

# 国営施設応急対策事業「鳥沼宇文地区」の 設計概要に関する報告

旭川開発建設部 富良野地域農業開発事業所 建設班 計画係 ○添田 鷹  
嶋 導宏  
大口 正洋

国営施設応急対策事業「鳥沼宇文地区」では、基幹的農業水利施設である北 6 号用水路において、管水路の沈下による漏水事故等の不測の事態が発生し、農業用水の安定供給に支障を来していることから、令和 2 年度より事業に着手し、構造的安定性の検討により沈下対策を定め、改修計画の基本方針をとりまとめたところである。本文では、基本方針のとりまとめに至る検討、設計概要について報告するものである。

キーワード：設計・施工

## 1. はじめに

本地区は、北海道富良野市及び空知郡中富良野町にまたがる1,464ha（水田1278ha、畑186ha）の農業地帯で、水稻を中心に、たまねぎ、小麦、大豆、メロン等を組み合わせた農業経営が展開されている。

本地区の基幹的な農業水利施設は、国営空知川右岸土地改良事業（平成3年度～平成21年度）等により造成されたが、北 6 号用水路においては管水路の沈下による漏水事故等の不測の事態が発生し、農業用水の安定供給に支障を来しているとともに、施設の維持管理に多大な費用と労力を要している。

このため、本事業では施設機能を保全するための整備を行うことにより、農業用水の安定供給及び施設の維持管理の費用と労力の軽減を図り、農業生産性の維持及び農業経営の安定に資するものである。

## 2. 北 6 号用水路の概要

### (1) 前歴事業

北 6 号用水路は、富良野市及び空知郡中富良野町

にまたがる用水路で、国営空知川右岸土地改良事業（平成3年度～平成21年度）により造成された、L=5.1 kmの基幹用水路（管水路）である。

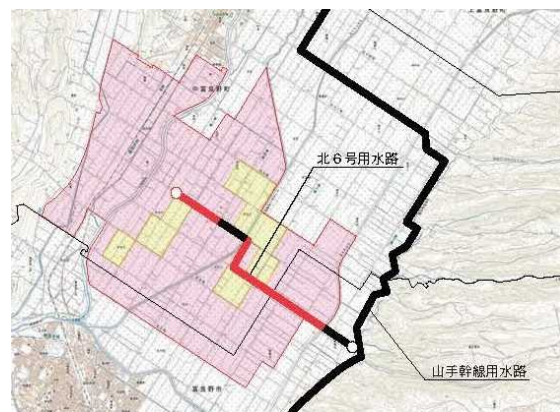


図-1 北 6 号用水路位置図

### (2) 北 6 号用水路の漏水事故概要

北 6 号用水路は、国営空知川右岸土地改良事業により、平成 14、15 年度に造成されていたが、事業完了後、地域の泥炭土壌に起因する施工後の管水路沈下に伴い、平成 27 年 6 月 30 日に分岐管の伸縮可とう管に亀裂が生じ漏水事故が発生した。

このため、本事業により北6号用水路の機能を保全するための整備（改修）を行うものである。

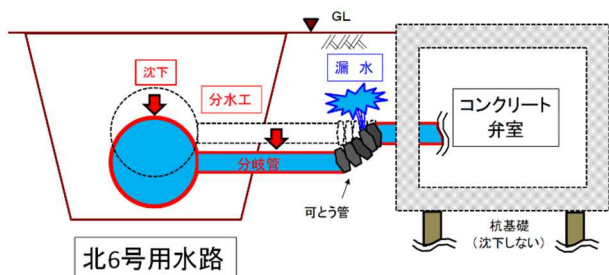


図-2 漏水事故発生イメージ

### (3) 現況の管路断面

前歴事業では管径φ2000～φ1200mmのFRPM管が使用され、基礎工には礫質土（ビリ砂利）基礎及び土木安定シートを布設のうえ浮上防止対策として浮上防止シート（ジオグリッド）による浅埋設工法を用いている。

