報文集

令和4年度



報文集 第34号 目 次

水道用貯水池を兼ねる配水池と共用する増設ファームポンドの設計	計事例	îإ····		• • • • • •	• • • • •	• • • • • •	• • • • • •	$\cdots 1$
	真	田	栄	—•	畄	崎	宏	軌
泥炭性軟弱地盤における管路の改修設計について -国営施設応急	急対第	等事業) 美	鳥沼宇	三文地	也区の	事例	ij−…11
					菊	地		修
デジタル技術を活用した圃場整備設計 -円滑な合意形成を目指	して-							20
	湯	村		輔•	平	野	良	治
水中ドローンによる機能診断手法の適用性の評価について								
					宮	本	竜	矢
東郷ダムの試験湛水時の堤体挙動について								
					竹	内	国	难
神竜二期地区における神竜頭首工の改修計画検討事例	•••••	•••••	•••••	•••••			健三	
国営環境保全型かんがい排水事業における支線配水管路の設計事例	列	• • • • • •					 充	
用水路末端施設(肥培かんがい施設)の設計報告 -国営環境保全型かんがい排水事業 別海北部地区の事例-								
					, .	·		
中山間部の運土を伴う区画のほ場整備の設計	•••••			•••••			•••••	······75 誠
傾斜地の区画整理設計業務における受益者説明の工夫				貴・				
農業水利施設の機能診断調査及び塗膜分析調査についての事例紹介								0.1
展表小利地設の機能診例調査及の整展分別調査についての事例だっ				朗・				
サロベツ地区における農業と湿原の共生 -事業完了後の維持管理	押ただ	ก <i>ไ+⊁</i>	÷ 150 V) 糸目 フ	ı —			100
テー・フルビに40thの反木と地が♡芥エ	高	橋	_4X ¹				良	

水道用貯水池を兼ねる配水池と共用する 増設ファームポンドの設計事例

真田 栄一 ・ 岡﨑 宏軌

1. はじめに

本稿では、国営環境保全型かんがい排水事業「別海北部地区」¹⁾ において、水需要の変化に伴う調整池の容量不足を補う目的で設置する「水道用貯水池を兼ねる配水池と共用する増設ファームポンド」の設計事例を報告する。

2. 地区の概要

別海北部地区は、野付郡別海町に位置する29,411ha の広大な土地資源を活用した大規模酪農地帯である (図-1)。本地区の受益農家は、酪農専業であり、農地には冷涼な気象条件に適応した牧草 (一部で青刈りとうもろこし) が作付けられている。

地区内の用水施設は、根室区域農用地開発公団事業(昭和49年度〜昭和58年度)等により整備されたが、造成後約40年が経過し、劣化に伴う用水施設の漏水事故等が発生しているほか、水需要の変化に起因して調整池容量および送・配水管路等の通水能力に不足が生じ、適正なかんがい用水の利用に支障を来している状況にある。

このため、農業用用排水施設の整備を行い、農業 生産性の向上を図るとともに、併せて環境保全型農 業を推進することを目的として、平成24年度から事 業が実施されている。

主要な施設として、用水路の改修514条 (467.8km)、 排水路13条 (21.7km)、ファームポンド4箇所、配水 調整池105箇所の整備が計画されている。

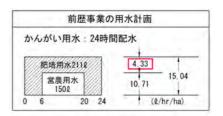


図-1 対象地区の位置図

3. 設計対象施設の概要

本事業で建設される4箇所のファームポンドは、 前歴事業の肥培かんがいの水利用時間が24時間送水・ 24時間配水から、本事業により24時間送水・8時間 配水へと変わった事(図-2)による肥培用水の不 足容量分を補う施設(配水量の時間変動を調整する 施設:16時間容量)である(以下、増設ファームポ ンドという)。

設計対象施設は、このうちの別海 2 号ファームポンドである(図-3)。



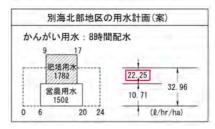


図-2 前歴事業と計画の用水計画の概念図



図-3 位置図(事業計画)

4. 既設配水池の概要

別海北部地区のかんがい用水は、西別川支流のコトンナイ川取水堰で取水され、別海浄水場を経由し、 既設の別海1号~別海4号の各配水池に送水されている。

既設の別海2号配水池(以下、既設配水池という)は、根室区域農用地開発公団事業(新酪農村建設事業)によって、昭和51年度に建設された鉄筋コンクリート地下埋設構造の水道用貯水池を兼ねる配水池であり、別送2号送水路により用水が供給され、別送3号送水路と別配6号用水路に送・配水される施設である(写真-1、図-4、図-5)。

既設配水池は、営農用水と簡易水道に対して、日平均給水量の12時間分+送水量1時間分の容量を有する調整施設であり、地区全体の水理ユニット面からは供給主導型樹枝状セミクローズドパイプラインの水量調整機能を併せ持った施設である。

構造形式は、有効容量 $V=1,846\,\mathrm{m}^3$ (有効水深 $H3.5\,\mathrm{m}\times B\,10.6\,\mathrm{m}\times L\,25.0\,\mathrm{m}\times 2\,\mathrm{ll}$)の地下式の 鉄筋コンクリート造フラットスラブ構造(杭基礎)であり、覆土 $0.30\,\mathrm{m}\,\mathrm{k}$ 盛土 $1:1.5\,\mathrm{ll}$ により保護されている。

既設配水池の配管室には、場内配管とともに電磁流量計、電動流量調整弁、制水弁等が設置されている(写真-2)。また、地上には上屋、発電機室、電波塔、電力引込柱等が配置されており、槽内の水位、管内流量等の計測値は、別海管理センター内の中央監視装置に伝送され、用水の管理に使用されている。



写真一1 既設別海2号配水池



写真-2 既設別海2号配水池の配管室

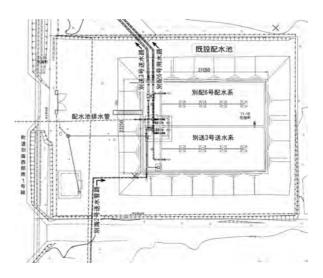
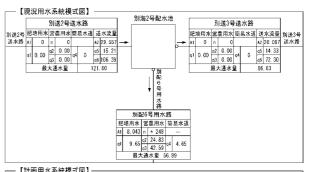


図-4 既設別海2号配水池(平面図)



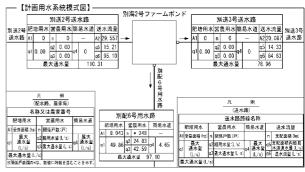


図-5 現況及び計画用水系統模式図

5. 別海2号ファームポンドの設計

本地区の用水施設は、肥培かんがい用水のほか、 現況補償として営農用水と簡易水道水を加えた用水 を供給する。このうち、増設ファームポンドは、肥 培かんがいの水需要の変化に対応した配水時間の変 更(現況24時間→計画8時間)に伴い、肥培かんが い用水の送配水時間差調整容量を持った施設として、 既設配水池と一体的に運用されるものである。

また、増設ファームポンドに送水される用水には、 水道水も含まれるため、水道施設設計指針³⁾(以下、 水道設計指針という)に基づいた施設設計が必要で ある。

(1) 必要容量の検討

別海 2 号ファームポンドの支配面積は、A=8,042.61haであり、必要容量は、事業計画に基づき、別配 6 号用水路系統の肥培かんがい用水の16時間容量となるV=954m³とした。

(2) 水理諸元の設定

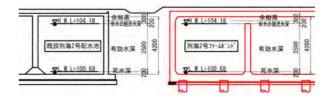
別海 2 号ファームポンドは、既設配水池と配管で接続し、一体的に運用するため、計画水位(BMの標高差補正後:HWL=104.18m、LWL=100.68m)および有効水深(H=3.50m)は既設配水池と同一にした。

また、内空高は、「有効水深+死水深+余裕高 +余水の越流水深」の合計とするが、これについ ても既設配水池と同一のH=4.20mとした(表-1)。 この結果、必要平面積は、A=273m³(=V:954m³÷H:3.50m)となった。

なお、水道設計指針では、「余裕高は30cm以上、 低床版は低水位より15cm以上低くする」また、 「有効水深は3~6m程度を標準とする」と解説 されており、上記で設定した水理諸元はこの値を 満たすものである。

表-1 水理諸元の設定値

	別海2号ファームポンド	備考
①HWL (m) BM標高差補正後	104. 18	既設別海2号配水池と整合
②LWL (m) BM標高差補正後	100. 68	"
③有効水深 (m)	3. 50	"
④死水深 (m)	0. 20	"
⑤余裕高 (m)	0. 30	"
⑥余水の越流水深 (m)	0. 20	"
⑦内空高(Σ③~⑥) (m)	4. 20	"



(3) 設置位置の検討

設置位置は、既設配水池と一体的な運用をすること、経済性および維持管理の容易さ等から、既設配水池に近接した位置とするのが適当であり、下図に示す4地点(図-6)を候補地として抽出し、施設用地の確保や維持管理面等に優れる南東側(C案)を採用した(表-2)。



図-6 別海2号ファームポンド候補地(平面図)

なお、採用したC案は、周囲を牧草地に囲まれ、 既存施設とも隣接するため、施設用地に余裕のない立地である。このため、平面形状、管理用道路 の配置等も踏まえ、詳細な施設配置を検討した (図-7)。

検討の結果、管理用道路を南側に配置し、管理 用道路の法面が道路敷地に掛からないように、ファー ムポンド長辺を短くし、平面形状を15.9m×18.0m とすることで、施設用地内に納まる配置とした。

表-2 設置位置の比較検討表

項目	A案(北西方向)	B案 (南西方向)	【採用】C案(南東方向)	D案(北東方向)	
配置図	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1	THE RESERVE THE RE			
設置位置	町道別海西部南1号線を挟んだ既設配水 池北西側の牧草地に設置する。	既設配水池南西側の牧草地 (用地的には 増設範囲の大半が道路敷地) に設置す る。	既設配水池の南東側の牧草地に設置す る。	既設配水池の北東側の牧草地に設置す る。	
地盤高と 水位設定	既設配水池場内標高とほぼ同じであり、 既設配水池と同一水位に設定できる。			既設配水池場内標高とほぼ同じであり、 既設配水池と同一水位に設定できる。	
用地	町道を挟むことから既存敷地を活用できず、施設用地は全て新規取得となるため 漬れ地が多い。	、施設用地は全て新規取得となるため ため、用地的に適所ではない。		設隆個所が補助事業で草地整備された牧 草地であるため、補助金の関係上、返還 対象期間が切れる令和6年度まで施設用 地の取得は実現性がない。	
維持管理	町道を挟んだ施設配置となるため、施設 間の往来に関し利便性が悪い。	同一場内に施設配置され、管理用道路で 結ばれるため、維持管理し易い。	同一場内に施設配置され、管理用道路で 結ばれるため、維持管理し易い。	同一場内に施設配置され、管理用道路で 結ばれるため、維持管理し易い。	
配管構成	配管延長が長く、道路横断も伴うため、 配管費が嵩む。	既設配水池の横に並列配置されるため、 既設管との接続距離が最小限となる。	既設配水池の裏側になるため、既設配水 池の横に設置する場合よりも配管延長が 多少長い。		
その他	設置位置には既設配水池からの排水管が 配置されており、支障となるため、排水 管を移設する必要がある。		特になし。	特になし。	
既設配水池と の位置関係	道路を挟んだ反対側に設置することとな り、飛び地となる。	既設配水池に隣接する。	既設配水池に隣接する。	既設配水池に隣接する。	
総合評価	維持管理面で劣り、配管費も嵩む。			用地取得の実現性がない。 ※	

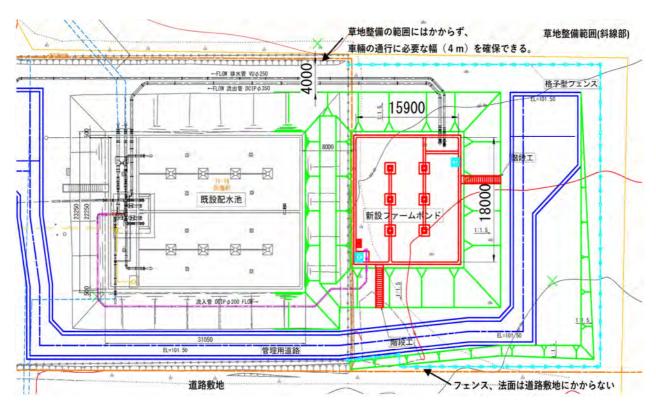


図-7 施設配置決定案(平面図)

(4) 池数と送配水方法

水道設計指針では、「点検、清掃、修理等維持 管理面から2池以上にする」と解説されている。

既設配水池が2池であり、増設する別海2号ファームポンドを含め3池となることから、施設管理者との打合せを経て、別海2号ファームポンドは1池(1槽)の整備とした。

別海2号ファームポンドは、水理ユニットの上流部に位置し、送配水管への影響が大きく、簡易水道の機能も併せ持つ重要度が高い施設であるため、地震等による被災に備え、既設のバイパス管(写真-3)を利用して、別海2号ファームポンドのみで受配水できる構造とした(図-8)。

また、緊急時に補修が必要となった場合や、点検・清掃等の際に、バルブの開閉によって、1槽の送水を停止し槽内を空にして、他の2槽で下流に送配水できる構造とした(表-3)。

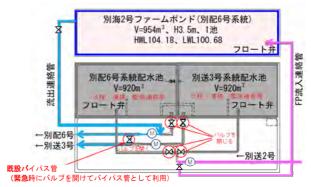


図-8 別海2号ファームポンドのみでの受配水



写真-3 既設バイパス管

別送3号系統配水池が点検・清掃および緊急時の補修等で使用できなくなった場合

は、別配6号系統配水池と新設別海2号FPを利用して、通水可能

通常時の水利用 新設別海2号ファームポンドを清掃時 (別配6号系統配水池、別送3号系統配水池使用) 項目 別海2号ファームポンド(別配6号系統) V=954m³、H3.5m、1池 HWL104.18、LWL100.68 別海2号ファームポンド(別配6号系統) V=954m³、H3.5m、1池 HWL104.18、LWL100.68 フロート弁 フロート弁 P流入連絡 PP流入連絡 **荒出連絡管** 流出連絡管 別配6号系統配水池 别送3号系統配水池 別配6号系統配水池 别送3号系統配水池 V=920m3 V=920m3 V=920m3 V=920m3 前時間図 フロート弁 フロート弁 フロート弁 フロート弁 連通等 市通管 ←別配6号 ←別配6号 ←別送3号 ←別送3号 M M M M 别送2号 别送2号 X (M) 新設別海2号FPが点検・清掃および緊急時の補修等で使用できなくなった場合 は、別配6号系統配水池と別送3号系統配水池を利用して、通水可能 別配6号系統配水池、新股別海2号FPと別送3号系統配水池が一体となって通水 評価 別送3号系統配水池を清掃時 (別海2号ファームポンド、別配6号系統配水池使用) 別配6号系統配水池を清掃時 項目 (別海2号ファームポンド、別送3号系統配水池使用) 別海2号ファームポンド(別配6号系統) V=954m³、H3.5m、1池 HWL104.18、LWL100.68 別海2号ファームポンド(別配6号系統) V=954m³、H3.5m、1池 HWL104.18、LWL100.68 フロート弁 フロート弁 FP流入連絡管 流出連絡管 流出連絡管 FP流入連絡 別配6号系統配水池 別送3号系統配水池 别配6号系統配水池 別送3号系統配水池 V=920m V=920m3 V=920m V=920m3 説明図 フロート弁 フロート弁 フロート弁 ←別配6号 ←別配6号 ←別送3号 一別送3号 別送2号 別送2号 X (M)

表-3 通常時及び1槽停止時の送配水方法

別配6号系統配水池が点検・清掃および緊急時の補修等で使用できなくなった場合

は、新設別海2号FPと別送3号系統配水池を利用して、通水可能

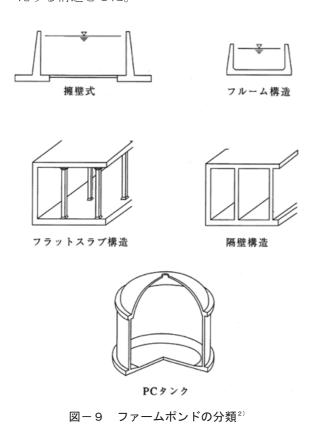
評価

(5) 構造形式

水道設計指針では、「外部から雨水やほこり等が入らないように衛生的に安全、安心なものでなければならない。また直射日光を避け、水密性で耐震性、耐久性を持った構造とする」と解説されている。

別海2号ファームポンドは、上記の理由及び覆土を施す必要があるため、屋根付きの構造(フラットスラブ構造、隔壁構造等)とし、RC構造とPC構造の比較検討を行い、経済性で優位なRC構造のフラットスラブを選定した(図-9)。

また、耐震設計については、土地改良事業設計指針「耐震設計」⁴⁾に準じ、ファームポンドが地上より4.0m~3.5m突出する構造であり、重要度区分がB種に該当するため、レベル1地震動に耐えうる構造とした。



(6) 覆土の検討

水道設計指針では、「寒冷地においては、浄水 池内の水温に対する外部からの影響を防ぐため、 30~60cmの上置土を施すなどの対策が必要である」 と解説されている。 別海2号ファームポンドは、以下①~⑤の理由により、既設配水池と同様に30cmの覆土厚を施すものとした。

- ①冬期間の内水の凍結を防止する
- ②直射日光、降雨および凍害等に直接影響されないため、コンクリートの劣化を防止できる
- ③本体上部への車両等の進入を防止する
- ④覆土に緑化を施すことで、周辺の環境・景観を 保全する
- ⑤既設配水池の覆土厚は30cmであり、現在まで問題は生じていない

(7) 内部構造

水道設計指針では、「配水池は貯留水を滞留させない構造とする」また、「排水口に対して1/100~1/500程度の勾配をつける」と解説されている。増設ファームポンドにおいて、槽内の隅角部に土砂等が滞留すると、上水道としての衛生面に課題が生じるため、溜まり水(死水域)等が発生しないように、下記①及び②の構造とした。

- ①死水域 (底版上面から20cm) に勾配コンクリートを $5\sim15cm$ を設置する。
- ②フラットスラブ構造の柱間に導流壁を設け、旋回水路式として、槽内に流れをつくる(図-10)。

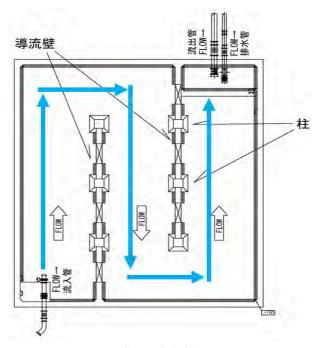


図-10 槽内の流水方向(平面)

(8) 内外面の塗装の検討

水道設計指針では、「RC構造の配水池を新設する場合の防食対策は水槽内面に防食塗装を施す方法、又は鉄筋のかぶりを大きくとってコンクリート打放しにする方法が採用されている」と解説されている。

別海2号ファームポンドにおけるコンクリート 表面の防水・防食対策は、水道設計指針および近 傍の水道施設で採用されている塗装方式を採用し た。

壁内面被覆材料(塗装材料)は、日本水道協会 規格(JWWA規格)に準拠した材料の比較検討 により、近傍ファームポンドにおける施工実績及 びLCC(耐用40年として試算)で有利な水性ポ リエチレン樹脂塗装を採用した(図-11)。

なお、壁外面は貯留水と接しないため、塗装を 不要とした。

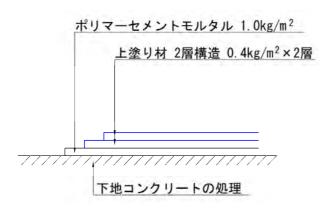


図-11 水性ポリエチレン樹脂塗装 (参考断面図)

6. 場内配管

(1) 配置構成

別海 2 号ファームポンドの場内配管は、既設配水池と増設ファームポンドの一体的な運用のため、流入・流出管をそれぞれ連絡管で接続するものとし、右図に示す配置とした(図-12)。

具体的には、新設する流入管は、別送2号送水 路から既設配水池に接続する流入管から分岐して、 別海2号ファームポンドに配管する設計とした。

同様に、別海2号ファームポンドから出る新設する流出連絡管は、既設の別配6号用水路に接続する設計とした。

また、余排水管についても既設配水池の余排水 管に接続する設計とした。

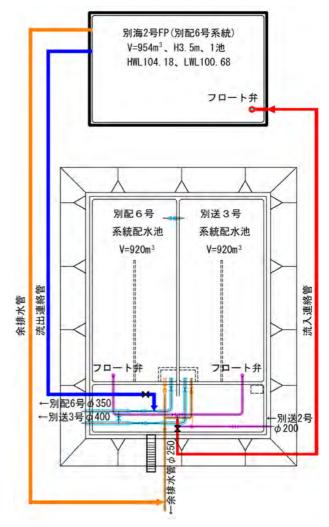


図-12 場内配管の配置(平面)

(2) 配管材の選定

本施設の配管材(管種や継手、バルブ類)の選定は、簡易水道として利用される事から以下の指針等に基づいた。

◇水道施設設計指針(日本水道協会)

◇水道用バルブハンドブック (日本水道協会)

なお、指針等に示されていないものは、「水道 用又は上水道」の使用を前提に選定した。

上記より、管材は水道用ダクタイル鋳鉄管を基本とし、バルブ類も水道用とした。また、フロートバルブの管体部分は水道用ステンレス鋼管(本体もステンレス製)とした。

(3) 不断水施工の検討

既設の場内配管は簡易水道水が流れており、断水できないため、不断水施工により新設管を既設管に接続する設計とした。

不断水施工を設計した箇所は下表に示す3箇所である(表-4)。

流入管の不断水施工においては、既設配管室の 2階部分はスペースが限られていたが、不断水施 工のための機械(穿孔機)の設置に必要なスペー

表一4 不断水工法適用箇所

名 称	理由	管種管径	施工箇所
①別送2号 送水路	流入管の接続	DCIP φ 200×200	1 箇所
②別配 6 号 用水路	不断水バルブ 及び仮設用バ イパス管設置	DCIP φ 350×350	1 箇所
③別送3号 送水路	仮設用バイパ ス管設置	DCIP φ 400×400	1 箇所

ス (平面: 1.20m以上×1.55m以上、高さ: 1.78m以上)を確保できることを確認し、採用に至った(図-13、写真-4)。

流出管の接続においては、計装機器類(電磁流量計および電動流量制御弁)の改修も必要であるため、送・配水のバイパスルートを確保し、既設管を取り外してからの施工が必要となった。

このため、並走して配管されている別送3号送水路と別配6号用水路を、既設配管室の外側で不断水施工によって接続し、既設の制水弁および設置する不断水バルブを閉め、一時的にバイパス通水を行うよう計画した。これにより、送水・配水を止めることなく、流出管の接続と計装機器類の改修が可能な設計とした(図-14)。

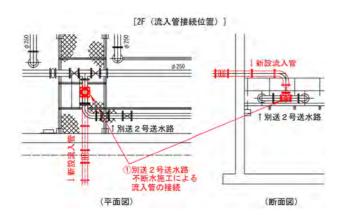


図-13 流入管の不断水施工箇所 (平面・断面)

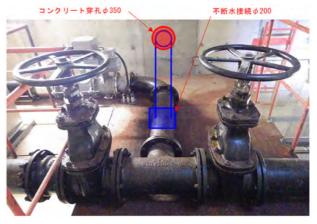


写真-4 流入管の不断水施工箇所



図-14 流出管の不断水施工箇所(平面)

7. 計装機器類

別海2号ファームポンドは、既設配水池と一体的に運用することもあり、既設配水池に設置されている計装機器類はできるだけ既設利用することとし、流量の変更等により使用できなくなる機器や新たに計測が必要な箇所に設置する機器等を設計した。

計装機器の配置を下図に示した(図-15)。

- ①電磁流量計(改修)・・・別配6号用水路用 流量増加に伴って既設の電磁流量計では、適 正な流量の計測範囲を超過する。また、流量計 は本管より口径が小さいため、接続配管と小口 径区間の損失水頭が大きく、末端用水路におい て水頭不足が生じ、本管の増径が必要となる。 このため、適正な流量が計測できる範囲のうち、 最大の口径を選定し、電磁流量計設置区間の損 失水頭を抑えた。
- ②電動流量制御弁(改修)・・・別配6号用水路用 電磁流量計の口径の変更に伴い、直下流の電 動制御弁も改修する。

