

Ⅲ-503

軟弱地盤掘削における深層混合改良体の鋼材補強効果について

（株）大林組技術研究所 正会員 栗原 正美
 同 上 正会員 西林 清茂
 同 上 正会員 上野 孝之
 （株）大林組土木技術部 正会員 柴田 健司

1. まえがき

軟弱地盤が比較的深く広範囲に分布する地盤を掘削して構造物を構築する際、地盤の強度を高め掘削の安定化を図る目的で深層混合処理工法による地盤改良が行われ、最近では、掘削面積が広い場合や掘削能率を向上させるために改良地盤自体を自立式の土留め壁として用いた掘削工事例が報告されている。筆者等も深層混合処理工法による自立式土留め壁の掘削事例を報告¹⁾した。その報文の中で、掘削に伴い改良体に曲げモーメントが発生して、改良体打継目に剥離が生じ、壁体が“重ね梁的挙動”を示し、曲げ剛性が低下することを指摘した。この対策としてH鋼等の鋼材を改良体に挿入し、鋼材間をタイロッド等の連結材で繋ぐ改良体の一体化手法がある。本報告では、既報の掘削事例を用いて、鋼材補強を施した深層混合処理体による自立土留め壁のFEM解析を実施し、その鋼材補強効果について述べる。

2. 鋼材補強概要

図-1に掘削断面を示す。地盤はGL-23mまで粘性土層が分布し、それ以深に密な砂層が存在する。粘性土層はGL-14.4mまで軟弱な沖積粘土、GL-23mまで硬質な洪積粘土が分布し

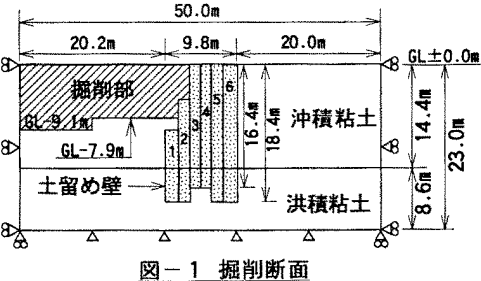


図-1 掘削断面

ており、掘削深さはGL-9.1mで、軟弱な沖積粘土層が対象である。深層混合処理工法による土留め壁は、改良体間を20cmラップさせて一体化を図り、重力式の壁体としての安定性を確保するため、壁体下部の改良幅を大きくし、下端を洪積層に根入れしている。鋼材補強要領を図-2に示す。補強鋼材には、芯材にH鋼(400×400×13×21)、連結材にタイロッド(φ25)を用いるものとし、No.3～No.6の改良体を一体化する補強を仮定した。また、奥行き方向の補強間隔は、改良体1列毎の1.6m間隔を想定した。

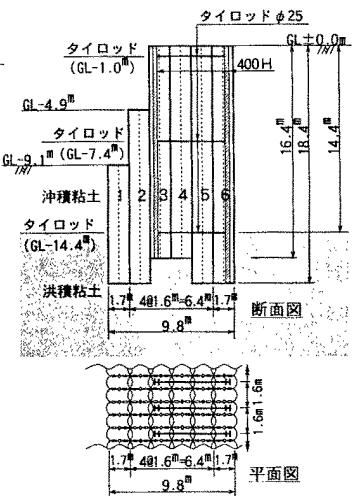


図-2 鋼材補強要領

3. 解析方法および解析ケース

弾塑性構成モデルとして各粘性土層には修正Cam-Clayモデルを、改良体にはDrucker-Pragerモデルをそれぞれ用いた。H鋼およびタイロッドはビーム要素で評価し、鋼材ヤング率を単位奥行き長さ当たり換算 ($E=2.1 \times 10^7 \text{ tf/m}^2 \div 1.6\text{m} = 1.3 \times 10^7 \text{ tf/(m}^2 \cdot \text{m)}$) した。また、改良体間および改良体と地盤間にはギャップ要素を用い、改良体間および改良体-地盤間のズレを評価できるようにした。解析に使用した入力定数を表-1、検討ケースを表-2にそれぞれ示す。鋼材補強ケースは、芯材のH鋼のみを挿入した場合、H鋼の上部1箇所を連結した場合、上中下部3箇所を連結した場合の合計3ケースである。

表-1 入力定数

パラメータ 材料	λ	κ	M	E (tf/m^2)	C (tf/m^2)	ϕ (deg)
沖積粘土	0.337	0.0281	0.984	—	1.5	0
洪積粘土	0.119	0.0099	1.085	—	7	0
改良体	—	—	—	2.5×10^4	50	0
補強鋼材	—	—	—	1.3×10^7	—	—

表-2 検討ケース

ケースNo.	補強形態	補強鋼材
1	無補強	—
2	芯材のみ	H鋼(400×400×13×21)
3	上部連結	H鋼+タイロッド1段(GL-1m)
4	上中下部連結	H鋼+タイロッド3段(図示)

