

## 門型鋼製ヒンジラーメン橋脚隅角部の実大実験と弾塑性評価法に関する一考察

東海旅客鉄道株式会社 正会員 安原 真人 藤橋 秀雄 伊藤昭一郎

## 1. はじめに

門型鋼製ヒンジラーメン橋脚を有する鋼鉄道橋は、線路あるいは主要な道路と交差する箇所に採用されてきたが、阪神・淡路大震災において、このタイプの鋼鉄道橋の被害が報告されている<sup>1)</sup>。この種の既設鋼鉄道橋について耐震評価を行うことは、今後の地震対策において重要な課題であるといえる。このタイプの橋梁では隅角部で梁および柱のフランジが連続し、また、隅角部パネルの対角方向にダイヤフラムが設置されているのが特徴的である。しかし、大地震に対するこの種の隅角部の弾塑性評価法は未だ確立されていない。そこで、撤去することとなった実橋梁から門型鋼製ヒンジラーメン橋脚の隅角部を切りだし、交番載荷実験を行ない、隅角部の挙動などを調査した。また、隅角部の弾塑性モデルを設定して静的弾塑性解析で実験結果をトレースした。

## 2. 実験概要

図1に試験体の概要を、図2に試験装置を示す。実験では隅角部内側曲線ハンチに貼付した歪みゲージの値が材料試験で得られた降伏ひずみ  $1400\mu$  に達したときの載荷点変位をそれぞれ  $+y$  (押し側)  $-y$  (引張側) と定義し、1~5、7、9、11 を変位負荷量として繰り返し交番載荷した。

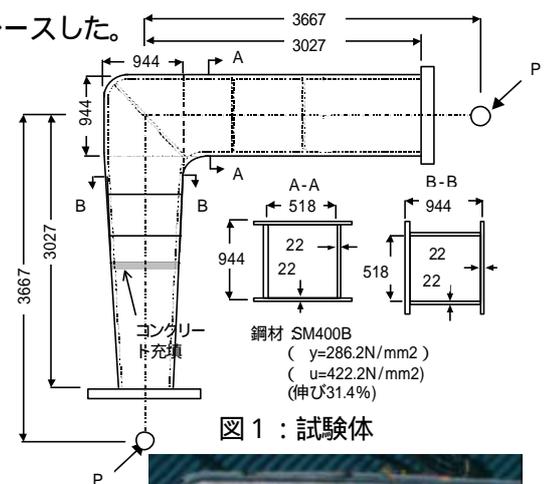


図1：試験体

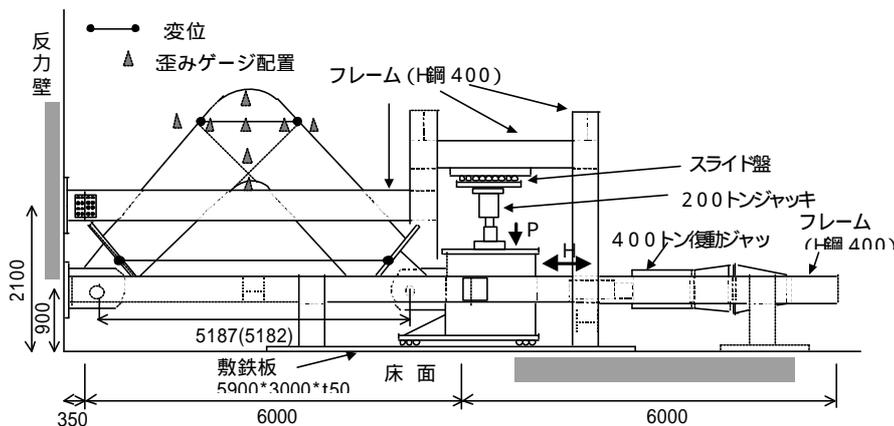


図2：試験概要図



写真：最終破壊状況

## 3. 実験結果

(1) 破壊経過 押し側の  $y$  は  $+8.3\text{mm}$ 、引張側では  $-6.0\text{mm}$  であった。繰り返し載荷中、押し側には  $+5\sim6y$  近傍で隅角部対角ダイヤフラムの梁側コーナーパネルから梁のウェブにかけて面外座屈が見られ、これが徐々に進行するが最終的には梁ウェブとフランジの局部座屈が連成して耐力降下した(写真)。引張側では  $-5y$  で隅角部内側コーナー部のウェブとフランジを接合する溶接線にビード方向クラックが発生し、それが徐々に進展し、 $-9y$  では内側フランジ板厚方向に貫通し耐力降下が起った。パネル中央部は顕著な面外変形を生じなかった。

