

杭基礎の耐震設計に関する研究 - 静的解析と動的解析の適用範囲 -

(株)構造技術センタ - 福岡支社 正 員 岩上 憲一
九州大学大学院工学研究科 フェロ - 大塚 久哲
九州大学工学部 学生員 竹村 太佐

1. まえがき

現在、橋梁における杭基礎の耐震設計は、プッシュオ - バ - アナリシに代表される静的な解析と動的解析の2つがあり、実設計においては設計の省力化やミスの軽減のため動的な挙動を静的に置き換える静的な解析が主流である。この静的な解析において、地盤や上部構造の固有周期の関係において地盤変位の影響を考慮すべき適用範囲があることが指摘されていたが、近年出版された鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計¹⁾(以下、鉄道標準と呼称)では上部構造の慣性力に加え、地盤変位が杭体に及ぼす影響(基礎と地盤の剛性差による相互作用)を考慮できる設計手法が提案され幅広い範囲での適用が可能になった。

しかし、杭長が短い場合など杭基礎のせん断変形が卓越する場合、鉄道標準でもカバ - できない場合があり、動的解析と比較すると大きく異なった結果を与える。本研究では、この点に着目し、実設計の観点から静的解析の適用精度を高めることを目的とし、ここではその導入部分とし、せん断変形が卓越し従来の静的解析が適用できなくなる範囲を、地盤の特性や杭の特性を変化させたパラメトリック解析により探ろうとするものである。

2. 研究内容

対象とする構造物は橋梁の橋脚 - 基礎系であり、図 - 1 に示すような場所打ち杭を有する鉄筋コンクリート張り出し式橋脚である。杭は、計算方向に4列、奥行き方向に3列の計12本であり、杭径を1200に固定し根入れ長を変化(表 - 1)させている。地盤は、表 - 2 に示すように周面・先端地盤の特性および周面地盤の層厚を変化させている。この構造系に対し、静的なプッシュオ - バ - アナリシ解析と動的解析を行い、その両者を比較し違いを把握する。動的解析に用いる地震波形は実測の東神戸大橋(GL-33m,EW), 神戸ポートピアランド(GL-32m,EW), 神戸ポートピアランド(GL-83m,EW)の3波であり、静的解析には橋脚下端の降伏震度を用いている。降伏震度の是非については、この3波より求めた震度との比較を行い考察している。

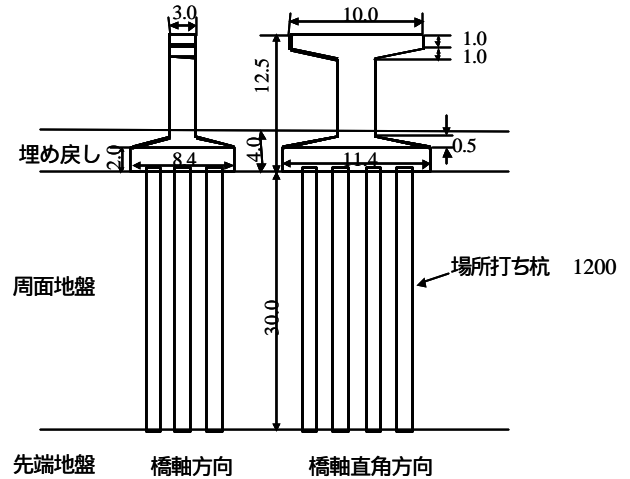


図 - 1 検討構造物の概略図

表 - 1 杭長の種類

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
杭 長	9.0m	12.0m	18.0m	24.0m	30.0m
(L/D)	(7.5)	(10.0)	(15.0)	(20.0)	(25.0)

表 - 2 地盤概要

地盤位置	地盤概要	N値の目安
周面地盤	軟弱粘土	2
	緩い砂質土	15
	締まった砂質土	30
先端地盤	抵抗無	-----
	砂質地盤	30($E_0=30\text{MN/m}^2$)
	風化花崗岩	50($E_0=200\text{MN/m}^2$)

表 - 3 地盤の組合せ

		周面地盤		
		粘性土 N=2	砂質土 N=15	砂質土 N=30
先端地盤	摩擦杭	----		
	支持杭(N 30)			
	支持杭(岩)			

Key Word: 杭基礎, 地盤変位の影響, 動的相互作用, 耐震設計

連絡先: 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前 3-5-7 博多センタ - ビル TEL:092-471-1655, FAX:092-471-4099

なお、モデルは、静的・動的解析とも非線形を考慮しており、バネなどの詳細は文献2)に示している。

3. 結果と考察

(1) 杭頭変位の分布 代表的な結果とし、周面地盤 $N=2$ 、先端地盤 E_0 (変形係数) $=30\text{MN/m}^2$ 、の地盤における杭長 (杭径 D で除したパラメータ L/D で表示) ごとの杭頭水平変位の分布を図 - 2 に示す。表中の値は、動的解析においては最大値の分布を、静的解析においては最大荷重載荷時の分布を示している。この図より、杭長 (L/D) が短い杭では動的解析に比べ静的解析の結果が大きく、長い範囲ではこの逆になっていることが判る。

