

### 土構造物における非破壊的健全度診断技術向上に関する基礎的研究

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○河野 真弓  
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 村上 陽平  
 広島大学大学院工学研究院 正会員 一井 康二

#### 1. 目的

水が関与することによって地盤は劣化し、地盤崩壊の危険性が高まる場合がある。そのため、盛土などの土構造物においては、地盤が健全であるかを定期的に確認し、必要な対処を講じておく必要がある。例えば、盛土の耐震性は、地盤内の含水比分布により変化することが知られている<sup>1)2)</sup>。さらに、擁壁においても、排水口の目詰まりは土圧の増加につながり、安定性の低下につながる。そこで、簡便な方法で地盤内の含水比分布の変化を推定することができれば、盛土の耐震性評価や、擁壁の存在する盛土での地盤の健全度診断等が容易に行える可能性がある。

本研究では、現在、低コスト、短時間で地盤調査手法として表面波探査が注目されていることを踏まえ、表面波探査により得られるせん断波速度に着目した。そして、せん断波速度の変化と地盤の性質の変化(含水比上昇)の関係について実験により検討した。さらに、せん断波速度の変化は、擁壁では固有振動数の変化として把握できることから、表面波探査より簡便な方法での土構造物の健全度診断技術の可能性も検討した。

#### 2. 含水比の増加による地盤のせん断波速度の変化

まず、土槽に間隙比・初期含水比を管理した供試体を作成する。図-1に示す土槽に、ベンダーエレメントを図-2に示す位置に設置し、降雨強度を一定とした雨を3ケース(6.6mm/hr,13.65mm/hr,25.13mm/hr)降らせ、時間経過ごとの地盤の含水比とせん断波速度を計測した。試料には豊浦砂を使用した。せん断波速度はベンダーエレメント試験により測定した。また、時間経過ごとの含水比の変化を、供試体を乱すことができないため、浸透解析ソフトHYDRUS<sup>3)</sup>により推定した。

図-3に含水比(HYDRUSによる推定値)とせん断波速度の関係を示す。含水比が増加するにつれせん断波速度は低下することがわかった。含水比とせん断波速度の関係は、Case-2とCase-3において、ほぼ同じ値を示している。しかし、Case-1は、他のケースとは異なり、含水比が増加してもせん断波速度が急激に落ちることなく緩やかに低下する結果となった。Case-1のみが他のケースとは違う挙動を見せた要因としては、図-4に示すように、降雨強度が弱い場合は供試体に加わる水が少量であるため、地盤内の水分分布が不均質になりやすいと考えられる。地盤内の水が少ない箇所では地盤は固いままであり、せん断波が固い部分を選択的に通ることで平均より大きなせん断波速度が計測されたと考えられる。



幅	42.46cm
奥行き	32.1cm
高さ	10.0cm

図-1 実験用土槽の概要

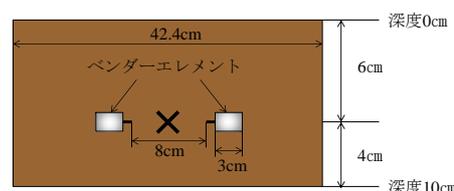


図-2 ベンダーエレメント設置位置

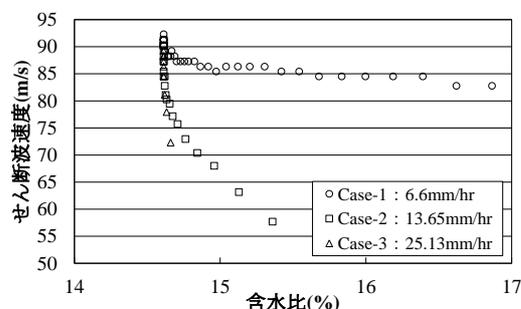


図-3 含水比(推定値)とせん断波速度の関係

キーワード 地盤の健全度診断, せん断波速度, 含水比, 擁壁の固有振動数

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 TEL:090-6401-3247

3. せん断波速度の変化による擁壁の固有振動数の変化

上述の実験結果から得られたせん断波速度と含水比の関係を用いて、実スケールの盛土擁壁をモデル化した動的FEM解析を実施した。本解析では、図-5に示す3ケースにおいて解析を行い、締固めが十分である初期状態から、含水比が上昇し、せん断波速度が低下した状態における擁壁の固有振動数の変化について検討した。本研究では、解析プログラムFLIP (Ver.7.1.3)<sup>4)</sup>を使用した。

