

## I - B 120

## RC 単柱に着目した 1995 年兵庫県南部地震における阪神高速神戸線の被害分析

東京大学工学系研究科 学生員 阿部哲子 フェロー 藤野陽三 正会員 阿部雅人

1. まえがき 著者らは、1995 年兵庫県南部地震における高架道路橋被害に関し、その全体像を力学的観点から統一的に説明することを目的として研究を進めてきている<sup>1)</sup>。本論では阪神高速神戸線の西宮-摩耶区間（神戸 P1～350）の RC 単柱に焦点をあてた被害分析について述べる。

## 2. 西宮-摩耶区間の被害分析

**被害レベル** 図 1(a)に西宮-摩耶区間における RC 単柱の損傷度を示す。ここでは、撤去橋脚に関しては震災直後の判定を用い、その他に関しては地中部損傷をも考慮した詳細判定結果<sup>2)</sup>をもとに B1, B2, B3 を B, C1, C2 を C としている。RC 単柱のみを抜き出して示しているため、他形式に対応するところはプロットが抜けている。損傷度は空間的に大きく異なり、統一的な傾向を読みとることはできない。一方、損傷度大 (B 以上) と残留傾斜大 (0.5 度以上) とを同列に「被害大」、損傷度および傾斜ともに小を「被害小」と扱って被害レベルを図示すると図 1(b) のようになる。この図においては、P34 以東は概して被害が小さく、P35 以西は概して被害が大きかったという特徴が見られる。以上から、損傷度は各橋脚で大きく異なるが、残留傾斜をも考慮することで被害レベルの分布傾向をとらえられることが判明した。逆にまた、P34 付近を境に地震動レベルが変化していたことが推測される。

**RC 単柱の損傷形態とせん断曲げ耐力比** 対象区間における断落のない RC 単柱に関し、損傷モード判定結果と基部断面におけるせん断曲げ耐力比  $r$  の関係を検討した。図 2 は、損傷が耐力レベルまで達していると考えられる損傷度 B 以上の橋脚のみを対象として両者の関係を示したものである。耐力の計算には推定実強度を用い、せん断耐力の算定は実験との整合性が良いとされる二羽式によった<sup>3)</sup>。図 2 において、耐力比 1 以上のものが曲げ、1 以下のものがせん断という対応が見られる。よって、損傷モード（曲げ、せん断）はせん断曲げ耐力比から説明可能であることが判明した。

**RC 単柱の残留変形** 図 1 において、残留傾斜をも被害ととらえることにより被害レベルの分布傾向が把握可能であることを示した。しかし、損傷度が軽微な橋脚における残留傾斜の発生原因は明らかでない。詳細調査による判定が C1 以下でありながら 0.5 度以上の残留傾斜が発生したものが 31 基存在する。0.5 度の残留傾斜は橋脚高 10m に対し約 9cm の天端変位に相当し、本来ならばかなりの損傷が予測されるところである。

一方、振動台実験<sup>4)</sup>において、外観上の損傷は軽微でありながら大きな残留傾斜が発生した例が報告されている。実験対象は計算上の終局塑性率が 2.33 の橋脚であったが、最大応答時の塑性率が 7.33、残留傾斜が 0.63 度発生したにもかかわらず、外観上の損傷は「肉眼では確認できない程度のひびわれ」であった。図 3 にこの実験の変位応答を示す。図を見ると、はじめの数波で振動中心が負側にずれ、その後は主として負領域のみの片振りになっていることがわかる。文献 4 では静的交番载荷による実験結果から最大塑性率が同じであっても一方向のみの载荷では両方向载荷に比べて損傷が軽微になることが指摘されており、この振動台実験においても応答塑性率、残留傾斜は大きいにもかかわらず、外観上の損傷が軽微であった原因は変位の偏りにあったのではないかと考えられる。

そこで、今回の地震による RC 橋脚の応答にも変位が一方向に偏る特性が存在したのか否かを検討するため、神戸海洋気象台、JR 鷹取駅、東神戸大橋の NS 成分を入力として 1 自由度の Takeda モデルによる解析を行った。応答変位の一例を解析条件とともに図 4 に示す。また、偏りを表現するインデックスとして、変位の積分値の低周波成分（固有振動数の 1/3 以上の成分を cos 型フィルターでカット、偏度と定義する）を求めた。偏度の勾配は振動中心のずれ量を表し、応答終了時の勾配が残留変形に相当する。図 5 に固有周期を変化させた場合の偏度の変化を示す。図より、全ケースにおいてではないが入力波形と固有周期の組み合わせによっては、偏度が時間に対して線形の増加（減少）関数となり、変位が一方向に偏る場合もあることがわかる。また、橋軸直角方向の応答におい

