

## 地山風化層が切土のり面工に作用させる土圧の実験的評価

鉄道総研○(正)太田直之 (フェロー)杉山友康

(正)輿水 聡 (正)高柳 剛

国土舘大学(フェロー)岡田勝也

大林組 (正)山田祐樹 (正)山本 彰 (正)粕谷悠紀

### 1. はじめに

開業後数十年が経過した線区の切土のり面では、のり面工背面の地山が著しく風化していることがある。この場合、風化が進行して地山深部まで土砂化すると、風化層による土圧にのり面工が耐えられなくなり、崩壊に至ることが懸念される。このため、このような切土のり面の健全度評価にあたっては、地山の風化を考慮してのり面工の安定性を評価する必要がある。そこで、地山の風化の進行程度からのり面工の安定性を評価する手法を作成することを目的として、これまで研究を進めてきた<sup>1)~5)</sup>。

本報告では、風化した地山がその前面に施工された切土のり面工に作用させる土圧の特性を明らかにするために実施した模型実験の結果について述べる。

### 2. 実験方法の概要

実験に用いた土槽を図-1に示す。土槽の内寸は巾0.5m、高さ1.5mであり、土槽の奥行きを0.15mから1mの範囲で変化させ、異なる厚さの風化層に対応した実験を行うことができる。土槽の前面には7枚、底面には奥行きによって異なる枚数の受圧板を設置し、高さ方向の土圧分布をおよび土槽底面に作用する土圧を測定できる。この土槽に、風化層を模擬する試料を空中落下法により投入し、受圧板に作用する土圧を測定した。土槽の詳細は既報<sup>1)~3)</sup>を参照されたい。

実験ケースを表-1に示す。実験では、風化層の厚さ、風化層の材質(砂および礫)、壁面摩擦、のり面勾配をパラメータとして実験を行った。実験で用いた試料は、硅砂(内部摩擦角 $\phi=38.1^\circ$ )および碎石(内部摩擦角 $\phi=46.4^\circ$ )の二種類である。実験条件上、碎石は岩盤が風化して粒状材料になった状態を、また、硅砂は碎石が模擬する風化状態からさらに風化が進行して細粒化し、内部摩擦角が低下した状態を模擬するものと位置づけた。各実験ケースとも試料によらず目標相対密度 $Dr=60\%$ として模擬風化層を作成した。

また、風化層がのり面工および地山新鮮部から受ける上向きの摩擦力の影響を把握するために、土槽内面にテフロンシートまたは摩擦材を貼り付けて実験を行った。別途実施した試験により、テフロンシート~硅砂間の摩擦角は $23.3^\circ$ 、摩擦材~硅砂間の摩擦角は $38.6^\circ$ が得られている。

また、土槽の奥行きを0.15mに固定した上記の土槽と同様の測定性能を有し、勾配を変化させることが可能な図-1(b)のような土槽を用いて、のり面勾配をパラメータとした実験も実施した。



(a) 鉛直土槽 (b) 傾斜土槽

図-1 実験土槽

表-1 実験ケース

	case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8
のり面勾配	90	90	90	90	90	90	80	70
試料種別	硅砂	硅砂	硅砂	碎石	硅砂	碎石	硅砂	硅砂
土槽奥行き(m)	0.15	0.3	1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
内部摩擦角( $^\circ$ )	38.1	38.1	38.1	46.4	38.1	46.4	38.1	38.1
壁面材料	テフロン	テフロン	テフロン	テフロン	摩擦材	摩擦材	テフロン	テフロン
壁面摩擦角( $^\circ$ )	23.3	23.3	23.3	23.3	38.6	38.6	23.3	23.3
着目点	基本	風化厚さ	風化厚さ	試料	壁面摩擦	壁面摩擦	勾配	勾配

キーワード 切土, のり面工, 静止土圧

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 42-8-38 TEL 042-573-7263

3. 実験結果

case1 から case3 の実験結果を図-2 に示す。図中には、高さ  
と単位体積重量から単純に求めた水平方向の静止土圧を比較  
のために示した。ここで、静止土圧係数  $K_0$  はヤーキーの経験  
式 ( $K_0=1-\sin\phi$ ) より求めた値を用いている。いずれの風化  
厚さでも模型の下方では土圧が一定値に漸近することがわか  
る。また、風化厚さが薄いほど土圧の減少量が大きく、風化  
厚さ 0.15m の場合には単純静止土圧の 1/3 程度にまで土圧が  
低減している。これらの実験結果は、のり面の高さに対して  
風化層が薄い場合には、のり面工および地山新鮮部が風化層  
を拘束することにより発生するいわゆるサイロ効果  $\tau$  の影響  
が大きく作用し、下向きの土圧が低減されることを示してい  
る。サイロ効果は以下の式で表すことができる。

