

段落し部を有する PC 橋梁の損傷分析

九州工業大学
東日本旅客鉄道株式会社

学生会員 加藤啓介
正会員 津吉 毅

九州工業大学
小沼技術士事務所

正会員 幸左賢二
正会員 小沼恵太郎

1. はじめに

RC 橋脚の軸方向鉄筋段落し部における曲げ破壊は脆性的なせん断破壊に移行しやすく、落橋や倒壊といった大規模な被害に至ると考えられ、耐震設計上避けなければならない破壊形態である。既往の研究¹⁾では柱のみに着目しており、橋梁全体系を考慮した検討は極めて少ない。そこで橋梁全体系を対象とした時刻歴応答解析によって橋脚の損傷状態を再現し、上部構造形式が段落し部の損傷に与える影響について検討した。

2. 構造諸元と被害概要

図 - 1、写真 - 1 に橋梁全体図と段落し部での損傷写真を示す。本橋は橋長 228.2m の 3 径間連続 PC 箱桁橋で、支間長は 68.0m + 90.0m + 68.0m = 226.0m となっている。中間橋脚である P2, P3 橋脚は高さ 20.3m の RC 円形断面橋脚、端部橋脚である P1, P4 橋脚は高さ 11.0m の RC 矩形断面橋脚で、中間橋脚の軸方向鉄筋は基部から 7.8m の位置で 3 段から 2 段に、11.85m の位置で、2 段から 1 段配筋に段落しされている。全橋脚に鋼製のローラー支承が設置されており、P3 橋脚の橋軸方向のみ固定支承である。また地盤条件は 種地盤である。地震発生直後に現地調査を行った結果、図 - 1 の から に示すような損傷が明らかとなった。

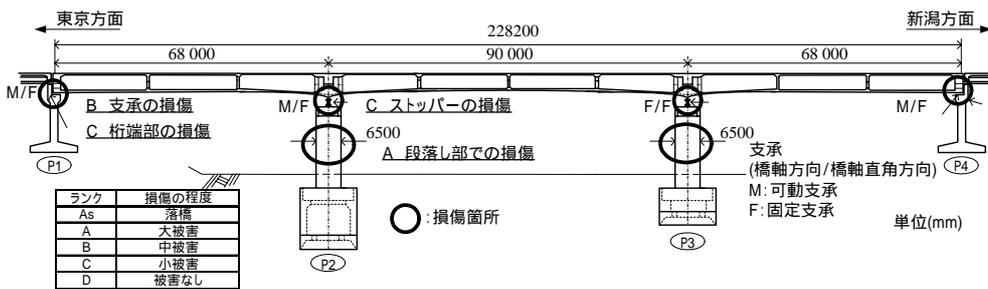


図 - 1 橋梁全体図



写真 - 1 橋脚損傷図

3. 解析モデル及び解析手法

図 - 2 に解析モデルを示す。解析モデルは、橋軸方向と橋軸直角方向を区別して、それぞれの橋梁全体系 2 次元フレームモデルを用いた。上部構造は弾性梁要素、各橋脚は弾塑性梁要素を、ケーソン基礎は剛梁要素を用いた。また、P2, P3 橋脚段落し部の鉄筋定着長は、実験結果¹⁾を参考にし、橋脚断面幅 d の 1/2 であると仮定し、軸方向鉄筋を実際の長さから d/2 だけ短くしてモデル化を行った。入力地震波は、川口町川口(N-S) 波形を用いて橋軸方向、川口町川口(E-W) 波形を用いて橋軸直角方向の解析を行った。時刻歴応答解析における数値積分には、Newmark の β 法 ($\beta=1/4$) を用い、積分時間間隔は、 $\Delta t=1/1000$ 秒とした。

