

ジョイント杭による構造物の地震応答低減効果について

京都大学大学院工学研究科	正会員	○小野祐輔
京都大学大学院工学研究科	正会員	清野純史
京都大学大学院	学生員	藤井 豊

1. はじめに

基礎杭は上部構造物の慣性力だけでなく、地盤の変形によっても破壊することが知られている。そこで、杭中にフレキシブルなジョイントを挿入することで地盤の変形に対しても追従できるように変形性能を高めた杭が開発されている¹⁾。このジョイント杭を用いることにより構造物に生じる応答の変化については、未だ不明な点が多い。そこで、本研究では地震時における上部構造物の応答の変化について地震エネルギーの配分に着目した検討を行った。

2. 解析手法とエネルギー構成式

本研究では二次元有限要素法を用いた。地盤の材料非線形性には弾-完全塑性モデルを用い、Mohr-Coulombの破壊基準を用いた。多自由度系の運動方程式は次式で表される。

$$[M]\{\ddot{\mathbf{x}}\} + [C]\{\dot{\mathbf{x}}\} + [K]\{\mathbf{x}\} = -[M]\{\mathbf{1}\}\ddot{\phi} \quad (1)$$

ここに、 $[M]$ 、 $[K]$ 、 $[C]$ はそれぞれ質量、剛性、減衰マトリクス、 $\ddot{\phi}$ は入力加速度である。次に式(1)の両辺に $\{\dot{\mathbf{x}}\}$ ベクトルをかけ時間積分したものがエネルギー構成式となり、次式で表される。

$$\int_0^t \{\dot{\mathbf{x}}\}^T [M] \{\ddot{\mathbf{x}}\} d\tau + \int_0^t \{\dot{\mathbf{x}}\}^T [C] \{\dot{\mathbf{x}}\} d\tau + \int_0^t \{\dot{\mathbf{x}}\}^T [K] \{\mathbf{x}\} d\tau = - \int_0^t \{\dot{\mathbf{x}}\}^T [M] \{\mathbf{1}\} \ddot{\phi} d\tau \quad (2)$$

ここで右辺は総エネルギー入力 $E(t)$ 、左辺第一項は運動エネルギー $W_k(t)$ 、左辺第二項は減衰消費エネルギー $W_h(t)$ 、左辺第三項はひずみエネルギー $W_s(t)$ である。

3. 解析モデル

本研究で用いた解析モデルを図-1に示す。解析モデルは地盤、杭、上部構造物、フーチングで構成されており、上部構造物は集中質量と梁要素、杭とフーチングは梁要素、ジョイントは線形回転ばね要素でモデル化した。解析対象地盤は三層で構成され、地盤の特性値 T_g は0.28秒であり、II種地盤に相当する。ただし、この値は微小変形時における地盤の線形状態を仮定した場合の固有周期にあたるものである。実際の地盤の固有周期 T_g は非線形地盤を対象としているためこの値よりも大きくなる。上部構造物の固有周期 T_s は、 T_g よりも長い1.0秒、 T_s を T_g よりも短い0.15秒となる二つのケースを設定した。またジョイントはフーチング直下と上部地層境界の二箇所に設置するものとした。入力地震動として1995年1月17日の兵庫県南部地震の際ポートアイランドのG.L-83mの地点において観測された地震波と1968年5月16日の十勝沖地震の際に八戸で観測された地震波を用いた。各入力地震動を図-2に示す。

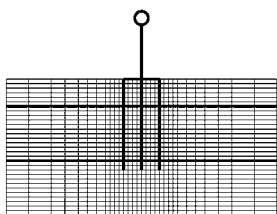
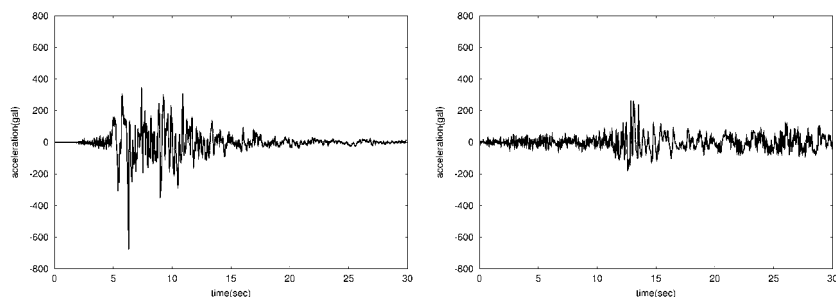


図 1: 解析モデル



(a) 神戸波

(b) 八戸波

図 2: 入力地震動

4. 解析結果

二次元 FEM による地震応答解析の結果を図-3 に示す。図-3 より、上部構造物の固有周期が 1.0 秒の場合はジョイントを挿入することにより、加速度の応答が低減されていることが分かる。また、上部構造物の固有周期が 0.15 秒の場合はジョイントを挿入することにより加速度の最大応答値はほとんど変化していない。次に上部構造物のひずみエネルギーの時刻歴を図-4 に示す。図-4 より、 $T_s=1.0$ の場合、ジョイントを挿入することにより上部構造物のひずみエネルギーを低減していることが分かる。また、 $T_s=0.15$ の場合には、ジョイントを挿入しても上部構造物のひずみエネルギーの最大値は、ほとんど変化していない。次に、神戸の地震波を用いた場合の解析領域全体でのひずみエネルギー $W_s(t)$ の時刻歴を図-5 に示す。図-5 より、ジョイントを挿入した結果、地盤の非線形化により履歴減衰が増大し、全体でのひずみエネルギーが増大したと考えられる。