- ③電磁流量計 (既設)・・・別送3号送水路用
- ④電動流量制御弁 (既設)・・・別送3号送水路用
- ⑤水位計(既設)・・・既設配水池用 既設配水池の水位計は、水位監視のために既 設利用する。
- ⑥水位計(新設)・・・増設FP用 水位計の計測値は、既設2号配水池の槽上に ある上屋内の機側操作盤に表示されるようにす る。今後、計測値が中央監視装置に伝送される 計画になっている。
- ⑦フロートバルブ (既設)・・・既設配水池用
- ⑧フロートバルブ (新設)・・・増設FP用
- ⑨発電機室 (既設)・・・既設配水池用
- ⑩場内受電柱(既設)・・・既設配水池用 北電引込柱、場内受電柱、屋外配線は、既設 利用とし、工事に伴う移設はない。
- ①電波塔(既設)···既設配水池用
- ⑫屋外電気配線(既設)・・・既設配水池用

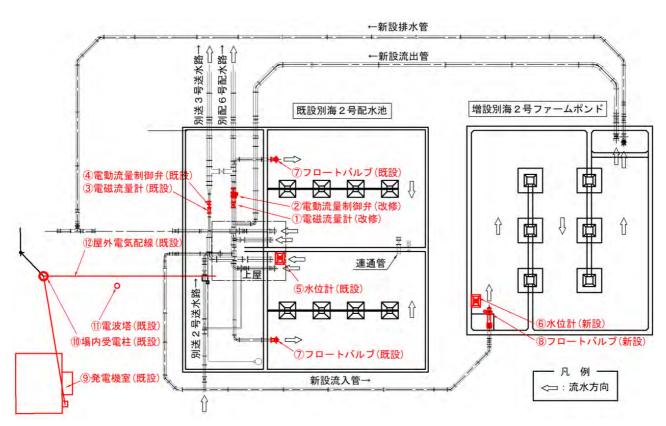


図-15 計装機器の配置(平面)

8. 付帯施設

(1) 通風筒

水道設計指針では、「池内は塩素臭が充満する ため、換気装置を設ける必要がある」と解説され ている。

別海 2 号ファームポンドの通風筒は、同指針より、流出管の断面積程度を確保するものとし、本施設の流出管 ϕ 350の断面積相当(A = 0.096 m)として、現況の通風筒と同径の ϕ 200mm(A = 0.031 m)を 4 基設置(Σ A = 0.124 m) する設計とした(写真 - 5)。



写真-5 現況の通風筒 (φ200mm)

(2) 人孔口(マンホール)

別海 2 号ファームポンドには、維持管理およびファームポンド内の格納資機材の搬入出のため、現況と同様の人孔($1.0m \times 1.0m$ 、梯子、ステンレス蓋、施錠付き)を設けた(写真-6)。



写真-6 現況の人孔蓋

9. おわりに

今回の増設ファームポンドの設計では、時間的に変動する需要量に対して、適正な水圧で安定的に供給することが求められた。また、簡易水道は、主として農山漁村を対象とする水道であり、基本的には上水道と変わらず、人や牛の飲用となる水を供給する施設であるため、安全で良質な水を、将来にわたって安定的に供給していくことが求められた。

水道用貯水池を兼ねる配水池と増設ファームポンドを一体的に運用できるような施設としたことにより、維持管理が効率的で容易となったと同時に、水道設計指針等に十分配慮した設計を行ったことで、これらの目的は果たせたものと考える。

紙面の都合上、紹介できなかったが、既設配水池に影響を及ぼさないような増設ファームポンドの詳細配置の検討や、配管室内が狭いため、新設する配管の設計に苦労したことなど、様々な課題等があったが、1つ1つの課題を解決して安全で耐久性のある施設の設計ができ、地区の農業に資する施設になったと考える。

本稿の作成にあたり、多くの指導、ご教示を賜りました釧路開発建設部根室農業事務所の関係各位には、ここに記して御礼申し上げます。

最後に、本報告を寄稿する機会を与えてくださった(一社)北海道土地改良設計技術協会に感謝いたします。

(サンスイコンサルタント㈱北海道支社 技術部 技術第3グループ 上席技師(技師士)) (サンスイコンサルタント㈱北海道支社 技術部 技術第1グループ 主任技師(技術士))

<参考文献>

- 1)国営別海北部土地改良事業計画書 (北海道開発局)
- 2)土地改良事業設計指針「ファームポンド」 平成11年3月(農林水産省構造改善局建設部)
- 3) 水道施設設計指針 2012年版 (公益社団法人 日本水道協会)
- 4)土地改良事業設計指針「耐震設計」 平成27年5月(農林水産省農村振興局整備部監修)

泥炭性軟弱地盤における管路の改修設計について

-国営施設応急対策事業 鳥沼宇文地区の事例-

菊地 修

1. はじめに

国営施設応急対策事業鳥沼宇文地区は、富良野市 及び中富良野町にまたがる1,464haの農業地帯で、 水稲を中心に、たまねぎ、小麦、大豆、メロン等を 組み合わせた農業経営が行われている。

本地区の基幹的農業水利施設である北6号用水路は、国営かんがい排水事業空知川右岸(二期)地区(以下基本事業と称す)にて、平成14年度~平成15年度に造成されたパイプラインである。管路は、整備後の河川改修による地下水低下等に起因して基床下位の泥炭性軟弱土層の圧密により沈下を生じ、これにより漏水事故等の不測の事態が発生するなど、農業用水の安定供給に支障をきたしているとともに、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、本事業により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。本報告は、本事業で改修する北6号用水路にて行った、泥炭性軟弱地盤における改修管路の設計事例を報告するものである。

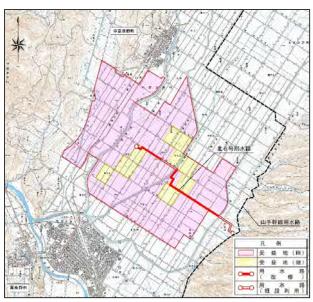


図-1 業務位置図

2. 設計概要

北6号用水路は、山手幹線用水路(フルーム水路)を起点とする、延長5.1 kmの配水系クローズドタイプパイプラインである。事業計画では、このうち沈下の大きい(20 cm以上)3.1 kmを改修区間として計画している(図-1)。

設計に当たっては、管路下位の地層及び沈下要因を把握し、沈下抑制及び構造的安定性の確保の観点から、①上載荷重の軽減と基礎工の一体化が可能な石灰系固化処理改良土と②ジオグリッド工法を併用した基礎工を採用した。

3. 地形•地質概要

北6号用水路は、北海道中央部の富良野盆地内の平地に位置する。富良野盆地は北海道中央部の南北に連なる諸盆地の一つであり、東西5~6km、南北30km、標高170~250m程度の低平地である。

設計路線位置の地質は、北海道開発庁発行の地質 図幅(図-2)によれば、中小河川により運搬堆積 された泥炭・シルト・砂等の沖積堆積物が分布してい る。また、明治43年の古地図(図-3)によれば、 当該路線付近の地盤は泥地・荒地と記されている。



図-2 路線位置付近の地質図 (地質図幅「下富良野」より抜粋 北海道開発庁 (S30))

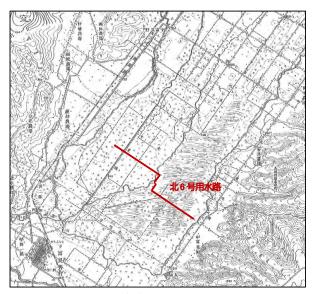


図-3 路線位置付近の地質図 (地質図幅「下富良野」より抜粋 北海道開発庁(S30))

路線に隣接する市道は、沈下のため路面の不陸が 顕著な状況である(写真-1)。



写真一1 北6号用水路沿いの市道路面の不陸状況(2016年撮影)

4. 現況北6号用水路の概要(基本事業時)

(1) パイプラインシステム

山手幹線北6号分水工を起点として、受益地内の支線用水路に用水を配分する、配水系のクローズドタイプパイプラインである。最大通水量は6.110~2.133㎡/sec (代かき期)、管径は起点部で φ 2,000mm、終点部で φ 1,200mm、静水圧は最大0.26MPa(設計水圧0.52MPa)である。

(2) 使用管種

土質条件、水理面、施工性、経済性等を総合的に検討し、直管は強化プラスチック複合管(FRPM)を選定し、曲管等の異形管には鋼製管を用いて管路を構築している。また、当地は腐食性の高い土

壌環境にあり、周辺での道営ほ場整備事業(S46~)で整備されたパイプラインにおいて、整備後、鋼材接続部品の腐食により漏水が確認された経緯もあり、本水路の鋼製異形管の腐食防止対策には、本管の塗覆装に加えて継手部を対象とした電気防食(流電陽極方式)による対策が施されている。

(3) 基礎材·埋戻し材(軟弱地盤区間)

管体の基礎材料は、地盤の土質条件及び管種選定条件等から施工断面の検討がなされ、管の構造設計上有利な礫質土(5~25mm)を選定している。また、頂上部の埋戻し材は、泥炭土は埋戻しに適さないため、購入土が使用されている。

(4) 施工断面及び施工工法(軟弱地盤区間)

改修区間の施工断面及び施工工法は、設計基準の軟弱地盤を適用して決定されており、主な沈下対策としては、施工後の基礎地盤の圧密沈下による影響を軽減するため、管路施工前の地表面に基礎材料の礫質土等を事前に載せて圧密沈下を促進させるプレロード工法が用いられた。また、基礎材の散逸防止及び施工性向上を目的に、基礎下面に土木安定シートが施されている。浮上防止対策は、浮上防止シート(ジオテキスタイル)による浅埋設工法が採用されている(図ー4、写真-2)。

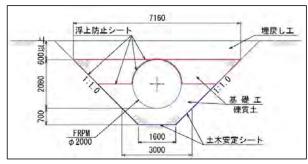


図-4 現況断面図 (*ϕ* 2000)



写真-2 プレロード工法による施工状況

5. 北6号用水路の沈下状況

(1) 漏水事故

施工後の管路は、基床下位の泥炭性軟弱土層の 圧密により管路に沈下(復旧時に-0.74mを計測) が生じ、杭基礎構造の分岐工制水弁室との接続点 に配置した可とう管に亀裂が生じ、漏水事故が発 生した(図-5)。

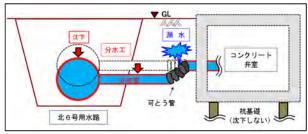


図-5 漏水事故発生イメージ

(2) 沈下状況

漏水事故発生後、管路の沈下原因究明調査として平成27年に管内目視調査、沈下状況調査、継ぎ目間隔調査が、平成29年には管内目視調査、たわみ量及びひずみ量調査、沈下状況調査、継ぎ目間隔調査が実施され、この調査結果から管路の健全度評価が行われている。

沈下状況調査の結果、基本事業時の設計管底高に対する沈下量は、最大で-0.76mが確認され、また、本管及び分岐工に設置されている可とう管のうち、沈下量が許容偏心量を超えているものが半数程度確認されている。

なお、管のたわみ量及びひずみ量調査の結果は、 全区間において性能低下が見られない状況にある ことが確認されている。

沈下対策検討に先立ち、管路の地質縦断図を整理し、管基礎下位の地質分布及び平成29年調査管内底部標高(沈下状況)を勘案して路線を区分した(表-1)。

表-1 地質・沈下量状況による路線の区分

区間	管の沈下量(m	備考	
[5. 1]	範 囲	平均	1/HI -15
No.10+15.72 ~ No.14+ 0.00	-0.20 ∼ -0.47	-0.26	φ 2000
No.14+ 0.00 ~ No.23+ 0.00	-0.21 ∼ -0.76	-0.50	φ 2000, φ 1800
No.23+ 0.00 ~ No.27+ 0.00	-0.17 ∼ -0.40	-0.25	φ 1800, φ 1650
No.27+ 0.00 ~ No.31+ 0.00	-0.21 ∼ -0.52	-0.39	φ 1650
No.31+ 0.00 ~ No.35+57.60	-0.05 ∼ -0.25	-0.20	φ 1650
No.35+57.60 ~ No.41+16.00	-0.10 ∼ -0.16	-0.13	既設利用区間
No.41+16.00 ~ No.50+75.87	-0.14 ∼ -0.48	-0.29	φ 1650, φ 1500, φ 1200

地表面と管路の沈下量は、泥炭、粘性土、砂質土層の堆積状況や、埋設深、土地利用等により各地点で違いはあるが、地表面の沈下状況及び管路の沈下状況の分析から、①管・地盤一体型、②管沈下先行型の2タイプに区分される(表-2、図-6、図-7)。

沈下の現象に差が見られるものの、沈下発生要因は、河川改修工事や基盤整備等に伴う排水促進(地下水位変動)による泥炭性軟弱地盤の圧密沈下に加え、地下水位低下に伴う管路の増加荷重が基礎地盤支持力を超過したことである。

表一2 沈下状況のタイプ分け

タイプ	区分理由
① 管・地盤一体型	河川改修、明渠排水、暗渠排水の効果により、泥炭層の 地下水位が低下し、泥炭の乾燥が進行して分解が促進 されたことと、営農機械等により畑面が踏圧されたこ ととが相まって、泥炭層の圧密沈下が進行し、地表面の 沈下と一体となって管が沈下するタイプ。
② 管沈下先行型	泥炭層が厚く、管路が泥炭層内に位置し、泥炭が圧密沈 下することと、上載荷重が集中荷重となって管体を泥 炭層へ押し込むことにより、管が沈下するタイプ。

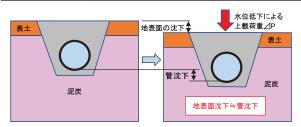


図-6 管・地盤一体型の沈下想定図

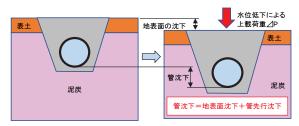


図-7 管沈下先行型の沈下想定図

(3) 常時微動による計測

設計に際し、ボーリング調査等で得られる管路 下位の軟弱地盤に関する不連続な情報を補完する ことを目的として、現地にて現況地盤の微動調査 を実施し、その卓越周期を求めた(写真-3)。

計測結果は図-8のとおりであった。計測区間中の $N_0.21+10$ 及び $N_0.26+10$ において、卓越周期(固有周期)が1.7秒と長周期であることが特徴的

となっている。このような長周期が卓越周期となる地盤は、いわゆる「軟弱な層が厚い」か「地層が極度に軟らかい」か、さらに、この両者の性質を有すると推察され、このような特徴をもつ基盤上に管路を設ける場合には留意が必要である。

卓越周期と管沈下量の近似曲線をそれぞれ図-8 と図-9に示す。これを図-10のように併せると、 両近似曲線がほぼ同傾向を示し、さらに、卓越周 期と管沈下量の関係を図示すると図-11のような 相関が得られる。卓越周期が長周期なほど、管沈 下量が大きい傾向を示すことから、常時微動によっ て軟弱な地層の厚さを推察することが可能と判断 でき、本調査が縦断方向における軟弱地盤の連続 的な把握にも有効であることが確認できた。



写真一3 微動調査状況

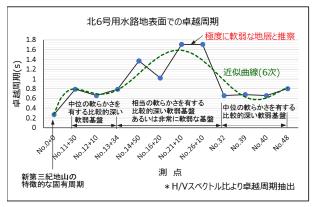


図-8 路線に沿う卓越周期の様子

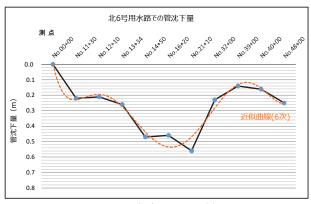


図-9 路線沈下量の様子

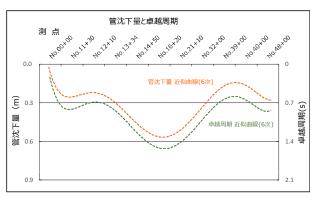


図-10 管沈下量と卓越周期の近似曲線

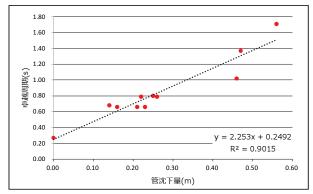


図-11 管沈下量と卓越周期の相関関係

6. 北6号用水路の改修設計

(1) 対策工の基本方針

対策工は、地質状況、沈下要因と沈下状況のタイプ区分、管路基礎面下の地盤強度が旧管路の先行圧密により改善されていること等を勘案し、施工性が良く、現況管路断面より荷重を軽減でき、かつ鉛直荷重の広く均等な分散を可能とする工法を検討した。

(2) 基礎工

基礎材は、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、上載荷重の軽 減・分散が可能な基礎工法について比較検討(表-3) のうえ、他地区において実績のある「石灰系固化 処理改良土」を採用し、基礎工の変形抑制と一体 化を図ることとした。

また、泥炭層厚及びその物性が不均一なこと、 石灰系固化材の混合を含む施工の精度、加えて現 況管路の沈下は一様ではなく不同沈下が生じてい る状況にあること等を勘案し、基礎底面と法面に 「ジオグリッド工法」を併用し、一体化及び支持力補強効果と併せて不同沈下抑制を図る構造とした(図-12)。

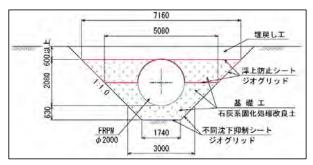


図-12 改修断面図 (φ2000)

表-3 基礎工法比較検討表

対策	荷重-応力分散	軽 量 化			
工法	ジオテキスタイル工社	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	ジオグリットは、柔軟で軽量なポリ エステル繊維を使用し、低伸度・ 高強度、透水性のある製品で、 マットレス工法に使用される。	吉東厚真火力発電所の創産物。 塊状石炭灰を破砕し粒度調整したもの。 単位体積重量ッt=14.0kN/㎡ 平均粒径 D50=0.42~2.19 mm	購入火山灰に石灰系園化材を 添加した園化改良士。 単位体積重量ッに15.0kN/㎡		
	10 cm	F-350			
工法概要	ジオグリッドを用いて基床材(砕石等)を拘束し、盤状で剛性のある構造体を構築して基礎地盤の 補強と、盤状構造体による荷重 分散・応力分散を図る。	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。	石灰系固化処理士を基礎材に 使用し、基礎工の一体化と荷重 の軽減を図り、軟別地盤に加わ る応力を分散・軽減させ、不同沈 下抑制を図る。		
設計条件	の一体化を図るとともに、転圧時	ジオグリットにより包囲して基礎工 の一体化を図るとともに、転圧時 の基盤への貫入防止、周辺土砂 の間隙内への混入を防ぐため透 水シートを併用する。	び法面にジオグリット敷設する。 目標改良強度は 100 kN/㎡以上		
適用判断	賣材単価:1,050円/㎡	較材単価 6,030 円/㎡	國化処理土単価 4,976 円/㎡ φ 2000 基礎工費(値) 616,512 円/10m 最小添加量で目標改良強度が 確保可能 基礎の一体化・軽量化が可能。 ⑥		

(3) 石灰系固化処理改良土の概要

1) 固化改良土の強度

北6号用水路は受益地内を通るため、クリーン 農業推進の観点から、基礎材には、六価クロム溶 出の懸念がなく、先行圧密荷重以内の荷重となる 石灰系固化処理改良土(購入火山灰土に石灰系固 化材を混合)を選定した。

固化改良用の石灰には、図-13に示す複数種類があり、このうち道内での使用実績の多い石灰系 固化材を選定した。

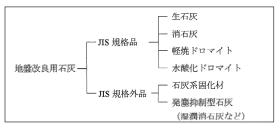


図-13 石灰の分類

固化処理改良土の強度基準値は、令和3年6月に改定された土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」技術書P-283によると、基礎材料に固化処理土(ソイルセメントや流動化処理土)を採用する場合についての記述(一軸圧縮強度、施工支持角、基準反力係数)があるが、これらは固化材にセメント系を用いた場合を想定したものと考え、北6号用水路の設計においては、他地区での採用事例を参考に、切込み砂利の締固め密度90%程度(締固めI)での反力係数に相当する一軸圧縮強度q=100kN/m²(7日強度)を目標とした。

石灰系固化材の添加量は、現地購入火山灰を用いた配合試験結果(図-14)を踏まえ、石灰による地盤改良マニュアルを適用し、現場における均一な混合性を確保するための必要最小添加量の30kg/m³を標準とした。

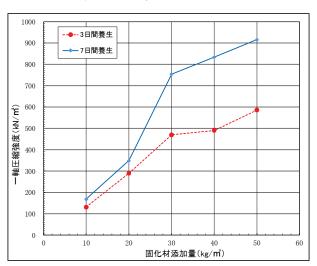


図-14 固化材添加量と一軸圧縮強さの関係

2) 固化改良材の混合攪拌方法

地発生土に固化改良材を混合する方法では、現 況管路の基礎材や埋戻し材の他、隣接地盤の表土 及び泥炭等が混在するため、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)が困難となることが予想でされ た。このことから、固化処理改良土の品質を安定 させるため母材には、現地で入手可能な火山灰土 (900円/㎡ 土場渡し)を用いることとした。

母材(購入火山灰)と固化改良材の混合攪拌は、

北6号用水路沿線に適当な作業スペースの確保が 困難な状況にあったことから、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、設備が小規模で経済的であり、固 化処理改良土の品質が容易に確保できる、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 に攪拌翼(スタビライザー)を装着)を採用した (写真-4)。



写真-4 バックホースタビライザー攪拌機

(4) 管路及び既設構造物との接続

既設の杭基礎構造物との接続を検討するため、 今後想定される地表面の沈下量について、現状で の沈下量実測値と沈下計算式による最終沈下量を 対比し、その結果を基に改修40年後(管の耐用年 数)の残留沈下量を予測することとした。

なお、予測沈下量の計算は、施工前(基本事業 実施前)の地下水位と、管が敷設され地下水位が 低下した後(平成29年調査時)の条件を基に行った。

1) 最終沈下量の計算

軟弱地盤の圧密沈下量の算出には、圧密定数を 用いて「道路土工 軟弱地盤対策工指針」(他日本 道路協会)に示されるテルツアギーの一次元圧密 理論式(以下△e法と称す)を適用して検討した。

「泥炭性軟弱地盤対策マニュアル (H29. 3)」では、図-15に示すとおり、含水比W=200%以下の有機質土の場合は「道路土工 軟弱地盤対策工指針」に従い圧密沈下解析をすることとし、含

水比W=200%を超える泥炭地盤の場合には、本マニュアルに示されている泥炭式に従い圧密沈下解析をすることとされている。

令和2年度に実施した地質調査結果から、含水 比200%を超える層は、有機質土層1(以下Ap1層 と称す)であったことより、図-15の沈下解析の 検討フローに準拠してAp1層は泥炭式を用いるこ ととし、含水比200%以下の土層については△e 法を適用した。

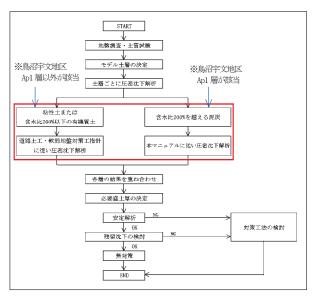


図-15 沈下解析の検討フロー (泥炭性軟弱地盤対策マニュアル (H29.3))

① △e法(一次圧密)

・圧密沈下量 Sf $Sf = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \times Hi$

ここに、Sf:最終圧密沈下量(cm)

e。: 各層のe-logP曲線上で有効土 被り圧P。に対応する間隙比

e₁: 各層のe-logP曲線上で (P₀+ ΔP) に対応する間隙比

△P: 各層の層厚中心位置における 盛土による地盤内増加応力

Hi: 各層の初期圧密層厚(cm)

② 泥炭式 (図-16)

・tsまでの沈下計算(一次圧密)

S (cm) = ε f/(1+Cp·t^{-0.62}) Hi

ここに、εf: 一次圧密の最終ひずみ

Cp:一次圧密の速度に関わる係数

t:時間(日)

Hi:増加荷重P載荷直前の圧縮層

厚 (cm)

・ts以後の沈下計算(二次圧密)

 $S (cm) = Sp + Cs \cdot Hi \log (t/ts)$

ここに、Sp: 一次圧密でt=tsのときの沈 下量 (cm)

Cs: 二次圧密係数

 $ts = 0.0055 Hi^2$

 $\epsilon f = 1 / \{ 1 + (2.74 \times 10^4 / (Wi \cdot Pi^{0.8})) \}$

 $Cp = 0.0044 Hi^{1.25}$

 $C_S = 0.033 + 0.000043 Wi$

ここに、Pi:各施工段階の増加荷重(kN/m²)

Wi: 各施工段階の載荷前含水比(%)

 $Wi = Wo - (0.511 + 0.0106Wo) \Delta H/Ho$

Hi:各施工段階の載荷前層厚

=Ho $-\Delta$ H (cm)

ΔH: 各施工段階の載荷前の総圧縮

量 (cm)