4. 解析結果および考察

図-3に掘削終了時の改良体No.3の水平変位を示す。H鋼を挿入しただけでは無補強と同様の変形モードとなるが、H鋼を連結して補強した場合、無補強に比べて天端での水平変位量を上部連結で20%、上中下部連結で23%抑制している。さらに、H鋼の連結ケースを詳細に比較すると、上中下部連結の場合ほぼ直線的に変形しているのに対し、上部連結の場合には改良体の中央付近が掘削側に膨らんでおり、連結部と根入れ部を支点とした曲げ変形が生じている。このことから、さらに掘削が深くなれば両者の変形に差が生じるものと考えられ、H鋼間を連結することで鋼材補強効果が得られることが分かる。なお、H鋼のみの挿入で効果が得られないのは、検討断面の改良幅が広いこと、H鋼の曲げ剛性が土留め壁の曲げ剛性にあまり寄与していないためであると考えられる。

図-4に改良体No.3、No.4間に生じる鉛直方向のズレを示す。数値の+はNo.4がNo.3より相対的に沈下していることを示しており、一般に数mmの相対変位で剥離が生じると考えられる。無補強およびH鋼のみの補強では改良体の上部から下部に渡って10~7mmのズレが生じており、ラップ部が剥離しているものと思われる。水平方向には開いていないことを考慮すると、掘削に伴い改良体の弱部であるラップ部を境に“重ね梁”のように相互にズレながら変形したと考えられる。これに対し、上中下部を連結した場合は、改良体間のズレが抑制され、改良体全体が一体となって変形したと予想され、連結による鋼材補強効果が認められる。

図-5、6に改良体No.3、No.6に発生する軸力分布をそれぞれ示す。タイロッドの連結段数を増すに従い、掘削前面側のNo.3に働く軸圧縮力が大きくなり、掘削背面側のNo.6の下端付近の軸力が圧縮から引張に転じている。これは、鋼材の連結補強によって改良体の一体化が図られ、土留め壁が“一体梁的”な挙動を示すようになっていることを表している。その結果、土留め壁体の前趾側に作用する圧縮力が次第に大きくなる。

5. まとめ

鋼材補強を施した深層混合処理体の土留め掘削事例の解析結果より、鋼材の連結補強によって掘削に伴う改良体間のズレ変形が抑制され、改良体が一体化した“一体梁的”な挙動を示すようになり、壁体変位を小さくする効果があることが分かった。この結果より、改良体に鋼材を連結補強することで、従来の無補強土留め壁の必要改良幅を減らすことができると考えられる。今後は、鋼材補強効果を利用した場合の土留め壁断面の算定と応力照査および具体的な施工方法について検討を行っていく予定である。

【参考文献】 1) 柴田健司, 西林清茂, 松尾龍之, 上野孝之: 深層混合処理工法による掘削土留め工の変形挙動解析, 第29回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 1339-1340, 1994. 6

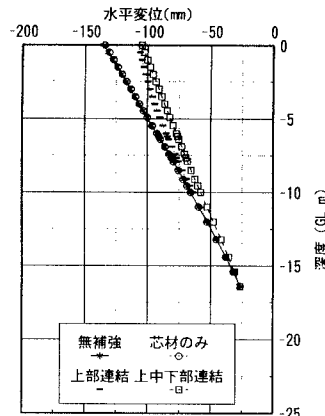


図-3 水平変位(改良体No.3)

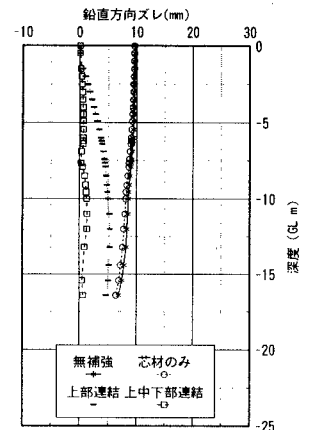


図-4 改良体No.3、No.4間の鉛直方向ズレ

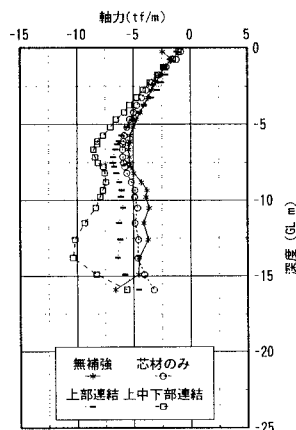


図-5 軸力分布(改良体No.3)

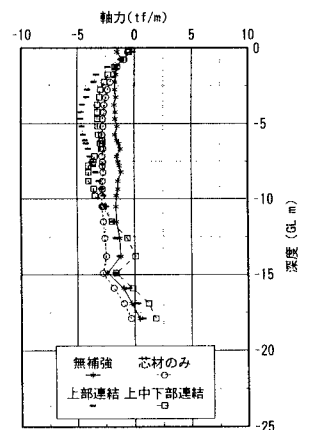


図-6 軸力分布(改良体No.6)