

III-227

江戸川層から採取したブロックサンプルのせん断波速度

清水建設（株）技術研究所 正会員 西尾伸也

同上 桂 豊

同上 森 誠二

1. はじめに 東京都内にある建築現場の掘削底面からブロックサンプルを採取し、ブロック状試料および三軸試験供試体のせん断波速度を圧電セラミック型ベンダーエレメントを用いて測定した。せん断波速度の測定方法を述べるとともに、測定結果からせん断波速度の異方性について考察する。

2. 試験方法

2-1 試料 東京礫層の下部に位置する江戸川層（洪積世）からブロックサンプル（300mm×300mm×300mm）を採取した。試料を採取した地盤の土質柱状図を図-1に示す。地盤掘削前、PS検層によって測定したせん断波速度は、試料を採取した深度において390m/secである。試料は細砂が主体であるが、砂質粘土や砂質シルトを不規則に含んでいる。その粒度分布を図-2に示す。採取したブロックをさらに8個の小ブロック（150mm×150mm×150mm）に分け、そこから三軸試験用供試体（高さ100mm、直径50mm）を鉛直方向に切り出した。

2-2 せん断波速度の測定 せん断波の発生および受振には圧電セラミック型ベンダーエレメント（12mm×12mm×0.5mm）を用いた。その動作の模式図を図-3に示す。圧電セラミックの電極に電圧を加えることにより分極が生じ、片持ち梁状に固定されている場合には図のように動作する。また、変位が与えられた場合には、変位量に比例した電荷を生じる。この方法はShirley and Hampton(1978)¹⁾によって土質材料に適用されたものであり、その後多くの実験に用いられている（例えば、Thomann and Hryciw(1981)²⁾）。このベンダーエレメントをアクリル板（30mm×40mm×20mm）および、三軸試験装置のトップキャップとベースキャップに取付け、ブロック状試料および三軸供試体のせん断波速度を測定した。図-4に測定されたせん断波の代表的な例を示す。ベンダーエレメントに与える電圧パルスは、振幅20V、パルス幅200～300μsec、繰り返し周波数100Hzとした。

直交異方（軸直交方向等方）弾性体では、せん断波の振動方向と伝播方向の相違により2つのせん断波速度が存在する³⁾。

すなわち、振動方向と伝播方向が水平な場合：

(V_{SHH}) と、振動方向あるいは伝播方向のいずれかが一方が鉛直な場合： (V_{SHV}) あるいは (V_{SVH}) である

（2つの添字は、それぞれ振動方向、伝播方向を示す）。実験では、せん断波速度の異方性を調べるため、ブロック状試料において水平振動および鉛直振動のせん断波を発生させ、それが水平方向および鉛直方向に伝播する時の速度を測定した。

3. 試験結果と考察

3-1 ブロック試料のせん断波速度 採取したブロック試料サンプルおよびそれから切り出した

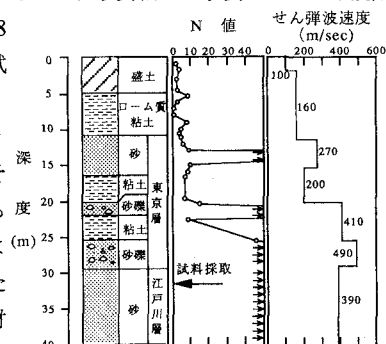


図-1 地盤の土質柱状図

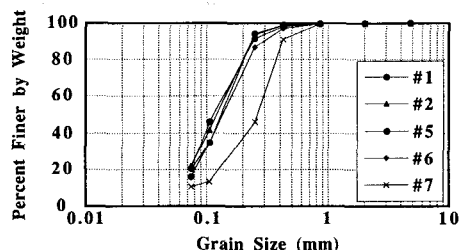
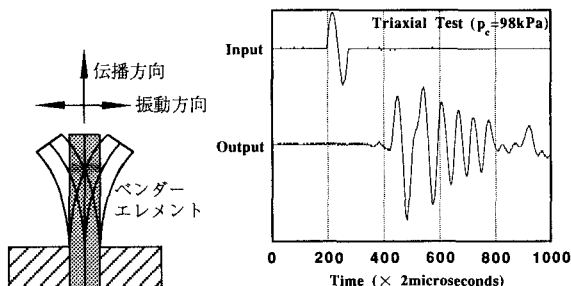


図-2 採取した試料の粒度分布



Typical Waveform by Bender Element

図-3 ベンダーエレメントの動作 図-4 せん断波の代表的測定例（三軸供試体）

8個の小ブロックのせん断波速度を図-5および図-6に示す。300mmのブロックの場合、試料中のばらつきを考慮して、測定を行う各面で左上部(UL)、右上部(UR)、左下部(LL)、右下部(LR)および中心(CT)にベンダーエレメントを取付けて測定を行っている。