Ho: 圧密対象層の初期層厚 (cm)

Wo: 圧密対象層の初期含水比(%)

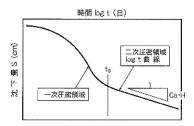


図-16 泥炭式における沈下の概念図 (泥炭性軟弱地盤対策マニュアル(H29,3))

(ts:一次圧密が終了し、二次圧密が始まる時間)

泥炭性軟弱地盤対策マニュアルでは、沈下量計算における最終沈下量は、 t=2,000日の値を目安として良いとしており、本検討においても t=2,000日を適用した。沈下解析の結果を表-4に示す。

これより、実測値(平成29年調査時)を一次圧 密沈下量の計算値と比較すると、同等若しくはそ れ以上であり、平成14年の基本事業時から5,400 日程度経過した現況北6号用水路の一次圧密は終 了したものと推測される。

表-4 計算による予測沈下量(地表面沈下量)

		(a)	予測沈下量(cm)					沈下予測値
計算地点 沈下実測値		(H29 調査)	 一次圧密 		2	⑤ 沈下量	⊕-a	
		(cm)	⊿e 法	泥炭式	合 計	二次圧密	1)+2	(cm)
1	No.13+40	26.0	2.1	26.8	28.9	15.6	44.5	18.5
2	No.18+90	35.0	4.3	18.2	22.5	22.1	44.6	9.6
3	No.24+48	23.0	1.9	21.9	23.8	10.4	34.2	11.2
4	No.28+60	34.0	2.0	23.4	25.4	8.8	34.2	0.2
5	No.33+70	23.0	1.7	7.5	8.6	6.2	14.8	_
6	No.48+52	37.0	4.5	33.6	38.1	13.3	51.4	14.4

令和3年を施工年とした40年後(管の耐用年数) の沈下量の推定方法は、沈下実測値(平成29年調 査)を元に近似曲線を作成して検討した(図-17)。

図中、沈下予測値の大きい①区間(表-4:18.5cm)を見ると、平成29年調査時(基本事業時からの沈下実測値:26cm)から令和3年施工時(基本事業時からの想定沈下量:28cm)の想定沈下量が2cm、令和3年施工時から40年後の令和43年時(基本事業時からの想定沈下量:35cm)の想定沈下量が7cmと推測され、平成29年調査時から令和43年の将来予測沈下量は9cmと推測される。

同様に、各検討区間における平成29年調査時から令和43年の将来予測沈下量は、②区間:14cm、 ③区間:7cm、④区間:12cm、⑤区間:6cm、⑥ 区間:15cmとなる。

いずれの将来予測沈下量も、沈下解析手法により代表値として算定された将来予測沈下量18.5cm (表-4、①地点)を下回ることとなった。

対策工は、安全側になることに配慮し、沈下解析手法より算定された"①区間18.5cm"を代表値として検討した。

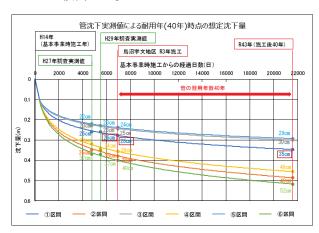


図-17 管沈下実測値による想定沈下量

2) 附帯施設との接続

管路の沈下発生要因は、河川改修工事や基盤整備等に伴う排水促進(地下水位低下)による、泥炭性軟弱地盤の圧密沈下と管路の荷重増加によるものである。今後については、富良野盆地地域においては、空知川の改修計画はなく、大幅な営農条件の変更(基盤整備)も計画されていない。

そのため、将来的な地下水位の変動は生じないと想定し、本検討で算定した予測沈下量を基に、継手に可とう性を有し沈下に追従する管種を採用するとともに、予測沈下量を満足する可とう管を杭基礎附帯施設との管路接続点に配置する対策を講じることとした。

可とう管の偏心量は、①区間18.5cmに安全率 1.5を加味して30cmとした。

(5) 管の防食対策

1)経 緯

改修する北6号用水路の鋼製異形管接続部の防食対策は、基本事業時と同様に電気防食法を適用した。基本事業時においては、近隣道営事業での既往土壌分析結果を用いたANSIA21.5(アメリカ規格協会)基準による土壌評価資料を参考に、北6号用水路施工地点での土壌分析を行い、その結果一般的には含まれない硫化物が多く存在していることに着目して、防食対策を施すこととしたものである。

2) 防食工法

埋設された鋼製異形管部での腐食防止対策には、プラスチック被覆(外面)、若しくはプラスチック被覆(外面)+電気防食の併用工法があり、十分な外面塗覆装を施すことが可能とであれば電気防食工法は不要となる。しかし、配管接合個所のボルト・ナット、押輪には、締付け時の塗覆装の剥離は避けられず、塗覆装損傷面の修復は困難であり、このことから、接合部の防食にも対応できる電気防食工法を併用した(写真-5)。



写真-5 電気防食の施工状況

電気防食法には、電流の供給方式により「流電陽極方式」と「外部電源方式」がある(表-5)。防食対策は、鋼製異形管継手部を対象としたものであり、外部電源方式では3.5km区間に複数の電源装置の配置が必要になり、これに対する維持管理や維持電力費、過防食や隣接構造物への影響の面を勘案し、施工が簡単で維持管理等を必要としない流電陽極方式を選定した。

表-5 流電陽極方式と外部電源方式の比較

流電陽極方式	外部電源方式
・電源の利用してくい場所で適用できる。 ・小規模または塗装された対象物に適する が、高抵抗の環境には適さない。 ・施工が比較的簡単で、維持管理を必要とし ない。	・電源の適用しがたい場所では適用困難。 ・高抵抗や腐食性の激しい環境でも適用できる。 ・維持管理や維持電力費を必要とする。 ・防食電流の大幅な調節ができ、自動制御も
はない。 防食電流の調節はできないが、陽極数の 追加が可能で事故自動制御性を持つ。 ・陽極寿命が比較的短く、取り換えを要す る。 ・隣接構造物への影響が少なく、陽極の選	「砂皮塩伽の入畑な崎剛が、C、日動町岬で可能。 ・防食装置の寿命が長く、長年月取替を必要としない。 使用電圧が高いので、過防食や隣接構造物への影響の留意する必要がある。
択により過防食が避けられる。 ・電位分布が均一である。	・電位は電極近傍で最大となり、遠方へ向かって減衰する。

(WSP水道用塗覆装鋼管の電気防食資料より抜粋)

7. おわりに

本報告では、泥炭性軟弱地盤に埋設されるパイプラインの設計事例として、上載荷重の軽減と基礎工の一体化が可能な石灰系固化処理改良土の利用と、ジオグリッド工法を併用した基礎工法の検討事例について報告した。

本地区のような泥炭性軟弱地盤で不連続な支持地盤においては、管路の構造的安定性の確保に留意しなければならない。埋設とう性管は、横断方向は側方からの受働抵抗力と均等な基礎反力(支持角)を期待し、また、縦断方向においては上載荷重に対する反力が均衡していることを条件とする。このことから、上載荷重の軽減と基礎工の一体化が可能な石灰系固化処理改良土の利用とジオグリッド工法を併用した基礎工法は、改修管路の構造的安定性の確保

に有効な基礎工法と考える。今後の同種条件の設計 において、本報告による設計事例が参考になれば幸 いである。

最後に、実施設計に際し、ご指導ご協力を賜った 旭川開発建設部富良野地域農業開発事業所、富良野 土地改良区の関係各位に心より御礼を申し上げる。 (㈱農土コンサル 地域環境整備部

上席部長(技術士))

参考文献

- 1) 北海道開発局:平成13年度 空知川右岸(二期) 地区 北6号用水路設計等業務報告書(平成14年 1月)
- 2) 平成16年度 北海道開発技術研究発表会論文:腐食性土壌における管水路施工事例について(旭川開発建設部富良野地域農業開発事業所 山田修久、小林正義、佐々木聖彰)(平成17年2月1日)
- 3) 北海道土地改良設計技術協会 技術協 第104号: 北海道胆振東部地震におけるパイプライン被災の 特徴と復旧対策(フロンティア技研 鈴木和志) (令和2年9月30日)
- 4) 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」技術書:農林水産省(令和3年 6月)
- 5)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2月)
- 6) (社)日本道路協会:道路土工 軟弱地盤対策工指針 平成24年度版(平成24年8月)
- 7)国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所: 泥炭性軟弱地盤対策マニュアル (平成29年3月)

デジタル技術を活用した圃場整備設計

-円滑な合意形成を目指して-

湯村 輔・平野 良治

1. はじめに

本報告では、圃場整備設計において、受益者との "円滑な合意形成の迅速化"並びに"比較検討の容 易性"を求めて、デジタル技術を活用した設計事例 を報告する。

2. 合意形成の課題

地元説明会で使用する図面は、平面図、横断図、 詳細図などである。設計者はこれまで、これらの図面を提示しながら現況と設計計画の区画形状の違いや、施設配置、畦畔位置、計画田面高と現況の高低差、取付道路の勾配等について口頭で説明を行っていた。しかし、設計者と受益者がイメージする完成形が必ずしも一致しないため、時折"説明会時間の遅延や地元説明会の追加"、"見出し杭や丁張作業を伴う現地立会い確認の追加"等が発生していた。

3. 合意形成の迅速化への取り組み

(1) 全方位撮影カメラ (360° 画像) の利用

現地の状況説明に、全方位撮影カメラで撮影した画像(360°画像)を使用した。従来のカメラによるスナップ写真(写真-1)では、全容を把握するために多くのカットが必要となるが、撮影した360°画像は1枚で全方位を把握することができる。撮影した写真(写真-2)をパソコンに取り入れることで、自由に視点を動かすことが可能となる(写真-3、4)。説明会では、撮影地点の全周を確認でき、現地で立会いしているような感覚での説明が可能となり、現地の細かな施設確認や受益者との意思疎通が迅速に行えた(写真-5)。



写真-1 従来のスナップ写真



写真-2 360°(全天球)画像



写真-3 A方向視点変更画像



写真-4 B方向視点変更画像



写真-5 360° 画像を利用した説明状況

(2) 3次元モデルの利活用事例

1) 合意形成や意思決定の迅速化

は場の高低差や施工後の切盛りの関係をイメージし易くするため、現況と設計計画の3次元モデルを作成して可視化した。設計計画の3次元モデルは、UAVに搭載したレーザースキャナー(写真-6)で計測した現況地形の点群情報に、3DCADによる設計計画モデルを合成して作成した。



写真-6 UAV(レーザースキャナー搭載)

a) 設計計画全体図の説明

現況と設計計画の説明は、パソコンの画面上で、紙芝居のように農区全体の変化を"現況" \Rightarrow "現況" \Rightarrow "現況" \Rightarrow "現況" \Rightarrow "現況" \Rightarrow "設計計画" \Rightarrow "設計計画" \Rightarrow "設計計画" \Rightarrow "設計計画" \Rightarrow "設計計画" \Rightarrow "設計計画" \Rightarrow "限況" \Rightarrow "現況" \Rightarrow "現" \Rightarrow "現" \Rightarrow "現" \Rightarrow "現" \Rightarrow "現況" \Rightarrow "現" \Rightarrow "現況" \Rightarrow "現" \Rightarrow "現" \Rightarrow "現" \Rightarrow "現" \Rightarrow "現" \Rightarrow "表記》 \Rightarrow "表記》



図-1 説明用3次元モデル(B地区)

図-2 説明用3次元モデル(H地区)

b) 現況標高差の説明

用排水系統を説明する際は、農区全体の田面差や地形の傾斜方向がポイントとなる。図-3に示す通り、現況標高を色彩変化により可視化させたことで、より具体的で正確な水の流れを伝えることができた。

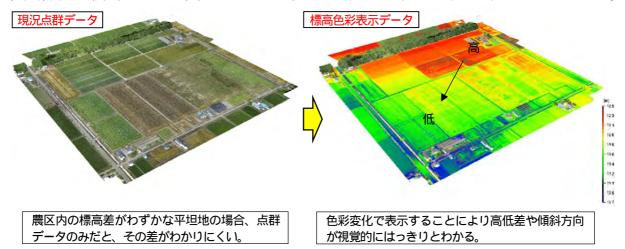


図-3 現況標高の色彩表示(B地区)

c) 支障物件の説明

現況

区画形状の変更により高圧線の移設が必要となったことから、鉄塔造成の計画位置、形状について、 3次元モデルを作成し確認を行った(図-4)。この結果、一部不整形となるほ場形状について、具体的な説明が可能となり、地権者の承諾を得ることができた。



図-4 鉄塔移設検討3次元モデル(H地区)

d) 造成形状の詳細説明

ほ場の高低差が大きい水田を 1 枚にする場合、新たな切盛土法面が形成される。法面勾配は、現在の安全基準で計画するため、現況よりも緩くなることが多く、敷地の境界やほ場の造成形状が大きく変化する。これに対し、3 次元モデルを活用し、"現況" \Rightarrow "現況+設計計画" \Rightarrow "設計計画" の順に説明することで、新たに造成される法面の形状や位置関係などが一目でわかり、形状の決定を迅速に行うことができた(図-5)。



図-5 田差が伴う造成形状の詳細3次元モデル(H地区)

e) 敷地境界の詳細説明

宅地周辺は、造成範囲の境界となるので、個別に詳細な説明が必要となる。これには全方位カメラと 3 次元モデルを併用して任意の視点へ移動しながら説明を行った(図-6)。これにより、造成後の宅 地周辺の景観を視覚的に確認でき、境界位置や支障物が無いこと等の確認を円滑にできた。

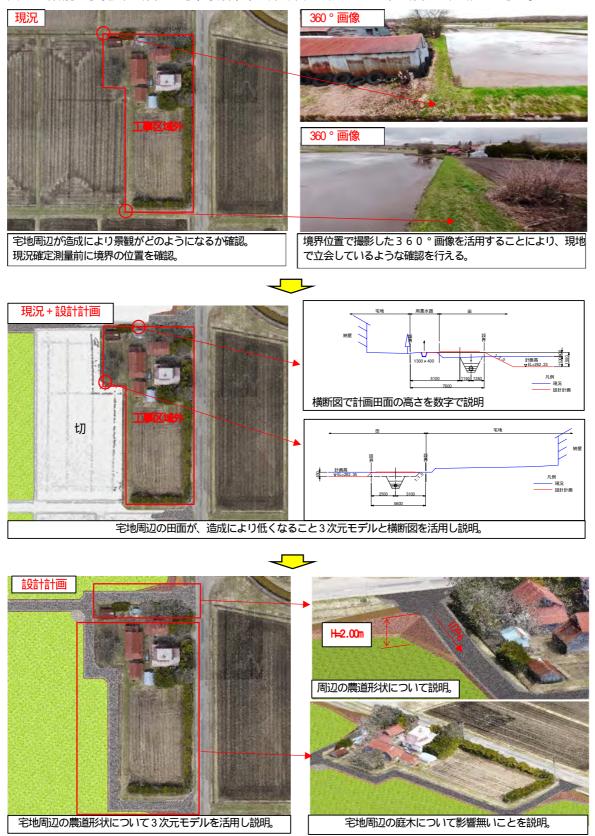


図-6 宅地周辺の敷地境界 詳細3次元モデル(H地区)

2) 比較・概略検討の容易化

区画割りの事前検討において、地形の傾斜方向が一様ではない地域や丘陵地の場合、長辺方向が定まらないことが多く、パターンを数種類検討しなくてはならない。その際、比較対象となるのが運土量や田面高である。従来、この検討は、横断図やメッシュによる柱状法から算出することが一般的であったが、これらの作業には多くの時間を要した。これに対して、3次元モデルを利用して、各地点の座標データから、平均田面高や切土・盛土量を自動的に求めた。この結果、複数の設計案を短期間で比較検討することが可能となった。

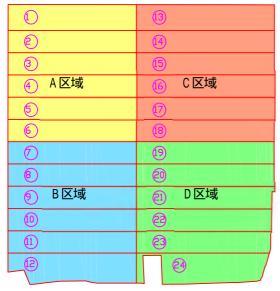


図-7 区画割概略計画図 案1

表-1 概略計画田面高並びに運土量計算結果一覧 案1

ほ場N	٧o	最高標高	最低標高	計画田面高	最大盛土高	運土量
	1	206.61	199.26	203.05	3.79	6,521
A区域	2	203.52	196.44	200.28	3.84	4,990
	3	204.42	194.73	197.75	3.02	4,229
	4	197.82	193.53	195.61	2.08	3,921
	5	195.46	191.28	193.59	2.31	3,872
	6	193.52	189.69	191.33	1.64	5,060
	7	193.49	185.90	189.35	3.45	9,785
	8	192.98	184.23	188.24	4.01	12,869
B区域	9	193.02	183.10	187.80	4.70	15,068
口区场	10	192.76	178.46	186.62	8.16	16,059
	11	191.20	178.41	184.88	6.47	14,643
	12	190.46	176.73	183.41	6.68	23,506
	13	211.31	202.31	207.79	5.48	10,814
	14	209.46	199.40	205.15	5.75	8,809
C区域	15	206.80	196.67	202.26	5.59	8,447
0区域	16	203.31	193.99	199.90	5.91	9,968
	17	201.43	191.29	198.02	6.73	11,237
	18	199.60	189.74	196.63	6.89	11,411
	19	198.55	190.23	196.43	6.20	7,165
	20	198.08	192.43	195.72	3.29	9,792
D区域	21	197.44	190.73	194.36	3.63	9,025
した場	22	196.84	189.43	192.39	2.96	10,285
	23	194.12	185.13	189.85	4.72	11,074
	24	191.58	181.70	186.88	5.18	12,640
			合計運度	里		241,190

実際に検討した設計例を記す。設計対象範囲は 丘陵地であり、長辺方向が農区内で混在していた。 営農者は現況の長辺方向を希望する方が多く、す べての要望を反映することが困難であったため、 図-7、8に示したように各営農区域(耕作者境 界)で最適な方向性を提案する必要があった。

従来の検討手法の場合、測量作業に2日、取得データから必要な図を作成するために1日の計3日を要した。本例では、ドローン測量(約30ha)を4時間、専用ソフトでの解析を2時間の計6時間で運土量や平均田面高を算出(表-1、2参照)し最適案を提示できた。

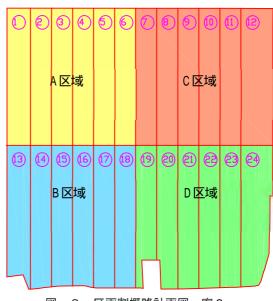


図-8 区画割概略計画図 案2

表-2 概略計画田面高並びに運土量計算結果一覧 案2

ほ場N	lo	最高標高	最低標高	計画田面高	最大盛土高	運土量
	1	203.87	191.26	196.86	5.60	20,438
	2	204.36	191.35	196.98	5.63	18,253
A区域	3	205.26	190.70	197.01	6.31	19,096
八区域	4	205.66	189.71	197.33	7.62	22,795
	5	205.65	189.72	197.27	7.55	23,087
	6	206.61	189.69	197.35	7.66	23,400
	7	193.53	181.42	188.66	7.24	15,684
	8	192.26	178.99	186.48	7.49	14,035
B区域	9	192.08	176.62	182.85	6.23	18,237
口区场	10	190.99	176.73	183.81	7.08	13,489
	11	190.96	182.37	187.64	5.27	9,039
	12	193.20	186.67	190.17	3.50	8,680
	13	208.19	189.74	199.39	9.65	23,490
	14	208.95	194.21	200.14	5.93	23,512
C区域	15	209.97	194.23	201.91	7.68	19,364
し区場	16	210.09	197.89	202.35	4.46	18,695
	17	210.28	196.79	202.89	6.10	20,060
	18	211.52	197.31	203.45	6.14	31,817
	19	196.45	185.59	193.33	7.74	9,251
	20	197.20	185.05	193.96	8.91	15,149
D区域	21	198.44	185.77	193.28	7.51	20,792
	22	198.55	184.88	192.97	8.09	21,924
	23	198.45	181.86	191.57	9.71	22,799
	24	198.07	181.61	190.93	9.32	28,896
			合計運度	量		461,982

4. 取り組みの現時点の効果と課題

(1) 効果

区画整理やほ場整備の設計においてデジタル技術を利活用することで、①完成後の施設と周辺との取り合いが明確となった、②施工後の施設高さのイメージが容易となった、③2次元の図面を3次元モデルに展開することでイメージの差異がある箇所が明確となる効果があった。今回の取り組みは、発注者や地元地権者との合意形成の迅速化のほか、経験の浅い技術者への指導においても効果が発揮された。また、作成した3次元モデルによる検討を行うことにより、各種の作業が簡素化され、限られた時間の中で効率的に設計計画を立案することが可能であった。

(2) 課題

1)モデルの詳細度

CIMモデルの詳細度は表-3とおりである。 詳細度を上げるほど、完成後のイメージの共有に 有効である。その反面、データ量が膨大となり、 作業時間が増加する。このため、詳細度は、目的 に応じて適正なレベルを選択する必要がある。

表-3 CIMモデル詳細度(工種共通の定義)

詳細度	共通定義
100	対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。
200	対象の構造形式が分かる程度のモデル。 標準横断で切土・盛土 を表現、または各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲 でスイーブ させて作成する程度の表現。
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形形状を正確 に表現したモデル。
400	詳細度300に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造および配筋も含めて、正確にモデル化する。
500	対象の現実の形状を正確に表現したモデル

※スイーブ・・・平面に描かれた図形をある基準線に沿って移動させて3次元化する技法のこと。 国土交通省 CIM導入ガイドライン(案) 平成29年3月より抜粋

2) 地形の計測時期

モデリングに必要な空撮写真は、現況地表面を 捉えることが重要なポイントである。そのため、 植物が繁茂する夏季や、湛水中の水田を避ける必 要がある。やむを得ず、植物や水面を撮影したケー スでは、補足の測量調査が必要であったり、取得 したデータを修正する作業工程が多くなるといっ た弊害がある。従って、撮影時期は、データ処理 に要する時間も勘案して決定する必要がある。

(3) 今後の取り組み(ARの活用)

前述の3次元モデルによる説明は、モニターを 用いて説明を行っており、実際の距離感が分かり づらい場合がある。現在は共通認識を持って効果 的に意思を伝達する手段として、AR (拡張現実) を利用する方法にも取り組んでいる。この方法は、 現場においてタブレット等のカメラを起動し、計 画圃場を画面上に写した状態で(写真-7参照)、 計画3次元モデルを重ね合わせて仮想空間を作り 出し、整備後の形状を表現するものである。(写 真-8、9参照)。作成したARを用いることで、 実際の施工状況と比較して、寸法の確認等の出来 形確認を容易にすることができる。



写真-7 AR撮影風景



写真-8 市道と取付道路の合成

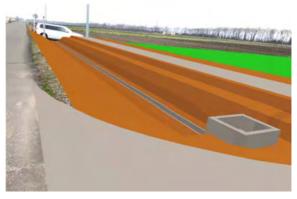


写真-9 道路排水路の改修整備

5. おわりに

3次元データの基礎となるドローン測量は、ドローン自体が高性能化し、誰でも容易に飛行させることができるようになったこと、価格の低下により購入しやすくなったことで、近年急速に普及した。それに伴い3次元データを利用した"地表面モデルの作成"や"土量計算"など解析ソフトも需要が高まり、各分野のソフトが普及し、今後さらなる飛躍が期待できる。これらの技術を駆使することで"調査・測量"から"設計"のプロセスで生産性の向上が期待できる。

今回の取り組みは、3次元データをはじめとする デジタル技術を駆使し"合意形成の迅速化"、"比較 検討の容易化"を目標に行った。結果として、早期 の合意形成、並びに各種検討時間の短縮により、工 程管理や品質確保に非常に有効となった。今後は、 このような取り組みを継続しながら、新たな技術や 手法も取り入れていきたいと考える。

(㈱フロンティア技研 技術部 次長(技術士)) (㈱フロンティア技研 技術部 主任技師 (農業土木技術管理士))

水中ドローンによる機能診断手法の適用性の評価について

宮本 竜矢

1. はじめに

近年ドローンが、測量や災害時の状況把握、施設の変状調査など様々な分野で活用され始めている。 機能診断においても、高所で容易に立ち入れない箇 所の確認などに用いられ始めており、技術の発展途 上ではあるが、多くの新技術の導入が模索されている状況にある。

水中部においては、変状を確認するための目視確認に排水が必要となることから、構造物の内部を診断することが困難なため、調査を実施できていない施設も存在している。

本報では貯水池、FPの壁面に擬似的なひび割れ、 段差の模型を設置し、水中ドローンを用いた撮影画像 によりひび割れ幅の測定や段差の計測を行うことで 機能診断手法としての適用性について検証を行った。

