との関係

震の損傷程度が $10\delta y$ のもの)を示したものである。この図から、 $9\delta y$ までの変形に対しては、剛性は再来地震波の違いによって異なり、初期変位 δp が大きいほど剛性の値は小さくなる事が分かる。 $9\delta y$ 以上の変形に対しては、 δp の値に関係なくほぼ等しい剛性を示している。これは、 $9\delta y$ で表面のエポキシ樹脂が剥離することによって、補修による効果が無くなったためであると考えられる。

(3)最大耐力比

最大耐力比は、二次载荷における増幅波の载荷区間での、最大耐力 P_{2max} を、一次载荷における最大耐力 P_{1max} で除して求めた。つまり、最大耐力比が小さいものほど、一次地震に対する二次地震の耐力低下が、著しいと言える。一次载荷での損傷程度と最大耐力比との関係を、図-10に示す。この図によれば、初期変位 δp の値が大きいほど、補修後の最大耐力は小さくなり、最大耐力比は低下している。したがって、補修後の最大耐力は再来地震の波形の影響を受けると考えられる。

4.まとめ

補修後のRC橋脚の復元力特性は、再来地震の波形によって異なる事が分かった。また、補修後のRC橋脚モデルの復元力特性は、二次地震での初期変位 δp が大きくなるほど劣化する傾向を示した。

謝辞：エポキシ樹脂による補修は、ショーボンド建設(株)徳島営業所に行なっていただきました。実験に際しては藤本光明氏に多大のご協力を頂きました。ここに厚くお礼申し上げます。

【参考文献】[1]日本道路協会：道路震災対策便覧，1988。[2]H. Shima, H. Mizuguchi, N. Kanbara and V. Rungrojjaratis: Hysteresis Models of Repaired Reinforced Concrete Bridge Piers Damaged by Earthquakes, Proc. of the Asia-Pacific Structural Analysis Conference, Malacca, pp. III-1-1~III-1-15, 1989。[3]島弘，水口裕之，横井克則：震害を受けたRC橋脚における損傷度の判断指標，土木学会第45回年次学術講演会，1990。[4]Niwa, J. et al., "Nonlinear Spring Element for Strain-Slip Relationship of a Deformed Bar," Seminar on Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures, Vol. 2, Tokyo, JCI, 1985。[5]土木学会：地震動・動的物性，技報堂出版，1989。

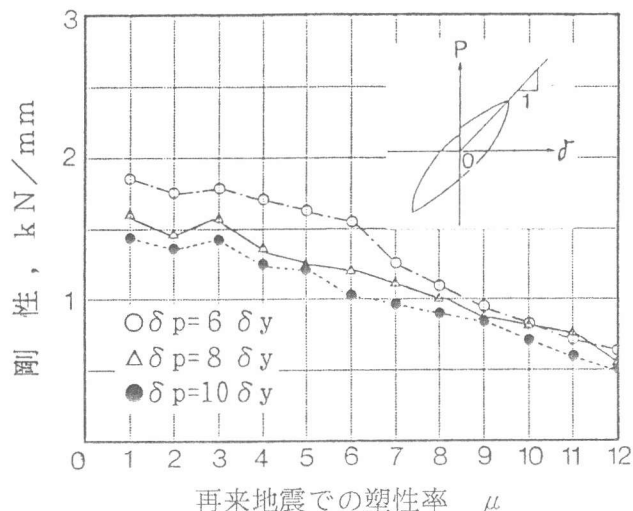


図-9 損傷度と剛性との関係

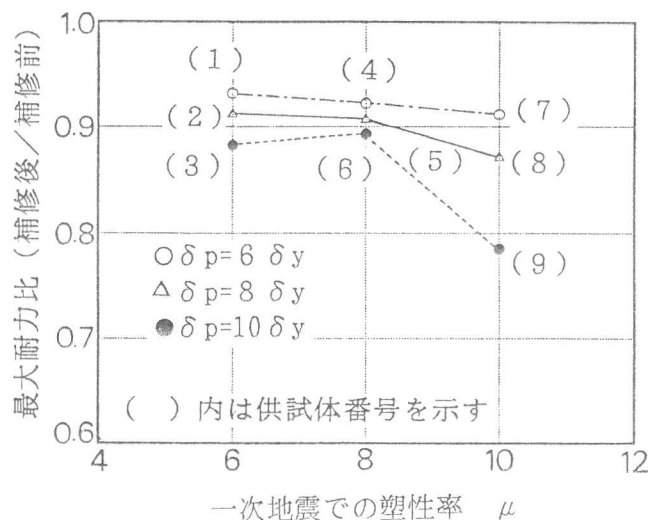


図-10 損傷度と最大耐力比との関係