

九州大学工学部

正員 ○ 山内 豊 聡

同

森 蔵

## 1. まえがき

シラスは土質工学的分類では、たんに砂でしかないが、粒子の特異性に起因して、静的のみでなく動的にも、かなり普通砂と異なったせん断特性を示すことをすでに指摘し、両挙動の関係についてもある程度の説明を行なった。<sup>(4)</sup> そのうちとくに問題になるのは、飽和シラス（固結しないもの）が静的作用のもとではかなりのせん断抵抗を示すが、動的作用のもとでは著しく崩壊しやすいことであるが、このことは標準貫入試験値の評価や地震時の地盤支持力、とくにその流動化（液状化）、あるいは地

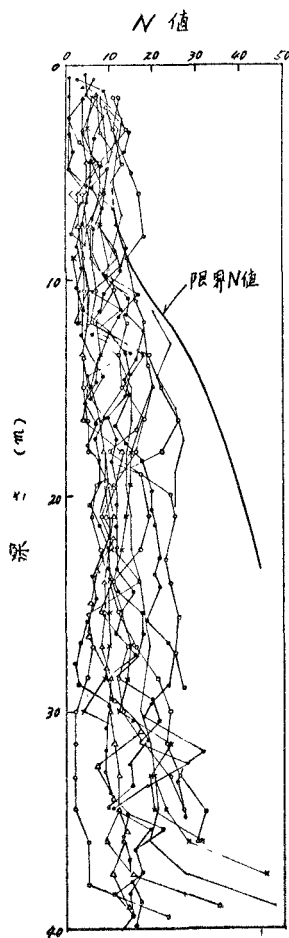


図-1 沖積シラス地盤の  
N 値

盤改良などの実際問題と関連して、早急に究明されなければならないことである。しかしこれまでの考察は、すべて“きれいなシラス”についての実験結果に基づいたものであった。今回は実際の沖積シラスとして、鹿児島市街地において、特別の方法で採取した乱さないシラス試料（NKJサンドサンプラーによる）によって、ある程度地盤中の応力状態をシミュレートした状態で動的三軸繰返し載荷を行ない、実際の地盤の流動化を検討するとともに、きれいなシラスについても実験を行ない、両者の相違について考察した。

## 2. 地震時に危険な砂地盤の条件

1964年の新潟地震災害の調査は各方面で詳しく行なわれ、地震時に流動化しやすい危険な砂地盤の条件も二、三提案されている。そのうちも

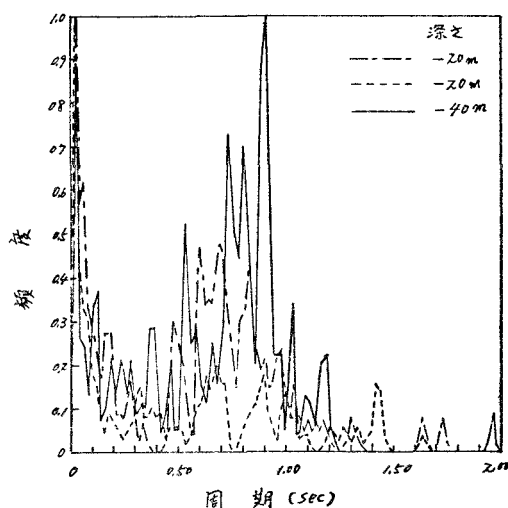


図-2 ある鹿児島市街地における常時微動  
(建設省建築研究所の測定)

っとも多くの要因を備えているものは大崎<sup>3)</sup>らによるものであり、沖積シラス地盤をこの条件に照すと、図-1, 2, 3のような調査結果を参考にし、表-1のように要約される。このうち2.の粒度条件だけは、明らかに危険な条件から外れる。しかし流動化の条件として、二、三の研究者は粒

度条件を取りあげ  
ていることを考  
え、このことも  
決して無視でき  
ないものである。

### 3. 乱さない鹿見 島市街地の沖積シ ラスの実験

現地の乱さない

沖積シラス試料に対する試験は、試料の採取  
が困難であることから、おそらくこれまで例  
のないものであろう。試料採取位置の深さ方  
向についての、プレシオメーター試験<sup>5)</sup>によ  
る下限降伏値 $\sigma_3$ は図-4に示すとおりである。