2. 水中ドローンについて

水中ドローン(写真-1)は、近年港湾分野や河川分野で使用され、海中の消波ブロックの点検や生態調査、災害後の現場確認などに用いられており、数種類の機体が市販されている。農業分野においては、口径の大きいサイホンの内部確認、ダムや貯水池のような天端に蓋のない施設の水中部状況確認など一部利用に留まっている。

本調査で使用した機体はUAVと違い、有線にてコントロールするもので、最大深度は100m、最大水平移動距離は200m、搭載カメラの画素数は1,200



写真-1 水中ドローン

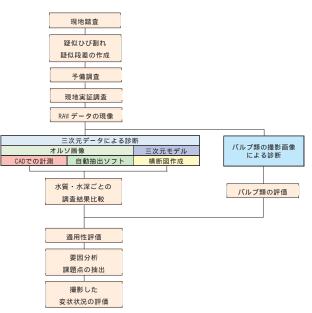
万画素のものを使用した(表-1)。

表-1 水中ドローン・カメラの仕様

	型式	CHASING M2
	寸法	380 × 267 × 165mm
水中ド	重量	4.5kg
	最大深度	100m
ローン	最大速度	1.5m/s
	平均稼働時間	2h ~ 4h
	LED輝度	2×20001m
	センサー	CMOS 1/2.3 (SONY IMX377)
	有効画素数	1200万画素
	レンズ	F1.8
カメラ	視野角	153 °
	最大解像度	12M
	フォーマット	DNG, JPEG
	ISO 感度	100 ~ 6400

3. 調査方法

本調査は、対象施設の排水を行うことなくコンク リートの診断調査を行うことを目的としている。調 査内容のフローを図-1に示した。



図ー1 調査フロー図

調査については、明るさや屋外、屋内など条件を変え実施した。確認するひび割れについては、疑似 ひび割れ及び疑似段差を作成し調査を実施した。 詳細な条件等については、以下のとおり設定した。

(1) 調査箇所

調査箇所は、濁度、自然光の有無など条件の異なる以下の2施設を選定した(表-2、写真-2 ~写真-4)。

表-2 調査箇所一覧

調査施設	屋内•屋外	自然光の有無	濁度	SS	最大深さ
FP	屋内	無	0.4度	1mg/L以下	2.8m
貯水池	屋外	有	0.5度	1mg/L以下	7.3m



写真-2 泉源 F P、雄信内貯水池調査位置図





写真-3 泉源FP





写真-4 雄信内貯水池

(2) 疑似ひび割れ・疑似段差について

本調査では、対象施設の排水を行うことなく、 コンクリートの診断を行うことを目的としている ため、対象施設の変状の有無を目視で確認できな い。よって、擬似的なひび割れと段差を作成し設 置することで変状を表すこととした。

疑似ひび割れは、太さ0.1 mmから2.0 mmまでの線を撥水性の白紙と透明紙に記載し、これらの2枚を1枚の透明なアクリル板の表に貼り付けた。この後の説明では、白紙の部分と透明板の部分をそれぞれ白紙パネル、透明板と呼ぶ(図-2)。

疑似段差は、アクリル板に3 mmから15 mmの段差をつけたものを作成した(図-3)。

また、各模型には撮影精度向上のため座標補正 による写真の整列 (アライメント) が行えるよう、 あらかじめ座標点を設けた。



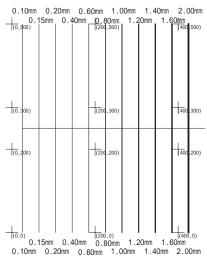


図-2 疑似ひび割れ





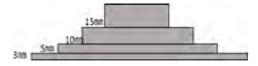


図-3 疑似段差

(3) 撮影時の現地条件の把握

ひび割れの規模やその他の変状の解析の正確さは、水中ドローンと壁面との離れによる撮影画像の品質(図-4)や被写体の状態、調査地点の透明度や照度など不確定な条件に左右される(図-5)。

調査を行う2施設は水深が異なっており、それ ぞれの水深を3分割した位置で照度の計測を行う こととした。(写真-5、写真-6)

水中ドローンの入水後、深さ方向に機体を移動 させ、透明度に大きな変化がないことを確認し、 任意の箇所において採水し、濁度とSSを測定した。

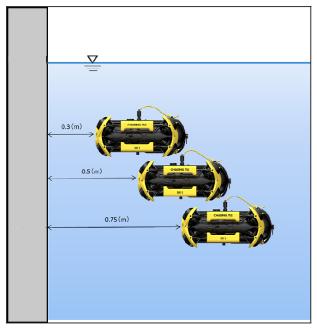


図-4 撮影時における適正距離の選定

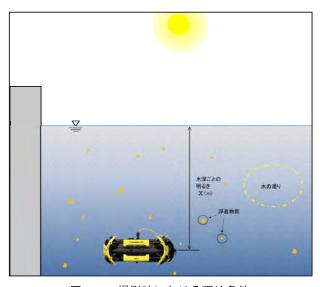


図-5 撮影時における現地条件



写真-5 水槽内照度計測



写真-6 実験室における水槽内の照度:361ルクス

(4) 撮影条件について

写真撮影は、深さ方向の条件(各施設の水深を3分割した位置)を変えて実施した。

ドローンによる撮影は、「UAVを用いた公共 測量マニュアル(平成29年3月)」¹⁾において、 「同一コース内の隣接空中写真との重複度が80% 以上、隣接コースの空中写真との重複度が60%以 上を確保できるよう撮影計画を立案することを標 準とする」とされているため、水中ドローンの撮 影においても本マニュアルを準用し撮影を行った。

4. 予備調査

(1) 撮影時の壁面との離れの指標

水中ドローンの撮影には、機体の姿勢制御時の 振動による画像のブレやカメラと被写体の距離の バラつき、水の透明度低下により撮影画像が不鮮 明となる等の影響が生じる。画像分析可能なデー タを確実に取得するためには、撮影画像への影響 がなるべく小さくなる方法を考慮しておく必要が ある。そのため、予備調査として自社実験室の屋 内水槽(写真-7)において、壁面からの離れを

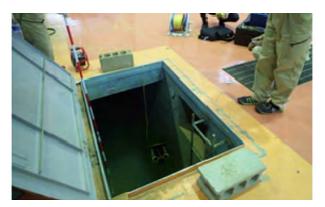


写真-7 自社実験室水槽における予備調査

0.3m、0.5m、0.75m、1.0m、1.5mの5段階に変えて、疑似ひび割れ、疑似段差の撮影を行った。

(2) 動画撮影における時間短縮

水中ドローンによる写真撮影は、1枚毎に静止してから撮影するため、施設の対象面積が膨大であった場合には、莫大な時間がかかる。撮影時間をより短縮させるため、流動的に撮影できる動画を用い、撮影時間の計測及び動画から切り出した画像を確認することとした。動画は、写真よりも解像度が荒くなるので、予備調査として雄信内貯水池(写真-8)において、壁面からの離れを0.3 m、0.5 m、0.75 m、1.0 m、の4段階に変えて、写真と動画の両方で疑似ひび割れを撮影した。



写真-8 雄信内貯水池における予備調査

(3) 予備調査結果のまとめ方

これらの水中ドローンで撮影した疑似ひび割れ、 疑似段差の画像から三次元点群データ及びオルソ 画像を作成し、最も鮮明な画像となった距離を水 中ドローンの写真撮影時の壁面と機体の離れの指 標とすることとした。

5. 調査結果

(1) 予備調査【撮影時の壁面との離れの指標】

屋内水槽の壁面から0.3m、0.5m、0.75m離れの撮影画像は鮮明(写真-9)であり、疑似ひび割れの確認も可能な状況であった。1.0m、1.5m離れの撮影画像は不鮮明で、疑似ひび割れの確認が困難であった(写真-10)。

オルソ画像は、撮影した画像のRAWデータを現像し三次元点群データから作成するものである。0.3m、0.5m離れのオルソ画像は、不鮮明箇所が多くなり疑似ひび割れの確認が困難な画像となった(写真-11)。原因としては、撮影距離が近すぎることにより写真の合成のための特徴点が少なくなった結果、合成画像に穴や不鮮明な箇所が生



写真-9 0.3m離れ撮影画像(白紙パネル)

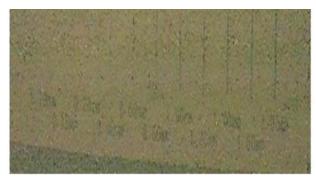


写真-10 1.0m離れ撮影画像(白紙パネル)

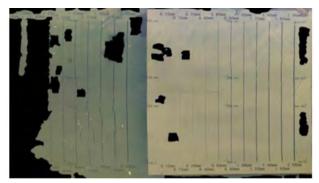


写真-11 0.5m離れのオルソ画像(透明板パネル(左)、白紙パネル(右))

じたと考えられる。 $0.75 \,\mathrm{m}$ 離れのオルソ画像 (写真-12) は疑似ひび割れも確認可能であった (表-3、表-4)。

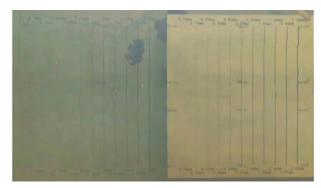


写真-12 0.75m離れのオルソ画像 (透明板 パネル (左)、白紙パネル (右))

表-3 予備調査結果(実験室)

壁面との離れ	画角比較(縦)		画角比較(横)		②1Pix当たり分解能		③ひび割れの写り方比較	④オルソ画像比較
型曲との離れ	参考(cm)	画像(cm)	参考(cm)	画像(cm)	参考(mm)	画像(mm)	0.2mm吨隔	
0.3m	30	26	40	46	0.10	0.10	0	歪み・穴あき
0.5m	50	35	66.67	65	0.17	0.14	0	穴あき
0.75m	75	60	100	120	0.25	0.24	0	0
1.0m	100		133.34		0.33		×	
1.5m	150		200.01		0.50		×	

※参考に表示している画角は、CMOS 1/2.3 (SONY 1MX377)の縦3:横4での値を示す。 ※ひび割れ写り方比較は、0.2mm幅に対して0.24mm幅が誤差20%以内となる。

表-4 予備調査時の照度と水質結果

	1回(lx) 2回(lx)	3回(lx)	平均(lx)
照度	17.6	361	150	176.2

	浮遊物質量【ss】(mg/L)	濁度(度)
水理実験室	<1	1.1

(2) 予備調査【動画撮影における時間短縮】

雄信内貯水池の壁面からの離れ0.75mによる水中UAVの撮影時間は、写真であれば1.0m³当たり307枚、27分程度の撮影(表-5)となり、動画であれば1.0m³当たり8分程度の撮影(表-6)となった。

壁面から0.3m、0.5m、0.75m、1.0m離れの動画から画像を切り出し確認したところ、0.3m離れの画像は、全ての疑似ひび割れを確認できた。0.5m、0.75m離れの画像では、細かい疑似ひび割れは不鮮明であったが、0.4mm以上の疑似ひび割れを確認できた(写真-13、写真-14)。1.0m離れの画像では、0.6mm以上のひび割れを確認できた。

また、各壁面からの離れでオルソ画像を作成したところ、0.3m、0.5m離れのオルソ画像は、画像の結合が荒く、疑似ひび割れの線形が、不整形であった(写真-15)。0.75m、1.0m離れのオルソ画像は、疑似ひび割れの線形の整形がとれたが、線形が不鮮明となる結果となった(写真-16)。

表-5 壁面との離れ75cmでの撮影時間と写真枚数

	0.5 m ² (の撮影	1.0㎡換算		
	枚数	時間(分)	枚数	時間(分)	
雄信内水深①	150	12	300	24	
雄信内水深②	170	15	340	30	
雄信内水深③	140	13	280	26	
平均	153.3	13.3	306.7	26.7	

表-6 壁面との離れ75cmでの動画撮影時間

壁面からの離れ	0.5 m ² (の撮影	1.0㎡換算		
空山からの極れ	動画枚数	時間(分)	動画枚数	時間(分)	
30cm	261	10	522	20	
50cm	164	6	328	12	
75cm	97	4	194	8	

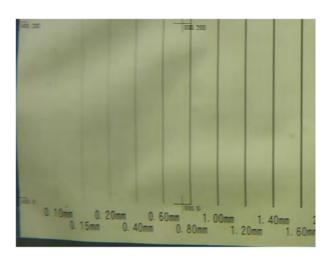


写真-13 0.75m離れ動画切り出し拡大画像(白紙パネル)

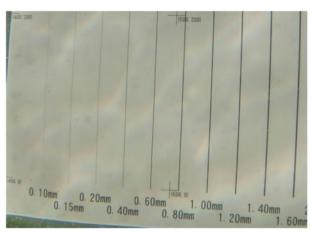


写真-14 0.75m離れ写真拡大画像(白紙パネル)

雄信内貯水池



深度① 1.5m付近 壁面離れ0.3m ライト無 動画切り出し 1Pix当たり0.25mm

写真-15 0.75m離れ動画切り出し画像(白紙パネル)



深度① 1.5m付近 壁面離れ0.75m ライト無 動画切り出し 1Pix当り0.47mm

写真-16 0.75m離れ動画切り出し画像(白紙パネル)

これらの結果より、撮影時間は写真より動画の 方が格段に短縮できるが、撮影時の線形の鮮明さ は、写真の1200万画素に対して、動画は 260万画 素と解像度が 1/4 以下となるため、鮮明な線形を 動画で撮影するには、より壁面に近い距離が求め られる。近い撮影距離では、オルソ画像の作成時 の疑似ひび割れの線形が不整形となるため、動画 による撮影は不適格であると判断した。

(3) 三次元データによる診断

本報告の予備調査では実験室の室内水槽及び貯水池での撮影画像を用いたが、これ以降の現地実証診断についての結果と考察では、すべて貯水池の画像を使用する。

調査時の貯水池の条件は、濁度0.5度、SS 1mg/L 未満、水深1.5m地点での照度12,0001x、気中で の照度35,9001xであった。

1) CAD計測結果

作成したオルソ画像をCADに取り込み、疑似ひび割れの幅と長さの再現性を検証した(図-6)。オルソ画像は、水深1.5mで撮影した画像を使用し、分解能は、水中ドローンと壁面との離れ0.75mで1Pix当たり0.26mmとなった。

雄信内貯水池 調査位置: 壁面離れ0.75m 水深1.5m付近 ひび割れGAD計劃

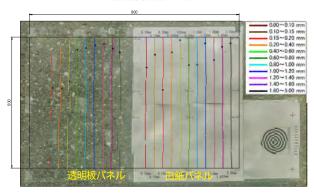


図-6 ひび割れCAD計測スケッチ図

疑似ひび割れのCAD計測では幅、長さがそれぞれ実寸と誤差 $\pm 20\%$ を超える場合は、判定を \times として整理した。透明板、白紙パネルともに、幅0.6mm以上の疑似ひび割れについては、幅、長さともに誤差率が $\pm 20\%$ 以下となった(表-7、表-8)。

表-7 透明板パネルCAD計測結果

		- ~	23 11/2	, ,, , , ,	- нги	141H >14	
①線形幅	②線形延長	3計測幅	4計測延長	幅誤差率	幅 定	延長誤差率	
mm	mm	mm	mm	3/1%		4/2%	延長判定
0.10	500	0	0	-100%	×	-100%	×
0.15	500	0	0	-100%	X	-100%	Х
0.20	500	0.41	188	105%	×	-62%	Х
0.40	500	0.51	384	28%	×	-23%	×
0.60	500	0.69	414	15%	0	-17%	0
0.80	500	0.78	492	-3%	0	-2%	0
1.00	500	0.95	498	-5%	0	0%	0
1.20	500	1.29	499	8%	0	0%	0
1.40	500	1.49	503	6%	0	1%	0
1.60	500	1.71	498	7%	0	0%	0
2.00	500	2.01	408	0%	0	-18%	0

表-8 白紙パネルCAD計測結果

①線形幅	②線形延	3計測幅	④計測延	幅誤差率		延長誤差率	延長判定
mm	長mm	mm	長mm	3/1%		4/2%	
0.10	500	0.26	468	160%	×	-6%	0
0.15	500	0.26	493	73%	×	-1%	0
0.20	500	0.26	491	30%	X	-2%	0
0.40	500	0.51	476	28%	X	-5%	0
0.60	500	0.56	504	-7%	0	1%	0
0.80	500	0.66	496	-18%	0	-1%	0
1.00	500	0.97	498	-3%	0	0%	0
1.20	500	1.17	489	-3%	0	-2%	0
1.40	500	1.29	487	-8%	0	-3%	0
1.60	500	1.54	484	-4%	0	-3%	0
2.00	500	2.04	491	2%	0	-2%	0

2) 自動抽出ソフトによる計測結果

作成したオルソ画像を基に、ひび割れ自動抽出

ソフトによりひび割れを計測した(図-7)。

抽出結果は、透明板、白紙パネルともにひび割れの幅、長さを誤差率±20%以内で検知することはできなかった(表-9、表-10)。要因として、疑似ひび割れの線とパネルの境界部、疑似ひび割れの線形自体が水の濁り等により、明確な色識別ができなかったためと考えられる。

雄信内貯水池 調査位置 製面離れ0.75m 水深1.5m付近 ひび割れ抽出ソフト計測

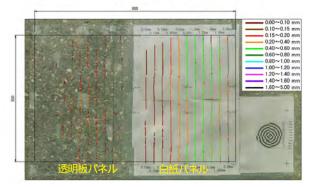


図-7 ひび割れ自動抽出ソフト計測スケッチ図表-9 透明板パネルひび割れ自動抽出結果

①線形幅	②線形延 長mm	③計測幅 mm	④計測延 長mm	幅誤差率 ③/①%	幅判定	延長誤差率 4/2%	延長判定
	20		20	3/ U/I		(4)/ E/N	
0.10	500	0	0	-100%	×	-100%	Х
0.15	500	0	0	-100%	×	-100%	×
0.20	500	0.06	14	-70%	×	-97%	X
0.40	500	0.14	71	-65%	×	-86%	Х
0.60	500	0.15	169	-75%	×	-66%	×
0.80	500	0.17	353	-79%	×	-29%	×
1.00	500	0.18	343	-82%	×	-31%	×
1.20	500	0.17	248	-86%	×	-50%	×
1.54	500	0.13	208	-92%	×	-58%	×
1.60	500	0.11	57	-93%	×	-89%	×
2.00	500	0.12	63	-94%	×	-87%	×

表-10 白紙パネルひび割れ自動抽出結果

①線形幅	2線形延	3計測幅	④計測延	幅誤差率	幅判定	延長誤差率	延長判定
mm	長mm	mm	長mm	3/1%		4/2%	
0.10	500	0.05	365	-50%	Х	-27%	X
0.15	500	0.09	432	-40%	×	-14%	0
0.20	500	0.1	451	-50%	×	-10%	0
0.40	500	0.17	500	-58%	×	0%	0
0.60	500	0.32	515	-47%	×	3%	0
0.80	500	0.42	493	-48%	X	-1%	0
1.00	500	0.49	507	-51%	X	1%	0
1.20	500	0.49	496	-59%	×	-1%	0
1.54	500	0.43	427	-72%	×	-15%	0
1.60	500	0.4	353	-75%	Х	-29%	0
2.00	500	0.23	161	-89%	×	-68%	0

3) 三次元モデルによる段差の計測結果

水深1.5m地点での点群データから三次元モデルを作成し疑似段差の再現を行った(図-8)。 横断図は取得した点群データからメッシュを組み作成した(図-9)。横断図の計測の結果から、10mm、15mmの疑似段差は、比較的精度よく再現されていた(表-11、表-12)。 3 mm、5 mmの段差は再現性が低い結果であった。 再現性が低くなる原因は、点群モデルの作成方法が、写真から対象物の距離を S f M (Structure from Motion) ソフトウェアが自動的に計算して点群位置を算出することである。また、自動計算による点群位置の算出は、実物の形状と同等な位置での点群の再現が難しく、段差の差が低くなるほど再現性が低くなる。

また、点群データを作成する際に、撮影写真内 の水中の不純物や濁り、自然光の有無等がノイズ として点群データに表れたことも要因と考えられ る。

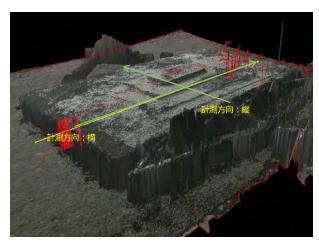


図-8 疑似段差の三次元モデル鳥瞰図

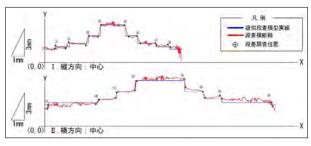


図-9 疑似段差の縦横断計測

表-11 縱方向疑似段差計測結果

縱方向	(1)	(2)	3)	4)	(5)	6	7
疑似段差(mm)	3.0	5.0	10.0	15.0	10.0	5.0	3.0
再現モデルでの 段差(mm)	4.2	8.7	13.1	16.5	15.3	9.9	2.7
誤差率	40%	74%	31%	10%	53%	98%	-10%

表-12 横方向疑似段差計測結果

横方向	9	10	(1)	(12)	(13)	(14)	(15)
疑似段差(mm)	3.0	5.0	10.0	15.0	10.0	5.0	3.0
再現モデルでの 段差(mm)	5.5	5.9	7.4	12.5	11.2	8.1	4.4
誤差率	83%	18%	-26%	-17%	12%	62%	47%

(4) バルブ類の撮影と適用性の評価

水中にある設備の概略診断調査の活用を検討するために、対象施設の排水作業を行うことなくバルブやゲートなど設備の写真撮影を行った。雄信内貯水池の取水工のスクリーンと、泉源ファームポンドの分水工に附帯するバルブを水中UAVで撮影した。(図-10、図-11、表-13)

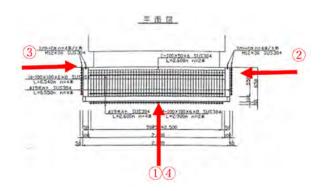


図-10 雄信内貯水池の取水エスクリーン

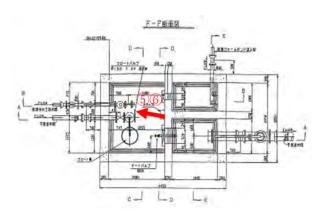
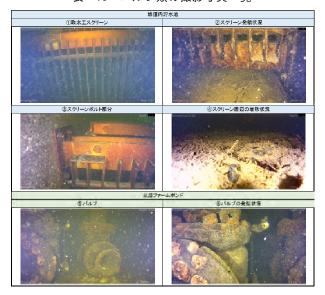


図-11 泉源 F P のバルブ

表-13 バルブ類の撮影写真一覧



泉源FPのような弁室が狭い調査箇所では、プロペラから出る推進力が水中UAVを不安定にさせること、また、推進力が堆砂や堆泥を巻き上げカメラに映りこみ診断の妨げとなるため、調査に不向きであると判断した。

このような狭い調査箇所であれば、弁室内を照 らしながら水中カメラ等でタイムラプスによる撮 影を行うか、動画撮影を行う方法が適している。

6. まとめ

(1) ひび割れ抽出技術としての適用性

1) CAD 計測の適用性

CAD 計測結果から、ひび割れの認識精度は 比較的高く0.6mmのひび割れ幅から検出が可能な 結果であった。そのため、現地踏査での活用であ れば十分利用可能である。

2) ひび割れ自動抽出ソフトによる計測の適用性

抽出結果から、ひび割れの認識精度については 誤差率±20%以内での検出ができなかった。その ため、現地踏査、近接目視のどちらにも適用は困 難であると考えられる。

ただし、ひび割れ線の自動抽出機能は、CAD 計測での線形拾い漏れ防止に役立つと考えられ、 CAD計測のサポートとして活用できる。

(2) 段差検出への適用性

三次元モデルでの段差認識精度は、小さい段差では誤差が大きい結果となっているものの、10mm、15mmの比較的大きい段差であれば認識はできているので、段差の検出についても現地踏査としての活用は、適用可能である。

(3) 適用性のまとめ

今回の調査では濁度0.5度、SS 1mg/L未満、水深1.2m地点の照度12,0001xと比較的条件の良い施設で実施しているものの、上記(1)、(2)より三次元データからの再現性が低いため、近接目視ではなくCAD計測を使用した現地踏査での活用は可能である。

ひび割れ自動抽出ソフトではひび割れ幅・長さの検出が困難なため、現時点での適用性はないと考えられる。これは、今回使用したひび割れ自動抽出ソフトが気中で撮影した画像の使用を想定しており、水中画像であることが計測精度を低下させたと考えられる。ただし、前述のとおり、CAD計測のサポートとして活用できる。

