

円柱を有する鋼製橋脚隅角部における地震時に作用する梁軸力の影響

岐阜大学 学生会員 ○鈴木達也
岐阜大学 正会員 木下幸治

1. はじめに

都市内高速道路の高架橋等に数多く採用されている鋼製ラーメン橋脚の梁-柱接合部である隅角部では顕著なせん断遅れ現象が発生し、隅角部の板厚はせん断遅れ現象を考慮して設計されるため厚く設計される¹⁾。兵庫県南部地震以降、Level2 地震動を同様の設計法で用いることで隅角部の板厚はさらに厚くなり、板厚増加の結果、隅角部の分割製作、輸送、並びに架設に困難が生じている。この問題に対し著者らは、これまでに円柱を有する鋼製ラーメン橋脚隅角部を対象に隅角部の設計応力算出におけるせん断遅れ現象考慮の有無による板厚差、および隅角部梁フランジ幅を曲げモーメントに沿うように広くした構造（テーパー構造）が隅角部の弾塑性挙動に及ぼす影響について検討を行った。しかし、著者らの検討では橋軸直角方向の梁軸力の影響を無視している。梁軸力は既往の研究において考慮されてきており、佐々木らの研究では、梁の軸力比を 10%程度としている。しかし、実際のラーメン橋脚において Level2 地震時にどの程度の梁軸力が作用するか不

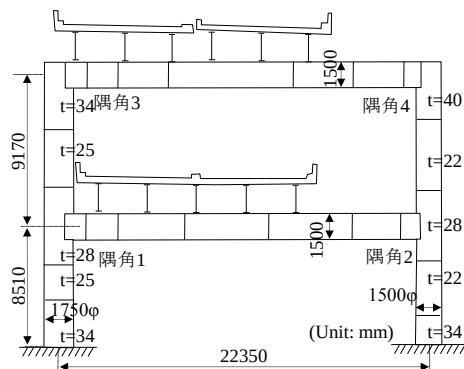


図-1 対象橋脚

明な点が多く、梁の軸力比をどの程度に設定するか、また、場合により無視できるか明らかではない。

本研究では、地震時に実際の隅角部にどの程度梁軸力が作用するか検討することを目的として、実橋脚を対象とした地震応答解析を実施した。

2. 地震応答解析方法

解析にはUc-win/Frames(3D)Ver.3.0を用いた。図-1に対象橋脚（地盤種別Ⅱ種）、図-2にファイバー要素を用いた解析モデルを示す。2層式の円柱を有する鋼製ラーメン橋脚を対象²⁾とし、1層目の隅角部（図-1中の隅角1、隅角2）に着目した。解析ケースを表-1に示す。ここでは隅角部の剛域の設定の有無、並びに橋脚内部の充填コンクリートの有無を検討した。また、Ⅱ種地盤種に対するレベル2のタイプ1とタイプ2の標準加速度スペクトル適合調整波形を用いた。梁、並びに柱はファイバー要素によりモデル化した。隅角部は、剛域の設定有および剛域の設定無による隅角部の断面を有するファイバー要素とする2ケースを作成した。また、充填コンクリートを考慮したケースでは、充填コンクリート部に対して、充填コンクリートを考

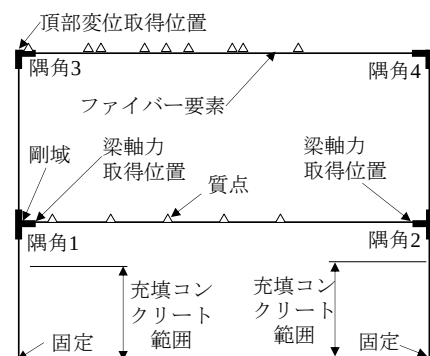


図-2 ファイバー要素を用いた解析モデル

表-1 解析ケースと解析結果

解析 ケース	モデル	隅角部 剛域	充填コン クリート	Level 2地震動 (Ⅱ種地盤)		固有振動解析結果:周期 (s)				地震応答解析結果※		
						1次	2次	3次	4次	頂部変位 (mm)	隅角1 N/N _y (%)	隅角2 N/N _y (%)
1	FC-N	無	無	タイプⅡ (1波)	②	0.55	0.30	0.26	0.16	164.4	4.2	2.6
2	FC-N- Rigid	有		タイプⅠ (3波)	①	0.53	0.28	0.23	0.14	105.5	3.9	2.4
3					②					104.4	4.1	2.9
4					③					86.9	4.2	2.8
5				タイプⅡ (3波)	①					156.5	3.6	2.5
6					②					162.4	4.6	2.7
7					③					145.8	3.5	2.2
8	FC-Con- Rigid	有	有	タイプⅡ (1波)	②	0.52	0.27	0.22	0.14	151.3	3.6	2.3

