

斜め自立土留めの壁面摩擦の影響に関する遠心力模型実験

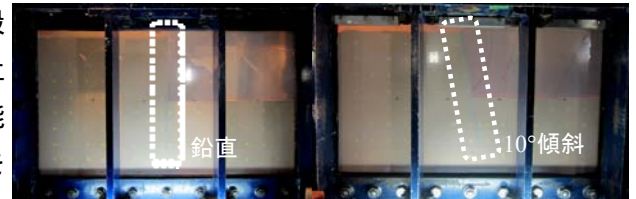
(株)大林組      正会員    ○前田 知就    正会員    高橋 真一  
正会員      杉江 茂彦    正会員    嶋田 洋一

1. はじめに

斜め土留め工法は、従来では鉛直に構築されてきた仮設土留め壁を傾斜させることにより、土留め壁に作用する土圧を低減し、深い掘削工事においても支保工の省略を可能とする自立形式の土留め工法である。著者らは、鋼矢板を用いた自立土留めの挙動について、砂質土や粘性土を対象にして遠心力模型実験を行い、壁を傾斜させることで土圧が減少し、壁変形が小さくなり、安定性が増加することを確認した<sup>1),2)</sup>。これらの成果にもとづき、斜め土留め工法は実現場にも適用されている。しかし、砂地盤における実施工で計測された壁の変位は、設計時に算定された値を大きく下回った。この要因の一つとして、土圧算定時の壁面摩擦の評価の違いが考えられる。そこで、本論文では、鋼矢板を用いた自立土留めに対して、壁面摩擦の影響を検証するために、既報と同様の砂地盤で土留め壁モデルの壁面の摩擦抵抗（以下、粗度と記す）を変えて遠心力載荷実験を行い、土留めの変形挙動の検討を行った結果を報告する。

2. 実験方法

遠心力模型実験は、模型縮尺を既報と同様に 1/50 として、鉛直と斜めの 2 種類の模型地盤(写真-1)を作製し、50G の遠心加速度のもとで実施した。土留めモデルは、鋼矢板型を想定して、アルミ板(厚さ 7mm)で作製した。図-1 は、計測位置を含めた斜め土留めの模型地盤の断面図である。土留め壁の粗度の条件として、既報の土留め表面を加工しない条件(Case1)に対し、表面の粗度を大きくした条件(粗面加工)を Case2、粗度を小さくした条件(滑面加工)を Case3 とした(表-1)。Case2 では、土留めモデルの表面に砂粒をエポキシ樹脂で貼付して壁面摩擦を増加させた(写真-2)。これに対し、Case3 では、土留めモデルの表面に取り付けた 2 重のゴム膜の間にグリースを塗布することにより滑面状態とした(図-2)。使用した土槽は、側面がアクリル板であり、地盤変位の観察が可能である。また、土槽側面と模型地盤の間には側部の摩擦低減のためテフロンシート(厚さ 0.2mm)を貼付した。模型地盤は、土留めモデルを所定の場所に設置後、乾燥した豊浦標準砂を空中落下方法で投入し作製した。



(1)鉛直土留め      (2)斜め土留め  
写真-1 模型地盤

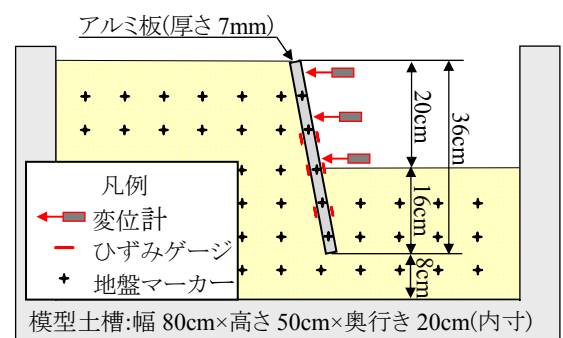


図-1 斜め土留め模型地盤の断面図

表-1 実験ケース

| Case No. | 1*                                                      |     | 2  |     | 3  |     |
|----------|---------------------------------------------------------|-----|----|-----|----|-----|
| 土留め粗度    | 加工なし                                                    |     | 大  |     | 小  |     |
| 土留め傾斜角   | 鉛直                                                      | 10° | 鉛直 | 10° | 鉛直 | 10° |
| 土留めモデル   | アルミ製<br>厚さ7mm(50G場で 型矢板相当)                              |     |    |     |    |     |
| 地盤       | 材料:豊浦標準砂(乾燥)<br>密度: $\rho_d=1.55\text{g/cm}^3$ (空中落下方式) |     |    |     |    |     |
| 掘削過程     | Step1:掘削深さ10cm(50G場で5m相当)<br>Step2:掘削深さ20cm(50G場で10m相当) |     |    |     |    |     |

