

流動化処理工法を用いた浦臼幹線用水路の改修 —建設コスト縮減と地域資源の有効利用の両立—

札幌開発建設部 樺戸農業開発事業所 ○下川 昇大
大矢 有二
内田 典邦

国営造成土地改良施設整備事業浦臼地区は、浦臼幹線用水路を改修する事業で、現況の開水路形式を管水路形式に変更する計画となっている。

管水路の施工にあたっては、建設副産物の発生を抑制するため、既設の開水路内に管を布設するとともに、管の埋戻しについては、建設発生土の有効活用が可能となる流動化処理工法を採用することとした。

本報告は、上記の取り組みを通じた建設コスト縮減と地域資源の有効利用の両立について報告するものである。

キーワード：設計・施工、リサイクル、流動化処理工法

1. はじめに

昨今の農業農村整備事業の実施にあつては、社会経済情勢の変化や環境への関心の高まりから、農業用水利施設としての基本性能の確保を原則とし、併せて、建設コスト縮減や環境保全への配慮が求められている。

本改修工事の特徴は、①既設揚水機の統合に伴う開水路から管水路への水路形式の変更、②既設開水路を利用した管水路の布設及び、③管の埋戻しに新技術(NETIS 登録)の流動化処理工法を適用した点である。

2. 地区概要

本地区は、空知管内の樺戸郡浦臼町及び同郡新十津川町の水稲作を中心とした農業地帯に位置する。(図-1)

基幹的な用水施設である浦臼第1揚水機、浦臼第2揚水機及び浦臼幹線用水路は、建設以来30年以上経過していることから、老朽化に伴う施設機能の低下により、取水不能となる事態が発生するなど、農業用水の供給に支障を来たしている状況にあった。

このため、事業実施により、現況の浦臼第2揚水機



図-1 地区概要図

の機能を浦臼第1揚水機に統合し、浦臼第1揚水機及び浦臼幹線用水路を改修し、施設機能を回復させることにより、農業用水の安定供給と維持管理費の軽減を図り、農業経営の安定に資するものである。

3. 現況用水施設の概要

本地区の現況用水施設は、国営総合かんがい排水事業浦臼地区(S41～S46、以下「基本事業」という)により整備された。その水源は、空知川上流の特定多目的金山ダムに依存し、石狩川より最大3.476m³/sの取水を行っている。

基本事業では、当時の設計基準(S29基準)及び管材などの技術水準を基に、揚程約18mに対して2段揚水方式を採用した結果、浦臼第1及び第2揚水機を建設することとした。(自然流下する約2.1kmのフルーム水路を含む。)(図-2)

4. 浦臼幹線用水路の改修

(1) 設計計画

a) 用水路形式

揚水機の改修は、現時点における技術水準、建設費及び運転・整備等にかかる維持管理費の経済性などを指標に総合的な評価を行った結果、現況2箇所(浦臼第1揚水機)に統合する計画とした。これに伴い、浦臼第1揚水機から浦臼第2揚水機までの用水路は、自然流下のフルーム水路を含む現況の水路形式に替えて、全線を管水路とした。(図-3)

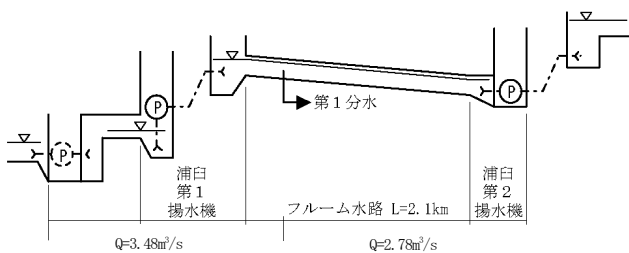


図-2 浦臼幹線用水路 現況概念図

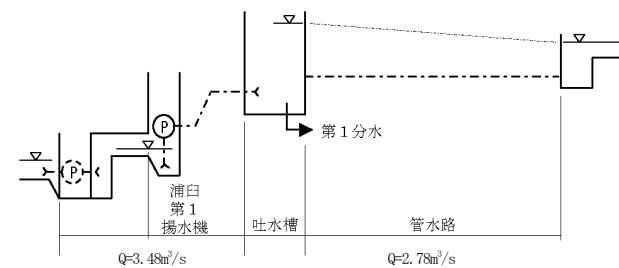


図-3 浦臼幹線用水路 計画概念図

b) 管水路の改修断面

管水路のルートは、受益区域の配置、周辺土地利用の状況及び経済性などを指標に、新規用地確保に比して有利となる既設用水路を踏襲するルートとした。

改修断面は、既設フルーム水路を取壊し、開削した上で管水路を埋設する従来工法と、フルーム水路内に管水路を布設する工法について比較検討を行い、揚水機を含めた総工事費で有利となる、後者の工法を採用した。(表-1)