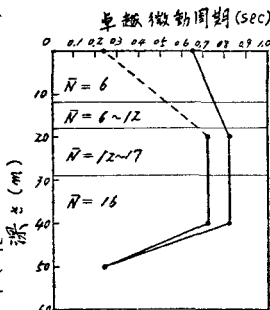


図-3 卓越微動周期  
(図-21による、同上)

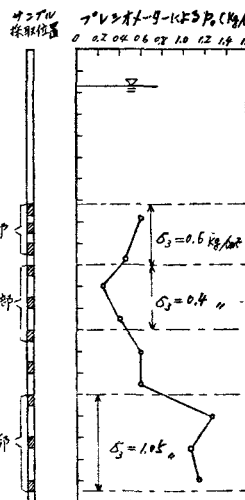


図-4 乱さない試料採取  
位置とプレシオメーターによる  
下限降伏値による分け方

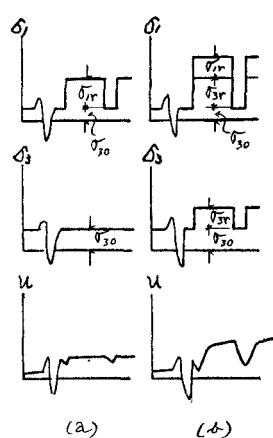


図-5 動的繰返し載荷  
試験の荷重条件と開け  
き水圧の変化

それらは上部、中央部、下  
部の3部分に分けられると  
判断し、各部分ごとの平均  
値を求め、これを三軸試験  
における除荷時拘束圧(側  
圧)  $\sigma_3$  に採ることとした。  
また各部分ごとの平均的一  
軸圧縮強度  $\sigma_{1c}$  の値を求め、  
軸方向の繰返し荷重の大き  
さをこの値に対し適当な比  
になるようにして選んだ。

しかし繰返し荷重の一周期  
はすべて4秒とし、載荷・  
除荷時間比を3:1とした。  
図-5(a)は時間軸に対する  
荷重のパターンを示したも  
のであるが、軸圧を加える  
さいに側圧を増加していな  
い。この図には開げき水圧  
 $u$  の変化の状態も示してあ  
る。

この乱さない沖積シラス

表-1 地震時に危険な砂地盤の条件(※文献4)を取りまとめたもの)

| 大崎による条件 <sup>3)</sup>                                  | 沖積シラスの場合   |
|--------------------------------------------------------|------------|
| 1. 地表面から深さ15mないし20mの範囲にわたってほほすべて砂りなる。                  | 然り。        |
| 2. 粒径が均一な中粒砂。                                          | 然らず。       |
| 3. 地下水位下にある。                                           | 然り。        |
| 4. 滞積年代が新しい。                                           | 然り。        |
| 5. 締り方がゆるく、 $N$ 値が限界 $N$ 値より小さい部分が、一定限度以上の厚さにわたって存在する。 | 然り(図-1)。   |
| 6. 常時微動の周期が長周期のものも含めた広範囲に分布する。                         | 然り(図-2,3)。 |

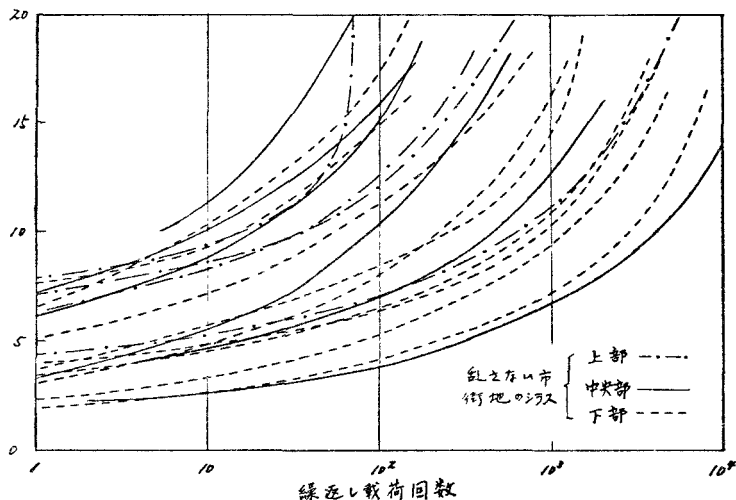


図-6 乱さない沖積シラスについてのひずみの変化状態

に対して得られた繰返し載荷回数とひずみの関係(図-6)からわかるように、流動化のさいに見られる急激なひずみ増加は生じていない。間げき水圧の変化(図-7)もそれを示しており、鹿児島市街地の沖積シルラスがかならずしも大地震のさいに流動しないことを示すものである。

