

## 特殊地盤（有明粘土層）における効果的な地盤改良の設計・施工

九州旅客鉄道株式会社 正会員 ○黒木 悠輔  
九州旅客鉄道株式会社 池邊 開

## 1. はじめに

JR 九州の佐世保線では、2022 年の九州新幹線西九州ルート of 暫定開業に合わせた高速化のため、大町駅～高橋駅における単線区間において現在の線路真横に腹付盛土を実施する複線化工事を進めている。当該区間は図-1 に示すとおり有明粘土層と呼ばれる軟弱地盤が厚く堆積する地域であり、腹付盛土に伴う圧密沈下現象によって現在運行している線路に変状を発生させることが懸念されるため地盤改良を実施することとなった。本稿では、地盤改良工法の検討結果について報告する。

## 2. 有明粘土の性質

有明粘土層は、干潟と海岸低地の大部分を構成する海成沖積層であり、海棲貝類の貝破片が混入されている特徴があり、暗灰色～暗青灰色の粘土や砂混じりシルトから構成される極めて軟弱な粘性土層である。

平成 26 年度に実施した土質試験結果を図-2 に示す。粒度組成について粘土分が 30～80%を占め、シルト分まで含めるとほぼ 100%となり、砂分はほとんど含まないことが分かった。また、液性限界は平均的に 100%程度であるが、自然含水比は平均的に 120%程度となり液性限界より高い状態となった。更に圧縮指数は、0.5～3.5 程度でありばらつきはあるものの総じて高い圧縮性を示した。

## 3. 地盤改良工法の選定

軟弱地盤の対策工には、支持杭や団結工法による地盤の変形抑制型の工法と、圧密を促進させ事前に変形を収束させる工法がある。本事業では、現在の線路への影響を最小限にする必要があることに加えて、工事工程の制約により十分な圧密期間が確保できないことから、変形抑制型の工法を適用することとした。変形抑制型の工法は、過去の有明粘土等の軟弱地盤対策として実績のある支持杭工法のうち、環境負荷の少ない「パイルネット工法」と団結工法として、「中層改良工法」、「深層改良」の 3 工法を対象に選定した。各工法の特徴、有利性について表-1 に示す。

表-1 の 3 工法について本事業区間の計画盛土高さ、軟弱層厚により経済性の高い工法について模式的に表したのが図-3 である。図より新設線路延長に対して 8 割以上において「深層改良工法」が有利であることがわかる。よって、パイルネット工法、中層改良方法の適応範囲が少ないこと、設計・施工を一本化することの

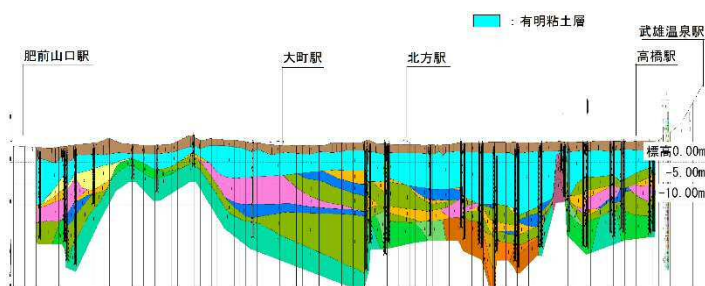


図-1 複線化区間地質縦断面図

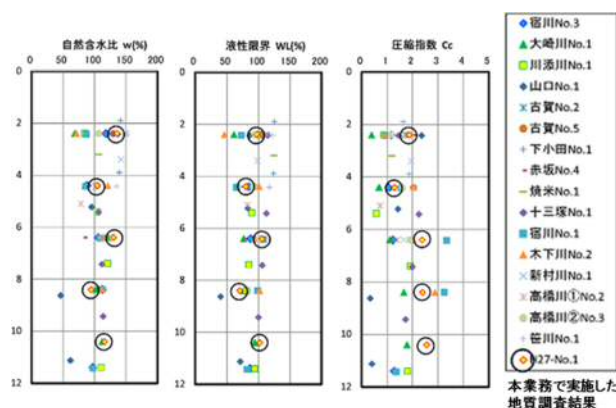


図-2 土質試験結果

表-1 適用する地盤改良

|     | パイルネット工法                                  | 中層改良工法<br>100%改良                           | 浅層+深層改良工法<br>30%改良 (L-Dis工法)             |
|-----|-------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| 概略図 |                                           |                                            |                                          |
| 安全性 | 周辺地盤の変状はほぼなし<br>パンチング破壊の可能性あり             | 周辺地盤の変状が数cm程度<br>発生する可能性あり                 | 周辺地盤の変状は数mm程度<br>に抑えられる                  |
| 施工性 | 作業ヤード 作業幅10m<br>上空支障 上空25m<br>杭置き場 幅5m×杭長 | 作業ヤード 作業幅3m<br>上空支障 上空10m<br>プラントヤード 150m² | 施工時 作業幅7m<br>上空支障 上空12m<br>プラントヤード 200m² |
| 環境性 | 木材 環境への影響少ない<br>杭打設時の騒音、振動あり              | 六価クロムの溶出確認が必要<br>排出土:セメント含有                | 六価クロムの溶出確認が必要<br>排出土:一般残土                |
| 評価  | 盛土高 1m以上<br>改良厚10m以下 で最も経済的               | 盛土高 1m以下<br>改良厚 5m以下 で有利                   | 盛土高によらず<br>改良厚 5m以上 で有利                  |