c) 管水路の布設方法

フルーム水路内への管水路の布設は、実施設計において、フルーム水路の規模及び基礎地盤の強度などを勘案し、表-2に示す3案を検討した。

受台基礎による工法は、フルーム水路幅が矢板施工におけるFRPM管のB値より小さいため、土・モルタル等の締固めを必要とする埋戻し材を用いない工法で、フルーム水路内にコンクリート受台を設け、固定バンドにより管体を受台に固定する。

一方、締固めを必要としない埋戻し材を用いる工法は、埋戻し材にエアモルタルあるいは流動化処理土を利用する2案を検討した。

本工事では、経済性や施工後の維持管理性に加え、建設発生土の再利用を可能とする点に着目し、流動化処理工法を採用する計画とした。

なお、本工法では、硬化後の流動化処理土に対する乾燥及び凍結などの影響が懸念されるため、上部表面を保護材で被覆することとし、保護材は、安価で補修が容易な舗装材(アスコン)を採用することとした。(図-4)

d) 流動化処理工法の特徴

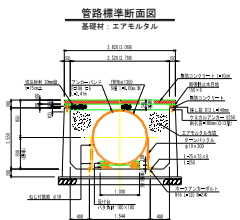
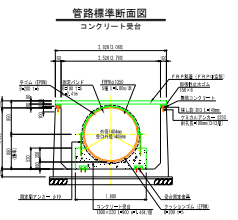
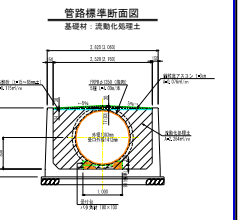
流動化処理土は、建設現場などから発生する残土を主材料として、泥水(あるいは水)と固化材を加えて混練することで流動化させた処理土である。礫や高有機質土を除き、粘性土やシルト、泥土を含めた土を原料として利用できる。

表-1 管水路改修断面の比較

	既設水路撤去案	既設水路利用案
布設断面	既設フルーム水路(撤去) 掘削・埋戻し パイプライン φ1,350	既設フルーム水路(利用) パイプライン φ1,350 充填材(27t/s) 1.6m 2.92m
管種	FRPM管	FRPM管
管径	φ1350	φ1350
m当り工事費比率	1.04	1.00
評価	×	○

※比較は事業計画時(H17)

