# 地盤固化で造成された自立山留め壁の掘削時の挙動計測

鹿島建設(株) 正会員 ○山田岳峰 川端淳一 永谷英基 久保田光太郎 鹿島建設(株) 城戸 祥 五十嵐辰郎 ケミカルグラウト(株) 正会員 北山 真 川村 淳 岩崎 結子

#### 1. はじめに

地盤改良で山留め壁を造成し、無支保で地盤を掘削する山留め工事が行われることがある.また、液状化対策では 格子状地盤改良の利用が増加している.いずれの場合も、掘削時や地震前後の地盤固化壁の挙動の評価が、その安定性 を確保する際に重要となる.現行の設計では簡易な安定計算で必要強度が設定され、さらに改良土の強度のばらつきを 考慮して必要強度を確実に確保する施工が行われる.今後の対策の合理化には、改良体の非線形挙動を再現できる弾塑 性構成式を用いた FEM 解析や固化壁のひずみ計測を実施し、詳細な挙動を把握することが必要である.そこで、筆者ら は、埋立地盤に地盤固化自立山留め壁を造成し、これらの技術を適用した山留め壁の掘削時の挙動計測実験を実施した.

#### 2. 実験の概要と事前の評価結果

表層にN値が3~9のシルト質泥岩礫を混入する埋土が10.7mの厚さで堆積する埋立地で,実験を実施した.表土が0.5~1.0mの厚さでセメント改良されていたことから,掘削時の主働・受動領域の範囲にある表土(1.5m厚さ)を取り除く基面整形を実験に先立つ固化壁造成前ならびに掘削実験の前に実施した(図-1参照).最初に,施工性を確保するため固化壁周辺と主働領域を加えた範囲を基面整形した後に,固化壁(壁厚:1.0~1.3m,幅13m,深さ11m,設計基準強度:1.0 MN/m<sup>2</sup>)を中層混合処理工法(高炉セメントB種添加量:143 kg/m<sup>3</sup>,現位置目標強度:1.63 MN/m<sup>2</sup>)で砂質泥岩の基盤に着底するように施工した.その後,固化壁の壁中心から掘削側,地山側にそれぞれ0.35 m離れた位置に,光ファイバを鉛直方向に設置した.固化壁造成後35 日経過時点で固化壁と地盤の挙動を計測しながら,掘削側の受働領域の表土を1.5m 堀り下げて(:当該掘削を0次掘削とする),基面を平坦に整形(基面をGL±0mに設定)した後に,1次掘削を0.65m,以降0.5 m刻みで、掘削側の埋立地盤を2.65m深度(:5次掘削)まで掘削した.

当該実験の実施にあたり,簡易安定計算と,改良土の弾塑性構成モデルを組み込んだ2次元弾塑性 FEM 解析<sup>1)</sup>を 実施し,固化壁の挙動を事前に予測した.簡易安定計算では,GL-2.75~2.80 mの掘削時に,固化壁の泥岩着底部で 端趾圧が安全率1.0を下回り(地山側は引張り),地盤側の固化壁の鉛直応力が曲げ引張り強さに達することが予想



キーワード: 地盤固化, 自立山留め壁, モニタリング, 光ファイバ, ひずみ 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6693 された. FEM 解析では, 掘削過程の固化壁の最大主応力分布

(引張りが正)と固化壁天端での変位に関して図-2に示す 結果が得られた. 泥岩着底部で掘削に伴う固化壁の変形に よって掘削初期から引張り応力が発生すること,ならびに 7次掘削ではGL-5m付近で固化壁の地山側の応力が引張り 強さに達し曲げ引張り破壊が発生することが確認された. なお,実験を終了した5次掘削時の固化壁の天端の水平変 位の予測値は66mmであった.

### 3. 実験結果

掘削時の固化壁の奥行き方向の水平変位分布を図-3 に 示す.水平変位は、固化壁の中心位置で最大となり、固化 壁長手方向の両端部の変位は相対的に小さくなり3次元的





な挙動を呈した.5次掘削完了後の最終の最大水平変位は1.7 mmとなり,解析結果66 mmと比べて極端に小さな値になった.この差異の原因の一つとして,端部側面付近では,固化壁の受働側の掘削域の周辺に地山が残置されたため,当該地山が抵抗になっている可能性が考えられる.図-4は傾斜計で測定した固化壁の地中変位分布であり,図-5は、レイリー散乱を利用した光ファイバで計測した固化壁の鉛直ひずみの分布である.固化壁は僅かに撓みながら掘削側に倒れ込む挙動を示す.また,鉛直ひずみは、固化壁の泥岩着底部で0次掘削から引張りひずみが発生し,掘削とともにひずみが増大すること,当該箇所のひずみは地山側で大きく,固化壁の純引張り破壊ひずみの目安となる50×10<sup>-6</sup>を3次掘削で超過することが分かる.また,掘削の進行とともに、地山側の地中部で引張りひずみが増大し、5次掘削ではGL-6m付近で最大となる.固化壁のひずみ応答の傾向は、FEM解析結果と概ね整合している.今後さらに実験結果の詳細な分析が必要であるが,光ファイバで固化壁の鉛直ひずみの応答を高密度高精度に計測できる可能性が示された.



## 4. まとめ

筆者らは、地盤固化で造成された自立山留め壁の掘削時の挙動計測実験を行い、弾塑性 FEM 解析と光ファイ バによるひずみ計測の有効性を確認した.いずれも、施工時や供用後に、地盤固化自立山留めや格子状地盤固 化の挙動計測に利用できる.また、光ファイバを用いた計測事例を今後蓄積することで、対策の合理化に繋が る可能性がある.本研究を行うにあたり、芝浦工業大学の並河努教授ならびに JIP テクノサイエンスの竹原和 夫氏にご助言をいただきました.ここに記して、感謝を表します.

## 参考文献

1) Namikawa, T. and Koseki, J.: Evaluation of Tensile Strength of Cement-Treated Sand Based on Several Types of Laboratory Tests, Soils and Foundations, Vol.47, No.4,657-674, 2007.