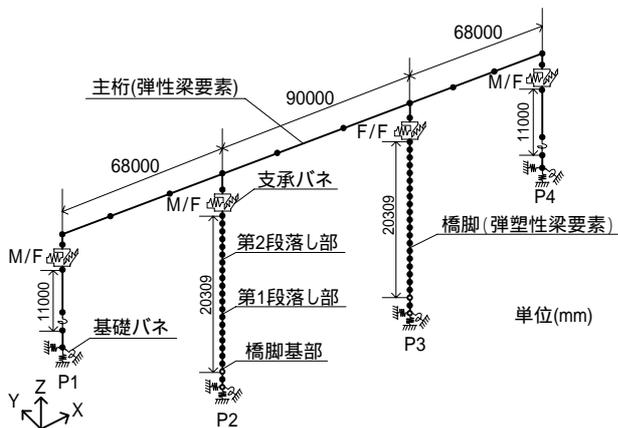


図 - 2 解析モデル

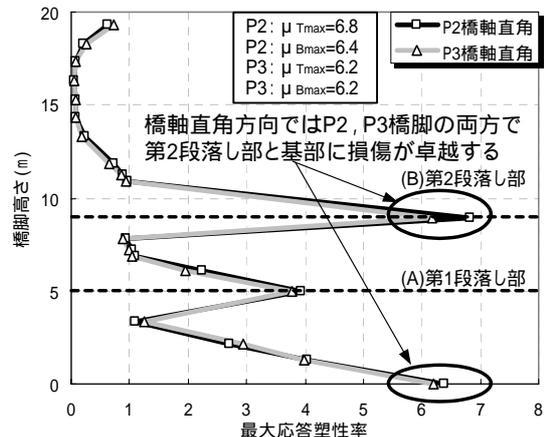


図 - 3 橋軸直角方向最大応答塑性率

4. 解析結果

P2, P3 橋脚橋軸直角方向の最大応答塑性率を図 - 3 に示す。橋軸直角方向は, P2 橋脚の最大応答塑性率に着目すると段落し部では 6.8, 基部でも 6.4 となっている。また, P3 橋脚も P2 橋脚と同様に, 段落し部, 基部ともに, 主鉄筋が降伏し曲げ損傷する結果となった。図 - 4 に橋軸直角方向における基部降伏時の曲げモーメント分布を示す。橋梁全体系での動的・静的解析では, 段落し部と基部がほぼ同時に降伏曲げモーメント M_y に達しているが, 単柱式の動的・静的解析では, 段落し部で先行して降伏している。これは, 橋梁全体系の解析は橋脚上部端での挙動が異なるためであると考えられる。橋梁全体系の解析では, 上部構造により中間橋脚天端の変位が拘束される。そして変位が拘束されることによって図中(A)に基部と逆符号の曲げモーメント(以下, 固定モーメントとする)が発生するので, 段落し部で先行して降伏したと考えられる。図 - 5 に中間橋脚最大変形図を示す。P2 橋脚は最大で 174mm 変形するのに対して, P1 橋脚は最大で 13.5mm 程度と変形が小さいことから, 中間橋脚の橋軸直角方向の応答変位は端部橋脚によって抑制され, P2 橋脚は図 - 4 に示したように橋脚上部端に固定モーメントが発生したと考えられる。

5. 上部構造形式の影響

連続桁による変位拘束効果が段落し部損傷に及ぼす影響を検討するために, 本橋の上部構造を単純桁に置き換えたモデルを用いて解析を行った。図 - 6 に P2 橋脚橋軸直角方向の損傷度を示す。段落し部における最大応答塑性率は, 連続桁モデルの場合は 6.8 であったのに対し, 単純桁モデルの場合では 10.9 となったことから, 単純桁を連続化することで 62% に低減されるという結果が得られた。図 - 7 に単純桁の橋脚変形図を示す。連続桁モデルの場合の最大応答変位が 165mm であったのに対し, 単純桁モデルの場合では 213mm となったことから, 単純桁を連続化することで 77% に低減されるという結果が得られた。以上より, 上部構造による拘束効果がある連続桁では, 段落し部での応答が低減されることが確認出来た。

