

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3：変形抑制型の軟弱地盤対策～

齋 敏信* 駒延勝広** 了戒公利***

1. はじめに

前報^{1),2)}までは有明海沿岸道路における軟弱地盤対策の取組みとして、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)」³⁾(以下、「技術基準(案)」)の策定、CMr(コンストラクションマネージャー)の活用による技術支援の他、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を行った。

最終回となる今回(第3回)は、盛土及び周辺地盤の変形抑制を主目的とした変形抑制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

当該地域は図-1に示すように、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¹⁾。この様な地域のため、当該道路の建設に際しては軟弱地盤対策が大規模になり、対策費が莫大に掛かることが懸念された。

そこで、経済的で品質のよい土構造物を建設するため、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、当該地域の地盤特性を考慮した設計・施工水準である技術基準(案)³⁾を策定した。なお、技術基準(案)の詳細は参考文献³⁾を参照されたい。

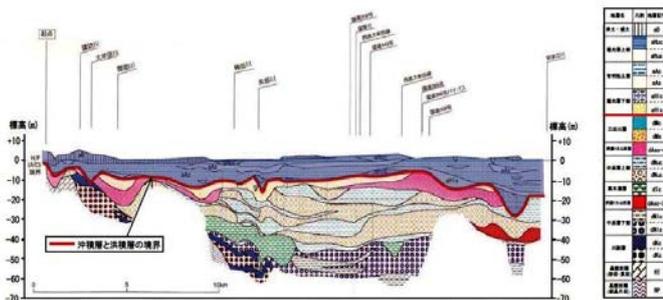


図-1 有明海沿岸道路(福岡県側)の地盤概要

3. 変形抑制型の軟弱地盤対策工

技術基準(案)では図-2に示すように沿道条件に対応して変形許容型と変形抑制型の軟弱地盤対策工に大別し、さらに地盤条件や構造物に要求される性能に応じて、それぞれ2種類の軟弱地盤対策工法を採用することになっている。

変形許容型は、第2報で報告したように周辺に既設構造物がなく、盛土自体の安定確保が主目的となる場合に採用している。

変形抑制型は、周辺に既設構造物等があり盛土の安定に加え、周辺地盤の変形を抑制する必要がある場合に用いられ、「浅層混合処理+低改良率深層混合処理」や「軽量盛土」を採用している。

本報では、変形抑制型の軟弱地盤対策のうち、「浅層混合処理+低改良率深層混合処理」について報告する。

3.1 浅層混合処理+低改良率深層混合処理

3.1.1 工法概要

「浅層混合処理+低改良率深層混合処理」は、深層混合処理による改良杭を改良率30%未満で打設し、その上に浅層混合処理による改良固化盤を構築して改良杭との一体化を図り、盛土及び周辺地盤の変形抑制を図る工法である。

本工法では、図-3に示すように深層混合処理による改良杭を比較的堅固な洪積層まで打設する着底式改良と、洪積層まで打設せず改良杭の下に未改良層を残す非着底式改良がある。

当該道路では非着底式の深層混合処理を基本としているが、既設構造物との近接施工箇所や橋台背面部、施工後直ちに開放しなければならない構造物基礎(現道上のボックスカルバート)等では着底式の深層混合処理を採用している。本工法は、

- ・従来の深層混合処理と比べてコストが安価
- ・改良率が低いため地下水の阻害等が生じにくい
- ・改良固化盤により不同沈下を抑制できる
- ・非着底式では改良杭の長さを調整することで、沈下量のある程度制御することが可能等の利点がある。

