

I-A247 局部座屈を考慮した鋼製ラーメン橋脚の地震時弾塑性動的応答解析

片山ストラテック 正会員 江尻武弘
 岐阜大学工学部 正会員 奈良 敬
 岐阜大学工学部 正会員 村上茂之

1. はじめに

ラーメン橋脚は、高い耐力や耐震性が期待できることから、単柱形式の鋼製橋脚は可能な限りラーメン橋脚とすることを推奨している¹⁾。一般に、鋼製橋脚は、補剛板で構成された構造となっている。このような補剛板構造に対しては、局部座屈や塑性履歴を考慮した動的応答解析を行い、その耐震性を評価することが望ましい^{1)~3)}。

本研究では、鋼製門型ラーメン橋脚を対象として、幾何学的ならびに材料学的非線形性を同時に考慮した骨組要素と板要素の結合解析による弾塑性動的応答解析法⁴⁾を用いて数値計算を行い、耐震性能を左右する支配的パラメータと橋脚の弾塑性動的応答性状の関係について検討した。

2. 解析モデル

図-1に示すような断面を有し、図-2に示すような1層1スパンの鋼製ラーメン橋脚を解析モデルとする。解析モデルの構造諸元を表-1に示す。解析モデルの記号について、R5はフランジの縦補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_{pf}=0.5$ 、G5は縦補剛材剛比 γ を弾性座屈理論に基づく必要最小剛比 γ^* で無次元化した剛比パラメータ $\gamma/\gamma^*=5$ 、F5は柱部材としての細長比パラメータ $\bar{\lambda}=0.5$ を意味する。初期不整については、残留応力と初期たわみを考慮した。

図-2に要素分割を示す。橋脚基部から横補剛材間の1.5倍に相当する領域は、板要素を用いてモデル化を行った。また、骨組要素と板要素の結合部には、面内剛性が0で、面外剛性が無限大で与えられる剛板要素を導入する。骨組要素部と板要素部の節点変位および節点力は、それぞれこの剛板要素の節点変位および節点力と関連付けられ、全体剛性マトリックスが修正されている。

軸力比については、震度法で設計された橋脚の軸力比と細長比の関係から各地盤種別に応じて決定した（例えば、 $\bar{\lambda}=0.5$ の場合、I種地盤については、 $P/P_y=0.16$ ）。但し、軸力比の低減が橋脚の弾塑性動的挙動に及ぼす

影響を明らかにするために、I種地盤については、軸力比 $P/P_y=0.1$ とする数値計算も行った。入力地震波には、レベル2のタイプI地震波およびタイプII地震波を用いた。

3. 解析結果および考察

R5G5F5およびR35G3F5に入力地震波をタイプII・I種地盤（兵庫県南部地震神戸海洋気象台周辺地盤上南北成分）とした場合について考える。降伏変位（頭部に静的な水平力を受け、柱基部が降伏した時の頭部水平変位）で無次元化した右隅角部の水平変位時刻歴応答を図-3、地震終了後の板要素の変形形状を図-4に示す。また、フランジ板厚 t で無次元化した図-5に示す着目節点変位の水平変位時刻歴応答を図-6に、図-7に降伏軸力で無次元化し

キーワード：鋼製ラーメン橋脚、動的解析、局部座屈、耐震性能、結合解析

〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 Tel.058-293-2405 Fax.058-293-2425

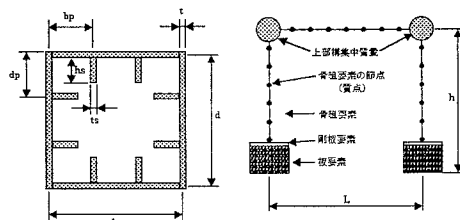


図-1 断面形状

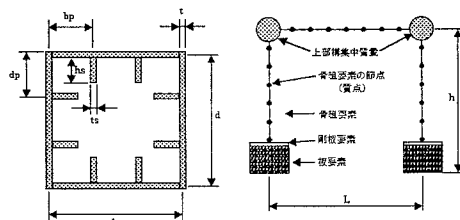


図-2 要素分割

表-1 構造諸元

モデル	b (cm)	bp (cm)	t (cm)	bp/t	hs (cm)	ts (cm)	h (cm)	L (cm)
R5G5F5	210.0	70.0	3.20	21.89	29.71	5.04	1940.0	1000.0
R35G3F5			4.57	15.32	27.39	4.64	1985.0	1000.0
R5G5F35			3.20	21.89	29.71	5.04	1360.0	1000.0
R35G3F35			4.57	15.32	27.39	4.64	1390.0	1000.0

