

Ⅲ-A176

動的遠心模型実験における飽和砂地盤のせん断剛性の測定

五洋建設(株) 正会員 上野 一彦 正会員 林 健太郎  
 正会員 小久保 裕 吉川 立一  
 中央大学 正会員 藤井 斉昭

1. はじめに

せん断剛性や減衰比といった地盤の動的変形特性を正確に把握することは地震時の地盤や土構造物の挙動を予測するためには必要不可欠である。そこで、筆者らは遠心力場において模型地盤を振動させ、この時地盤内を伝播するせん断波の伝播速度を計測することにより、せん断剛性を求めることを試みてきた。<sup>1)</sup>本報告ではこれに加え、応力~ひずみ関係、Sweep 試験により微小ひずみレベルでのせん断剛性を求め、既存の要素試験結果と比較し、妥当性について検討を行った。さらに、地盤の液状化をせん断剛性の動的な変化により捉えることを試みた。

2. 実験概要

模型地盤は福島県産の相馬砂を使用し、相対密度が55%になるようせん断土槽内に水中落下法によって作成した。間隙流体には相似則を満足するよう粘性を調節したグリセリン水溶液を使用している。模型地盤内には加速度計、間隙水圧計、レーザー変位計を図-1に示すような位置に設置している。せん断剛性の測定はこの模型地盤を4.0Gの遠心力場において振動させることにより行った。この時、微小ひずみ時のせん断剛性を調べるために微小なパルス波、Sweep 振動を、地盤を液状化させるため正弦波100波を振動波形として地盤

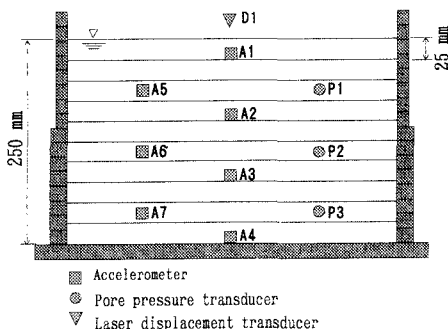


図-1 模型地盤と計測器の配置

下部より入力した。表-1に振動波形の条件を示す。

	パルス波	Sweep	正弦波
加速度(G)	0.5	0.5	4
周波数(Hz)		50~250	200
波数	1		100

3. 模型地盤の初期せん断剛性

初期せん断剛性はせん断波速度  $V_s$ 、応力~ひずみ関係、Sweep 試験より導出した。 $V_s$  はパルス波を入力し、各加速度計において計測された応答波形の同位相における時刻を読み取り、その時間差を伝播速度とし、加速度計の設置間隔を伝播距離として求めている。応力~ひずみ関係はパルス波に対する、各加速度計での加速度応答を積分し変位を求め、加速度計の設置間隔で除することによりせん断ひずみを、加速度応答に単位体積重量、加速度計の設置深さを乗じせん断応力として求めている。<sup>2)</sup>求めたせん断剛性を比較したもの図-2に示す。図中の点線

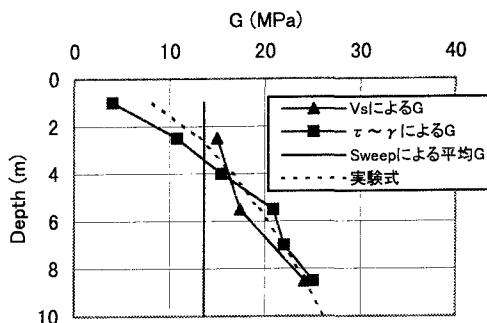


図-2 初期せん断剛性と地盤深さ

はせん断剛性が有効拘束圧の0.5乗に比例する<sup>3)</sup>とした時の回帰曲線である。この図より、せん断剛性は地盤下層にいくにつれ増加しており、拘束圧依存性が顕著に表れている。また、この時せん断剛性の拘束圧

