

平成 27 年度

# 一般国道 275 号 江別北道路の軟弱地盤対策について

## — 泥炭性軟弱地盤対策工法の選定と施工 —

札幌開発建設部 札幌道路事務所 第 1 工務課 ○黒澤 絵理香  
阿部 篤  
富田 旭

一般国道 275 号江別北道路は、江別市角山から篠津に至る現道 2 車線区間(延長 3.5km)のボトルネック解消を目的とした 4 車線への拡幅事業である。当該地は北海道有数の泥炭地である石狩泥炭地に位置し、現道の拡幅工事を行う際、主に拡幅部の残留沈下や現道部の引き込み沈下が問題となる。本論文では類似した地盤条件下にある隣接工区での試験施工実績を参考とした、対策工検討や当現場条件に即した経済的な設計および施工を行った事例を報告するものである。

キーワード：泥炭性軟弱地盤、引き込み沈下抑制工法、深層混合処理工法

### 1. はじめに

江別北道路は現道 2 車線区間のボトルネックによる交通混雑や交通事故の低減を図り、道路交通の定時性・安全性の向上を目的とした 4 車線拡幅事業であり、現在工事が進められている。

当該地は泥炭性軟弱地盤上に位置し、本報告区間である篠津橋～終点にかけては特に泥炭や軟弱粘性土が厚く分布しており、現道拡幅を行う際には拡幅部の残留沈下対策や現道部の引き込み沈下対策が必要となる。

試験施工実施箇所である隣接工区(藤岱拡幅)では、残留沈下対策工として載荷重盛土工法、引き込み沈下抑制工として深層混合処理工法による沈下遮断壁が採用されており、H23 年に 4 車化供用している。

沈下遮断壁の採用にあたっては、試験施工による沈下遮断効果の検証が行われ、対策工配置の提案<sup>1)</sup>がなされている。

### 2. 地盤条件

当該地は層厚約 20～23m に及ぶ泥炭性軟弱地盤であり、中間の As1 砂質土層を境界に上位の Ap 泥炭層と下位の厚い Ac3 粘性土層に大きく分別される。(図-2 参照)

Ap 泥炭層の層厚は 3～4m、素地部における設計含水比  $W_n=580\%$  に対し、現道直下では盛土荷重による圧密が進み  $W_n=240\%$  となっている。

Ac3 粘性土層の層厚は 8～13m、篠津橋から終点側へ向かってやや厚くなる傾向が見受けられる。

当該地における地盤条件に対して、試験施工を行った藤岱工区は泥炭層厚 3.2m、平均含水比約 600%、下位粘性土層厚 13.5m とほぼ類似した地盤条件であった。

このような地盤条件で道路拡幅を行うにあたっては、泥炭(Ap)の分布に伴う大きな沈下や周辺地盤の変形、路面変状に対する現道交通の確保が課題となる。



図-1 位置図

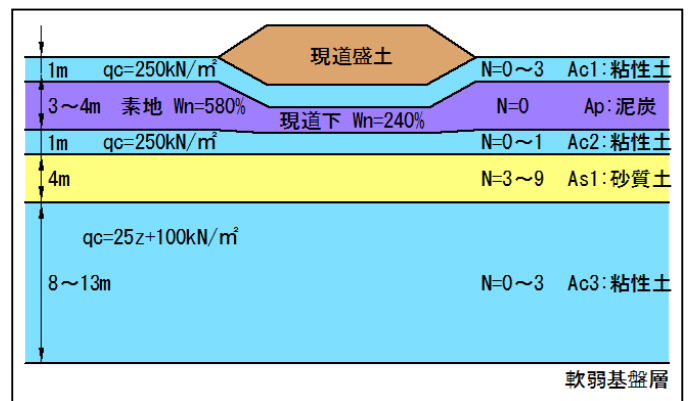


図-2 地盤模式図

### 3. 現場条件

当該地は不透水層である下位粘性土(Ac3)の分布が厚く、水が抜けにくいことによる沈下収束時間の長期化が予想される。そのため、排水を促進させる工種の選定が重要である。

