

大阪大学工学部 正 員 西村宣男 大阪大学大学院 学生員 池内智行
 大阪大学工学部 学生員○谷口直子 神戸製鋼所 正 員 中川知和

1. まえがき 先の阪神・淡路大震災では、設計震度を大きく上回る地震力が生じ、鋼管橋脚を使用した高架橋にも大きな被害が生じた。阪神高速神戸線松原交差点付近の鋼管橋脚においては、局部座屈や降伏による塗装の剥げ落ちが損傷の大半であった。これらの被害は橋脚に軸圧縮力と同時に繰り返し曲げが作用したことが原因と考えられる。この事実を解析的に究明し、今後の鋼管橋脚に対する補強方法について検討する必要がある。本研究では鋼管橋脚の損傷についてまとめ、さらに軸圧縮力と繰り返し曲げを受ける円形鋼管の弾塑性有限変位解析を行い、今回の地震で起こった局部座屈による鋼管の変形との比較を行った。

2. 鋼管橋脚の損傷状況 本研究の対象とする阪神高速神戸線松原交差点付近の 12 本の橋脚は同種の構造を採用している。この橋脚の特徴としては、鋼管セグメントを突き合わせ溶接によりつなぎ合わせたものであること、また鋼管の鋼種および板厚がセグメントごとに変化していることが挙げられる。全般的な破損、変形の特徴としては降伏による塗装の剥離、鋼管片側の局部座屈、部材断面を周回するちょうちん座屈が挙げられる。また、すべての被害はセグメントを突き合わせた溶接部分で起こっていることがわかった。以下に 3 本の被害程度の異なる橋脚の被害状況を簡単に述べる。

<NP-584> 橋脚高の中間点付近で提灯座屈を起こしている。非常に大きな変形を受けているため、亀裂の発生が認められる。対象としている地区で最も被害が大きい。

<SP-582> 橋脚高の中間点付近で両側から生じている局部座屈がつながり、ちょうちん座屈になりかけている。

<NP-581> 座屈は認められないが、3ヶ所にわたって塗装がはげ落ちた所があり、降伏まで達していると思われる。

次に被害を受けた橋脚のパラメータの調査を行った。図-1 は被害を受けた箇所の径厚比と軸力比の関係を表したものである。マークの色が濃くなるに従って被害程度が大きくなるように示してある。この図より軸力比が大きくなるに従って被害が大きくなっているのがわかる。また、図-2 は無次元径厚比と無次元径厚比の比の関係を表したものである。縦軸の無次元径厚比の比は、鋼管の無次元径厚比を基部側の鋼管の無次元径厚比で除したものである。無次元径厚比の比が 1.0、つまり、セグメントの突き合わせたところで板厚と鋼種のどちらも変化していない箇所では、被害を受けていないことがわかる。また、無次元径厚比の比が 1.0 よりも大きくなるにしたがって、また無次元径厚比の比が 1.0 よりも小さくなるにしたがって被害が大きくなっていることがわかる。

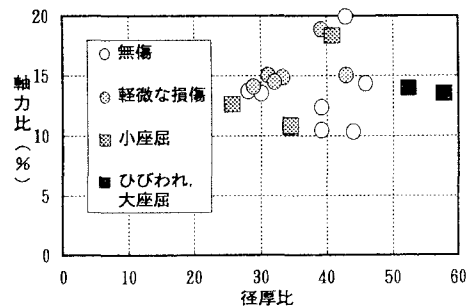


図-1 径厚比と軸力比の関係

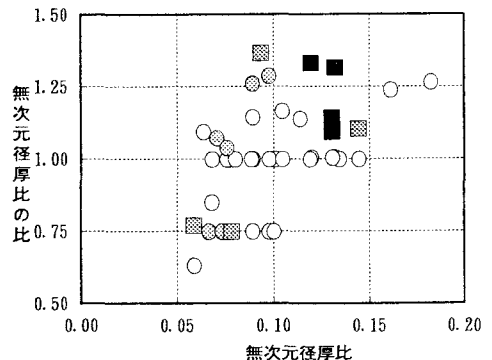


図-2 無次元径厚比と無次元径厚比の比の関係

3. 解析方法 解析にあたっては、8節点アイソパラメトリックシェル要素を用いた弾塑性有限変位解析プログラム「NASHEL」¹⁾を使用した。構成式には、本研究室で提案された単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式²⁾を用いた。載荷パターンとして、強制変位は軸力を一定に保ちながら、載荷辺の曲率が定振幅で3cycle繰り返すように与えた。繰り返す曲率 ϕ は、降伏時の曲率 ϕ_y の3倍とした。

