

神戸大学工学部

学生会員

○細川浩一

神戸大学大学院

学生会員

江南和彦

神戸大学都市安全研究センター

正会員

吉田信之

神戸大学工学部

正会員

西勝

## 1. はじめに

近年、地盤材料の有効利用や建設コストの削減あるいは施工期間短縮等の観点から、堆積軟岩を盛土材に用いる施工事例が増加しつつある。一方で、脆弱な堆積軟岩を用いた盛土は、耐久性に劣るため水浸作用を受けることで地盤工学的諸問題を生じやすい。そこで、本研究では泥岩盛土材の圧縮沈下特性及びせん断強度特性に及ぼす水浸作用の影響に関する研究を実施した。本報では、本研究を実施するにあたり導入した中型一面せん断試験機および多段階水浸圧縮一面せん断試験の概要、試験結果の一例について概述する。

## 2. 試験機の概要

### (1) 試験機の概要

本研究で使用する中型一面せん断試験機の概要を図-1に示す。本試験機は硬質土及び粗粒土用で、せん断箱、鉛直力載荷装置、せん断力載荷装置、各種測定装置から構成される。図-2にせん断箱周辺の概略を示す。250mm×225mmの断面寸法を有する上下せん断箱内にφ150×100mmの上下分離型モールドを隙間なく挿入できる構造になっている。鉛直力載荷は供試体下端から載荷盤を上昇させることにより行い、せん断力載荷は上部せん断箱及び上部モールドを移動させることにより行う。試験中、供試体内への通水を行うことが可能で、載荷盤を通して供試体下端より注水できる構造となっている。

### (2) 周面摩擦等の測定

一面せん断試験のような側方拘束型の試験では、供試体とモールドの間に働く周面摩擦により鉛直載荷応力は低減される<sup>1)</sup>ことが知られている。試験に先立ち水浸及び非水浸状態の試料に対して実施したキャリブレーションの結果を図-3に示す。供試体下端へ加える荷重が小さい範囲においては載荷重が供試体上端にほとんど伝わってなく、その後は $Q_L$ の増加に伴い $Q_u$ が線形的に増加しているのが理解できる。低荷重域を除く直線域における較正式は非水浸状態で $Q_u = 0.71Q_L - 0.83$ 、水浸状態で $Q_u = 0.83Q_L - 1.10$ となる。ここで周面摩擦力がモールド内で一様に分布すると仮定すれば、供試体に加えられる平均鉛直荷重 $Q_m$ は $Q_m = (Q_u + Q_L)/2$ として求められる。また、せん断過程を実施する際に、上下せん断箱間に生じる摩擦を測定したところ0.03kN程度と非常に小さく、せん断過程を実施する際には誤差範囲として無視できるものとした。

## 3. 試験方法

### (1) 供試体の作製

試料は神戸市北区にある宅地造成現場から採取した第三紀神戸層泥岩である。基本的性質及び締固め特性は表-1に示すとおりである。供試体は、図-4に示す粒度分布に調整した泥岩岩碎を、理想的な締固め管理を想定して締固め度100%の条件で動的に締固めることにより作製した。締固めの際は2.5kgfのランマーを高さ30cmから落下させ、各層44回の突固めを合計3層行った。なお、この時のProctor定義による締固め仕事量は $E_c = 5.6 \text{ cm} \cdot \text{kgf}/\text{cm}^3$ である。

Koichi HOSOKAWA, Kazuhiko ENAMI, Nobuyuki YOSHIDA, Masaru NISHI

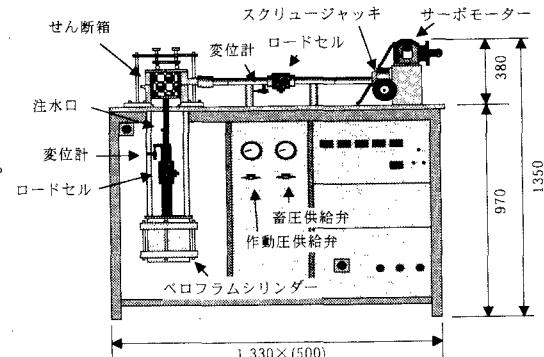


図-1 試験機の概図

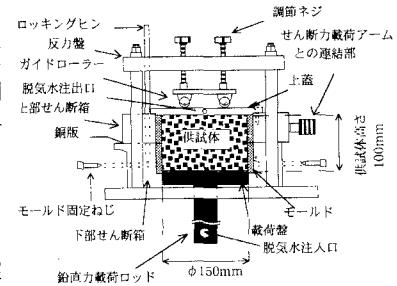


図-2 せん断箱周辺の概図

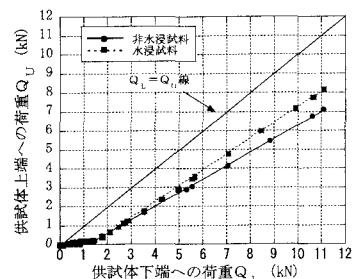


図-3 周面摩擦の測定結果

表-1 試料の物理的性質

自然含水比 (%)	29.3
土粒子密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.474
液性限界 $w_L$ (%)	53.4
塑性限界 $w_p$ (%)	39.0
塑性指数 $I_p$	14.4
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	30.8
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.302

## (2) 多段階圧縮過程

表-2 に多段階水浸圧縮一面せん断試験の試験 case を示す。載荷段階は平均有効鉛直応力で 40、80、160、320、640kPa の 5 段階とする。まず供試体の初期状態を整えるために、各試験 case の試験開始時において平均有効鉛直応力 10kPa による予備載荷を行い、予備載荷終了後に改めて載荷第 1 段階の鉛直応力にて載荷を行った。載荷は各段階において圧縮沈下量がほぼ一定値に落ち着くまで継続し、次の載荷段階に進むようにした。圧縮過程の全載荷段階終了後、同一の平均有効鉛直応力の下で供試体内に脱気水を通水することで水浸圧縮過程を行った。なお、水浸圧縮過程においても圧縮沈下量がほぼ一定値に落ち着くまで載荷及び通水を継続した。