また、当事業では図-3 及び図-4 に示すように現道に対して左右片側拡幅区間と両側拡幅区間に分けられ、本線L側には防雪林帯と民地への取付道路を集約した側道が計画されている。

現道 L 側では防雪林帯スペースがあるなど十分な施工ヤードの確保が可能である。

一方、現道 R 側では拡幅道路分の施工ヤードしかなく、特に両側拡幅区間においては民地のみならず一部国有林に接する等、借地も不可能な状況で十分な施工ヤードの確保が困難であり、狭隘施工が可能な工種や施工機械の選定が必要となった。

### 4. 許容残留沈下の設定

拡幅盛土を行う場合では、新旧盛土境界の路面にひび割れや段差が生じ、交通に支障を及ぼすことが予想される。(図-5 参照)

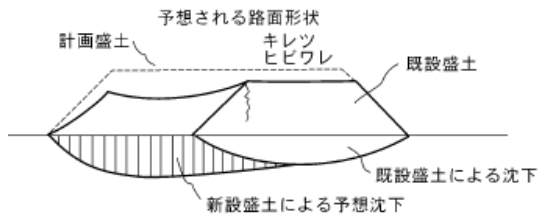


図-5 拡幅盛土で予想される路面変状<sup>2)</sup>より引用

泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル<sup>2)</sup>では、許容残留沈下量の目標値として表-1 のように示されている。ただし、新旧盛土境界の段差量については、既設道路の重要性にもよるが、交通に供されている位置において 5cm 程度を目安とするのが妥当とされている。

表-1 許容残留沈下量の目標値

区 間		許容残留沈下量の目標値	摘 要
一 般 盛 土 区 間	市 街 地	10cm程度	供用開始後 3年間の沈下量
	郊 外 地	30cm程度	
高 規 格 盛 土 区 間		10cm程度	
橋梁等の構造物との接続盛土部		10cm程度	

