

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

(財)鉄道総合技術研究所 (正)○高柳 剛 (正)太田 直之 (正)輿水 聡 (フェロー)杉山 友康
 国土舘大学 (フェロー)岡田 勝也
 (株)大林組 (正)山田 祐樹 (正)山本 彰

1. はじめに

モルタル吹付工などに代表される切土のり面工は、一般的に表面の侵食や風化防止を目的として用いられるため、抗土圧構造物として設計されることはない。一方で施工後数十年が経過したのり面工の背面を調べると、地山の表層部分が風化している場合がある。風化の進行が著しい場合には、のり面工に対して土砂化した地山が負荷をかけることになり、のり面工の破壊および風化層の崩壊に繋がる懸念がある。

そこで、地山の風化程度に基づくのり面工の健全度評価法の確立を目指し、風化層によりのり面工に作用する土圧の特性を把握するための基礎実験として、模型地盤を用いた静止土圧測定実験を行った。

2. 実験設備

模型地盤の作成には、高さ約 1.5m、幅 0.5m、奥行き 1m の鋼製土槽を用いた(図1, 図2)。背面板は可動式であり、前面板との距離を調節することで任意の厚さの模擬風化地盤の構築が可能である。のり面工に作用する土圧を測定するために、土槽前面に同一幅の受圧板(圧力計)を縦方向に7枚設置した。また、土槽底面にも受圧板を4枚設置して鉛直土圧を測定した。なお、土槽内部の表面にはテフロンシートを貼り付けることで、可能な限り土槽壁面の摩擦を低減した。

模擬風化地盤の材料として、6号珪砂を採用した。砂の主な物理特性は、土粒子密度 $\rho_s=2.627$ (g/cm³)、内部摩擦角 $\phi=38.1^\circ$ である。また、ヤーキーの経験式より砂地盤の静止土圧係数は $k_0=1-\sin\phi=0.385$ と算定される。

3. 実験手順

本実験では、模擬風化地盤として土槽に一定厚さの砂地盤を鉛直方向に構築し、土槽前面および底面に作用する静止土圧を測定した。地盤の目標相対密度を一律に 60(%)と設定し、風化層厚さの異なる地盤を3ケース(15,30,100(cm))作成し、それぞれのケースにおける静止土圧を測定した。本実験における実験手順は以下の通りである。①土槽の厚さを調整し、前面の受圧板を2段目まで組み上げる。②空中落下法を用いて一定高さから砂を降らせ、砂投入量および壁面土圧を計測しつつ、一層を 10cm 高さとして砂地盤を構築する。③一層分構築ごとに地盤高さを測定して相対密度を確認する。④地盤の構築高さに沿って前面受圧板を順次組み上げる。⑤所定の高さまで地盤を構築した後、天端を整形する。

4. 実験結果

各実験ケースの地盤の相対密度は 50～60(%)の範囲内にあり、実験結果に与える影響は比較的小さいと判断した(表1)。

各実験ケースで測定した土槽底面への鉛直土圧および前面への側方静止土圧を図3、図4に示す。全ての実験ケースで、一定厚さ



図1 実験状況

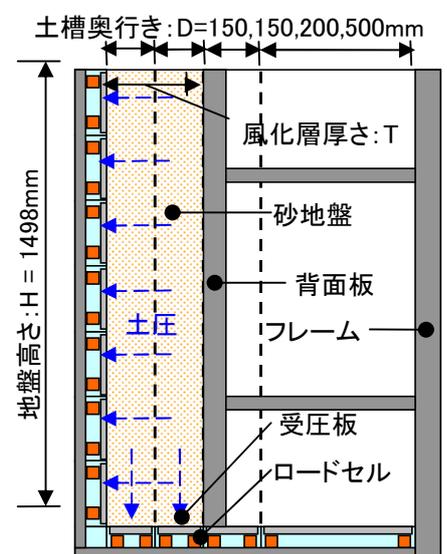


図2 土槽図面

表1 実験ケース一覧

実験ケース	風化層厚さ T (cm)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	相対密度 Dr (%)	内部摩擦角 ϕ (°)
ケース1	15	1.415	60.3	38
ケース2	30	1.390	52.1	38
ケース3	100	1.396	54.0	38

キーワード のり面, 静止土圧, 風化, 鉄道, 模型実験

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 Tel: (042) 573-7263

の模擬風化地盤における底面鉛直土圧および前面側方土圧は、無限長の様な砂地盤における静止土圧の理論値と比較して低減している。また実験ケースごとに比較すると、地盤厚さが薄いケースほど静止土圧が大きく低減することがわかる。静止土圧が地盤厚さに依存して低減する原因としては、土槽周面の摩擦抵抗の影響、またアーチ効果に代表されるような土粒子の構造配列による抵抗などが考えられる。図4に示されるように土圧が深さ方向に連続して低減する傾向から、土圧低減の原因としては摩擦抵抗の影響が大きいと推測される。そこで、土圧理論値と土圧実験値を比較した場合の土圧の低減分より、以下のように周面摩擦係数の逆算定を試みた(式1)。

$$\mu = \frac{(p_{vi} - p_{ve}) \times A_0}{\int_0^H p_{he} \times L} \quad \dots(式1)$$

μ : 周面摩擦係数 p_{vi} : 底面土圧理論値 (kN/m²)

p_{ve} : 底面土圧実験値(kN/m²) p_{he} : 前面土圧実験値(kN/m²)

