

I - 853

兵庫県南部地震における杭の挙動

運輸省港湾技術研究所 正 外山進一

1 はじめに

兵庫県南部地震の影響を解明する一助として、観測波による3次元波を入力として、杭のシミュレーションを実施し、応答特性から地震と杭の挙動について検討する。

2 地震波 図1

兵庫県南部地震の時に、運輸省第三港湾建設局神戸港工事事務所構内にて観測された地表での波形を入力として利用する。N43W, E43N, UDの3次元波が観測されている。上下動は一般的な地震波形であるが、水平動は特異な波形をしており、観測値の信頼性について判断に迷うところであるが、傾向は捕らえているとして利用する。主要な10秒間部分を対象としている。

3 シミュレーションモデル

鋼管の直径1m、厚さ12mm、自由長10m、上部工荷重2mに100t、打込み長25mの単杭を対象とする。結果は正規化して一般化するが、対象杭の構造特性は残る。杭頭自由と杭頭固定の杭構造物を一本の単杭でモデル化する。FEM解析をISAPプログラムを用いて、実施する。杭の要素をバネで水平と鉛直から支える。バネは地盤剛性をあらわしている。減衰係数は0.05としている。

計算は、質点系に対し線形、非連成で、モード重ね合わせ法による時刻歴応答解析である。3次モードまでを加えると、9割強の刺激係数となる。

4 解析結果 図2-8

地震の水平と鉛直動の差が応答にも反映している。力かモーメントが最大になる時刻断面で、杭の軸上での加速度、変位、力かモーメントの変化をグラフに示している。非連成であるから、関係のある方向別に示している。応答加速度は地震加速度の最大値との比、応答変位は静的変位との比、軸力は上部工荷重との比、モーメントは上部工荷重の地面からのモーメントの比としている。力とモーメントは、応答値の静的な値に対する比である。

加速度と変位は、上端を最大値として地表まで減少していき、地中では急速に小さくなる。軸力は、鋼管の自重が作用するため、すこしづつ下方向に増加するがほぼ一定である。杭頭自由のモーメントは、地表あたりで最大となる。杭頭固定のモーメントは、杭頭で最大となり、地表でも大きくなる。地中部では、モーメントは急速に小さくなる。

力、モーメントと変位の最大値を取る時刻は一致するが、加速度の最大値を取る時刻とは一致していない。上端での応答最大加速度の地震動の最大加速度に対する倍率は、水平動が1.4、上下動が1.8程度である。

5 検討

変位、力とモーメントの傾向は、静的な傾向に類似している。動的特性としては、杭頭固定の方が剛性が大きくなるため、固有周期が短くなる。杭頭固定のモーメント最大値が、杭頭自由のモーメント最大値より小さいことは、不静定次数の高い方が有利であることを示唆する。応力的には2モデルともにモーメントの寄与率が高い。現実の構造物は、杭頭自由と杭頭固定の間の弾性的拘束状態であるから、中間的な挙動を示すことになる。水平応答は、モーメントに寄与しているが、地盤の水平剛性が低いため地中で急速に減衰している。上下応答は、地盤と杭の鉛直剛性が高いため、あまり地中でも減衰することなく大きな値を保持している。