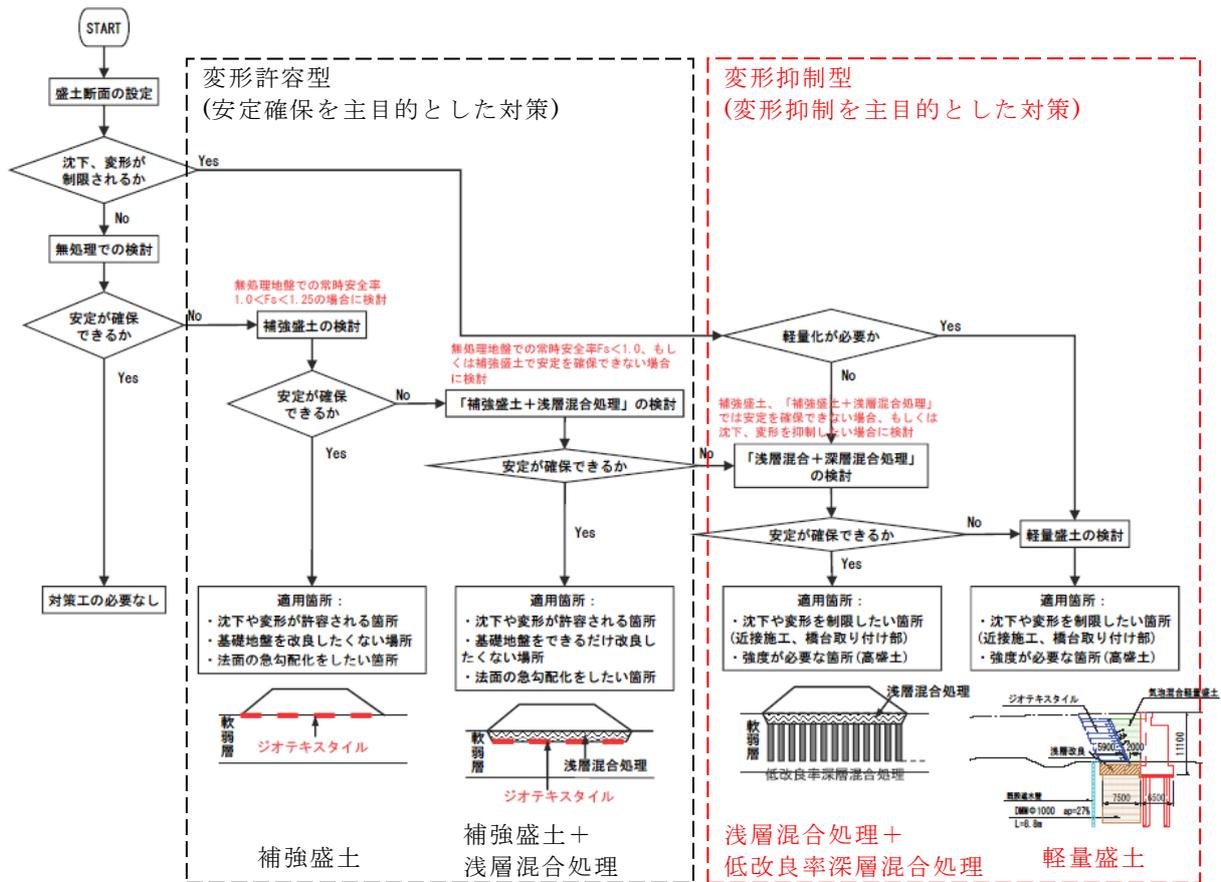
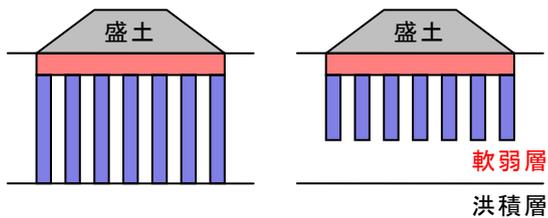


図-2 有明海沿岸道路における軟弱地盤対策の選定フロー(案)



(a) 着底式改良 (b) 非着底式改良

図-3 着底式改良と非着底式改良

3.1.2 盛土及び周辺地盤の変形抑制対策

当該箇所は図-4に示すように既設家屋に近接して、盛土構造で当該道路が計画されていた。盛土高さは7m程度であり、盛土の施工により家屋に変状を及ぼすことが懸念された。そこで、構造物の要求性能や現地条件等を考慮して技術基準(案)に従い検討を行った結果、「浅層混合処理+低改良率深層混合処理」による軟弱地盤対策を採用することにした。深層混合処理は、沈下量を低減させるため比較的堅固な洪積層まで改良杭を打設する着底式改良としている。

盛土施工中は動態観測を実施し、盛土の安定管理や周辺地盤の変形状況の確認を行った。その結

果、盛土中央で最大6cm程度、既設家屋との用地境界で最大5mm程度の沈下が認められたが、家屋に変状等を及ぼさずに盛土の施工を行うことができた。なお、深層混合処理の施工に際しては近接家屋に極力、変状等を及ぼさないよう打設順序に十分配慮して、改良杭の施工を行った。

