

清水建設(株) 正会員 田蔵 隆  
 清水建設(株) 正会員 清水 勝美

清水建設(株) 正会員 中松 新  
 中央大学大学院 学生会員 増野 正男

1. まえがき 筆者らは軟弱地盤に建設された道路橋において、基礎杭の地震時挙動の解明を目的として地震観測を実施している。<sup>(1)(2)</sup> 本報はこれまでに得られた観測記録に基づき、基礎杭の地震時ひずみ特性ならびに地震時ひずみを発生させる要因に関して考察したものである。

2. 杭の地震時ひずみ記録

地震計配置を図1に示す。本観測では直杭と斜杭の各1本に対し、ひずみ計を深さ方向の4断面(SA1~SA4, SB1~SB4, 1断面当り4台)に設置し、杭の地震時ひずみを計測している。図2に1983年8月8日の神奈川西部地震(M=6.0、D=20km、 $\Delta=42$ km、地盤地表面最大加速度 $\ddot{y}_{max}=113.6$  cm/sec<sup>2</sup>)による直杭杭頭部(SA1)の曲げひずみ記録  $\epsilon_{M_y}$  とフーチング水平方向(BS1-H2)の加速度記録  $\ddot{y}_2$  の波形およびそのパワースペクトルを示した。両者の対応がきわめて良いことから、当基礎における杭の地震時ひずみの発生は、上部工の慣性力に大きく支配されているものと考えられる。

3. 基礎杭の地震時ひずみ特性に関する考察

図2から加速度記録に含まれている短周期成分の波がひずみ記録では除去されていることがわかる。このことは地震記録の違いによらず共通して見られた現象である。図3は  $\epsilon_{M_y} / \ddot{y}_2$  として、これまでの記録による平均周波数伝達関数を計算したものであるが、周期0.4秒以下の周期領域で顕著なフィルター効果が見られる。ここではその原因について考察する。

田治見は弾性論に基づき1層地盤中の杭の地震応答を解析的に導いている。<sup>(3)</sup> いま、田治見式において地盤振動が杭に与える土圧項を無視し、杭頭部の曲げひずみ  $\epsilon_M = -r \cdot \partial^2 u_p / \partial z^2$  ( $r$ は中立軸からの距離である)に対する加振外力  $V \exp(i\omega t)$

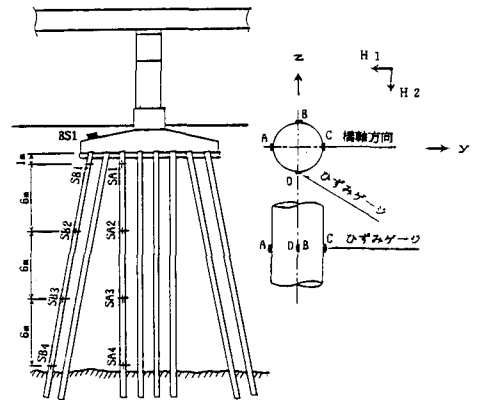


図1 地震計配置図

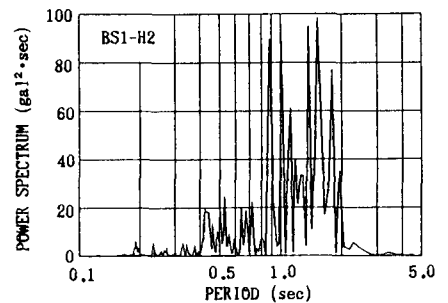
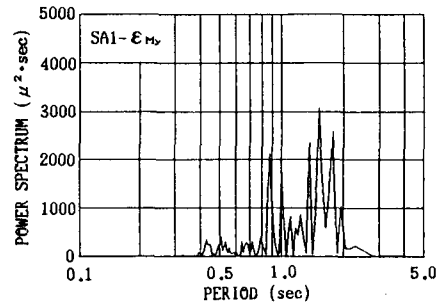
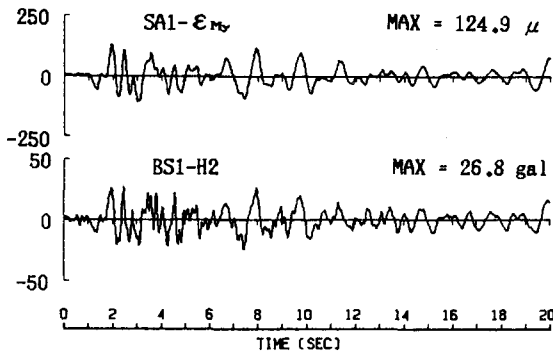


