

京都大学農学部 ○佐々恭二
京都大学農学部 阪田大蔵
京都府大農学部 日置象一郎

1. 実験目的

A) 弾性波速度測定は、物理探査の一つとして、フィールドにおいて、天然資源の探査および地下構造の推定に用いられてきた。飯田¹⁾は、土や岩を、円筒状サンプルに成形し、これに振動を与え、共振周波数を測定することにより、サンプルの弾性波速度、弾性定数を測定し、弾性波測定のサンプルテストへの道をひらいた(1938年)。Hardin, Richart²⁾は、三軸セル内において、円筒状サンプルの共振法による弾性波速度測定を行ない、土質試験としての、弾性波速度測定法を確立した(1963)。筆者の目的の一つは、現地調査、サンプルテストとならんで、崩壊、地すべり研究などに有効であり、これまでも数多く用いられて来ている、モデル地盤、モデル斜面を用いた研究に対する弾性波速度測定の適用を試みることである。

B) 斜面崩壊等の研究にとって、地下水面上昇の土性変化を知ることが重要であるが、これをサンプル試験(三軸、直接せん断試験)や、現地調査によって調べることは困難であることから、モデル地盤において、筆者が製作した、貫通型トルクコンバーターと定比デミバーン試験機を用いて、剛性率変化を求めた。³⁾⁴⁾(バーンによる土層の変形のおよぶ長さを測定してヒズミを決定した。)そしてこの結果を用いて、透水層中の地下水面上におけるすべりも、不透水層上面におけるすべりも同一の崩壊機構で説明できることを明らかにし、また地下水面上、すべり面とする崩壊にとってパイピングによる砂粒子の脱落は必要不可欠のものではなく、一つの誘因であることを示した。^{5),6)}

今回の実験の目的の一つは、上記の崩壊機構の基礎の一つになっているバーン試験機による剛性率測定結果を弾性波速度測定の間から追証することであり、一つは非破壊試験の特性を生かした、モデル実験における土のせん断特性経時変化の測定への適用の可否の検討を行なうことである。

2. 実験結果

実験はA)B)2シリーズに分れる。

A) 160×150×60cmの砂(豊浦砂)層を形成し、装置底面の水タンクより水を供給し、地下水面上昇させつつ、各段階で弾性波速度を測定した。受振器は、0, 10, 20, 40cmの深さに3個(起振板のすぐ横にshot mark用一個、

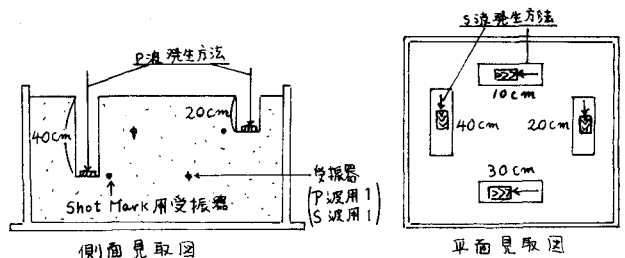


図1 実験装置

水平方向に30cm 離した所に、P、S波用各一側)を設置し、図1のごとく、各深さに設置した。起振板をP波は上から、S波は垂直荷重をかけつつ横からたいて起振した。

その結果のうち、給水0のときの土中深さと弾性定数の関係が図2であり、剛性率、ヤング率共に土被り圧と直線関係にある。この結果は3,4)で述べたバーン試験機による剛性率測定結果図3と一致する。また深さ20cm(底から40cm)の所の水面上昇にともなう弾性定数変化は図4で示され、水面が受振・起振点までくると弾性定数は共に低下する。これは剛性率が normal stress σ , hydro-normal stress σ' と直線関係にあること ($G = 8(\sigma + \sigma')$) σ' は不飽和の状態では砂粒子表面に付いた吸着水毛管水の表面張力による凝集力、飽和の状態では $\sigma' = -u$ (間ガキ水圧))

及び、飽和することにより、 σ' が減少することを示しており、バーン試験機での結果図5と対応している。地下水面が存在している場合の土中深さと弾性定数関係を図6に示す。水面下および比較的含水率変化の少ない砂層上部では、 σ' と共に弾性定数が上昇し、水面近辺の含水率増大の大きい所、従って σ' の減少の激しい所では、弾性定数が低下している。これは、図7のバーン試験による剛性率測定結果を他の方法で追認したもので、いえる。

A)の実験は通常の弾性波探査測定機と電磁オシロを用い、紙送り速度を1.5m/sec前後で行ない、立上がり間隔を、コンパレータあるいはスケールループで読み取ったので、受振器

