

III-353 硬さ測定触覚センサーの土質工学に適用するための基本的検討について

日本大学工学部 正会員 古河 幸雄
 同 上 正会員 藤田 龍之
 同 上 尾 股 定夫

1、まえがき

本装置は、筆者らの一人が硬さ・軟らかさを測定するために、圧電セラミック振動子をセンサー部に用いた新しいタイプの硬さ測定触覚センサーを開発したもので、これまでに各方面への応用について検討がなされている^{1), 2), 3), 4)}。ここでは、本装置が土の硬さあるいは軟らかさを測定することが可能であるという結果から⁵⁾、硬さ測定触覚センサーを使用する上で解決すべき基礎的な事項について検討を行うものである。

2、触覚センサーの基本原理解

図-1は、硬さ測定触覚センサーシステムの概略図である。この基本原理は、センサー部分の固有振動数が音響負荷の有無によって変化することを利用したものである。図-2は、センサープローブ部分の概略図であり、測定時に供試体へセンサーを押付ける接触圧力はばねによって一定荷重になるよう調整することができる。今回試作したセンサープローブの圧電セラミックPZTはジルコンサンチタン鉛で、共振周波数は60kHzである。

3、試料および測定方法

硬さ測定触覚センサーで物質の硬さを測定するには、センサープローブを試料に押し当てる接触圧力、供試体の厚さ、測定位置、測定時間などの基本的な条件を設定しなければならない。これらを検討するため、木節粘土、ベントナイトの2種類を用いた。供試体は、10cmの塩化ビニール特製モールドを用いてプロクターのエネルギーで含水比を変化させながら締め固め、それぞれの試験項目に合わせて成形して用いている。

Δf の測定は1測定値につき20回の測定を目標とし、接触圧力の検討では1供試体4箇所5供試体、供試体の厚さの検討では、1供試体3箇所7供試体、供試体端面からの測定位置の検討では1供試体25箇所5供試体の測定を行い、それぞれ平均したものを測定値とした。

4、試験結果および考察

図-3は、木節粘土にセンサープローブを8秒間押し当て、含水比をパラメータとして測定時間の経過にともなう周波数の変化量 Δf を示したものである。 Δf の正側は大きくなるほど硬くなる方向を表し、負側は小さくなるほど軟らかくなる方向を示す。 Δf は測定開始直後から含水比の大きさに応じて急激な増加あるいは低下した後、測定時間の経過とともに若干の低下または増加傾向を示すものもあるが、2~3秒以降になるとその傾向も小さくなり一定の値になる傾向を示す。

図-4は、木節粘土について、含水比をパラメータとして接触圧力を3~50gまで変化させたときの Δf を示したもので、本センサープローブによる硬さ測定では、 Δf の接触圧力に対する依存性が認められる。いずれの含水比の場合も接触圧力が10~20gの間で折れ曲がって、この折れ曲がる点の前後の勾配は、接触圧力が10g以下の方が20g以上より大きい。両者とも含水比が大きくなるにつれて急になっている。これらの関係から接触圧力をパラメータとして Δf と含水比の関係を示したのが図-5である。含水比の増加につれて Δf は

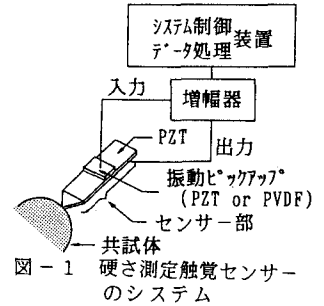


図-1 硬さ測定触覚センサーのシステム

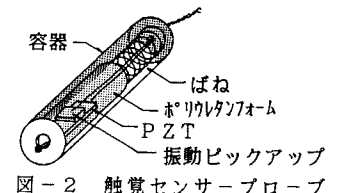


図-2 触覚センサープローブ

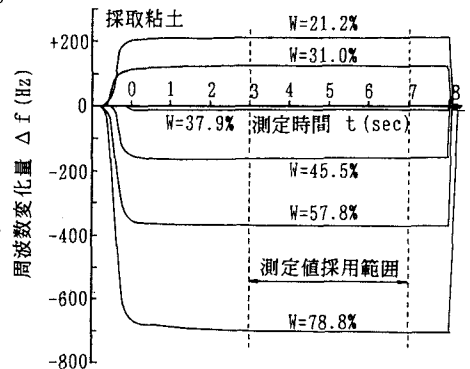


図-3 硬さ測定触覚センサーによる測定

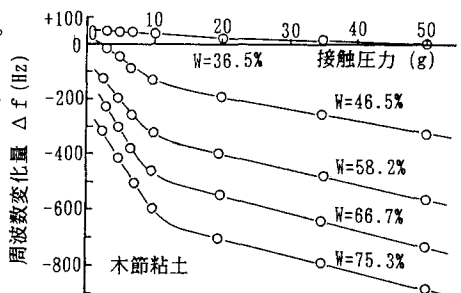


図-4 接触圧力と周波数変化量の関係

直線的に小さく
なっていくが、
含水比の全範囲
にわたって直線
関係を示すのは
接触圧力が7gと
10gのときである。
これ以外の接触
圧力では、含水
比が46.5%以下の
範囲で、含水比