当該路線においては、許容残留沈下量の目標値について上記マニュアルに準拠し、拡幅形状に応じて以下のように設定した。

中央分離帯部に新旧盛土境界が位置する片側拡幅の場合は、開口部における車両の横断・旋回を考慮し、構造物との接続盛土部相当の「10cm程度」とした。

一方、完成断面の車道上に新旧盛土境界が位置する両側拡幅の場合は、ひび割れや段差の発生による走行障害を考慮し、「5cm程度」とした。

また、拡幅工事中の現道引き込み沈下量についても同様な理由から「5cm程度」とした。

### 5. 残留沈下対策工の検討

現道拡幅時の残留沈下対策工として最も安価となる載荷重盛土(サーチャージ工法)の規模を検討すると、計画盛土高

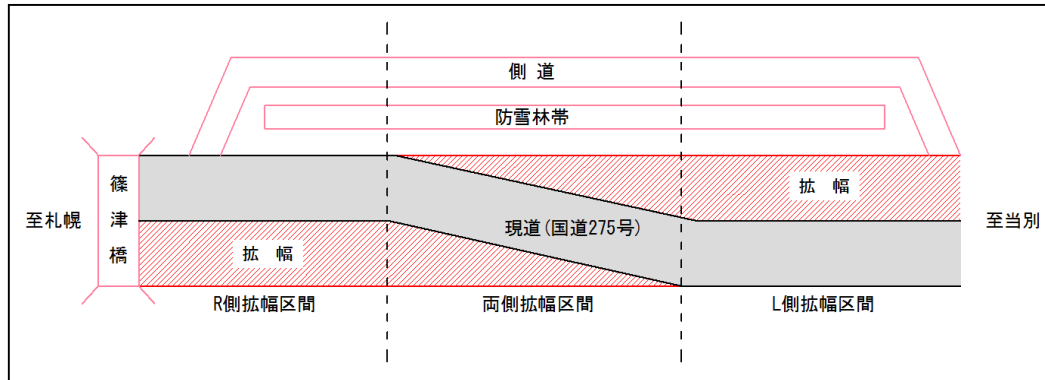


図-3 模式計画平面図

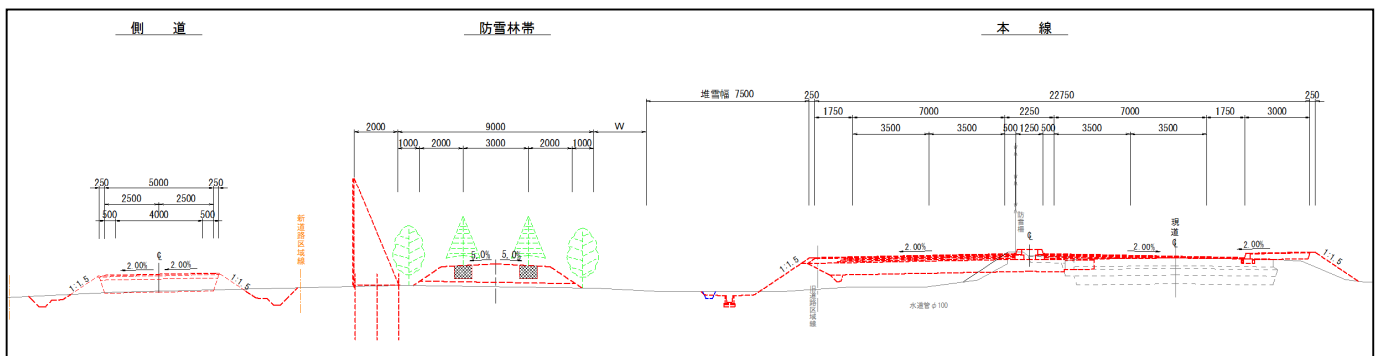


図-4 標準横断面図(L側拡幅区間)

2.0m 程度を確保するために 3.5~4.0m の盛土厚さが必要となり、残留沈下量 10cm 程度になるまでに 3~4 年の放置期間を要する結果となった。

この時に生じる沈下量 1.5~2.0m の内、約 6 割~7 割弱を泥炭が占め、現道端部における引き込み沈下量は 30~50cm にも及ぶ結果となった。

対策工の選定にあたっては、施工中の現道の引き込み沈下と、沈下収束時間の長期化の解消が必要である。そのためサーチャージ盛土単独での対策は、現道を引き込み安全な交通を確保出来無い点と、残留沈下量 5cm に抑えるには最大で 5 年以上も放置期間を要するため、不適となる。

そこで、図-6 に示した 4 つの工法について比較を行い、現場制約条件に対する施工性および経済性、工期等から総合的に判断し、圧密促進工法としてのバーチカルドレーン工併用による「①サーチャージ盛土+沈下遮断工」を選定した。

## 6. 遮断壁工の改良仕様検討

引き込み沈下抑制工法としての沈下遮断工には、「鋼矢板」と「深層混合処理による遮断壁」の 2 つが良く用いられている。

当路線では、経済性や地下水阻害などに対する配慮から、後者を選定し、類似地盤条件での試験施工実績を参考に沈下遮断壁工の改良仕様について検討した。

### (1) 隣接工区における試験施工概要<sup>1)</sup>

拡幅部の残留沈下対策として厚さ約 4.8m のサーチャージ盛土が行われている。

現道引き込み沈下の主な要因である表層に分布する泥炭層を対象とし、現道に接する拡幅盛土法尻に沈下遮断壁を深さ 6.0m で打設している。

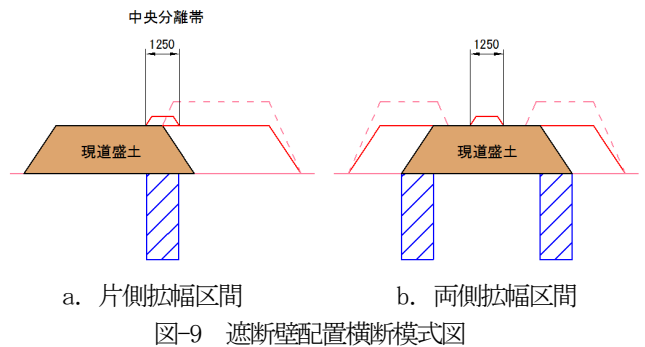
沈下遮断壁については、改良柱体配置(列数、施工ピッチ)の合理的な決定法がないことから試験施工により判断することとなり、以下のケースにて打設を行い効果の検証が行われた。

