

頭部固定式二重土留め工法の崩壊を模擬した掘削模型実験

鹿島建設(株) 正会員 ○那須 郁香 正会員 永谷 英基 正会員 岡本 道孝
 中央大学 学生会員 加藤 勇介 正会員 西岡 英俊

1. 背景

開削工事の合理化を目的として頭部固定式二重土留め工法（以下、二重土留め工法）が開発されている¹⁾。本工法は、鋼矢板を二重に打設し、それらの頭部を固定した構造であり、2枚の鋼矢板と内部土の相互作用および頭部固定構造により、土留め壁を高剛性化することで、比較的浅い掘削でのオープン掘削を可能とするものである。これまで遠心模型実験や1G場実大実験、X線CTスキャナを用いた模型実験などで本工法の変形抑制効果を確認してきた。しかしながら、掘削による崩壊までの変形モードは確認されていない。そこで、今回はアルミ棒積層体を用いた模型実験により、従来の一重土留めと二重土留めの離隔に着目して、崩壊時の土留め変形挙動を考察した。

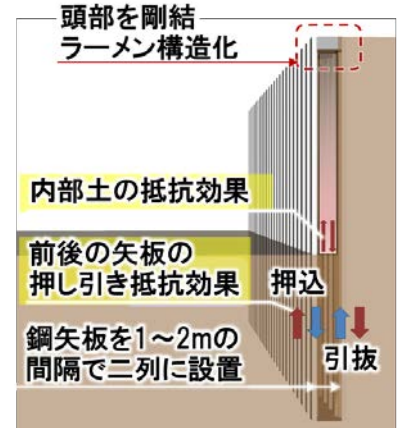


図1 頭部固定式二重土留め工法

2. 実験概要

(1) アルミ棒積層体を用いた模型実験

アルミ棒積層体を用いた模型地盤実験は、中密な砂に似た非線形挙動を二次元的に再現可能であり、地盤変状の可視化が容易といった特徴がある。抗土圧構造物に関する模型実験としても西岡らによる自立式土留め工の実験²⁾などの適用実績がある。

(2) 模型地盤作製手順

本研究では高さ500mm、幅1000mmの固定土槽に、長さ150mm 直径3mm、2mm、1.5mmのアルミ棒を重量比1:1:1で混合したものを突き固め板で締め固め、単位体積重量 $\gamma=21.5\text{kN/m}^3$ となるように模型地盤を構築した。模型矢板には長さ300mm、土層奥行き方向の幅200mm、厚さ1mmのアルミ板を使用し、地表面からの突出長さを除く土留め壁長 L_0 を $L_0=250\text{mm}$ とした。模型矢板は一重土留めと二重土留めの前面矢板を同じ位置となるよう設置した。その後、アルミ棒を天端まで積むことで模型地盤を構築し、二重土留めは所定の頭部離隔になるよう背面矢板を圧入後、2枚の矢板の頭部に樹脂ブロックを設置し、両者をクランプで固定した。

(3) 実験手順

本実験では、土留めの前面のアルミ棒を深さ5mmずつ掘削ブレードにより段階的に撤去し、崩壊に至るまでの掘削深さ H の増加に伴う矢板の水平変位（掘削前の地表面高さでの変位） δ をレーザー変位計により計測した。表1に示す通り、実験ケースは従来の一重土留めと離隔25mmおよび離隔50mmの二重土留めの3ケースである。

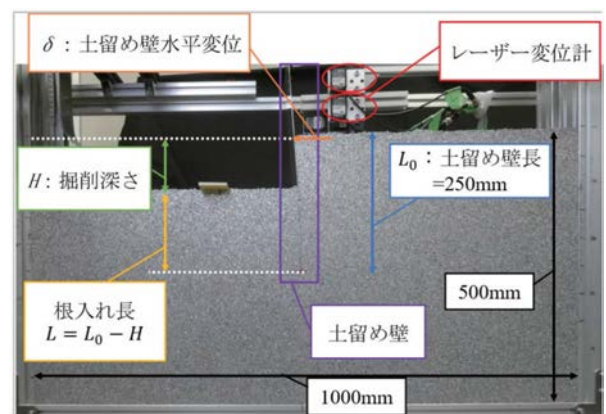


図2 実験概要

表1 実験条件

実験ケース	一重土留め 二重土留め_離隔 25mm 二重土留め_離隔 50mm
模型矢板: 板厚	1mm
模型矢板: 材質	アルミ
地盤条件	$\gamma=21.5\text{kN/m}^3$
βL_0 β : (杭)特性値	3.08(無次元)

キーワード 頭部固定式二重土留め工法, アルミ棒積層体, 模型実験, 自立式土留め, 水平変位

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社 技術研究所 TEL: 090-9000-6125 E-mail: nasua@kajima.com

