

ラーメン式RC橋脚の耐震性評価に関する一考察(その1)

(株) 日本構造技術研究所 正員 工修 ○平岡 良彦 正員(フェロ) 工博 則武 邦具

1. はじめに

平成8年の道路橋示方書V・耐震設計編改定以後、構造部材の強度の向上とともに変形性能を高めることを目指して耐震設計が行われている。本稿は、1階層ラーメン構造RC橋脚の代表として、3柱式ラーメン橋脚に着目し、橋脚梁及び柱の剛性の相違が構造系の耐震性能に与える影響を検討することによって、類似構造橋脚設計の一助とすることを目的とする。

2. 検討対象橋脚

検討対象橋脚は、上部工として、支間 40m程度 の3主鋼鈑桁橋を想定した図 1 に示す 2 種地盤に設置された3柱式RCラーメン橋脚である。

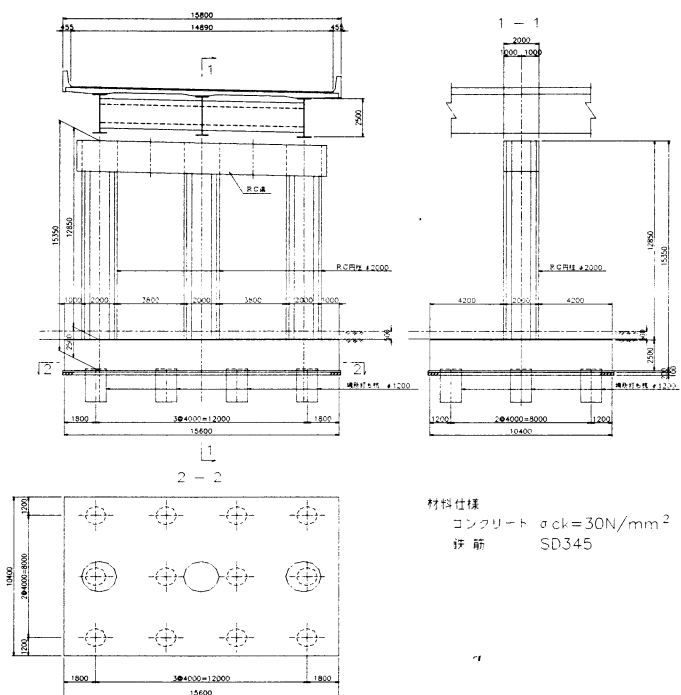


図 1 検討対象橋脚

3. 検討方法

柱と梁の剛性をパラメータとし、上部構造慣性力作用位置に水平力を漸増させた非線形静的解析にて得られる荷重(P)—変位(δ)関係より、柱と梁の剛性の相違による破壊過程、終局耐力、等価設計水平震度の関係を求め、その耐震性能の比較を行った。なお、検討は事前に行った保有水平耐力法及び非線形動的解析で厳しかったタイプⅡ地震動について行った。

4. 解析モデル

荷重漸増解析の解析モデルは、図 2 に示すような骨組みモデルである。部材の剛性及びバネ要素の考え方を表 1 に示す。

5. 検討ケース及び解析結果

表 1 部材の剛性及びバネ要素

部材区分	剛性またはバネ要素
塑性ヒンジ領域(Lp)	剛性無限大
塑性ヒンジ	設計要領第二集に規定のM—θ関係を有するトリリニア型非線形バネ要素
塑性ヒンジ領域間	設計要領第二集に規定のM—φ関係を有するバイリニア型非線形要素
基礎バネ	基礎と地盤の連成を考慮した集約バネ

検討ケースの柱・梁の配筋状態(配筋状態は図 3 参照)・部材耐力及び曲率の一覧を表 2 に、また、表 3 に各検討ケースの解析結果を示す。表 3 の結果より、以下のことがわかる。

