

修復可能な鋼製ラーメン橋脚の梁部と柱部の塑性ヒンジに関する考察

早稲田大学大学院

早稲田大学理工学部

早稲田大学理工学部

○学生会員

水田 滋

正員

小玉 乃理子

フェロー

依田 照彦

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震での土木構造物の被害を見ると、構造物の動的挙動に起因する破壊が土木構造物に多大な被害を与えたことが分かる。このため、地震等の被害により橋脚が損傷を受けても最低限の強度を維持し車両の通行を可能にする構造が求められている。そこで、本研究では梁部では、「最大耐力以降の耐力低下はほとんどなく、高いエネルギー吸収性を持つ」塑性ヒンジに着目し、従来型モデルとの比較を行う。柱部では内巻きコンクリート鋼製柱脚についてコンクリートの剥離を許容するモデルについて FEM 解析を用いて定性的な数値解析を行い、従来型モデルと比較した。

2. 解析モデル

今回の解析では、鋼製ラーメン橋脚および内巻きコンクリート鋼製柱脚を解析対象とする。鋼製ラーメン橋脚は矩形断面を有し 1 層 1 径間の橋脚構造であり、内巻きコンクリート鋼製柱脚は矩形断面を有す単柱構造を例として取り上げた。鋼製ラーメン橋脚の解析においては、図 1 に示す 2 ケースの塑性ヒンジを対象とした。Case1 では、梁中央部および柱基部での塑性ヒンジを形成するように、材料構成則を他の部材に比して弱くしてある。Case2 では、同様に柱上端部および柱基部において塑性ヒンジを形成するようにしている。

表 1. 材料定数

	材料	降伏応力 MPa	ヤング率 GPa	ポアソン 比	密度 kg/m ³
ラーメン モデル	低降伏点鋼部	100	206	0.30	7850
	普通鋼部	352	206	0.30	7850
内巻きコンクリート モデル	鋼	352	206	0.30	7850
	コンクリート	30	30	0.15	2500

供試体のモデル化は、ラーメン橋脚については図 2 に示すように 4 節点厚肉シェル要素 (S4R) を用いた。内巻きコンクリート鋼製柱脚については鋼部分は 4 節点厚肉シェル要素 (S4R)、コンクリート部分は 8 節点低減積分ソリッド要素 (C3D8R) を用いた。鋼とコンクリートの接触部は節点を共有させている。各モデルとも柱基部

は完全固定、付加質量はマス要素 (MASS) で与えた。

表 2. 構造諸元 単位(mm)

		ラーメン橋脚 モデル	内巻き コンクリート柱
塑性ヒンジ位置		柱基部 柱頂部 梁部	柱基部
供試体寸法	高さ	3217	2940
	柱間隔	4500	—
柱基部	断面寸法	450×450	450×450
	板厚	6	6
	コンクリート厚	—	75
柱上端部	断面寸法	450×450	450×450
	板厚	6	6
	コンクリート厚	—	75
梁部	断面寸法	450×450	—
	板厚	Flg : 6 Web : 6	—

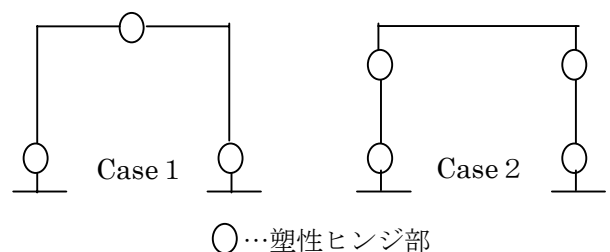


図 1. ラーメン橋脚モデルの特徴

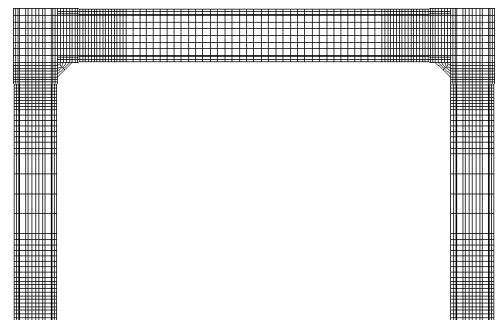


図 2. FEM 解析モデル（ラーメン）

キーワード：鋼製橋脚、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

3. 解析手法

上部工の存在を想定して、ラーメン橋脚には669kN(降伏力に対する軸力比20%)、内巻きコンクリート鋼製柱脚については289kN(軸力比10%)の一定軸力を作用させ、各モデルともsin波を加速度入力し、その後1.0秒間自由振動させた。入力sin波の概形は、調整波2波、最大波4波、調整波2波とした。周期は各モデルの固有周期と同じものを作成した。内巻きコンクリート鋼製柱脚については、最大波の入力時と終了時のそれぞれに柱基部1/3のソリッド要素部分を取り除く(コンクリートの剥離を想定)タイプA、B、コンクリートの崩壊を考えないタイプCを考えた。解析コードとしては、汎用有限要素法コードABAQUS (Version5.8) を用いた。

