

京都大学工学部 学生員 ○武居 正樹 京都大学大学院 フェロー 渡邊 英一
 京都大学大学院 正会員 宇都宮 智昭 京都大学大学院 正会員 永田 和寿
 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征 阪神高速道路公団 正会員 徳林 宗孝

1. 研究目的

阪神高速道路公団との共同研究である鋼製ラーメン橋脚の強度と変形能に関する研究と鋼製ラーメン橋脚載荷実験により、鋼製ラーメン橋脚の基本的な力学的挙動の把握を行った。その結果、対象とした鋼製ラーメン橋脚は強度と変形性能に優れていることが明らかとなった。しかし、鋼製ラーメン橋脚の力学的性状を左右する構造パラメータは数多く存在し、設計に有益な情報が十分得られたとは言いがたい。よって本研究では、上部構造の転倒モーメントによる鉛直荷重の変動に注目することとした。汎用有限要素解析コード ABAQUS を用いて、解析を行い鋼製ラーメン橋脚の力学的性状を明らかにする。また載荷実験との比較を行い、結果の妥当性をみる。なお、載荷実験では上部構造の影響を考慮しなかった。

2. 研究手法

本研究では、鋼製ラーメン橋脚として阪神高速道路湾岸線岸 P34 を取り上げ、Fig.1 に示すように再現した解析モデルとした。使用した要素としては、曲げに対する横方向のせん断変形を考慮できるものとし、Y 軸平面に対して対称な変形モードを仮定することにより 1/2 モデルとした。なお、残留応力および初期不整は考慮していない。主要鋼材として、SM490Y を使用した。また、実験値との比較を行うため実橋脚のおよそ 1/16 スケールとして実験供試体解析モデルを作成した。主要鋼材としては SS400 材を使用した。なお、解析モデルの断面諸元を Table1 に示す。次に本研究で用いた載荷方法について以下に述べる。今回採用した載荷方法(Fig.2)は、上部構造をその重心をとおりはり要素と見なし、隅角部とその節点 A, B はピン結合とした。はりの高さ h を 5500(mm)と設定した。また、はり要素の剛性を大きくすることにより、剛体と同様の挙動をするようにした。そして、重心に上部構造の自重に相当する鉛直荷重を与え 1 水平方向に強制変位を与えた。

Table1 実橋脚解析モデルの断面諸元

	柱基部	柱中央部	柱上部	はり端部	はり中央部
ウェブ部	36mm	22mm	22mm	22mm	12mm
フランジ部	22mm	19mm	22mm	22mm	11mm
リップ(ウェブ)	25mm	19mm	19mm	19mm	19mm
リップ(フランジ)	22mm	19mm	19mm	19mm	14mm

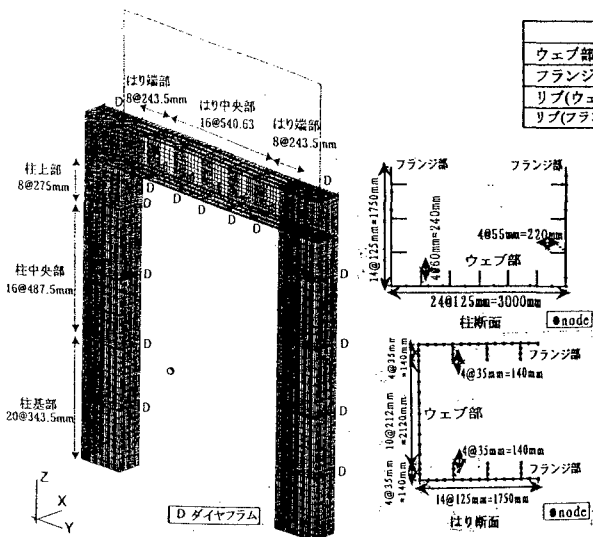


Fig.1 実橋脚解析モデル全体図および断面図

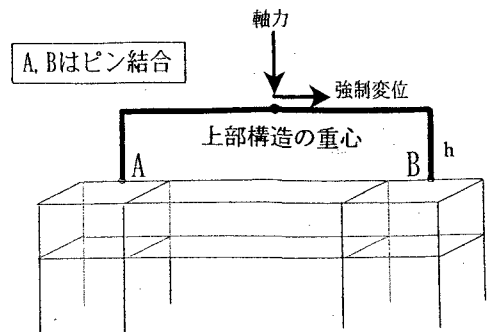


Fig.2 載荷方法

3. 解析結果

実橋脚解析モデルを用いて、降伏変位 δ_y の 15 倍までの単調荷重を行った。なお、本解析は本モデルの 1 要素でも降伏応力に達した時点(von Mises の相当応力が材料の降伏応力に達した時点)の、荷重位置の変位を対象モデルの降伏変位とする。また以下の曲線における変位は左右隅角部上面の水平変位の平均をとったものである。単調荷重における水平荷重-水平変位曲線を Fig.3, 柱基部における軸力変動曲線を Fig.4, 荷重終了時の橋脚の Mises 応力の分布図を Fig.5 に示す。Fig.4 には、フレームアクションによる軸力変動の値も示している。これより、上部構造の転倒モーメントの考慮により柱基部右側における軸力変動差最大値が 48.5%($10 \times 10^3 \text{KN}$)増加している。Fig.5 より、はり部ウェブ面と柱基部に局部座屈が発生していることが分かる。特にはり部ウェブ面には補剛材が入っておらず解析の対象とした鋼製ラーメン橋脚において弱い部分の 1 つであることが分かった。