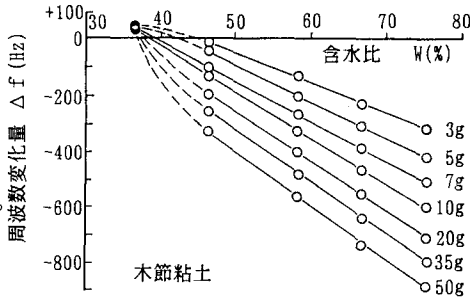


図-5 含水比と周波数変化量の関係

が小さい方に向かって3g, 7gは鈍化傾向を、20g以上の場合増加傾向にある。したがって、これらの図から物質の硬さ・軟らかさを測定する際の圧力は7gあるいは10gが適当であることが明らかであり、本研究では数値の区切りのよい10gを採用する。

図-6は供試体の厚さを変化させた場合の Δf である。木節粘土は円筒容器に入れた場合、ベントナイトは容器から出して自立した場合である。 Δf は試料の種類や側面拘束の有無、含水比の違いなどに関わらず供試体が厚くなるにつれて軟らかく(Δf が小さく)検知するが、ある厚さ以上になると Δf は一定値になり、供試体の厚さに影響を受けないことがわかる。 Δf が一定になる厚さは含水比や土の種類の違いによって多少異なるが、 Δf が200~300Hz付近にある含水比の供試体が大きく、それ以外では Δf に及ぼす厚さの影響が小さくなっている。したがって、供試体の厚さは30mm以上であれば問題はないものと考えられる。

図-7は供試体の厚さ4cmとして、図-6の時と同様に木節粘土は円筒容器に入れた場合、ベントナイトは容器から出して自立させた場合の Δf を調べたものである。供試体の厚さについて検討したものと類似した傾向を示し、 Δf は試料の種類や側面拘束の有無、含水比の違いなどに関わらず供試体の端面から中央に近くなるにしたがって軟らかく検知するが、ある距離以上になると Δf は一定値になり、端面条件に影響を受けないことがわかる。端面から1.5cm以上内側であれば Δf に及ぼす影響がほとんどないものと云える。

5. 結論

本研究は硬さ測定触覚センサーを用い、土の硬さ挙動を調べるための供試体作製条件について検討したものである。その結果、センサープローブで測定される Δf は、測定時に付加する供試体への圧力によって変化するが、目的とする含水比範囲では7.5~10gが直線的傾向を示す。また、供試体の厚さや測定位置は、容器に入れるか、あるいは自立させる場合でも30mm以上の厚さ、側面からは15mm以上内側であれば、 Δf に影響を及ぼさないことが明らかになった。

- 《 参 考 文 献 》
- 1) S. Omata(1989): "Development of a New Type Tactile Sensor for Detecting Hardness", Technical Digest of The 8th Sensor Symposium (IEE Japan), pp.267~270
 - 2) S. Omata, others(1989): "New Type Tactile Sensor for Detecting the Hardness of Objects like the Human Hand", Tissue Engineering (ASME), pp.99~102
 - 3) 尾股定夫, 浅野(1990): 振動子による硬さ知覚用触覚センサの開発と生体への応用, 日本音響学会講演論文集, pp.541~542
 - 4) S. Omata(1990): "New Type Tactile Sensor for Sensing Hardness Like the Human Hand and its Applications for Living Tissue", Technical Digest of The 9th Sensor Symposium (IEE Japan)
 - 5) 古河幸雄・藤田・尾股(1992): 硬さ測定触覚センサーの液性限界・塑性限界への応用について, 新しい土の物理試験方法に関するシンポジウム(土質工学会), pp173~178

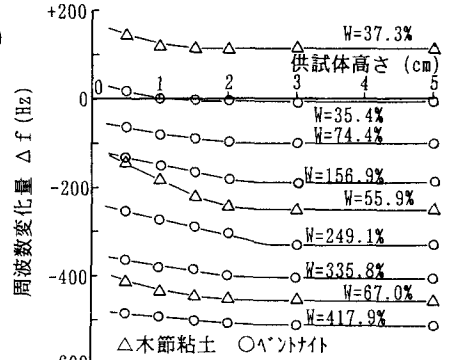


図-6 供試体高さとの周波数変化量の関係

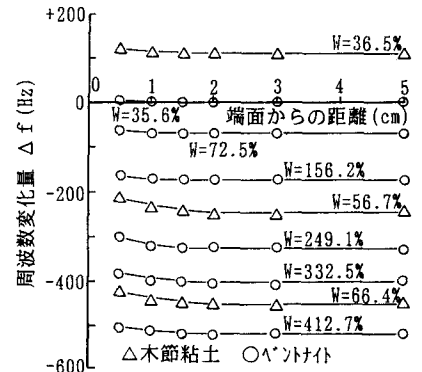


図-7 供試体端面からの距離と周波数変化量の関係