L : 周面長さ(m) A_0 : 地盤底面積(m²) H : 構築地盤高さ(m)

周面摩擦係数の算定結果を図5に示す。すべてのケースで摩擦係数については約 0.3 と算定された。各ケースの壁面状態は同一であるため、この結果は概ね妥当であると考えられる。この摩擦係数を用いて周面摩擦抵抗による影響を考慮した静止土圧を以下の算定式(式3)より求めた。この算定式は、距離に対する鉛直土圧の変化率が、地盤の単位体積重量と周面摩擦抵抗の合計と釣り合うとした以下の微分方程式(式2)より導き出される。

$$\frac{dp_v}{dx} = \gamma - \frac{L}{A_0} \mu k_0 p \quad \dots(式2)$$

$$p_v = \frac{\gamma(1 - e^{-\omega x})}{\omega} \quad (x=0, p=0) \quad \dots(式3)$$

p_v : 鉛直土圧 (kN/m²) x : 深さ距離(m) ω : $L\mu k_0/A_0$

γ : 単位体積重量(kN/m³) k_0 : 静止土圧係数

以上の鉛直土圧算定式と静止土圧係数を用いることで側方静止土圧 p_h の解析が可能である。側方静止土圧の解析値と実験値の比較を図4に示す。ケースごとに静止土圧の実験結果と解析値は概ね一致しており、周面摩擦抵抗の影響を考慮した静止土圧解析の再現性が確認された。一定厚さで鉛直方向に構築され、かつ周面が拘束された条件における砂地盤においては、側方静止土圧は主に周面積と摩擦係数(土圧低減係数)に依存して低減し、最終的に一定値に収束すると理解できる。

5. まとめ

本実験から、一定厚さの風化地盤がのり面工に作用する静止土圧は、風化層厚さ(周面積)と周面の抵抗特性に依存して、単純な静止土圧の理論値よりも低減することが明らかとなった。今後は、現場で利用可能なのり面工の健全度評価法の確立を目指して、地盤の傾斜角度、土槽壁面の抵抗特性、土かぶりの有無、地盤の変位の有無、土圧の作用方向などの影響を把握するための研究を進める予定である。

参考文献: 1) 「土圧入門」 p115 社団法人地盤工学会 (1997)

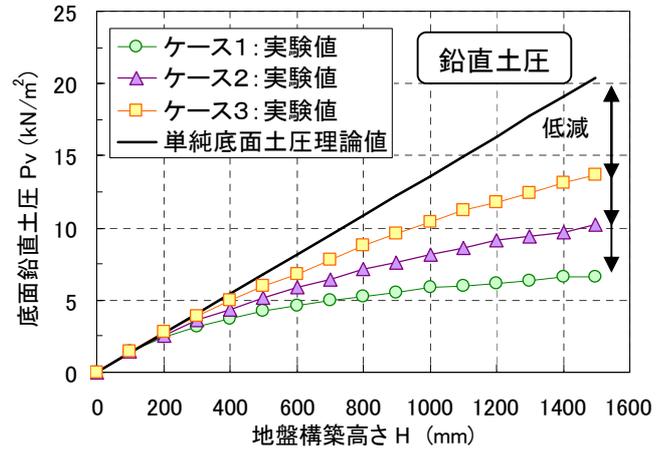


図3 地盤構築過程の鉛直底面土圧

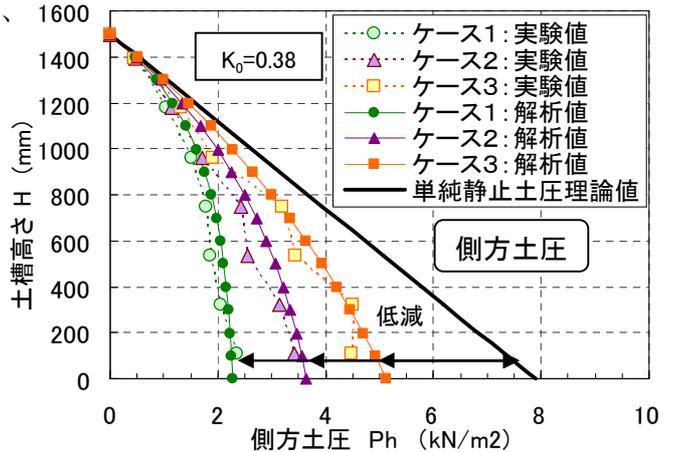


図4 側方土圧(解析値比較)

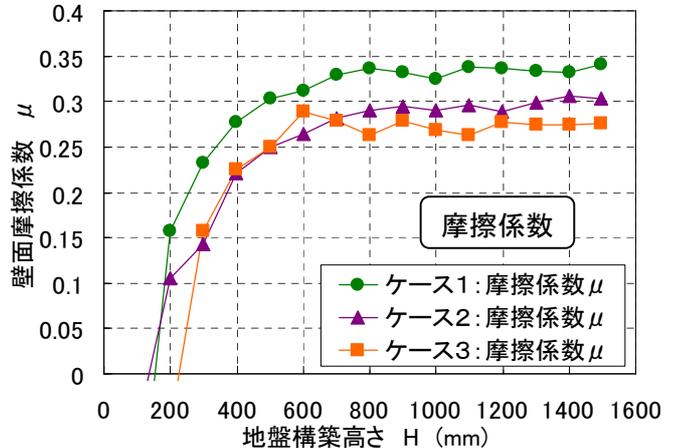


図5 周面摩擦係数推定値