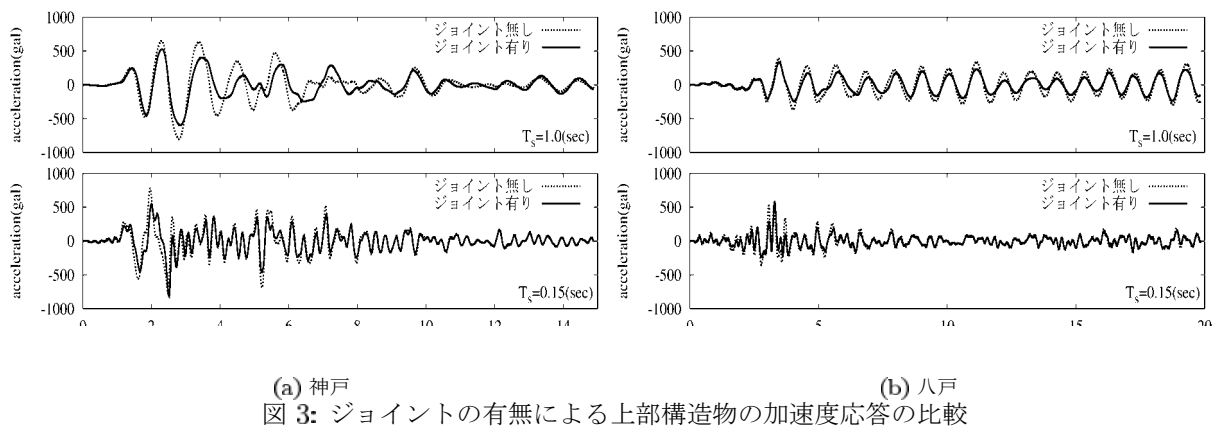


図 3: ジョイントの有無による上部構造物の加速度応答の比較

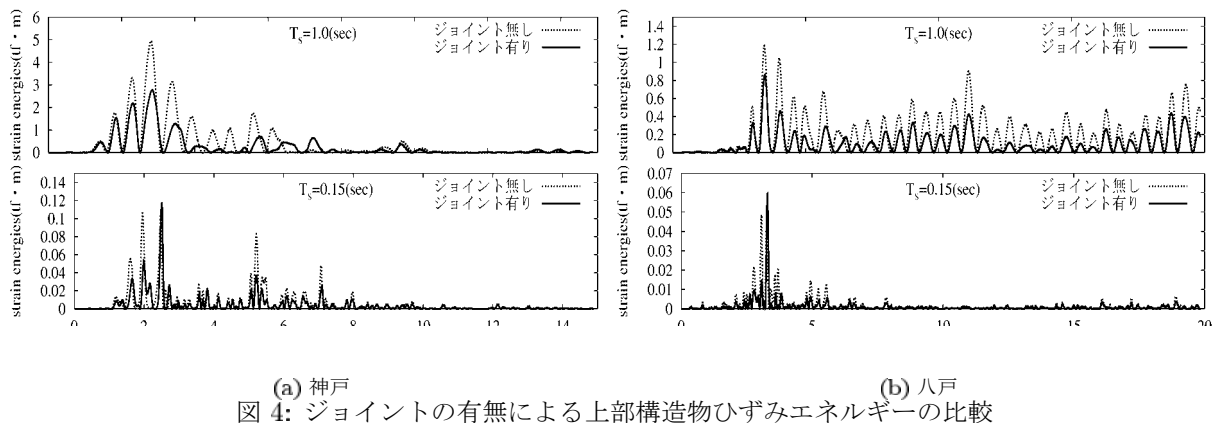


図 4: ジョイントの有無による上部構造物ひずみエネルギーの比較

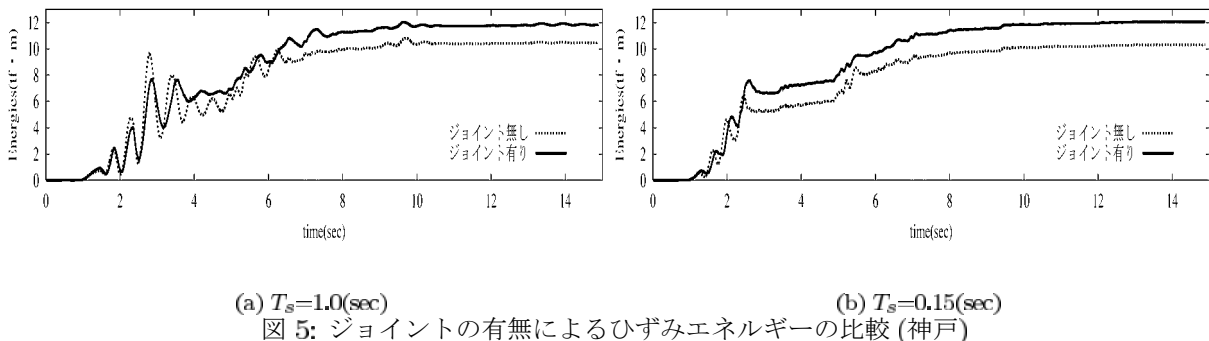


図 5: ジョイントの有無によるひずみエネルギーの比較 (神戸)

5. まとめ

二種類の地震動を用いた解析の結果、以下の共通の傾向が見られた。

- (1) $T_s > T_g$ の時、ジョイントを挿入することにより上部構造物の応答が小さくなり、上部構造物のひずみエネルギーが低減される。
- (2) $T_s < T_g$ の時には、ジョイントを挿入することにより上部構造物の応答及び上部構造物のひずみエネルギーの最大値はほとんど変化しない。

参考文献: 1) 泉博充・三浦房紀・宮坂享明・福嶋研一: 高靱性能耐震ジョイント杭の地震時有効性について、土木学会論文集、No577,I-41,pp.191-203,1997.10