

Ⅲ-246

加振した液状化地盤の水平地盤反力に関する実験的研究

（株）熊谷組 正会員 ○ 仙頭 紀明
建設省土木研究所 正会員 萩原 良二
建設省土木研究所 正会員 二宮 嘉朗

1. はじめに 地震時に液状化した砂質地盤は水平地盤反力などが低下する。そのため液状化の可能性のある地盤上に杭基礎構造物などを建設する場合、設計において土質定数を低減させる必要がある。道路橋示方書⁽¹⁾では液状化に対する抵抗率 F_L と深度に応じて、土質定数に乗じる低減係数を定め、杭基礎地盤を評価している。本研究においては、地盤液状化時における水平地盤反力係数の低減率を求めるため、地盤の拘束圧や過剰間隙水圧比の条件を変化させ、地盤に対し水平方向载荷を行い、過剰間隙水圧比と地盤反力係数の低減の関係を求めることとした。

2. 実験方法 図-1に本実験に用いた装置の概要を示す。実験は矩形断面の鋼製土槽（内サイズ $100 \times 50 \times 47 \text{ cm}$ ）中に豊浦砂（相対密度 $D_r = 30\%$ ）を水で飽和させて行った。この土槽上にゴム膜を介して上蓋をかぶせ砂地盤を密閉し、砂地盤上に載圧を与えるために所定の空気圧をゴム膜上方に加え、所定の深度の地盤状態に近い初期応力状態とした。過去に土木研究所で行われた実験⁽²⁾、⁽³⁾では、土槽底部より強制的に水圧を加えて過剰間隙水圧を発生させたが、今回は地盤の振動により過剰間隙水圧が上昇した場合の地盤定数を検討するために加振実験を行うこととした。

地盤反力係数は、加振過程で土槽側面（図-1の右側）から水平方向に $\phi 60 \text{ mm}$ のピストンを一定速度 (50 mm/min) で地盤内に貫入させ、ピストンに作用する抵抗力と貫入量を計測して求めた。

実験のケースを表-1に示す。有効上載圧は剛な土槽で砂地盤の変形が拘束され液状化しづらくなることから、 0.6 kgf/cm^2 以下（ $0.2, 0.4, 0.6 \text{ kgf/cm}^2$ ）とし、加振加速度はそれぞれ 350 gal 、 600 gal 、 800 gal の正弦波加振 (10 Hz) とした。

3. 研究結果 有効上載圧 0.4 kgf/cm^2 の場合の過剰間隙水圧の時刻歴、貫入抵抗-変位関係をそれぞれ図-2、3に示す。実験結果の傾向は各拘束圧でほぼ同様の結果であった。そのためここでは有効上載圧 0.4 kgf/cm^2 を代表例として示した。図-2の時刻歴は地盤が完全液状化に達する過程を示している。図-3はピストンの貫入とともに貫入抵抗がどう変化するかを示したものである。ピストンの変位の増加とともに過剰間隙水圧も上昇しているため単調増加のカーブになっていない。図-2、3より地盤反力係数と過剰間隙水圧比の関係を求めることができる

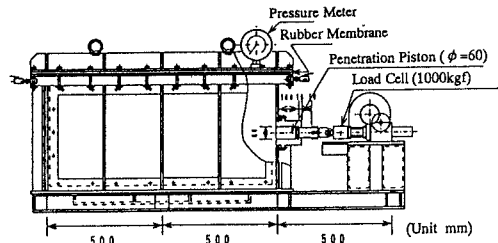
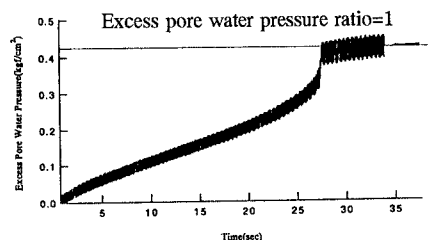


図-1 装置の概要

表-1 実験ケース

実験番号	初期有効上載圧 (kgf/cm^2)	加振周波数 (Hz)	加振加速度 (gal)	圧密後の 間隙比 e
1-1	0.2	10	350	0.841
1-2		10	350	0.842
2-1	0.4	10	600	0.840
2-2		10	600	0.838
3-1	0.6	10	700	0.838
3-2		10	800	0.840

図-2 過剰間隙水圧の時刻歴 ($\sigma_{v0}' = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$)