7. 今後について

ひび割れや段差の認識という定性的な評価は可能であったことから、今後については、水の濁りを透過して撮影が可能な、赤外線カメラ搭載型の水中ドローンや、高解像度のカメラ等の各性能が向上した時点で定量的な評価が可能か調査を行い、水中部でのコンクリートのひび割れ、剥離など機能診断調査を実施できるようになることが望まれる。

謝辞:本調査の実施及び本報告に関してご協力いた だいた各関係機関の方々に深く感謝を申し上げます。 (㈱フロンティア技研 技術部 技師(測量士))

参考文献

1)国土交通省国土地理院: UAVを用いた公共測量 マニュアル(案)、平成29年3月

東郷ダムの試験湛水時の堤体挙動について

竹内 国雄

1. はじめに

一般的な土木構造物では、完成後において主な設計外力を作用させて安全性を確認することは稀であるが、ダムは社会的に極めて重要な構造物であることから、その安全性の確保には万全を期する必要がある。このため、ダム事業の最終的な段階で試験湛水を行い、堤体、基礎地盤、地山周辺および付帯施設の安全性と機能に問題がないことを検証したうえで、供用管理に移行する必要がある。

本稿では、国営かんがい排水事業ふらの地区で造成された「東郷ダム」について、試験湛水時の堤体 挙動およびその評価について、事例を紹介するものである。

2. 地区の概要

本地区は、北海道中央部の富良野市および空知郡中富良野町にまたがる丘陵地の畑2,713haの農業地帯である(図-1)。本地区は、野菜生産供給基地の確立を目指し、貯水池、頭首工、揚水機場および用水路が整備されていたが、ダムからの安定した取水が行えないため営農に必要なかんがい用水が確保されていなかった。また、地区内の農地の一部では、末端の排水路等が未整備で、作物に湿害が生じていた。一方、中富良野町の畑の用水はかんがい設備が未整備で降雨に依存していることから、不安定な農業生産となっていた。

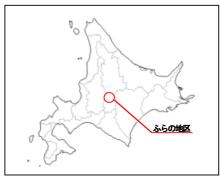


図-1 ふらの地区の位置

このため、本事業では一級河川西達布川、一級河 川奥の沢川および一級河川ポン布部川を水源として、 なお不足する水量を東郷ダムに依存するためダムを 改修し安定した取水を行うとともに、中富良野町の 畑にかんがい用水を供給するために揚水機および用 水路を新設し、併せて、関連事業により末端用排水 施設を整備し土地生産性の向上および農作業の効率 化を図り、農業形成の安定に資するものであった。

3. 東郷ダムの概要

(1) ダム改修経緯

東郷ダムは、西達布川支川の奥の沢川に造成された堤高47.45mの中心遮水ゾーン型フィルダムである(写真-1)。ダム本体工事は、昭和52年度から着手し、平成4年度に全体工事が終了した。その後、平成5~6年の試験湛水(以下、初期試験湛水という)の際に、予測を超える浸透量が確認されたため、原因究明とその対策について検討が行われていた。一方、平成21年12月22日に公表された「農林水産省所管の農業用ダムの総点検結果」に基づき、ダムの改修やそれ以外の水源確保の方法について、関係機関との調整を図りながら課題解決に向けた取り組みが進められた。その結果、地区内の水利計画の見直しに伴いダムの低位部を利用する計画とし、本地区でダムの改修整備が行われることになった(表-1)。

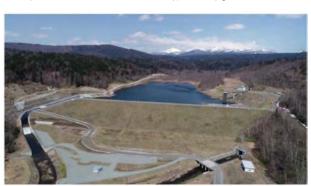


写真-1 東郷ダム全景写真

表-1 東郷ダム諸元表(改修後)

	流均	或面積	35.8.km ² (直接18.3km ² 、間接17.5km ²)		型式	側水路型洪水吐
	かん	んがい面積	2,713ha		基準雨量	197mm/day
	利力	用回数		洪水	設計洪水流量	306m ³ /sec
般	総	拧水量	510,000m ³	吐	越流水深	1.79m
, n	有多	协貯水量	180,000m ³		越流堤長	60.0m
	満	水面積	0.12km ²		総延長	288.54m
	満	水位標高	379.34m		減勢工型式	Ⅱ型静水池
	ダ」	ム堤頂標高	398.95m	仮	型式	トンネル式
	堤	高	47.45m	排水	設計洪水流量	120m ³ /sec
	堤]	頁長	375.40m	路	延長	248.00m
	型:	式	中心遮水ゾーン型フィルダム	取	型式	底部取水方式
堤	堤	遮水材	141,700m ³	水施	取水量	0.875m ³ /sec
体	体	フィルター材	69,700m ³	設		
	積	透水性材	843,000m ³			
	総針	築堤量	1,054,000m ³			
	基础		溶結凝灰岩			

(2) 地形、地質概要

ダム地点は、十勝岳連峰裾野に広がる富良野盆 地の東南部、空知川支流、西達布川支流、奥の沢 川の標高400~700m程度の比較的平坦な丘陵地帯 に位置する。

ダムサイト付近平坦部の上面標高は460m程度である。奥の沢川はこの平坦地形部を下刻浸食し、平坦部と河床部の比高は約100m、両岸山腹は左右岸ともほぼ対称的な地形をなし、傾斜は25度内外の緩傾斜を呈している。河床部は幅250mのやや広い沖積面が発達している。また、ダムサイトおよび貯水池の広域地質基盤は、十勝溶結凝灰岩で構成され、これを覆って河床部では砂礫層、両岸斜面部では崖錐などの第四紀堆積物が分布している。

(3) 堤体の概要

堤体は、コア材、ロック材およびフィルター材によりゾーニングされている(図-2)。コア材は、ダムサイト下流約4kmの段丘面に堆積した崖錐堆積物の粘土質砂質ロームを使用している。また、ロック材は、ダムサイト上流約0.5km左岸の原石山から溶結凝灰岩を使用している。一方、フィルター材はダムサイト周辺で良好な材料が入手できないことから購入砕石を使用している。コア材とロック材は、土取場および原石山より試料を採取して、土質試験を行い設計数値が設定されている。なお、フィルター材はロック材と同等の設計数値としている(表-2)。

表-2 堤体材料の設計数値一覧表

項目	単位	コア材	フィルター材	ロック材
比重		2.62	2.34	2.34
含水比	%	24.0	3.5	3.5
乾燥密度	t∕m³	1.52	1.83	1.83
湿潤密度	t∕m³	1.88	1.89	1.89
飽和密度	t∕m³	1.94	2.05	2.05
粘着力	kgf/cm²	0.46	0	0
内部摩擦角	deg	18	37	37
透水係数	cm/sec	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-2}

4. 試験湛水の概要

(1) 試験湛水計画および実績

堤体改修後の試験湛水は、改修工事の完了時期 および本地区の洪水期 (7/1~9/30) を考慮し て、平成29年10月2日より開始する計画とした。 試験湛水は、堤体および洪水吐の安全性確認のた

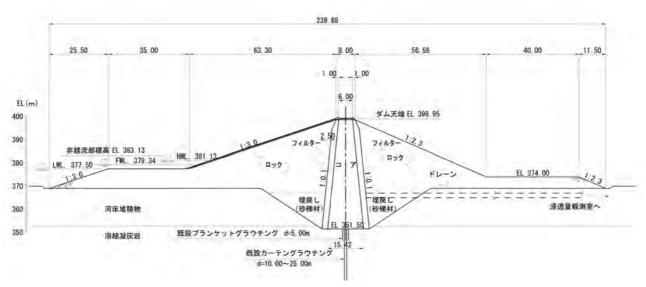


図-2 東郷ダム堤体標準断面図

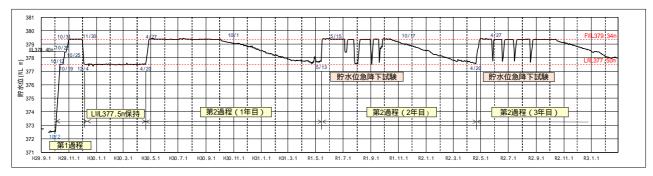


図-3 試験湛水の貯水位実績図

めの「第1過程(平成29年度)」および管理計画 立案のための「第2過程(平成30年度~令和2年 度)」と区分して実施することとした。特に「第 2過程」では、貯水位を急激に低下させる「貯水 位急降下試験」を実施して堤体挙動を確認した。 このような計画で実施した試験湛水の貯水位実績 を図-3に示す。

(2) 観測計器による挙動監視

本ダムには、浸透量観測施設 (3系統)、間隙 水圧計 (11箇所)、堤体下流水位計 (27箇所)、地 山地下水位計 (16箇所) および堤体表面変位計 (5測線 17測点)の観測計器が設置されている。 試験湛水では、これらの観測計器のうちダムの安

表-3 試験湛水時の監視項目および観測計器

監視 区分	監視項目	監視区分	計器数量		計器番号
	浸透量	重点監視	1 系統	中央部	C系統
	皮迈里	一般監視	2系統	左右岸	L系統 R系統
	コア及びグラウト	重点監視	2 箇所	コア内	CH-6 CH-G
	内の間隙水圧	一般監視	4箇所	洪水吐	P-20 P-21 P-22 P-23
	(浸潤線)	一般監視	5 箇所	コア内	T-12 CH-3 CH-E CH-1 P-24
		重点監視	9孔	堤体下流	T-18 WL-15 WL-21 WL-22 WL-23 WL-25 WL-27 WL-30 WL-32
水理的拳	堤体下流水位	一般監視	18孔	堤体下流	WL-31 WL- 4 WL-17 WL- 8 WL-28 WL-29 WL- 9 T-33 WL- 6 WL-24 WL-26 WL- 7 T-30 H I WL- 2 WL-14 WL-10 WL-20
動	地山地下水位	一般監視	10孔	左岸地山	L-2 L-4 L-15 L-20 L-22 L-23 L-24 L-25 L-29 L-30
		一般監視	6 孔	右岸地山	R-2 R-3 R-4 R-6 R-7 R-8
			浸透7	水水温	L系統 C系統 R系統
			貯水流	也水温	
			地下7	水水温	地下水位観測孔で計測
	水質調査	一般監視		濁度	L系統 C系統 R系統
				K PH	L系統 C系統 R系統
			浸透水電	気伝導度	L系統 C系統 R系統
			採水による	る水質分析	貯水池水、浸透水、 地下水等
力学的	堤体変形	重点監視		l線 l点	B 測線: SP198,257,340 C 測線: SP120,198,257, 340,385
学動	处件又加	一般監視		J線 J点	A 測線: SP198,257,340 D 測線: SP198,257,340 E 測線: SP198,257,340

全性を評価する際に重要な計器(重点監視)を選定した上で、その他の計器(一般監視)の計測データも考慮して堤体挙動の分析を行った。また、重点監視の計器は管理基準値を設定して監視を行った。試験湛水時の監視項目および観測計器をまとめて表-3に示す。

5. 試験湛水時の堤体挙動

(1) 浸透量の挙動

1) 浸透量観測施設の概要

当初、浸透量観測施設は、1系統(河床部のC系統)であったが、初期試験湛水以降に堤体左右岸部からの予測を超える浸透量を計測するために2系統(左岸部のL系統および右岸部のR系統)が追加設置された(図-4、5)。そのため、ダムが正常な状態あれば、浸透水のほとんどはC系統で集水されることになる。このような施設の状況から、今回の試験湛水ではC系統を重点監視として、管理基準値を設定して挙動監視を行った。C系統の管理基準値は、既往の計測データを用いて貯水影響量、降雨・融雪影響量および誤差成分をタンクモデルにより設定し(図-6)、さらに第1過程および第2過程の試験湛水の計測データを用いて、管理基準値の検証および修正を行った。

2) 浸透量の挙動

a) 試験湛水中の浸透量(C系統)の挙動

 $(\boxtimes -7, 8)$

①第1過程では、貯水位の変動に対して浸透量は追従する挙動を示した。湛水前の浸透量は35(%%/min)、満水位の浸透量は105(%%/min)程度であり、貯水によって70(%%/min)程度の浸透量が増加した。また、低水位での貯水位保

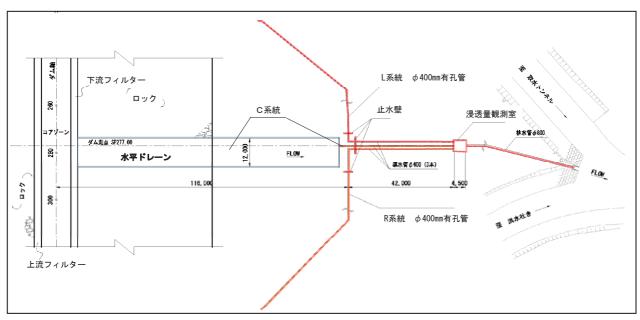


図-4 浸透量観測施設平面図

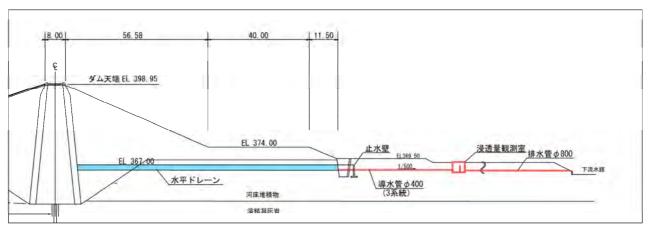


図-5 浸透量観測施設断面図

浸透量(C系統)管理基準値 = 貯水影響量 + 降雨・融雪影響量 + 誤差成分

		_
構成要素	設定方法	集水面積63, 200m ²
貯水位影響	既往の試験湛 水試験の実測 値結果より	流出孔係数 0.013
降雨・ 融雪影響	降雪量ならい 量からで で を を で が の が の た が の た の り の り の り の り の り の り の た の た の を を も に り り し り し り し り し り と り と り と り と り と り	2mm 浸透孔係数 0.100 流出孔係数 0.007
誤差成分	流出モデルの 誤差の 2 と した :標準偏差	流出孔係数 0.000005.

図-6 降雨・融雪影響のタンクモデル

- 持期間では、浸透量は低下する傾向を示した。

 ②第2過程(1年目)では、貯水位上昇時から

 満水位にかけて浸透量が減少する傾向が確認

 された。これは、現地の融雪の完了時期に貯水位上昇を行ったため、融雪の浸透量に対する影響が減少したためであった。また、満水位での貯水位保持期間では、浸透量は降雨の

 影響を受けて変動しており、貯水位下降時には浸透量が減少する傾向を示した。
- ③第2過程(2年目)では、貯水位の急上昇、 急低下に対して浸透量は増加、減少しており、 貯水位にほぼ追従する傾向を示した。満水位 での貯水位保持期間では、浸透量はほぼ一定 であり、貯水位下降時には浸透量が減少する 傾向を示した。

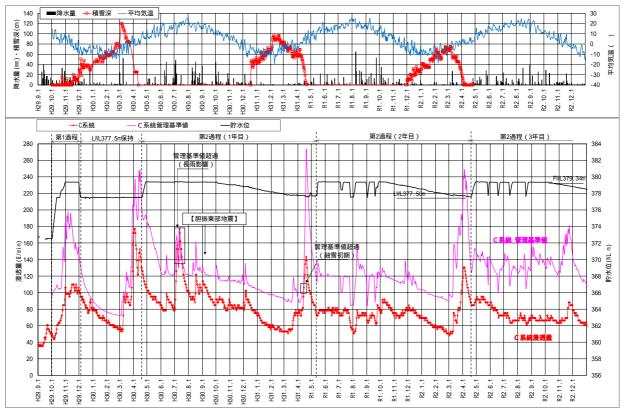


図-7 浸透量(C系統)の経時変化図

- ④第2過程(3年目)では、貯水位の急上昇、 急低下に対して浸透量はわずかに増加、減少 した。満水位の浸透量は今回の試験湛水時期 間で最も少なくなった。
- ⑤試験湛水中の浸透量は、降雨・融雪の影響を 大きく受けて変動した。
- ⑥C系統の浸透量は管理基準値を設定して監視を行い、第1過程では管理基準値の超過は生じなかった。しかし、第2過程(1年目)の満水位および低水位において管理基準値を超過したため、ダムの点検、他の計器の挙動の確認を行った。その結果、ダムの安全性は確保されていることが明らかとなり、管理基準値に対する降雨・融雪の影響の換算が、現地と整合していないことが判明した。そのため、試験湛水中の計測データを用いて管理基準値の修正を行い、第2過程(2年目)以降の監視に反映した。

b) 浸透量 (C系統) の挙動に対する評価

①C系統の浸透量は、貯水位の上昇下降に対して増加減少する傾向を示し、ほぼ貯水位の変動に追従していた。降雨・融雪の影響を除け

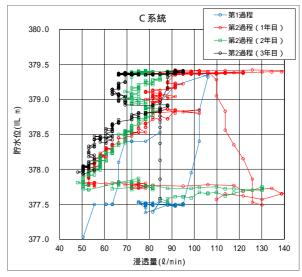


図-8 浸透量(C系統)と貯水位の相関図

ば、浸透量の急激な変化はなく安定した挙動を示した。各試験湛水における満水位の浸透量は一定(もしくは減少する傾向)であった。 堤体の目視点検の結果からも湧水等の変状は確認されなかったことから、浸透量の挙動は安定しており、水理的安定性は確保されていると評価した。

②浸透量は、降雨・融雪の影響を大きく受けて 変動しており、今後のダム管理においても降 雨・融雪の影響を考慮して監視を行うことと した。なお、修正した管理基準値は、第2過 程3年目の試験湛水において検証を行い、現 地の状況を適切に反映していると評価した。

③試験湛水中の平成30年9月6日に発生した胆振東部地震(ダム地点で震度3、基礎12.5gal、堤体天端82.7gal)において、浸透量の変化、濁り、沈殿物等の異常はなく、地震時の浸透量の挙動は安定していたと評価した。

(2) 間隙水圧の挙動

1) 間隙水圧計の設置概要

本ダムの間隙水圧計は、堤体の盛立施工に合わ せて設置されたが、ほとんどの計器が耐用年数の 超過等により、計測ができない状況であった。し かし、盛立完了後に間隙水圧計を追加設置したこ とから、今回の試験湛水では堤体のコアで7箇所、 洪水吐基礎で4箇所のデータを計測することがで きた(図-9)。堤体のコアに設置されている間 隙水圧計は、満水位付近に設置されている計器も あり、試験湛水では、貯水位の変動が作用する4 箇所の計器 (CH-1、CH-6、CH-G、P-24) について、その挙動よりコアの遮水性の監視を行っ た。また、洪水吐基礎の間隙水圧計は、改修工事 における追加グラウチング施工後に上下流側に設 置されたもので、その挙動より基礎地盤の止水性 の監視を行った。なお、コア内のP-24は、この 改修工事で洪水吐に隣接する堤体を埋戻す際に埋 設されたものである。

2) コアに設置した間隙水圧計の挙動および評価

①コアに設置されている間隙水圧計は、第1過程のP-24を除き、貯水位の上昇下降に対し

て増加減少する傾向を示し、ほぼ貯水位の変動に追従していた。P-24の挙動が第1過程の初めまで減少傾向であったのは、堤体の埋戻しに伴い発生した間隙水圧の消散が続いていたためと評価した(図-10)。

- ②間隙水圧は、各計器とも貯水位の上昇下降に対してループを描きながら変動した。また、貯水位一定保持期間中に間隙水圧が増加したほかは、貯水位と間隙水圧はほぼ同じ相関性を示した(図-11)。
- ③試験湛水中のコアの間隙水圧は、貯水位の変動に対して安定した挙動を示し、計測値の急激な変化もないことからコアの遮水性は確保されているものと評価した。

3) 洪水吐基礎に設置した間隙水圧の挙動および評価

- ①洪水吐基盤に設置した間隙水圧計は、貯水位の上昇下降に対して増加減少する傾向を示し、ほぼ貯水位の変動に追従していた。ダム軸よりも上流側のP-20、P-22は貯水位よりもやや低い水頭標高(EL375~379m程度)で変動し、ダム軸よりも下流のP-21、P-23はEL369~371m程度の範囲で変動した(図-12)。
- ②貯水圧に対する間隙水圧の割合を発生率として求めたところ、カーテングラウチング上流側が92%程度、下流側が40%程度であった(図-13)。
- ③試験湛水中の洪水吐基礎の間隙水圧は、貯水 位の変動に対して安定した挙動を示し、計測 値の急激な変化もないこと、カーテングラウ チングの上下流で水頭差が確認されることか ら基礎地盤の止水性は確保されているものと 評価した。

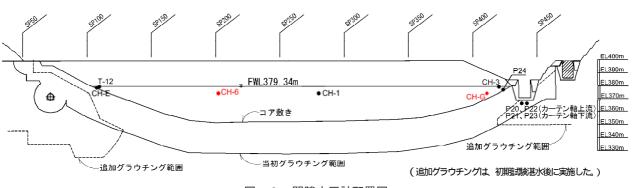


図-9 間隙水圧計配置図

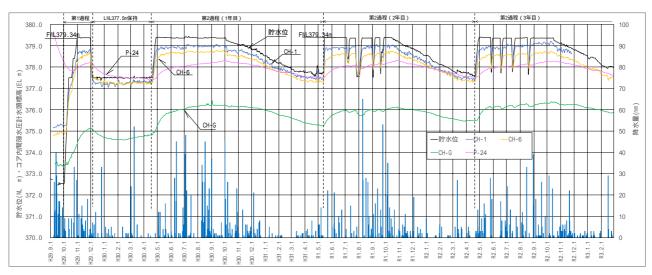


図-10 コアの間隙水圧経時変化図

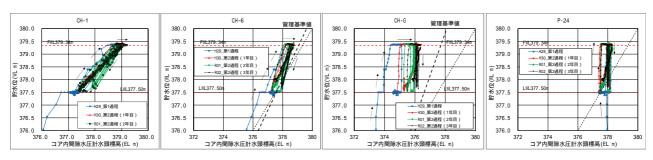


図-11 コアの間隙水圧と貯水位の相関図

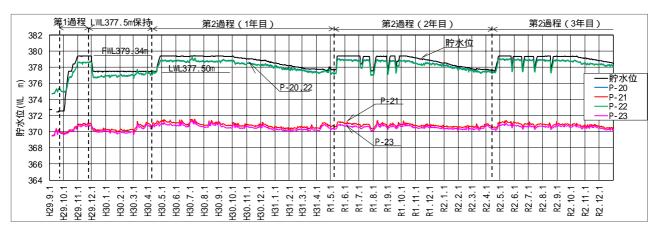


図-12 洪水吐基礎の間隙水圧経時変化図

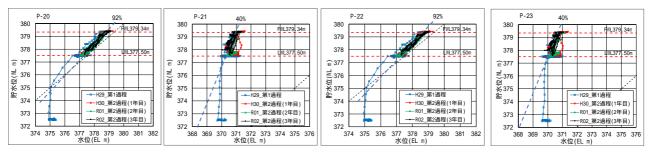


図-13 洪水吐基礎の間隙水圧と貯水位の相関図

(3) 堤体下流水位の挙動

1) 水位計の設置概要

本ダムは、堤体下流および左右岸地山に多くの水位計を設置している。これらの水位計は、自動計測の機器で初期試験湛水後に設置されたものが多く、作動状況も良好である。今回の試験湛水では、堤体下流に設置されている水位計のうち、9箇所を重点監視の計器として挙動の監視を行った(ここでは、河床部コア直下流の計器の挙動を示す)。

2) 堤体下流水位の挙動および評価

堤体下流の水位は、各計器とも、降雨・融雪の 影響を受けながら、貯水位の変動に追従する同様 の挙動を示した(図-14)。貯水位との相関図か らは、各計器とも第2過程(1年目)が高い水位 を示すが、全体的には貯水位の変動に対して水位 はほぼ一定の範囲で推移した(図-15)。