本解析の妥当性を見るために、供試体解析モデルを用いて行った単調荷重の結果と、荷重実験値との比較を行った。荷重実験では上部構造の影響は考慮しておらず、またラーメン橋脚の梁の変形を拘束しない荷重方法を用いた。水平荷重-水平変位曲線を Fig.6, 柱基部(左側)の軸ひずみの変化曲線を Fig.7 に示す。Fig.6 より、最大荷重はほぼ等しい値となったが、本解析で採用した荷重方法はラーメン橋脚の変形を拘束しているため解析値は大きめにでていると推測される。Fig.7 で注目すべき点は、解析値が実験値の最大ひずみの圧縮側で 3.84 倍、引張り側で 1.78 倍となっていることである。軸ひずみが上部構造の考慮によりかなり大きい値となったと考えられる。

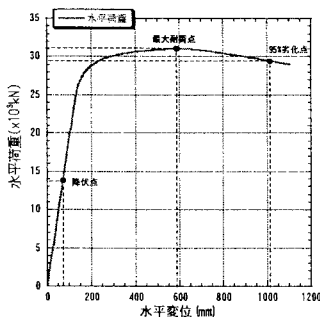


Fig. 3 水平荷重-水平変位曲線(実橋脚_単調荷重)

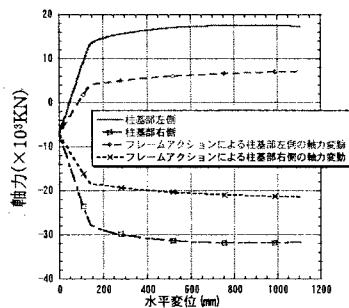


Fig. 4 軸力変動曲線(実橋脚_単調荷重)

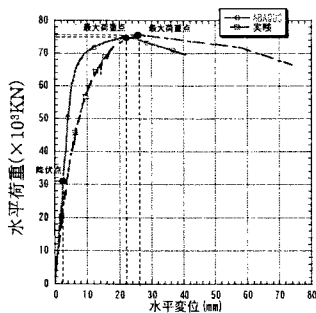


Fig. 6 水平荷重-水平変位関係(供試体_単調荷重_実験値との比較)

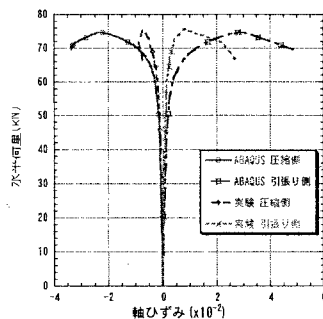


Fig. 7 左柱基部フランジ側の軸ひずみ変化(供試体_単調荷重_実験値との比較)

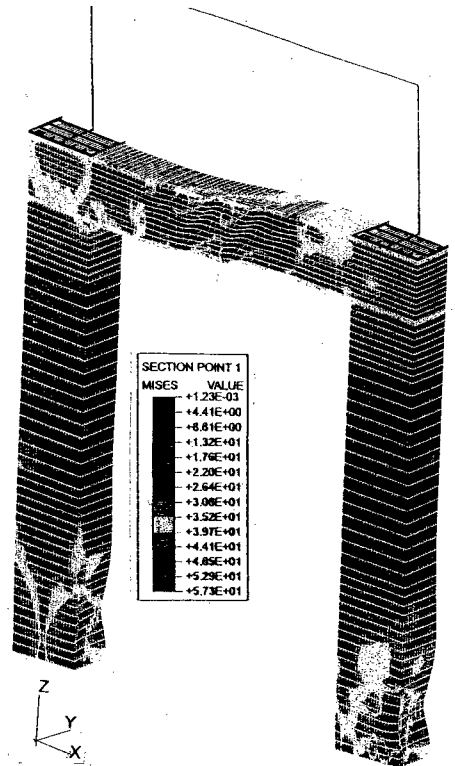


Fig. 5 荷重終了時における Mises 応力分布図

4. 結論

上部構造の転倒モーメントによる影響で柱基部における軸力変動がフレームアクションのみによる軸力変動の値よりも大きくなることが分かった。また、供試体解析モデルの解析値と実験値との比較より上部構造の考慮により軸ひずみが大きくでてくることが分かった。これより鋼製ラーメン橋脚の合理的な耐震設計を行うためには、上部構造を考慮する必要があると思われる。