3. 実験結果と考察

図3に掘削深さと水平変位の関係を示す。図は崩壊直前までの掘削ステップにおける水平変位をプロットしたものであり、その後の5mm掘削で100mm以上変位し崩壊が発生した。図3より一重土留めに比べ二重土留めは、掘削深さの増加に伴う水平変位の増分が小さい。また掘削深さ120mm以上では、二重土留めでも離隔50mmのほうが離隔25mmより水平変位が小さくなった。道路土工仮設工構造物指針に示される許容変位量（掘削深さの3%）を超えたのは、一重土留めで $H=約75mm$ となったのに対し、二重土留めでは離隔25mmで $H=120mm$ 、離隔50mmでは $H=125mm$ と、本工法の変位抑制効果を確認することができた。さらに崩壊に至ったときの掘削深さは、一重土留めで $H=約140mm$ 、二重土留めの離隔25mmで $H=145mm$ 、離隔50mmで $H=158mm$ となり、一重土留めと二重土留めの離隔25mmでは、許容変位量（掘削深さの3%）ほどの違いは生じなかった。また、二重土留めの離隔50mmでは最終掘削ステップ $H=152.9mm$ の後、掘削を進めたところ急に土留めが崩壊した。（図4）

図5に掘削深さと水平変位の増分 $\Delta\delta$ と掘削深さの増分 ΔH の比（以下 $\Delta\delta/\Delta H$ とする）の関係を示す。西岡らは、土留め壁の変形の限界状態の判断の閾値を $\Delta\delta/\Delta H=2$ として、超過する直前の掘削深さを限界掘削深さ H_c と判定している²⁾。一重土留めと二重土留めの離隔25mmでは、それぞれ $H_c=132.4mm$ 、 $133.1mm$ となり $\Delta\delta/\Delta H=2$ を超過したのに対して、二重土留めの離隔50mmでは、崩壊まで $\Delta\delta/\Delta H=2$ を超過しなかった。これは、離隔を大きくすることで、土留め剛性が増加した一方、 $\Delta\delta/\Delta H=2$ による限界状態の判断は困難な結果となった。過去の土留め掘削実験でも、壁体剛性が高いと崩壊直前でも壁体傾斜角が小さく前面抵抗土圧が十分に発揮されていないことが示されており、本ケースも同様の事象が発生したと考えられる²⁾。

4. おわりに

頭部固定式二重土留め工法について、アルミ棒積層体を用いて崩壊状態までの掘削模型実験を行ったところ、一重土留めに比べ、二重土留めでは掘削に伴う水平変位の増加を抑えることができ、土留め壁の変形の限界状態である限界掘削深さが増加することが分かった。さらに二重土留めの頭部離隔を増加させることで、土留め剛性が高くなり変位抑制効果が増加する一方、限界掘削深さの閾値とした $\Delta\delta/\Delta H \leq 2$ の状態から崩壊状態に至ることがあることが分かった。

参考文献

- 1) 坂梨ほか：開削施工合理化を目指した無支保土留め工法の開発（その1）、第75回土木学会全国大会、VI-121、2020。
- 2) 西岡ほか：壁体剛性の高い自立式土留め工の崩壊を模擬した模型掘削実験と合理的な根入れ長の簡易算定法の提案、地盤工学ジャーナル Vol.17, No.3, pp.401-420, 2022。

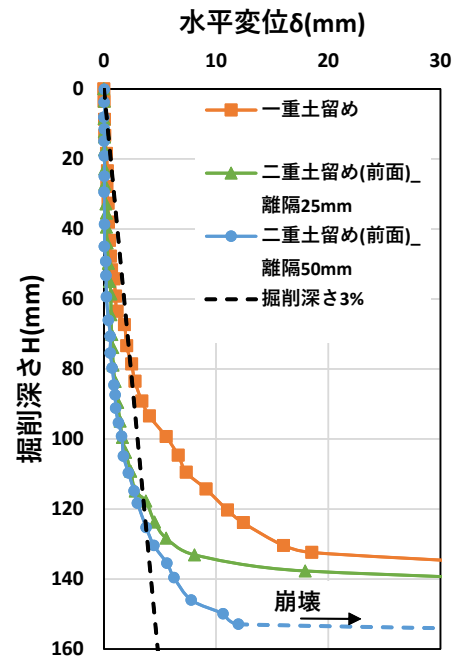


図3 掘削深さと水平変位の関係

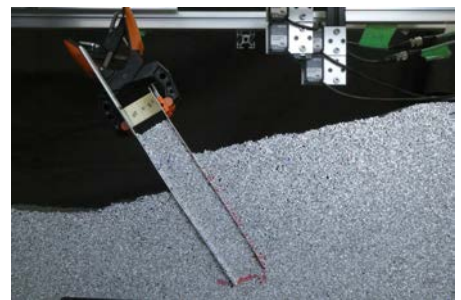


図4 離隔50mmの二重土留めにおける崩壊状況

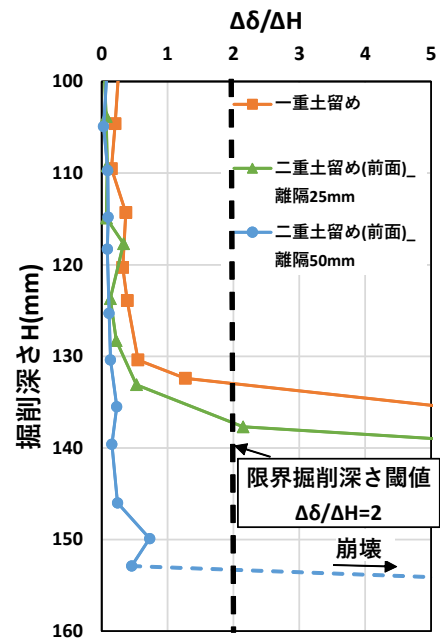


図5 掘削深さと $\Delta\delta/\Delta H$ の関係