

Ⅲ-527

遠心模型水平載荷時の水平応力の検討

清水建設（株）技術研究所 正会員 内山 伸
正会員 桂 豊

1. はじめに

遠心場での実験は地盤の応力状態を再現することが可能であり、水平応力の検討にも有効な手段と考えられる。しかし土槽内の初期応力や載荷時の応力測定例は少ない。今回、遠心模型実験により遠心場における砂地盤の初期応力と水平載荷時の載荷位置、土中部、土槽壁面での増分水平応力を測定した。その結果、初期砂地盤の K_0 状態を確認し、水平載荷時の水平応力分布を把握できたので報告する。

2. 実験方法

図-1は模型土槽の概要および砂地盤中の計測器配置の平面図と断面図である。剛体土槽内（縦80cm横50cm高さ40cm）に水平載荷装置を搭載後、空中落下法（落下距離80cm）により相対密度約80%を目標に豊浦標準砂を厚さ30cmまきだした。砂地盤の密度は約 1.58g/cm^3 であった。水平載荷装置には容量2tの水平ジャッキを用いた。水平載荷板（可動壁）は厚さ2.0cmのアルミ板とし、下端が回転ピンとなるよう角を丸めた上、別のアルミ板で押さえた。載荷板と土槽側壁間の摩擦低減のためにメンブレンゴムとシリコンオイルを併用した。土圧計は直径6mm、測定範囲 2.0kgf/cm^2 と 5.0kgf/cm^2 を用い、アルミニウム取り付け部材（縦2.0cm横2.0cm厚さ1.5cm）に埋め込んだ状態で、水平載荷板裏面と土槽内壁には石膏で固定した。なお、土圧計は事前に遠心砂地盤鉛直応力で再校正を済ませ補正值を求めている¹⁾。

測定項目は、土圧のほか、ジャッキの荷重と変位をロードセルと変位計で、さらに水平載荷板の変位をレーザー変位計で計測した。実験の手順は次の通りである。（1）水平載荷板を水平ジャッキで固定した状態で、遠心加速度を約30Gまで増加させる。（2）遠心加速度を約30Gに保った状態で水平方向に載荷を行う。載荷速度は 2.0mm/min である。

3. 実験結果と考察

(1) 遠心過程の水平応力

図-2は遠心加速度を約30Gにした時の水平応力の深度分布である。図には砂地盤の密度から計算した鉛直応力を示した。実測値は土槽内の平面位置によらず深度方向に増加傾向を示し、同じ深度でのばらつきは小さい。（水平応力実測）/（鉛直応力）の値が、既往の遠心実験値、室内実験値¹⁾に近い0.35前後であることや、可動壁の変位が微小であること（図-3）からも土槽内地盤の K_0 状態を仮定しても良いと思われる。

(2) 水平載荷過程の水平応力と変位

図-4は遠心加速度を約30Gに保ちながら水平載荷した時の、載荷板の変位とロードセルの荷重との関係である。水平載荷板は変位計A,Bの位置で約10mm変位しているが、下端での変位はほぼゼロ、そして載荷板左右の差がほとんどないことから、幅50cmの載荷板を平面ひずみ状態で回転させることができたと考えられる。