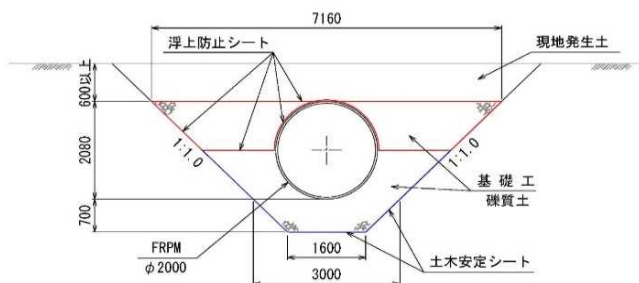


図-3 現況管路断面図（φ2000）

### (4) 対策が必要な区間

北6号用水路では、管路の沈下原因を究明するため、「農業水利施設の機能保全の手引きパイプライン（平成28年）」<sup>1)</sup>等に基づき、原因究明等調査として管内目視調査、たわみ量及びひずみ量調査、沈下状況調査、可とう管の沈下状況調査、継ぎ目間隔調査を行った。

それらの調査結果から施設の健全度評価が行われ、

全体5.1kmのうち3.5kmの区間について、対策が必要な状況であると判断された。

表-1の①⑤グループについては、構造的安定性を有しているとともに平成27年から平成30年の管路の沈下進行状況から、沈下は収束していることが確認されたため既設利用としている。

本事業計画では、管路が沈下及び構造的に不安定な区間(L=3.5km)を対策が必要な区間としている。

表-1 健全度評価結果

口径	延長 (km)	構造安定性	健全度評価	グループ番号
φ2000	1.0	OK	S-4	①
	1.1	NG	S-2	②
φ1800	0.5	NG	S-2	③
	0.9	NG	S-2	④
φ1650	0.6	OK	S-3	⑤
	0.4	NG	S-2	⑥
φ1500	0.2	NG	S-2	⑦
φ1200	0.4	NG	S-2	⑧
合計	5.1	対策範囲 L= 3.5 km		