試験湛水中の堤体下流水位は、各過程とも、ほぼ同じ傾向を示し、急激な変化もないことから、 堤体下流の水位状況は安定した状態と評価した。

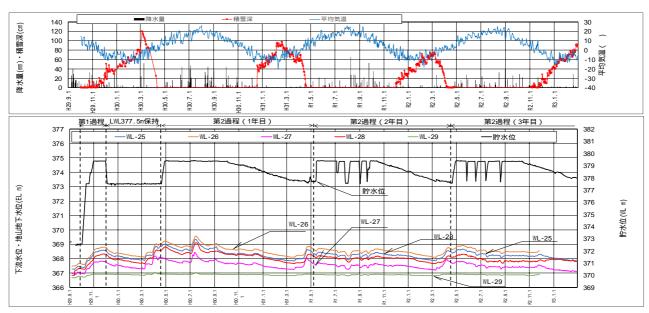


図-14 堤体下流水位経時変化図

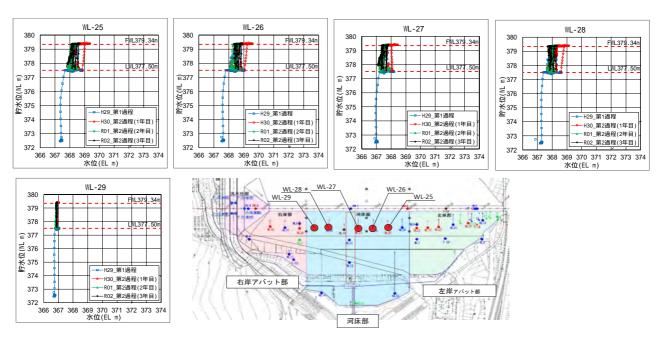


図-15 堤体下流水位と貯水位の相関図

(4) 堤体表面変位の挙動

1) 堤体表面変位計の設置概要

本ダムは、堤体の変形を計測するための堤体表面変位計を、5 測線($A\sim E$ 測線)に17箇所設置している。今回の試験湛水では堤体天端付近のB 測線(3 箇所)およびC 測線(5 箇所)を重点監視とした(図-16)。

2) 堤体表面変位計の挙動および評価

試験湛水中における堤体表面変位計の計測結果からは、貯水位の変動に伴う変位は認められず、 $-8\sim5\,\mathrm{mm}$ (一沈下)の範囲で全体的にバラついた挙動を示した(図-17)。

B、C測線には管理基準値を設定して監視を行ったが、管理基準値を超過する変位は生じなかった(表-4)。

平成30年9月6日に発生した胆振東部地震(ダム基礎で12.5gal)発生後に臨時点検を行ったが、 堤体の変形や損傷等の異常はなかった。試験湛水中の堤体表面変位については、一定方向への変形、 急激な変化もなく、安定した状況であったと評価 した。

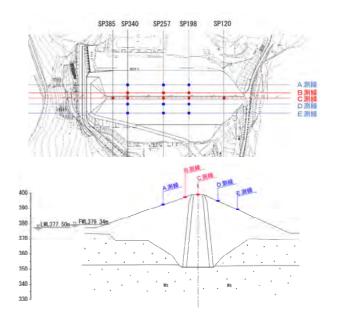
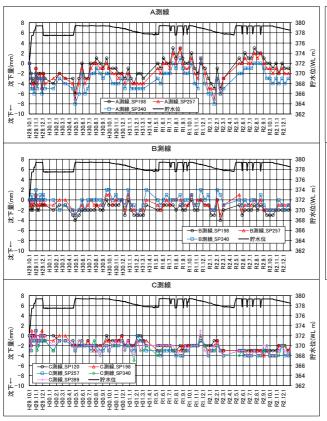


図-16 堤体表面変位計の設置位置図

表-4 堤体表面変位の管理基準

測点	管理基準値 (mm)	最大沈下量 (mm)	測点	管理基準値 (mm)	最大沈下量 (mm)	測点	管理基準値 (mm)	最大沈下量 (mm)
A-198V		-6	C-120V	-4	-3	D-198V		-4
A-257V		-7	C-198V	-4	-4	D-257V		-4
A-340V		-8	C-257V	-5	-4	D-340V		-4
B-198V	-4	-4	C-340V	-7	-5	E-198V		-6
B-257V	-5	-3	C-399V	-6	-4	E-257V		-5
B-340V	-5	-3				E-340V		-5



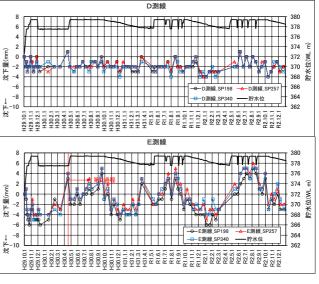


図-17 堤体表面変位経時変化図

(5) 試験湛水時の堤体挙動に対する評価

今回の試験湛水における観測計器の挙動は、以下のとおりであり、堤体および基礎地盤の水理的および力学的安定性は確保されていたと評価した。 ①浸透量(C系統)は、降雨・融雪の影響を受け

- ①浸透量(C系統)は、降雨・融雪の影響を受けるものの貯水位の変動に対して浸透量が追従する挙動を示し、概ね管理基準値内であった。また、観測室内での目視観察においても濁り、沈殿物は確認されなかった。
- ②間隙水圧は、貯水位の変動に対して追従する挙動を示し、急激な変化もなく安定した挙動であった。コアおよび基礎地盤の遮水機能が損なわれるような挙動も確認されなかった。
- ③堤体下流水位は、降雨・融雪の影響を受けるものの貯水位の変動に対して水位が追従する挙動を示した。計器の挙動からは、試験湛水の各過程でほぼ同じ傾向を示しており、堤体下流の水位状況は安定していた。
- ④堤体表面変位は、試験湛水中および胆振東部地 震発生時にも安定した状況であった。

6. おわりに

ダムの安全性および機能を損なう事象、または、 ダムに関する事故の多くが、初期の湛水中に生じて いることが多い。本ダムにおいても初期湛水試験で 予測を超える浸透量が発生したことから、今回の試 験湛水では万全の体制を整え実施する必要があった。 そのため、ダムの安全性および今後の管理に向けた 方針を確立するため、試験湛水を2つの過程に区分 し、通常のダムの試験湛水より長い工程(4年間) で実施した。

本稿では、東郷ダムの試験湛水時の堤体挙動や評価について述べてきたが、ダムの日常管理、地震や大雨の異常時の管理における観測計器の挙動評価に対して、本報告事例が、その一助となれば幸いである。

最後に、本報文をまとめるにあたり御助言頂いた 北海道開発局旭川開発建設部富良野地域農業開発事 業所ならびに関係各位に対し、ここに深甚なる謝意 を表します。

(㈱三祐コンサルタンツ 総合技術第1部 参与 (技術士))

参考文献

1)農林水産省 農村振興局 土地改良事業計画設計基 準設計「ダム」(平成15年4月)

神竜二期地区における神竜頭首工の改修計画検討事例

坂本健三郎

1. はじめに

神竜頭首工(図-1、写真-1)は、一級河川石 狩川水系石狩川(直轄区間)に建設された深川市、 旭川市及び雨竜郡秩父別町に広がる穀倉地帯のかん がい用水を取水する基幹的農業水利施設であり、地 区の用水供給を担う重要度の高い施設(重要度区分 A種)である。本施設は、前歴事業の国営かんがい 排水事業北空知地区で平成元年度に改修されたが、 その後、約30年が経過しており、国営かんがい排水 事業神竜二期地区にて、老朽設備の改修及び耐震化 対策工事を実施する計画である。

本稿では、神竜頭首工における改修計画検討事例について報告する。



図-1 位置図



写真-1 神竜頭首工(下流から望む)

2. 地区の概要

本地区は、北海道の中央に位置する旭川市、深川市及び雨竜郡秩父別町の2,934haの水田地帯で、水稲を中心に、小麦、大豆、小豆、そば、かぼちゃ、きゅうり、観賞用かぼちゃ、スターチス等を組み合

わせた農業経営が展開されており、北海道有数の高 品質米の生産と合わせて、きゅうり、スターチス等 の高収益作物の生産拡大等による産地収益力の向上 を目標としている。

地区内の農業用水は、国営北空知土地改良事業(昭和52年度~平成17年度)により造成された農業水利施設によって配水されている。しかし、近年の水稲栽培技術や営農状況の変化に伴い水需要が変化しているとともに、一部の周辺地域では河川流況が不安定な渓流河川取水を利用した水利形態となっている。また、頭首工、用水路等の用水施設は、経年的な劣化等が進行しており、施設の維持管理に多大な費用と労力を要している。さらに、神竜頭首工は必要な耐震性を有しておらず、大規模地震により損壊した場合、地域に甚大な被害を及ぼすおそれがある。

また、本地区の排水施設は国営納内土地改良事業(昭和41年度〜昭和49年度)により造成されたが、近年の降雨形態の変化に伴う流出量の増加によって排水能力が不足しているため、排水路からの溢水による湛水被害が発生するなど、農業生産性が低下している。

このため、本事業では、水需要の変化や水管理の 合理化に対応した用水再編を行うとともに、頭首工、 用排水路等の改修と耐震化のための整備を一体的に 行い、併せて関連事業においてこれらに接続する用 排水路等を整備することにより、農業用水の安定供 給、維持管理の軽減、湛水被害の解消及び耐震化を 図り、農業生産性の向上及び農業経営の安定に資す るものである。

3. 施設概要

神竜頭首工の施設諸元を表-1に示す。

表-1 神竜頭首工の施設諸元

竣工年度	1989年度(平成元年度)
形 式	可動堰 (フィックスドタイプ)
基礎	直接基礎
地 質	珪質片岩
堰高	3.50m
堰 長	117.0m
設計洪水量	6,000m³/ s
	洪水吐:鋼製ローラーケ・ート
	B:30.0m×H:3.5m×3門
<i>Η</i> * ι ±π/#	土砂吐:鋼製摺動式2段0-ラーゲート
ゲート設備	B:16.5m×H:4.0m×1門
	取水口:鋼製スライドゲート
	B:5.90×H:1.90m×3門
最大取水量	19.747m³/ s

4. 改修計画の検討

(1) 対策概要

耐震性能照査結果及び過年度の機能診断調査結果等から耐震性能を満足させるために必要な対策工法を検討した。対策概要を表-2及び図-2に示す。

表一2 対策概要

	施設区分	対策箇所	対策内容			
老	護岸工	右岸上流部	部分更新(護岸擁壁上部打ち換え)			
老朽化対策		右岸下流部	側壁背面水平部プロック更新			
対策		左岸上流部	護岸擁壁背面凍結抑制、目地補修			
		左岸下流部	全面更新(護岸擁壁打ち換え)			
	魚道工	側壁背面	エアモルタル充填			
	土砂吐ゲート	扉体	塗装塗替、水密ゴム交換、ローラ整備			
	(1門)	戸当	塗装塗替			
		開閉装置	電動機、ワイヤーロープ、減速機、開度計及び機側操作盤の更新、			
			塗装塗替			
	洪水吐ゲート	扉体	塗装塗替、水密ゴム交換、ローラ整備			
	(3門)	戸当	塗装塗替			
		開閉装置	電動機、ワイヤーロープ、減速機、開度計及び機側操作盤の更新、			
			塗装塗替			
	取水口ゲート	扉体	塗装塗替、水密ゴム交換、ローラ整備			
	(3門)	戸当	塗装塗替			
		開閉装置	電動機、開度計及び機側操作盤の更新、塗装塗替			
	電気設備	管理棟	分電盤、自家発電機及び避雷器収納盤の更新			
	水管理設備	管理棟	監視機器、CCTV、データ処理装置、水位計及びサイレン類の更新			
耐	堰柱	フーチング	コンクリート増厚(AT-P 工法)、主筋追加による鉄筋補強、			
耐震対策	(端部堰柱:2基)		あと施工せん断補強鉄筋			
束		堰柱	鋼板巻立て			
		門柱	鋼板巻立て、あと施工せん断補強鉄筋			
		ゲート巻上機操作台	あと施工せん断補強鉄筋			
	堰柱	フーチング	主筋追加による鉄筋補強、あと施工せん断補強鉄筋			
	(中間堰柱:3基)	堰柱	鋼板巻立て			
		門柱	鋼板巻立て、あと施工せん断補強鉄筋			
		ゲート巻上機操作台	あと施工せん断補強鉄筋			
	管理棟(1棟)	1階	耐震壁・スリット新設、既設スリット埋め			
		2階	耐震壁・袖壁・スリット新設			

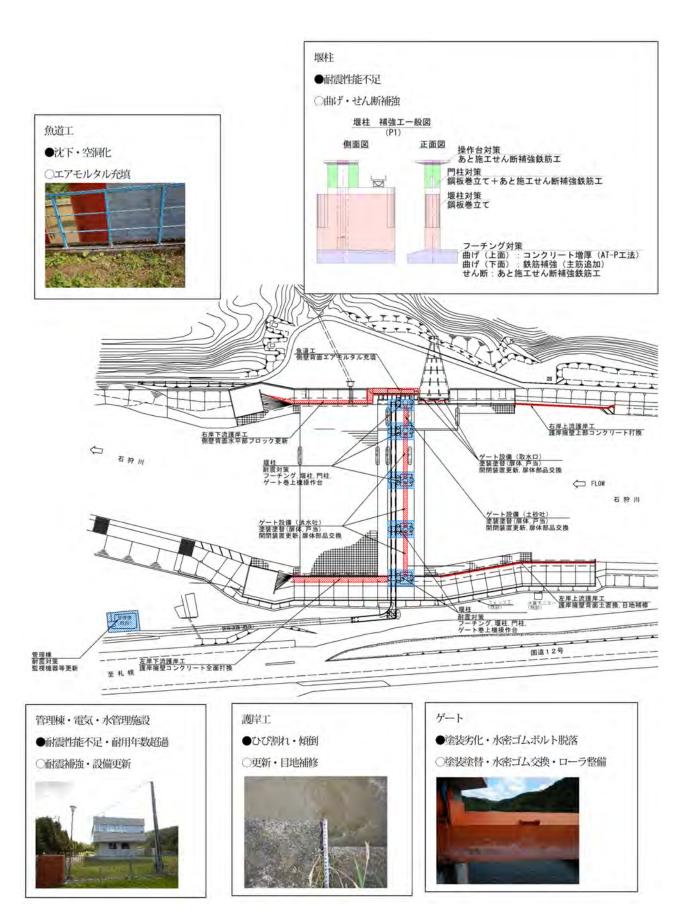


図-2 神竜頭首工整備概要図

(2) 老朽化対策

老朽化対策では、「平成31年度 神竜二期地区 事業計画検討等業務」にて検討されている対策を 基本として、健全度の低下している施設の更新や 補修を計画した。なお、当該検討等業務は、過年度 に策定した機能保全計画に基づき検討したもので ある。対策工の詳細については本稿では割愛する。

(3) 耐震対策

耐震対策では、本検討及び過年度業務にて実施 した耐震性能照査の結果より、所定の耐震性能が 確保されていない堰柱及び管理棟について検討を 行った。

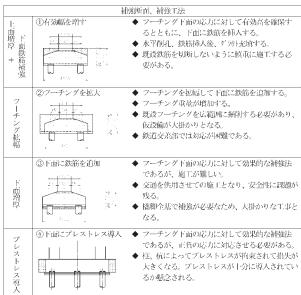
本稿では、設計・施工上の制約により対策工の 実施が難しい堰柱のフーチング及び管理棟(2階) の対策工について、以下に特記する。

1) フーチングの耐震対策

フーチングは上面の曲げ耐力、下面の曲げ耐力、 せん断耐力の向上が必要であり、上面の曲げ補強 はAT-P工法(補強鉄筋を躯体に埋設し、PCM で増厚する工法で、通常のRC巻立てに比べて、 増厚量が軽減できる)、せん断補強はあと施工せ ん断補強鉄筋工法により補強する計画とした。

下面の曲げ補強は一般的な工法では対策が不可能であるため、表-3に示す橋梁のフーチング補強検討事例を参考に検討を行った。

表-3 橋梁のフーチング補強検討事例



(「杭の地盤との相互作用を考慮した非線形動的 解析による照査」¹⁾ P. 6)

これらの内、下面増厚は、本頭首工のフーチングが岩盤上の直接基礎であることから、下面の掘削は不可能であり適用できない。また、プレストレス導入については、上面の曲げ耐力の低下が懸念されること、及びフーチングの両側を掘削する必要があることから困難である。上面増厚+下面鉄筋補強及びフーチング拡幅については、下面への鉄筋追加は可能であるが、上面の大規模な増厚及びフーチング拡幅は不可能である。よって、下面の曲げ補強は、下面への鉄筋追加による補強を採用した。

2) 管理棟の耐震対策

管理棟の耐震対策では、保有水平耐力の不足する階・方向毎に耐震性能が確保されるように検討を行った。

耐震対策として耐震壁等の部材を増設する場合、 柱の軸線上に配置する必要があるが、本管理棟の 2階は、図-3に示すとおり外壁が柱より外側に あるため、補強部材を部屋の内部に配置すること になる。そのため、管理作業の影響が少ない箇所 に優先的に配置し、図-4のとおり計画した。



図-3 管理棟外観写真

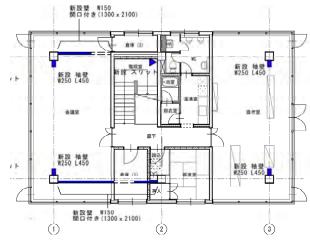


図-4 対策工平面図(2階)

5. 仮設・施工計画の検討

(1) 河川内工事期間

河川内工事の工事期間は、「河川工事設計施工要領」²⁾より、非出水期(11/1~翌3/31)を基本とする。なお、神竜頭首工は石狩川(上流)に位置するが、下流域との境界付近に位置するため、河川管理者との事前確認により、石狩川(下流)の非出水期間とした。

(2) 工事用道路計画

資機材の搬出入は図-5に示す左岸側の国道12 号線より行う計画とした。なお、工事用道路幅は、 底版取壊しのための0.8㎡級のバックホウや資機 材運搬用のトレーラ等が通過するため、4.0mと した。

右岸側を施工する際の資機材の搬出入には、右 岸側に位置する自転車道を拡幅し、工事用道路と して使用することが考えられるが、落石危険区間 として通行止めとなっており、また、自転車道の トンネルでは、通行条件に制約があり、工事用車 両は2 t ダンプトラックおよび0.28㎡級のバック ホウ程度しか通過できないため、工事用道路とし て使用することができない。また、頭首工管理橋 も幅員3.0mと狭く、工事用道路としては利用で きない。

よって、右岸側堰柱の施工には、河川を横断す



図-5 神竜頭首工周辺

る仮橋を設置し(次節参照)、左岸側から進入する計画とする。

(3) 仮橋の検討

前節の工事用道路計画より、右岸側施工時には 左岸側から右岸側に渡るための仮橋が必要となる ため、仮橋の検討を行った。

1) 仮橋の設置期間

基本的に仮橋は工事期間の非出水期(11月~翌3月)のみ設置するが、本現場の場合、河床が岩盤であり、設置・撤去に約6ヶ月(設置126日、撤去55日)を要するため、単年度で仮橋を設置し、対策工を実施した後、仮橋を撤去することは不可能である。

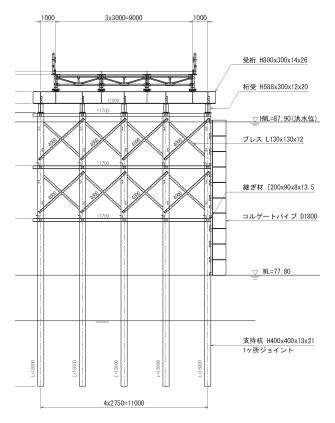
そのため、仮橋は設計高水位より高く設置し、 出水期も存置する計画とした。

2) 桁下高

桁下高は、仮橋設置位置のHWL87.90mに余裕高(設計洪水量6,000㎡/sのため、1.5m)を加えた89.40mとした。

3) 仮橋断面

仮橋の断面図を図-6に示す。



図ー6 仮橋断面図

(4) 仮締切の検討

1) 仮締切概要

本工事は、河川内にて土木構造物及び鋼構造物の補修・補強、更新工事を行うものであり、この内、堰柱・フーチングの耐震補強、護岸の全面更新、ゲート戸当りの塗装塗替は、ドライワークが必要になるため、仮締切工事を実施する。仮締切は図-7~図-9に示すとおり、左岸側施工時と右岸側施工時でそれぞれ半川締切を行う計画とした。

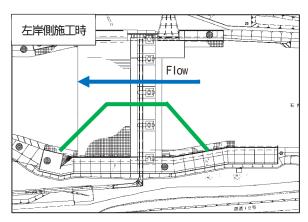


図-7 左岸仮締切平面図

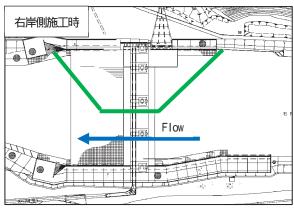


図-8 右岸仮締切平面図

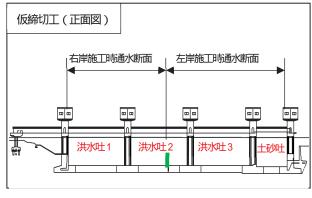


図-9 仮締切断面図

2) 仮締切対象流量

仮締切時の対象流量は、堤防開削を伴わないため、過去5ヵ年の月最大流量を用いる。本頭首工地点では、流量観測記録が無いことから、神竜頭首工(流域面積:3,419.9km)の上流に位置する伊納観測所(流域面積:3,378.6km)の流量観測記録を基に比流量計算により神竜頭首工地点の河川流量を算定し、仮締切対象流量を510.00m³/sとした。

3) 水理検討

等流計算により、仮締切断面おける仮締切水位を算定した。計算の結果、仮締切時の水深は、2.67m(左岸施工時)、2.98m(右岸施工時)となった。また、仮締切時の流速は2.761m/s(左岸施工時)、3.320m/s(右岸施工時)となった。

4) 仮締切形式

「河川工事設計施工要領」では、堤防開削を伴わない場合の一般的な仮締切の構造として、土堤締切、鋼矢板一重締切、土のう締切が示されている。

『「耐候性大型土のう積層工法」設計・施工マニュアル』³⁾では、大型土のうの仮締切の適用高さは3.0m以下、適用流速は原則2.0m/s以下とされており、本工事では、仮締切の水深は3m以下であるが、流速は、2.0m/sを超えるため、適用外となる。また、土堤形式においても、大型土のうや張芝により、法面保護を行う必要があり、同様に適用流速は2.0m/s以下となることから、適用不可となる。

よって、本工事では、適用可能な「鋼矢板一重 締切」を採用した(図-10)。

なお、仮締切の高さは、堤防開削を伴わないため、仮締切水位(余裕高を見込まない)とした。

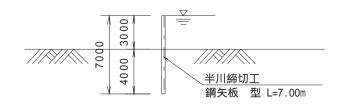


図-10 鋼矢板-重締切断面図

(5) 工程計画

工事は、非出水期の11月から翌3月までの5ヶ月を単年度工期として、工程計画を検討した。全体工程は以下に示す3つの観点に基づき、表-4のとおり4期工事とした。また、以上を踏まえた仮設計画図を図-11~図-13に示す。

- ・仮橋が必要な右岸側の工事については、仮橋の施工に長期間(設置126日、撤去55日)を要することから、仮設を含めて単年度で施工することができないため、1年目に仮橋の設置、2年目に本体工事、3年目に仮橋の撤去を行う計画とした。
- ・左岸工事は、堰柱工事と護岸工事を単年度で行 えないため、2ヶ年(1年目と3年目)で施工 する計画とした。
- ・ゲート補修工事は、土木工事と同時に行う計画とすると工事が錯綜することにより、工事が遅延するリスクがあるため、土木工事と別年度に施工する計画とした。ただし、戸当りの補修については、締切を必要とすることから、土木工事と同年度に行う計画とした。

表一4 全体工程計画

		Г
工期	位置	工事内容
第	左岸	P1, P2 堰柱(堰柱・門柱・操作台・フーチン
1	岸	グ)の耐震補強を実施
期		P1,P2 堰柱のゲート戸当りの補修を実施
		仮橋设置
第	右岸	P3~P5 堰柱(堰柱・門柱・操作台・フーチン
第 2 期	岸	グ)の耐震補強を実施
期		右岸護岸工・魚道工の補修を実施
		P3~P5のゲート戸当りの補修を実施
第	左岸	左岸護岸工の補修を実施
第 3 期	岸	仮橋撤去
7À1		管理棟の耐震補強を実施
第 4	ゲ	ゲートの補修を実施
期	 -	電気・水管理施設の更新を実施
		電気・水管理施設の更新を実施

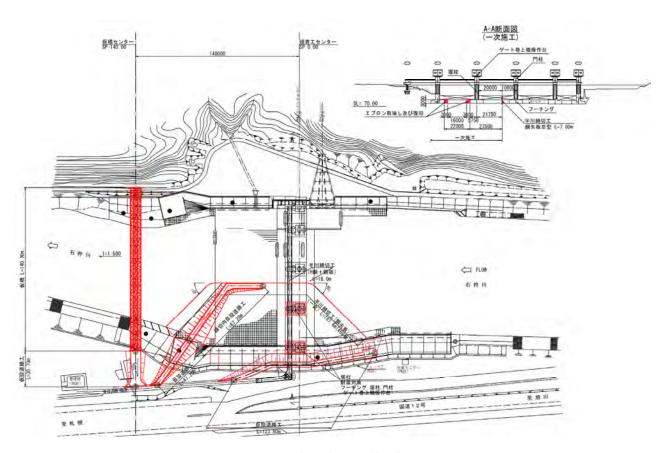


図-11 仮設計画図(第1期)

