

有明海沿岸道路建設における軟弱地盤対策の取組み ～ その2：変形許容型の軟弱地盤対策 ～

靄 敏信* 駒延勝広** 了戒公利***

1. はじめに

前報¹⁾では有明海沿岸道路の建設における軟弱地盤対策の取組みのうち、当該地域の地盤特性を考慮した設計・施工基準である「有明海沿岸道路軟弱地盤対策技術基準(案)」²⁾(以下、「技術基準(案)」)の策定と、CMr(コンストラクションマネージャー)による技術基準(案)の的確な運用について報告を行った。

今回(第2回)は有明海沿岸道路における軟弱地盤対策の設計・施工の概要と、盛土の安定確保を主目的とした変形許容型の軟弱地盤対策について報告する。

2. 軟弱地盤対策の設計・施工の考え方

当該道路の地盤概要を図-1に示す。当該地域はほぼ全域にわたり、有明粘土を主体とする軟弱層が10～30m程度堆積する軟弱地盤地帯である。地盤構成の詳細は前報¹⁾を参照されたい。

この様な地域において、経済的で品質のよい土構造物を建設するには当該地域の地盤特性を考慮して、目標となる設計水準を的確に定めて施工を行うことが重要である。

そこで、学識経験者、有識者等で構成される「有明海沿岸道路軟弱地盤対策工法検討委員会」を設置し、試験盛土による検証等を行い、当該道路の建設に係る地盤調査、設計、施工管理、品質

管理等に対して様々な基準を示すことを目的として技術基準(案)²⁾を策定した。技術基準(案)の主な特徴を以下に示す。

2.1 沈下許容型の設計

試験盛土における無処理盛土の時間沈下曲線を図-2に示す。試験盛土の設計時は、当該地域における有明粘土の圧密係数を $C_v=700(\text{cm}^2/\text{day})$ に設定していたが、試験盛土では計算値より早く圧密沈下が収束する傾向が認められた。この結果、当該地域で施工中の沈下が問題となる可能性は少ないと判断できた³⁾。

そこで、施工中の沈下量は特に規定せず、供用後の残留沈下量を規定する軟弱地盤対策の設計を行うこととした。

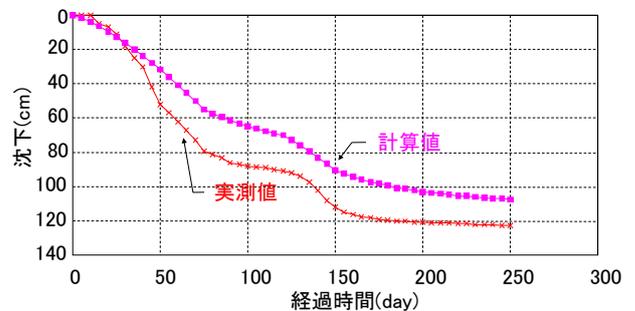


図-2 無処理盛土の時間沈下曲線

2.2 効率的な地盤調査

盛土の軟弱地盤対策では有明粘土が対象となる。地盤調査ではボーリングは主要な箇所のみ実施し、代わりに安価で簡易に行える三成分コーン貫入試験を広く実施した。ボーリング調査のみの場合と比べて、調査の箇所数を大幅に増加でき、かつ鉛直方向に連続したデータが得られるため、軟弱層の立体的な地盤情報を詳細に把握できた。