\*Case1 は既報<sup>1)</sup> 実験結果

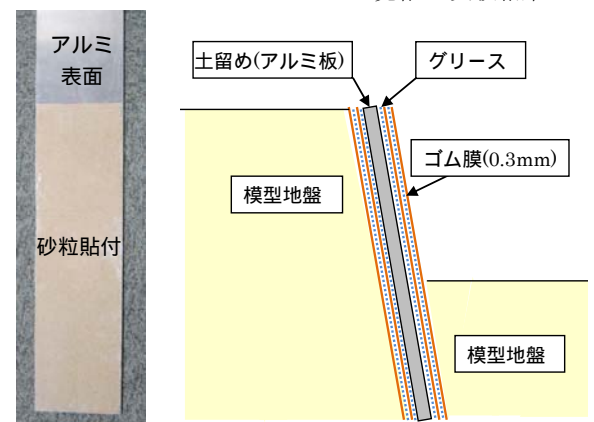


写真-2 土留め表面の粗面加工(Case2)

図-2 土留め表面の滑面加工(Case3)

キーワード 斜め自立土留め、砂地盤、壁面摩擦、土圧、変形、遠心力模型実験

連絡先 〒108-8505 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ(株)大林組 生産技術本部 設計第一部 TEL 03-5769-1317

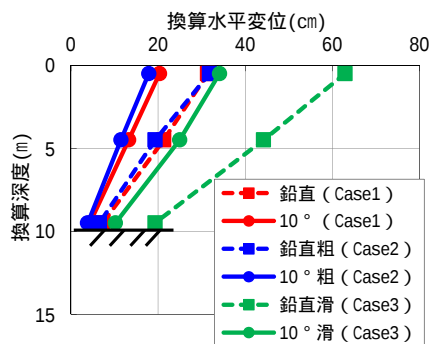


図-3 土留めの水平変位分布  
実験結果(深度 10m)

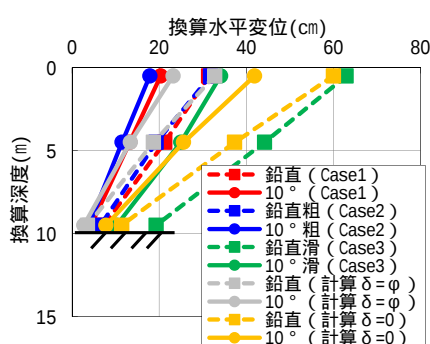


図-4 土留めの水平変位分布  
実験結果と計算値との比較(深度 10m)

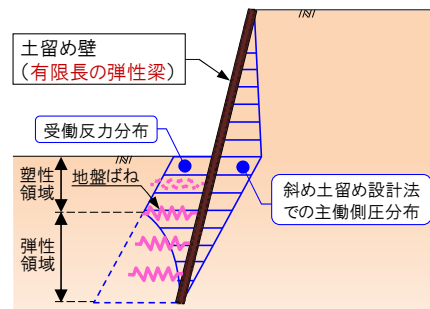
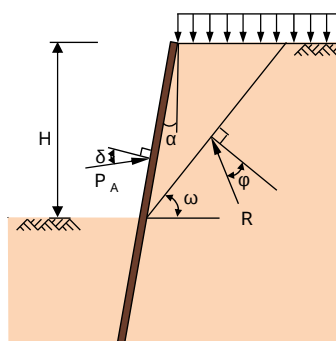