が、ここで貫入変位と地盤反力係数は非線形であるから、これらを考慮して基準となる変位(1cm)での比較を行う必要がある。そこで基準変位の地盤反力係数を求めるため近似式を過剰間隙水圧比一定条件の試験結果(図-4)から求めると

$$k_h = k_{h1} \delta^{(-0.417-0.594Lu)} \quad (1)$$

となる。ここで k_h は地盤反力係数(kgf/cm²/mm)、 k_{h1} は変位1cmの時の地盤反力係数(kgf/cm²/mm)、 δ は変位(cm)である。本実験では(1)式を用いて k_h -Lu関係を変位1cmの地盤反力係数に換算した時の k_h -Lu関係を図-5に示す。図-5からLuが0の時の地盤反力係数を求め、正規化した地盤反力係数の低減率DEとLuの関係を図-6に示す。図-6のDE-Lu関係は加振により幅を持った値になっているため、Luが0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0における振幅の中央の値を読みとり図-7にプロットした。本実験結果は

$$DE = 1 - Lu \quad (2)$$

の付近に値が分布していることがわかる。今回の結果と岩崎ら⁽²⁾、濱田ら⁽³⁾、才村らの実験⁽⁴⁾のデータの分布の比較を図-7に同時に示した。低減率DEは岩崎ら、濱田ら、本実験、才村らの順で小さくなる。これは、載荷方向(鉛直、水平)や過剰間隙水圧発生方法(強制注入、加振)の違いによるものと考えられる。

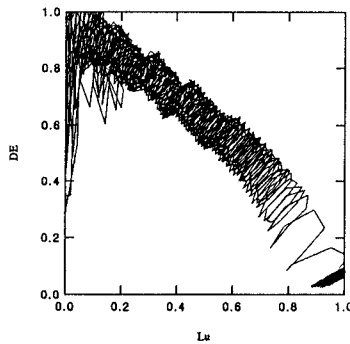


図-6 DEとLuの関係 ($\sigma_{v0}' = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$)

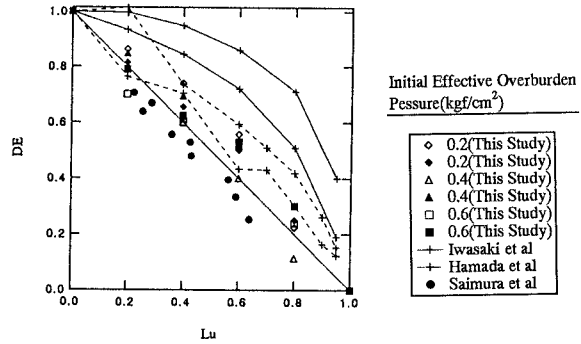


図-7 DEとLuの関係

4. おわりに 水平方向の地盤反力係数の低減率(DE)と過剰間隙水圧比(Lu)の関係が(2)式でほぼ近似できると考えられるので、今後はこれらの結果を含めて液状化の影響を設計にどう反映していくかを検討する予定である。なお、本報告は著者の一人の仙頭が建設省土木研究所において部外研究員としておこなった研究成果の一部をまとめたものである。

参考文献 (1)道路橋示方書V耐震設計編,1990(2)岩崎,常田,木全:地震時における砂質地盤の液状化判定法と耐震設計への適用に関する研究,土木研究所資料第1729号,1981(3)濱田,大塚,二宮:液状化時の水平地盤反力係数の低減に関する実験的研究,土木学会第49回年次講演会,1994,pp.524~525(4)才村他:排水機能付き鋼杭の液状化抑止効果に関する現場実験(その2),第27回土質工学研究発表会,1992,pp.1169~1170

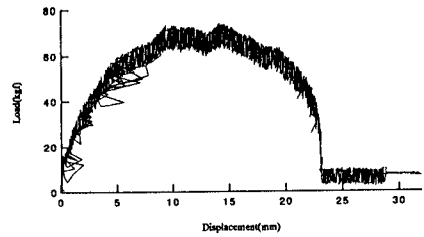


図-3 貫入抵抗と変位の関係 ($\sigma_{v0}' = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$)

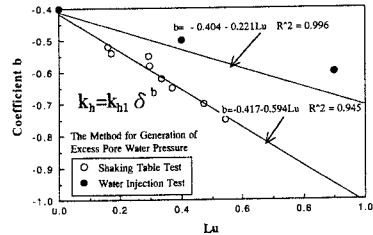


図-4 地盤反力係数の変位に関する非線形と過剰間隙水圧比の関係

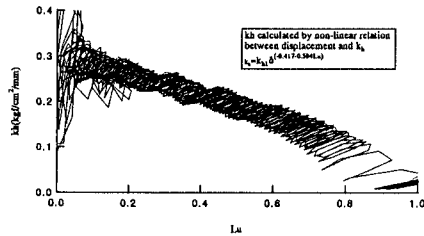


図-5 地盤反力係数(変位1cm)と過剰間隙水圧比の関係 ($\sigma_{v0}' = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$)