※経過年数は、平成30年度時点。

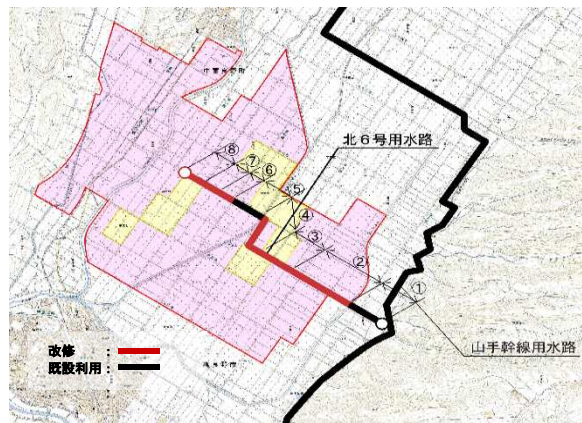


図-4 北6号用水路健全度マップ

### (5) 対策工法

対策工法は、管路が沈下したことを踏まえ、1) 地盤支持力の補強、2) 上載荷重の軽減、3) 沈下に追従する管種について比較検討を行い、その結果、最

も経済性で有利な地盤支持力の補強工法「ジオテキスタイル」かつ「FRPM管（新設）」工法が選定されている。

管種については、本地区の土壌が腐食性のある酸性土壌であるため耐腐食性と管重量の軽量化を考慮してFRPM管に決定されている。

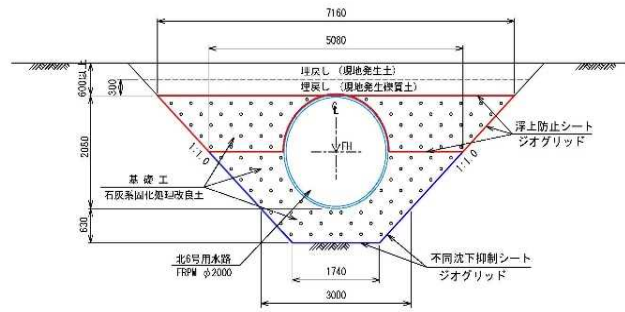


図-5 北6号用水路改修断面図

### 3. 北6号用水路の改修計画

#### (1) 沈下要因の整理

本地域の土質は、沖積世の有機質土（泥炭）を含む軟弱地盤帯であることから、地盤沈下により農道に顕著な不陸が発生している状況である。

北6号用水路は供用開始後、地域の気象状況や作付の変化等により、周辺の地下水位が低下していることが確認されている。

このため、管体への浮力が減少し、管路基礎部に作用する上載荷重が増加することにより、現況地盤の許容支持力を超過したことが沈下の要因である。



写真-1 農道の沈下状況

#### (2) 基礎工法の検討

沈下要因を踏まえ対策の方針策定にあたり、地盤支持力を確保する工法、沈下対策として上載荷重の軽量化について比較検討を行った。

表-2 基礎工法比較表

対策 工法	人工軽石 (スーパーソル)	軽量化 石炭灰 (クリンカアッシュ)	石灰系固化処理改良土
資材概要	廃ガラスを粉砕・焼成発砲して製造した粒径2~75mmの人工軽石。 単位体積重量 $\gamma_t = 4.0 \text{ kN/m}^3$	苫東火力発電所の副産物。塊状石炭灰を粉砕し粒度調整したもの。 単位体積重量 $\gamma_t = 14.0 \text{ kN/m}^3$ 平均粒径 $D_{50} = 0.42 \sim 2.19 \text{ mm}$	購入火山灰に石灰系固化剤を添加した固化改良土。(消吸水性反応、イオン交換反応より土の塑性が低下し、ポソラン反応、炭酸塩反応により固化・固結化し安定する) 単位体積重量 $\gamma_t = 15.0 \text{ kN/m}^3$
工法概要	人工軽石スーパーソルを基礎材に使用して上載荷重を軽減させ、軟弱地盤に加わる応力を小さくさせ、不同沈下抑制を図る。	石炭灰クリンカアッシュを基礎材に使用して上載荷重を軽減させ、軟弱地盤に加わる応力を小さくさせ、不同沈下抑制を図る。	石灰系固化処理土を基礎材に使用し、基礎材の一体化と基礎底面に作用する荷重の軽減を図り、軟弱地盤に加わる応力を分散・軽減させ、不同沈下抑制を図る。
設計条件	ジオグリッドにより包囲して基礎工の一体化を図るとともに、転圧時の基礎への貫入防止、周辺土砂の間隙内への混入を防止するため、透水シートを併用する。	同左。	沈下抑制効果を期待し、底面及び法面にジオグリッドを敷設する。 添加量は、目標改良強度 $100 \text{ kN/m}^2$ 以上とする。 反力係数 $e'$ は一軸圧縮試験の変形係数 $E_{50}$ により算出する。
経済性	資材単価: $23,000 \text{ 円/m}^3$ $\phi 2000$ 基礎工費(直) $2,669,834 \text{ 円/10m}$	資材単価: $6,030 \text{ 円/m}^3$ $\phi 2000$ 基礎工費(直) $974,119 \text{ 円/10m}$	固化処理土単価: $4,976 \text{ 円/m}^3$ $\phi 2000$ 基礎工費(直) $610,512 \text{ 円/10m}$
長所・短所	農業用水管路での実績なし。高価である。	年間供給量 $5000 \text{ m}^3$ 程度。安定供給に不安あり。	最小添加量で必要強度確保可能。基礎の一体化・軽量化が可能。
判定	x	x	○

検討の結果、基礎材には圧密沈下抑制の観点から先行圧密荷重以内の荷重となるように配慮し、基礎底面に作用する上載荷重の軽減、基礎工の一体化が可能な「石灰系固化処理改良土」を採用した。(一体化することで上載荷重を受ける支持角が大きくなり、管底部に作用する荷重を分散し沈下抑制が図られる。図-6参照)

