2 次元有効応力解析における地盤の要素奥行き幅が杭基礎建物の地震応答に与える影響

中央大学研究開発機構　正会員　○荒木　一弘
中央大学研究開発機構　正会員　石井　武司
中央大学理工学部　正会員　齋藤　邦夫

１．はじめに

1995 年兵庫県南部地震では，沿岸部や埋立て地盤において液状化とそれに伴う側方流動が広範囲に発生し，多くの杭基礎が被害を受けた．それ以降，杭基礎建物の地震時応答を精度よく予測する設計，解析手法の確立が望まれている．地盤-杭系は 3 次元的な挙動を示す．それを 2 次元に置き換えて解析を行う場合には，モデル化において 3 次元性を取り入れるための工夫が必要となる．たとえば，地盤の奥行き幅を基礎の 1 スパン分やフーチング奥行き幅とするなどがそれである．地盤の奥行き幅 D は，FEM の計算の中で剛性マトリクスを D 倍する．これによって，杭に対する地盤の相対的な剛性が考慮され，3 次元性が付加される．

本論文では，兵庫県南部地震のポートアイランドにおける鉛直アレーの観測記録を入力地震動として，杭基礎を対象とした 2 次元有効応力解析を行い，地盤の奥行き幅が杭基礎の地震応答に与える影響を把握する．

２．解析方法

図 1 に，ポートアイランドの鉛直アレー地震観測地点の地盤調査結果 [1)]を示す．GL-18m までの埋土が液状化層である．入力地震動は図-2 に示す GL-83m で観測された水平 NS 成分を用いる．対象とした杭は，宮本らの解析 [2)]で用いられた仮想杭支持建物（2×3 スパン）の場所打ちコンクリート杭(φ1.4m，L=37.0m，杭間 6m，4×3 本）である．杭の支持層は GL-37m の洪積砂礫層とした．解析対象は長辺方向とする．

解析プログラムは Misko, Ishihara[3)]によって提唱されている Stress-Density Model（S-D モデル）を組み込んだ有効応力解析プログラム「DIANA-J2」を用いる．

解析モデルを図 3 に示す．GL-83m までをモデル化する．地盤については 8 節点 4 角形要素とした．埋土は液状化挙動を再現できる S-D モデルとした．解析に用いた S-D モデルパラメータを表 1 に示す [4)]．その他の層は線形モデルとした．線形モデルのせん断剛性は，一次元等価線形解析を事前に行い，収束した G/G_0 により初期剛性から低減させた．初期剛性 G_0 は Vs，γ から推定した．等価線形解析に用いた動的変形特性は，実地盤を用いた試験結果を参考とした [5)]．ただし，最下層の Dg 層についてはその上の Dc 層と同じ物性としている．

杭は線形の梁要素でモデル化した．杭部の詳細を図４に示す．杭は GL-8.0m（本解析では 7.5m)の上部と下部で鉄筋比を変えている．杭の曲げ剛性 EI は M-φ 関係で鉄筋の引張降伏モーメント My における割線剛性を用いることとする．杭は地盤に水平方向のみ従属，杭下端のみ鉛直方向も地盤に従属させた．杭頭は無質量剛性無限大の基礎に剛接合とした．杭及び基礎の減衰は 1%とした．

深度 (GL m)	記号	土　質	平均 N値	Vs (m/s)	γ (kN/m³)
-3	B	●GL ▽	5.2	170	17
-18	B	埋土（まさ土）●-16	6.5	210	20
-28	Ac	沖積粘性土 (Ma13)	3.5	180	17
-37	Ag	●-32 沖積砂礫層	13.5	245	20
-49	Ds	洪積砂礫層	36.5	305	20
-61	Ds	洪積砂礫層	61.9	350	20
-82	Dc	洪積粘性土 (Ma12)	11.7	303	18
	Dg	●-83 洪積砂礫層	61.9	320	20

●：地震計

図 1 地震観測位置の地盤調査結果

キーワード　液状化　杭基礎　地震応答解析

連絡先　〒112-8511 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学研究開発機構　TEL 03-3817-1711　E-mail：k-araki@tamacc.chuo-u.ac.jp