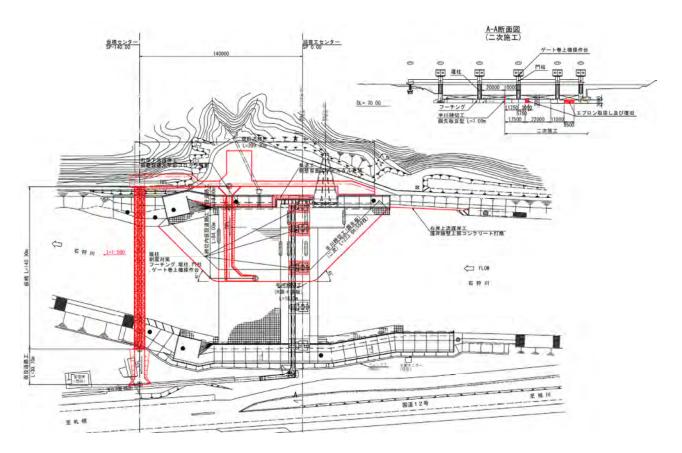


図-12 仮設計画図 (第2期)

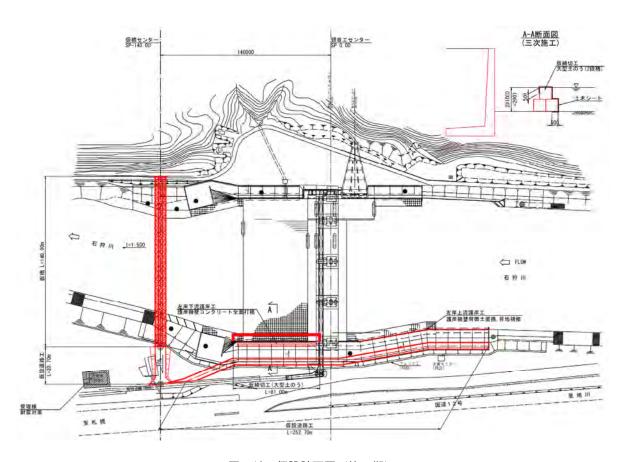


図-13 仮設計画図 (第3期)

6. おわりに

本現場では、右岸側から重機が進入できないため、 仮橋が必要となった。また、仮締切流量が大きく、 鋼矢板での締切も必要となった。河床が岩盤である ため、これらの仮橋や鋼矢板の施工に長期間を要す る。一方で、河川内工事であるため、非出水期(11 月~翌3月)での施工という制約もあり、仮設・施 工計画の立案に苦慮した。

頭首工等の河川工作物では、本現場のように様々な制約があることが多いことから、円滑な工事実施のためには仮設計画や施工計画の検討が特に重要であると考える。

なお、本検討は今後の河川協議に向けた基本設計であり、河川協議において、変更となる場合がある。 (NTCコンサルタンツ(㈱北海道支社 技術部 課長(技術士))

【参考文献】

- 1)新日本技研株式会社, 杭の地盤との相互作用を考慮した非線形動的解析による照査, SNGEジャーナル, 2006, No.10
- 2) 北海道開発局 建設部 河川工事課,河川工事設計 施工要領,2020
- 3) 土木研究センター,「耐候性大型土のう積層工法」 設計・施工マニュアル[改訂版], 2017

国営環境保全型かんがい排水事業における 支線配水管路の設計事例

大野 充雅

1. はじめに

国営環境保全型かんがい排水事業「根室地区」では、地区内における用水路について水需要の変化に伴い通水能力不足が生じていることから用水路施設の改修が必要とされている。本地区の既設路線は、牛舎、肥培施設、バンカーサイロ等農業用施設が近接していることが多いため、改修路線の配置計画による制約条件が発生する。本稿では、改修路線配置計画の一手法について、路線配置の提案及び維持管理を踏まえた推進工法の選定を行った事例を紹介する。

2. 地区の概要

本地区は、北海道根室市に位置する5,896haの酪農地帯である。地区内の用水施設は、根室区域農用地開発公団事業(昭和49年度~昭和58年度)により整備されたが、造成後約30年が経過し、劣化に伴う用水施設の漏水事故が発生しているほか、水需要の変化に伴い通水能力不足が生じ、適正なかんがい用水の利用に支障を来している状況にある。一方、地区内の一部の排水施設は、近年の降雨量の増加により、排水能力が不足していることから、降雨時には周辺農地において湛水が生じ、作物生産量の低下が生じている。また、降雨に伴う土砂や肥料成分の流出が河川等の水質へ影響を及ぼす一因となっている。

このため、本事業により、通水能力不足及び農地の湛水被害を解消し、地域資源の適正な農用地への還元と農用地から発生する土砂及び肥料成分等の負荷物質の流出を防止防止のための農業用用排水施設の整備を行い、農業生産性の向上を図るとともに、併せて環境への負荷の軽減に配慮した環境保全型農業の推進に資するものである。

3. 現地の状況

本設計では、根室7号支線配水管路及び根室11支 線配水管路の2路線の設計を行った(図-1)。

(1) 施設整備位置

本設計の対象である根室 7 号支線配水管路は根室 4 号幹線配水管路から分岐する用水管路であり、市道厚床沼線及び市道湖南槍昔線沿いの民有地に設置し1.63km先の既設根室 7 号支線配水管路に接続を行うルートである(図-2、写真-1)。根室11号支線配水管路は根室 1 号幹線配水管路から分岐する用水管路であり、国道44号線を横断して市道明郷西厚床線沿いの民有地に設置し0.19km先の既設根室11号支線配水管路に接続を行うルートである(図-3、写真-2)。

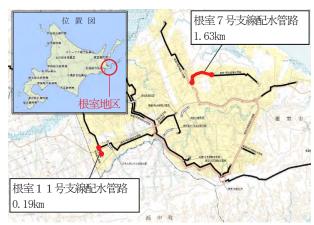


図-1 設計路線位置図



図-2 位置図(根室7号支線配水管路)



写真-1 路線状況(根室7号支線配水管路)



図-3 位置図(根室11号支線配水管路)



写真-2 路線状況(根室11号支線配水管路)

(2) 地形・地質概要

調査地周辺の地形は、1)平坦な段丘性台地、 2)ほぼ平坦な低夷台地、3)沖積氾濫原及び海 岸低地の3つの地形区に区分できる。根室7号支 線は、ほぼ平坦な低夷台地、沖積氾濫原及び海岸 低地、根室11号支線は平たんな段丘性台地の地形 区に位置している。

調査地周辺の地質について根室7号支線配水管路については、表層は砂礫・粘土・泥炭等の氾濫原及び湿地堆積物で構成されており、それより以深については火山灰層が分布している(図-4)。

また、根室11号支線配水管路については、表層は砂・礫・泥・泥炭等の氾濫原堆積物で構成されており、それより以深については火山灰層が分布している(図-5)。

時	代	地質層	序	NA.M	模战拟	記号	岩質	火成岩類	化石石の地
	沖積世	氾濫原および湿性	財倒費 勿			Αl	砂碟・粘土・泥炭		
第	雤	軽石質火山	灰層	0.5		Тр	軽・砂・腐植土	安五	降灰
910		厚宋人山灰層	第2層	0.4		Λ_{2}	ローム質火山灰・スコリア	安出看火山灰石蒸安出石	降灰
	洪	HAVOLINE	第1層	0.5		A	軽石質火山灰・細粒火山灰	炭軽	降灰
四	積	ヤリムカシ火山病	槽	1.5		Yt	含業人山性砂 細粒人山灰 砂質人山灰		降灰
		段丘堆和	物	7		Т	砂礫		
紀	世	風蓮湖	層	13+		Fu	較不可以上次 泥炭等砂 粗粒以上灰 泥 砂礫		湿地生生 積降灰 2枚介類 化石
Ŀ	< h -	長節累根	層	300+		Ch	砂岩・泥岩互層・礫岩	粗唧粗粒瓷岩	岩末状迸入噴出岩
部白垩紀	ナイ世 ~ 浦河世	室層根室外群	居	1.800		Хm	砂岩·彩岩5層·凝灰岩 泥岩·砂岩5層·角螺板灰岩 泥岩·砂岩5層·相似灰岩 磯岩	かんらん石粗面粗粒玄武岩	層間経知 岩球状 送入 噴出岩 イノセ ラミ 化石

図-4 地質層序表(根室7号支線配水管路)

持	代	地 層 名	模批划図	記号	岩質	火成岩類·化石
第	現	現河川氾濫原堆積物	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Al	砂 礫 泥 泥炭	
	世	新期火山灰層		As	腐植土、ローム、火山灰、 降下蜂石、スコリア	
л	更	矢 臼 別 層	SELECTED AND THE PROPERTY OF T	Yu	火山灰 軽石 ローム	
	新	茶志骨層	7	Ch	砂碟 軽石 火山灰泥 砂碟 火山灰 砂碟	
紀	世	風 蓮 湖 層		Fu ₁	岩	湖板介化石
Ŀ	_					
部	トナ		(211 VS/1007)		泥岩	普 通 モ 粗 輝
白	イ 世	太田村層	* * * * V * 11*	Ot	粗粒砂岩	ン 面 石 ゾ 粗 閃
亜	浦河				砂岩・泥岩互層類灰岩	二 粒 石 岩 玄 安 質 武 山
紀	世					岩岩岩

図-5 地質層序表(根室11号支線配水管路)

(3) 施設概要

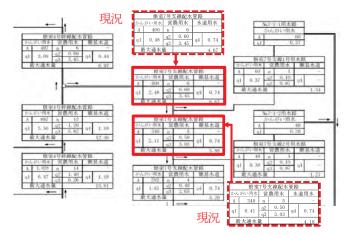


図-6 計画用水系統模式図(根室7号支線配水管路)

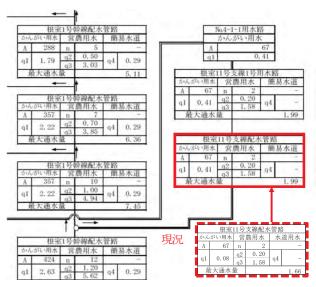


図-7 計画用水系統模式図(根室11号支線配水管路)

(4) 関係協議機関

本業務における対外協議については、以下の関係機関と協議を行った。

保安林協議:根室市水産経済部農林課

国道横断占用協議:釧路開発建設部根室道路事務所市道占用協議:根室市建設水道部都市整備課

水道施設管理者協議:根室市建設水道部水道課

4. 路線配置検討

(1) 三次元地形モデルの活用

路線配置検討を行うにあたっては、現地踏査による周辺地形の確認、現地測量とあわせてドローン(以下、UAV)及び地上レーザースキャナー(以下、TLS)を用いてオルソ画像の作成、地形モデルの作成を行い、概略平面・縦断線形計画

を行った。

本章では、根室7号支線配水管路を例にして路 線配置検討について記載する。

根室7号支線配水管路の路線選定は、既設路線の一部区間が草地中央に配置されているが、この区間について、営農の支障とならないようにほ場端部に配置を行う。

路線配置計画を行う際には、現地踏査による現地の状況確認とあわせて、UAV及び衛星写真による 3D写真ソフト(GoogleEarth)での全体地形の把握(図-8)をしたあと、現地測量の成果及びUAV・TLSにより点群データを取得し、そのデータを用いて作成した現況サーフェスモデル(図-9)を基に概略縦断平面図(図-10)の作成を行い、検討を行った。



図-8 対象路線周辺状況(GoogleEarth)

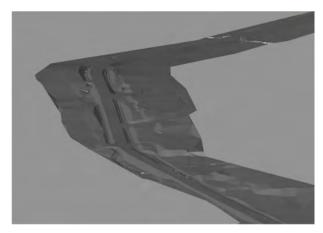
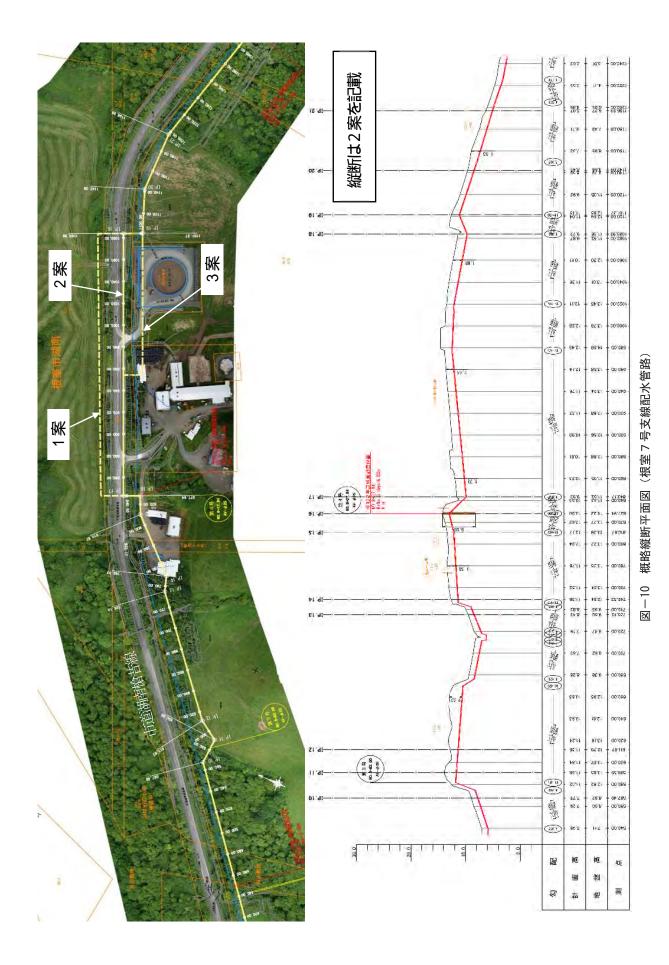


図-9 対象路線周辺現況サーフェスモデル



— 59 —

路線は、ほ場端部に路線を配置することを基本とするが、ほ場の利用形態が放牧地であり牧柵があることから牧柵に影響しない位置(牧柵と管中心線の離れ3,00m~4,00m)に配置した(図-11)。

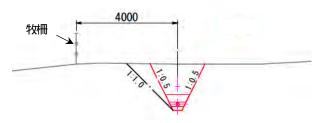


図-11 横断図(根室7号支線配水管路)

上記の内容を踏まえた上で、路線配置検討を行う際に路線の「概略配置計画(一次選定)」(図-12)を行った後、施工計画を踏まえた「詳細配置計画(二次選定)」を行った(図-13)。

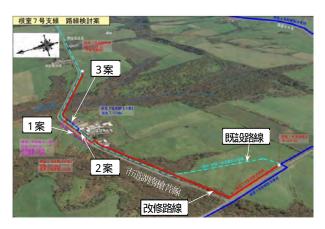


図-12 概略配置計画(根室7号支線配水管路)

(2) 概略路線配置計画

概略配置計画では、受益者所有の農業用施設付近の路線配置について3案の提示を行った(表-1)。

1 案:受益者農業用施設場内を回避するため、市 道湖南槍昔線北側に路線配置を行う。

2案:受益者農業用施設場内を回避するため、一 部区間を市道湖南槍昔線南側に縦断占用と した路線配置を行う。

3案:受益者農業用施設場内を回避するため、一 部区間を市道湖南槍昔線南側に必要最小限 の縦断占用とした路線配置を行う。(路線 の一部を国営末端施設場内に設置)

概略路線配置案について受益者と協議を行った 結果、2案及び3案で概ね了解が得られたが、市 道湖南槍昔線沿いの受益者所有地において、現在ロール置き場として活用している土地への路線配置を避けたいという要望が挙げられたことから、この要望を踏まえたうえで詳細路線配置計画を行うこととした。

(3) 詳細路線配置計画

詳細路線配置計画では、上記の内容に加えて路線周辺の施工範囲が狭小となることから管路布設の施工計画を踏まえた配置計画を考慮して路線の再構成を行った1案から5案を組み合わせた8ケースの提示を行った(図-14、表-2)。

CASE 1: 市道法尻から道路側溝間に埋設する案 (1案)

CASE 2: 市道法尻から道路側溝間に埋設する案 (1案)+一部農林水産省敷地内(5案)

CASE 3: 道路側溝外側から民地側法尻間に埋設する案(2案)

CASE 4: 道路側溝外側から民地側法尻間に埋設する 案(2案)+一部農林水産省敷地内(5案)

CASE 5: 民地側法面内(3案)

CASE 6: 民地側法面内(3案)+一部民地側法肩外(4案)

CASE 7: 民地側法面内(3案)+一部農林水産省敷 地内(5案)

CASE 8: 民地側法面内(3案)+一部民地側法肩外(4案)+一部農林水産省敷地内(5案)

市道管理者及び水道施設管理者との協議の結果、 道路及び受益者に対して影響が少なく、また経済 的な「CASE 5: 民有地側法面内(3案)」を採用 した。



図-14 詳細路線検討横断図(根室7号支線配水管路)

表一1 全体路線検討比較資料(根室7号支線配水管路)

丑	比較案		第1案	nn.				第2案	nu.				第3案	1/dz		
路彩	路線概要	A氏屋敷廻り及び国営末端施設場内を回避するため、 甘線北側に路線を配置する。	施設場内を回、	避するため	一部区間	を市道湖南槍	A氏屋敷廻り及び国営末端施設場内を回避するため、 昔線南側縦断占用とした配置とする。	施設場内を回 置とする。	避するため、	一部区間を市道湖南槍	市道湖南槍	A氏屋敷廻りを回避するため、 する。		を市道湖南	一部区間を市道湖南槍昔線北側に路線を配置	名線を配置
	長所	全線採草地への路線配置となり施工性が良い。	なり施工性が	良い。			支線及び給水管路について道路横断の必要がない。	道路横断の必	要がない。			第1案と第2案の複合案である。		が短くなり	路線延長が短くなり経済性が良い。	
₩.	短所	支線及び給水管を含め、3箇所の市道機断が必要となる。	育所の市道横隊	fが必要と?	\$\$ \$\$	71	市道維断占用区間については、片側通行規制による簡易土留工法での 必要となり、近接工事使用地をヤードとして土砂運搬が必要となる。	は、片側通行 地をヤードと	規制によるf して土砂運権	簡易士留工法 般が必要とな	工法での施工が となる。	国営末端施設場内の復旧が必要となる。	必要となる。			
		名称	数量	単位	単価(円)	金額(円)	名称	数量	単位	単価(円)	金額(円)	名称	数量	単位	単価(円)	金額(円)
		DCIP (GX)		m	11,067	0	DCIP (GX) ϕ 150	106.84	ш	11,067		1, 182, 355 DCIP(GX) \$\phi\$ 150	106.84	ш	11,067	1, 182, 355
		DCIP (GX)		m	8,642		0 DCIP (GX) \$\phi\$ 100	129.98	m	8,642	1, 123, 235	1, 123, 235 DCIP(GX) \$\phi\$ 100		m	8,642	0
	管体工	VWP ¢ 150	127.70	m	3, 784	483, 216 VWP ϕ 150	/WP \$ 150		ш	3,784	0	0 VWP	10.44	m	3, 784	39,504
		VWP \$ 100	171.18	m	2, 314	396, 110	396, 110 VWP ϕ 100	17.38	m	2, 314	40, 217	40, 217 VWP φ 100	136.79	m	2, 314	316,532
		小計				879, 326	44				2, 345, 807	44				1, 538, 391
		♦150(素掘、仮置)	298.88	ш	1,663	497, 171	♦ 150(素土、仮置)	17. 38	ш	1,663	28, 910	28,910 4150(素糖、仮置)	147.23	ш	1, 663	244, 909
	} -i	φ150(簡易土留、運搬)		ш	1,352	0	φ150(簡易土留、運搬)	236. 82	ш	1,352	320, 090	320,090 4150(簡易土留、運搬)	106.84	ш	1, 352	144, 407
	1 H											路盤復旧工	86.60	ш	6,887	596, 427
		44小				497, 171	44小				349, 000	一十十				985, 743
経済性		さや管 (STK400) φ 250	53.7	m	11, 494		617, 206 さや管(STK400) φ 250		m	11,494	0	さや管(STK400) φ250		m	11, 494	0
		さや管 (STK400) φ 100	26.0	ш	5, 390		140, 150 さや管 (STK400) φ 100		ш	5,390	0	0 さや管(STK400) φ100		ш	5, 390	0
	道路横断	開削工(復旧工)	24.2	m	23, 275	563, 251	開削工(後旧工)		m	23, 275		0 開削工(復旧工)		m	23, 275	0
		仮設道路	3. 0	箇所	1, 261, 243	3,783,729 仮設道路	仮設道路		箇所	1,261,243	0	0 仮設道路		箇所	1, 261, 243	0
		小計				5, 104, 336	小計				0	小計				0
	上端山	簡易土留工		ш	10, 300	0	簡易上留工	236.82	ш	10,300	2,439,246 簡易土留	簡易土留工	106.84	ш	10, 300	1, 100, 452
	以成上	小計				0	4				2, 439, 246	44				1, 100, 452
		管体工/Pe φ 40	37.6	m	608		22,860 管体工/Pe φ 40	15.5	m	608	9, 424	9,424 管体工/Peφ40	5. 1	m	608	3, 100
	給水分岐工	±±/Pe φ 40	37.6	ш	749		28, 144 ± π/Pe φ 40	15.5	ш	749	11,602	11,602 ± ⊥/Pe φ 40	5.1	ш	749	3,817
		小計				51,004	小計				21,026	44				6, 917
		岩				6, 531, 837					5, 155, 079					3, 631, 503

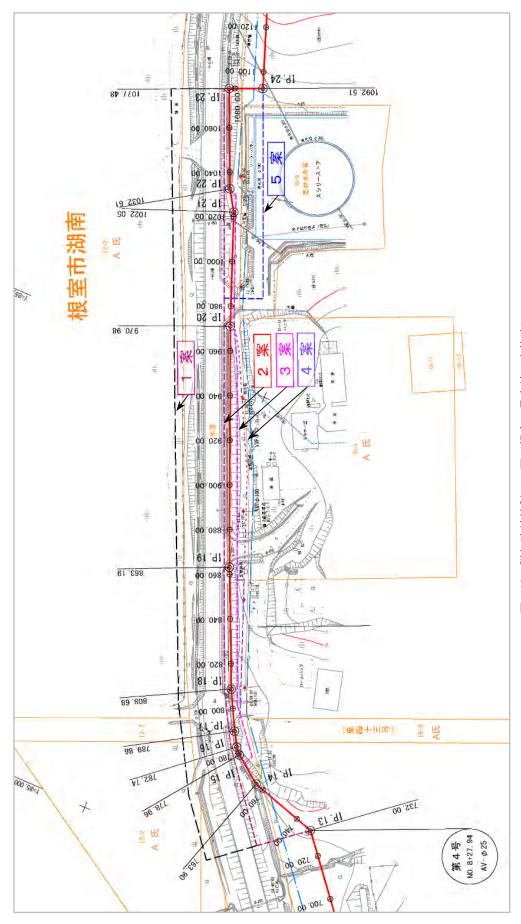


図-13 詳細路線検討平面図(根室7号支線配水管路)

表一2 詳細路線検討資料(根室7号支線配水管路)