- Case1 : 2 列 1.2m ピッチ 改良強度 200kN/m<sup>2</sup>
- Case2 : 2 列 1.5m ピッチ 改良強度 200kN/m<sup>2</sup>
- Case3 : 1 列 1.2m ピッチ 改良強度 200kN/m<sup>2</sup>
- Case4 : 1 列 1.5m ピッチ 改良強度 200kN/m<sup>2</sup>

現道路肩の引き込み沈下量や改良柱体の地盤内水平変位量を計測し、沈下遮断工としての効果を検証した結果、現道の引き込み沈下に対しては 1 列でも概ね抑制効果は認められるが、確実性を求めるならば 2 列すなわち約 2m 幅での改良が望ましいとされている。これらの結果から、隣接工区では 2 列 1.5m ピッチ(改良率約 52%)による沈下遮断壁工が施工されている。

### (2) 改良体の配置検討

深層混合処理による沈下遮断壁工を用いた場合、将来的に改良部と未改良部の残留沈下差によって道路縦断にクラックが発生し通行車両の安全性を損なう危険性がある。当該路線では残留沈下差の影響を極力少なくするために、完成断面センター部に設置される中央分離帯内(幅 1.25m)に収まる配置を基本とした。(図-9. a 参照)



また、試験施工を基に隣接工区で提案された 2 列 1.5m ピッチ、改良率約 52%(図-10. a 参照)を参考に以下のパイル配置条件を基に検討を行った。

①サーチャージ盛土+沈下遮断工法	③全面深層混合処理工法
<p>経済性 : ○ 施工性 : ○ 工期 : ○</p>	<p>経済性 : △ 施工性 : ○ 工期 : ○</p>
②軽量盛土工法 (EPS)	④サーチャージ盛土+現道切り廻し
<p>経済性 : △ 施工性 : △ 工期 : ○</p>	<p>経済性 : ○ 施工性 : △ 工期 : △</p>

図-6 引き込み沈下対策工法の比較

- ① 改良体は2列(幅1.25m内での配置とする)
- ② 改良ピッチ1.5m以内
- ③ 改良率50%

検討の結果、当該区間における遮断壁工配置は図-10. b に示すとおりとなった。

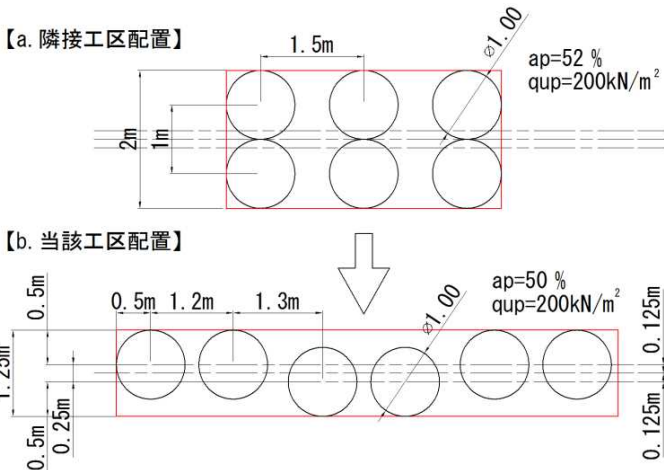


図-10 改良体配置図

### (3) 改良体長さの検討

類似地盤条件下での試験施工結果から地盤内水平変位は、泥炭のみならず深部の厚い粘性土層においても生じることが予想された。よって、沈下遮断壁工の対象土層を下位粘性土層(Ac3)までとした。

