

(I-53) 修復可能な鋼製ラーメン橋脚の耐震特性に関する基礎的研究

早稲田大学大学院
早稲田大学大学院
早稲田大学理工学部

○学生会員 水本 崇
学生会員 岩崎 求起
フェロー 依田 照彦

1. はじめに

従来のハイブリッド橋脚は、耐震性能を増すことを目的として、強度とじん性の向上を目指すものが多かった。このため、想定される地震が予想を上回らない限り、強度とじん性の向上はそのまま安全性と耐震性の向上に結びついていた。しかしながら、予想を上回る地震により損傷を受けた場合にも、補修可能な範囲に損傷を抑えることができ、すぐに補修可能な高性能橋脚の必要性に迫られている。そこで、本研究では2段階で損傷を許容する補修の容易なラーメン橋脚の提案を行う。第1段階では、「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」梁部での座屈¹⁾に着目し、梁部中央および柱基部に塑性ヒンジを形成するモデルを提案型ラーメン橋脚モデルとし、第2段階では内巻きコンクリート鋼製橋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を用いて定性的な数値解析を行った。

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橋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橋脚は円形断面を有す単柱構造である。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橋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	内巻き コンクリート
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	3217
	柱間隔	4500	—
柱基部	断面寸法	450×450	φ=450
	板厚	6	6
	コンクリート厚	—	56.25
柱上端部	断面寸法	450×450	φ=450
	板厚	6	6
	コンクリート厚	—	56.25
梁部	断面寸法	450×450	—
	板厚	Flg: 6 Web: 6	—

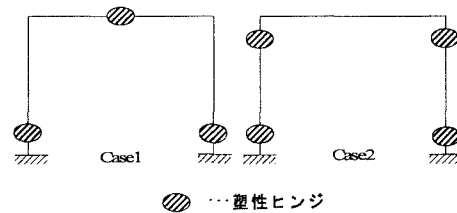


図1. ラーメン橋脚モデルの特徴

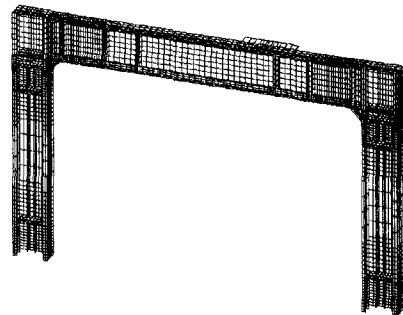


図2. FEM解析モデル(ラーメン)

3. 解析手法

上部工の存在を想定して、ラーメン橋脚には334kN(軸力比 8%)、内巻きコンクリート鋼製橋脚については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 波である。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橋脚については、コンクリートの崩壊を考えないタイプ A と、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 B, 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 (Version 5.8) を用いた。

4. 解析結果

①鋼製ラーメン橋脚

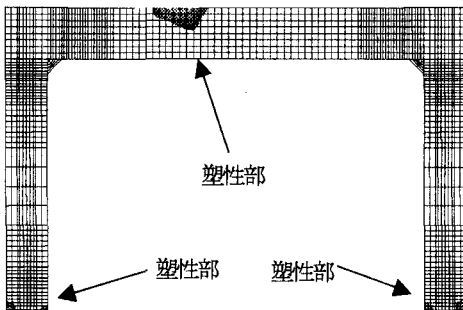


図3. 塑性ひずみ図 (ラーメン橋脚、Case1)

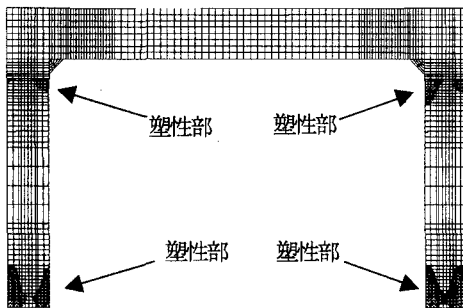


図4. 塑性ひずみ図 (ラーメン橋脚、Case2)

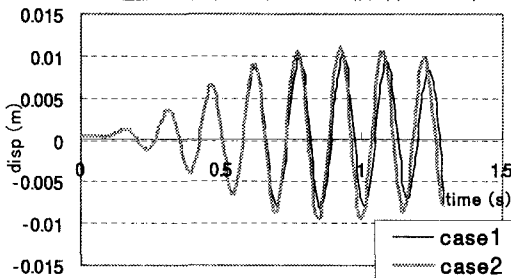
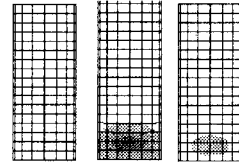


図5. ラーメン天端の水平方向時刻歴変位応答

図 3~5 はそれぞれラーメン橋脚の解析終了時点での塑性ひずみ分布と時刻歴変位応答である。Case1 では梁部において最大塑性ひずみ 1.27%が発生し、Case2 では柱基部において最大塑性ひずみ 2.59%が発生した。残留変位は、モデル間での差異は少なく、ほぼ 0 となった。

②内巻きコンクリート鋼製橋脚



タイプ A タイプ B タイプ C

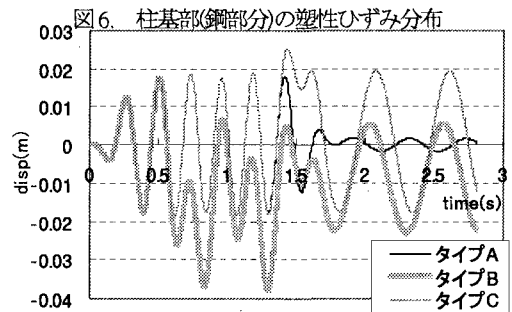


図7. 柱頂部の時刻歴変位応答

図 6, 7 はそれぞれ内巻きコンクリート鋼製橋脚の解析終了時点での柱基部 (鋼部分) の塑性ひずみ分布と時刻歴変位応答である。残留変位は、タイプ A, C がほぼ 0cm、タイプ B が約 1.0cm であった。コンクリートの剥離を想定したタイプ B, C については遅く剥離したタイプ C の方が残留変位は小さい。柱基部に新たにコンクリートを巻くことにより、座屈の発生時刻を遅らすことができ、補修可能な橋脚が作成できると考えられる。

5. 結論

①鋼製ラーメン橋脚においては梁部の座屈から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、塑性ひずみ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、実構造物では、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座屈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は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