4. 解析結果 まず、同一橋脚の各セグメントにおける軸圧縮力と繰り返し曲げを受ける解析を行った。解析結果を図-3に示す。NP-584について行い、セグメント番号を橋脚の上部のセグメントからa,b,c,dとした。図中の縦軸の M/M_y は、曲げモーメント M を降伏時の曲げモーメント M_y で無次元化したものである。この図より、a, bのセグメントの方がc, dのセグメントに比べ、かなり強度が落ちてきているのがわかる。被害を受けたセグメントはbであり、またaよりbの方が実際作用した曲げの力が大きいことより、bが被害を受けやすいことが確認できる。

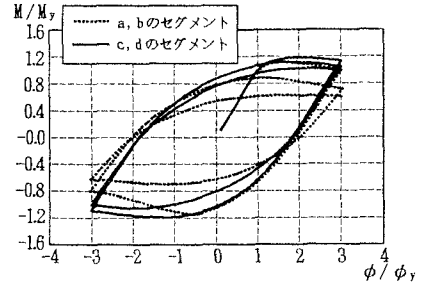


図-3 各セグメントごとの解析結果

次に、被害程度の異なる3つの橋脚、NP-584, SP-582, NP-581を解析モデルとして解析を行った結果を図-4に示す。また、解析モデルの諸元を表-1に示す。NP-581は、NP-584に比べ、強度が高くなっている。これは、径厚比がNP-581のほうがNP-584より小さいためと考えられる。またNP-581は、曲げを反転させた1cycle以降も強度の低下がほとんどみられないことがわかる。また、径厚比の異なるSP-582とNP-584とで曲げ-曲率関係にほとんど変化がないのはSP-582がNP-584に比べ軸力比が大きいためと考えられる。実際の被害ではNP-581, SP-582, NP-584, の順に被害が大きくなっている。解析に

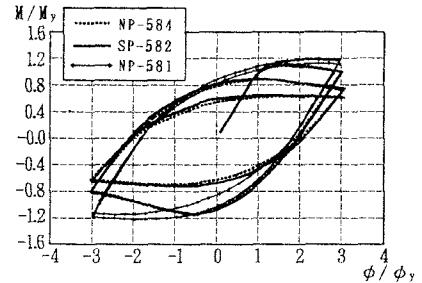


図-4 解析結果

表-1 解析モデルの諸元

解析モデル	降伏応力(kgf/cm ²)	径厚比	無次元径厚比	軸力比(%)	破損高さ	板厚(cm)	半径(cm)
NP-581	2400	29	0.0663	14.1	0.269	3.1	90
SP-582	2400	40.9	0.0935	18.3	0.518	2.2	90
NP-584	2400	57.9	0.1323	13.5	0.487	1.9	110

無次元径厚比 $=2\sigma_y R / (Et)$

においてもSP-582がNP-

584より橋脚の高い位置で被害を受けていることを考慮すれば、被害程度が小さい順に変形能が優

れていることがわかり、実際の被害状況と解析結果が類似したものになった。

5. まとめ ①阪神・淡路大震災で被害を受けた鋼管橋脚のパラメータを調査した結果、軸力が小さいほど、また上下のセグメントの無次元径厚比の差が大きいほど被害が大きいことがわかった。②被害橋脚をモデルとし、鋼管セグメントの軸圧縮力と繰り返し曲げを受ける弾塑性有限変位解析を行った結果、被害を受けたセグメントが同一橋脚の他のセグメントより、強度の低下が大きく被害を受けやすいことがわかり、また被害程度が小さい順に変形能が優れていて、実際の被害と解析結果が類似したものとなった。

<参考文献>

- 1) Nobuo NISHIMURA, Shigeyuki MURAKAMI, Shuji TAKEUCHI : Elasto-plastic Finite Displacement Analysis of Thin-Walled Shells, *Technology Reports of the Osaka University*, Vol.45, No.2231, pp.213-220
- 2) 西村宣男, 小野潔, 池内智行 : 単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, 第513号, pp.27-38, 1994