改良体を軟弱基盤層に着底させた場合、未改良部の残留沈下により将来的に路面上に段差が生じる。特に中央分離帯部への配置が不可能な両側拡幅区間(図-9. b 参照)においては、走行路面上に段差が生じてしまうため、非着底とし、改良体をとも下がりさせることで将来的な段差の緩和を図った。

改良体の長さについては、図-11 に示すように許容値 5cm 程度を満足する遮断壁打設深度を圧密沈下計算により試算し、その結果、L=12~20m に決定した。

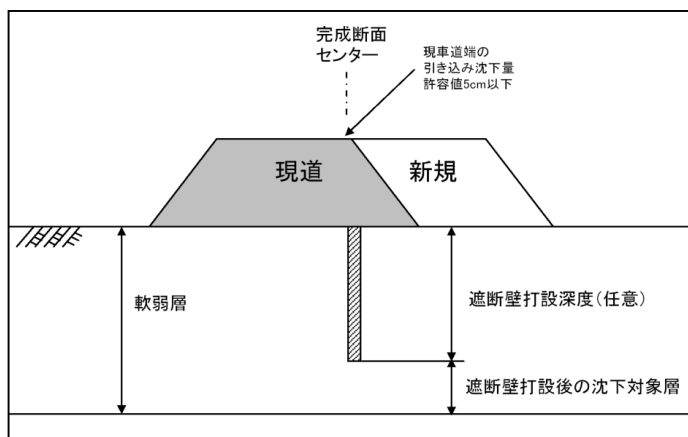


図-11 沈下遮断工法検討模式図

### (4) 改良強度の検討

改良強度については、隣接工区での試験施工において改良体そのものに座屈等の変状が認められなかったことから、深層混合処理による改良柱体の最低改良度である  $qu=200\text{kN/m}^2$  とした。

### 7. 施工機種の選定

深層混合処理工法の施工機種は、固化材の添加方式や攪拌方式および機械の大きさや改良体形状などの違いにより多岐にわたり、近年では大口径化による施工効率の向上や改良時の変位抑制、適用地盤範囲の拡大など様々な技術開発が進められている。

当該路線においては、地盤条件や施工ヤード等の制約条件に適合し且つ経済的となる工法を選定し施工を行った。

#### (1) 施工ヤードに応じた機種選定

深層混合処理工法の施工費は、改良径が同じであれば以下のような傾向にあり、小型機械に多い単軸式よりも大型機械に多い2軸式の方が施工効率に優れるため有利となる。

#### 【施工費】

- 低 2軸式機械攪拌工法
- ↓ 単軸式機械攪拌工法
- ↓ 機械攪拌+噴射工法併用
- 高 高圧噴射工法

当該路線においては、一部を除いて大型機械(三点式クローラ型)での施工ヤードが確保出来るため、最も安価となる2軸式機械攪拌工法(写真-1)を選定した。しかしながら、両側拡幅の終点R側約200m区間では、バス停設置により既設盛土の敷幅が広く、国有保安林が近接するなど、大型機械での施工が困難なため、バックホウをベースマシンとした中圧噴射併用の機械攪拌工法(写真-2)を採用した。



写真-1 大型機械攪拌工法(2軸式)施工状況



写真-2 中圧噴射併用機械攪拌工法(単軸式) 施工状況

## (2) 粉体方式とスラリー方式の比較

2軸式大型機械攪拌工法は、固化材の添加方法が異なる粉体方式(DJM工法)とスラリー方式(CDM工法等)の2つに大別される。

粉体方式はスラリー方式に比べ攪拌効率に劣り、大口径化が困難なことから、近年ではスラリー方式が主流となっている。しかし、泥炭のような高含水の地盤においては、スラリー方式に比べ固化材の添加量を抑えることが可能である。当路線で沈下遮断壁として計画されている壁状改良においては、大口径化による施工費抑制効果が望めないため、室内配合試験を基に材料費による比較を行った。

