

# 直接せん断試験機による高盛土材料の単調および繰返しせん断特性

山口大学大学院	学生会員	福田賢二郎
山口大学工学部	正会員	兵動 正幸
復建調査設計(株)	正会員	藤井 照久
(株)奥村組技術研究所	正会員	日下部 伸
日本地研(株)	正会員	板井 久義

## 1. まえがき

1995年兵庫県南部地震を契機に、レベル2地震に対する道路用高盛土の安定性評価法の確立が求められている。本研究は、実際に施工で使用された盛土材料を用いて単調および繰返しせん断試験を行うことにより、締固めた土の繰返しせん断特性を把握することを目的としている。

## 2. 試験装置および供試体作成方法

試験に用いた装置は日下部らが開発した簡易直接せん断試験装置<sup>1)</sup>である。また、試料は道路施工時の現場発生土であり、実際に施工で用いられた高盛土材料である。このうち2mm以上の礫分を取り除いて、最適含水比 $w_{opt}=20.7\%$ 下で最大乾燥密度 $\rho_d=1.55t/m^3$ の90%程度になるように一定の圧力で締固め、直径6cm、高さ2cmの供試体を作成した。

## 3. 試験方法および試験条件

実験対象の締固めた不飽和供試体に対し所定の圧密圧力および初期せん断応力を載荷させ、体積一定、非排気状態でせん断中に鉛直および水平方向のひずみを許容する、いわゆるシェイクダウンモードで繰返しせん断試験を行った。せん断中における有効応力径路と変形状態を図-1に示す。また比較のために、せん断中に鉛直および水平方向のひずみを許容しない単純せん断モードでの試験も行った。シェイクダウンモードは盛土法肩から法尻付近の境界条件を、単純せん断モードは水平地盤の変形境界条件を想定したもの<sup>2)</sup>である。実験は、単調せん断試験ではひずみ速度1%/min、繰返しせん断試験では、周波数0.02Hz下で行った。

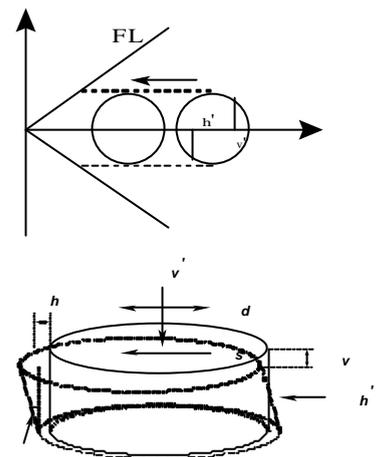


図-1 シェイクダウンモードにおける有効応力径路と変形状態

## 4. 結果および考察

### 4.1 せん断破壊モードの違いによる繰返しせん断特性の評価

図-2(a)、図-2(b)には、それぞれのせん断モードで行った繰返しせん断試験の有効応力径路を示した。この図より、単純せん断モードでは繰返しせん断応力の載荷に伴い有効応力が大きく低下しているものの、シェイクダウンモードでは有効応力の低下があまりなく、ある程度まで低下すると定常な位置でループを描いている様子が認められる。図-3(a)、図-3(b)は、各せん断モードのせん断応力-せん断ひずみ関係を示した。シェイクダウンモードでは1波目に2%程度のせん断ひずみが発生し、その後大きなひずみの発生はなく徐々にひずみ蓄積されている傾向が、また単純せん断モードではある繰返し回数から急激にひずみが発生しそのまま破壊に至っている様子が認められる。図-4は、シェイクダウンモードにおけるせん断応力-鉛直ひずみ

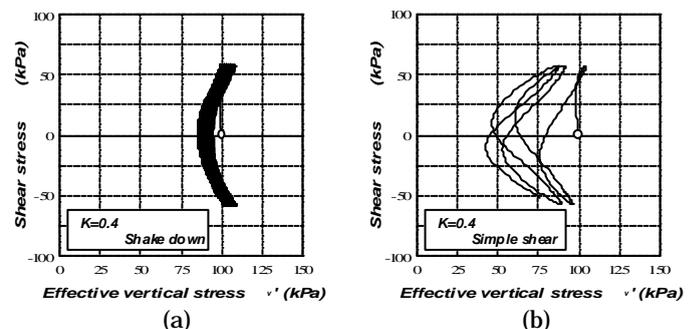


図-2 有効応力径路

キーワード：シェイクダウン、単純せん断、高盛土材料、締固め土

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 山口大学工学部 TEL0836-35-9111 FAX0836-35-9429

関係を示したものである。この図より水平方向の繰返しせん断に対し鉛直方向にもひずみが発生していることが認められ、シェイクダウンモードではひずみの定義を行う場合、水平方向と鉛直方向の両方を考慮したものが有効なひずみの定義であると考えられる。そこで、モールのひずみ円の関係より算出した最大せん断ひずみ  $\gamma_{max}=5\%$  およびひずみ両振幅  $\gamma_{DA}=5\%$  対してせん断応力との関係を図-5 に示す。図-6 は、シェイクダウンモードおよび単純せん断モードに対し、最大せん断ひずみが5%発生時の繰返しせん断応力比と繰返し回数の関係を示したものである。シェイクダウンモードの繰返しせん断強度は、単純せん断モードのそれよりも大きいことがわかる。これは、繰返しせん断時において単純せん断モードの方が有効応力の低下が著しく剛性が低下したことに起因しているものと考えられる。

