

地盤改良体による自立山留め壁の掘削時挙動計測と変形解析の比較

ケミカルグラウト(株) 正会員 ○川村淳 北山真 岩崎結子
 芝浦工業大学 正会員 並河努
 鹿島建設(株) 正会員 山田岳峰 大野進太郎

1. はじめに

改良体による自立山留め壁の設計手法の1つに外的・内的照査による安定計算があり、必要な寸法・強度を設定することができるが、この簡易計算手法には設計上の合理化の余地があると考えられる。設計の合理化のために、詳細な挙動把握が必要であり、地盤改良体による自立山留め壁の掘削時の挙動計測を行った。また、挙動計測に先立って事前予測のための2次元の変形解析を実施した¹⁾。事前予測解析では現地で実施したLLT試験から得られた変形係数を用いてMCで埋め土をモデル化したが、計測結果(頂部変位 1.4mm~1.7mm)を大幅に上回る結果(66mm)となった。そこで、埋め土の再評価と3次元解析を追加し、改めて計測結果と比較した。

2. 挙動計測実験の概要¹⁾

改良対象地盤は、N値10以下でシルトおよび泥岩礫を混入する砂質土主体の埋め土である。なお、平均N値(N=3)からの推定($V_s=80N^{(1/3)}$)およびPS検層の結果(153m/sec)で評価すると、埋め土のせん断波速度は、115~153m/secとなる。埋め土の層厚は10m弱で埋め土以深は泥岩が分布している。地盤は砂質土系の評価ではあるものの、掘削時に土塊がブロック状で確認され、その土塊を採取して室内試験(三軸圧縮試験, UU試験)を実施したところ、粘着力は約40kN/m²と60kN/m²となり、高い粘着力を有していた。

表層は浅層改良が実施されていたため、1.5mの深さの位置を自立山留め壁の改良天端とした。固化壁はトレンチャー式の中層混合処理工法(パワーブレンダー工法)で造成し、コア採取した改良体の平均一軸圧縮強度は約1,750kN/m²であった。コアの未固化部の情報や一軸圧縮強度の強度分布、針貫入試験結果等の情報によりFEMで全体強度を推定する手法^{2,3)}を用いて実大強度を推測すると1,700kN/m²となった。

掘削は、改良体造成後に掘削側の表層改良すきとりを経て、段階的に掘削した。掘削終了時の改良体天端からの深度は2.65mである。掘削段階毎に、トータルステーション、傾斜測定、光ファイバーより、変位量を計測または算出した。

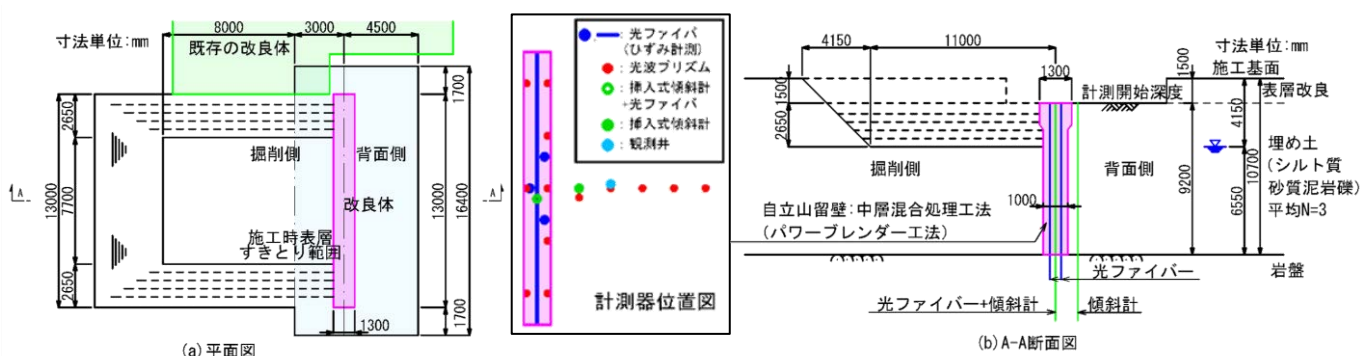


図-1 実験概要

3. 変形解析の概要、計測結果との比較

変形解析には鹿島建設の内製プログラムを使用した。2次元モデル(図-2参照)と3次元モデル(図-3参照)を作成し、検討を行った。

キーワード 地盤改良, 自立山留め壁, 変形解析, 挙動計測

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-2-5 ケミカルグラウト(株) 技術本部 TEL 03-5575-0479