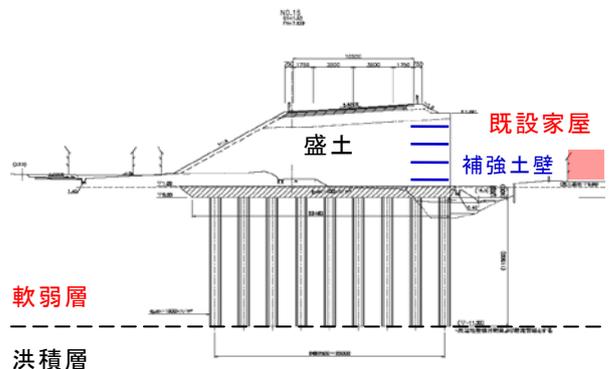


図-4 横断面図

3.1.3 ボックスカルバートの軟弱地盤対策

(1) 沈下に対する考え方

有明海沿岸道路のボックスカルバートには表-1に示すように道路用、水路用、「道路+水路」用

土研センター

の3種類がある。

道路用では供用後に計画高さになるように、設計沈下量分を上げ越して施工する。一方、水路用、「道路+水路」用では、ボックスカルバート本体の施工完了後から水路断面を確保するため、上げ越しは行わず、設計沈下量分、内空高さを高くして施工する。

表-1 沈下に対する考え方

ボックスカルバート布設時	最終沈下時
<p>水路ボックス</p> <p>計画内空=必要内空*1)+残留沈下量(=a, cm)</p> <p>*1)必要内空とは、歩行者との歩道の確保の上決定した内空高さ(道路ボックスの建築図等)</p>	
<p>道路ボックス</p> <p>計画内空=必要内空*1)+内空余裕(=10cm)</p> <p>*1)必要内空とは、歩行者との歩道の確保の上決定した内空高さ(道路ボックスの建築図等)</p>	
<p>水路持ち込み道路ボックス</p> <p>計画内空=必要内空*1)+残留沈下量(=a, cm)+内空余裕(=10cm)</p> <p>*1)必要内空とは、歩行者との歩道の確保の上決定した内空高さ(道路ボックスの建築図等)</p>	

(2)段差緩和の考え方

ボックスカルバートの基礎工では、一般に杭基礎が用いられるが、ボックスカルバートと盛土の基礎工が異なるため、境界部で段差が生じることが多い。有明海沿岸道路では両者間の段差をできるだけ小さくするため、ボックスカルバートの軟弱地盤対策として、非着底式の「浅層混合処理+低改良率深層混合処理」を用いている。

ボックスカルバートと盛土区間の沈下差が大きい場合には図-5に示すように両者の間に段差緩和区間を設置し、急激な段差が生じないようにしている。段差緩和区間は道路縦断方向の長さを4m程度とし、隣接する区間の相対沈下が設計上30~40cm程度となるように各区間の深層混合処理の改良率を調整し、設定した。

現在供用中の箇所をみると、着底式改良と非着

底式改良の境界付近で段差が生じている事例が数例ある。そこで、着底式改良のボックスカルバートの段差を検証したところ、着底式改良と隣接する非着底式改良の相対沈下が小さいボックスカルバートでは段差が生じていないことがわかった。この結果を踏まえ、着底式改良と隣接する非着底式改良の相対沈下を15cm程度に小さくすることを、現在、提案している。

(3)施工事例

当該箇所は図-5に示すように軟弱な粘性土層が10m程度堆積している地盤であり、ボックスカルバートの軟弱地盤対策として、非着底式の「浅層混合処理+低改良率深層混合処理」を採用した。改良杭下部の未改良層は約1.5mの厚さである。

事前検討では、ボックスカルバートの沈下量は36cmと予測されていた。施工時から動態観測を継続しているが、この結果をみると、現在ボックスカルバートの沈下は収束しており、その沈下量は32cmである。予測値と実測値を比べると、若干予測値が大きめであるが、事前検討としては、妥当な予測結果であったといえる。

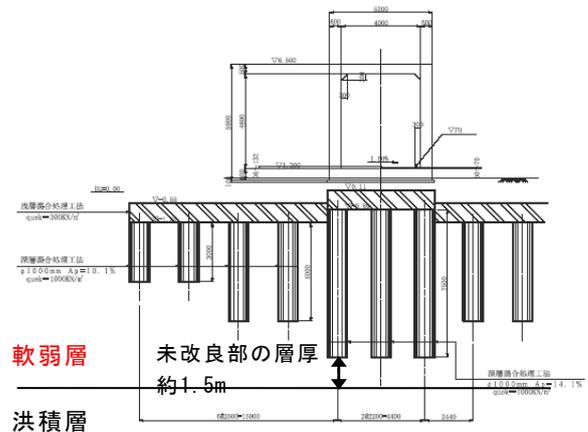


図-5 ボックスカルバートの軟弱地盤対策

3.2 深層混合処理の品質管理試験

当該事業では深層混合処理を多用しているため、その品質管理は極めて重要である。実施工では採取試料を用いた一軸圧縮試験と併用して、針貫入試験による品質管理を実施している。針貫入試験を併用することで以下のメリットが得られる。