※頂部変位、 N/N_y は絶対値の最大を示している。

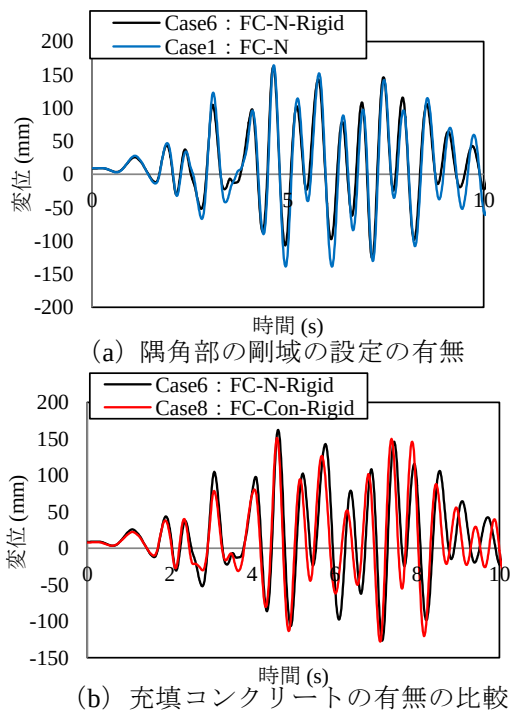


図-3 橋脚頂部の変位の時刻歴

慮した断面を有するファイバー要素を用いた。上部構造の重量は、質点として上部構造の質量を支承位置に作用させた。なお、上部構造の考慮の有無は橋軸直角方向の応答に殆ど影響を与えないことから上部構造を考慮しなかった²⁾。鋼材の降伏点は、道路橋示方書により鋼材の基準降伏点を用い、応力-ひずみ関係は2次勾配を有するバイリニアとした。2次勾配は鋼材の弾性係数 E の $1/100$ とした。硬化則は、移動硬化則とした。また、充填コンクリート有モデルのコンクリート圧縮側応力-ひずみ関係、並びにコンクリートの除荷再載荷時の剛性低下についてはコンクリート標準示方書³⁾に従った。コンクリートの引張側は無視し、圧縮強度は耐震補強が実施された時期の道路橋示方書⁴⁾に従い 15.7kN/mm^2 とした。減衰にはレーリー減衰を用いた。減衰定数は道路橋示方書を参考に、鋼構造物は 0.01 、コンクリート充填部は 0.02 とした。本研究では橋軸直角方向の地震応答に着目することから、橋軸直角方向に卓越する2つの振動モードから算出した。震度モードが卓越しているかの判断は、各解析モデルの橋軸直角方向の刺激係数の大きい振動モードとした。なお、表-1に示す固有振動解析から得られた固有周期に下線のあるものを用いた。

3. 地震応答解析結果

橋脚頂部の変位の時刻歴を図-3、図-2に示す隅角1の隅角部断面の梁軸力 N と隅角部断面の降伏軸力 N_y との比 N/N_y の時刻歴を図-4に示す。また、表-1に各ケー

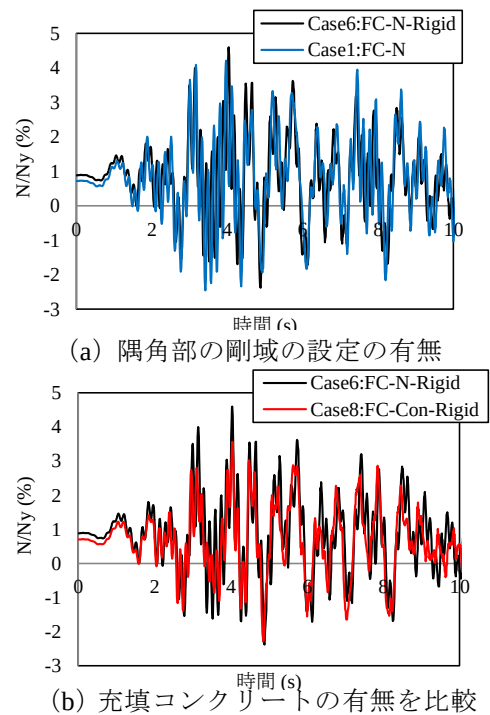


図-4 N/N_y の時刻歴

スの地震応答解析より得られた橋脚頂部の変位と N/N_y の絶対値の最大を示す。図-3、図-4、表-1より、隅角部の剛域の考慮の有無は、橋脚頂部の変位と N/N_y に若干の差異が見られる程度であった。また、充填コンクリートの考慮により橋脚頂部の変位と N/N_y が低下した。これより、隅角部の剛域を考慮し、かつ充填コンクリート無としたFC-N-Rigidモデルに着目すれば良いと判断した。表-1の解析結果 (Case2~7) より、タイプ1, 2のいずれの地震波形であっても、 N/N_y は隅角1で $3.5\% \sim 4.6\%$ 、隅角2で $2.2\% \sim 2.9\%$ であった。なお、タイプ1の方がタイプ2よりも橋脚頂部の最大変位が小さいにも関わらず、 N/N_y は同程度であった。

4. 結論

地震応答解析結果より、2層式の円柱を有する鋼製ラーメン橋脚の1層目の隅角部に作用する最大梁軸力は、隅角部断面の降伏軸力の約5%であることを確認した。

参考文献：

- 1) 奥村敏恵, 石沢成夫: 薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について, 土木学会論文集, No.153, 1968.
- 2) 木下幸治: 円柱を有する既設鋼製ラーメン橋脚の地震応答特性に及ぼす地盤と上部構造の影響, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 68, No.4, 2012.
- 3) 土木学会: コンクリート標準示方書[耐震性能照査編], 2002.
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説・V 耐震設計編, 1996.