図-5 はりバネモデルによる  
土留め弾塑性解析



$P_A$  : クーロンの主働土圧  
 $K_A$  : 主働土圧係数  
 $\alpha$  : 壁背面と鉛直面のなす角  
 (  $\alpha$  は負の値とする )  
 $\beta$  : 背面土表面の傾斜角  
 $\delta$  : 壁面摩擦角  
 $\varphi$  : 土のせん断抵抗角  
 $H$  : 土圧が作用する壁高  
 $\gamma$  : 土の単位体積重量

$$P_A = \frac{1}{2} K_A \times \gamma \times H^2$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \times \cos(\alpha + \delta) \times \left\{ 1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \times \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \times \cos(\alpha - \beta)} \right\}^2}$$

図-6 クーロン式による土圧算定

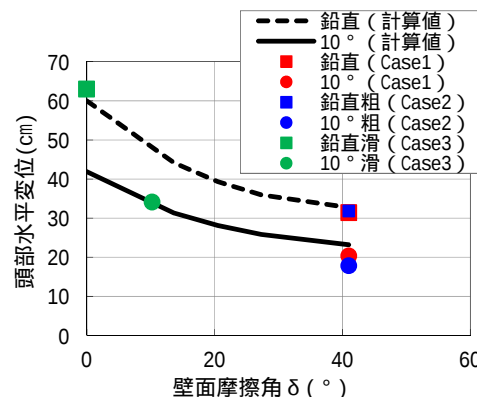


図-7 壁面摩擦角と頭部水平変位

### 3. 実験結果

図-3 は、換算深度 10m までの土留め水平変位分布である。土留めの水平変位は、鉛直・10°傾斜ともに、Case1 と 2 の変位が同程度であったのに対し、Case3 では Case1・2 に比べて変位が大きい結果となった。Case1 と 2 の結果が同程度であったことにより、アルミ板の表面自体そのままでも、粗面加工と同程度の壁面摩擦が発揮され、滑面加工の場合よりも変位抑制効果があったといえる。図-4 は、図-3 の実験結果に、砂質地盤 ( $\varphi=41^\circ$ ) における鋼矢板土留め(鉛直および 10°傾斜)で掘削深度 10m という実験条件にあわせて、壁面摩擦角  $\delta=0$  と  $\delta=\varphi$  とした場合の土留め計算結果を追記したものである。土留め計算は、はりバネモデルによる弾塑性解析(図-5)で、土圧算定にクーロン式(図-6)を用いる方法とした。受働側の地盤反力は、有効受働側圧をこえると塑性するという弾塑性の地盤ばねとして評価した<sup>3)</sup>。Case1,2 は  $\delta=\varphi$  とした計算値と、Case3 は  $\delta=0$  とした場合の計算値に近い結果となり、いずれの Case においても鉛直では実験値が計算値を上回り、10°傾斜では実験値が計算値より下回る傾向となった。図-7 は、上記の実験条件で壁面摩擦角を変化させた場合の土留め頭部水平変位の計算値と壁面摩擦角の関係を示したものである。この図に、実験結果の変位量をプロットすると、Case1,2 では、鉛直および 10°傾斜ともに壁面摩擦角は  $\delta=\varphi$  ( $=41^\circ$ ) 相当となり、Case3 では、鉛直の壁面摩擦角は  $\delta=0$  相当、10°傾斜の壁面摩擦角は  $\delta=10^\circ$  相当となった。土留め壁を斜めにするによる変位抑制効果は、壁面摩擦が小さい場合で大きくなる傾向を確認できた。

### 4. まとめ

土留め壁の粗度を変えた鋼矢板を想定した自立土留めの遠心実験を行い、壁面摩擦による土留め変位の影響について定量的に確認できた。今後も引き続き、異なる条件での遠心実験や、既往の斜め土留めの設計・施工実績をもとに、斜め自立土留め工法の適用範囲を拡大していきたいと考えている。最後に、本稿をまとめるにあたっては、東京大学生産技術研究所古閑教授には適切なお助言をいただきました。ここに謝意を表します。

**参考文献** 1) 嶋田他: 自立土留めに働く砂地盤の土圧に関する遠心模型実験, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 2010 年

2) 前田他: 粘着力を有する地盤における斜め自立土留めの遠心模型実験, 第 48 回地盤工学研究発表会, 2013 年

3) 道路土工 仮設構造物工指針, 社団法人 日本道路協会, 平成 11 年 3 月