4. 解析結果

①鋼製ラーメン橋脚



図3. 変形図（ラーメン橋脚、Case1）



図4. 変形図（ラーメン橋脚、Case2）

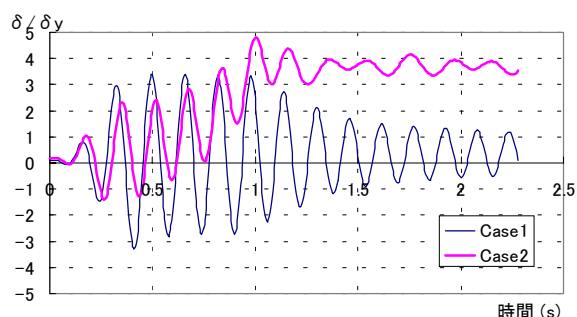


図5. 時刻歴変位応答

図3～5はそれぞれラーメン橋脚の解析終了時点でのモデルの変形図と変位応答である。Case1では梁部におい

てせん断座屈が起きているために構造系全体での残留変位 ($\delta/\delta_y=0.52$ ここで δ_y は初期降伏変位) は小さくなっており、Case2では柱基部および柱頂部において曲げ座屈が起きているためにCase1に比べ構造系全体での残留変位 ($\delta/\delta_y=3.5$) が大きくなっていることがわかる。

②内巻きコンクリート鋼製柱脚

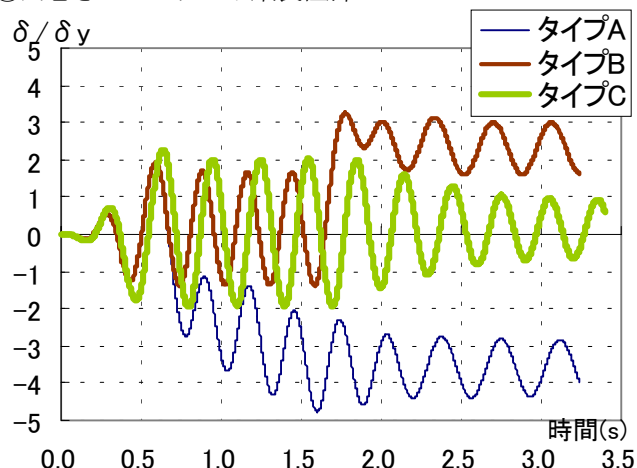


図6. 柱頂部の時刻歴変位応答

図6は内巻きコンクリート鋼製柱脚の解析終了時点までの柱頂部の時刻歴変位応答である。ただし、変位は δ/δ_y で示してある。残留変位は、タイプAが約3.5、タイプBが約2.5、タイプCがほぼ0であった。コンクリートの剥離を想定したタイプA、Bについては遅く剥離したタイプBの方が残留変位は小さい。また、コンクリートが剥離しないタイプCが最も残留変位が小さいことがわかった。矩形断面鋼製柱脚の場合、内巻きコンクリートは剥離させない方がよいことがわかった。

5. 結論

①鋼製ラーメン橋脚においては梁部に塑性ヒンジを形成させ次に、柱基部の座屈へとヒンジ部の形成順序を調整することにより、残留変位の大きさを低減できる。

②上記のような座屈箇所の制御を行うためには、梁部で低降伏点鋼を利用し、柱基部でコンクリートを内巻きにし、柱基部の座屈発生を梁の塑性ヒンジ形成に比べ遅らせることが望ましい。

③解析結果によれば内巻きコンクリート橋脚形式でも残留変位が小さくでき、修復可能な橋梁形式が期待できる。

参考文献

1)岩崎求起、水本崇、依田照彦他:鋼製ラーメン橋脚の繰り返し載荷実験に対する数値解析的研究、第28回関東支部技術研究発表会講演概要集、土木学会関東支部、pp.78-79,2001