

関門層群安山岩質凝灰岩の道路法面等の安定に関する研究

山口大学大学院 ○神谷 知佳  
 山口大学大学院 正会員 鈴木 素之  
 山口大学大学院 太田 岳洋  
 (株)ケイズラブ 河内 義文

1. はじめに

山口県下関市～萩市にかけて白亜系の関門層群が広く分布している(図-1)。また、関門層群の一部は切土やボーリング調査により地下数十mまで強風化するケースが認められている<sup>1)</sup>。これまで強風化した関門層群の斜面の切土に伴い、切土中・切土後に崩壊やすべりが発生しており、施工時の安全性や経済性に影響を与えてきた。今後も関門層群分布域で切土が予定されていることから、本調査では特に切土法面の安定と切土発生土の利用の2項目に大別して検討した。

2. 地形地質概要

調査地周辺は比較的平坦な土地～小丘陵地からなり、中生代白亜紀前期の堆積岩優勢の脇野亜層群(Kw)と下関亜層群下部層(Kss)、火成岩優勢の下関亜層群上部層(Ksv)が分布している(図-2)。サンプリングを実施した長大切土のり面が計画されている地点(図-3)は、下関亜層群上部層(Ksv)の火成岩優勢層が広く分布する。

3. 調査および実験概要 / 検討方法

切土法面の安定に関しては、コア観察、顕微鏡薄片観察、X線回折試験、一面せん断試験、スレーキング試験を実施した。X線回折試験では、全岩試料、水簸試料およびエチレングリコール処理試料を用いた。一面せん断試験の試料は、自然斜面を1mベンチカットした場所から不攪乱試料として採取したものをを用いた。試験条件はせん断速度0.02mm/min、垂直応力50kPa、100kPa、150kPaに設定した。スレーキング試験は、より現場に近い条件を再現するために地盤工学会より提唱されている岩石のスレーキング試験方法(案)を用いて実験した。

切土発生土の利用検討に関しては、締固めによる土の突固め試験、三軸圧縮試験、CBR試験を実施した。突固め試験はA-c法により実施した。三軸圧縮試験は切土法面で起きる崩壊を再現するためにCUbar試験を採用し、ひずみ速度は0.05%/min、圧密応力は50kN/m<sup>2</sup>、100kN/m<sup>2</sup>、150kN/m<sup>2</sup>とした。CBR試験は盛土材としての利用を想定しているため、設計CBR値を求めた。

