

せん断剛性に着目した杭基礎の動的解析に関する研究

(株)構造技術センター福岡支社 正 員 ○岩上 憲一
九州大学大学院工学研究科 フェロー 大塚 久哲

1. まえがき

現在、橋梁における杭基礎の耐震設計は、プッシュオーバーアナリシス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、鉄道標準でもカバー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 $\phi 1200$ 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、静的なプッシュオーバーアナリシス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用いる震度はこの3波より求めた平均的な値を用いている。なお、モデルは静的解析も動的解析も非線形としバネ等のモデル化は文献2)に示す結果を用いている。

3. 結果と考察

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)ごとの曲げモーメント

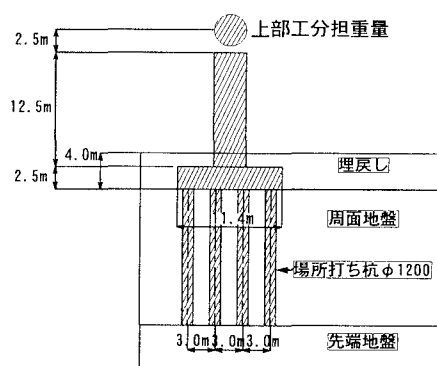


図-1 検討構造物の概略図

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	軟弱な粘土	2
	緩い砂質土	15
	締まった砂質土	30
先端地盤	抵抗無 (摩擦杭)	----
	砂質地盤	$>30(q_d=3,000\text{kN/m}^2)$
	風化花崗岩	50

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	摩擦杭	----	○	○
	支持杭(N>30)	○	○	○
	支持杭(岩)	○	○	○

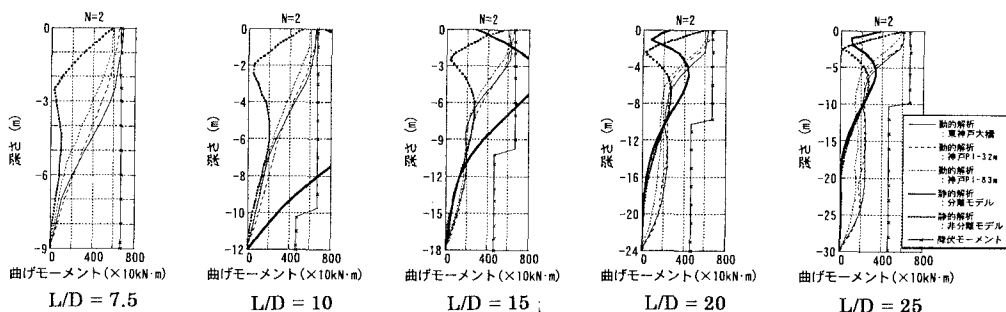


図-2 曲げモーメントの分布

の分布（図-2）と杭頭水平変位の分布（図-3）を示す。なお、いずれも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。

これらの図より、曲げモーメントおよび杭頭変位とも杭長(L/D)が短く、長い範囲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。この現象を考察するため、動的解析において質量を0とした解析を行い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た結果を図-4に示す。この図は慣性力による影響を1とした時の地盤変位の影響を比率で示しており、今回の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ことが判る。しかし、杭長が短い部分では慣性力が卓越するにもかかわらず動的解析の結果と異なる。この杭長が短い部分の基礎全体の変形モードを静的解析の結果で見ると図-5のようになっており、杭の剛性が地盤に対してかなり大きくなっていると思われ基礎が変形せずに回転変位を起こしていることが判明した。

4. 今後の研究内容

現在までの研究で、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（せん断剛性の影響）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、杭と地盤の曲げ変形に関する相対関係や破壊までの変形モードを解析することにより探るべく研究を進めている。

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

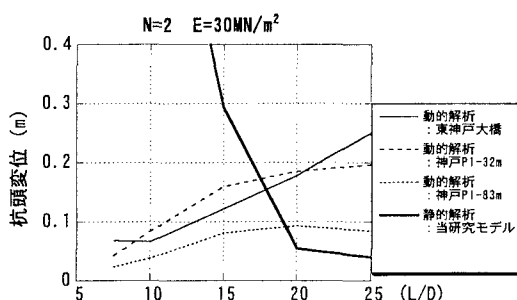


図-3 杭頭変位の分布

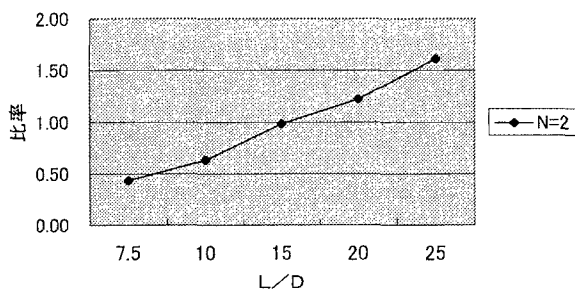


図-4 慣性力と地盤変位の比率

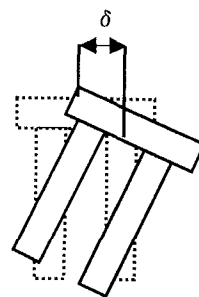


図-5 橋脚の変形モード