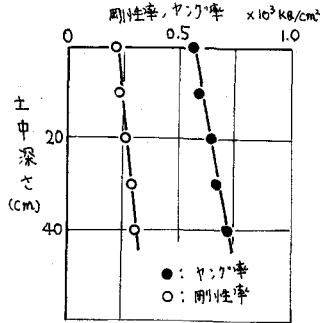


図2 弾性定数と土中深さの関係
乾燥密度 1.41 g/cm³

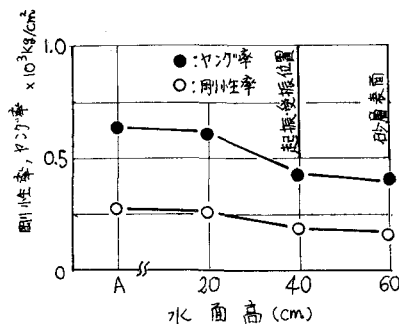


図4 弾性定数と水面高の関係
乾燥密度 1.41 g/cm³

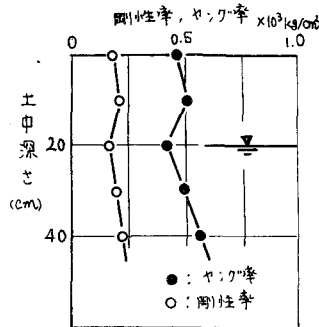


図6 弾性定数と土中深さの関係
乾燥密度 1.41 g/cm³

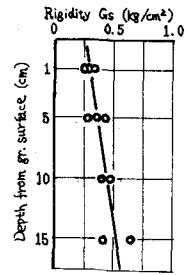


図3 標準剛性率 G_s と土中深さの関係
地下水面なし
乾燥密度 1.47 g/cm³

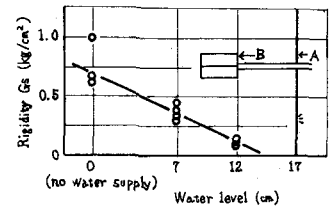


図5 標準剛性率 G_s と地下水位の関係
A: 砂層表面
B: バーンの羽根の位置
乾燥密度 1.47 g/cm³

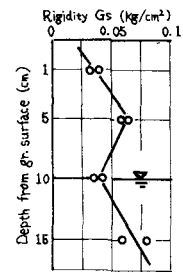


図7 標準剛性率 G_s と土中深さの関係
地下水面
乾燥密度 1.47 g/cm³

間隔を30cm以内に近づけることができず、それ故受振一起振の深度間隔も、弾性波伝達経路の問題から、10cm以内にはできなかつた。この点の改良を試みたのがB)の実験であり、2CHシンクロスコープを用い、受振器間隔を12cm、掃引速度を50m/secにして記録をとり、十分な余裕をもって計測を行なうことができた。

B)の実験は、まずシンクロスコープを用いた測定法の検討と、垂直応力の影響を調べることに重点をおき、小さな45×45×40cmの砂層で実験を行なった。(詳細は7)を参照)その結果の一部を図8、図9に示す。図8は垂直応力と弾性定数の関係であり、直線関係にあることが再び確認された。なお図9は水面の影響を調べたものであり、水面上昇と共に、弾性定数の低下がみられ、図4、図5と同様の結果を示している。

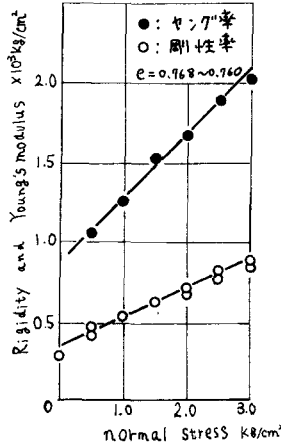


図8 弾性定数と垂直応力の関係
乾燥密度 1.49~1.50 g/cm³

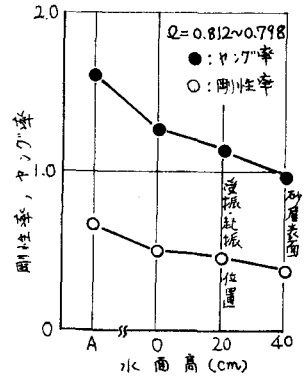


図9 弾性定数と水面高の関係
乾燥密度 1.46~1.47 g/cm³

以上A)B)の実験結果より、弾性波速度測定モデル地盤への適用の有効性と、土の非破壊セン断特性調査法としての有効性を確認することができ、またバーン試験で行なった土被り圧、地下水高変化にともなう剛性率変化を弾性波測定の間からも確認することができた。最後に研究の遂行にあたって、協力していただいた、京府大の大手先生、松村和樹、村上芳喜、田中利典氏に感謝致します。

引用文献

- 1) K. Iida: The Velocity of Elastic Waves in Sand, Bull Earthquake Research Inst., Vol 16, 1938.
- 2) Hardin, B.O and F.E. Richard: Elastic Wave Velocities in Granular Soils, Proc, ASCE, SMI, 1963.
- 3) 佐々恭二: 斜面安定解析-I -主として標準砂使用室内実験に基づいて-, 新砂防, No.85, 1972.
- 4) K. Sassa, A. Takei: Fundamental Research for the Analysis of Slope Stability, Memoirs of the College of Agriculture Kyoto Univ, No108, 1976.
- 5) 佐々恭二: 斜面安定解析-II -主として標準砂使用室内実験に基づいて-, 新砂防, No.90, 1974.
- 6) K. Sassa, A. Takei: An Analysis of Slope Stability, Memoirs of the College of Agriculture Kyoto Univ, No108, 1976.
- 7) 佐々恭二, 坂田大蔵: 弾性波速度測定による $G_s = g_s(\sigma + \sigma')$ 関係について, 第11回土質工学研究発表会, 1976.