表-2 管水路埋戻し工法の比較

工法名称	①エアモルタル (事業計画)	②受台基礎	③流動化処理土
断面図			
工法概要	既設フルーム水路内にパイプを設置する断面形状である。(事業計画時の断面) 水路敷幅が「矢板施工におけるFRPM管のB値」より小であり、管側部締めが不要なエアモルタルを基礎材として採用している。【水路敷幅 2.52m < 矢板施工B値 2.75m】 また、エアモルタルの単位重量が軽いため、施工時の管浮上防止として固定バンドを採用している。さらに、エアモルタル保護のため、管頂15cmの切込砂利覆土としており、水路側壁の高上げを必要としている。(10cm高上げ)	既設フルーム水路内にパイプを設置する断面形状である。水路敷幅が「矢板施工におけるFRPM管のB値」より小であり、土・モルタル等の基礎材を不要としたコンクリート受台基礎・固定バンドを採用している。コンクリート受台基礎の管直下部厚さは単鉄筋の最小部材厚18cmが必要であるため、水路側壁を10cm高上げする。また、既設水路内への枯葉やゴミ浸入を防止するため、軽量のFRP製蓋を布設する。	締めが困難な狭い埋戻し箇所に対する工法として流動化処理工法 (NETIS KT-990318) を採用した断面形状である。水路敷幅が「矢板施工におけるFRPM管のB値」より小であり、締めが不要な流動化処理土を基礎材として採用している。さらに、硬化後は砂質土基礎の2倍の基準反力係数 $e' = 7000\text{kN/m}^2$ が期待できるため基礎材料としての安全性が高く、締めを必要としないので施工性が非常に良い。また、管体保護及び既設水路内への水の浸入を防止するため、アスファルト舗装を布設する。
既設水路の側壁高上げ	10cmの高上げが必要である。 ✗	10cmの高上げが必要である。 ✗	必要なし。 ○
既設水路に対する影響	エアモルタル硬化後は既設水路に影響ない。 ○	なし。 ✗	流動化処理土硬化後は既設水路に影響は無い。 ○
管体保護 既設水路内へ水の浸入	無筋コンクリート蓋継目部からの水の浸入が予想される。 △	FRP製蓋の継ぎ目部 (幅600mmのため継ぎ目が多い) から水の浸入が予想される。 △	アスファルト処理を行い、既設水路内は流動化処理土で緊密 (軟岩状) となるため水の浸入は無い。 ○
維持管理・冬期劣化	無筋コンクリート蓋 (T=10cm) と無筋コンクリート高上げ部について、経年的な凍害劣化・ひび割れが予想される。エアモルタルの気泡内部や管とエアモルタルの隙間に水が浸入し、凍結融解現象によってエアモルタルの劣化が進行する恐れが予想される。 △	無筋コンクリート高上げ部について、経年的な凍害劣化・ひび割れが予想される。固定バンドの金物が経年的に腐食 (サビ) することが予想される。 △	アスファルト舗装及び流動化処理土により水が浸入する恐れは無い。流動化処理土が経年的に変形しても、アスファルトは追従性がある。アスファルトは追従性がある。アスファルトは追従性がある。アスファルトは追従性がある。 ○
経済性 (m当り概算金額)	2位 258千円/m △	3位 344千円/m △	1位 237千円/m ○
評価	【7点】 経年的な劣化・維持管理性で劣る。エアモルタルの劣化は管の沈下や管体への集中荷重の発生が懸念される。 △	【6点】 経済性、高上げに対する施工性・経年的な維持管理性で劣る。 △	【12点】 経済性、施工性、経年的な維持管理性で優れている。 採用 ○

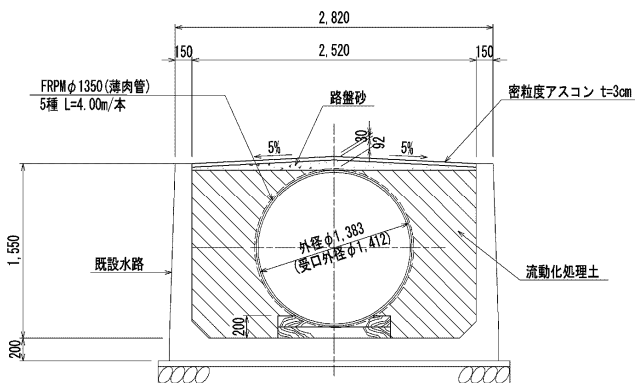


図-4 流動化処理土を用いた水路改修断面

反力係数 e' が期待でき、基礎材料としての安全性が高い。体積収縮が小さいことや、粘着力が高く地震時の液状化の影響が少ない点なども、埋設管の埋戻し材として適している。

(2) 工事概要

工法名：流動化処理土工法

工事期間：平成22年8月～平成23年2月

製造方法：現場仮設プラント (ポンプ圧送) 方式

施工数量：1,100 m^3

硬化前は、高い流動性をもち、狭い空間や形状が複雑な箇所でも埋戻し充填が可能である。ポンプによる圧送・打設が可能であることや締めを必要としないため、施工性に優れている。また、水や固化材の投入量の調整により、強度や流動性を任意に設定することが可能である。

硬化後は、一軸圧縮強度で100～10,000 kN/m^2 の高い強度を発揮することに加え、砂質土基礎の2倍の基礎

a) 流動化処理土の配合調整

埋戻しに用いる流動化処理土の配合は、現地発生土を用いた配合試験を行い決定した。(図-5)

配合設計における物性値は、大口径埋設管の埋め戻しを参考とし、配合試験にもとづき、これを達成する配合を表-3のとおり設定した。このとき、容積比率は、発生土44%、水51%、固化材5%である。

発生土の土質・性状把握のための土質試験は、現地

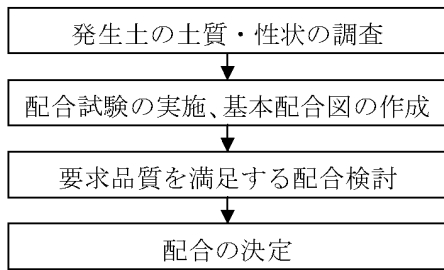


図-5 配合設計手順

表-3 流動化処理土の配合表(砂質土主体の場合)