図-5は遠心加速度を約30Gに保ちながら水平載荷した時（ジャッキ荷重約2t、水平変位約10mm）の、水平応力増分の測定結果である。土中の水平応力増分は土

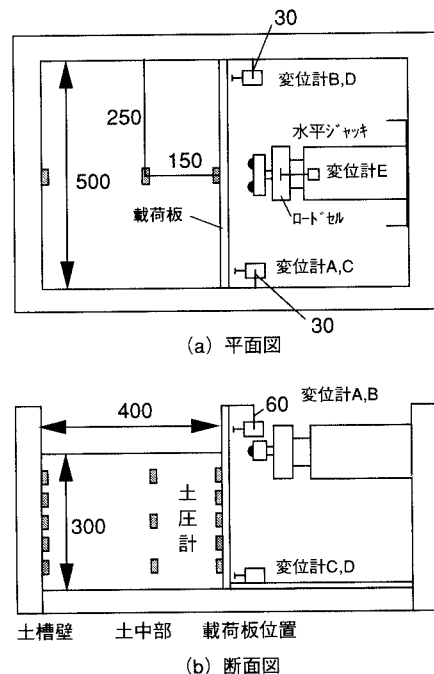


図-1 土槽および計器の配置（数値単位mm）

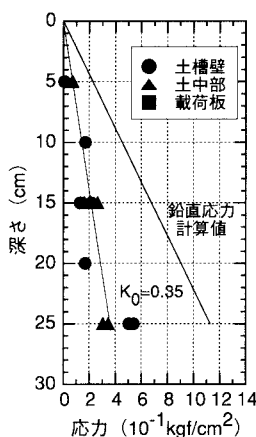


図-2 水平応力の深度分布

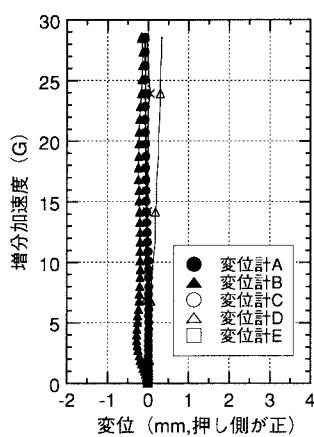


図-3 遠心加速時の載荷板の変位

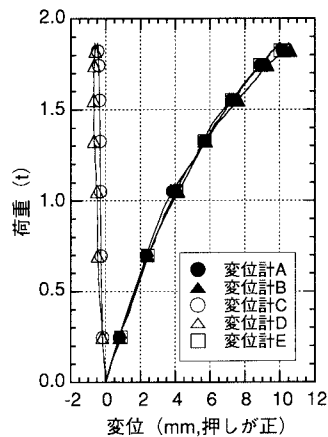


図-4 載荷重と載荷板変位の関係

槽位置によりそれぞれ特徴的な分布形状を示すことがわかる。載荷板位置(c)では回転により変位の大きい上部が大きな値を示し、深度方向に直線的に減少している。分布平均から計算した載荷板に作用する荷重は約1.6tとなり、ジャッキ荷重と比較して各応力値が妥当なものであることがわかる。土槽壁面位置(a)でも同様に上部が大きな値を示しているが、深度方向の減少傾向が小さい。一方、土中部分(b)では深さ15cm付近に集中する分布となっている。

図-5には弾性FEM解析して得られた水平応力も示した。解析では相似則を合わせて長さ12m深さ9mの砂地盤を想定した。そして載荷板位置での実測変位量とジャッキ荷重に合わせた弾性係数Eを設定し、強制変位を与えた。載荷板と土槽壁面での深度方向への減少傾向は実測値と良い一致を示している。土槽壁面

では側壁でのフリクションの影響と見られる勾配の減少が見られるものの、おおよそ実験により表現できている。一方、土中部では深度分布の形状が他2者とは異なる。原因として、実測では載荷板の回転により土中応力方向が変化したことで、固定されていない土圧計部材が移動したこと、砂と土圧計の剛性の違いによる応力集中の影響などが考えられる。

4. 結論

水平載荷装置を搭載した模型土槽中の水平応力測定について次の点が判明した。

- (1) 砂地盤中の土中応力はほぼ K_0 状態と見なすことができ、原地盤を対象にした物理量について遠心模型を用いて議論できることを確認した。
- (2) 水平載荷時の載荷板位置、土中部、土槽壁面における水平応力の増分形状はそれぞれ異なった。
- (3) 土槽壁面と載荷板位置では実測値と解析値とはほぼ一致した。

参考文献1) 桂, 内山: 砂地盤中の水平応力(遠心力場での応力値校正), 第30回土質工学会研究発表会, 1995

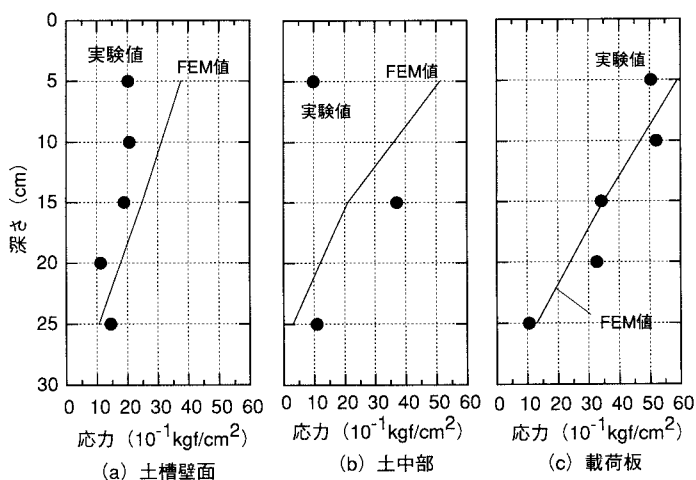


図5 水平載荷時の水平応力分布