#### 4. されいなシルラスの実験

締固めたされいなシルラスの試料の場合は、相対密度100%の条件でも流動化を生ずることを筆者らはまえに示したが、密度だけでなく、荷重条件による挙動の相違も明らかにする必要があった。また今回は、乱さない沖積シルラスの場合と比較する必要がある。そこで除荷時側圧 $\bar{\sigma}_{30} = 0.6 \text{ kg/cm}^2$ の場合(沖積シルラスでは上部に相当)について、 $\bar{\sigma}_{1r} = 0, 0.4, 0.6, 1.0 \text{ kg/cm}^2$ の4通りの繰返し軸荷重の条件で繰

返し載荷試験を行なった結果、ひずみおよび間げき水圧についてはそれぞれ図-7および図-8に示すとおりであり、いずれも明瞭な流動化を示した。また図-7に記入したスケッチからわかるように、供試体の外観も典型的な流動化破壊を示している。なお図-8において間げき水圧が除荷時側圧以上に上昇しているのは、装置の不備によるものと考える。

#### 5. シラス試料の相違による動的挙動の相違

上述のように、シルラス試料の相違によって流動化は起きる場合と起きやすい場合とがあることがわかった。この挙動の相違はこれまで筆者らが指摘してきたように、シルラス粒子のミクロ的な性状(形状と表面の粗滑)の相違に加えて、市街地沖積シルラスではシルト分ないし粘土分を含有する結果であるように判断される。 $\bar{\sigma}_{1r}/\bar{\sigma}_{30}$ の値に対する15%のひずみを生じた時の、繰返し載荷回数

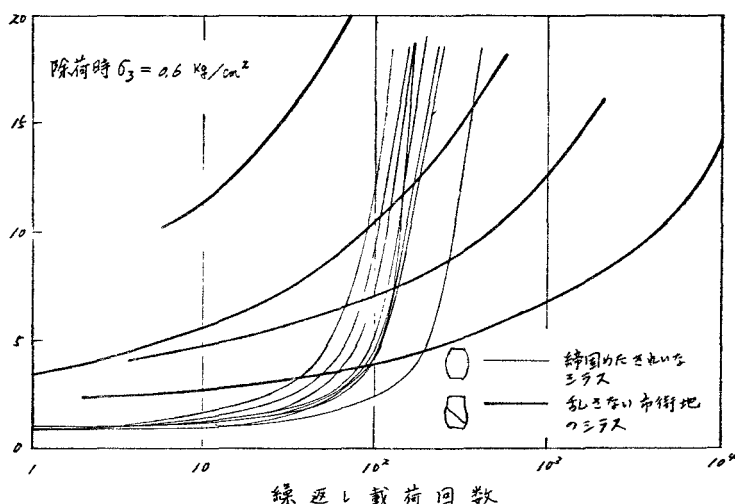


図-7 シラス試料の相違によるひずみの変化状態の相違  
(除荷時側圧:  $0.6 \text{ kg/cm}^2$ )

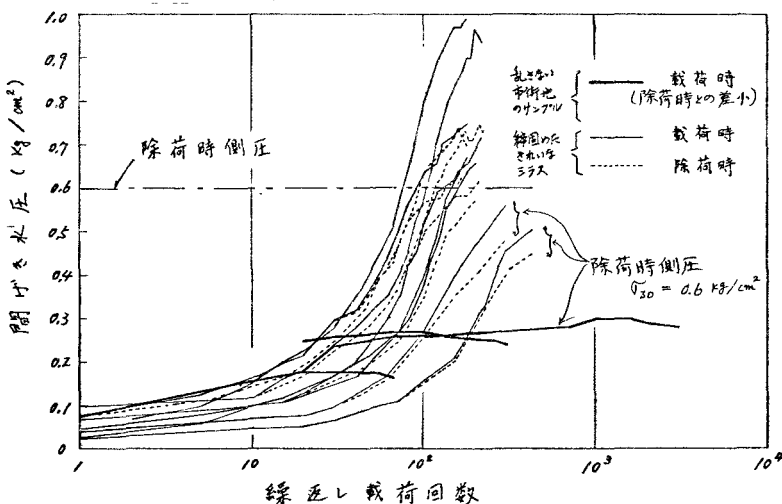


図-8 シラス試料の相違による間げき水圧の変化の相違

そのひずみにおける間けき水圧の関係を取り  
まめると、図-9および図-10が得られる。  
この関係から、“きれいなシラス”は、動的  
繰返し荷重のもとではほとんど流動化する傾  
向から免れ得ないものであることがわかる。

