

1. まえがき 斜杭の使用目的は基礎の水平抵抗力増強にあるが、その地震時挙動特性に関しては十分解明されていない。本報は有限要素法による数値実験ならびに地震観測の結果¹⁾²⁾³⁾から、斜杭を有する杭基礎の地震時挙動特性に関して考察したものである。

2. 有限要素法による数値実験 地震時における斜杭を有する杭基礎の基本的特性を把握するために、2次元有限要素法によって4列の杭基礎モデルに対する数値実験を行った。図1はこの検討のために用いた解析モデルである。モデル1はすべての杭が直杭である場合の杭基礎モデルであり、モデル2はモデル1における両端の杭を傾斜角約10度の斜杭とした杭基礎モデルである。ここでの解析は地盤の1次固有周期を1.50秒とし、また上部工の固有周期を0.5秒として行ったものである。表1に解析定数を示す。減衰定数はいずれの場合も一律5%を仮定した。図2は基盤に対するフーチングおよび上部工の水平方向の周波数伝達関数について示したものである。図中実線がモデル1の結果であり、破線がモデル2の結果を表している。これより、地盤の1次周期と上部工が共振する周期(図2において、周期0.57秒が上部工が共振する上部工・杭基礎・地盤系の連成1次固有周期である)付近で斜杭による制震効果が期待できることがわかる。

3. 地震観測記録に基づく検討 筆者らは神奈川県藤沢市に建設された道路橋において地震観測を実施している。図3は地震観測の対象とした橋脚ならびにその基礎の杭配置、および設置した加速度計の位置について示したものである。図4はこれまでに観測された地震記録から計算した基盤に対する地盤地表およびフーチングの平均周波数伝達関数である。当該地盤は橋軸方向に基盤の深さが大きく変化していることから、表層地盤の卓越周期は橋軸方向と橋軸直角方向とはかなりの差異が見られる⁴⁾⁵⁾。また、橋脚の固有周期が橋軸方向と橋軸直角方向で大きく異なっている。図4に示した伝達関数から、杭基礎が大きな制震性を有していることは明らかである。ところで、図3に示した杭の配置図からわかるように、この杭基礎は64本(鋼管杭、8列×8列、 $\phi=600\text{mm}$ 、 $l=22\text{m}$ 、直杭 $t=9\text{mm}$ 、斜杭 $t=12\text{mm}$)の杭のうち、橋軸方向にその半数が傾斜角約10度の斜杭になっている。斜杭の制震効果を観測記録から検討するために、水平2方向の基盤に対するフーチングおよび橋脚天端の加速度記録の周波数伝達関数について比較した。図5がその結果である。記録の方向によって卓越周期に違いが生じているため、両者の同等の対比は無理であるが、斜杭が打設されている方向すなわち橋軸方向の伝達率が橋軸直角方向の伝達率に比べて、地盤の卓越周期付近で幾分小さくなっていることがわかる。

4. あとがき 有限要素法による数値実験および地震記録に基づく検討結果から、斜杭を打設することによってより大きな制震性が期待できることがわかった。しかし、観測記録に基づいて検討した結果には有限要素法解析から得られるような著しい制震効果は見られなかった。

5. 謝辞 本地震観測を実施する上で、多大な便宜を計って頂いた藤沢市建設局西野康雄氏はじめ多くの方々に感謝の意を表す次第である。また、清水建設(株)大崎研究室福和伸夫氏には有限要素法による数値実験のところで貴重な意見を賜った。厚くお礼申し上げる次第である。

6. 参考文献 (1) Ohira, A., Tazoh, T., Dewa, K., Shimizu, K. and Shimada, M.: Observations of Earthquake Response Behaviors of Foundation Piles for Road Bridge, Proc of the 8th WCEE, San Francisco, Vol. III, July, 1984. (2) 田蔵、清水、出羽、嶋田、時田：道路橋基礎杭の地震時挙動観測、第18回土質工学研究発表会、1983年6月。(3) 田蔵、中松、清水、木全、増野、岡内：斜杭を有する群杭基礎の地震時挙動特性に関する考察、第19回土質工学研究発表会、1984年6月。(4) 田蔵、清水、嶋田、木全：基盤の深さが大きく変化する地盤の震動特性について、第18回土質工学研究発表会、1983年6月。(5) 大槻、田蔵、清水：傾斜基盤を有する不整形地盤の地震時挙動と地盤ひずみ、土木学会論文集、第350号、1-2、1984年10月。

表1 解析定数および解析条件

構造系	解析定数、解析条件
杭	$E = 2.10 \times 10^7$ (tf/m ²) $I = 1.46$ (m ⁴) $A = 3.34 \times 10^{-2}$ (m ²) 杭頭 : 回転拘束 杭先端 : 固定
地盤	$E = 1700.0$ (tf/m ²) $V_s = 55.0$ (m/sec) $\nu = 0.49$ $\gamma = 1.85$ (tf/m ³)
フーチング	剛体と仮定
上部工	$W = 200.0$ (tf) $k = 3223.0$ (tf/m) 固有周期 : 0.50 (sec)