$$\tau = \mu K_0 P \quad \dots (式1)$$

ここで、 $\mu$  : 周面摩擦係数、 $P$  : 鉛直土圧 ( $\text{kN/m}^2$ ) である。

図-2 中には、単純静止土圧を基にサイロ効果による土圧低  
減分を考慮して求めた計算値を示したが、実験結果と計算結  
果とはよく一致していることがわかる。

case1、case4、case5、case6 の実験結果を図-3 に示す。硅砂  
および碎石を用いた実験結果に顕著な差異は見られず、実験  
に用いた硅砂と碎石については、内部摩擦角をはじめとする  
土質の違いが土圧に及ぼす影響は小さいことがわかる。一方、  
壁面摩擦の影響は顕著であり、摩擦材を用いた場合の土圧は  
テフロンを用いた場合の 1/2 から 2/3 程度に減少している。  
また、これらの実験結果についても、サイロ効果を考慮して  
算定した土圧を示したが、これらの場合についても計算結果  
は実験結果と一致していることがわかる。

case1、case7、case8 の実験結果を図-4 に示す。のり面下方  
で土圧が一定値に漸近する傾向を示しており、土槽下方ほど  
勾配による差異が顕著に表れている。勾配  $80^\circ$  の場合、土槽  
下端付近の土圧は  $90^\circ$  の場合の 2/3 程度に、勾配  $70^\circ$  の場合は 1/2 程度にと、勾配が緩くなるに従い土圧が低  
下している。勾配が緩くなると、のり面工によるサイロ効果が減少する一方で、新鮮部境界面からの摩擦抵抗  
が増加すると考えられ、サイロ効果を考慮した土圧算定方法の適用範囲を検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

風化厚さ、風化層の内部摩擦角、壁面摩擦、のり面勾配に着目した模型実験の結果、いずれの場合もサイロ  
効果を考慮することでのり面工に作用する風化層の土圧をほぼ推定できること、また、風化厚さ、壁面摩擦、  
のり面勾配が土圧に及ぼす影響に比較して、内部摩擦角が及ぼす影響が小さいことが明らかになった。

今後、実験結果の実物大への適応性を検討するとともに、サイロ効果等を考慮した土圧推定式を用いて、各  
種の条件に適用可能なのり面工健全度評価方法を検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 高柳剛ほか：切土のり面風化層に発生する静止土圧に着目した基礎的な土圧実験，第 63 回土木学会年次学術講演会概要集，2008。
- 2) 奥水聡ほか：のり面工背面の風化層が作用する土圧に着目した基礎的な模型実験，第 44 回地盤工学研究発表会，2009。
- 3) 高柳剛ほか：のり面の風化層が作用する土圧に関する検討，第 44 回地盤工学研究発表会，2009。
- 4) 太田直之ほか：切土のり面工背面の地山調査への電磁波探査の適用性，第 44 回地盤工学研究発表会，2009
- 5) 奥水聡ほか：シュミットテストハンマーによる張コンクリートの強度調査，第 64 回土木学会年次学術講演会概要集，2009 投稿中。

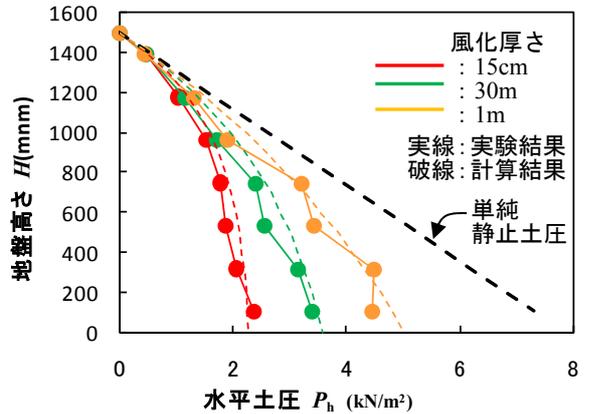


図-2 風化厚さの影響

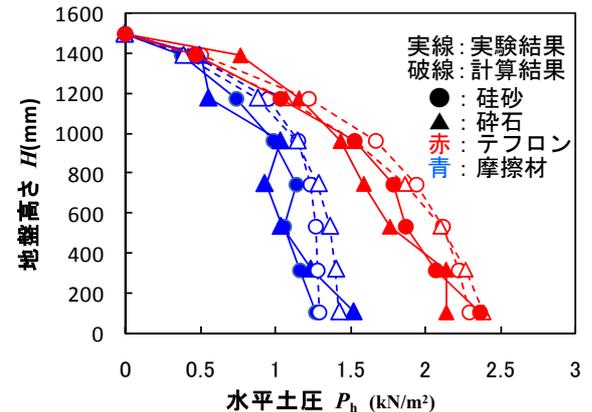


図-3 試料の種類および壁面摩擦の影響

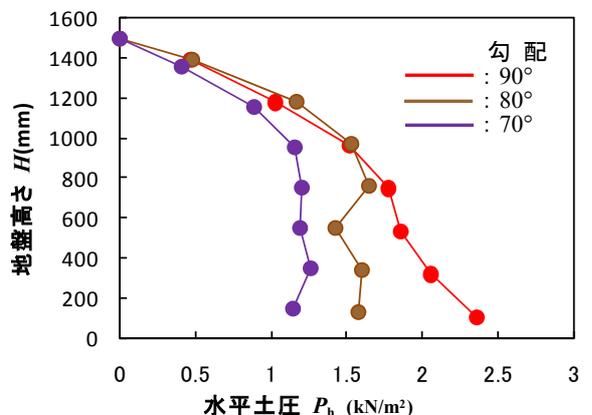


図-4 のり面勾配の影響