

建設省土木研究所 正員 岩崎 敏男

建設省土木研究所 正員 常田 賢一

建設省土木研究所 正員 ○ 木全 俊雄

## 1. まえがき

地震時の地盤の液状化を考慮した土木構造物の合理的な耐震設計を行うためには、地盤の液状化が土木構造物に及ぼす影響を定量的に評価する必要がある。本報告は地盤の液状化が地盤の反力特性に及ぼす影響を明らかにするために実施した室内簡易載荷試験の結果をとりまとめたものである。

## 2. 実験装置および実験概要

実験装置の概要を図-1に示す。同装置は内径300mmの密閉型同筒容器であり、土試料のセットされる下部容器と空気室である上部容器の間はゴムのダイヤフラムで遮断している。同ゴム膜には $\phi 60$ mmの載荷板が取付けられており、最大500kgfの鉛直載荷が可能な構造である。供試体は豊浦標準砂を水中落下させ作製し、所定の深さ(約300mm)まで投入した後、飽和度を高めるために水締めを行い、さらにゴム膜を介して空気圧力( $\sigma_v$ )による圧密(圧密時間:3時間)を行った。圧密終了後、地震時の飽和砂地盤内に発生する過剰間隙水圧( $\Delta u$ )の上昇過程の状態を再現するために、 $\sigma_v$ に対してある割合の $\Delta u$ を強制的に供試体内に与え、引続いてその状態で静的載荷試験を行い、地盤の反力特性に及ぼす $\Delta u$ の影響を調べた。本実験では、表-1に示すように $\sigma_v=0.5, 1.0$  (kgf/cm<sup>2</sup>)の2ケースで、それぞれ4~5供試体について行い、また過剰間隙水圧比 $u_{eq}$ は、0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 0.9および0.95と順次変化させた。載荷試験では、鉛直方向載荷量と載荷板の貫入量の測定を行ったが、試験機の能力上貫入量が1mm程度に至るまでを目安として載荷重の操作を行った。

## 3. 実験結果

図-2は実験結果の1例であり、各間隙水圧比 $u_{eq}$ における載荷重( $P$ )と貫入量( $\delta$ )の関係を示した。図-3は全実験結果について(1)式で定義した地盤の反力係数 $K$ と $u_{eq}$ の関係を示したものである。

$$K = P / A \delta_0 \quad \text{----- (1)} \quad \text{ここに、} K: \text{地盤反力係数 (kgf/cm}^2/\text{mm)} \quad P: \text{鉛直荷重 (kg)}$$

$$A: \text{載荷板の面積 (cm}^2\text{)} \quad \delta_0: \text{基準貫入量 (1mm)}$$

同図から過剰間隙水圧の上昇に従い、地盤反力係数が減少することがわかる。また、同一圧密圧力条件での各供試体間では $K$ 値の大きさに若干のばらつきもあるが、ほぼ同一の傾向を示している。また間隙水圧比 $u_{eq}$ による影響については、同図による限りでは明確な傾向もみられていない。さらに圧密拘束圧による差異については、当然の事ながら圧密拘束圧が大きい方が $K$ 値は大きく、 $u_{eq}=0$ のとき $\sigma_v=1.0$  kgf/cm<sup>2</sup>での $K$ 値は $\sigma_v=0.5$  kgf/cm<sup>2</sup>の場合の約2倍近い値になっているが、 $u_{eq}$ の増加に伴い両者の開きは2倍以上になっている。これは各拘束圧条件において $u_{eq}$ の増加に伴う $K$ 値の減少率が異なることを示すが、この傾向を明確にするために任意の $u_{eq}$ に対する $K$ を $u_{eq}=0.0$ のときの $K$ で基準化( $[K]_{u_{eq}}/[K]_{u_{eq}=0.0}$ )し、各データの平均曲線を示したのが図-4である。これから、 $\sigma_v$ が小さい方が $u_{eq}$ の増加に伴う $K$ 値の減少の割合が大きいことがわかる。

## 4. 考察

図-4の基準化された地盤の反力係数 $[K]_{u_{eq}}/[K]_{u_{eq}=0.0}$ は、地震時液状化の程度による地盤のバネの低下率と表わしており、現段階ではこの低下率を与えられた地盤の変形係数 $E_0$ の低減係数として便宜的に耐震設計に適用することは可能であると思われる。道路橋示方書V耐震設計編では、表-2のとおり地盤の液状化抵抗率 $F_L$ の値に応じて、土質定数に乗じる低減係数 $D_E$ を規定しているが、これを既往の液状化実験結果から得られている $F_L \sim u_{eq}$ の関係(図-5)を用いて、 $D_E \sim u_{eq}$ の関係として対比させると図-4のようになる。本実験結果は示方書の $D_E$ とほぼ一致していることがわかる。本実験は始めて間もないので、今後、試料を変えて試験を積み重

