

鉄道近接施工における自立式土留め工背面地盤改良効果に関する研究

ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社 正会員○高柳昌虎 正会員 阪本一石 正会員 千葉佳敬
中央大学 学生会員 小野慶一朗 正会員 西岡英俊

1. はじめに

筆者らは、これまでアルミ棒積層体模型を用いた自立式土留め工背面への地盤改良による土留め壁変位抑制効果について実験的検討を進めてきた¹⁾。その結果から、土留め壁の水平変位抑制効果は、背面地盤改良による壁体剛性の増加と改良体背面の摩擦抵抗増加が影響していると推察した。

本研究では、壁体剛性の増加による変位抑制効果に着目するため、土留壁および改良体の背面にテフロンシートを設置し壁面摩擦を排除した。また、改良体には曲げ剛性を適切に計測できるエステル系ウレタン樹脂ブロックを用いた。

実験は、土留め壁板厚 $t(\text{mm})$ 、地盤改良幅 $W(\text{mm})$ 、改良体の剛性 $EI(\text{kN/mm}^2)$ をパラメータとする掘削試験を実施した。

2. 実験概要

(1)模型地盤

図-1 に模型実験概要図を示す。本研究では、高さ 500mm、幅 1000mm の固定土槽に長さ 150mm、直径 3, 2, 1.5mm のアルミ棒を重量比 1:1:1 で混合して模型地盤を作成した。模型地盤は、単位体積重量 $\gamma=21.5\text{kN/m}^3$ 、安息角は 31 度となった。また、列車軌道に隣接した近接施工を想定し、土留め壁背面の地盤に列車および軌道荷重を模擬した 2.08kg の錘を設置した。

(2)模型土留め壁

模型土留め壁は、幅 200mm のアルミ板(ヤング率 $E_a=69\text{kN/mm}^2$)で模擬し、板厚 t は 1.0 mm ($E_a I_a=1150\text{kNmm}^2$)を用いた。突出部を含めない土留め壁の長さ L_0 (すなわち掘削前の根入れ長さ)は 250mm とした。

(3)模型改良体

模型改良体は、高さ 250mm(土留め壁の掘削前の根入れ長さ)、奥行 150mm のエステル系ウレタン樹脂ブロックで模擬した。ブロックの幅は、改良幅 $W=10, 30, 50\text{mm}$ とし、ブロックには材質の異なる、硬度ショア A30°($E_i=2.97\times10^{-3}\text{kN/mm}^2$)と A50°($E_i=6.60\times10^{-3}\text{kN/mm}^2$)の 2 種類を用いた。ここでの曲げ剛性は、改良なしの場合はアルミ板の曲げ剛性 $E_a I_a$ 、改良有の場合はアルミ板の曲げ剛性とウレタン樹脂ブロックの曲げ剛性 $E_i I_i$ を足し合わせた重ね梁の曲げ剛性を $EI(=E_a I_a+E_i I_i)$ とした。実験ケースと各モデルの曲げ剛性を表-1 に示す。

3. 実験結果

基本ケース(CaseN-t10)を対象として、建築山留指針³⁾の βL 制限($\beta L \geq 2.0$)から定まる必要根入れ深さを定めると、90mm 程度である(以下、限界掘削深さ)。以下では、この限界掘削深さにおいて考察を行う。(ここで、 $\beta=\sqrt[4]{k_h B/4EI}$: (杭の) 特性値, k_h : 水平地盤反力係数, B : 土留め幅, EI : 土留め壁の曲げ剛性, L : 土留め壁の根入れ長)

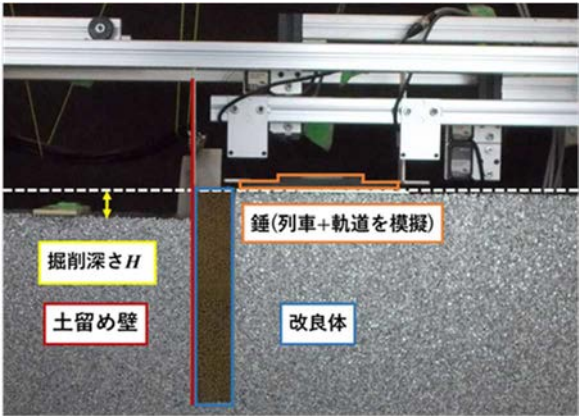


図-1 模型実験装置

表-1 実験ケース

解析モデル	板厚 t (mm)	改良幅 W (mm)	改良体 硬度ショア	曲げ剛性 EI (kN/mm^2)
CaseN-t10	1.0			1150.0
CaseN-t15	1.5			3881.3
CaseN-t20	2.0			9200.0
Casel-w10s30	1.0	10	A30°	1187.1
Casel-w10s50	1.0	10	A50°	1232.5
Casel-w30s30	1.0	30	A30°	2152.4
Casel-w30s50	1.0	30	A50°	3377.5
Casel-w50s30	1.0	50	A30°	5790.6
Casel-w50s50	1.0	50	A50°	11462.5