このような調査手法を採用することで、費用対効果に優れた地盤調査が可能となった。

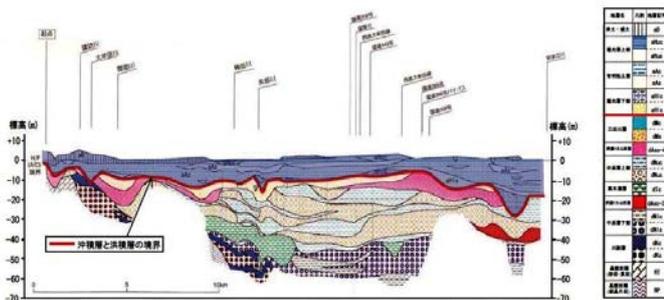


図-1 有明海沿岸道路(福岡県側)の地盤概要

3. 変形許容型の軟弱地盤対策

前報¹⁾で紹介したように、有明海沿岸道路では地盤条件や周辺の構造物等の状況に応じて「補強盛土」、「補強盛土+浅層混合処理」、「浅層混合処理+低改良率深層混合処理」、「軽量盛土」の4種類の軟弱地盤対策が採用されている。

図-3に示す選定フロー(案)などを参考に道路盛土に要求される性能、周辺構造物の有無や構造物の種類、周辺環境等を考慮し、CM方式を活用した技術基準(案)の的確な運用のもと、最適な軟弱地盤対策の選定を行っている。

本報では、盛土の安定確保を主目的とした変形許容型の軟弱地盤対策のうち、「補強盛土+浅層混合処理」の工法概要、施工事例、及び浅層混合処理の品質管理について報告する。

3.1 補強盛土+浅層混合処理

3.1.1 工法概要

「補強盛土+浅層混合処理」は補強盛土と浅層混合処理を組み合わせ、盛土の安定を図る工法である。補強盛土と同様、周辺構造物がなく、あ

る程度変形が許容されるか、補強盛土では安定が確保できない箇所に本工法の採用を検討する。補強盛土と比べると、浅層混合処理による改良地盤により不同沈下を少なくできる利点がある。

本工法の施工手順を図-4に示す。最初に浅層混合処理を施工する箇所を掘削し、掘削底面にジオテキスタイル等の引張補強材を敷設する。その後、自走式改良機(写真-1)で改良した土砂を引張補強材の上に撒き出し、転圧、締固めを行い、改良地盤を構築する。