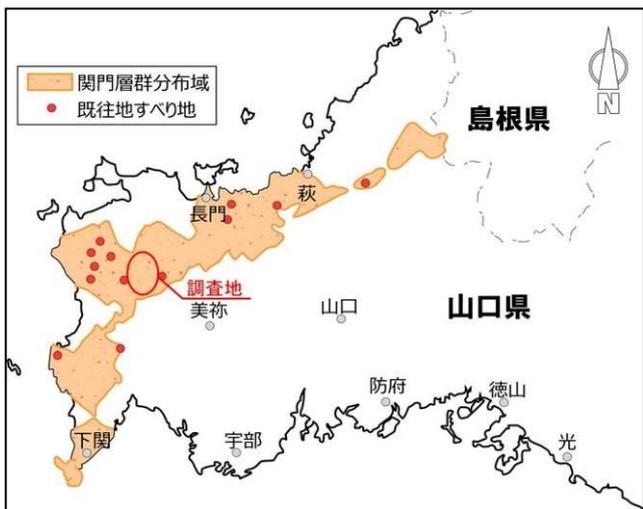


図-1 地すべり位置図



図-2 山口県地質図<sup>2)</sup>

キーワード 法面, 切土, 風化, 強風化

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 神谷知佳

TEL : 0836-85-9316

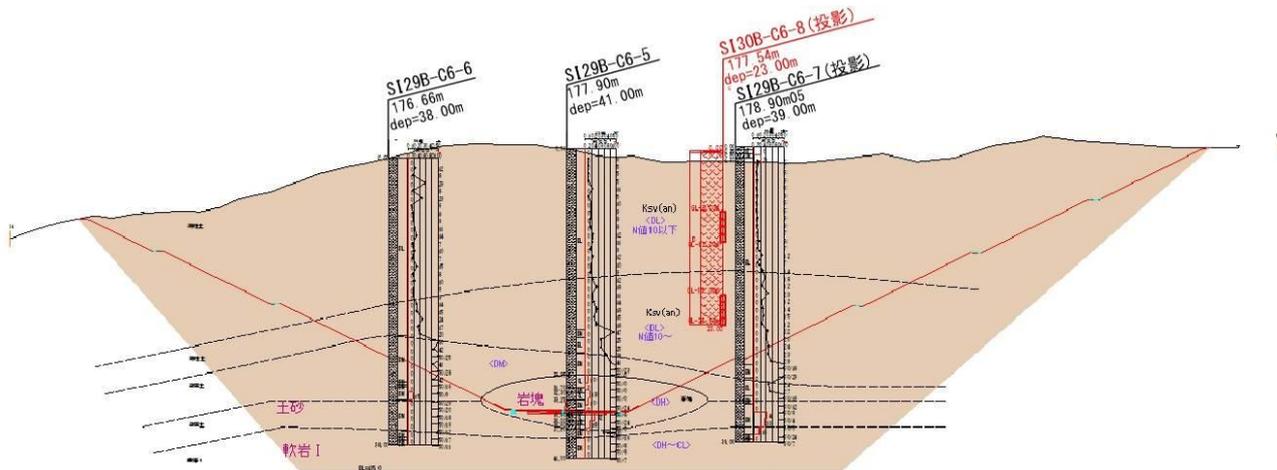


図-3 長大切土法面断面図

#### 4. 調査結果

##### 4.1 切土法面の安定に関わる試験

###### (1) ボーリング結果

両切りの長大切土が予定されている地点を横断するように4本のボーリングが実施されている(図-3)<sup>3)</sup>。中央のSI29B-C6-5のコア試料では、表層からGL-24mまで赤褐色を呈する強風化した安山岩が分布する。N値もGL-24mまでは20以下である。GL-24m以深では黄褐色～褐灰色になり、徐々にN値が大きくなり、岩塊を含む29m以深はRQDが0%でもN値50を得られた。

###### (2) 顕微鏡薄片観察

GL-29.9~37.1付近にある比較的新鮮な岩石を、風化前の原岩と仮定して、薄片観察を実施した。岩石としては安山岩であり、主な斑晶は斜長石・普通角閃石・単斜輝石・不透明鉱物が認められた。一部は緑泥石に変質していたり、完全に變質して粒状～柱状の仮像を呈するものが認められた。

###### (3) X線回折試験

石英とカオリンは普遍的に含まれているのに対し、雲母・斜長石・輝石・スメクタイト・緑泥石の組み合わせは深度により異なる。特に石英・カオリン・斜長石・雲母・輝石の組み合わせが認められる約24m以深ではN値も相対的に大きくなる傾向が認められた。

###### (4) 一面せん断試験

図-4に示すせん断変位 $D$ とせん断応力 $\tau$ の関係において、初期垂直応力 $\sigma_{v0}=100\text{kPa}$ 以外は、せん断応力が明瞭なピークを示さなかった。同様に $D$ と垂直変位 $\Delta H$ の関係においては、 $\sigma_{v0}=50\text{kPa}$ と $100\text{kPa}$ では $D=2\text{mm}$ 辺りから $\Delta H$ が落ち着くのに対して $\sigma_{v0}=150\text{kPa}$ では収縮する傾向が続いた。なお、試験から得られた強度定数は $c_d=40\text{ kN/m}^2$ 、 $\phi_d=35^\circ$ であった(図-5)。