優位性が高いことを鑑み、本事業では全延長において深層改良工法を適用する計画とした。

#### 4. コスト削減の検討

本事業は、施工延長が 6.2km と長いことにより、「深層改良工法」での着底による地盤改良では費用が莫大なものとなる。そのため、コスト削減案として、図-4 に示すように腹付盛土による圧密沈下を軌道整備が可能な範囲である程度許容する非着底による地盤改良を検討した。

軌道補修を実施しなければならない値に達する回数（4 回/年）を沈下の許容値として設定し、また、深層改良杭による改良率を減らすため、盛土部分において粒度調整砕石にセメントを混合させたセメント改良礫土と面状補強材を併用したセメント改良礫土スラブの構築を計画した。セメント改良礫土部分にて圧縮力を、面状補強材にて引張力を受け持つことにより構造部材としての機能を持たせ、深層改良の改良率を当初計画の 30% から 15% に低減させた。

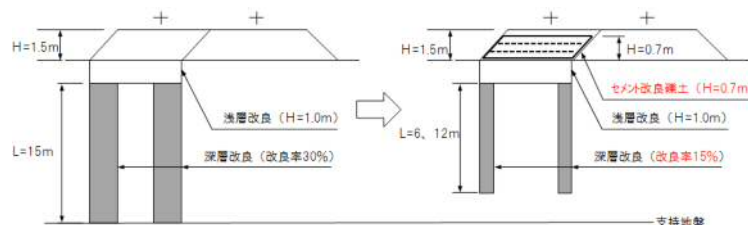


図-4 セメント改良礫土による盛土計画

#### 5. 試験盛土の実施

前章で検討した地盤改良工法やコスト削減案に関する検証として佐賀県武雄市北方町内の六角川河川敷において試験盛土を施工した。有明粘土の沈下挙動（沈下量、沈下速度）の把握を目的とし、①無対策盛土、②改良深度 6m、③改良深度 12m の盛土を構築、沈下量等の計測を実施した。（②、③はセメント改良礫土スラブ盛土）また、腹付盛土による既設線への影響を確認するために、①無対策盛土に対して改良深度 6m のセメント改良礫土スラブ盛土による腹付けを行い、沈下挙動を計測した。図-5 に沈下のグラフを示す。地表面において経過約 400 日で①は 74.8mm、②は 38.2mm、③16.8mm 沈下が発生した。

#### 6. 改良長の設定

地盤改良長の設定までの流れは、まず、地盤改良杭の鉛直支持力照査及び盛土支持地盤に対する円弧すべり照査を実施し、どちらも満足する改良深度、改良強度を求める。次に、求められた値に対して試験盛土で得られた圧密沈下速度等の土質定数のパラメータをフィードバックさせた FEM 解析により、圧密沈下検討を実施し沈下の許容値内に収まるか照査を行う。以上を踏まえ、軟弱層厚、線間距離、盛土高さにより解析断面を設定し設計計算を実施した結果、支持力、円弧すべり、FEM 解析照査全てを満足する地盤改良長は当該施工箇所においては 8.0~10.0m となった。

#### 7. まとめ

本稿では、佐世保線複線化工事における地盤改良の検討について報告した。今年度より実施工に着手したが、圧密沈下挙動について試験盛土で得られた知見との差異を引き続き検証し、深度化を進めていく所存である。

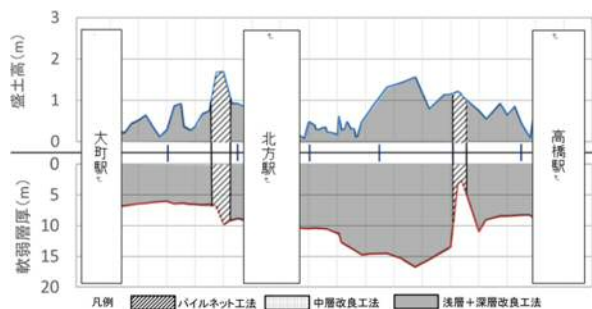


図-3 改良の適用範囲

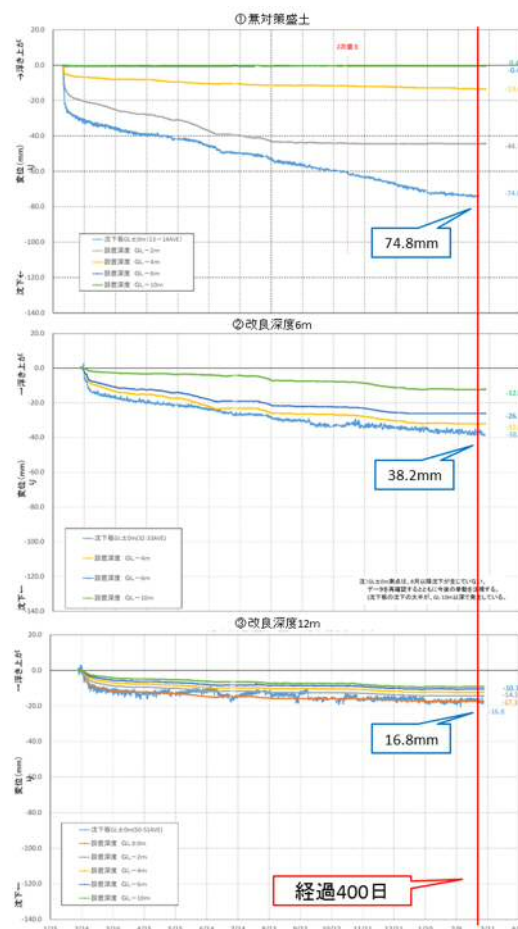


図-5 試験盛土沈下グラフ