

Ⅲ-487

超音波土圧測定法の開発

竹中技術研究所，正，○鈴木 吉夫，鈴木 善雄
東京農工大学，西脇 信彦，堀 三計

1. まえがき 地震時に構造物の基礎部分に加わる土砂の圧力挙動の解明は重要な事である。従来，モデル構造物などを使用した模型実験でその解明が行われているが¹，その際に使用されるダイヤフラム式土圧計ではダイヤフラム自身が振動の影響を受けるために加振時の土圧を正確に測定することが難しいのが現状である。そこで，本研究では超音波を利用して振動の影響を受ける事無く加振時の土圧を測定する方法について検討を行った。

2. 測定原理 表面粗さを有する金属や樹脂などの固体表面同士が接触した場合には，図1に示すように固体同士が接触する真実接触部分と表面粗さにより生じる空隙部分が存在する²。そのような接触面に超音波を投射すると，真実接触部では超音波は透過し，空隙部分ではほぼ100%が反射するので，超音波の反射量は超音波の投射面内において真の接触部分（真実接触面積）の面積割合によって決まる。見かけの接触面積に対する真実接触面積の割合は接触面圧により変化するので，超音波を投射した面での接触面圧をその反射量から測定することができる。

3. 実験装置及び方法 超音波を用いた土砂圧測定方法を確立するため，図2に概略を示すような実験装置を用いた。その装置の材料としては，構造物のモデル実験で用いられるアクリル樹脂を使用した。シリンダの内径は16mmとし，そのシリンダの底面（厚さ5mm）にアクリル箔（厚さ0.5mm）を，またその側面にはポリウレタン箔（厚さ0.3mm）をはり付け，その上から防水のためにラテックスゴムシートを被せた。圧力を測定するための超音波はシリンダの外側から投射した。シリンダ内表面と箔との接触面で反射してくる超音波の振幅とその接触面圧の関係は，シリンダ内へ水を入れて静水圧を加え（0～0.25MPa）て求めた。その関係を用いて超音波の反射波振幅からシリンダ内面へ負荷される圧力を求めた。なお，アクリル製母材と箔材の表面粗さは $Ra0.3\mu m$ である。底面の圧力測定には焦点径約0.4mmの焦点型の超音波送受信子を使用して底面での圧力分布を測定した。また，シリンダ壁面には振動子径が約3.2mmの超音波送受信子を取り付け，土砂の厚さ方向に5mm毎に圧力分布を測定した。超音波送受信子の周波数はいずれも2.0MHzである。さらに加振器でシリンダ全体を軸方向に加振し，一般に使用されるダイヤフラム式土圧計と超音波を用いた本測定方法について振動による影響に付いても調べた。なお，本研究で使用した土砂は豊浦標準砂である。

3. 実験結果および考察 水で直接的に箔を加圧した時のシリンダ底面の反射波高比と圧力の関係を図3に示す。ここで同図縦軸の反射波高比とは，無負荷時の母材と箔材との境界面からの超音波の反射波の振幅 h_0 と負荷時の反射波の振幅 h とから求まる $(1-h/h_0)$ の値である。従って同図に示されるように，圧力が高くなり母材と箔材との境界面で真実接触面積が増加すると，その境界面での超音波の透過量が大きくなり，反射波高比の値が大きくなる。また，半径方向の反射波高比はほぼ均一となる結果が得られたので，反射波高比を測定すれば箔材を介して母材に作用する圧力を測定できることが明らかである。

そこで，実際に土砂をシリンダ内に充填し，その底面の半径方向の反射波高比を求め図3の結果より圧力分布へ変換した結果を図4と図5に示す。図4は土砂の

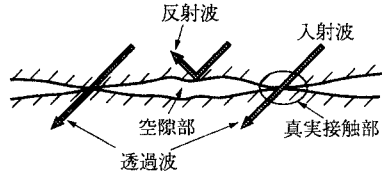


図1 測定原理

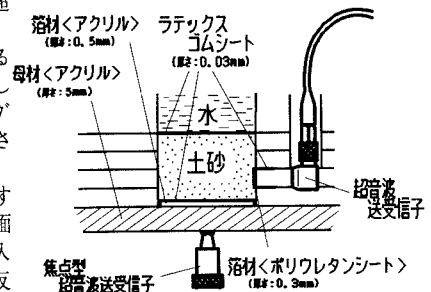


図2 実験装置概略

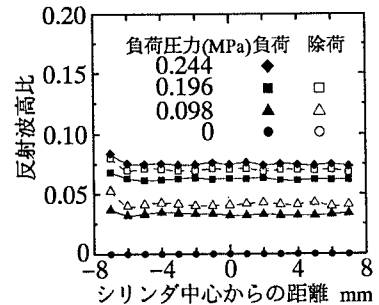


図3 圧力と反射波高比の関係

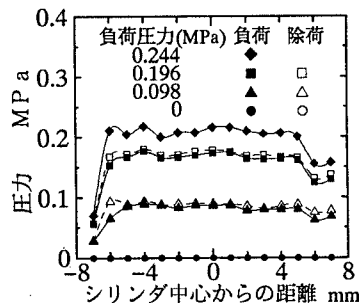


図4 シリンダ底面の土圧分布（厚さ5mm）

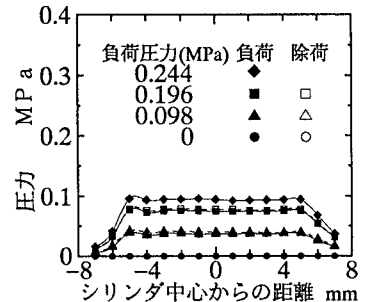


図5 シリンダ底面の土圧分布（厚さ20mm）

厚さが5mm, 図5は20mmの場合の結果である。母材に作用する圧力は、土砂の厚さが厚くなるとシリング側面での摩擦力の影響で小さくなる結果が得られた。従って、シリング中央付近はほぼ一様な圧力分布を示しているが、シリング壁面付近では圧力が小さくなり、この圧力が小さくなる範囲は、土砂の厚さが厚くなると広がることが分かった。すなわち、これはシリング壁面と土砂との摩擦や土砂内部の摩擦によるものである。シリング壁面の圧力測定結果を図6に示す。横軸は土砂上面からの距離、縦軸はシリング壁面に作用する圧力である。同図に示されるように、底面に近づくときシリング側面に作用する圧力が小さくなり、土砂上面からの距離が同じ位置では土砂の厚さによらず圧力がほぼ等しくなる挙動が測定できた。