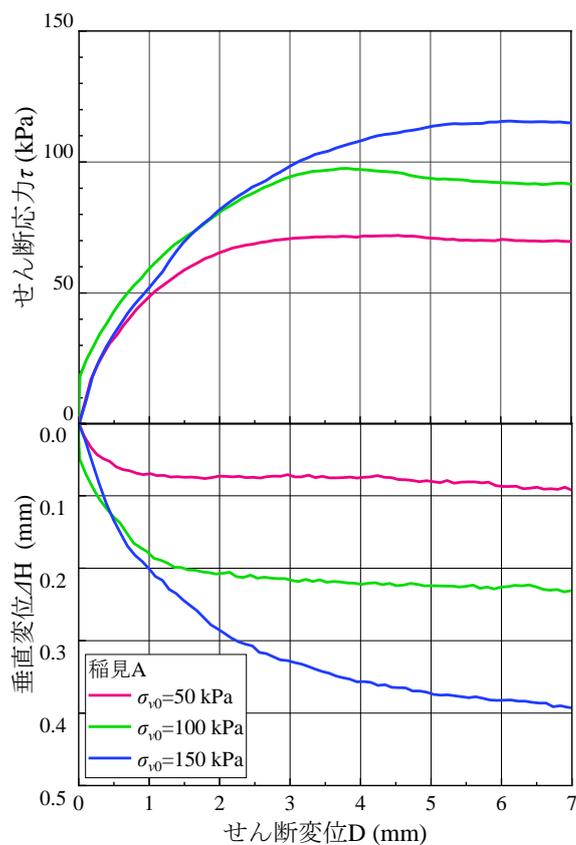


図-4 せん断変位・せん断応力～垂直変位関係

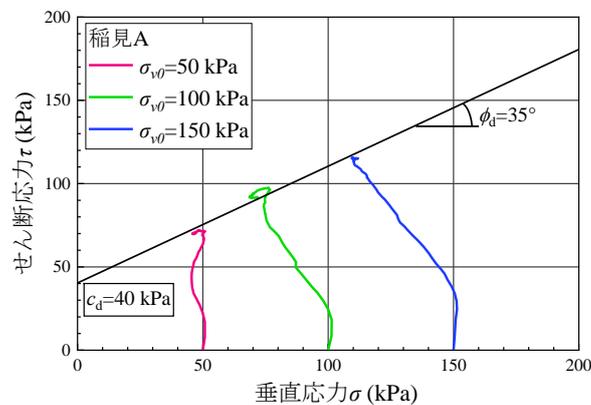


図-5 せん断強さ～垂直応力関係

### (5) スレーキング試験

図-3の断面図に示す中央のボーリング2本において岩塊のない29m以浅のうち、任意の深度のサンプルに対してスレーキング試験を実施した。水浸してから数分~60分で、多くのサンプルはほぼ砂状になってしまい、24時間後には完全にコアの形状が分からないスレーキングレベル4に達した(図-6)。

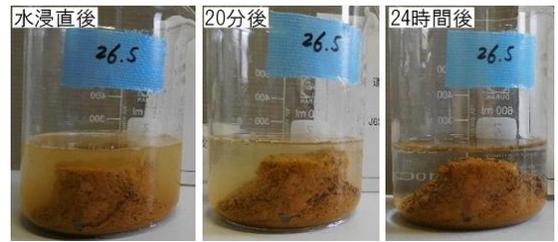


図-6 スレーキング試験経過写真 (SI29B-C6-5 深度 26.5m)

## 4.2 切土発生土の利用に関わる試験

### (1) 突固めによる土の締固め試験

掘削土を再現するために、計画路線の近傍3箇所から採取した乱した試料で試験をしたところ、本線に近い箇所の試料では最大乾燥密度は $\rho_{dmax}=1.389g/cm^3$ 、最適含水比 $w_{opt}=32.8\%$ であった。自然含水比は $w_n=36.8\%$ であり、最適含水比は自然含水比を下回る結果となった(図-7)。他の2箇所も同様の結果を示した。