改良地盤の上面でなく、下面に引張補強材を敷設するのは、浅層混合処理の施工時における重機のトラフィック能力の確



写真-1 自走式改良機

保と、改良地盤に生じる引張応力を低減させてクラックの発生を抑制するためである。

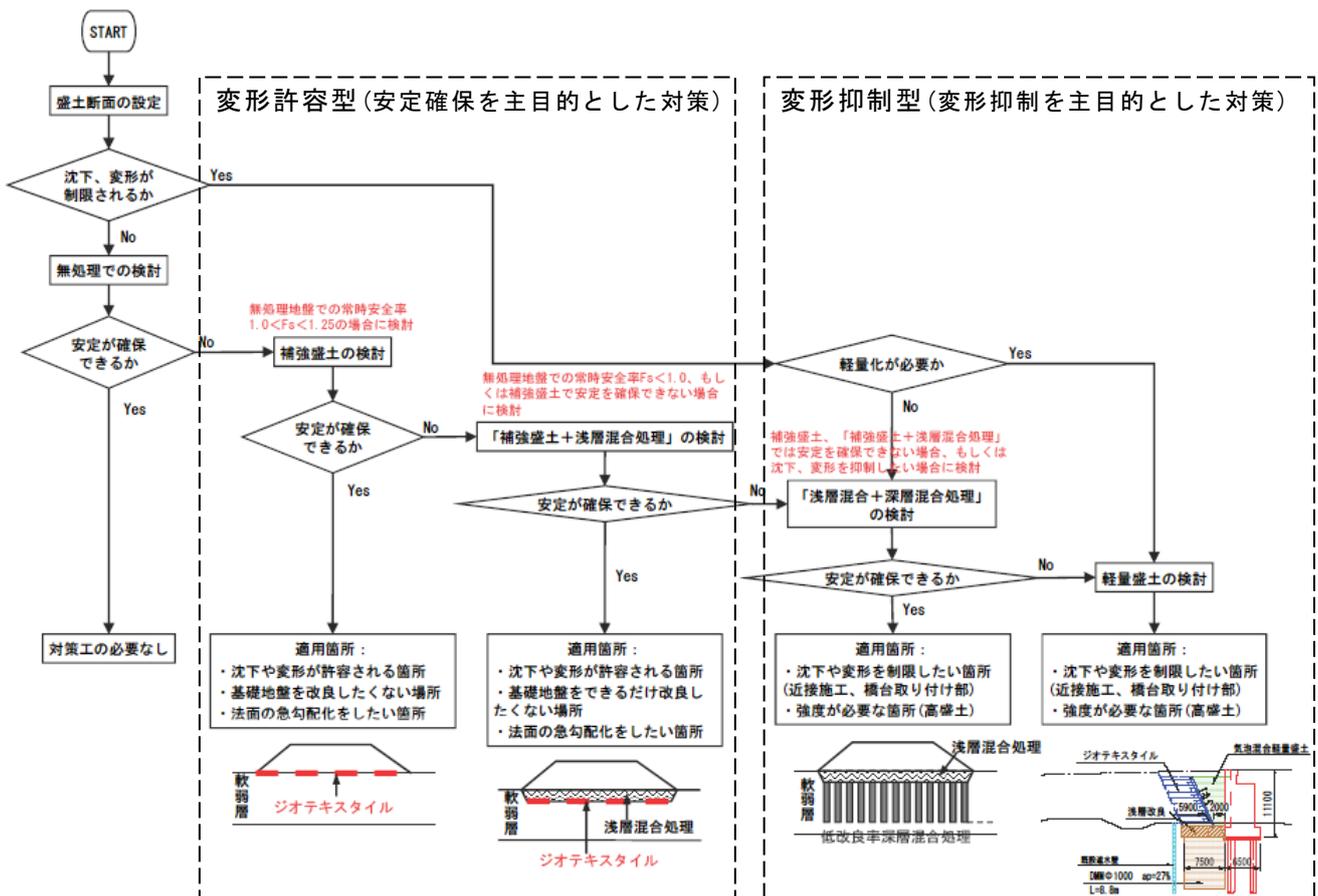


図-3 有明海沿岸道路における軟弱地盤対策の選定フロー(案)

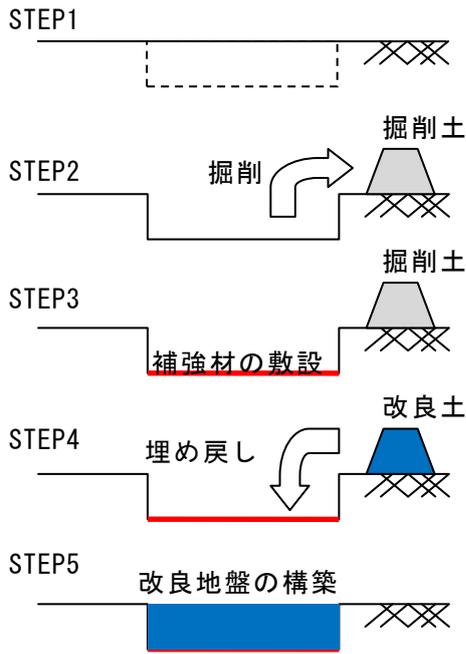


図-4 補強盛土+浅層混合処理の施工手順

3.1.2 施工事例

当該箇所は図-5に示すように中央部に本線、両サイドにONランプ、OFFランプが位置するIC部である。N値0~1の軟弱層が10m程度堆積している地盤であり、本線の盛土高は約9mである。ONランプは補強土壁で構築され、壁高は約5mである。浅層混合処理は改良強度 $q_u=400\text{kN/m}^2$ 、改良厚さ1.5mであり、改良地盤の下面には引張補強材を全面敷設している。

当該箇所の沈下計測結果を図-6に示す。沈下は盛土開始後100~200日程度で収束する傾向にあり、試験盛土と同様、沈下は早期に収束する結果となった。実測沈下量は盛土高約8mで80~90cm程度であった。