#### 4.2 シェイクダウンモードによる動的強度の評価

図-7 は、シェイクダウンモードに対して所定の繰返し回数における、せん断応力と最大せん断ひずみの関係を示したものである。図中、(a) は初期せん断応力を載荷させない場合、(b) は初期せん断応力を 15kPa 載荷させた場合の結果である。また、図中には単調載荷試験のせん断応力と最大せん断ひずみの関係も併せて示している。これらの図より、同一せん断ひずみに着目すると、繰返し回数1回時のせん断応力が最も大きく、繰返し回数が増えるに伴いせん断応力が低下している様子が見られる。これは繰返しせん断応力を受けることにより土が劣化していることを示している。また、単調載荷時のせん断応力と繰返し回数1回時のせん断応力を比較すると、繰返し回数1回時は強度が単調載荷時の強度よりも大きな値を示している。これは、繰返しせん断試験の載荷速度や、粘性分を含む不飽和土の影響などがその要因ではないかと考えられる。ただし、繰返し回数が増加していくとせん断応力は徐々に低下し、最終的には静的強度より低めになっていることが認められる。

#### 5. あとがき

地震時における盛土の変形は、各要素の応力状態により異なり複雑である。地震時の繰返し応力によって高盛土材料は劣化していくものの、変位の境界条件により、ひずみは特に鉛直方向に発生し、せん断ひずみの発生は抑制されているようである。よって盛土の変形を考える場合には、せん断ひずみと鉛直ひずみの双方を考慮しなければならないと考えられる。

#### 【参考文献】

- (1)日下部他：簡易単純せん断試験装置の試作と種々の液状化試験への適用，土木学会論文集，No.617/ ，pp.299-304，1999 (2)兵動他：オンライン地震応答実験による高盛土の変形の評価，第35回地盤工学研究発表会（投稿中），2000。

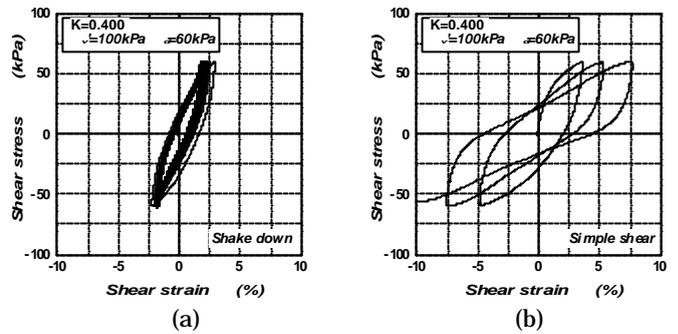


図-3 せん断応力-せん断ひずみ関係

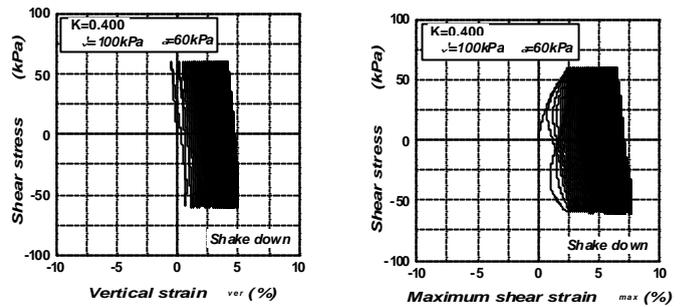


図-4 せん断応力-鉛直ひずみ関係

図-5 せん断応力-最大せん断ひずみ関係

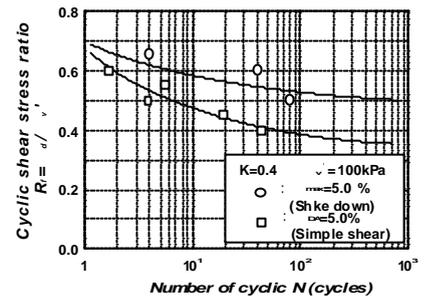


図-6 繰返しせん断応力比~繰返し回数

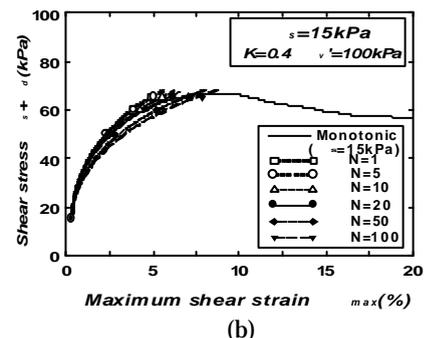
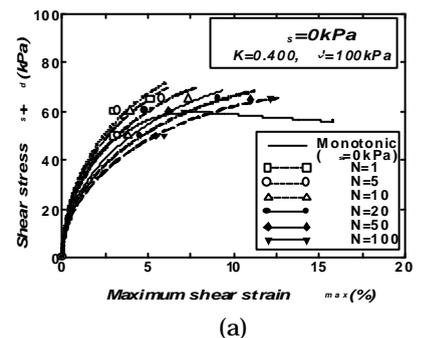


図-7 せん断応力-最大せん断ひずみ関係