流動化処理土1m ³ 当り	
単位セメント量	150 kg
セメント容積	48.1 L
泥水容積	951.9 L
泥水単位量	1,332 kg
処理土密度	1.48 t

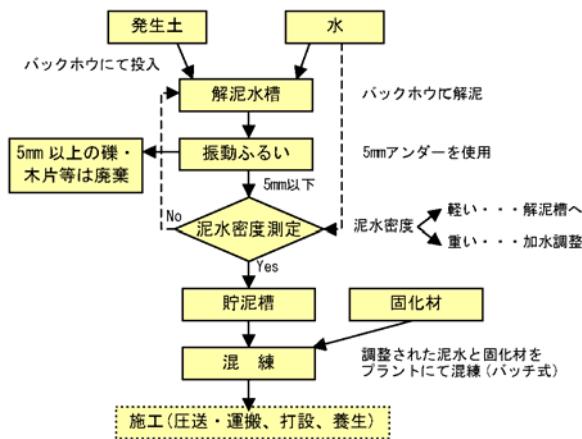


図-6 流動化処理土の製造工程

発生土量500m³毎に1検体をサンプリングして、土粒子の密度、含水比、粒度、液塑性限界について行った。

室内の配合試験における一軸圧縮強さは、原料土のばらつきや実機による攪拌の度合いの差などを考慮し、必要強度に対して安全率を3倍に設定した。

b) 流動化処理土の製造

流動化処理土の製造は、大別して原材料投入、解泥、篩分け、混練の工程を経る(図-6)。

解泥は、発生土を解きほぐす作業であり、泥の状況や比重を確認しながら加水して調整する。解泥後は、不要な礫やごみなどを取り除く篩分けを行うとともに、解泥の性状を均一化するため、貯泥槽に移して攪拌する。攪拌が不十分な場合は、上部と下部で泥水の比重に差を生じ、流動化処理土の性状が不安定となるので留意を要する。貯泥槽からは、サンドポンプで泥水をプラントへ送り、セメントサイロより固化材を投入し、混練して流動化処理土となる。

本工事では、一連の製造工程を図-7に示す現場仮設

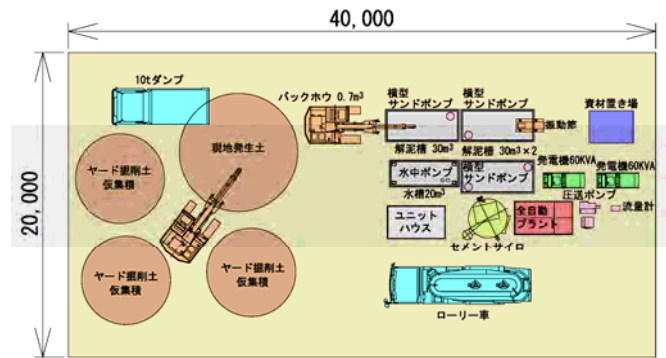


図-7 流動化処理土製造プラント機材配置図

表-4 流動化処理土の品質管理項目

試験項目	測定頻度	管理値	試験方法
処理土密度	1回/日	設計値±0.1	
フロー値	1回/日	110mm以上	JHS A 313-1999
ブリージング率	1回/日	1%以下	JSCE F522-1999
一軸圧縮強さ	3本/日	200kN/m ² 以上	JIS A 1216

プラントの設置により一括して行った。

c) 流動化処理土の品質管理

流動化処理土は、原材料である発生土の性状の変動にともない、品質が変動する。このため、一定の品質を確保するための管理が重要となる。

まだ固まらない未固結の状態の管理として、本工事では、表-4に示す品質管理基準を適用した。

流動化処理土の密度は、設計値(目標物性値)の1.3t/m³に対して上下に0.1t/m³の幅を許容値とした。フロー値は、狭隘な箇所への充填を特徴とする流動化処理工法において流動性に係る重要な指標であり、110mm以上(技術指針より¹⁾)とした。ブリージング率は1%以下(技術指針より¹⁾)とし、これら3つの試験項目は、1日に1回の試験を実施した。

