

早稲田大学大学院 学生員 ○岩崎 求起
早稲田大学大学院 学生員 水本 崇
早稲田大学大学院 学生員 小玉乃理子
早稲田大学理工学部 正会員 依田 照彦

1. はじめに

兵庫県南部地震以後、鋼製橋脚の耐震性に関する様々な研究が行われているが、鋼製ラーメン橋脚については未だに実験データおよび非線形数値解析の適用性に関する検討が十分とは言い難い。そこで、本研究では1層1径間の鋼製ラーメン橋脚をモデル化し、非線形有限要素法解析を用いて、プッシュオーバー解析および繰り返し載荷実験に対する解析を行うことにより、ラーメン構造の耐震性能の評価、局部座屈などの破壊個所の特定、破壊メカニズムの把握を行うことを目的とする。

2. 解析モデル

今回の解析では、鋼製ラーメン橋脚実験供試体を解析対象とする。この供試体は、鋼製ラーメン橋脚の耐震性能を確認するために首都高速道路公団にて作成されたものである。橋脚は矩形断面を有し、1層1径間の橋脚構造である。解析に用いた橋脚は図1に示す2ケースである。Case1では、柱基部は柱上端部より縦方向補剛材の数を増やし、じん性を高めている。梁は柱よりも先には降伏しない断面である。Case2は柱に比べて梁が弱い断面とする(図1)。また、鋼材はSS400を用いている。

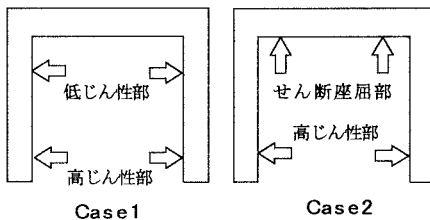


図1. 解析モデルの特徴

供試体のモデル化は、4節点厚肉シェル要素(S4R)および梁要素(B23)の2種類を用いた。柱基部は完全固定である。付加質量はマス要素(MASS)で与えた。シェル要素に関しては座屈破壊の予想される固定部・隅角部周辺は十分に細かく要素分割を行っている。

キーワード：鋼製ラーメン橋脚、局部座屈、弾塑性解析、有限要素法

連絡先 : 早稲田大学理工学部 〒169-8555 新宿区大久保3-4-1 Tel&Fax : 03-5286-3399

表1. 供試体緒元

想定 着目	Case1 新設想定	Case2 既設想定
	柱上下断面	梁せん断座屈先行
塑性ヒンジ位置		梁 柱基部
供試体 寸法	高さ(mm)	2940
	柱間隔(mm)	4500
柱基部	断面寸法(mm)	450×450
	板厚(mm)	6
柱上端部	断面寸法(mm)	450×450
	板厚(mm)	12
梁部	断面寸法(mm)	550×450
	板厚(mm)	Fig:16 Web:16

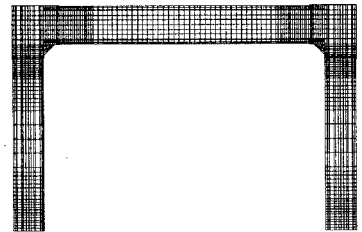


図2. シェル要素解析モデル

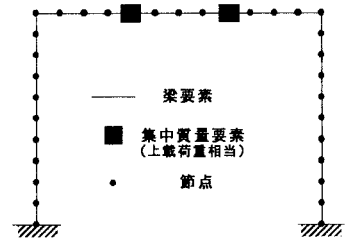


図3. 梁要素解析モデル

シェル要素分割に際しては、板厚変化点での偏心を考慮して座標値を変化させている(図2)。また、梁要素に関しては図に示すように要素を等分割した(図3)。解析では始めに自重解析を行い、その後プッシュオーバー解析および繰り返し載荷実験に対する解析を行った。

3. 解析手法

実構造物の載荷状態を模擬するため、梁部材に2点ピン支持(実構造物の桁の支点部を想定)の載荷荷を

取り付けて、載荷梁に鉛直方向に付加質量による一定軸力 N (334kN) を作用させ水平方向にプッシュオーバー解析および繰り返し載荷実験に対する解析を行う。解析コードとしては汎用有限要素法コード ABAQUS (Version5.7) を用いた。

4. 解析結果

①プッシュオーバー解析

図4、5に各ケースの解析終了時点（水平変位： $\delta = 10\text{cm}$ ）での、局部座屈形状の拡大図（最大主応力）を図6に水平荷重-水平変位曲線（Case1）を示す。

