急速載荷時におけるパイルド・ラフト挙動の数値解析

京都大学 正会員 木村 亮 (株)大林組 正生員 〇長谷川雅

<u>1.はじめに</u>

本研究では実際のスタナミック試験を圧縮空気による載荷でモデル化した模型実験装置 1) を用いて,パイルド・ラフトに対して模型急速載荷試験を実施した.また,3次元動的 FEM 解析により模型実験をシミュレートし,そのメカニズムを考察した.

2.実験概要

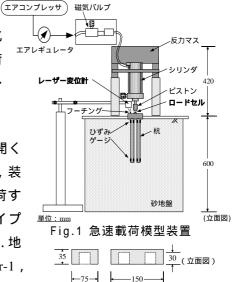
急速載荷模型実験装置 $^{1)}$ を Fig.1 に示す.電子制御により電磁弁を開くと,コンプレッサにより圧縮された空気がシリンダに瞬時に流れ込み,装置上部が浮き上がると同時に,慣性反力が生じてピストンが杭頭に載荷する.模型杭は,杭径 D = 30 mm,杭長 300 mm,肉厚 1 mm の真鋳製パイプであり,摩擦杭の特性を持つ $^{2)}$. Fig.2 にフーチングと杭の配置を示す.地盤材料には乾燥した硅砂 6 号を用いる. Pr 単杭,Pr 4 本群杭(以下 Pr-1,Pr-4 と略す)に対して,急速載荷試験(STN)と静的載荷試験(SLT)を行った.計測項目は,載荷荷重,フーチングの鉛直変位,杭体のひずみである.載荷荷重はフーチング上面にセットされたロードセルにより,計測する.フーチングの鉛直変位はレーザー変位計によって計測する.

3.数值解析概要

杭は弾性体とし,地盤は非関連流れ則に基づく弾完全塑性体(Drucker-Prager model)としてモデル化する.Druker-Prager 式では,内部摩擦角 ϕ とダイレイタンシー角 ψ が必要となる.模型実験と同様の地盤材料に三軸試験を実施し,これらを決定した.また,杭周面と地盤のすべりを表現するために,杭の周面にジョイント要素を配置した.ジョイント要素の破壊規準は,Mohr-Coulomb 式に従う.ここで,ジョイント要素の応力が破壊規準上にあるとき,載荷に対して無抵抗であるとする.なお,動的解析における時間離散化には Newmark の β 法を用いた.

解析メッシュの一例 (Pr-4)を Fig.3 に示す.解析領域は対称性を考慮して模型地盤の 4分の 1 に設定した.境界条件は,解析領域側面では面に垂直な方向の変位のみを拘束し,解析領域底面では鉛直方向の変位のみを拘束する.地盤の弾性係数およびジョイント要素のパラメータ

来する・地盤の弾性係数のよびショイント要素のパラメータは,単杭の STL 試験から決定した.ここで,単杭はラフトが地表面から離れた状態のものである.地表面付近の弾性係数は,ラフト(直接基礎)の SLT から決定した.このようにして決定した地盤定数を Table.1 に示す.ここで, K_n , K_s はジョイント要素の面に対して垂直方向,せん断方向の剛性であり,地盤の剛性と比べて十分に大きい値に設定した.



