

杭基礎を持つ鋼製橋脚の地震時弾塑性動的応答特性

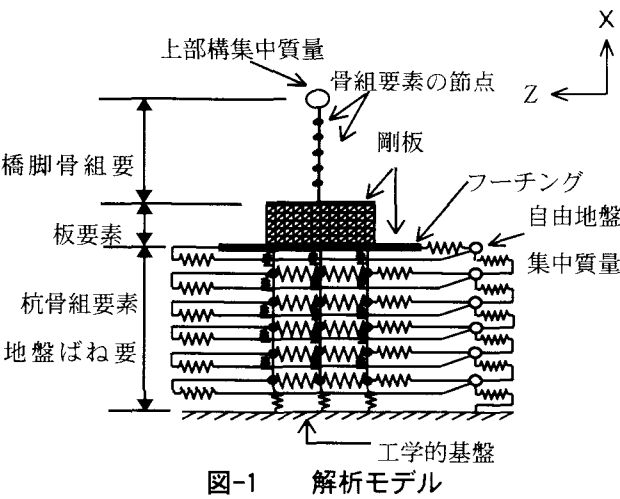
岐阜大学大学院 学生会員 ○濱田 稔也
岐阜大学 正会員 村上 茂之
大阪大学大学院 正会員 奈良 敬

1. 目的

現在の鋼製橋脚の耐震設計では、地盤種を考慮しているが橋脚-基礎-地盤間の動的相互作用や振動特性は考慮されていない。そこで、杭基礎を持つ鋼製橋脚のモデル化を行い地盤-基礎-橋脚の連成を考慮して解析することによって、地震時の橋脚の挙動に対するそれぞれの構造特性、地盤の特性値および地震動の特性の影響を検討した。本研究ではその結果を橋脚と基礎構造物を同時に設計する上下部一体設計などの、合理的な設計法に反映することを目的とする。

2. 解析モデル

解析対象とする構造物は補剛箱型断面の鋼製橋脚とし、基礎構造物は直杭3本の群杭基礎を3組並列配置した場所打ち杭基礎とする。解析モデルを図-1に示し以下で橋脚、基礎構造物、地盤のモデル化について説明する。解析モデルは変形の対称性を考慮して奥行き方向に対して1/2断面でモデル化を行い、Z軸方向にのみ地震波を入力する。



橋脚は1節点3自由度の骨組要素、橋脚基部を1節点6自由度の板要素でモデル化する。また、鋼種は橋脚、補剛材とも SM490Y とし、杭は SKK490 とする。フーチングは十分な耐力があるとして剛体と仮定し、杭基礎は1節点3自由度の骨組要素、杭骨組要素とフーチングとの結合は剛結合としてモデル化する。地盤は1節点1自由度のばね要素で最大支持力を

上限とする完全弾塑性体として6種類のばねでモデル化を行う。なお、地盤の質量は集中質量として節点に与え、その他の地盤の節点には質量を与えない。

3. 構造諸元

動的相互作用を考慮した橋脚の挙動を追跡するにあたり、地盤条件としてⅡ種地盤とⅢ種地盤を検討対象とした。表-1に橋脚の構造諸元を、図-2に断面形状を示す。なお、モデル名 L2JⅡは橋脚の細長比パラメータが 0.2、地盤がⅡ種地盤であることを示す。また、上部構集中質量は橋脚を全断面有効とした降伏荷重との軸力の比が 0.1 となるように定める。補剛材の剛度は縦補剛材剛比 γ と線形座屈理論から求められる最適剛比 γ^* との比を 3.0 とし、補剛板の幅厚比パラメータを 0.3 とする。基礎構造物は地盤データと橋脚から受ける反力を基に、震度法を用いて設計を行った。