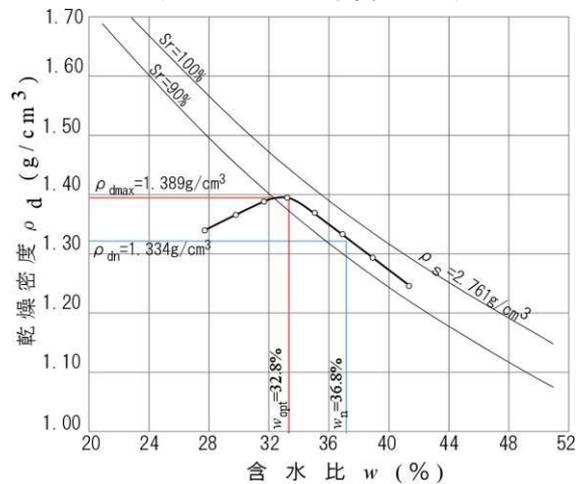


図-7 乾燥密度-含水比関係

### (2) 三軸圧縮試験 (CUbar)

表-1に示す三軸圧縮試験結果が得られた。

表-1 三軸圧縮試験結果 (CUbar)

### (3) CBR 試験

含水比調整をせずに突固めて求めた設計 CBR 値は 1.7%であった(表-1)。これは路床の設計 CBR 基準値 3%を下回る結果となった(表-2)。

	全応力			有効応力	
	c kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ °	tan $\phi$	c' kN/m <sup>2</sup>	$\phi'$ °
正規圧密領域	16.0	18.2	0.392	18.6	28.7

表-2 各交通量区分における設計 CBR に対して必要とする等値換算厚 TA (設計機関 10 年の場合) (信頼度 90%) 関係<sup>4)</sup>

## 5. まとめ

切土法面の安定に関して、一面せん断試験よりせん断過程において負のダイレイタンスを示したことから、締りが緩いことが分かった。試験より得られた強度定数 c,  $\phi$  の値は十分な強度をもっているようにみえるが、これは自然含水比が維持されている場合である。スレーキング試験において、40±5℃で48時間乾燥させてから水浸させると小一時間で原形をとどめていられないほど崩壊が急速に進行した。これは、風化に対する抵抗性が特に小さいことを示す。以上の結果より、現場においては、切った法面は長時間放置せず、できるだけすぐに保護工を施したほうが安全であることが分かった。

切土発生土の利用に関して、土質試験より、最適含水比が自然含水比よりも小さくなることや、設計 CBR 値が 3 を下回ることから、掘削土を盛土材として使用する場合は安定処理が必要なことが分かった。また、今回は透水試験を実施していないが、三軸圧縮試験結果から、締固めれば、ため池などの遮水材料としての強度は確保できる可能性が示された。

今後は、これらの結果をもとに試験切土や動態観測による

舗装計画交通量 (台/日・方向)	設計CBR (%)					
	3	4	6	8	12	20
N <sub>7</sub> 3,000以上	45	41	37	34	30	26
N <sub>6</sub> 1,000以上3,000未満	35	32	28	26	23	20
N <sub>5</sub> 250以上1,000未満	26	24	21	19	17	15
N <sub>4</sub> 100以上250未満	19	18	16	14	13	11
N <sub>3</sub> 40以上100未満	15	14	12	11	10*	9*
N <sub>2</sub> 15以上40未満	12	11	10*	9*	8*	7*
N <sub>1</sub> 15未満	9*	9*	8*	7*	7*	7*

切土前後の地山状況および法面の挙動を把握する予定である。

また、関門層群における切土の検討手順をフローチャートに示すことで、安全性・経済性の向上につながればと考える。

### 【引用・参考文献】

- 河内義文, 竹田直樹, 鈴木素之, 山本哲朗, 田上愛仁: 関門層群頁岩風化土からなる切土法面の崩壊, 第39回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.2145-2146, 2004.
- 西村祐二郎, 今岡照喜, 金折裕司, 亀谷敦: 山口県地質図第3版(15万分の1)及び同説明書, 山口地質学会, 2012.
- 基礎地盤コンサルタンツ株式会社: 豊田地区地質調査業務報告書, 2019.
- 日本道路協会: 舗装設計便覧, pp.60-84, 2006.