室内配合試験は、高炉B種、一般軟弱土用(ET-104)、泥炭用(ET-201)の3種類の固化材にて行い、現場での設計基準強度  $q_u=200\text{kN/m}^2$  に対し、室内試験での目標強度は  $q_u=600\text{kN/m}^2$  (現場/室内強度比=1/3) とした。泥炭層を対象とした配合試験結果を図-12に示し、図より設定した設計配合量および  $1\text{m}^3$ あたりの材料費を表-2に示した。

これらによると、粉体方式では全ての固化材種で目標強度が発現するが、スラリー方式では固化材単価が最も高い泥炭用以外、目標強度が発現しない結果となった。また、目標強度を満たす条件で材料費の比較を行った結果、高炉B種を用いた粉体方式が最も有利となり、材料費を抑制できるDJM工法を採用した。

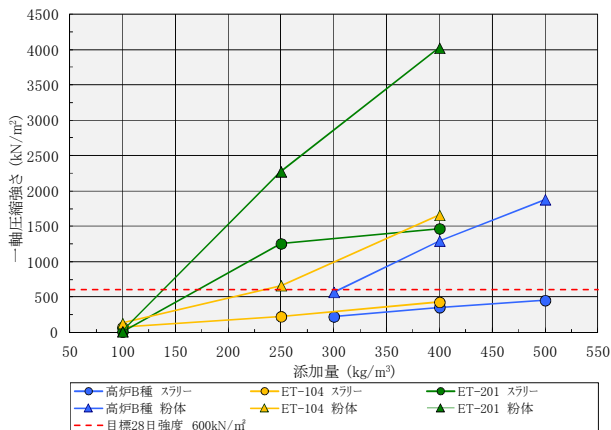


図-12 室内配合試験結果図

Erika Kurosawa, Atsushi Abe, Akira Tomita

表-2 設計配合量と材料費

固化材種	固化材単価 (円/t)	添加方式			
		粉体方式		スラリー方式(W/C=100%)	
		設計配合量 (kg/m³)	材料費 (円/m³)	設計配合量 (kg/m³)	材料費 (円/m³)
高炉B種	10,200	304	3101	強度発現せず	—
ET-104	16,500	232	3828	強度発現せず	—
ET-201	29,500	139	4101	171	5045

## 8. まとめ

当現場においては、沈下遮断壁の改良体配置に関する設計法が確立されていない中で、隣接工区での試験施工実績を参考として、現場条件に即した沈下遮断壁の配置・長さを設定し、検討した。

前述のとおり、残留沈下対策工では圧密促進工法としてのバーチカルドレーン工法を併用した、サーチャージ盛土と沈下遮断工を選定し、引き込み沈下抑制工では、深層混合処理による遮断壁を2列1.5mピッチ(改良率50%)で施工し、片側拡幅区間では大型機械攪拌工法(2軸式)、狭隘施工となる両側拡幅区間では中圧噴射併用機械攪拌工法(単軸式)を選定した。

## 9. おわりに

当該区間では、沈下遮断壁工およびバーチカルドレーン工打設後にサーチャージ盛土を施工し、沈下板計測による残留沈下管理を実施している。

現在、盛土後1年程度経過しているが、現道部に走行上支障となるような変状は認められていない。今後も4車線供用に向けて、引き続き交通管理として沈下対策及び現道引き込み抑制の経過観測を行い、走行性を確保することが重要だと考える。(写真-3参照)



写真-3 サーチャージ盛土中の現道路面状況

## 【参考文献】

- 平成14年度 北海道開発局技術研究発表論文  
「泥炭地盤上の拡幅盛土における深層混合処理工法の沈下遮断効果」  
北海道開発土木研究所 土質基礎研究室  
澤井健吾、西川純一、林宏親
- 泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル 平成23年3月 独立行政法人 土木研究所 寒地土木研