

軟弱地盤上の腹付け盛土工事 ～有明海沿岸道路の事例～

駒延勝広・西川剛一・了戒公利

1. はじめに

有明海沿岸道路は福岡県大牟田市から有明海北部沿岸を通り、福岡県大川市までを結ぶ延長27.5kmの地域高規格道路である。

当該道路は有明海北部沿岸の軟弱地盤に建設されるため、様々な技術的課題を克服する必要があった。これらの課題を克服し、合理的に道路建設を行うため、有識者や学識経験者による検討委員会により、「有明海沿岸道路軟弱地盤対策技術基準案」¹⁾（以下「技術基準案」という。）が策定され、当該事業が進められてきた^{2),3),4)}。土木研究センターではCM（コンストラクションマネジメント）業務において、軟弱地盤担当CMrとして当該事業に従事した。

当該道路は4車線（完成形状）の自動車専用道路として計画されているが、早期に整備効果を発現させるため、暫定2車線と一般道の併用で平成20年3月に初開通した（大牟田IC～大川中央IC）。

その後、交通量の増加に伴い円滑な道路交通を確保する必要性が生じた。そこで、大牟田北IC～黒崎IC間に位置する土工部の直線区間で既設盛土の脇（山側）に盛土を行う腹付け盛土工事（No279～No371+10）を行い、片側2車線の完成形状とし追い越し車線を設置した。この腹付け盛土区間は平成25年1月末から供用を開始している。本報では、この腹付け盛土工事について報告する。

なお、三池港ICから大川東ICまでの23.8kmが現在、自動車専用道路として供用されている（図-1）。



図-1 有明海沿岸道路の概要

2. 有明海沿岸道路の地盤概要

当該道路の地盤概要を図-2に示す。当該地域では、軟弱な有明粘土を主体とする軟弱層（沖積層）がほぼ全線に亘り堆積する。軟弱層の厚さは概ね10m程度であるが、筑後川周辺では30m程度と著しく深くなっている。また、地層構成は中間砂層の有無など、地区によって若干の相違が認められる。

腹付け盛土区間の地層構成は埋め土、有明粘土の層序であり、埋め土は2～3m、有明粘土は7～10mの層厚となっている（図-2）。

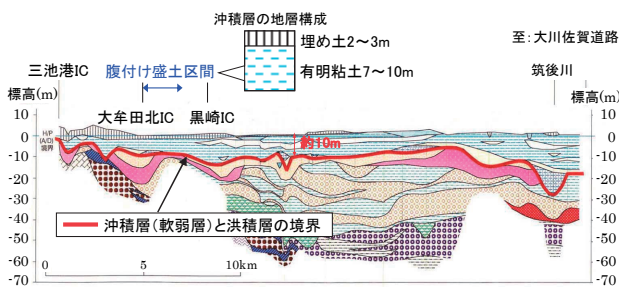


図-2 有明海沿岸道路の地盤概要

腹付け盛土は、供用中の既設道路に対して行われるため、腹付け盛土に伴う既設道路の沈下を考慮して設計・施工を行う必要がある。

技術基準案¹⁾では、盛土部の設計水準として盛土本体の沈下、周辺地盤の沈下、盛土の計画安全率は規定しているが、腹付け盛土に伴う既設道路の変形は規定していない。また当該地区周辺で過去に腹付け盛土工事が行われた事例もない。

そこで、他の地域の腹付け盛土の工事事例²⁾や道路維持修繕要綱³⁾などを参考に、腹付け盛土に伴う既設道路の許容変位の目安を「既設道路法肩で沈下5cm以内（施工中）」と設定し、腹付け盛土施工時の既設道路の走行安全性の確保を提案した（図-3）。

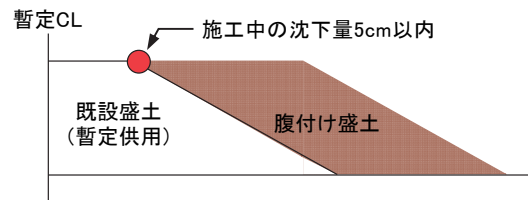


図-3 腹付け盛土施工時の許容変位の目安

3. 既設盛土（暫定供用）の軟弱地盤対策

腹付け盛土区間の施工延長は約1.8kmである。当該区間の暫定供用時の盛土では、表-1に示す軟弱地盤対策が行われている。

ここで、補強盛土、「補強盛土+浅層改良」、パイルネットは、盛土の安定確保を主目的とした軟弱地盤対策であり、農地など盛土に伴う周辺地盤の変位がある程度許容される箇所で提案し、採用されている³⁾。