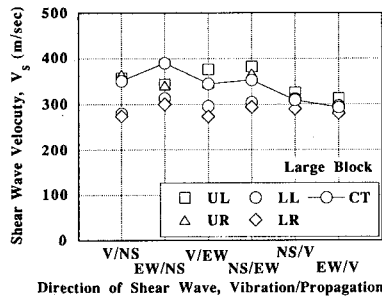


図5 ブロック試料のせん断波速度

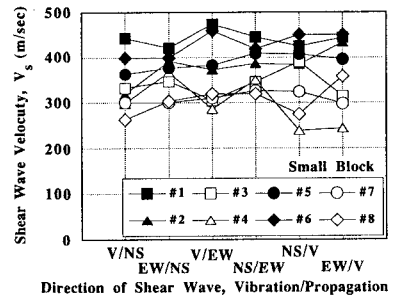


図6 小ブロック試料のせん断波速度

また、せん断波の振動方向と伝播方向は、鉛直:V、南北:NS、東西:EWで示している。振動方向と伝播方向が同じ場合でも、図-5ではベンダーエレメントの取付け位置、図-6ではブロックにより、せん断波速度が異なっている。図-6中の黒印は300mmブロックの上部から、白抜き印は下部から、それぞれ切り出した小ブロックであることを示している。下部のブロックのせん断波速度は上部の値に比べ大きく低下していること、300mmブロックで測定したせん断波速度は下部のブロックの値とほぼ同一であることがわかる。切り出し時、下部には多数の潜在クラックが確認され、これがせん断波速度を低下させている主要因であると考えられる。

300mm程度のブロックにおいても、潜在的に存在するクラックや試料中の土質のばらつきが無視できないことがわかる。水平振動/鉛直伝播あるいは鉛直振動/水平伝播のせん断波速度に対する水平振動/水平伝播のせん断波速度の比を求め比較したのが図-7である。ブロックによりその値は異なるが、#4以外のブロックでは顕著なせん断波速度の異方性はない。#4のブロックは300mmブロックの下部から切り出したものであり、潜在クラックの存在により異方性が生じたものと推察される。

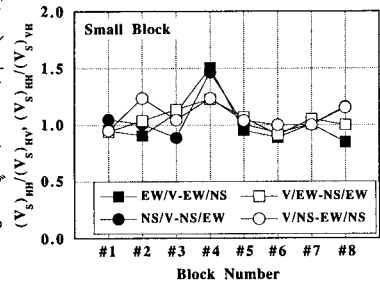


図7 小ブロック試料のせん断波速度の異方性

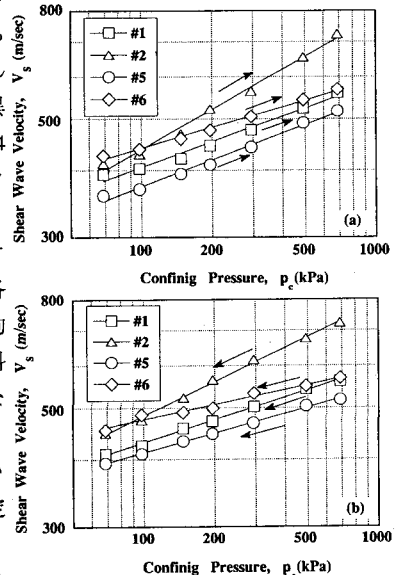
3-2 三軸供試体のせん断波速度 図-8は等方圧密試験中に測定したせん断波速度を示したものである。上述したようにせん断波速度の値は各ブロックにより異なっている。載荷中および除荷中のせん断波速度と拘束圧の関係は両対数紙上で直線で表わせる。ただし、直線の傾きは試料により異なり、載荷中では0.13~0.25、除荷中では0.09~0.21の範囲となり、除荷時の傾きは載荷時に比べ小さい。

4. おわりに ベンダーエレメントを用いたせん断波速度測定法について述べ、江戸川層から採取したブロックサンプルのせん断波速度の測定結果について考察を加え以下の結論を得た。

- (1) 300mm程度のブロックにおいても、潜在クラックや土質のばらつきのため場所によりせん断波速度が異なる。
- (2) せん断波速度の異方性の程度も場所に依存し、潜在クラックの多い部分で顕著な異方性を示す。
- (3) 等方圧密試験中のせん断波速度と拘束圧の関係は両対数紙上で直線で表わされ、その傾きは、載荷時:0.13~0.25、除荷時:0.09~0.21であった。

(参考文献)

- 1) Shirley, D.J. and Hampton, L.D., Shear-wave Measurement in Laboratory Sediments, Journal of Acoustical Society of America, Vol. 63, No. 2, pp. 607-613, 1978.
- 2) Thomann, T.G. and Hryciw, R.D., Laboratory Measurement of Small Strain Shear Modulus under K_0 Conditions, Geotechnical Testing Journal, Vol. 13, No. 2, pp. 97-105, 1990.
- 3) White, J.E., Underground Sound, Methods in Geochemistry and Geophysics 18, Elsevier, 1983.

図8 等方圧密試験中のせん断波速度
(a)載荷 (b)除荷