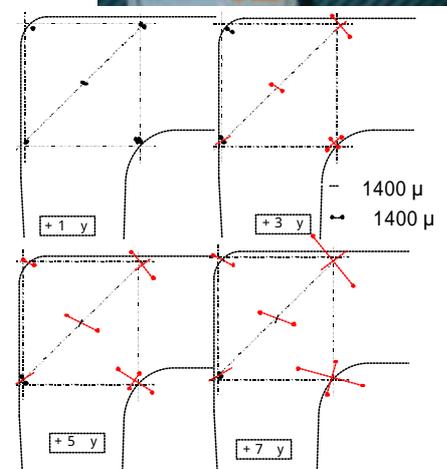


図3：パネル歪みの推移

キーワード：門型鋼製ヒンジラーメン橋脚、隅角部、交番載荷試験、弾塑性解析

連絡先：〒450-6101 名古屋市中村区名駅一丁目1-4 TEL(052)-564-1723 FAX(052)-564-1730

(2) 隅角部パネルの歪み分布の推移 図3に押し側载荷における隅角部パネルの主歪ベクトルの推移を示す。隅角部内側コーナー部から対角方向外側に向かって圧縮ストラッド、梁端から柱端に向かって対角に引張ストラッドが形成されている。圧縮ストラッドでは、+2~3 y に内側コーナー部から降伏が進行し、+4~5 y で全体に圧縮降伏に達する。引張ストラッドは梁および柱端付近で+3~4 y で降伏に達しているが、最終段階に至るまで全体的な進行は示さない。

(3) 荷重 変形 図4に载荷点の対角変位と载荷点荷重の履歴を示す。紡錘型で良いエネルギー吸収特性を示している。図5に隅角部パネルの曲げモーメント - せん断変形角を示す。+2 y および -3 y 以降から徐々に変形が増加し、+7 y を境に変位が減少しているが、引張側では荷重が降下後も隅角部パネルの変位が増加する。