キーワード 自立式土留め工, 背面地盤改良, 近接施工

連絡先〒450-0002 名古屋市中村区名駅五丁目 33 番 10 号アクトゥン納屋橋ジェイアール東海コンサルタンツ(株)TEL052-746-7133

(1)土留め壁水平変位

図-3 に実験での限界掘削深さにおける土留め壁天端の水平変位 δ の掘削深さ H に対する割合と土留め壁の曲げ剛性 EI との関係を示す。また、同図には改良をしていない板のみのケースにおける、Chang の式による半無限長解析結果を合わせて示す。半無限長解析は、主働土圧係数 K_a が曲げ剛性によって変化する影響を考慮し、 K_a を実測値と解析値でフィッティングして求めた。なお、フィッティングは、図-4 に示す建築山留指針における Chang 式のモデル化の考え方より、背面土圧を三角形分布として行った。図-3 を見ると、改良幅 10mm の CaseI-w10s30、CaseI-w10s50 では改良なしの半無限長解析結果とほとんど変わらないことが確認できる。一方、CaseI-w30s30、CaseI-w30s50、CaseI-w50s30 の 3 ケースでは、改良幅と改良体の曲げ剛性の増加に伴って、土留め壁水平変位が減少することが確認できる。また、CaseI-w50s50 では、改良幅及び曲げ剛性向上による土留め壁水平変位抑制効果は頭打ちになっていることが確認できる。

(2)地盤改良体の変形およびひずみ分布

図-5 に限界掘削深さにおける CaseI-w50s30 と CaseI-w50s50 の水平方向のひずみ分布と鉛直方向のひずみ分布を示す。改良体の強度が高まると水平方向、鉛直方向ともにひずみの生じる範囲が広がることが確認できた。また、鉛直方向のひずみ分布に着目すると、CaseI-w50s50 モデルでは、改良体底面の地盤が膨張していることが確認できた。改良体が曲げ変形ではなく剛体変形していることで起きている可能性がある。剛体変形により、主働すべり線の生じる起部がより深部になるため、広い範囲で主働すべり土塊が作用することになり、改良体が回転するような挙動をすることで改良体底面が浮き上がると示唆される。

4. まとめ

本研究の結果、改良体の剛性および改良幅を増加させると、土留め壁の水平変位が減少することを確認した。ただし、改良体の曲げ剛性を高めすぎると、土留め壁の水平変位抑制効果は頭打ちになることが分かった。今後は、改良体の設置による壁体曲げ剛性の増加と改良体底面の回転剛性を模擬した再現解析を実施する予定である。

参考文献

- 1) 小野慶一朗, 西岡英俊, 高柳昌虎, 千葉佳敬:アルミ棒積層体を用いた背面地盤固化改良併用自立式掘削土留め工の模型実験 ―土留め壁の壁面摩擦角の影響に着目した検討―, 第77回土木学会年次学術講演会VI-547, 2022.
- 2) 鉄道総合技術研究所編:鉄道構造物等設計標準・同解説トンネル・開削編 付属資料:鉄道構造物の建設等に用いる掘削土留め工設計指針, 2021.
- 3) 日本建築学会:山留め設計指針, 2017.

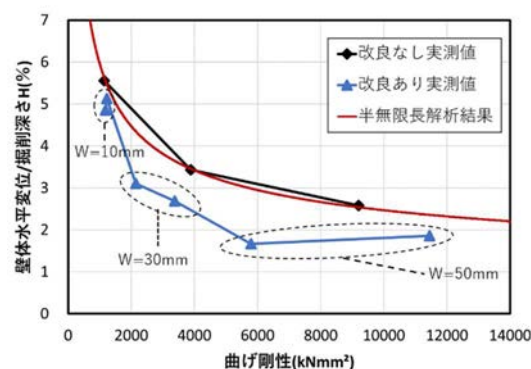


図-3 限界掘削深さ ($H \approx 90$ mm 時) 時点での土留め壁水平変位・と曲げ剛性 EI の関係

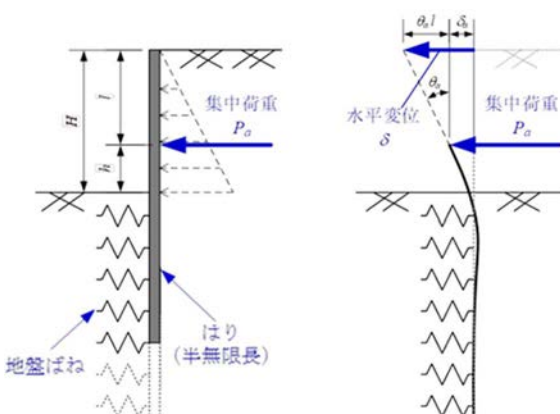


図-4 建築山留指針における Chang 式のモデル化の考え方

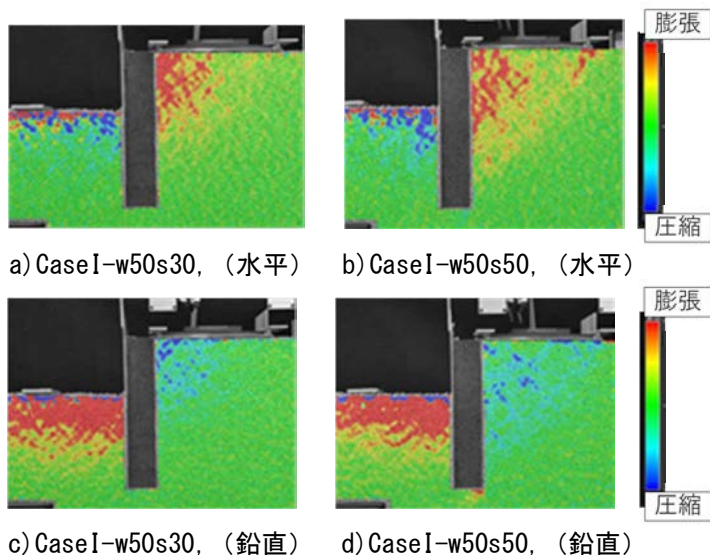


図-5 限界掘削深さ ($H \approx 90$ mm 時) 時点でのひずみ分布