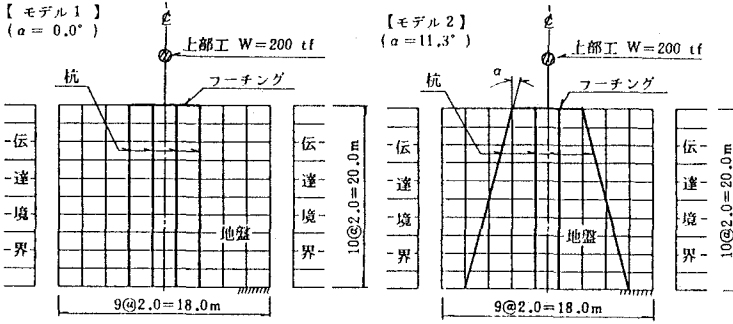


図1 解析モデル

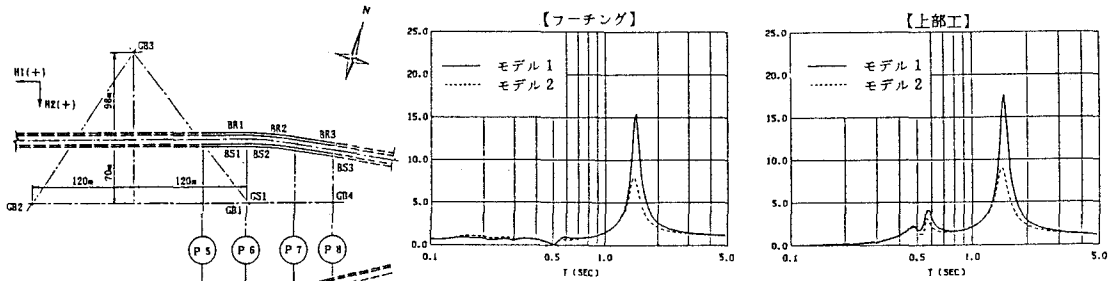


図2 有限要素法解析による基礎に対するフーチングおよび上部工の周波数伝達関数

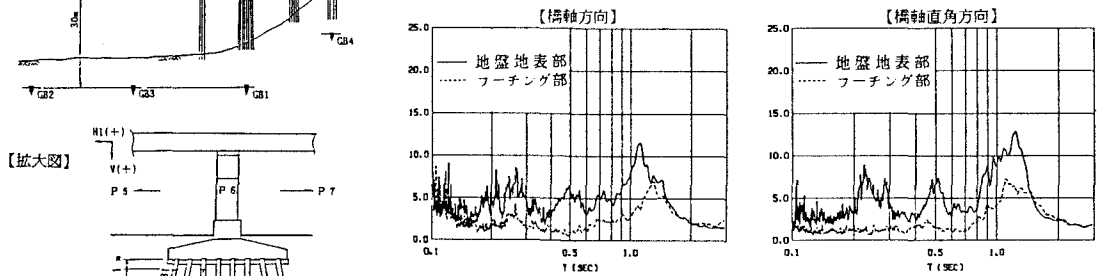


図4 観測記録に基づく基礎に対する地盤地表およびフーチングの平均周波数伝達関数

【拡大図】

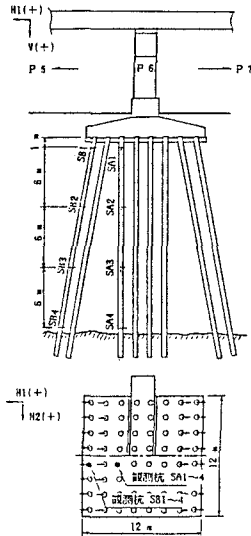


図3 地震観測の対象とした橋脚と杭伏図および加速度計配置図

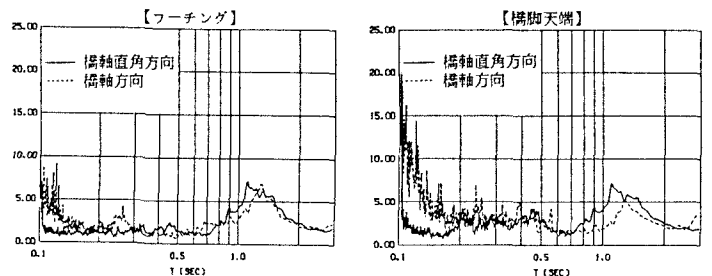


図5 観測記録に基づく橋軸方向および橋軸直角方向の基礎に対するフーチングおよび橋脚天端の平均周波数伝達関数