

第 I 部門

高張力鋼を用いた矩形断面鋼製橋脚の耐震性能に関する解析的研究

大阪大学工学部 学生員 ○西島 諭 大阪大学大学院工学研究科 学生員 田崎 真吾
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔 石川島播磨重工業株式会社 正会員 岡田 誠司
 大阪大学名誉教授 フェロー 西村 宣男 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

1. 研究の目的および概説

平成14年に改訂された道路橋示方書・同解説V耐震設計編¹⁾では矩形断面および円形断面のコンクリートを充填した鋼製橋脚およびコンクリートを充填しない鋼製橋脚について耐震性能評価手法が具体的に示された。しかしSM570材については道路橋示方書にその具体的な耐震設計手法が示されておらず、それを確立する必要があると考えられる。

鋼部材の耐震性能は数値計算によって把握することが出来る。しかし弾塑性有限変位解析を行って基本的な耐震性能を把握するためには、解析が実挙動を確実に再現しているか解析手法の妥当性を確認する必要がある。

本研究ではSM570材を用いた矩形断面鋼製橋脚の耐震設計手法を確立するため、その耐力および変形性能を解析により評価することを目的とした。そのため本稿では土木研究所で行われた実験結果²⁾を基に、本研究室で使用している弾塑性有限変位解析プログラムCYNAS³⁾の妥当性の検証を行ったので報告する。

2. 既往の実験の概要

既往の実験²⁾に用いられたKD-9 供試体の外形寸法を図-1に、断面寸法を図-2に、またその他諸元については表-1に示す。鋼種はSM570で、正方形断面、縦リブを2本に設定している。実験方法は正負交番载荷で、所定の鉛直軸力を载荷した後、軸力を一定に保持した状態で水平方向に繰り返し载荷を行っている。繰り返し载荷の方法は、降伏点の水平変位 δ_y の整数倍を片振幅とし、 ± 1 倍、 ± 2 倍・・・というように漸次振幅を増加させている。以上のような実験により得られたP- δ 関係を図-3に示す。

3. 解析手法

2節のような実験結果を用い、本研究室で使用している弾塑性有限変位解析プログラムCYNAS³⁾の妥当性を確認した。解析モデルを図-4に示す。要素分割は変形の大きい一番下のダイアフラム間のパネルを細かく分割し、それより上方の要素は解析結果に影響のない程度に分割数を少なくした。柱頂部の断面中心位置にある節点に軸力と水平方向の強制変位を与えた。柱断面に平均して荷重が作用するように柱の上部には剛性の大きい要素を配置した。この要素は降伏しないように設定して、実験での载荷装置と高さをあわせた。

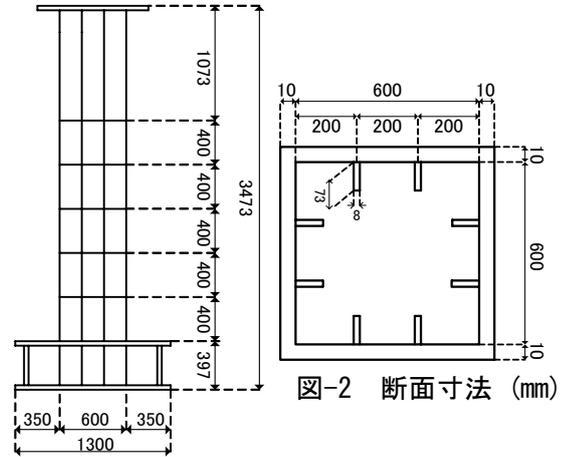


図-1 外形寸法 (mm)

図-2 断面寸法 (mm)

表-1 供試体諸元

細長比 パラメータ λ	幅厚比パラメータ		γ/γ_1^*	γ/γ_{1req}	軸力 N (kN)	軸力比 N/N _{yN}
	R _R	R _F				
0.496	0.579	0.343	3.070	4.650	1735	0.136

