

大林組技術研究所 正員 ○ 小 出 忠 男
正員 後 藤 洋 三

1. は じ め に

地下タンク等の大規模な地中、地下構造物に作用する地震時の土圧については未解明な点が多い。また、地下壁面に作用する地震時土圧の測定方法は加速度等の測定方法にくらべると未確立な状態であり、動土圧計そのものの信頼性も十分に確かめられていない。そこで、著者等は計器そのものの性能をまず検討することとし、3種の異なった形式の動土圧計を購入あるいは試作して、振動台と大型動的三軸装置を用いる方法によって、作用動土圧に対する各土圧計の出力を測定、比較した。

2. 使 用 し た 動 土 圧 計

3種の動土圧計は最小分解能の向上と加速度作用時のみかけの土圧出力の低下に努めたもので、①2次ダイヤフラム方式(D₁)、②ロードセル方式(D₂)、③1次ダイヤフラム方式(D₃)である。仕様は受圧板直径15cm、最大容量15kg/cm²である。土圧計の変形係数を測定した結果を表-1に示す。D₁の土圧計については正確な実測が困難なため理論値との巾で示している。

表-1 土圧計の変形係数及び加速度感度

土圧計	D ₁	D ₂	D ₃
変形係数 $E_g = P_0 / \delta / H$ (kg/cm ² /mm)	1.78×10^5 6.7×10^3	9.8×10^4	2.3×10^3
加速度感度 (g/cm ² /G)	2.4	1.5	9.8

3. 試 験 方 法

(1) 振動台を用いた試験 図-1の円筒型水槽を用い、土槽底面に受圧面を上に取り付けて上下加振した。試験は①加速度感度の測定(受圧面をフリーにした状態で加振) ②最小分解能ならびに動的較正值の測定(土槽内にベントナイトセメント液を投入して加振、液が剛性振動を行なうと見なして液の慣性によって受圧面上に作用する圧力を算出) ③地盤材料を用いた試験(上述の液に代り地盤材料を投入して上下加振し、地盤材料の慣性によって受圧面に発生する土圧を測定した。地盤材料には乾燥砂とベントナイトセメントの2種を用いた。乾燥砂の場合には土槽上面に気密の蓋を設置し、空気圧によって砂層表面を加圧、拘束圧を変化させることによって砂層の動弾性係数E_{sd}を700~3300kg/cm²に変化させた。ベントナイトセメントの場合にはその剛性が経時変化することを利用してE_{sd}を368~3430kg/cm²に変化させた試験を行なった。) 各試験の加振振動数は2.5Hz、加速度は5~200galに変化させた。

(2) 大型動的三軸装置を用いた試験 図-2に装置の概念図を示す。砂柱を支持する底盤の表面に土圧計と圧力分布を調べるための面圧計を設置した。本装置によって(1)の振動台試験より高い拘束圧と大きな動土圧の領域で試験を行なうことができる。乾燥砂は(1)の試験と同一のものをを用い、拘束圧を1~3kg/cm²に変化させ、E_{sd}を1200~3450kg/cm²に変化させ、加振振動数2Hzで試験した。試験は土圧分布調査と土圧計の性能調査の2段階に分けて行なった。前者は底盤面に作用する動土圧分布を確認

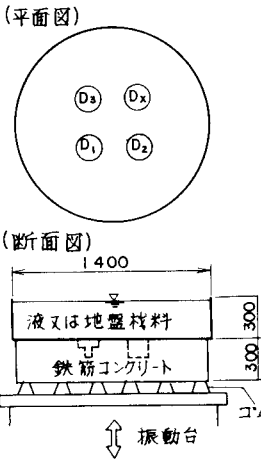


図-1 円筒型水槽

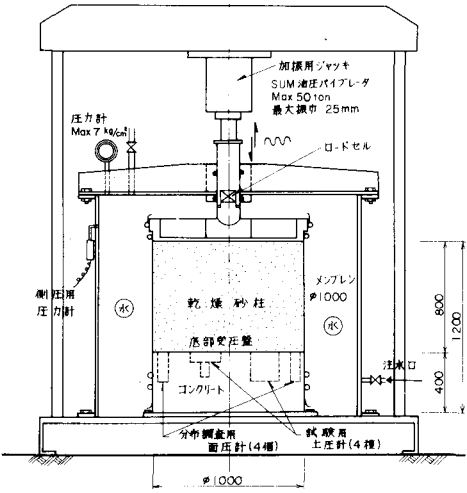


図-2 大型動的三軸試験装置(概念図)

するための試験で、図-3の右下に示す要領で13個の面圧計を底盤に配置した、後者は底盤の中心と周辺部に面圧計を配置し、中間部に土圧計を配置した。土圧計の受圧面上に作用している動土圧は、面圧計出力及びロードセルと水圧計から求められる動的載荷力、土圧分布調査で得られた動土圧分布を勘案して決定した。