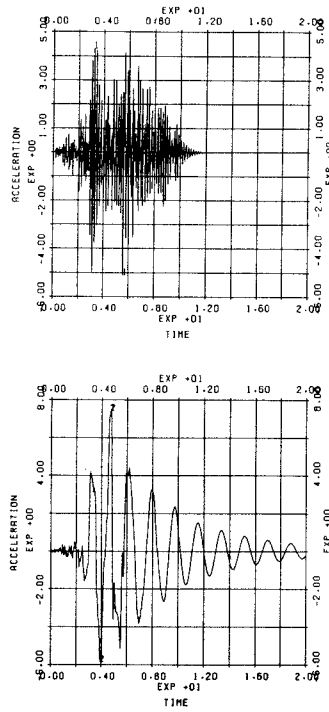


図2 応答加速度

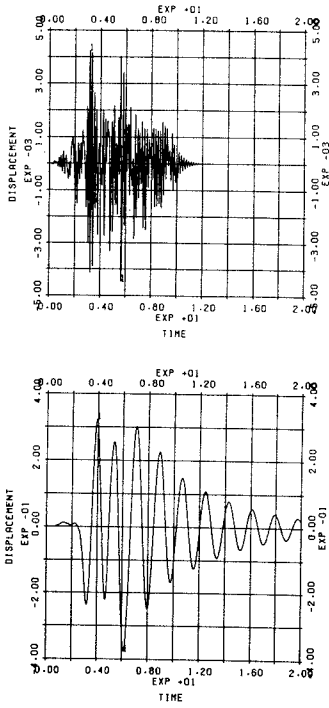


図3 応答変位

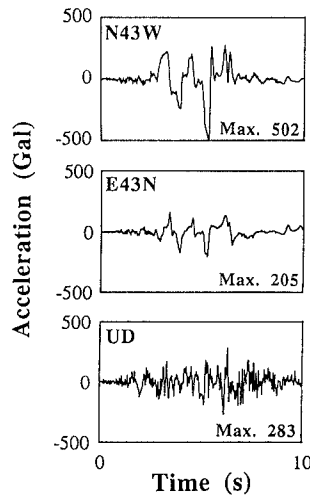


図1 観測波形 神戸港工事事務所(地表)

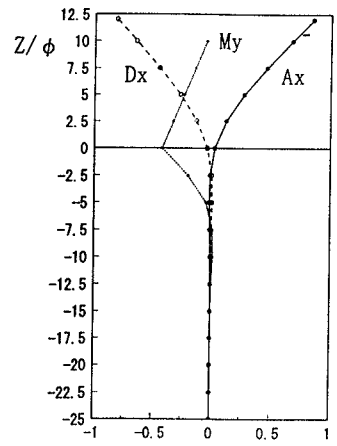


図4 杭頭自由, x方向, $t=6.15$, 加速度 A_x , 変位 D_x , モーメント M_y の軸方向変化

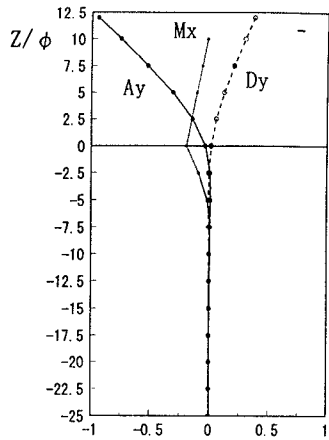


図5 杭頭自由, y方向, $t=6.82$, 加速度 A_y , 変位 D_y , モーメント M_x の軸方向変化

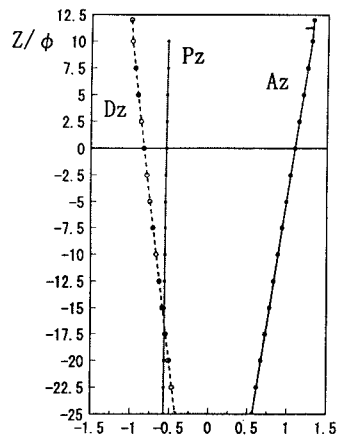


図6 杭頭自由, z方向, $t=5.67$, 加速度 A_z , 変位 D_z , 軸力 P_z の軸方向変化

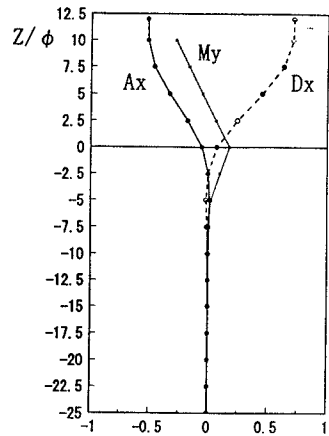


図7 杭頭固定, x方向, $t=3.47$, 加速度 A_x , 変位 D_x , モーメント M_x の軸方向変化

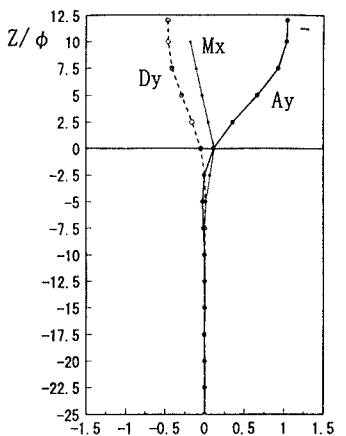


図8 杭頭固定, y方向, $t=4.07$, 加速度 A_y , 変位 D_y , モーメント M_y の軸方向変化