遠心模型実験、液状化、せん断剛性、弾性波速度、動的特性

に対する増加率は回帰曲線のそれに概ね一致している。

4. 液状化に伴うせん断剛性の変化

次に、正弦波を入力し、地盤を液状化させた時の剛性について調べた。せん断剛性は入力波の1/2波毎に任意の加速度計間でせん断波速度  $V_s$  を計測することにより求めた。ここでは、A1とA2（G.L.2.5m）、A3とA4（G.L.8.5m）でのせん断剛性をせん断剛性比  $G/G_0$  の時刻歴として図-5に示す。なお、図-3、図-4には比較のため同深度における加速度応答、過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。図-5を見ると地盤の上層部（G.L.2.5m）において剛性は急激に低下している一方、下層部（G.L.8.5m）においてその低下率は緩やかであり、それぞれ低下が落ち着く点は図-3で加速度応答が減衰する点、図-4で過剰間隙水圧比が1に近づく点とほぼ一致していることが知れる。更に、先に求めた回帰曲線にP1、P3で計測された過剰間隙水圧より求めた有効応力を代入した結果が図-6である。この曲線は微小ひずみレベルでの有効応力とせん断剛性の関係を表わしたもので、このように地盤が液状化した場合に適用するには難があるが、図-6と図-5を比較すると、その挙動が良く一致しているのは興味深い。図-7は加振前、加振中、加振後のせん断剛性の深さ方向の分布を求めた図である。この図より、地盤の上層より剛性が失われていく様子が見られる。これは加速度応答、過剰水圧比の挙動からも肯定されるところである。加振後、液状化が完全に収まった後の剛性の分布は加振前に比べ、増加している。これは液状化後、土粒子の沈降時に相対密度が密になったためと考えられる。このことは地表面沈下が計測されたことから言えよう。

5. まとめ

本研究をまとめると以下の通りである。①遠心力場において微小ひずみレベルにおけるせん断剛性の拘束圧依存性を示すことができた。②液状化に伴うせん断剛性の変化を動的に捉えることができた。

<参考文献>

- 1) 上野一彦、増田隆明、藤井斉昭、林健太郎：液状化模型実験における弾性波速度の計測、その2遠心模型実験：第32回地盤工学研究発表講演集、pp.1119~1120、1997
- 2) 風間基樹：遠心振動実験から求めた地盤の動的変形特性と増幅特性、軟弱地盤における地震動増幅シンポジウム発表論文集、pp.45~57、1994
- 3) Kokusho, T.: Cyclic Triaxial Test of Dynamic Soil Properties for Wide Strain Range, Soils and Foundations, Vol.20, No.2, pp.45~60, 1980

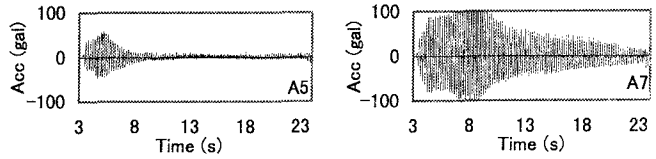


図-3 A5, A7における加速度応答時刻歴

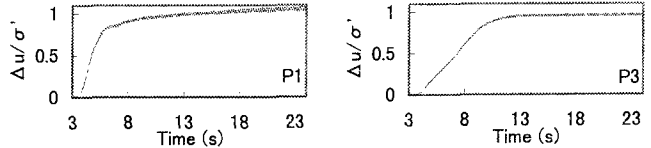


図-4 P1, P3における過剰間隙水圧比時刻歴

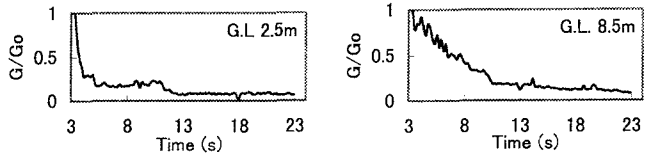


図-5 せん断波速度によるせん断剛性

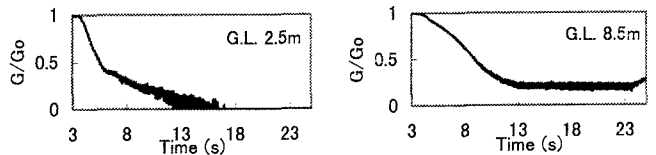


図-6 回帰曲線によるせん断剛性

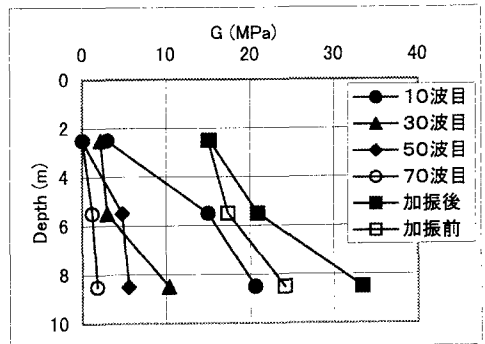


図-7 せん断剛性と地盤深さ