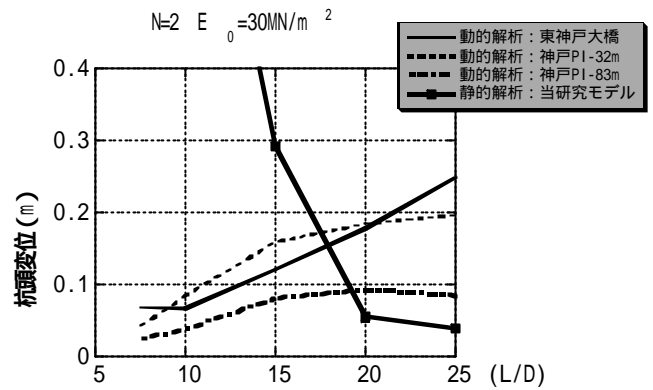


図 - 2 杭頭変位の分布

(2) 地盤変位の影響 地盤変位の影響を把握するため、地盤変位によるものと上部構造の慣性力によるものを分離し、慣性力による影響を1とした時の地盤変位の影響を図 - 3 に示す。これによれば、杭長が長くなるにつれ地盤変位の影響が大きくなっており、静的解析では地盤変位の影響を無視しているため、杭長の長い部分での不整合は地盤変位の影響であると思われる。

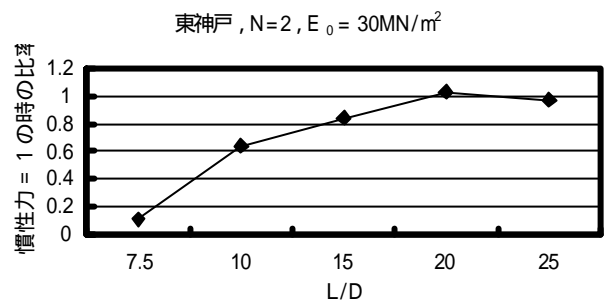


図 - 3 地盤変位と慣性力による影響の比率

(3) 静的解析における設計震度の影響 静的解析においては、設計の観点から地盤の違いや杭の形状に係わらず橋脚下端の降伏震度を用いたため、動的解析に用いた地震波による水平震度を降伏震度 (K_{hp}) を1として図 - 4 に示している。バラツキはあるが静的解析に用いた降伏震度は、動的解析と同程度かそれ以下であることが判る。

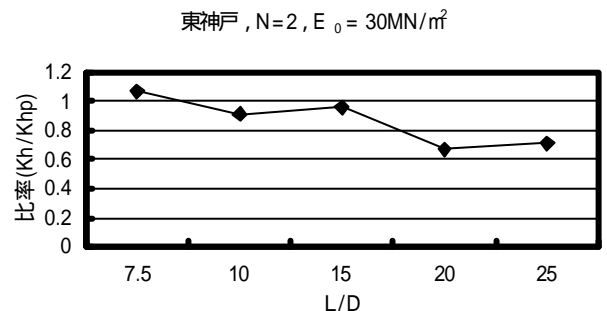


図 - 4 橋脚降伏水平震度と実震度の比率

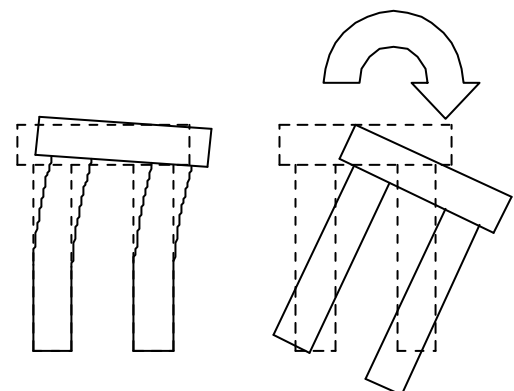
(4) 変形モードの追跡 図 - 2 において結果の相違が著しいのは、杭と地盤の剛性の相対関係が原因ではなかと考え、変形モードを追跡してみた。この結果、通常曲げ変形に対し、短い杭の部分は回転変形を起こしていることが判明した。(図 - 5)

4. まとめ

これまでの計算で、杭長が短くかつ地盤が弱い場合に地盤変位の影響とは別の要因で動的解析の結果と静的解析の結果が異なることが判明している。明確な範囲や原因について、今後、曲げ変形に関する杭と地盤の相対関係や破壊までの変形モードをさらに検討することにより明らかにしたい。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 1999.10
- 2) 大塚久哲, 久納淳司, 岩上憲一：地盤の鉛直方向抵抗力のモデル化が杭基礎の水平抵抗に及ぼす影響, 構造工学論文集 Vol.45A, 1999.3



(a) 曲げ変形 (b) 回転変形

図 - 5 杭基礎の変形モード