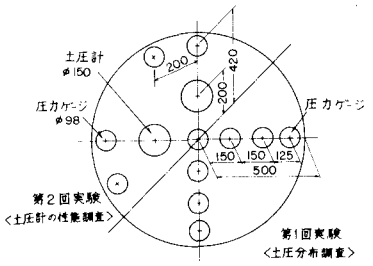


図-3 底部受圧盤面（平面図）

4. 試験結果

①加速度感度は表-1のごとく、 D_1 が比較的大きな値を示したが検出部の部品の慣性力の影響によるものと思われる。②動的最小分解能は各計器の目標値とした 1 g/cm^2 を満足していた。③地盤材料を用いた試験結果から土圧計の誤差と動弾性係数(E_{sd})との関係をプロットしたものが図-4である。振動台試験の結果については $0.5\sim 10\text{ g/cm}^2$ 、大型動的三軸試験の結果については $100\sim 500\text{ g/cm}^2$ の動土圧が作用した場合の誤差の平均値である。図中の理論曲線はTsitovitch等の理論誤差式に従い、各土圧計について地盤の E_{sd} と誤差の関係を求めたものである。土圧計の変形係数 E_g には表-1の値を用い、土圧計周囲のコンクリートの弾性定数 E_p は $2.1\times 10^5\text{ kg/cm}^2$ とした。 D_1 については、 E_g の考えられる最大と最小の値で計算した曲線を示している。受圧板の比較的タワミ易い D_3 の場合は E_{sd} が増加するほど誤差が増す傾向が明らかに現われており、理論値との対応も良い。 D_1 と D_2 については振動台試験の砂の場合に誤差が大きくなっているが、他の試験の場合の誤差が小さいことからみて、計器特性による誤差ではなく実験誤差による影響が大きかったと思われる。

理論値と実験結果の両者を考慮すると、誤差の少ない土圧計は D_2 、 D_1 、 D_3 の順になる。

5. 結論

- (1) 2次ダイヤフラム方式(D_1)とロードセル方式(D_2)の土圧計が優れた特性を示し、一般的な沖積地盤($V_s < 300\text{ m/sec}$, N 値 < 20 程度)の地盤の剛性であれば使用可能と思われる。
- (2) 動的最小分解能は各方式とも充分にあった。
- (3) 1次ダイヤフラム方式(D_3)の土圧計は受圧板の剛性が不足していた。今回の試験に用いた計器は 6 mm の鋼板を用いて特に剛性を高めたものであるが不充分であり、この方式は動土圧計に不適である。
- (4) D_1 の土圧計は加速度感度が大きい、検出器部分の設計を修正すれば改善は可能である。
- (5) Tsitovitch等の理論誤差式によって、壁面動土圧計の誤差を評価することが可能と思われる。

<参考文献> Tsitovitch, N.A. and Baranov, D.S.

: On the Accuracy of the Method for Direct Pressure Measurements in Soils, Proc. of the 5 the Jnt. Conf. on SMFE Vol. III. pp337~338, 1961

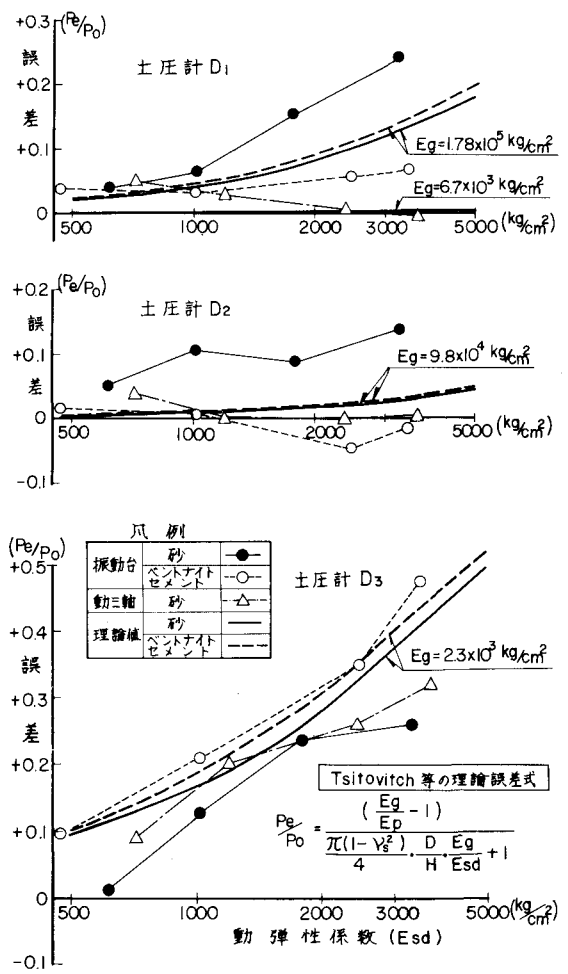


図-4 動弾性係数と誤差