

III-307

地震動の繰返しによる盛土の塑性変形特性に関する模型実験

建設省土木研究所 正会員○吉見精太郎
建設省土木研究所 正会員 常田 賢一
建設省土木研究所 正会員 福井 次郎

1. まえがき

1978年宮城県沖地震, 1983年日本海中部地震等において、道路盛土などの土構造物は、甚大な被害を受けた。盛土の破壊形態及び破壊程度に及ぼす地震動の影響は、未だ十分には解明されておらず、合理的な盛土の耐震設計法も確立されていないのが現状である。軟弱地盤上の盛土の地震時における沈下は、盛土を支持する地盤が、地震動の繰返しにより塑性変形を生ずるために発生していると考えられる。そこで、本文では模型地盤を用いて地震動の繰返しと盛土の塑性変形との関係について実験的な検討を行った結果を報告する。

2. 実験の概要

実験に使用した地盤塑性変形装置を図-1に示す。本装置は、内寸1,500mm×500mm×210mmの実験箱内に $\phi 2\text{mm}$, $l=200\text{mm}$ のプラスチック丸棒を均一に敷いて、モデル地盤を作成した後、この中央に150mm×200mmの載荷板を設置し、一定の上載荷重を載荷した状態で、実験箱を回転することにより繰返し載荷を模擬する機構となっている。表-1に、モデル地盤材料の基本特性を示すが、実験地盤の平均的な間隙比は、1.186である。実験は、上載荷重 $P(\text{kg})$ を10, 15, 20kgとして、実験箱を0度から10度(水平震度0.17に相当)まで回転し0度に戻す操作を4回繰返す片振り試験(ケース1~3)と $P=10\text{kg}$ で、実験箱を0度から左右10度振って0度に戻す操作を4回繰返す両振り試験(ケース4)について行った。図-2に、実験箱傾斜角と繰返し回数 N (回: ケース1~3), N' (回: ケース4)との関係を示す。地盤の変形は、着色したプラスチック棒を用いた標点を2cm間隔で埋設し、傾斜角5度毎に実験箱側面から写真測定した。

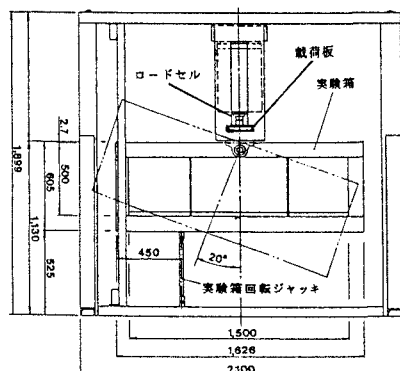


図-1 地盤塑性変形装置の概要

表-1 モデル地盤材料の基本特性

項目 \ 状態	最もゆるい	最も密
単位体積重量 $\gamma_s (\text{g/cm}^3)$	1.12	1.29
間隙比 e	0.273	0.102
内部摩擦角 ϕ (度)		29

3. 実験結果

図-3に、ケース1($P=10\text{kg}$)における各ステップ毎($N=0 \rightarrow 0.25 \rightarrow 0.5 \rightarrow 1.5 \rightarrow 2 \rightarrow 2.5 \rightarrow 3.5 \rightarrow 4$)の標点の移動ベクトルを示す。標点の移動は、実験箱の回転とともに生じており、実験箱を戻すステップ($N=1.5 \rightarrow 2, 3.5 \rightarrow 4$)の場合には、若干戻す傾向が認められる。また、移動範囲は載荷板左下方(実験箱の傾斜の上方側)にも生じており、載荷板底面が滑らかな場合の剛塑性理論と類似の状況にあると言える。 $N=0$ 回から $N=3.5$ 回までの標点の移動量 $U(\text{mm})$ について、1mm間隔の等高線で示したのが図-4である。同図より、載荷板右下方(実験箱の傾斜の下方側)に、移動量の大きい領域が存在していることがわかる。また、 $U=6\text{mm}$ 以上の領域で移動量が急増しており、この付近ですべり面が生じたと推定できる。同様にケース2, 3では、 $U=6\text{mm}$, ケース4では $U=10\text{mm}$ の等高線をすべり線と推定した。このすべり線に囲まれる部分を塑