一軸圧縮強さは、パイプライン設計基準²⁾による基礎反力係数 $e' = 7,000\text{kN/m}^2$ に相当する 200kN/m^2 とし、品質管理として、1日3本の供試体を作成し、材令28日の強度を管理した。

d) 流動化処理土による埋設管の施工

流動化処理土は、打設箇所がプラントから200m以内にある場合、ポンプ圧送による打設とし、200mを超える場合は、ミキサー車による運搬打設とした。

一度の打設高さは、埋設管の浮上防止として30cm/層を管理目標値とした。打設高さは、左右均等に調整するとともに、2層打設完了まで埋設管の左右をパイプサポートで固定し、管芯のズレを防止した。また、埋設管の鉛直及び水平方向の変形に対応するため、管体の中央部及び継手部に、管内部からパイプサポートを

配置した。(図-8)

打設中の施工管理として、打設箇所の管体高さを継続的に測定し、5mm以上の浮上が確認された場合は、当日の打設作業を中止することとした。加えて、管中心高さまでの打設を完了した時点の累計浮上量の管理値を20mm以内とした。

5. 流動化処理工法適用の留意点

既設のフルーム水路を利用した管水路の布設に、埋戻し材として流動化処理工法を用いる場合の留意点について、本工事の実績から次のとおり考察した。

- (1) 現地発生土の土質は、当初想定していた砂質土の他に、粘性土やシルトなども含まれていたことから、必要強度 200kN/m^2 以上を確保するために、土質試験を行い、物性を把握した上で固化剤の添加量等を変更し、配合調整を行うことが必要であった。流動化処理土の品質安定には、発生土の土質変化の都度、配合設計を行うことが重要である。
- (2) 流動化処理土の打設による管体の浮上防止対策として、計画当初は1回あたりの打設厚の目安を $H=30\text{cm}$ 以下とした。しかし、実際の現場では、浮上の危険性が懸念されることから、管体の浮上を継続的に計測し、安全を確認しながら、適宜に打設厚を調整する施工管理が重要である。
- (3) 寒冷地における冬期間の施工にあたり、流動化処理土の品質管理として、防寒養生温度を 0°C 以上に保てば品質に問題ないことを現地養生による強度試験の結果から確認できた。

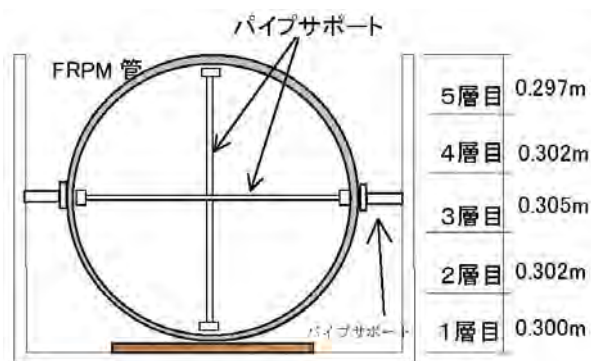


図-8 流動化処理土埋戻し施工の概念図

- (4) 表面保護工の舗装及び路床砂の施工は、人力転圧とする。なお、施工機種についてはプレートコンパクターを使用した転圧が管体への影響が少なく、安全で有効である。

6. まとめ

国営造成土地改良施設整備事業浦臼地区における、本取り組みを通じた建設コスト縮減と地域資源の有効利用の実績を纏めると以下のとおりである。

- (1) 既設水路の利用と流動化処理工法の組合せにより、既設水路の取壊しに伴うコンクリート葺約 $120\text{m}^3/100\text{m}$ の建設副産物の発生を抑制するとともに、浦臼地区の他工事で発生した約 700t の建設発生土の再利用を実現した。
- (2) 掘削による管水路布設に比して、一時仮置土などに必要な工事使用地を縮減した。
- (3) 既設水路と管水路は、固化した充填材により一体的な構造となり、全体として強度が増す。このため、埋設管の管種を下げるのが可能となった。(FRPM管→FRPM薄肉管)
- (4) 従来工法に比して施工日数の短縮を可能とした。既設水路の利用と流動化処理工法を組合せたことにより、従来工法の88日(概数)に比して約 $2/3$ の56日となった。
- (5) 以上より、既設撤去、掘削、埋設を行う従来工法と比較して、10%程度の工事費を軽減した。

7. 参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所/株式会社流動化処理後方総合管理：流動化処理土利用技術マニュアル，平成19年/第2版，p52
- 2) 農林水産省農村振興局整備部設計課：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」平成21年