一方、「浅層改良+低改良率深層改良」は周辺地盤の変形抑制を主目的とした軟弱地盤対策であり、家屋等の既設構造物に近接施工となる箇所で提案し、採用されている⁴⁾。

4. 腹付け盛土による完成形状への移行

4.1 設計の基本方針

4.2 腹付け盛土の軟弱地盤対策

今回の道路盛土の腹付け盛土工事で最も厳しい制約条件は、供用中の既設道路に生じる沈下である。この沈下は腹付け盛土施工時の条件であるため、下記の2通りの考え方を提案し、それぞれ検討した。

- ①軽量材料を使用し既設道路法肩の総沈下量を5cm以内に抑える
- ②腹付け盛土工事で生じる既設道路法肩の沈下量を5cm以内に制御する（工事中に既設道路の沈下補修を併用する）

①は工費よりも工期を優先した対策であり、発泡スチロールブロックを積み重ねたEPS工法や、土砂内に気泡を有した気泡混合軽量盛土等がある。②は既設道路の沈下状況次第で①より工期が長くなる可能性があるが、工費は一般に安価となり、表-1に示す「浅層改良+低改良率深層改良」等がある。

①では既設盛土の一部を除去し、除去部と同じ

表-1 既設盛土（暫定供用）の軟弱地盤対策

| 工法名 | 補強盛土(ジオテキスタイル) | 補強盛土+浅層改良 | パイルネット | 浅層改良+低改良率深層改良 |
|-----|---------------------------|-----------|--------|---------------|
| 概略図 | | | | |
| 目的 | 主に安定確保(盛土・周辺地盤の変形はある程度許容) | | | 変形抑制 |

土研センター

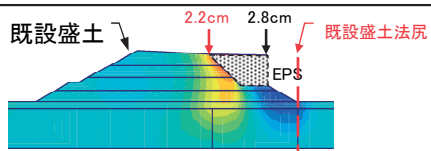
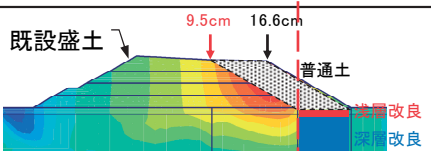
重量（腹付け盛土に伴う荷重増加なし）で完成形状の道路幅員を確保できるようにEPS工法を、②では「浅層改良+低改良率深層改良（着底式）」を提案し、2次元弾塑性FEMによる変形解析を行った。その結果（変位コンターと沈下量）を表-2に示す。

ここで、EPSでは、既設道路法肩の総沈下量は2.2cmと許容値5cm以内に収まるが、道路延長10m当たりの概算施工費は約1250万円となった。

一方、「浅層改良+低改良率深層改良（着底式）」では既設道路法肩の総沈下量は5cmを超えるが、道路延長10m当たりの概算施工費は約450万円であり、EPSの1/3程度の結果となった。

以上の結果に加え、発注者による総合的な判断により、腹付け盛土の軟弱地盤対策には「浅層改良+低改良率深層改良（着底式）」が採用された。

表-2 腹付け盛土の軟弱地盤対策の比較結果

| 対策工法 | FEM解析結果 |
|-----------------------|--|
| EPS (発砲スチロール) |  <p>既設盛土 2.2cm 2.8cm 既設盛土法肩 EPS</p> <p>概算工期: 約1年 概算施工費¹⁾: ¥12,450,000-</p> |
| 浅層改良 + 低改良率深層改良 |  <p>既設盛土 9.5cm 16.6cm 普通土 浅層改良 改良 改良</p> <p>概算工期: 約2.5年 概算施工費¹⁾: ¥4,500,000-</p> |

1) 道路延長10m当たりの直接工事費

5. 腹付け盛土の動態観測結果

腹付け盛土工事の施工では動態観測を実施した。施工業者が観測結果を施工管理に活用し、無事施工できた。実施した動態観測の結果を以下に示す。

(1) 計測断面と計測項目

腹付け盛土工事に伴う動態観測は、盛土の施工管理の計測を主体（延長40mに1箇所）とし、一部の箇所では地中変位や間隙水圧等の測定を併用した（以下「詳細計測」という）。詳細計測は腹付け盛土区間の5箇所（No281、No320、No346、No355+10、No367）で実施された。