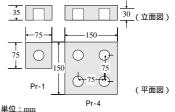


Fig.2 フーチング

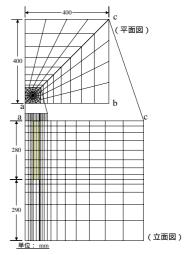


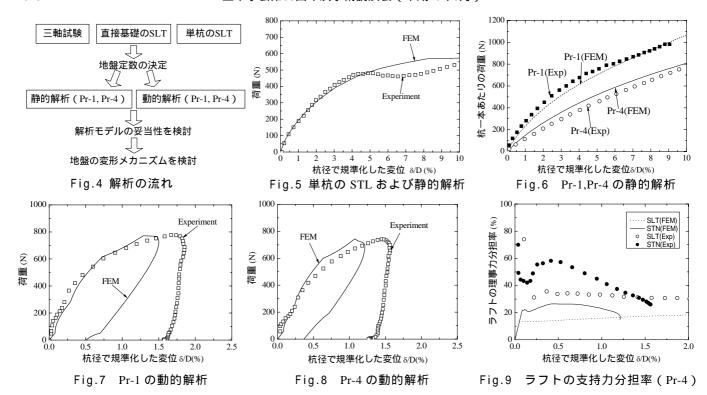
Fig.3 解析メッシュの一例 (Pr-4)

Table.1 解析に用いる地盤定数 地盤要素 ジョイント要素

内部摩擦角 φ	45.0	K_n (MPa/m)	3000
粘着力 c (MPa)	0.0	K_s (MPa/m)	3000
ポアソン比 ν	0.33	内部摩擦角 φ	45 °
ダイレイタンシー角 ψ	15 °	ダイレイタンシー角 Ψ	0 °
弾性係数 E _s (MPa/m)	18.0	粘着力 c'(MPa)	0.01

キーワード:急速載荷試験,パイルド・ラフト,3次元動的 FEM 解析,模型実験

連絡先 : 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科 TEL. 075-753-5106



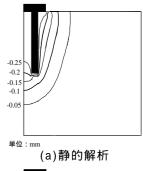
4. 実験結果および解析結果

本解析の目的は,模型実験では検討できない地盤内の変形を詳細に調べることである.解析の流れを Fig.4 に示す.

単杭の SLT および静的解析結果を Fig.5 に示す .模型実験における荷重~変位関係の勾配が変位 4.0 %付近で急激に減少しているが,これは杭周面と地盤のですべりが原因と考えられる.本解析では,ジョイント要素により杭周面のすべりを表現した.この解析により地盤の弾性係数およびジョイント要素の定数を決定した.

Table 1 に示した地盤定数を用いて ,Pr-1 および Pr-4 について静的解析と動的解析を実施した .Pr-1 ,Pr-4 における静的解析結果を Fig.6 に示す . 模型実験では , 杭本数が増えると杭 1 本あたりの支持力が低下しているが ,解析結果にも同様の傾向が現れている .Fig.7 および Fig.8 に Pr-1 ,Pr-4 における動的解析結果を示す . これらの図より ,載荷過程では模型実験結果と良く一致しているが ,最大沈下量および除荷過程については違いが見られる .

Fig.9 に, Pr-4 における載荷荷重に対するラフトの支持荷重分担率を示す.模型 実験と解析を比較すると,支持力分担率の大きさに違いがあるが,最大変位の点に おいて STN と SLT が近い値を示すという傾向は同様である.



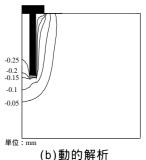


Fig.10 鉛直变位分布

Fig.10(a),(b)に沈下量が 0.3 mm(変位 1.0 %)のときの Pr-4 の鉛直変位分布を示す.これらの図より,静的解析,動的解析の両方において杭間の砂地盤は杭に追従して沈下している様子がわかる.また,動的解析と静的解析を比較すると,動的解析では杭とともに沈下する地盤の領域が静的解析の場合よりも小さい. 5. まとめ

急速載荷時のパイルド・ラフトの力学挙動を把握するために,模型実験および 3 次元 FEM 解析を実施した.模型実験および数値解析において,ラフトの支持力分担率を検討し,STN における最大変位において STN と SLT で近い値を示すことを確認した.また,地盤の鉛直変位分布に着目したところ,動的解析では杭とともに沈下する地盤領域が小さいことがわかった.

<参考文献>1)木村ら:空気圧を用いた杭の急速載荷試験装置の開発,第33回地盤工学研究発表会講演集,pp.137-38,1998. 2)木村ら: 急速載荷試験によるパイルド・ラフトの支持力分担,第38回地盤工学研究発表会,2003(投稿中).