次にダイヤフラム式土圧計と超音波による本測定方法について振動が及ぼす影響を調べた。結果を図7に示す。周波数10Hz, 加速度±1Gの振動が無負荷時に測定面に垂直方向に作用した場合である。同図に示されるように、ダイヤフラム式土圧計では圧力が±100Paで変動しているのに対して、超音波による測定方法では振動の影響を全く受けないことが明らかとなった。すなわち、ダイヤフラム式では、モデル構造物の剛性と異なりダイヤフラム自身が振動の影響で変形するため、正確な土圧挙動が測定できないことを意味している。なお、ダイヤフラム式土圧計では、測定面積が大きく詳細な土圧分布が測定出来無いという欠点もある。なお、本測定方法を用いれば詳細な圧力分布が測定できるので、土砂の代わりに直径2mmの鋼球を充填して底面の圧力状態を測定した。その結果図8に示すように鋼球が底面に接触する状態を得られることが明らかとなった。すなわち粒子の大きな砂を用いればその圧力状態をより詳細に測定できることが明らかとなった。

次に、周波数100Hzでシリング底面と垂直方向に加振したときの、シリング底面と側面の圧力分布を図9と図10に示す。これらの図に示されるように、加速度が増すとシリング底面に作用する圧力は全体的に大きくなる傾向があり、シリング側面に作用する圧力は小さくなることが分かった。

4. まとめ 超音波を用いて土砂の圧力を測定する方法について実験的研究を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 構造物の壁面をモデル化したアクリル製母材表面にアクリル製の箔材を付け、その境界面に超音波を投射し、反射波の振幅を測定することにより、土砂が箔材を介して母材に加える圧力を測定できる。
- 2) ダイヤフラム式土圧計と超音波を用いた本測定方法及び振動の影響を調べた結果、超音波を用いた本測定方法では振動による影響を受けないことが明らかになった。従って、地震時の挙動を模型実験で調べるときに動的条件下での圧力測定においてはダイヤフラム式土圧計よりも超音波を用いた測定方法の方が適していると思われる。
- 3) ダイヤフラム式に比べ詳細な圧力分布を測定することができた。
- 4) 加振時にシリング底面や側面に作用する圧力を超音波による方法で測定した結果、加速度が増すとシリング底面に作用する圧力は大きくなり、シリング側面に作用する圧力は小さくなる結果が得られた。

(参考文献)

- 1) 鈴木、他4名, DMM壁状改良地盤の外力に関する遠心力模型実験, 第44回土木学会講演概要集, 1989
- 2) F.P.Borden and D.Tabor, 固体の摩擦と潤滑 (菅田範宗訳), 丸善
- 3) 岡, 高見, 粉体内の圧力分布の理論, 材料, 19, 199, 1970, 29

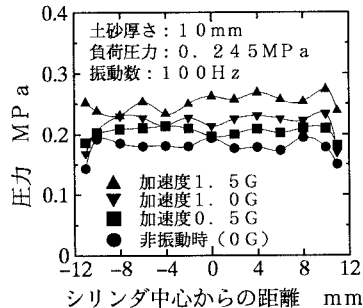


図9 加振時のシリング底面の圧力分布

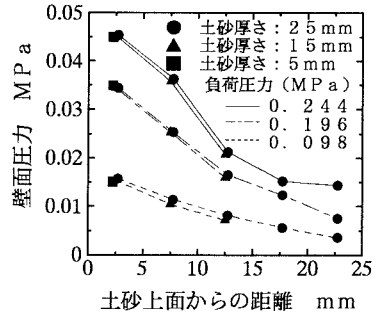


図6 シリング側面の土圧分布

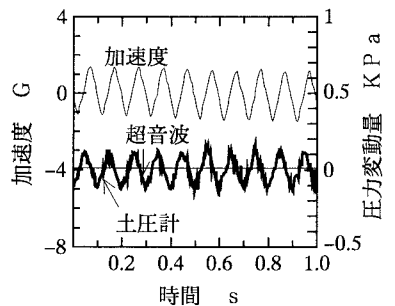


図7 加振時の圧力計の出力挙動

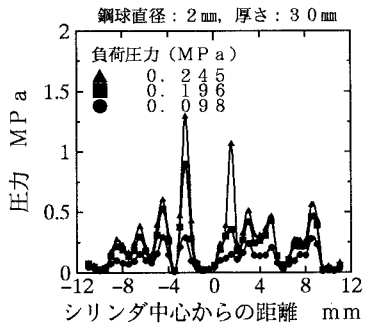


図8 鋼球充填時の圧力分布

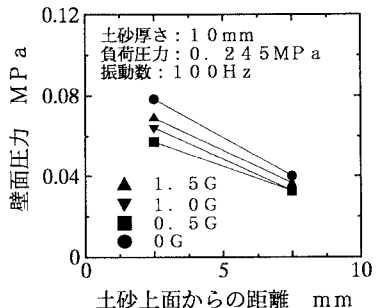


図10 加振時のシリング側面の圧力分布