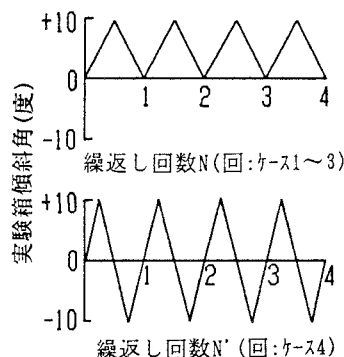


図-2 実験箱傾斜角と繰返し回数の関係

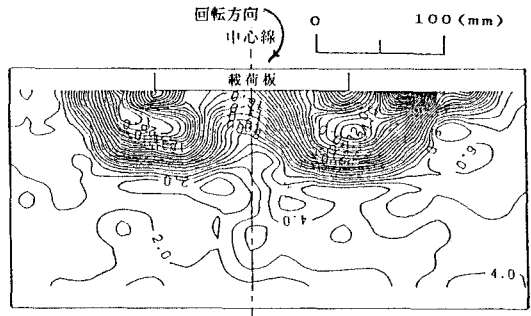
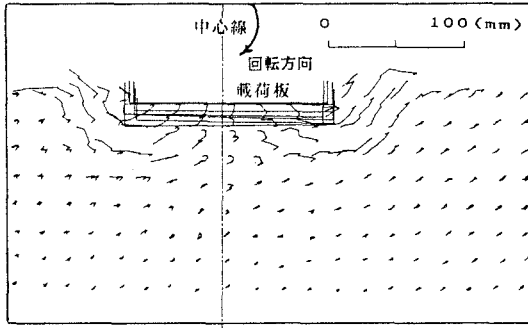


図-3 繰返し回数 $N=0\sim4$ 回までの標点の移動ベクトル(ケース1) 図-4 繰返し回数 $N=0\sim3.5$ 回までの移動量の等高線(ケース1)

性領域としその面積を塑性面積とした。図-5には、ケース1~4における地震動の繰返しに伴う塑性面積の増加の状況を示す。これによると $N=0.5$ 回目では、 P が大きいほど、塑性範囲は大きくなっている。しかし、繰返し回数が増加するにつれて、ケース1では塑性面積は線形的に増加していくのに対して、ケース2,3においては、塑性面積がほとんど増加していない。これは、ケース2,3では地震動の繰返しの当初($N=0.5$)に塑性化が進んだのに対し、荷重の小さいケース1では地震動の繰返しの当初に塑性化が進まなかったが、地震動の繰返しを受けることにより塑性化が進行したものと思われる。また、ケース4においては、塑性面積の増加率が大きく、最終塑性面積も最大である。これは、塑性化の進行に伴って、塑性領域が拡大し、2本目のすべり線が発生したことに起因するものと考えられる。なお、ケース4の $N'=0.25$ 回での塑性面積とケース1の $N=0.5$ 回での塑性面積を比較すると約 250cm^2 もの差があるが、これはケース4において初期荷重の時点で、所定の荷重($=10\text{Kg}$)より大きな荷重が実験地盤に作用したためと考えられる。ここで、ケース4の $N'=0.25$ 回での塑性面積とケース1の $N=0.5$ 回での塑性面積が等しいとし、初期荷重の差異を除くと図中の一点鎖線のようにになる。これによりと両振りでの塑性面積の増加率は片振りの場合の約2倍である。

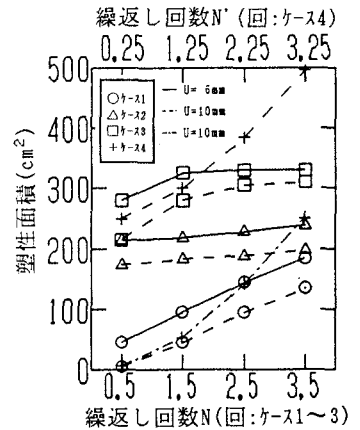


図-5 繰返しに伴う塑性面積の増加

4. 数値解析との比較

実験結果と、対数らせり線による数値解析との比較を行った。図-6に、実験と解析(内部摩擦角 25° , 単位体積重量 1.2g/cm^3 , 極限荷重 16.0Kg)のすべり線について比較したものを示す。同図より、理論解のすべり領域は実験の結果とよくあっていると言える。また、地盤の極限荷重の理論解 16.0kg は、ケース2,3の上載荷重のほぼ中間値に相当する。ケース1の荷重は、理論解の約半分であるが、前述のように地震動の繰返しの影響によってすべりが生じたものと考えられる。

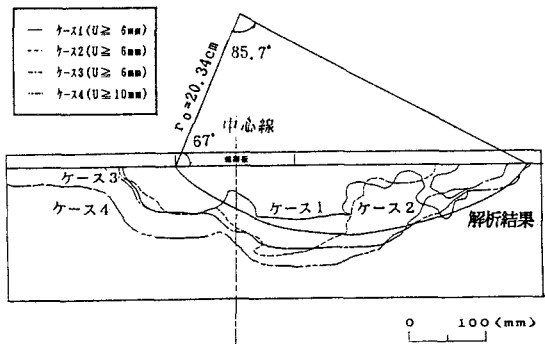


図-6 実験結果と解析結果の比較

5. まとめ

- 1) 塑性状態への変化状況は、剛塑性理論と類似の傾向がある。
- 2) 上載荷重が大きいほど、また水平方向分力が左右両方に作用するほど塑性領域は大きくなる。
- 3) 地震動の繰返しの影響により、盛土等の上載荷重の極限荷重は低減する。