

# 塑性ヒンジ領域にゴム層を有する鉄筋コンクリート橋脚の開発

首都高速道路公団 正会員 永井 政伸  
東京工業大学大学院 フェロー 川島 一彦  
筑波大学 正会員 庄司 学

## 1. はじめに

塑性ヒンジ領域のコンクリートを大きな塑性変形の繰返しに耐える材料によって代替し、かつ鉄筋コンクリートとしての曲げ抵抗機能を失わなければ、RC 橋脚はコンクリート部に損傷を生じることなく変形性能を保持することができると考えられる。上記の発想のもとに、地震後にも大規模な復旧が不要な RC 橋脚を提案し、この実現性を検討した結果を報告するものである。

## 2. 実験供試体及び実験方法

新型橋脚の実現性を検討するために、図-1、表-1 に示すような 5 体の供試体を製作した。本研究では、最初の検討であることから、コンクリートに代替する材料としては橋梁用免震支承に用いられる高減衰ゴムを用いることとする。ゴム層を橋脚基部に設置すると、地震時には橋脚躯体には図-2 に示すような変形が生じる。ここで、圧縮側最外縁から中立軸までの距離を  $x$ 、ゴム層(橋脚)の断面幅を  $W$  とし、圧縮側から中立軸までの距離を表す係数  $\alpha$  を  $\alpha = x/W$ 、ゴム層の圧縮最外縁におけるひずみを  $\varepsilon_r$  と定義すると、開発目標として  $dr=4\%$  程度の変形を与えるためにゴム層に必要な最小厚さ  $t_{\min}$  は、以下ようになる。

$$t_{\min} > \frac{\alpha W}{\varepsilon_r} \times 0.04 \quad (1)$$

今回の実験では供試体の断面幅  $W$  は 400mm としたため、ひずみ硬化が顕著にならないように  $\varepsilon_r$  を 0.1~0.2 と想定し、式(1)よりゴム層の厚さは 30mm とした。いずれの橋脚も 400mm×400mm の正方形断面で、橋脚基部から荷重点までの高さは 1350mm である。軸方向鉄筋比 1.58%、帯鉄筋比 0.79%である。ゴム層としては

せん断弾性係数が 1.2MPa の一般的な高減衰ゴムを使用した。実験では、一般的な都市高架橋を想定し、橋脚基部で応力が 1.5MPa となるように一定軸力を作用させた状態で、一定変位振幅漸増方式によりドリフト(橋脚の水平変位/高さ) $dr=0.5\%$ に相当する 6.75mm を基準変位として、この整数倍の変位振幅でそれぞれ 3 回ずつの水平力を作用させた。以下では、従来型橋脚(No.1)とゴム層と上下の鋼板を加硫接着した新型橋脚(No.4)の 2 体について示す。

## 3. 繰返し荷重実験からみた耐震性

従来型橋脚(No.1)では、荷重変位の増大に伴って、水平曲げクラックからかぶりコンクリートの剥離、軸方向鉄筋の座屈へと損傷が進展した。図-3(a)は供試体の 4 面の損傷を展開図として示したものである。荷重を終了した  $dr=3.5\%$  の段階では橋脚基部から 300mm 程度の範囲でかぶりコンクリートが剥離した。荷重作用点における水平力～水平変位の履歴は図-4(a)に示すとおりである。

新型橋脚(No.4)の損傷状況を図-3(b)に示す。開発目標とした  $dr=4.0\%$  まで、かぶりコンクリートは健全である。 $dr=4.5\%$  に達して、軸方向鉄筋が 1 本破断し、 $dr=5.0\%$  に達するとかぶりコンクリートも剥離し始める。水平力～水平変位の履歴曲線は図-4(b)に示すようになる。 $dr=4.0\%$  で最大耐力に達する。最大耐力は、正側で 146kN と従来型橋脚の 93%となっている。