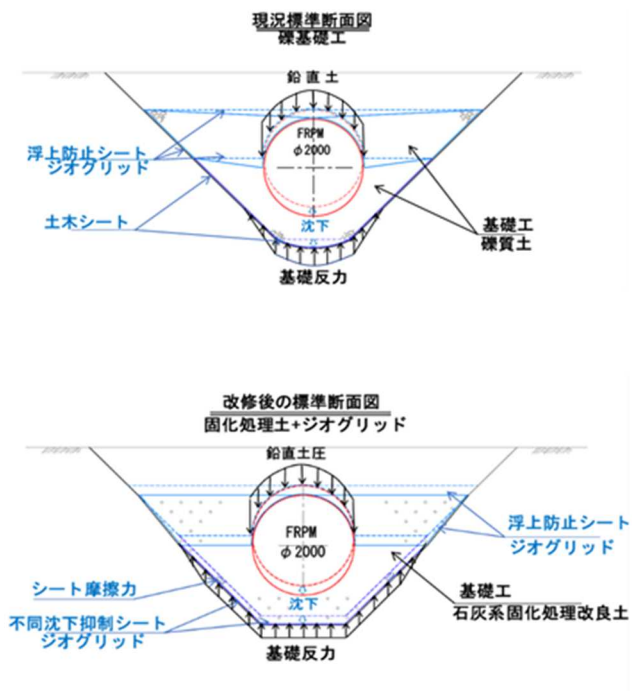


図-6 施工断面による上載荷重の比較

これに加え、現況管水路の沈下状況は一様ではなく不同沈下が生じている状況にあることを踏まえ、基礎底面+法面にジオグリッドを用いた「ジオテキスタイル工法」を併用することで、支持力補強や不同沈下抑制を図ることとした。

### (3) 基礎材改良土の検討

#### a) 石灰系固化処理改良土の概要

石灰系固化処理改良土は、基礎材に現地発生土を用いて固化改良材を混合した場合、現況の基礎材や埋戻し材の泥炭混りシルト、泥炭、シルト混り砂、等が混在し、粒度や含水比等の物性が不均質になり、固化処理改良土の品質管理（添加量の決定）が困難になることが予想されることから、基礎材は当地区で入手可能かつ安価な購入火山灰土を使用する。

固化処理改良土は、購入火山灰土に固化材を添加し、生成される結合物質によって土粒子間の接着をはかり、土の強度を増加させるものである。固化材には複数種あるが、セメント系固化材を用いた場合、現場配合の都度、六価クロム溶出量（基準値0.05mg/以下）を確認する必要がある、万が一基準値を超え

た場合は、別途材料に変更が必要となる。

一方、石灰系固化材の場合は六価クロム溶出試験を実施する必要はないことが「石灰による地盤改良マニュアル 第7版(平成28年)」<sup>2)</sup>に明記されている。

本地区では、基本事業時においてもクリーン農業推進の観点から、六価クロム溶出を懸念してセメント系固化材の使用を禁止した経緯もあり、石灰系固化材を使用することとした。

#### b) 石灰系固化材の作物への影響

地盤改良に用いる石灰には、生石灰、消石灰、軽焼ドロマイト、水酸化ドロマイト、石灰系固化材（セメントを含まないもの）及び発塵抑制型石灰などがある。（図-7、「石灰による地盤改良マニュアル 第7版(平成28年)」<sup>2)</sup>より抜粋）



図-7 石灰の分類

今回使用する石灰系固化材は、従来の石灰では固化しにくい高含水比粘性土や有機質度を固化するために開発されたもので、消化吸水反応、イオン交換反応、ポズラン反応、炭酸化反応によって強度が発現・安定化する固化材である。

石灰を用いた改良土は、周辺へのアルカリ溶出に注意を要するが、「石灰による地盤改良マニュアル 第7版(平成28年)」<sup>2)</sup>によれば、改良土上部に適切な層厚の植栽対象基盤を造成することで、その影響をなくすことができると記されている。（図-8、「石灰による地盤改良マニュアル 第7版(平成28年)」<sup>2)</sup>より抜粋）

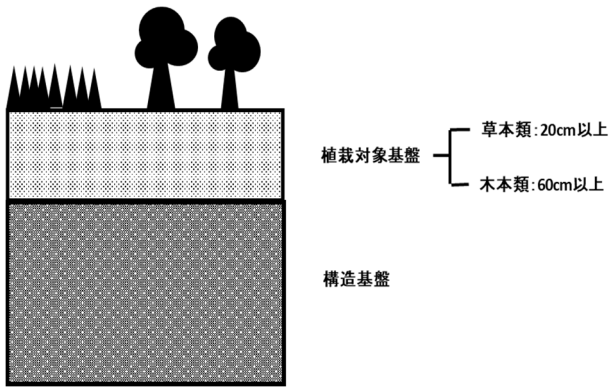


図-8 植栽対象基盤

また、「建設発生土利用マニュアル 第3版(平成16年)」<sup>3)</sup>には、アルカリ分(石灰の水和反応により生成する水酸化カルシウム(Ca(OH)<sub>2</sub>)に起因)は、炭酸ガスにより容易に中和されるとともに、固化処理土周囲の土壌中を30cm程度通過することで土に吸着され、周囲に影響を与えることはほとんどないと明記されている。