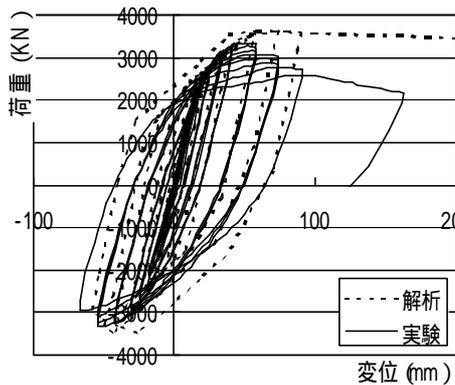


図4：荷重 変位（载荷点）

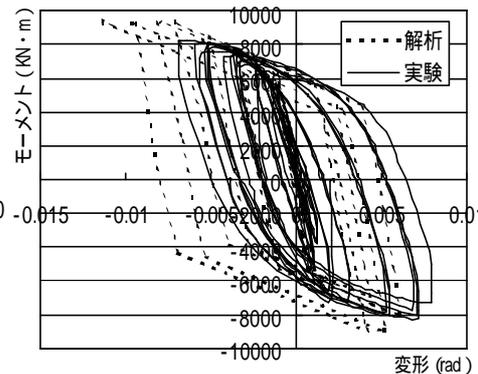


図5：モーメント - せん断変形角（隅角部）

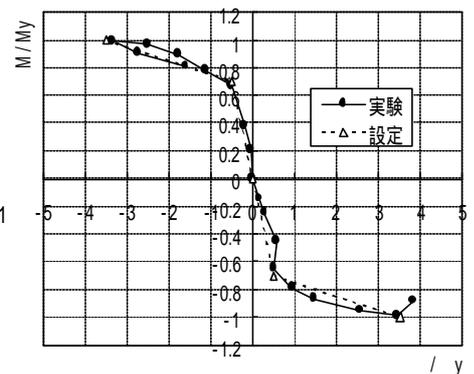


図6：隅角部弾塑性モデルの設定

#### 4. 隅角部の弾塑性モデルと評価法に関する考察

図6に隅角部パネルの曲げモーメント - せん断変形角の履歴曲線の包絡線を示す。この曲線は隅角部パネルの全塑性モーメント ( $M_y$ ) とせん断降伏歪み ( $y$ ) で無次元化して示した。隅角部弾塑性モデルとして実験結果から図6に示すようなバイリニアを設定した。梁および柱端部材のモデル化は文献<sup>2)</sup>に準じて行った。

解析モデルを図7に示すが、部材端にダイヤフラムが設置されていないため、部材の塑性ヒンジ域が部材端に留まらず隅角部内部にも進展した。そのため、事前に部材の塑性ヒンジ位置をパラメータにプッシュオーバー解析を行い、実験結果との整合性から隅角部の中心から  $D/8$  の位置に部材塑性ヒンジを設定した。次に実験の载荷パターンを模擬し変位制御でサイクリックの解析を実施した。

図4および5にそれぞれ载荷点と隅角部パネルの履歴の解析結果を実験結果との比較で示した。载荷点については最大荷までは概ね実験結果と整合している。隅角部の変形については実験よりもやや大きくなっているがほぼ妥当な値となった。

また、梁および柱の履歴曲線（図8）から、解析上も梁の損傷が進行することが確認でき、実験での挙動をトレースしている。

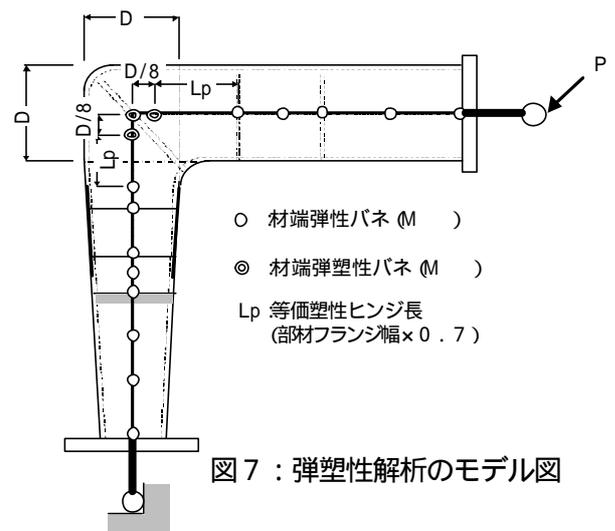


図7：弾塑性解析のモデル図

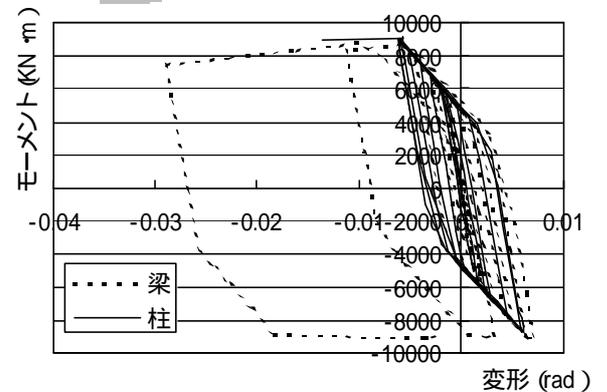


図8：解析結果（梁と柱の損傷度比較）

#### 参考文献

- 1) 「兵庫県南部地震鉄道被害調査報告（鉄道総研報告 特第4号 1996.4）」：(財)鉄道総合技術研究所
- 2) 「鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）平成11年10月」：(財)鉄道総合技術研究所