但し、 $b=d$, $bp=dp$, h : 橋脚高, L : 橋脚梁部のスパン長

た右柱基部での軸力変動を示す。

図-3(a), (b)より, R5G5F5と R35G3F5の両モデルとも最大水平変位が生じるまでの水平変位応答は, ほぼ一致している。しかし, それ以後, その振幅に若干差が生じ始める。地震終了後の残留変位は, R5G5F5で橋脚高の約1.4%, R35G3F5で約1.2%であり, R5G5F5の方が20%弱大きい残留変位を示す。また, 図-3(c)は, $P/P_y=0.1$ とした場合のR5G5F5の応答であり, $P/P_y=0.16$ の場合と比較して, 約40%程度, 応答変位は小さくなった。

図-4(a), (b)より, $P/P_y=0.16$ では, R5G5F5, R35G3F5ともに外側フランジ基部に局部座屈に伴う変形が生じている。さらに, 図-6(a), (b)より, 着目節点に生じる局部変形の進行状況に着目すると, 約5秒前後から, 外側フランジの節点51にたわみが生じ始め, 最終的に, R5G5F5でフランジ板厚 t の約1.2倍, R35G3F5で約0.9倍の板たわみが発生している。また, 図-4(c)より, $P/P_y=0.1$ とした場合, 局部座屈の発生は殆ど認められなかった。従って, 軸力比を0.1程度に低減することにより, 水平変位量, 局部座屈の発生を抑制できると思われる。

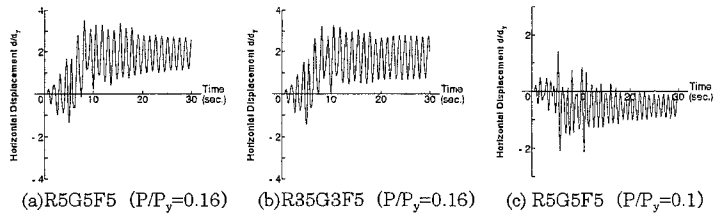


図-3 水平変位時刻歴応答（右隅角部）

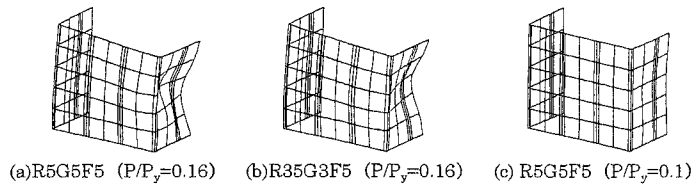


図-4 変形図（右柱基部）

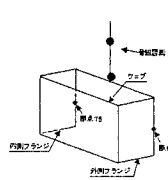


図-5 着目節点位置(右柱基部)

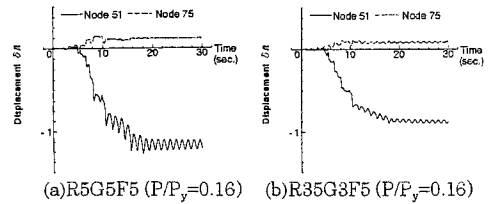


図-6 着目節点変位時刻歴応答

ラーメン橋脚では, 上部構の死荷重反力に相当する軸圧縮力に加えて, 地震によって生じる水平力の変動に伴う軸力が増減しながら柱部材に作用する。図-7より, 降伏軸力の約30%程度の最大軸力が発生している。また, 橋脚基部の局部座屈が片側のみで発生している理由については, この軸力変動により説明できる。すなわち, 橋脚が慣性力により全体的に右側に変形した場合, 右柱基部は, 上部構死荷重反力による軸圧縮力と軸力変動による軸圧縮力を受ける。さらに, 外側フランジは, 曲げモーメントによる軸圧縮力も受けることになる。従って, 内側のフランジと比べて大きい軸圧縮力を受けることになり, 局部座屈が発生しやすくなる。

4. おわりに

骨組要素と板要素の結合解析による弾塑性動的応答解析により以下の見解を得た。

- ①入力地震波による共振を避けた場合, 軸力比の低減は, 局部座屈の発生を抑制し, 耐震性能向上に効果的である。
- ②鋼製門型ラーメン橋脚では, 軸力変動の影響から, 主として柱基部の外側フランジで局部座屈の発生が顕著である。

参考文献

- 1)土木学会関西支部：大震災に学ぶ，第I巻，1998年，6月。2)中村秀治：鋼製円筒橋脚の動的弾塑性座屈解析，土木学会論文集，No.549/I-37，pp.205-219，1996年，10月。3)中川知和・大谷修・森脇清明：阪神・淡路大震災で被災した鋼製円筒橋脚の非線形動的応答解析，鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集，pp.31-35，1997年，5月。4)奈良敦・村上茂之・玉利幸一：局部座屈を考慮した鋼製橋脚の弾塑性動的応答解析，第2回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集，pp.263-270，1998年，11月。

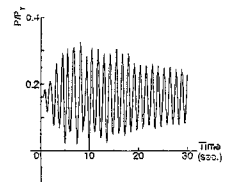


図-7 軸力変動
(R5G5F5, $P/P_y=0.16$)