6. まとめ

- 1) 時刻歴応答解析の結果, 橋軸直角方向の地震動に対し, 主桁によって中間橋脚天端の水平変位が拘束されるため, 軸方向段落し部の損傷が低減された事が明らかとなった。
- 2) 本橋の場合, 橋軸直角方向の地震動に対し, 単純桁構造を連続化することによって, 段落し部の最大応答塑性率が 62%, 橋脚天端の変位が 77%, に低減される結果となった。

参考文献

川島ら:鉄筋コンクリート橋脚主鉄筋段落し部の耐震判定法とその応用,土木学会論文集 No.525I-33,p.83-95

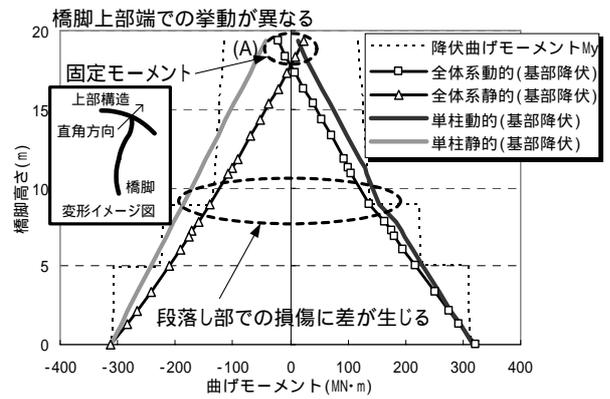


図 - 4 橋軸直角方向モーメント分布

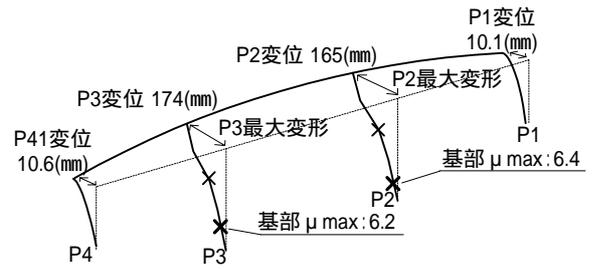


図 - 5 中間橋脚最大変形図

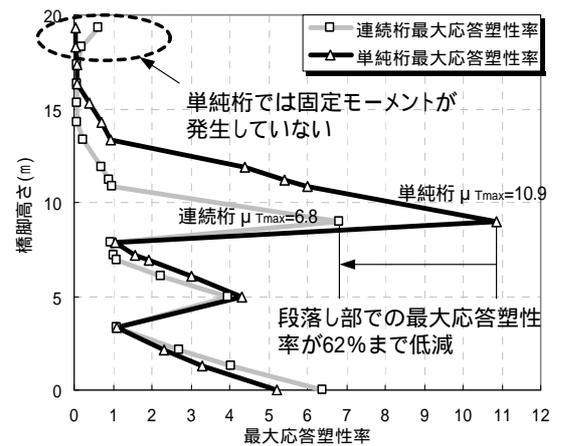


図 - 5 単純桁モデル最大応答塑性率

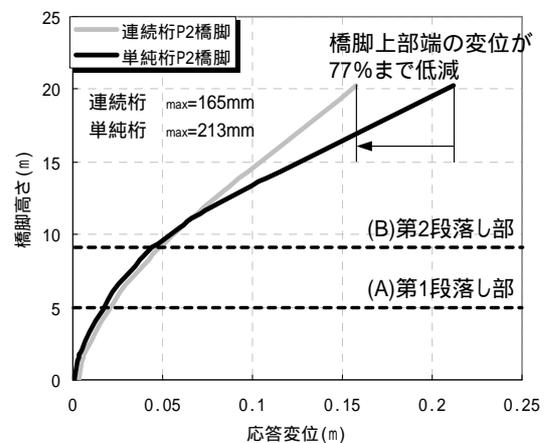


図 - 6 単純桁モデル橋脚変形図