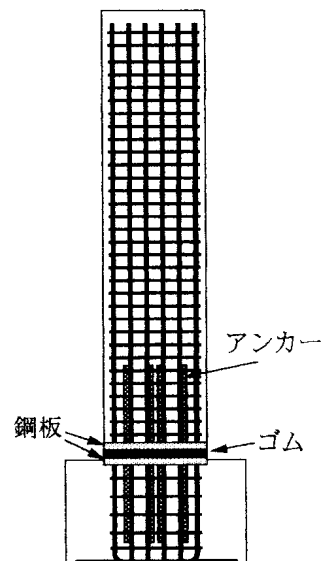


図-1 橋脚模型

表-1 実験供試体の特性

| 供試体            | No.1 | No.2 | No.3 | No.4    | No.5 |
|----------------|------|------|------|---------|------|
| ゴム厚さ (mm)      | —    | 30   |      | 60      |      |
| 鋼板             | —    | なし   | あり   | あり (加硫) | あり   |
| せん断キー          | —    | なし   |      | あり      |      |
| コンクリート強度 (MPa) | 23.6 | 23.9 | 23.8 | 21.9    | 21.9 |

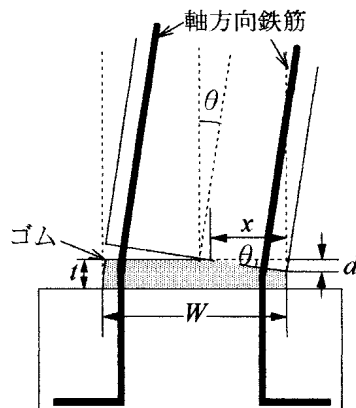


図-2 ゴム層を有する橋脚に軸力と曲げモーメントが作用した場合の変形

キーワード：耐震設計、鉄筋コンクリート橋脚、高減衰ゴム

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学工学部土木工学科 Tel : 03-5734-2922 Fax : 03-5734-3810

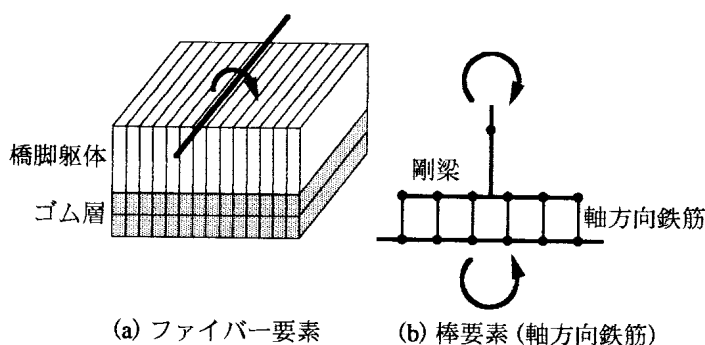
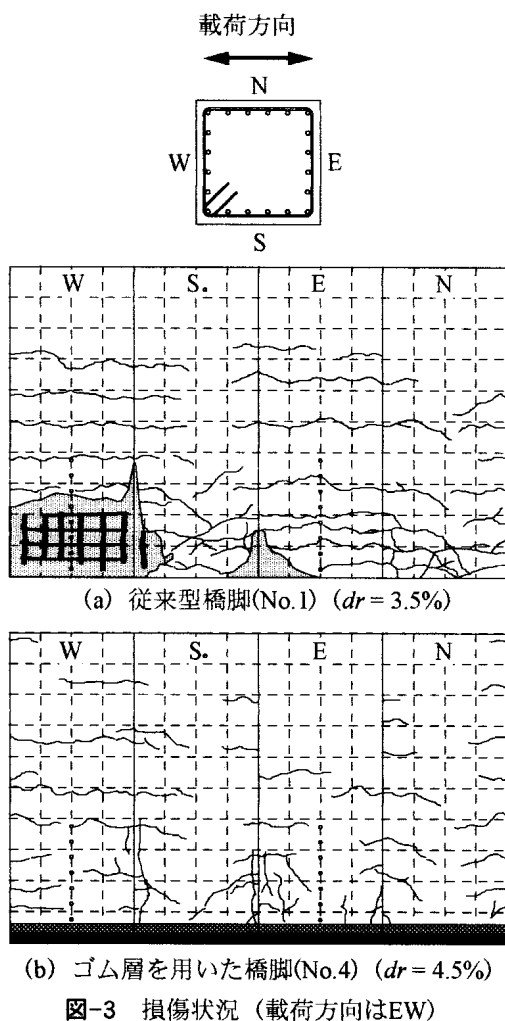