キーワード：兵庫県南部地震、阪神高速道路 3 号神戸線、RC 単柱、せん断曲げ耐力比、残留傾斜

連絡先：〒113 文京区本郷 7-3-1, tel:03-3812-2111 (内 6099), fax:03-5689-7292

ては、応答の偏りやすい方向と偏心方向が一致した場合に片振り傾向がさらに助長されると考えられる。

以上から、神戸線のRC単柱においてC1以下の損傷でありながら0.5度以上の残留傾斜が発生したメカニズムの一つの可能性として、応答塑性率は大きかったものの片振りであったために外観上の損傷は軽微であったということが考えられる。

**3. おわりに** 阪神高速神戸線の西宮-摩耶区間に焦点をあてた分析を行った。損傷度の軽微な橋脚における残留傾斜の発生原因については、基礎-地盤系の損傷による可能性も含め、今後さらに検討する必要があると考えている。

**謝辞** 阪神高速道路公団の林、北沢、幸左氏他に高架橋被害についてご教示いただきました。また、東京大学の岡村、前川教授にはコンクリート工学の専門的見地から有益なアドバイスをいただきました。記して謝意を表します。

**参考文献** 1)阿部他：1995年兵庫県南部地震による高架道路橋被害に関する総合的分析，土木学会第52回年次学術講演会概要集，1997.9. 2)林他：RC橋脚損傷度の定量的評価，阪神高速道路公団，第29回技術研究発表会論文集，pp83-88，1997.1. 3)川島他：土木研究所報告第190号，1993.9. 4)武村他：載荷履歴特性が鉄筋コンクリート橋脚の変形性能に及ぼす影響，構造工学論文集Vol.43A，1997.3.

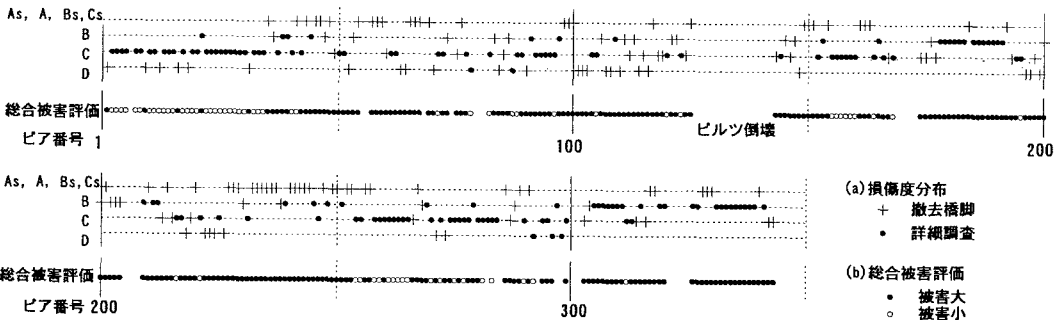


図1 RC単柱 (P1~P350)

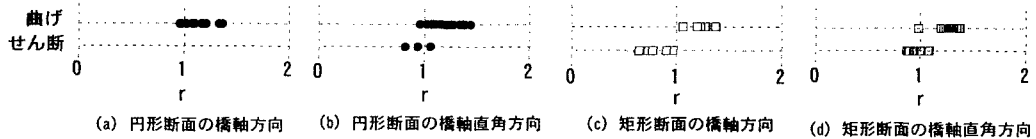


図2 損傷度B以上の橋脚を対象とした損傷モードと耐力比

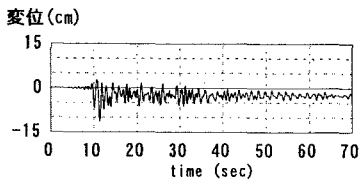


図3 振動台実験の応答変位

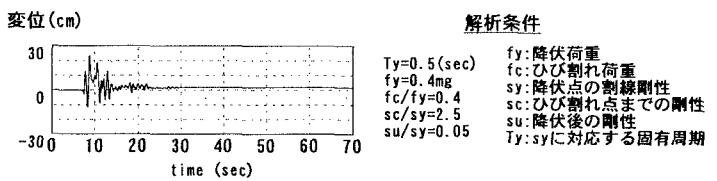


図4 神戸海洋気象台NS成分入力時の応答変位

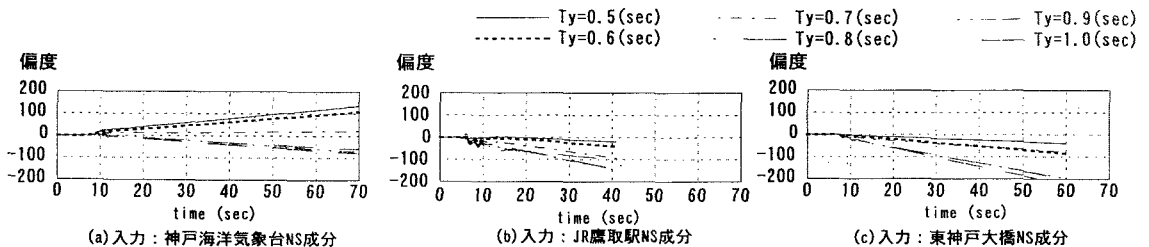


図5 各入力波に対する応答の偏度