表-2に基礎の構造諸元、図-3に基礎の断面形状を示す。

表-1 橋脚の構造諸元

モデル名	地盤種別	λ	L(mm)	b(mm)	t(mm)	hr(mm)	tr(mm)
L2JⅡ	Ⅱ種	0.2	6000	2000	48	440	35
L3JⅡ		0.3	9000				
L4JⅡ		0.4	12000				
L5JⅡ		0.5	15000				
L6JⅡ		0.6	18000				
L2JⅢ		0.2	6000				
L3JⅢ	Ⅲ種	0.3	9000	2000	48	440	35
L4JⅢ		0.4	12000				
L5JⅢ		0.5	15000				
L6JⅢ		0.6	18000				

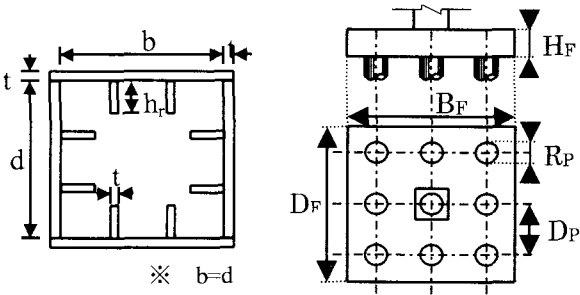


図-2 橋脚の断面形状 図-3 基礎の断面形状

表-2 基礎の構造諸元

	フーチング				杭		
	H _F (mm)	B _F (mm)	D _F (mm)	D _F (mm)	T _P (mm)	R _P (mm)	L _P (mm)
Ⅱ種	2600	9000	9000	3000	14	1200	1500
Ⅲ種	2200	9800	9800	3250		1300	2750

4. 入力地震動

本研究では工学的基盤を解析基盤としているので、以下に示す 2 波の地震波を入力地震動として用いる。1 つは強震度予測手法 EMPRI¹⁾を用いて作成された、工学的基盤での東南海地震動(最大地震加速度 185.3gal, タイプ I), もう 1 つは亀田・杉戸の方法による地震動作成・処理システム D-WAVE²⁾を用いて作成された、工学的基盤での濃尾地震動(最大地震加速度 504.3gal, タイプ II)とする。

5. 解析結果と考察

地盤-基礎-橋脚の連成の影響を考察するために、地盤と基礎の挙動を考慮しない基部を固定した橋脚モデルを同じ構造諸元で解析した。解析結果の頭頂部変位を橋脚基部の両縁が降伏する時の頭頂部変位で無次元化し、濃尾地震のモデルを図-4、東南海地震のモデルを図-5 に基部固定モデルと比較して絶対値で示す。地盤を考慮するモデルでは、橋脚頭頂部の水平変位(図中○, □)からフーチング基礎の水平変位および回転変位によって生じる頭頂部の変位を除いた変位を橋脚頭頂部の相対変位(図中●, ■)とする。地盤を考慮しないモデルでは、地盤および基礎の移動はないため水平変位と相対変位は等しくなる。また、数値計算終了時の頭頂部の水平変位および相対変位を残留水平変位(図中○, □)および残留相対変位(図中●, ■)として扱う。

地盤と基礎を考慮したモデルと基部固定モデルと比較すると細長比パラメータの違いによる頭頂部の変位の傾向が同じになるため、動的相互作用による橋脚の振動特性の変化は小さいことが分かる。しかし、地盤と基礎の挙動を考慮する多くの解析モデルで基部固定モデルと比較して水平変位が大きくなっている。これ