図2 BS1-H2の加速度記録  $\ddot{y}_2$  およびSA1の曲げひずみ記録  $\epsilon_{M_y}$  の波形とそのパワースペクトル

の関係を計算すると次式が得られる。

$$\epsilon_M(H)/V \exp(i\omega t) = \alpha \sum_{n=1,3,\dots} \xi(n, \omega) \quad (1)$$

ここに、 $\alpha = (8rH/EI\pi^2)$ 、 $\xi(n, \omega) = n^2 / \{n^4 - \alpha_2(\rho_p/\rho)(\omega/\omega_g)^2 + \alpha_2 \xi_n^2 \Omega_n\}$ である。なお、個々の変数の説明については紙面の都合上省略する。(1)式を観測地点の地盤定数および杭定数に基づいて計算すると、図4に示すような結果が得られた。図5は田治見式において、地盤振動による土圧項を無視したときのグランドコンプライアンスの実部と虚部について示したものである。図4は図3の観測記録に基づいて求めたものと傾向的にはよく対応していると見ることができる。図5から、杭のひずみ記録において短周期成分の波が除去されるのは、1.0秒以下の周期領域において逸散減衰が大きくなるためと考えられる。

#### 4. 基礎杭の地震時ひずみ発生要因に関する考察

図6は基盤の加速度記録に対する地盤地表部の加速度記録から周波数伝達関数を計算し、当該地盤表層の卓越周期を調べてみたものである。図3にはこれらの卓越周期に対応するところでピークが見られ、杭に地震時ひずみを発生させる要因として、上部工からの慣性力以外に地盤振動による影響が考えられる。

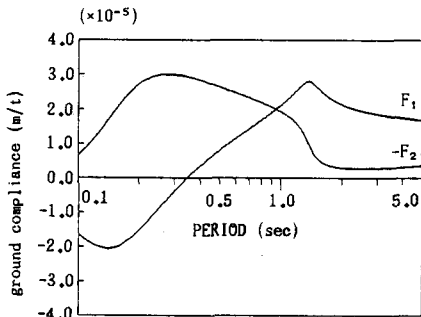


図5 田治見理論に基づく杭基礎のグランドコンプライアンス

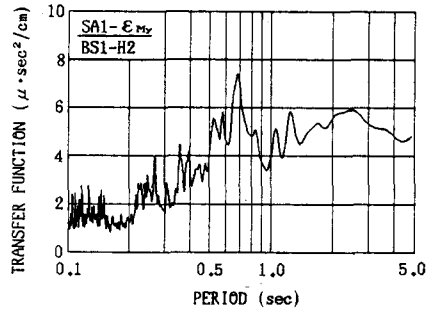


図3 平均周波数伝達関数 ( $\epsilon_{Mv}/\ddot{y}_2$ )

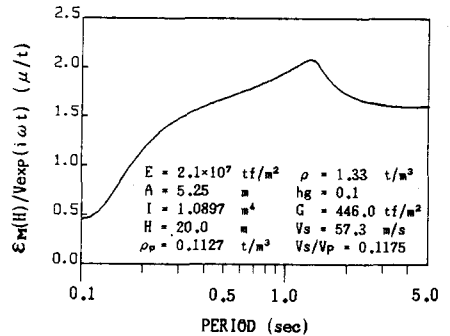


図4 田治見理論に基づく  $\epsilon_M/V \exp(i\omega t)$  曲線

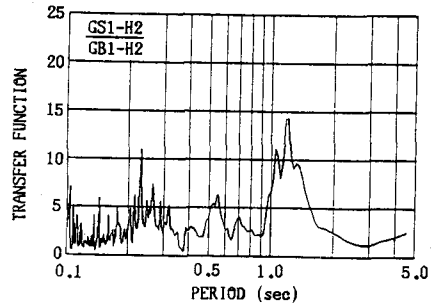


図6 基盤に対する地盤地表部の周波数伝達関数

5. あとがき 杭基礎の耐震性を検討する上で重要なことは、地震時における杭の変形および応力の分布がどのようになるかを知ると同時に、それらを発生させる主要因は何であるかを知ることである。当基礎での観測結果から、杭の地震時ひずみの発生は上部工の慣性力に支配されていると考えられるが、地盤の卓越周期に対応する周期成分において、地盤の振動による影響が少なくないことがわかった。

6. 謝辞 本地震観測を実施する上で多大な便宜を図って頂いた藤沢市建設局西野康雄氏はじめ関係者各位に深く感謝する次第である。また、本報をまとめる上で、中央大学岡内功教授ならびに東海大学浜田政則助教授から貴重な御意見を賜った。記して感謝の意を表す次第である。

7. 参考文献 (1) 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。(2) 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。(3) Tajimi, H.: Dynamic Analysis of a Structure Embedded in an Elastic Stratum, 4th WCEE, 1969.