## (3) せん断過程

多段階圧縮過程終了後、引き続き定圧変位制御法にてせん断過程を実施した。せん断速度は供試体の通水性を考慮して 0.05mm/min とし、せん断変位量が 15mm に達するまで試験を継続した。その後、供試体に十分なせん断変位を与えた後に同条件にてせん断を行い残留強度を測定した。なお、あらかじめ上下せん断箱の間にリン青銅を挟んでおき、約 0.2mm のスペーサーを確保しておいた。

## 3. 試験結果及び考察

### (1) 圧縮沈下特性

一例として case-5(水浸)の経過時間一間隙比関係を図-5 に示す。いずれの載荷応力段階においても、圧縮沈下量は約 12 時間後には一定値に落ちているため載荷継続時間は各載荷応力段階とともに約 12 時間としている。図より、いずれの載荷段階においても圧縮沈下はほぼ即時に終了しており、載荷応力の増加に伴う間隙比の減少量は小さいことが理解できる。また、水浸後の継続的な沈下はほとんど見られないことが分かる。これらは、締固め度 100% の条件で供試体を作製したため、空気間隙率が 7% 程度と比較的安定した骨格構造を有していたこと<sup>2)</sup>、また同時に飽和度が 85% 前後と非常に高かったためにスレーキングに起因する構成岩碎片の細粒化が顕著に表れなかった<sup>3)</sup> ことによるものと考えられる。

### (2) せん断強度特性

case5、case5(水浸)におけるせん断応力-変位量関係を図-6 に一例として示す。図中、体積変化量とはせん断に伴う供試体の鉛直変位をせん断過程を実施する直前の供試体高さで除したものである。水浸作用を受けることで若干強度低下しているが、その程度は小さいものであることが分かる。これらは、前述のように供試体の骨格構造が水浸前後でほとんど変化しなかったこと、またスレーキングに起因する構成岩碎片の細粒化や強度低下が顕著に表れなかったことによるものと推測される。

## 4. まとめ

本報では、締固め泥岩岩碎を用いた多段階水浸圧縮一面せん断試験の試験機概要および試験方法について概述し、更に試験結果の一部を紹介した。締固め度 100% 条件においては、供試体は初期飽和度が高く構成岩碎片の比較的安定した構造を有する。そのため水浸作用を受けても圧縮沈下は極めて小さく、また、せん断強度低下の程度も小さいものであったと考えられる。なお、本研究では水浸作用によるせん断強度への影響について試験中の粒度変化や構成岩碎片の強度低下の面からも考察しており、別の機会に報告する予定である。

【参考文献】1) 鬼塚ら：一面せん断試験結果に及ぼす周面摩擦の影響、土木学会第 42 回年次学術講演会、pp. 654 - 655、1990. 2)  
村上：締固めた軟岩材料の力学的安定性に及ぼす岩の性質と締固め度の影響、土木学会論文集、No. 511、III-30、pp. 109 - 116、1995. 3) 村沢ら：新第 3 級泥岩におけるスレーキング特性と飽和度の関係について、第 22 回土質工学研究発表会、pp. 965 - 966、1995.

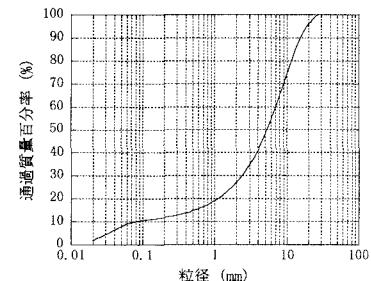


図-4 供試体作製時の粒度分布

表-2 多段階水浸圧縮一面せん断試験試験 case

試験 case	圧縮過程					水浸圧縮過程	せん断過程
	第1段階	第2段階	第3段階	第4段階	第5段階		
case-1	40 (kPa)	*	*	*	*	*	
case-2	40 (kPa)	80 (kPa)	*	*	*	*	
case-3	40 (kPa)	80 (kPa)	160 (kPa)	*	*	*	
case-4	40 (kPa)	80 (kPa)	160 (kPa)	320 (kPa)	*	*	
case-5	40 (kPa)	80 (kPa)	160 (kPa)	320 (kPa)	640 (kPa)	*	
case-1(水浸)	40 (kPa)	-	-	-	-	40 (kPa)	
case-2(水浸)	40 (kPa)	-	-	-	-	80 (kPa)	
case-3(水浸)	40 (kPa)	-	-	-	-	160 (kPa)	
case-4(水浸)	40 (kPa)	-	-	-	-	320 (kPa)	
case-5(水浸)	40 (kPa)	-	-	-	-	640 (kPa)	

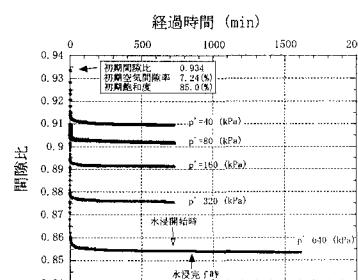


図-5 経過時間 - 間隙比関係

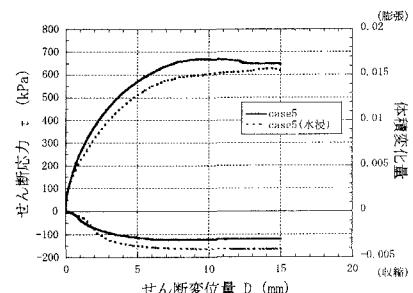


図-6 せん断応力-変位量関係