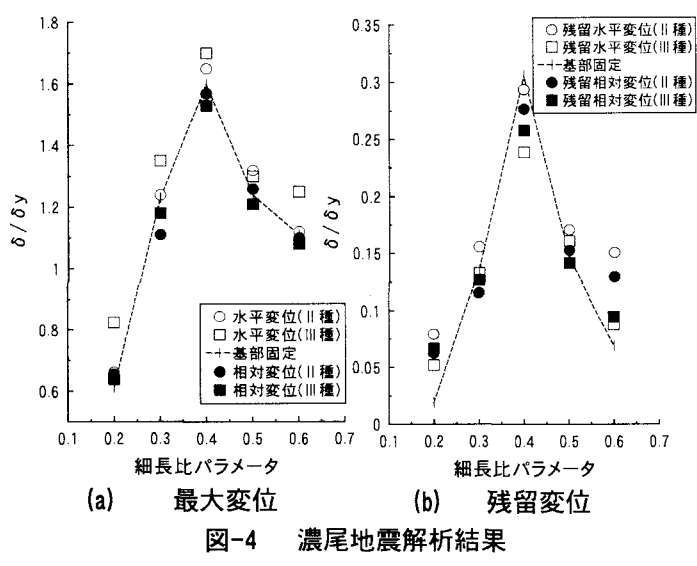


図-4 濃尾地震解析結果

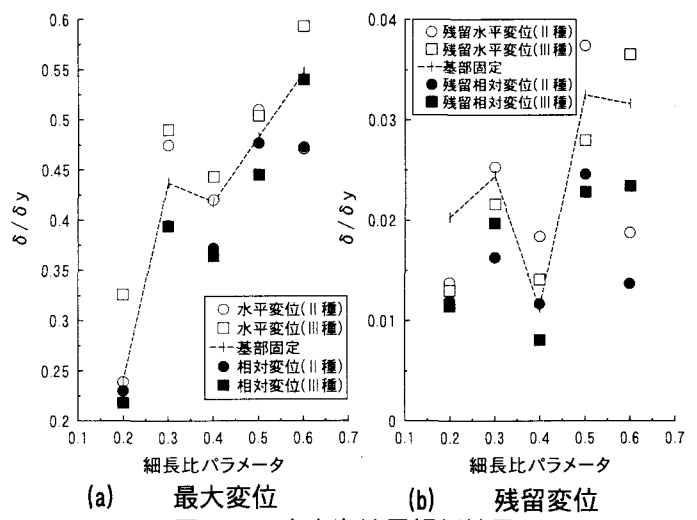


図-5 東南海地震解析結果

は、橋脚の最大変形時にフーチングの回転変位と橋脚の変位が正位相になるためである。東南海地震の L6J II モデルでは、橋脚の最大変形時にフーチングの回転変位と橋脚の変位が逆位相になり、最大水平変位が基部固定モデルより小さくなる。また、解析結果からフーチングの水平変位より回転変位が橋脚頭頂部の変位に与える影響が大きいことを確認した。

相対変位で地盤と基礎の挙動を考慮したモデルと基部を固定したモデルを比較すると多くのモデルで小さな応答になる。このことから、動的相互作用は橋脚自体の変形を抑え、橋脚の最大変形時に橋脚にかかる負荷を軽減させると考えられる。

濃尾地震動では残留水平変位が地盤と基礎の挙動を考慮したモデルと基部を固定したモデルに比べて大きな応答になった。これは、フーチングの残留回転変位が橋脚の残留相対変位と正位相になったためである。東海地震動では最大加速度が小さく、橋脚基部及び基礎に大きな残留変形が起らなかったため残留水平変位、相対残留変位とも小さな値となった。

6. まとめ

橋脚の挙動は地盤と基礎を考慮した場合にフーチングの回転変位量と位相に大きな影響を受ける。また、地盤-基礎-橋脚間の動的相互作用は最大変形時の橋脚の変形を軽減する。

参考文献

1) Sugito, M., Y. Furumoto and T. Sugiyama: Strong Motion Prediction on Rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra, 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2111/4A, CD-ROM, 2001. 2) 亀田弘行, 杉戸真太, 後藤尚男, 斎藤弘, 大滝健: 工学的基盤における地震予測モデル, 京大防災研究所年報 第 27 号 B-2, 1985 年 4 月. 3) 仲秋秀介, 奈良敏, 村上茂之: 杭基礎を持つ鋼製橋脚の地震時弾塑性動的応答解析, 鋼構造年次論文報告集, (社)日本鋼構造協会, Vol12, pp31-38, 2004 年 11 月