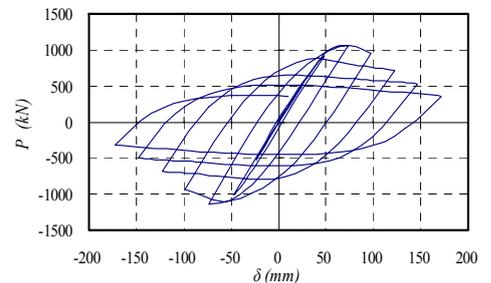


図-3 実験結果

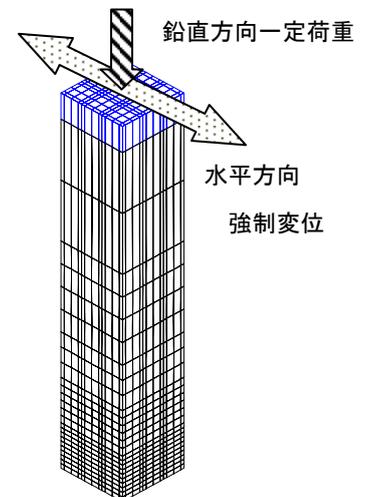


図-4 要素分割図

解析に導入した初期不整については、**図-5**に残留応力分布、**図-6**に初期たわみをそれぞれ示す。

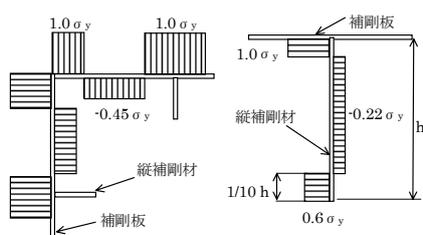


図-5 残留応力分布

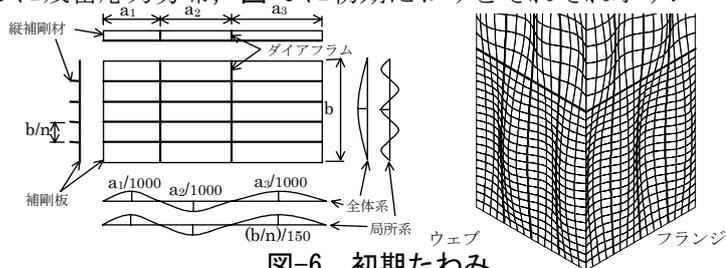


図-6 初期たわみ

4. 解析結果と実験結果の比較

水平荷重—水平変位関係について実験結果と解析結果を比較した。降伏水平荷重 P_y で無次元化した水平荷重と降伏水平変位 δ_y で無次元化した水平変位の履歴曲線を比較したものを**図-7**に示す。同様に包絡線を**図-8**に示す。また最大水平荷重を降伏水平荷重で除した値 P_{max}/P_y 、最大水平荷重時変位を降伏水平荷重時変位で除した値 δ_m/δ_y の実験値と解析値を表-2に示す。最大水平荷重、最大水平荷重時変位は、解析と実験で誤差10%以内であり、精度よく再現できたと考える。また最大水平荷重以降の劣化勾配もほぼ一致していることがわかる。この結果より本論文で示した解析手法による弾塑性有限変位解析によって、水平荷重—水平変位関係の実挙動を再現できることが確認された。

また変形形状について比較する。**写真-1**に既往の正負交番載荷実験における実験供試体のフランジ基部第一パネルの変形状況、**図-9**に弾塑性有限変位解析におけるフランジの基部第一パネルの変形状況を示す。両者ともパネル全体座屈はほとんど発生しておらず、局部座屈はパネルの下半分に6箇所発生している。よって弾塑性有限変位解析によって座屈の変形モードがほぼ再現できた。

5. 結論

以上のことから本研究室で使用されている弾塑性有限変位解析プログラムCYNAS³⁾によってSM570材の耐力および変形性能を評価することが可能であることが分かった。

【謝辞】本研究は「2005年度鋼構造研究・教育助成事業（土木学生研究）」の一環として行ったものであります。また本研究における解析は、大阪大学サイバーメディアセンターの大規模計算機システムを利用して行いました。関係各位のご協力に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 2002年3月。
- 2) 建設省土木研究所：共同研究報告書, 第183号, 道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書(VI), 平成9年4月。
- 3) 池内智行：鋼材の塑性履歴構成式の定式化と繰り返し外力を受ける鋼構造物の変形能の評価への応用に関する研究, 大阪大学学位論文, 1998年。

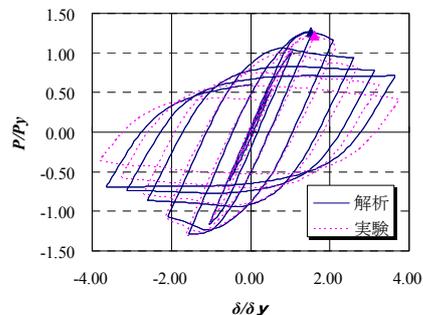


図-7 履歴曲線

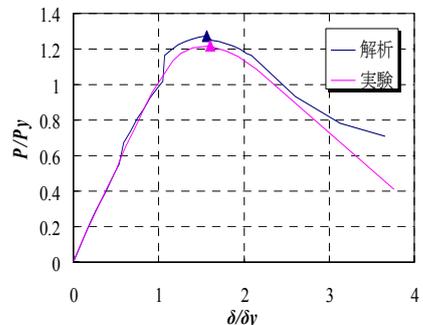


図-8 包絡線

表-2 比較表

	解析	実験	解析/実験
P_{max}/P_y	1.27	1.21	1.05
δ_m/δ_y	1.56	1.70	0.92

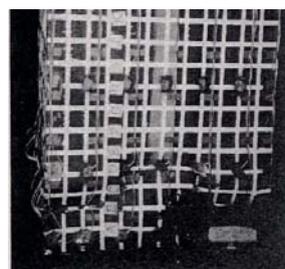


写真-1 実験供試体変形状況

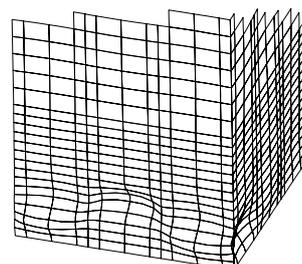


図-9 解析結果 変形状況