ねる一方、試験機等に残された問題に対しても改良を加え、現場の耐震設計に反映させていく必要がある。

参考文献 1)道路橋示方書同解説Ⅴ耐震設計編

2)岩崎,前田,吉田,佐藤;砂質地盤の液動化および杭基礎構造物の動的応答特性に関する模型振動実験,土研資料第1605号

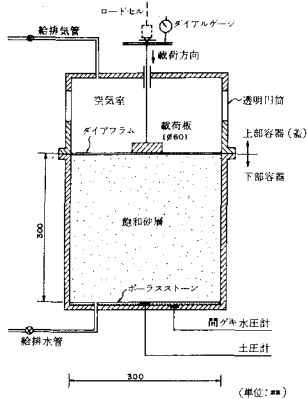


図-1 実験装置概要

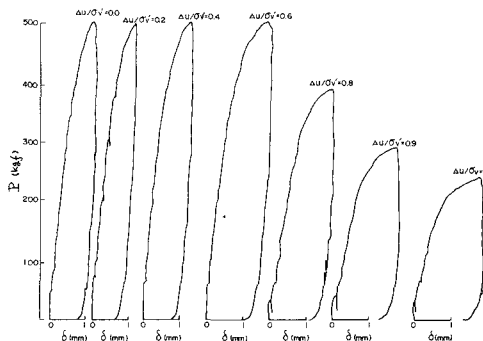


図-2 実験結果例(P-δ曲線)

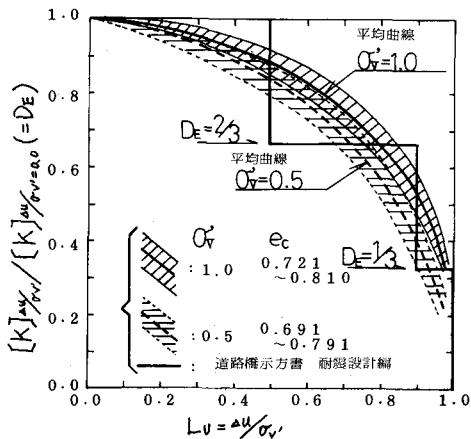


図-4  $[K]_{\Delta u/\sigma'_v} / [K]_{\Delta u/\sigma'_v=0.0} \sim L_u$

表-1 実験条件

| No. | 試料名   | $\sigma'_v$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | $e_c$ | $[K]_{\Delta u/\sigma'_v=0.0}$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> /mm) |
|-----|-------|---------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------|
| 1   | ST-1  | 1.0                                   | 0.787 | 19.0                                                        |
| 2   | ST-2  |                                       | 0.722 | 17.1                                                        |
| 3   | ST-3  |                                       | 0.721 | 18.5                                                        |
| 4   | ST-4  |                                       | 0.744 | 18.0                                                        |
| 5   | ST-5  |                                       | 0.810 | 16.6                                                        |
| 6   | ST-8  | 0.5                                   | 0.770 | 10.2                                                        |
| 7   | ST-10 |                                       | 0.719 | 7.8                                                         |
| 8   | ST-11 |                                       | 0.791 | 8.1                                                         |
| 9   | ST-12 |                                       | 0.691 | 10.9                                                        |

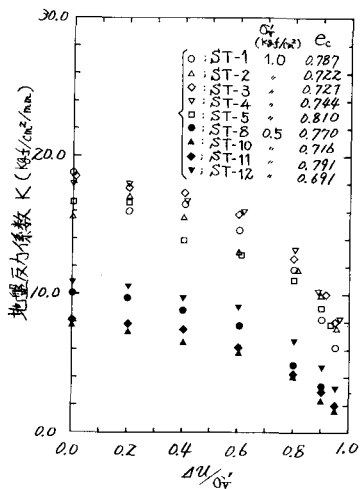


図-3  $K \sim \Delta u/\sigma'_v$

表-2 低減係数  $D_E$

| FL の 範 囲            | 現地盤からの深度 $\chi$ (m)   | 土質定数に乘じる係数 $D_E$ |
|---------------------|-----------------------|------------------|
| $FL \leq 0.6$       | $0 \leq \chi \leq 10$ | 0                |
|                     | $10 < \chi \leq 20$   | $\frac{1}{3}$    |
| $0.6 < FL \leq 0.8$ | $0 \leq \chi \leq 10$ | $\frac{1}{3}$    |
|                     | $10 < \chi \leq 20$   | $\frac{2}{3}$    |
| $0.8 < FL \leq 1.0$ | $0 \leq \chi \leq 10$ | $\frac{2}{3}$    |
|                     | $10 < \chi \leq 20$   | 1                |

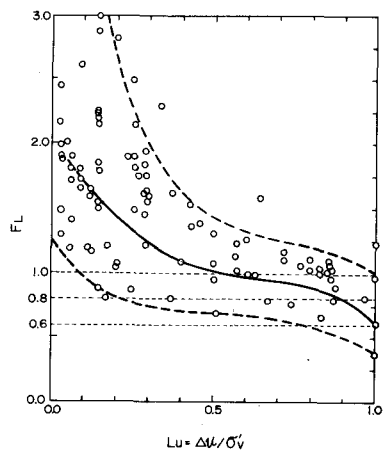


図-5  $FL \sim Lu = \Delta u/\sigma'_v$