図-5 塑性ヒンジ区間のモデル化

#### 4. ファイバー要素を用いた解析

橋脚模型をゴム層および塑性ヒンジ区間に存在する橋脚躯体をファイバー要素でモデル化した。ゴム層内では、軸方向鉄筋とゴム層間には付着が存在しないため、図-5 に示すように軸方向鉄筋はゴム層を表すファイバー要素とは切り離して棒要素としてモデル化した。新型橋脚(No.4)に対して水平力～水平変位の履歴曲線と解析値を比較すると、図-6 のようになる。解析によって求めた履歴曲線は  $dr=4.5\%$  まではよく実験結果と一致している。

#### 5. 結論

- 1) ゴム層の上下面に鋼板を加硫接着し、かぶりコンクリートには軽微な水平曲げクラック以上の損傷が生じない状態で、橋脚はドリフトで4.0%までの水平変位に追従することができる。
- 2) 今後、塑性域での繰り返し載荷に対して安定な高減衰ゴムの開発や供試体の寸法効果も含めて、実用化に向けた研究が必要である。

謝辞：ゴム層の製作に際しては、(株)ブリジストンにご支援いただきました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

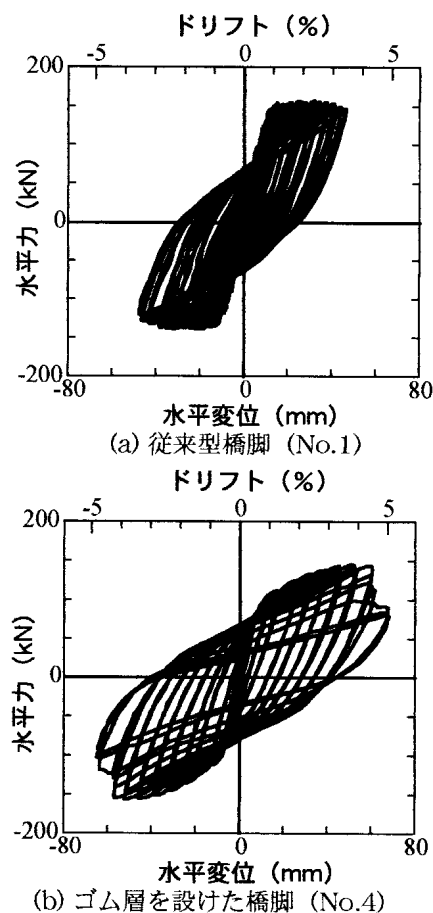


図-4 水平力～水平変位の履歴曲線

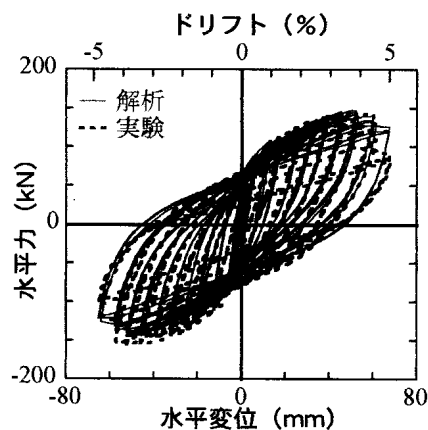


図-6 履歴曲線の比較 (No.4)