

## 定体積条件における砂岩層理面の繰り返しせん断特性

繰り返しせん断試験, せん断強さ, 層理面

奥山ボーリング株式会社	正会員	○藤井 登
〃	正会員	小松順一
群馬大学大学院	国際会員	若井明彦
奥山ボーリング株式会社		田中頼博
〃		阿部真郎

## 1. はじめに

地震時岩盤すべりの発生機構やすべり面のせん断特性に関するこれまでの報告<sup>1),2)</sup>は, 主に層理面に砂層等を挟在している現場を対象としており, 挟在物が存在しない現場を対象とした報告はない。そこで筆者らは, 2007年新潟県中越沖地震によって初生的な岩盤すべりが発生した, 聖ヶ鼻地区の挟在物が存在しない砂岩層理面を対象として定体積条件での繰り返し一面せん断試験を実施し, せん断特性の把握を試みた。地震動によって層理面から垂直方向に剥離した状態に相当する剥離試料と不攪乱試料とのせん断強度の差違, および挟在物が存在する場合との繰り返しせん断挙動の差違に着目し, それが地震時岩盤すべりに及ぼす影響について考察した。

## 2. 試験方法

## 1) 試験試料

不攪乱試料と層理面から分離した剥離試料, さらに剥離試料については層理面の凹凸の大きさで区分して, 凹凸が1mm未満のほぼ平坦な試料と2~3mm程度の試料とした。

## 2) 試験装置および試験条件

試験装置: コンピュータによる自動制御および記録が可能なH-III型繰り返し一面せん断試験機を用いた。

試験条件: ① 供試体寸法・・・高さ30mm, 直径60mmの円盤状。

② せん断箱隙間・・・層理面がほぼ平坦な剥離試料は1mmと3mm, ほかは3mm。

③ せん断条件・・・定体積, 初期垂直応力: 40kPa, 80kPa, 120kPa, 片振幅6mm, せん断速度0.2mm/min, 繰り返し回数10回。

## 3. 試験結果と考察

## 1) 砂岩および砂岩層理面の力学・物理性状

砂岩の一軸圧縮強度は約4,100kN/m<sup>2</sup>, 層理面の引張り強度は約235kN/m<sup>2</sup>が測定されている。今後, 動的試験を含めた追加試験により, 岩盤の層理面からの剥離に関して, 地震動の強さと層理面の引張り強度の関係から検討する必要がある。粒度構成は層理面Ⅲの砂分約80%で, 細砂分が60%を占め, 中砂分が20%である。層理面Ⅰ, Ⅱより砂分が20%程多い(表.1)。

表.1 砂岩および砂岩層理面の力学・物理性状

砂 岩	一軸圧縮強度	≒4,100kN/m <sup>2</sup>	
	湿潤密度	19.5~19.8kN/m <sup>3</sup>	
砂 岩 層 理 面	引張り強度	≒235kN/m <sup>2</sup>	
	粒度構成	層理面Ⅰ	砂分55%(細砂51%、中砂4%)
		層理面Ⅱ	砂分62%(細砂58%、中砂4%)
		層理面Ⅲ	砂分81%(細砂60%、中砂20%、粗砂1%)

## 2) 繰り返し一面せん断試験結果

図-1はせん断変位~応力関係図, 垂直応力~せん断応力関係図の一例である。上段a)の不攪乱試料の場合はせん断変位3mm付近までせん断応力, 垂直応力とも急激に増加して明瞭なピークを示したあと, 急激に減少する。その後の変化は緩やかである。下段b)の層理面がほぼ平坦な剥離試料の場合はせん断応力, 垂直応力とも不攪乱試料に較べて緩やかな変化を示し, せん断応力は明瞭なピークを示さない。ピーク強度までの垂直応力は減少傾向を示し, 不攪乱試料とは異なっている。せん断の繰り返しに伴うせん断応力の低下は両試料とも顕著であり, 10回の繰り返しせん断で残留状態に至っており, 砂層等を挟在する試料と同じ挙動を示した。

図-2は層理面Ⅰの $\sigma \sim \tau$ 関係からせん断強度パラメータを求めた一例である。a)の不攪乱試料はせん断抵抗角 $\phi' = 46^\circ$ , 粘着力 $C' = 220\text{kN/m}^2$ を示し, b)の剥離試料の $\phi' = 29^\circ$ ,  $C' = 15\text{kN/m}^2$ に較べて大きい値を示す。

表.2は今回の試験により得られたピーク時のせん断強度パラメータであり, この値を求めた $\sigma \sim \tau$ 関係図を図-3に示した。剥離試料のせん断強度パラメータは不攪乱試料に較べて著しく小さい。剥離試料の, 凹凸が存在する層理面の

Cyclic shear characteristic in bedding plane of sandstone under the constant volume condison.

Noboru Fujii, Junichi Komatsu(Okuyama Boring Co.,Ltd.), Akihiko Wakai(Gunma Univ), Norihiro Tanaka, Shinro Abe(Okuyama Boring Co.,Ltd.)

