

I-453

斜杭を有する群杭基礎構造物の地震時挙動特性

清水建設(株) 正会員 若原敏裕 正会員 田蔵 隆
 清水建設(株) 正会員 清水勝美 正会員 中 桧 新
 清水建設(株) 正会員 木全宏之 正会員 古川 禎一

1. 概 説

本報は前報¹⁾で提案した斜杭を有する群杭基礎構造物に対する地震応答解析手法の有効性の検討を目的として、観測記録に基づく地震応答解析を行った結果について示したものである。また、斜杭を有する群杭基礎構造物の地震時挙動特性ならびに基礎杭の地震時ひずみの発生に及ぼす外的要因に関して考察した。

2. 解析モデルおよび解析定数

解析の対象とした群杭基礎構造物は地震観測を実施した道路橋の橋脚である。この橋脚は64本(8列×8列)の鋼管杭(杭径600mm、杭長22m、直杭肉厚9mm、斜杭肉厚12mm)によって支持されており、橋軸方向に前後2列、合計32本が傾斜角 10° の斜杭である。紙面の都合上、道路橋および地震観測の詳細に関しては参考文献(2)(3)に譲る。解析モデルならびに解析定数を図-1および表-1に示した。

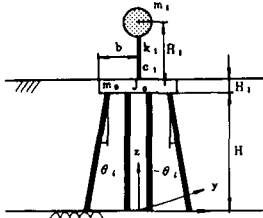


図-1 解析モデル

表-1 解析定数

地 盤	杭	群杭効率	上 部 工
$\mu_g = 443.15 \text{ tf/m}^2$ $\nu_g = 0.493$ $w_g = 1.33 \text{ tf/m}^3$ $T_g = 1.40 \text{ s}$ $h_g = 0.10$ $H = 20.00 \text{ m}$	$a = 0.30 \text{ m}$ $\ell = 20.00 \text{ m}$ $I_p(t=9) = 7.2974 \times 10^{-4} \text{ m}^4$ $w_p(t=9) = 0.4639 \text{ tf/m}^3$ $I_p(t=12) = 9.5842 \times 10^{-4} \text{ m}^4$ $w_p(t=12) = 0.6154 \text{ tf/m}^3$ $\theta(t=9) = 0.00 \text{ deg}$ $\theta(t=12) = 10.00 \text{ deg}$	$e_{11}^{11} = 0.865$ $e_{11}^{22} = 0.125$ $e_{12}^{11} = 0.843$ $e_{12}^{22} = 0.210$ $e_{21}^{11} = 0.843$ $e_{21}^{22} = 0.210$ $e_{22}^{11} = 0.841$ $e_{22}^{22} = 0.548$ $e_{12}^{12} = 0.964$	$m_1 = 223.47 \text{ tf s}^2/\text{m}$ $c_1 = 170.97 \text{ tf s/m}$ $k_1 = 89520.62 \text{ tf/m}$ $m_o = 81.63 \text{ tf s}^2/\text{m}$ $J_o = 1274.42 \text{ tf s}^2\text{m}$ $b = 6.77 \text{ m}$ $H_1 = 2.00 \text{ m}$ $H_2 = 8.21 \text{ m}$

3. 斜杭を有する杭基礎の地震時挙動特性

地震応答解析は地盤地表部で最大加速度 113.6 cm/s^2 を記録した昭和58年8月8日の神奈川・山梨県境地震($M=6.0$, $D=20 \text{ km}$, $\Delta=42 \text{ km}$)による観測記録に基づいて行った²⁾³⁾。図-2は橋脚天端の水平加速度 $\ddot{u}_1$ 、フーチングの水平加速度 $\ddot{u}_o$ およびロッキング角 θ_o について、観測記録(破線)と解析結果(実線)を比較したものである。両者の対応がきわめて良いことから、提案手法の有効性は高いと考えられる。

斜杭の効果に関する検討を目的として、図-1においてすべての杭を直杭とした場合の地震応答解析を行った。これと斜杭が有る場合の解析結果を比較したものが図-3である。上部工およびフーチング部の水平加速度応答の差異から、斜杭による制震効果が確認できる。また、図-3のフーチングのロッキング角 θ_o の応答波形から、フーチング部のロッキング動が斜杭の有無によって両者逆位相の関係になっていることが分かる。これらの現象はいずれも地震観測の結果からも確認されている²⁾³⁾。