- (1) case1, case3, case5 の結果より、梁の剛性を高くすると、変形性能に関しては、終局変位が約 80% 大きくなり、

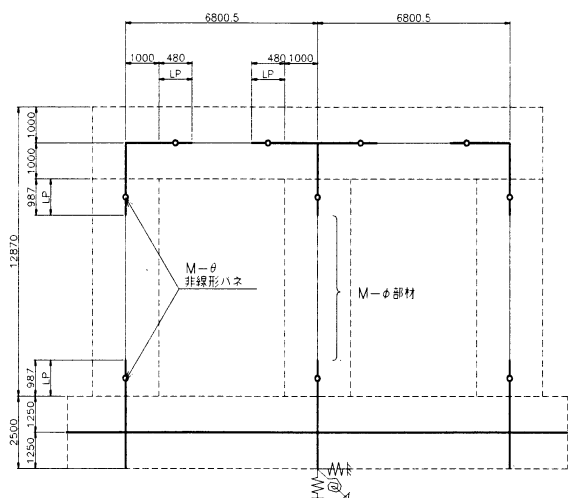


図 2 解析モデル

表 2 検討ケース

CASE	梁									柱								
	配筋		モーメント・曲率				剛度 (I/L)			配筋		モーメント・曲率				剛度 (I/H)		
	主筋	帯筋	M_y0 (kN·m)	ϕ_y0 (1/m)	M_u (kN·m)	ϕ_u (1/m)	降伏時 I_y/L (m ³)	終局時 I_u/L (m ³)	降伏～終局 I_{u-y}/L (m ³)	主筋	帯筋	M_y0 (kN·m)	ϕ_y0 (1/m)	M_u (kN·m)	ϕ_u (1/m)	降伏時 I_y/H (m ³)	終局時 I_u/H (m ³)	降伏～終局 I_{u-y}/H (m ³)
1	D32	D22	6008	0.00116	6816	0.0627	0.0319	0.000669	0.000470	D38	D22	8630	0.00142	11685	0.0238	0.0169	0.001365	0.000379
2	D32	D22	6008	0.00116	6816	0.0627	0.0319	0.000669	0.000470	D38	D25	8595	0.00143	11753	0.0308	0.0167	0.001061	0.000299
3	D38	D25	8375	0.00120	9286	0.0659	0.0430	0.000868	0.000505	D38	D22	8630	0.00142	11685	0.0238	0.0169	0.001365	0.000379
4	D38	D25	8375	0.00120	9286	0.0659	0.0430	0.000868	0.000505	D51	D29	13054	0.00152	18587	0.0303	0.0239	0.001705	0.000534
5	D51	D29	14399	0.00129	15543	0.0593	0.0687	0.001614	0.000705	D38	D22	8630	0.00142	11685	0.0238	0.0169	0.001366	0.000402

等価設計水平震度で約 20% 改善される。一方、

終局耐力の増加は、約 17% である。

- (2) case3, case4 より、柱の剛性を高くすると、終局変位はほとんど同じであるが、耐力は約 40% 増加する。

6. 考察

上述解析結果の現象は、以下のように考えられる。

橋脚柱には、死荷重時に上部工反力相当の軸力が作用し

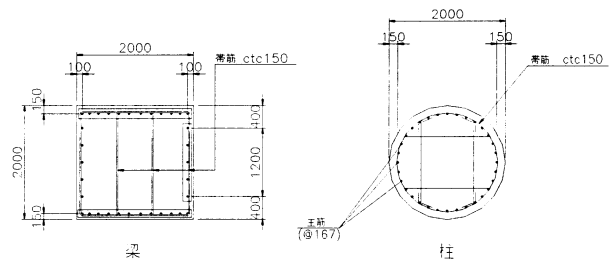


図 3 配筋概要

ているのに対して、梁には、軸力があまり発生しない。検討対象規模橋梁での軸力レベルでは、軸力の増大に応じて降伏・終局モーメントが大きくなるため、梁部材より柱部材の方が耐力

が大きくなる傾向にある。このような状態で、上部工慣性力作用位置に水平荷重を漸増させた場合、その破壊過程は、① 梁の降伏 ② 柱の降伏 ③ 梁の終局 ④ 柱の終局のステップとなり、構造系の終局は柱の終局でコントロールされる。今、梁の剛性を高くしていくと、梁の降伏が遅れるため、柱へ断面力が流れるステップが遅れ、更に梁の終局ステップの遅れが生じて(この間に変形が進行する)変形性能が大きく改善される。一方、柱の剛性を高くした場合には、梁の降伏が遅れることが無いため、断面力の流れ方は変わらず、梁の終局ステップの遅れが無い

ため、変形性能の改善は無い。しかし、終局耐力の観点からみれば、構造系の終局のコントロールが柱耐力に依存するため、柱の剛性を高くする方が、梁剛性を高くするより効果的である。このことを、定量的にとらえるため、等価設計水平震度の低下及び終局耐力の増加は耐震性能の向上と考え、梁の剛性を高くした場合として case1 と case5 を、柱の剛性を高くした場合として case3 と case4 を比較した。その結果を表 4 に示す。また、柱の剛度を基準剛度とした剛比をパラメータとして、剛比と等価設計水平震度の関係を図 4 及び図 5 に示す。これらの図からも梁の剛性を柱より高くする方が等価設計水平震度が低減することがわかる。

7. まとめ

1階層ラーメン構造RC橋脚の場合、柱よりも梁の鉄筋径を上げたほうが耐震性向上に対して効果的であると考えられ、また、鉄筋量の増大の観点からも梁の鉄筋径を上げる方が一般的には少なく、経済的である。

表 3 解析結果

CASE	等価設計 水平震度 (khe)	終局耐力 (kN)	終局変位 (m)
1	0.546	6420	0.364
2	0.482	6456	0.469
3	0.509	6900	0.461
4	0.564	9546	0.478
5	0.445	7524	0.661

表 4 耐震性能比較結果

	等価設計水平震度	終局耐力	耐震性能
梁剛性を高くする	1.2 倍	1.17 倍	1.40 倍
柱剛性を高くする	0.9 倍	1.38 倍	1.25 倍

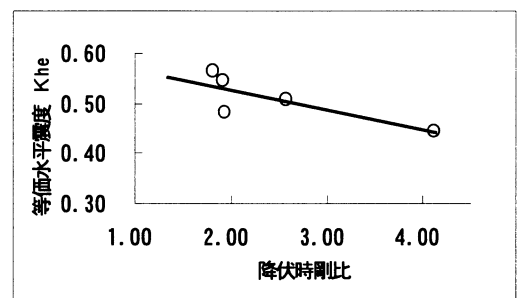


図 4 降伏時剛比と等価設計水平震度関係

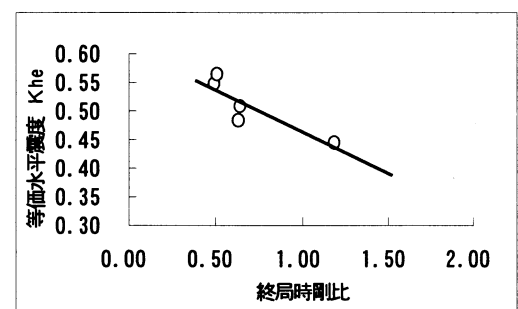


図 5 終局時剛比と等価設計水平震度関係