- ・試験が簡易で短時間に実施でき多点測定が可能
- ・採取試料の深度方向に対し、密な測定(実施工は10cm間隔)を行うことで弱部の判定が可能
- ・一軸圧縮強度との相関性がよく、強度の評価がしやすい

3.2.1 針貫入試験

針貫入試験とは所定の深さに針を貫入させるのに必要な荷重を測定し、針貫入勾配(荷重/貫入量)から一軸圧縮強度を推定する試験である。一軸圧縮強度は式(1)の推定式で求める

$$q_u = 98 \times 10^{(0.978x+1.599)} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots \text{ 式(1)}$$

q_u : 一軸圧縮強度(kN/m²)

NP : 針貫入勾配=貫入荷重(kgf)/貫入量(mm)

x : 針貫入勾配の対数値=log₁₀ NP

実施工では材令28日の他、材令7日の早期で針貫入試験と一軸圧縮試験を実施して改良杭の強度評価や弱部の判定等を行い、その結果を実施工にフィードバックすることで、弱部のない均質な改良等、良好な施工を行うように心掛けている。

3.2.2 針貫入試験と一軸圧縮試験の相関

実施工における品質管理の一例として、深層混合処理の深度と一軸圧縮強度との関係を図-6に示す。本事例は非着底式改良の試験結果である。

図中の○が針貫入試験による換算強度(以下、換算値)、▲が一軸圧縮試験による強度(以下、試験値)を示す。材令7、28日とも換算値と試験値はほぼ同様な分布傾向を示しており、針貫入試験結果と一軸圧縮試験結果の相関性はよいといえる。

材令7日の試験結果では、標高-4.5~-5.5m付近に一部、弱部が認められた。これを踏まえ、実施工ではこの部分の攪拌回数を多くする等、良好な改良体を造成する施工を行った。その結果、材令28日の試験結果では設計強度を満足し、弱部等も認められず良好な施工を行うことができた。

4. おわりに

最終回の今回は、変形抑制型の軟弱地盤対策と品質管理について報告した。当該道路では当初、深層混合処理で計画されていた軟弱地盤対策を技術基準(案)の策定と運用により、補強盛土(緑)、

「補強盛土+浅層混合処理」(青)、「浅層混合処理+低改良率深層混合処理」(赤)に変更した結果、当初設計と比べて約7割のコスト削減を行うことができた(図-7)。

現在、完成4車線への道路拡幅や一般道供用区間の自動車専用道路の建設等が進められており、今後、機会があれば報告していきたい。

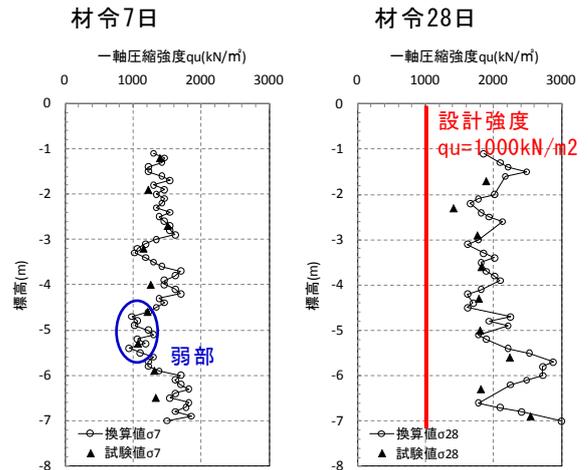


図-6 深層混合処理の品質管理事例



図-7 供用区間の軟弱地盤対策

参考文献

- 1) 靄敏信、駒延勝広、了戒公利：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) 靄敏信、駒延勝広、了戒公利：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2:変形許容型の軟弱地盤対策～、土木技術資料、第52巻、第12号、pp.54～57、2010
- 3) 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

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

了戒公利***



財団法人土木研究センター技術研究所地盤・施工研究部長、(工博)
Dr.Kimitoshi RYOKAI