詳細計測箇所の1つであるNo367断面を図-4に示す。同断面は、既設盛土（暫定供用）の軟弱地盤対策が補強盛土である。軟弱地盤対策工を含めた既設盛土及び腹付け盛土の諸元を表-3に示す。同断面で

は、観測業者が地表面の沈下及び水平変位、層別沈下、地中水平変位、間隙水圧を測定した。

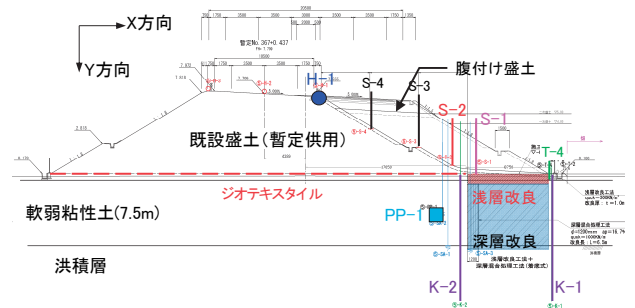


図-4 No367計測断面

表-3 既設盛土・腹付け盛土の軟弱地盤対策

| 部位 | 軟弱地盤対策 |
|-------|--|
| 既設盛土 | 補強盛土(ジオテキスタイル) |
| 腹付け盛土 | 浅層改良+低改良率深層改良(着底式) ・浅層改良 ($q_u=300\text{kN/m}^2$, $t=1\text{m}$) ・深層改良 ($q_u=1000\text{kN/m}^2$, $L=6.5\text{m}$, $a_p=16.7\%$) |

(2) 腹付け盛土施工時の挙動

腹付け盛土施工時の沈下及び過剰間隙水圧の経時変化を図-5に示す。事前解析では既設盛土法肩(H-1)の沈下量は9.5cmと予測されたが、施工時の沈下量は5cm程度に収まり、工事を中断することなく腹付け盛土を完了することができた。

ここで、既設盛土法肩付近のS-2では、直下の軟弱地盤対策がジオテキスタイルであること、腹付け盛土高さが高いこと等の影響で、最大17cm程度の沈下が生じた（FEM解析の予測値：約16cm）。

一方、着底式深層改良箇所であるS-1の沈下は約1cm、法肩(T-4)の鉛直変位は1cm未満であり、沈下はほとんど生じない結果となった。

既設盛土法肩付近の過剰間隙水圧(PP-1)は腹付け盛土の盛り立てとともに増加しているが、最大で10kN/m²程度と小さい。この理由として盛土荷重が腹付け盛土直下の地盤改良部に集中したことや、既設盛土内での荷重分散等の影響が考えられる。

腹付け盛土施工時の地中水平変位分布を図-6に示す。図中の凡例は図-5の盛土標高と対応している。腹付け盛土対策「浅層改良+低改良率深層改良（着底式）」の施工範囲の前面(K-1)、背面(K-2)とも水平変位の最大値は3cm程度であるが、背面側では深層改良杭の頭部付近で、前面側では浅層改良部分で最大値を示している。腹付け盛土により「浅層改良+低改良率深層改良（着底式）」の改良範囲が全体的に盛土外側に押し出される挙動を示している。

(3)完成供用後（腹付け盛土後）の挙動

腹付け盛土後の沈下挙動を図-7に示す。供用後約2年間、動態観測を実施したが、路面(H-1)及び基礎

地盤(S-2)の沈下量は2~3cm程度であり、通常の維持管理で対応できる沈下量に収まっており、車両走行性の不具合等も生じていない。

以上の結果からみると、施工時及び完成供用後において、「浅層改良+低改良率深層改良（着底式）」による腹付け盛土対策の有効性が確認された。

6. おわりに

有明粘土を主体とする軟弱地盤地域の地域高規格道路において、腹付け盛土により暫定形状から完成形状への移行を事業者が行った。当該地区では、この様な工事事例がないため、他の地域の工事事例やFEM解析による事前検討結果等を参考にして、腹付け盛土の軟弱地盤対策工を検討し、実施工では動態観測を行い、施工業者が施工管理に活用した。本事例が当該地域及び他地域の同種工事、類似工事の参考になれば幸いである。