図-6に解析対象断面の土層区分及び応答加速度の参照節点の位置を示す。ここでは、単純化のため、盛土・擁壁は全て線形弾性体と仮定した。擁壁の解析定数及び盛土の解析定数は、擁壁の設計事例集<sup>3)</sup>に記載されているもの、及び実験で使用したまさ土の物性値を用いた。表-1に各ケースにおける解析パラメータを示す。各ケースにおける盛土のせん断剛性およびヤング率は実験で得られたせん断波速度と含水比の関係から算出した。解析では、様々な周波数を均一に含むホワイトノイズを基盤に与え、擁壁の上端下端の応答加速度からそれぞれのフーリエスペクトルを求める。そして、上端と下端のフーリエスペクトルの比を伝達関数と定義し、そのピーク周波数を擁壁の固有振動数とした。

図-7に、固有振動数と含水比の関係を示す。降雨により含水比が上昇すると、擁壁の固有振動数は低下するという結果が得られた。固有振動数の変化量は10%と27%であり、常時微動計測による予測が可能なレベルである。よって、表面波探査よりも簡便に行える常時微動による固有振動数の計測によっても、健全度診断は可能であると思われる。

4. 結論

実験結果から、含水比の上昇によりせん断波速度が低下することがわかった。このことにより、表面波探査で地盤内の含水比上昇の分布を把握できる可能性が示せた。さらに、動的FEM解析の結果、降雨による含水比の上昇によって、擁壁の固有振動数は小さくなることがわかった。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金若手研究(B)課題番号22760358の補助を受けて行われた。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 一井康二：降雨後の盛土の地震被害に関する振動実験，土木学会第58回年次学術講演会，平成15年。
- 2) 秦吉弥：降雨の影響を考慮可能な盛土斜面の動的解析，日本地すべり学会誌，第48巻 第4号。
- 3) PC-PROGRESS ホームページ：http://www.pc-progress.com/en/Default.aspx
- 4) FLIP 研究会ホームページ：http://www.meisosha.co.jp/flip/index.html

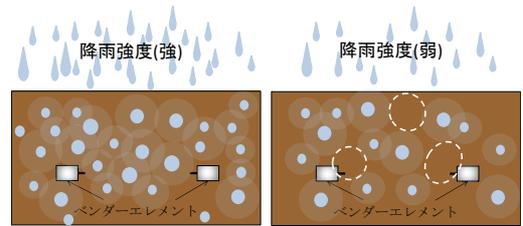


図-4 地盤内の水分状態の例

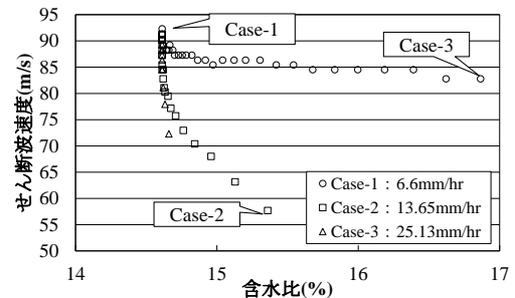


図-5 解析ケース

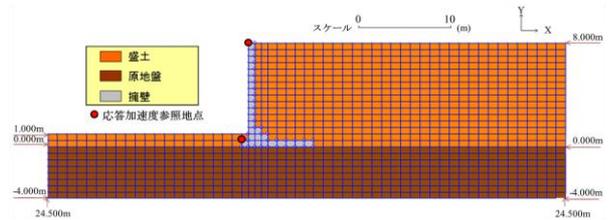


図-6 解析断面モデルのメッシュ

表-1 盛土部解析パラメータ

	せん断波速度 Vs[m/s]	含水比 w[%]	せん断剛性 G[kPa]	ヤング率 E[kPa]
Case-1	90.2	14.6	1.10E+05	2.94E+05
Case-2	57.7	15.4	4.55E+04	1.21E+05
Case-3	82.8	16.9	9.49E+04	2.52E+05

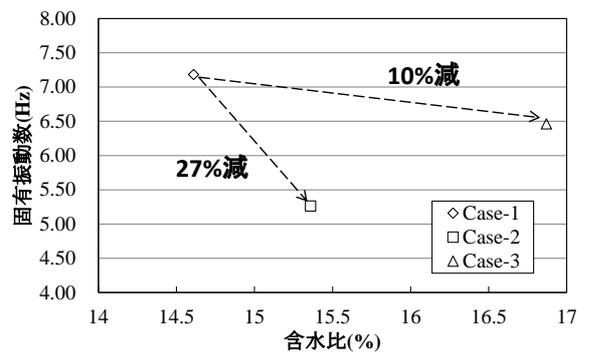


図-7 固有振動数と含水比の関係