当該地盤ではこの様な過大な沈下が予想され、沈下に伴う補強土壁面の損傷等が懸念された。

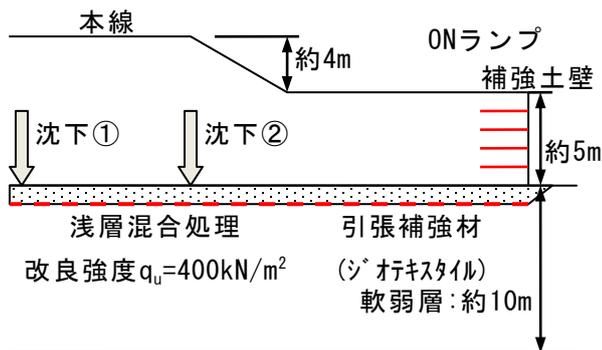


図-5 横断面

このため盛土本体の沈下収束を確認後、後施工で壁面を取り付けられる補強土壁を採用した。



写真-2 補強土壁

現在の状況を写真-2に示す。

補強土壁に変形等は認められず、良好な状態が確保されている。

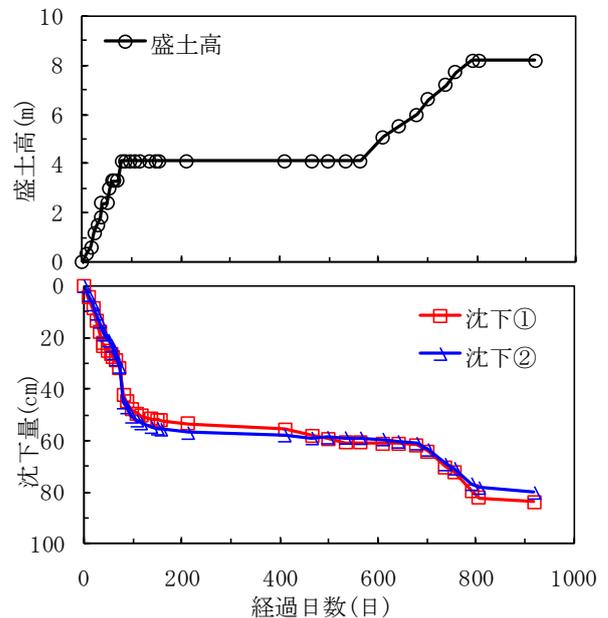


図-6 沈下計測結果

3.2 浅層混合処理の品質管理試験

浅層混合処理の品質管理は通常、採取試料による一軸圧縮強度を用いて行われている。当該事業では浅層混合処理を多用しているため、その品質管理は重要である。

そこで、実施工では一軸圧縮強度による品質管理と併用して、小型FWD試験による品質管理を実施している。

小型FWD試験は簡易に実施でき、1箇所の測定に要する時間が短いため多点の測定が可能である。このため一軸圧縮試験による品質管理と比べて、改良地盤の強度分布や品質のバラツキ等を判定しやすい利点がある。

3.2.1 小型FWD試験

小型FWD試験とは重錘を自由落下させて生じ

る荷重強度と地盤のたわみから地盤反力係数を求めて地盤の剛性を評価する試験であり、盛土や切土、路床、路盤等の剛性評価に用いられている⁴⁾。

実施工では改良後3日程度を目安に小型FWD試験を実施し、得られた変形係数から材令28日後の一軸圧縮強度を推定している。一軸圧縮強度は下記の式(1)及び式(2)を用いて推定する。

$$E_{FWD} = \frac{pa\pi(1-\nu^2)}{2\delta} = K_{FWD} \frac{a\pi(1-\nu^2)}{2} \dots \text{式(1)}^4$$