謝 辞

本文は、有明海沿岸道路事業において、土木研究センターがCM（コンストラクションマネジメント）において提案した内容に基づいている。ここに、国土交通省九州地方整備局有明海沿岸国道事務所の関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 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、2003.7
- 2) 靄、駒延、了戒：有明海沿岸道路建設における軟弱地盤対策の取り組み～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
- 3) 靄、駒延、了戒：有明海沿岸道路建設における軟弱地盤対策の取り組み～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.58～61、2010
- 4) 靄、駒延、了戒：有明海沿岸道路建設における軟弱地盤対策の取り組み～その3：変形抑制型の軟弱地盤対策～、土木技術資料、第53巻、第4号、pp.56～59、2011
- 5) 大窪克己他2名：さがみ縦貫道路海老名北ジャンクションにおける軟弱地盤の観測施工、基礎工、Vol.35、No.9、pp.48～51、2007
- 6) 道路維持修繕要綱：(社)日本道路協会、昭和53年7月

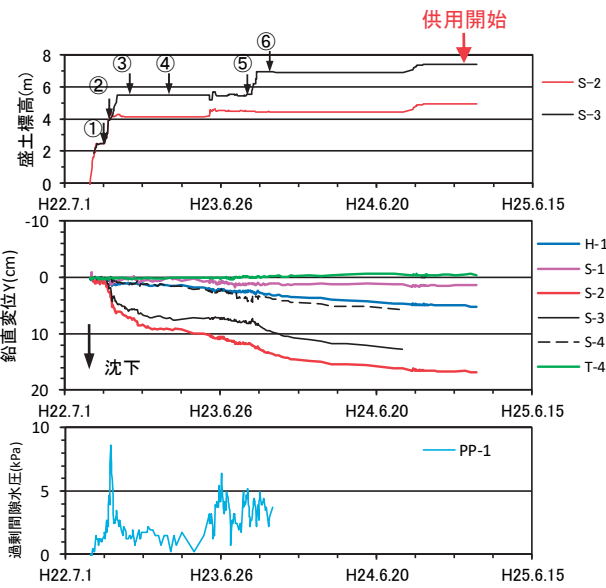


図-5 沈下・過剰間隙水圧の経時変化（施工時）

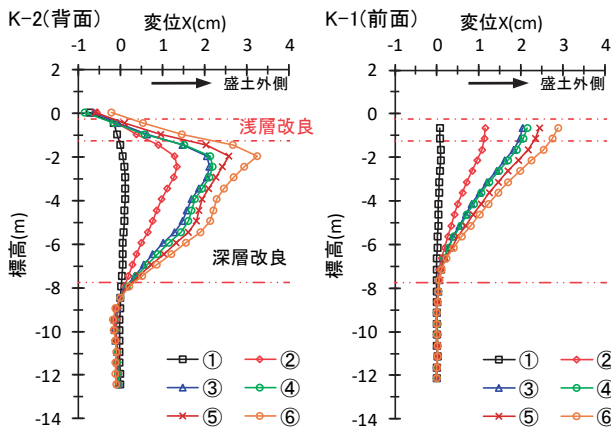


図-6 腹付け盛土施工時の地中水平変位分布

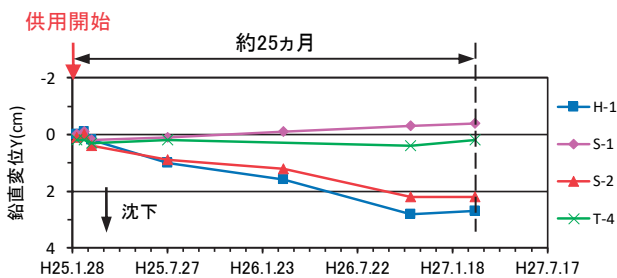


図-7 腹付け盛土後の沈下の経時変化

駒延勝広



(一財)土木研究センター技術研究所
土工構造物研究部 部長代理
Katsunobu KOMANOBE

西川剛一



(一財)土木研究センター技術研究所
土工構造物研究部 主幹研究員
Gouichi NISHIKAWA

了戒公利



(一財)土木研究センター軟弱地盤
総合研究所長 工博
Kimitoshi RYOKAI