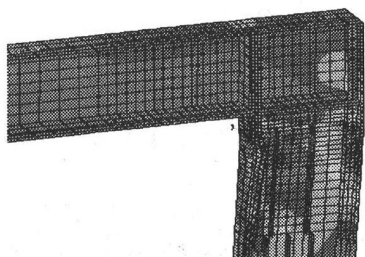


図4. 局部座屈形状 (Case1)

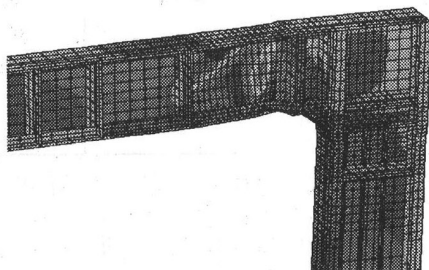


図5. 局部座屈形状 (Case2)

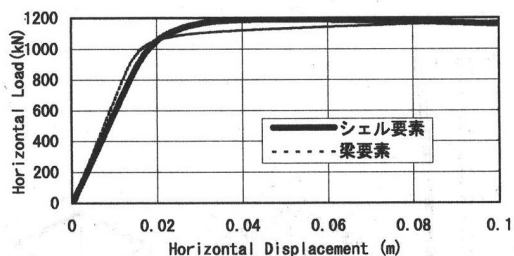


図6. 水平荷重-水平変位曲線 (Case1)

図4、5より各モデル間で局部座屈の発生位置が異なることが確認できる。また、柱頂部の変形量はCase2の方がCase1よりも小さい。

図6より、初期剛性の値はシェル要素モデルより梁要素モデルの方が大きくなっていることが分かるが、

これは梁要素モデルの特性と考えられ、両モデル間での結果はほぼ等しいとみなせる。

②交番載荷実験に対する解析

図7、8にCase1, Case2の水平荷重-水平変位曲線をそれぞれ示す。

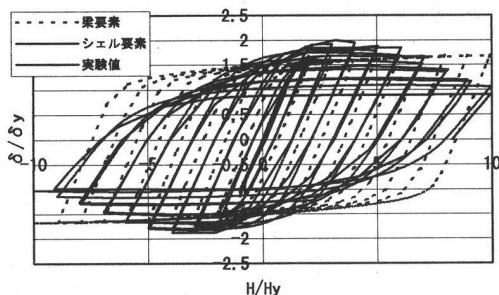


図7. 水平荷重-水平変位曲線 (Case1)

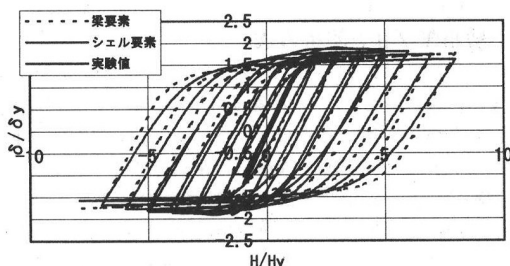


図8. 水平荷重-水平変位曲線 (Case2)

図7では、初期降伏変位 $\delta_y = 11.87\text{mm}$ 、降伏荷重 $H_y = 664\text{kN}$ であり、図8では、 $\delta_y = 11.90\text{mm}$ 、 $H_y = 560\text{kN}$ である。シェル要素モデルを用いた場合には実験結果を定性的に良く近似しているが、梁要素モデルを用いた場合には要素の特性上、座屈による耐力低下をうまく表現できていない。その結果、耐力力特性にモデル間の差が生じたと思われる。

5. 結論

- (1) 鋼製ラーメン橋脚の繰り返し挙動解析では、シェル要素モデルと梁要素モデルとのモデル化の差が顕著に表れる。
- (2) 最大耐力は柱が先行して塑性化する Case1 が、梁が先行して塑性化する Case2 よりも大きい。
- (3) 繰り返し載荷実験に対する解析によれば、最大耐力以降の耐力低下はCase2の方が少なく、Case2が高いエネルギー吸収性能を持つことが分かる。

6. 謝辞

数値解析モデルの作成にあたり首都高速道路公団より貴重なデータを頂きました。記して謝意を表します。

参考文献：1) 山村啓一、岩崎求起、依田照彦他：鋼製ラーメン橋脚の地震時動的挙動に関する数値解析的研究、土木学会第55回年次学術講演会講演概要集、土木学会、pp. 384-385, 2000.9