## 6. 結び

鹿児島市街地のある沖積シラス地盤から採  
取した乱さない試料に対して行なった動的三  
軸繰返し載荷実験では延性破壊を生じ、流動  
化は起きなかった。しかし“きれいなシラス”  
試料では、種々の荷重条件のもとでもこれまで指  
摘してきたように流動化しやすいことが明らか  
にされた。この相違は粒子のミクロ的な相違とシル  
トないし粘土粒子の有無に起因していると判断さ  
れる。しかし、沖積シラス地盤にも元々の地区で  
噴砂したようなきれいなシラスに属するシラス層  
を含むこともあり、重要構造物の基礎の設計では  
個々の調査と判断が必要である。鹿児島市街地  
でも場所による違いがあるようである。きれいなシ  
ラスから成ると判断される典型的な地盤としては、

水搬送工法による埋立地などを挙げるのができよう。またこのような地盤の改良は、動的な方法で  
は効果を期待しがたく、静的な手段を考える必要がある。このようなことから、沖積シラス地盤でも、  
静的支持力と動的支持力とが一致する場合と、著しく食い違う場合とがあり、したがってN値の評価  
の仕方それぞれ相違する。しかし、地震時の地盤中の三軸的応力条件は現段階ではまだ明らかでな  
く、この実験でも十分にシミュレートされているとは考えていない。また筆者らが使用している装置  
では応力条件に限界があるのにはやむを得ないことである。

この実験は鹿児島県住宅供給公社の要請による検討を含んでおり、またそのさい基礎地盤コンサル  
タント(株)の協力を得ていることを付記し、深く感謝の意を表するものである。

## 引用文献

1) 山内、豊田、落合、村田：繰返し荷重を受けるシラスのような砂の間けき水圧について、第22回  
土木学会年次学術講演会講演概要、Ⅲ、昭。42。5。 2) 山内：砂の静的および動的性質の関係に  
ついて、第24回同上講演概要、昭。44。10。 3) 大崎：地震時に危険な砂地盤について、建築技術、  
No. 169、昭。41。6。 4) 建設省建築研究所：鹿児島県住宅供給公社ビル新築敷地における常時微  
動測定、昭。44。9。 5) 同上：同上地盤調査報告書、昭。44。10。 6) 周本：地中における地  
震動、土木学会誌、Vol. 54、No. 12、昭。44。12。など。

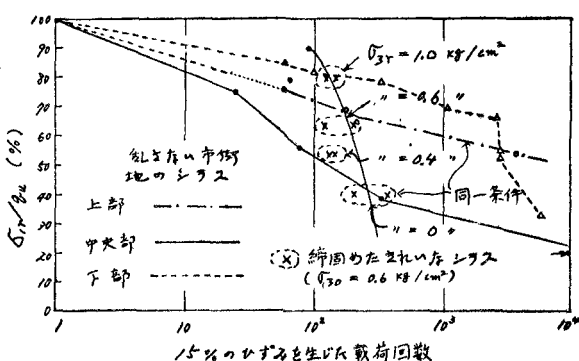


図-9 試料の相違による変形の相違

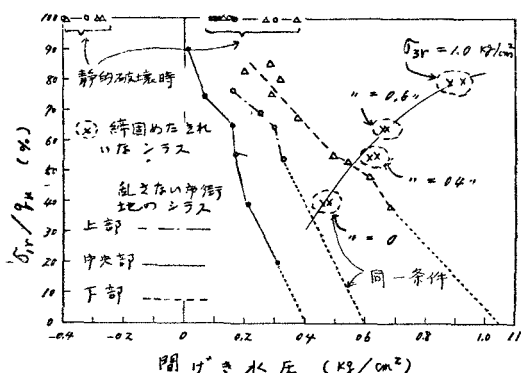


図-10 試料の相違による間けき水圧の相違