せん断強度パラメータはほぼ平坦な試料に較べて $\phi'$ で $10^\circ$ 程度大きい値を示す。せん断箱隙間の大きさによるせん断強度パラメータの差違は $\phi'$ で $3^\circ$ 以下、 $C'$ で $10\text{kN/m}^2$ 以下である。岩盤試料であることを考えれば、大きな差違ではないと考えるが、今後、データを蓄積して解析する必要がある。試料漏れはごくわずかであり、せん断箱隙間の大きさによる差違は認められなかったが、固結度が小さい場合ほど層理面の凹凸と同じ程度の隙間に抑え、試料漏れ対策を優先すべきであるとする。

不攪乱試料においては層理面 I、II と層理面 III での差違が顕著である。すなわち、層理面 III の $\phi'$ は $65^\circ$ と大きく、I、II に較べて $20^\circ$ 程度大きい。逆に $C'$ はほぼゼロに近く、約 $200\sim 500\text{kN/m}^2$ を示す層理面 I、II より著しく小さい。剥離試料においてはすべり面となった層理面 I のせん断強度パラメータが小さい値を示した。粒度構成との関連性については今後の課題である。

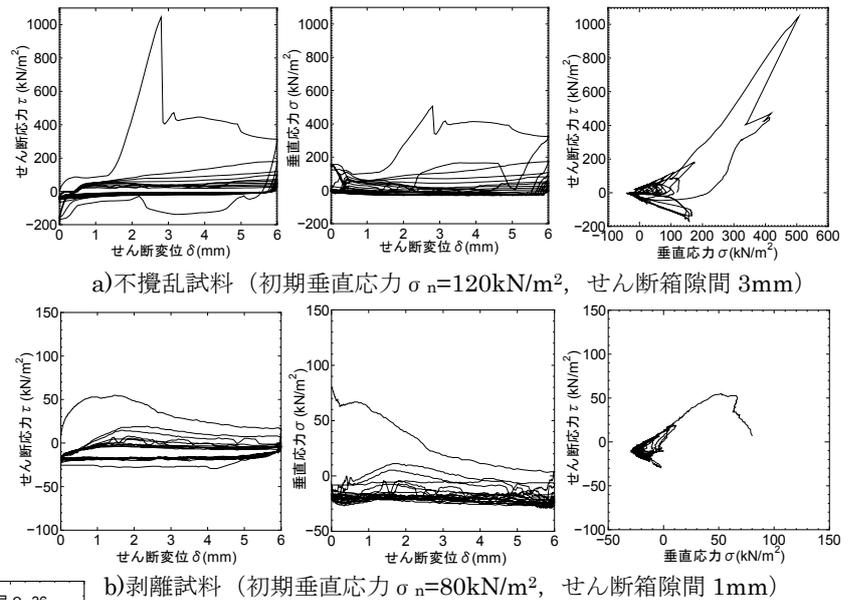


図-1 試験結果の一例

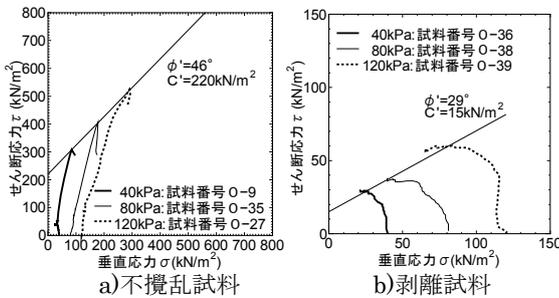


図-2  $\sigma \sim \tau$  関係図一例 (層理面 I, せん断箱隙間 3mm)

表.2 各層理面のピーク時せん断強度パラメータ

隙間	$\phi', C'$	層理面 I			層理面 II			層理面 III		
		不攪乱	剥離 (凹凸)	剥離 (平坦)	不攪乱	剥離 (凹凸)	剥離 (平坦)	不攪乱	剥離 (凹凸)	剥離 (平坦)
1mm	$\phi' (^{\circ})$			32			34			33
	$C' (\text{kN/m}^2)$			8			34			29
3mm	$\phi' (^{\circ})$	46	試験中	29	44	48	35	65	44	35
	$C' (\text{kN/m}^2)$	220		15	554	5	24	8	24	30

#### 4. あとがき

挟在物が存在しない砂岩層理面における定体積条件での繰り返し一面せん断試験のピーク時せん断強度は、岩塊が層理面から垂直方向に分離することにより著しく低下し、さらにせん断が繰り返されることによって砂層を挟在する場合と同様、時刻歴的に低下していくことが明らかになった。今後の安定度解析に有用であるとともに、地震時岩盤すべりの発生機構を示している可能性があり、数値解析により検証したい。

参考文献；1) 若井明彦, 鶴飼恵三, 尾上篤生, 樋口邦弘, 黒田清一郎：層理面のひずみ軟化挙動に起因する流れ盤斜面の地震時崩壊の有限要素シミュレーション, 地すべり学会誌, 第44巻, 第3号, pp1-11, 2007.

2) 佐々恭二, 福岡 浩, 汪 発武, 王 功輝：平成16年新潟県中越地震により発生した再活動地すべり地における高速地すべり発生・運動機構, 地すべり学会誌, 第44巻, 第2号, pp1-8, 2007.

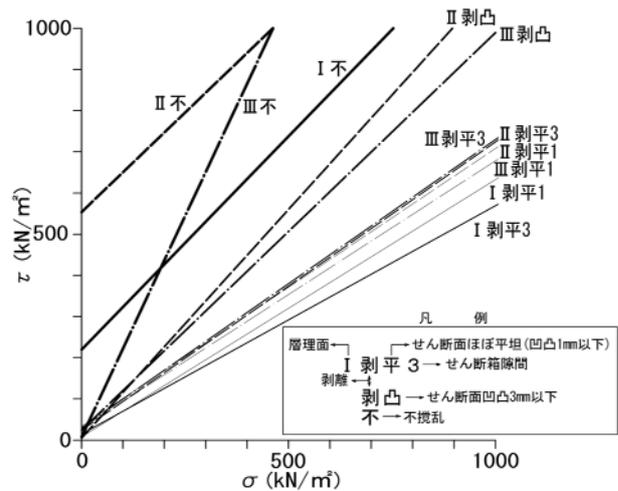


図-3  $\sigma \sim \tau$  関係図