地盤改良体はせん断強度と引張強度を設定し、降伏までは線形の応力ひずみ関係でモデル化した。せん断破壊後はせん断応力一定で引張破壊後は引張応力ゼロとした。改良体および表層改良の物性値を表-1に示す。埋め土はH-Dモデルとし、せん断波速度 V_s を用いて初期せん断弾性係数 G_0 を設定した。なお、 V_s は評価手法により $V_s=115\sim153\text{m/sec}$ となったため、埋め土は2ケースとした。強度は平均 N 値($N=3$)から推定した内部摩擦角 $\phi=23^\circ$ に加え、掘削時に採取した土塊の高い粘着力や階段状での掘削が問題なく実施できたことなどを考慮し、高低差4.15mの高さの直線滑りの抵抗に相当する $C=13.1\text{kN/m}^2$ を粘着力として使用した。埋め土の物性値を表-2に示す。改良体と埋め土の間には内部摩擦角 ϕ の2/3の壁面摩擦角を与え、改良体側面の滑りが発生するように設定した。改良体下端の境界条件は、鉛直方向はノーテンションとし、水平方向は十分な根入れがされていて滑動は生じないもしくは無視できると判断し、岩盤要素と剛結とした。

掘削終了時の改良体頂部の水平変位を図-4に示す。原位置計測の測定結果は中央部で1.4~1.7mmであった。一方、3次元解析では中央部で1.0~1.8mmで、計測結果と同等となった。2次元解析の水平変位は、1.7~2.9mmであった。2次元解析の水平変位増加の要因は、掘削時に改良体端部に階段状に残した地山が抵抗し変位を抑制したためと考えられる。

4. まとめ

事前予測のための変形解析と実測値の間に差異が生じたため、埋め土に使用する構成則の見直しを行うとともに、3次元解析の実施で実測値と同等の解析結果を得ることができた。本検討で使用したモデルや得られた知見を活用し、条件を変更した場合の挙動の変化や結果に大きな影響を与える要因分析などを行い、設計の合理化を図る予定である。

参考文献

1) 山田, 川端, 永谷, 久保田, 城戸, 五十嵐, 北山, 川村, 岩崎: 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, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, 2020

2) 森川, 並川, 坂梨, 谷澤, 迫田, 松崎: 改良強度の合理的な評価手法の開発(その2)ー改良強度評価システムについてー, 第48回地盤工学研究発表会, 2013

3) Deutsch, C.V. and A.G. Journal, GSLIB, Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, 1992

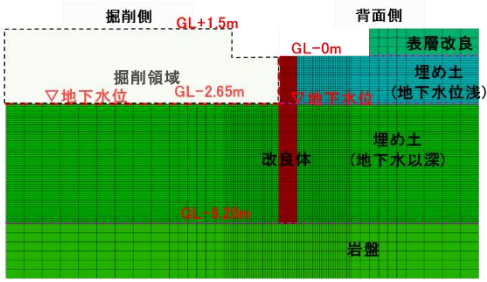


図-2 2次元解析モデル図

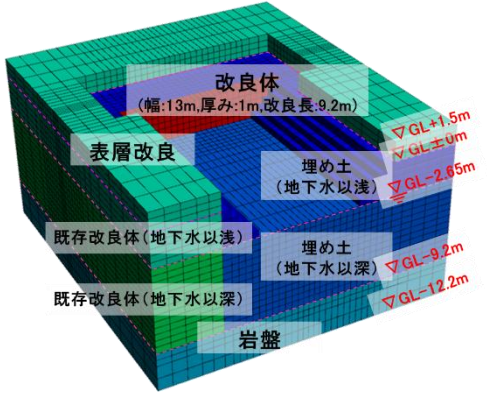


図-3 3次元解析モデル図

表-1 改良体の物性値*

一軸圧縮強度 q_u	1,700 kN/m ²
変形係数 E	306,000 kN/m ²
ポアソン比 ν	0.26
密度 ρ_t	1.9 g/cm ³
内部摩擦角 ϕ	30°
粘着力 C	510 kN/m ²
引張強度 σ_t	255 kN/m ²

*既存改良体, 表層改良も同様の値

表-2 埋め土の物性値

ケース名	2D-Case1 3D-Case1 ($V_s=115\text{m/sec}$)	2D-Case2 3D-Case2 ($V_s=153\text{m/sec}$)
初期せん断弾性係数 G_0	25,130 kN/m ²	44,480 kN/m ²
ポアソン比 ν	0.38	
密度 ρ_t	1.9 g/cm ³	
内部摩擦角 ϕ	23°	
粘着力 C	13.1 kN/m ²	

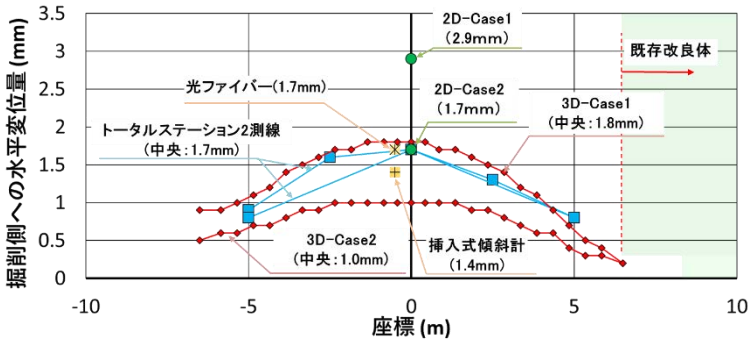


図-4 改良体頂部の水平変位