北6号用水路の改良土は、「石灰による地盤改良マニュアル 第7版(平成28年)」<sup>2)</sup>に基づき、管頂から地表面までの層厚を60cm以上確保する設計となっていることから、作物への影響は無いものと思われる。

#### c) 固化処理改良土の混合攪拌方法

管路基礎工に使用する固化処理改良土の母材(土砂)は品質を安定させるため、購入火山灰土を用いる。

管水路工事を効率的に実施するには、施工場所で混合攪拌を行うのが有効であるが、北6号用水路沿線に混合攪拌が可能な用地が確保できないことから、購入土採取場に攪拌作業場を確保し固化処理改良土を製造することとした。

攪拌方法は、混合攪拌設備が小規模で、固化処理改良土の品質も確保できるスタビライザー混合攪拌工法(特殊配管されたバックホーにスタビライザー(攪拌翼)を取付けたバケットで、母材と改良材を混合攪拌する工法)を採用した。



写真-2 固化処理材の攪拌様子

#### d) 石灰系固化処理改良土の強度

石灰系固化処理改良土の目標強度は、先行実施地区の事例を参考に、基床部における管布設作業のトラフィカビリティ確保と併せ、荷重分散、基礎工の一体化を可能とする条件とし、切込砂利の締固め密度(締固めI)に相当する一軸圧縮強度 $q=100\text{kN/m}^2$ (7日強度)とした。

固化材の添加量を確認するため購入火山灰土を用いた室内配合試験を実施した。添加量は5タイプ(10kg、20kg、30kg、40kg、50kg)とし、3日、7日養生において一軸圧縮強度( $\text{KN/m}^2$ )を確認した。

室内配合試験(配合率と一軸圧縮強度)結果を図-9に示す。

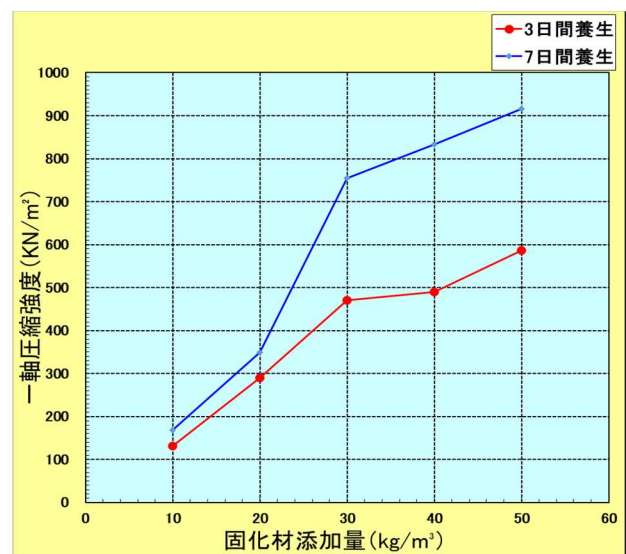


図-9 固化材添加量と一軸圧縮強さの関係

試験結果では、 $10\text{kg}/\text{m}^3$  添加でも  $q=100\text{KN}/\text{m}^2$  を超え良好な値を示している。しかし、「石灰による地盤改良マニュアル 第7版(平成28年)」<sup>2)</sup> ではこれまでの施工実績から現場における均一な混合性を確得するための最小必要添加量の目安が  $30\text{kg}/\text{m}^3$  と明記されていることから、これを適用することとした。

#### 4. おわりに

施工初年度となる令和3年度は、事業区間の起点付近約300mを施工中である。

本報告は、軟弱地盤に埋設される管水路の設計事例について、沈下抑制の対策工法として「ジオテキスタイル工法と固化処理改良土」を併用した手法を報告した。

構造的安定性は保たれる設計となっているが、地質状況は一様では無いことから、施工時（掘削時）は地質状況の確認を行いながら進めることが重要である。

また、供用開始後においては管路の沈下状況等のモニタリング調査を実施し管路の挙動を把握することも必要であると考ええる。

#### 参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部水資源課施設機能保全管理室：農業水利施設の機能保全の手引き：パイプライン(平成28年)
- 2) 日本石灰協会：石灰による地盤改良マニュアル第7版(平成28年)
- 3) 建設発生土利用技術マニュアル検討委員会、土木研究所：建設発生土利用技術マニュアル第3版(平成16年)