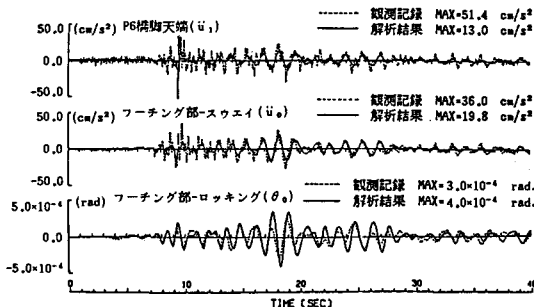


図-2 地震応答解析結果と観測記録との対比

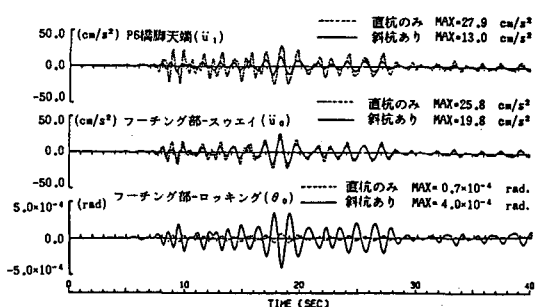


図-3 斜杭の有無の違いによる応答解析結果の対比

4. 基礎杭の地震時ひずみの発生に及ぼす外的要因の検討

基礎杭の地震時ひずみの発生に及ぼす外的要因の定量的検討を試みた。図-4は斜杭および直杭の杭先端部の軸ひずみに対して検討したものである。斜杭に関しては、上部工の慣性力による軸ひずみと地盤振動による軸ひずみは逆位相の関係になっている。しかし、地盤振動によるひずみの方が大きく、両者のひずみを合成して得られる軸ひずみの振幅および位相特性から、斜杭の杭先端部の軸ひずみは地盤振動が支配的になっていることが分かる。一方、直杭の杭先端部の軸ひずみは上部工の慣性力によって発生している。

図-5は直杭の杭頭部と杭先端部の曲げひずみに関して、上部工の慣性力と地盤振動の影響度の検討を行ったものである。これより、杭頭部は上部工の慣性力、杭先端部は地盤振動が支配的になっていることが分かる。また、このことから上部工の慣性力の影響が杭先端部にまで及んでいないことが分かる⁴⁾。斜杭の曲げひずみに対する解析結果からも同様な考察が可能である⁵⁾。

図-4および図-5において、解析結果と観測記録との対比を行っているが、両者はきわめて良い対応関係にあると言える。

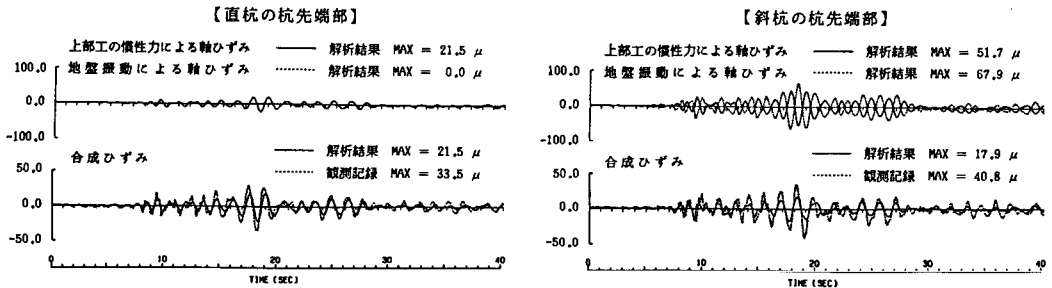


図-4 上部工の慣性力および地盤振動による杭先端部の軸ひずみの分離

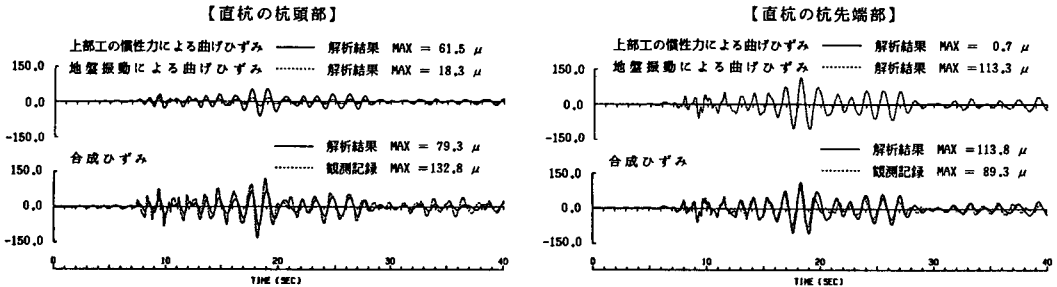


図-5 上部工の慣性力および地盤振動による直杭杭頭部および杭先端部の曲げひずみの分離

5. あとがき

本報で使用した地震記録は神奈川県藤沢市における道路橋基礎杭に対する地震観測から得られたものであり、地震観測の実施ならびに観測記録の利用に関して、藤沢市建設局 西野康雄氏はじめ多くの方々にご多大な御配慮を頂いた。また、本研究において九州大学 小坪清真教授、鳥野 清助教授、九州工業大学 高西照彦教授から御指導を賜り、岡山大学 竹宮宏和教授から貴重な御意見を賜った。記して深謝の意を表す次第である。

参考文献

- (1) 若原、田蔵、中桧、清水、木全、古川：斜杭を有する杭基礎構造物の地震応答解析手法の提案、土木学会第41回年次学術講演会、1986年11月。
- (2) 大平、田蔵、中桧、清水：軟弱地盤中の基礎杭の地震時挙動特性に関する研究、土木学会論文集、第362号/1-4、1985年10月。
- (3) 田蔵、中桧、清水、木全、古川、若原：道路橋基礎杭の地震時挙動観測および解析、第18回地震工学研究発表会、1985年7月。
- (4) 田蔵、中桧、清水、木全、古川、若原：基礎杭の地震時挙動を支配する外的要因の定量的検討、第18回地震工学研究発表会、1985年7月。
- (5) 大平、田蔵、若原、小坪、高西：斜杭を有する杭基礎の地震応答、九州大学工学集報、第59巻第2号、1986年3月。