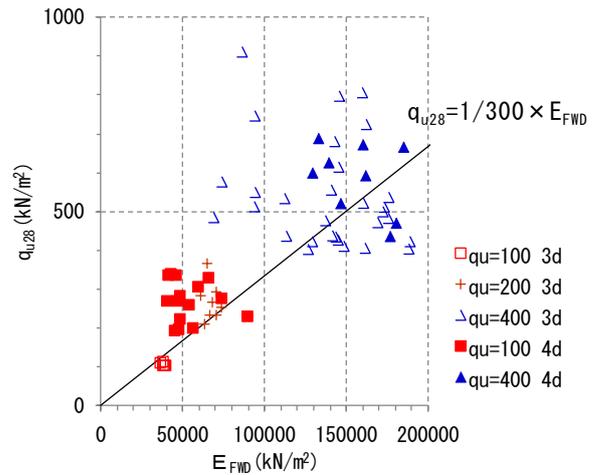
$$q_u = \alpha E_{FWD} \dots \text{式(2)}$$

ここで、 p :荷重強さ(kN/m²)、 δ :沈下量(mm)、 a :載荷板半径(mm)、 ν :ポアソン比、 q_u :一軸圧縮強度(kN/m²)、 K_{FWD} :小型FWD試験による地盤反力係数(kN/m³)、 E_{FWD} :小型FWD試験による変形係数(kN/m²)、 α :小型FWD試験による変形係数と一軸圧縮強度との係数

3.2.2 小型FWD試験と一軸圧縮試験の相関

小型FWD試験で得られた変形係数と、一軸圧縮強度との関係を図-7に示す。同図で示す変形係数 E_{FWD} は改良3日後及び4日後の小型FWD試験の結果である。改良強度が大きくなるにつれて、小型FWD試験による変形係数のバラツキが大きくなる傾向が認められる。

実施工では、式(2)の係数 α を1/300として一軸圧縮強度を推定している。この関係式を図-7に実線で示す。材令28日の一軸圧縮強度 q_{u28} はほとんどが係数 $\alpha = 1/300$ で推定された一軸圧縮強度よりも大きく、 $\alpha = 1/300$ による推定は安全側で、ほぼ妥当であると考えられる。但し、設計改良強度が $q_u = 400$ (kN/m²)では一部、試験結果が推定強度より小さくなっている場合もあり、推定精度をさらに向上させるには、設計改良強度の大きさに応じて係数を設定する等の対応が今後、必要になると思われる。



凡例：100～400：設計強度、d：材齢(日)

図-7 E_{FWD} と q_{u28} の関係

4. おわりに

今回は、有明海沿岸道路の建設における軟弱地盤対策の取組みのうち、変形許容型の軟弱地盤対策と品質管理について報告を行った。

最終回となる次回は、変形抑制型の軟弱地盤対策と供用後の状況について報告を行う予定である。

参考文献

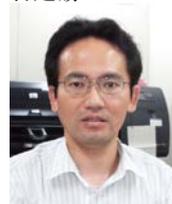
- 1) 靄敏信、駒延勝広、丁戒公利：有明海沿岸道路建設における軟弱地盤対策の取組み～その1:技術水準の策定とCMrの活用～、土木技術資料、第52巻、第10号、pp.56～59、2010
- 2) 有明海沿岸道路軟弱地盤対策工法検討委員会：有明海沿岸道路軟弱地盤対策技術基準(案)、国土交通省九州地方整備局、2003
- 3) 横峯正二、下尾崎隆博：軟弱地盤対策におけるコスト縮減～試験盛土による軟弱地盤の評価と対策工法の選定～、第2回九州国土交通研究発表会、2003
- 4) 土木学会舗装工学委員会：FWDおよび小型FWD運用の手引き、pp.69～74、(社)土木学会、2002

靄 敏信*



国土交通省九州地方整備局
福岡国道事務所 有明海沿岸
道路出張所長
Toshinobu TURU

駒延勝広**



財団法人土木研究センター
技術研究所地盤・施工研究部
主任研究員
Katsuhiko KOMANOBE

丁戒公利***



財団法人土木研究センター
技術研究所地盤・施工研究部
部長
Kimitoshi RYOKAI