4 益	O A O D = 1 (14)	(春日) 6-30 0	(事の) 6 - 30 8 0
2	CASE-1(1米)	CASE TATE AND MEMBERS OF TAXABLE STATE AND TAXABLE STATE STATE AND TAXABLE STATE STATE AND TAXABLE STATE S	200130
路線概要	市道法尻~道路側溝間に埋設する案[道路路体内]	市道法尻~道路側溝間に埋設する案[道路路体内]+一部農林水産省敷 地内	道路側溝外側~民地側法尻間に埋設する案[道路路体外]
適用管種	道路路体内となるため管種として、ダクタイル鋳鉄管(耐震管)の選定が必要となる。(協議事項)	道路路体内に入る区間のみグクタイル鋳焼管(耐膜管)の適定が必要となる。(協議 事項)その他区間は、ダクタイル鋳換管(T彩)となる。	道路路体外となるため管種として、グクタイル鋳鉄管(1形)の適定が可能となる。
斯 工 干	獺削仮置土→掘削所面に隣接して道路敷地内に可能。	糖劑仮置土→糖剤断面に隣接して道路敷地内(農水省敷地内)に可能。	糖剤仮置土→掘剤断面に解核して道路敷地内に可能。一部仮置スペースが確保できない区間については、市道を利用してダンプへ積込運搬とする。
	基礎材、残土置場→掘削断面に隣接して道路敷地内に可能。	基礎材、残土置場→掘削断面に隣接して道路敷地内(農水省敷地内)に可能。	基礎材、残土置場→掘削断面に隣接して道路敷地内に可能。
仮設工	道路路線への影響を譲けるため簡易上留権工が必要となる。 趣削時のパックホケの足場として仮設盛土が必要となる。 道路側溝(U-300)の養生として、敷鉄板(土のう)を設置する。	道路路盤への影響を避けるため簡易士留施工が必要となる。 離割時のパックオウの足場として仮設確土が必要となる。 道路個溝(U-300の養生として、敷鉄板(士のう)を設置する。 縣大省拠地内は、上記の仮設工を要なし。	
復旧工	市道→盛土法面整形、張芝工	市道→盛土法面整形、張芝工農水省敷加内→路盤復旧工	市道→道路倜躇復旧(U-300, 素镼倜溝)
補償物件	UVW UT & V1		700 100 L
経済性順位	10,1156,030	3, 301, 324	33
比較案	CASE-4(2案+5案)	CASE-5(3案)	CASE-6(3案+4案)
路線概要	道路側溝外側~民地側法尼間に埋設する案[道路路体外]+一部農林水産省敷地内	民地侧法面内[道路敷地内]	民地側法面內[道路敷地內]+一部民地側法肩外[道路敷地内]
適用管種	道路路体外となるため管種として、ダクタイル鋳鉄管(T形)の選定が可能となる。	道路路体外となるため管種として、ダクタイル鋳鉄管 (T形) の選定が可能となる。	道路路体外となるため管種として、ダクタイル鋳鉄管(T形)の選定が可能となる。
節 日 刊	攝削仮置土→掘削断面に隣接して道路敷地内 (農水省敷地内) に可能。	雑制仮置士→報削節面に隣接して道路敷地内及び民地内に可能。一部仮置スペースが確保できない区間については、市道を利用してダンブへ積込運搬とする。	報門仮置士→報削所面に蘇接して道路敷地内及び民地内に可能。一部仮置スペースが確保できない区間については、市道を利用してダンブへ積込運搬とする。
仮設工	基礎材、残土置場→掘削断面に隣接して道路敷地内 (農水省敷地内)に可能。	基礎材、残土置場→掘削断面に隣接して道路敷地内に可能。 道路側溝(U-300)の養生として、敷鉄板(土のう)を設置する。	基礎材、残土置場→掘削断面に隣接して道路敷地内(民地含む)に可能。
:	 计语子道数值操作 (-300 麥類個攤)	开油寿吾乞一碗十卉酒寿庆 馬岁丁	
復旧工業務務件	11.7E 7. ZENT POTTP-P.C. I. V. O. O. V. STANDOTTP-P.	š	Nrmth (小部 井加)へ 投 部っ木
無関物件 金額(円)	5, 309, 942	4, 854, 631	M1.性(占属共来) "参政2本 5,466,336
経済性順位	(G)	Θ	(P)
比較案	CASE-7(3案+5案)	CASE-8(3案+4案+5案)	
路線概要	民地側法面内[道路敷地内]+一部農林水産省敷地内	民地側法面内[道路敷地内]+一部民地側法肩外[道路敷地内]+一部農林水産省敷地内	
適用管種	道路路体外となるため管種として、ダクタイル鋳鉄管(T形)の選定が可能となる。	道路路体外となるため管種として、ダクタイル鋳鉄管(T形)の選定が可能となる。	
春工干	羅削仮置士→羅削断面に隣接して道路敷地内及び民地内に可能。(農水省敷地内→ 羅削仮置可能)	郷剤仮置土→鴉削断面に隣接して道路敷地内及び民地内に可能。(農水省敷地内→ 銀剤仮置可能)	
	基礎材、残土置揚→掘削断面に隣接して道路敷地内(農水省敷地内)に可能 ※www.may.rr. non.xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	基礎材、残土置揚→掘削断面に隣接して道路敷地内(民地含む)に可能。 ※地西はまで、5000の第4411 - 単発出に10で378年四年より	
仮設工	直路開蔣(U-300)の養生として、敷欧故(士のう)を設置する。	追鈴間溝(U-300)の養生として、緊厥故(士のう)と設置する。	
復旧工	市道數地內→盛十法面盤形、張芝工 農水省數地內→路盤復旧工	市道敷地内→盛土法面整形、張芝工 農水省敷地内→路盤復旧工	
補償物件 金額(円)	4, 464, 265	NTT柱(北電共樂)~移設2本 5, 079, 296	
経済性順位	8	9	

(4) 軟弱地盤区間の施工を踏まえた路線配置計画

根室 7 号支線配水管路の計画路線では、厚床沼川支流を横断する区間がある(図-15)。この区間付近の土質条件は地表から 3 mまで泥炭が堆積しており、 $3\sim5$ mまでの深さにおいても泥炭とシルトの互層となっている。また、地表から 5 mの深さまでN値が $0\sim2$ となっており軟弱地盤であるといえる(図-16、17)。

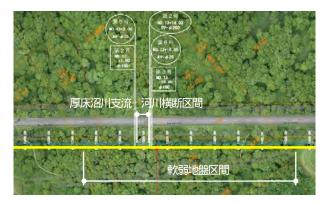


図-15 路線配置平面図(根室7号支線配水管路)

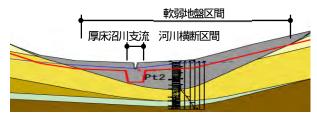


図-16 土層推定図(根室7号支線配水管路)

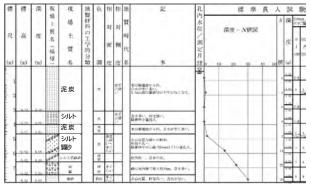


図-17 柱状図(根室7号支線配水管路)

本設計では、粘土・シルトを含む土質については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」に記載の掘削法面勾配の標準範囲表-3を参考とするが、泥炭以深の層ではシルト層は砂分を含んでいること等から安全を考慮して砂質土の掘削法面勾配である1:0.5を採用した。泥炭層(互層となっているシルト層を含む)

については指標となる資料がないため、法面の安定計算を行い安定勾配の検討を行った。検討を行うにあたっては、砂質土の勾配である1:0.5とゆるんだ地山としての勾配である1:1.0の2パターンにより安定計算を行った。

表-3 掘削法面勾配の標準範囲一覧表

生 高	2m 未満	2m 以上 5m 未満	5m以上
岩又は堅い粘土	0 ~0.1	0 ~0.3	0.3~
粘 性 土	0 ~0.3	0.2~0.5	0.6~
シルト	0.2~0.4	0.3~0.6	1.0~
砂質土	0.4~0.6	0.5~1.2	1.2~
69	1, 5	1.5~	-
礫及び礫質土	0.3~0.8	0.6~1.5	-
ゆるんだ地山	1.0		-

設計「パイプライン」P.528 表-13.1.11 を引用

解析手法は、土地改良事業計画設計基準・計画 「農地地すべり防止対策」に基づき、フェレニウ ス法(簡便法)の計算式により計算を行った。

解析結果に対する目標安全率 Fs は、保全対象の重要度、経済性等を考慮し以下のとおり示されている。

- ①家屋・道路・鉄道・河川その他公共施設等の重要な物件がある場合1.20
- ②農地が主たる対象の場合1.10~1.15
- ③林地等が主たる対象の場合1.10

調査地域周辺の土地利用形態は、農地が主となることから安全率を $Fs \ge 1.10$ と設定し計算を行った。計算の結果、1:0.5及び1:1.0のどちらの法面勾配についても安定しない結果となった(表-4)。

表一4 法面安定計算結果一覧表

法面勾配	1:0.5	1:1.0
解析方法	Fellenius 法	Fellenius 法
水の状態	定常浸透状態	定常浸透状態
すべりの種類	円弧すべり	円弧すべり
計算種別	常時	常時
計画安全率 sp	1.100	1.100
円弧中心 X 座標 (m)	6.500	9.000
円弧中心 Y 座標 (m)	6.500	8.500
円弧半径 R (m)	4.500	6.500
安全率 Fs	0.754	0.505
可動モーメント MD (kN.m)	212.467	146.569
抵抗力	35.579	11.395
MD/R	47.215	22.549
必要抑止力 Preq(kN)	16.357	13.409

軟弱地盤対象区間について北側及び南側に路線をシフトした場合、樹木の伐採量も多くなることから必要最小限の範囲の伐採となるように路線の配置を行った(図-18)。

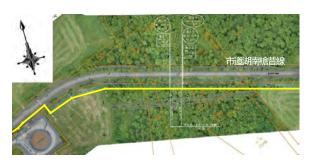


図-18 路線配置図(縦断平面図)

施工方法としては、法切掘削では掘削法面が安定しないことから「土留め工法」を用いて施工を行う必要がある。なお、適用する土留め工法は、地下水位が管埋設深さより浅い位置にあることから止水を目的として「鋼矢板土留め工」を採用した(図-19)。

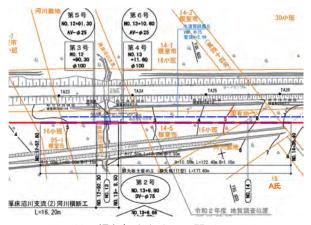


図-19 鋼矢板土留め工区間(平面図)

(5) 施設配置計画

根室7号支線配水管路では、附帯施設として分 水工、通気施設(空気弁)、排泥弁、制水弁工の 設置を行う。

本業務では、これらの施設に対してUAVで撮影したオルソ画像(図-20)を用いて施設配置計画を行うことで、現地において受益者に対して施設配置の説明を行い、早期に合意形成を図ることが可能となった。

UAV・TLSによるオルソ画像及び三次元点 群データは、初期段階での支障物件の確認、路線 配置計画や施設配置において関係者との早期合意 形成を図るうえで効果的な資料であった。

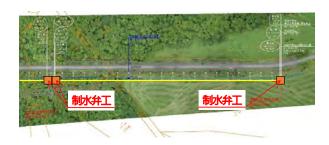


図-20 施設配置平面図(根室7号支線配水管路)

5. 維持管理を踏まえた推進工法の選定(根室11号 支線配水管路)

根室11号支線配水管路の起点側には一般国道44号線が交差している。国道横断部の施工は、交通量が多いことから推進工による施工を行う(図-21、写真-3)。



図-21 路線配置平面図(根室11号支線配水管路)



写真一3 一般国道44号線推進工箇所

なお、推進工に係る設計条件は以下のとおりである。

・推進延長 : L=29.00m

・最小土被り : H=1.20m以上(最大H=3.0m)

・本管構造形式: VWP φ 100mm

・土質条件:砂質シルト(粘性土)、最大礫径9.5mm

(⊠-22)

・地下水位 : G L - 1.45 m

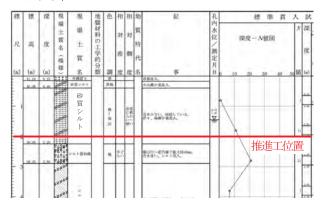


図-22 推進箇所柱状図(根室11号支線配水管路)

以上の設計条件を踏まえて、従来工法として国道 横断で採用されているさや管方式推進工法とあわせ て同地区において実績があり安価な工法である誘導 式水平ボーリング工法(HDD工法)により、工法 の特徴や経済性、維持管理性等を考慮し、検討を行っ た(表-5)。

推進工法の検討後に国道の道路施設管理者と管路 施設の管理者である水道施設管理者と協議を行った。

国道の道路施設管理者協議では、道路改良計画の 有無、工法についての確認、新設する横断管の申請 者等の確認を行い、誘導式水平ボーリング工法での 施工が承認された。

しかし、管路施設の管理者である水道施設管理者協議では、用水管路の国道横断工については、用水管の破損等が生じた場合影響が甚大となることから、管路の管理面及び将来的な安全面を勘案し、二重管構造(外筒管)での整備を行う結果となった。

このことから推進工法は二重管工法とし、対象土 質により選定される工法は、表-6の通りである。

横断 適用する工法 土質試験值 ボーリング名 炼所 土粒子の密度 2.651g/cm3 自然含水比 高耐荷力方式:泥水式 23, 8% 概分:10.8% 砂分:46.7% 高耐荷力方式:泥土压式 R2-根率 11 号 一般国 粘性士 備拠さや管力式(圧入式) 11 GL-L. 45 道 44号 (砂質シルト) シルト 分:21.3% 支線-No. 1 領製さや管方式(オーガ式) 粘土分:21.2% 鎖製さや管方式(ポーリング式) 被性限界 34.0% 塑性限界 19.8% 塑性指数 14.2%

表-6 土質条件による工法選定

二重管の構造形式で高耐荷力方式(鉄筋コンクリート管)及び鋼製さや管方式(鋼管)は、最大土被りが約3.0m程度であることから、計算によりどちらも構造上問題ない結果となった。

このため、経済比較によって工法選定を行った結果、二重管工法のなかで最も安価な「鋼製さや管方式(圧入工法)」を採用した(表-7)。

表-7 推進工法の決定

横断箇所	区分	工法	規格	直接工事費 (円)	順位
		・高耐荷力方式:泥水式		12,675,373	8
		・高耐荷力方式:泥土圧式(スクリュー排土先導体 駆動)		8,339,098	5
		· 高耐荷力方式: 泥土圧式(圧送排土)		11,087,413	6
一般国道	二重管	· 高耐荷力方式: 泥土圧式(吸引排土)	φ 350	11,800,924	7
44 号	— # B	・銅製さや管方式(圧入式)	ψ 330	4,002,260	1
		鋼製さや管方式(オーガ式)		6,847,057	4
		・鋼製さや管方式(一重ケーシング)		5,681,010	2
		・鋼製さや管方式(二重ケーシング)		6,444,990	3

6. おわりに

今回の業務では、現地測量と併せてUAV・TLSで現地計測を行い、オルソ画像の作成、三次元による現況サーフェスモデルの作成を行った。これらにより受益者との早期合意形成が可能となったことはもとより、現況地形を机上による三次元可視化が可能となったことで概略路線検討を行ううえで作業効率の向上に有効であったと考える。

また、道路横断工(推進工)では、関係管理者に よって維持管理指標が異なることから、業務の初期 段階で各関係協議機関の整理及び事前協議を行うこ とは管理者の意思決定の促進に繋がるため重要な事 項であると考える。

最後に、本設計を行うにあたって御指導、協力頂いた北海道開発局釧路開発建設部根室農業事務所、同建設部根室道路事務所、根室市役所の関係各位及び報告の機会を与えていただいた北海道土地改良設計技術協会に対し深謝申し上げます。

(北王コンサルタント㈱ 設計部 部長(技術士))

1,000 本管は (非回転) とスクリュー付 こついた切削ビットを偏芯 回転させながら掘倒して方向を観御する。スクリュー付 カーシングにより発進立だ様上しながら振進する。据義 改復にのじてケーシング内に装着したゲートの開閉によっ て採土量を踏整することができる。 ※今回不要 6.8 m/日 (3.0m性) ※長径寸法鋼管 (L=3.0m) 使用時寸法に挿入 *ダンブ、管搬入車、管吊降しクレーンのスペース 【推進工法用設計積算要領 鋼製さや管推進工法編 4, 967, 015 円 1, 477, 975 円 6, 444, 990 円 ダンブ運搬が可能で、一般残土として処分できる。 *油圧ユニット、動力設備(4.00m*4.00m程度) り面盤が開放型が多く、滞水砂層、軟弱地盤等の 自立性が低い土質では地山崩壊の恐れがあり、 ※厚び径φ350mlは適用外、400mlにて検討。 中込を含み、 **鋼製さや管ボーリング(一重ケーシング)推進工法</mark> 鋼製さや管ボーリング(二重ケーシング)** 一体発進 7,200 1, 500 管長を4.0mとし、1.00m加算している。 1)軟弱土の施工が困難で補助工法を要する。 2)推進工法により騒音、振動が発生する。 3)曲線部の施工は適用外である。 1) 坑口薬注 帯水層、軟弱地盤には必要 2)呼び径よりの大きな転石でも施工可能。 3)比較的小さな立坑から発進可能。 1)岩盤、玉石、転石混り土の推進が可能。 7.4-4回収可能 管路部を地盤改良すると高額となる。 挿入、 一体回収 90 推進装置により、先導管、鋼管 ケーシングをケーシングの先端に φ400, 500, 600, 700, 800, 900, 50m程度 烘紙 SKN/㎡以下 軟弱地盤層は地盤改良要 1000 (SHM600 ※推進工事にはさや管、 未計上。 到達立坑 オープン 2018年度版参照】 礫混り土 4)長距離推進が可能。 **♦400㎜ 礫混り土** 発進立坑 鋼矢板 1, 400 1,000 4.8 m/H(2.0mm) 推進装置により先端に切削ビットを装着した鋼管を回転させて圧入、鑞砂し、方向製機能を右はず指端する。また、鋼管内にダウンザホールパンマーを接着して指盤等の保質地能を指進するものもある。 本管は ※今回不要 発達立坑、オーブン 一体発通 6,000 × ※長径寸法鍵管 (L=1.0m) 使用肺寸法に挿入 管長を4,0mとし、3,00m加算している。 ダンブ運搬が可能で、一般残土として処分できる。 *始圧ユニット、動力設備(4.00m*4.00m程度) *ダンブ、管搬入車、管品降レクレーンのスペース 4, 817, 693 円 863, 317 円 5, 681, 010 円 (推進工法用設計積算要領 銅製さや管推進工法編 適用条件(日推協積算要価) ゆ400mm A玉石、転石部り砂礫(I) 4.8 m/日 ※呼び径ゆ350mmは適用外、400mmにて検討。 挿入、中込を含み、 碟径≦0.6D 最大碟径200mm 1, 500 1)教鵄土の施工が困難で補助工法を要する。 2)推進工法により騒音、振動が発生する。 3)曲線部の施工は適用外である。 2) 呼び径よりの大きな転石でも施工可能。 3) 比較的小さな立坑から発進可能。 一体回収 1,5マンキ→№回収可能 1) 岩盤、玉石、転石混り土の推進が可能。 曲線施工不可 1) 坑口薬注 帯水層、軟弱地盤には必要 650m以上 从锹 2018年度版参照】 A玉石、転石混り砂礫(I) タイプI(ハードロック) φ400, 500, 600, 700, 800 60m程度 10KN/ポ以下 軟弱地盤層は地盤改良要 ※推進工事にはさや管、 未計上。 削達立坑 オープン 条単シューとスクリューを組み入れた解析を最次、排検検 線して推進する。基準性に対しまったがとっての対象方向 をパワーレンチで回転させて、方向を影響する。他内の オーガビッドにより振開し、スクリューにより発達立坑に 様子したがりを指する。工具に合わせて振進金中にもオー 月ビットの次数が可能である。 2,400 1,00 盤熨さや箱(ナーガ丸) 補補工法 曲線施工不可 1)坊口薬注 発進部長~(オーガ長+1.0m)以上 ※今回不要 挿入、中込を含み、本管は 1)粘着性の高い土質では抹土が困難となる場合がある。 2)均羽の自立性が乏しく流動化が懸念される帯水砂屑 などでは補助工法の検討が必要となる。 4.5m/日 (2.0m管) × × 5, 393, 788 円 1, 453, 269 円 6, 847, 057 円 【推進工法用設計積算要領 鋼製さや管推進工法編 *ダンブ、管搬入車、管吊降しクレーンのスペース ダンブ運搬が可能で、一般残土として処分できる。 *油圧ユニット、動力設備(4.00m*4.00m程度) 1, 500 第天板 -- 体発進 5,600 ※挿入管長 (L=4.0m) にて検討、 一体回収 1,5₹ン本→№回収可能 (銅管2. BRRK タイプI (オーケーモール T φ200 ~ φ800 (鋼 40~50m程度 適用条件(日推協積算要値) ゆ350mm 玉石混じり土[D] 从帐 5KN/㎡以下 軟弱地盤層は地盤改良要 ※推進工事にはさや管、 末計上。 到達立坑 オープン 2018年度版 参照】 玉石混じり土[D] 鋼矢板 10 発進立坑 1, 400 1,000 解析を指述装置(全気指撃ハンマー)により、連接的に 指数を与えがもに関わるによりを心によりの機能能能 有せずに指摘する。他工法に比ぐ機能が認定から中間が 同じったい、反り地が不要だので機能が認定から、だん な工質にも確認できる。解析が固定する。だと は其にも値形できる。解析が固定する。だったか に存出する、生命にの形とみもかない。 抵 ※今回不要 薬注、挿入、中込を含み、本管は (鋼管1.0m 2.0m 3.0m) 5.1m/日 (3.0m售) 1) 方向制御機能がないため土質変化に対応する修正が 立坑 オーブン 一体発進 6,000 × ※長径寸法鋼管 (L=3.0m) 使用時寸法に挿入 ダンブ運搬が可能で、一般残土として処分できる。 *コンブレッサー、溶接権な等(2,00m-3,00m程度) *ダンブ、管絶入車、管印際レクレーンのスペース (現場条件により被討) 業業 【推進工法用設計積算要領 銅製さや管推進工法編 3土質 粘性土、砂質土 15<N<30 礫率<30% 3, 095, 208 円 907, 052 円 4, 002, 260 円 I PM-240型 表 一体回収 1,500 マン本-ル回収可能 **曲線施工不可** |)坑口薬注 発進部長~(掘進機長)以上 管長を4.0mとし、1.00m加算している。 ~ ₩ 一体回収 100mm以上 (E入 #混り土 N<30 タイプI (インパクトモール) 礫混り土 2)設備占有面積が小さい。3)立坑不要のケースもある。 軟弱地盤層は地盤改良要 1)適応土質の範囲が広い。 ※推進工事にはさや管、 未計上。 オープン 誘導式水平ボーリングエ法(HDDエ法) 鋼 製 さ や 管 2018年度版 参照】 B土質 4) 人孔回収可能。 到達立坑 発進立坑 ф 350шш φ 100 2,000 到達立坑 オーブン 2,000 × 2,000 ※他、スタートピット 1,00m(1)×0.50m(例)×0.50m(例) 本管は スタンダードタイプ 機械本体は地上に設置するため、立坑築造費用が 17.42 m/日 (埋設管敷設工日進量) 中込を含み、 2, 187, 340 円)従来工法のような極端に高精度な施工は困難 2,000 権人、 烘 砂質土 エ 法 タイプI (テラジェット) 呼び径 φ100 距 離 150~300m程度 ※推進工事にはさや管、 未計上。 オープン B土質 少なくて済む。 到達立坑 φ 100mm 工法名称 回幕 抵 繋 岷 立坑寸法 H m n (蘸 回災 歐 掛 华 森 掛

(工法の一部 小口径推進工法 Ŋ

<参考文献>

- 1) 国営根室土地改良事業計画書(北海道開発局)
- 2) 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3月(農林水産省農村

振興局整備部設計課監修)

3) 土地改良事業計画設計基準計画「農地地すべり防 止対策」平成16年3月(農林水産省農村振興局計 画部資源課監修)

用水路末端施設(肥培かんがい施設)の設計報告

- 国営環境保全型かんがい排水事業 別海北部地区の事例-

村山 和佳

1. はじめに

国営環境保全型かんがい排水事業別海北部地区は、 平成24年度に着工し、令和4年度時点で11年目を迎 える国営土地改良事業である。

この事業は、北海道野付郡別海町の北部に位置する農地29,411haを対象に、水質浄化機能等多面的な機能を有する農業用用排水路施設の整備を行い、通水能力不足及び農地の湛水被害を解消し、農業生産性の向上および環境保全型農業の推進を図るものである。

主要工事としては、用水路514条468km、排水路13 条22kmが計画されている。

事業地区の計画一般図に業務位置を示す(図-1)。

本稿では、別海北部地区の用水路末端施設(肥培かんがい施設)設計等業務を実施する際に生じた課題に対して、解決策および提案事項を報告する。

2. 設計業務の概要

対象業務は「令和2年度施行 別海北部地区 用 水路末端施設本別工区設計等業務」であり、施設は 令和4年度に整備予定となっている。

本地区の末端かんがいブロックは、配水調整池を 共同利用することが可能な農地団体として105ブロッ ク設定されている。

肥培かんがいの基本システムは、牛舎から排出されたふん尿を流入口に取り込み、調整槽で14日間曝

気・腐熟した後に配水調整槽に貯留し、スラリータンカーでほ場に散布する計画である。流入口~調整槽~配水調整槽への移送は、末端用水路を用いて管路移送される。

事業計画時の末端かんがいブロック構成概念図 (図-2) と肥培かんがい施設の施設規模条件 (表-1) および本業務における肥培かんがいシステムフロー図 (図-3) を示す。

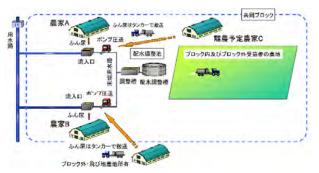


図-2 末端かんがいブロック構成概念図

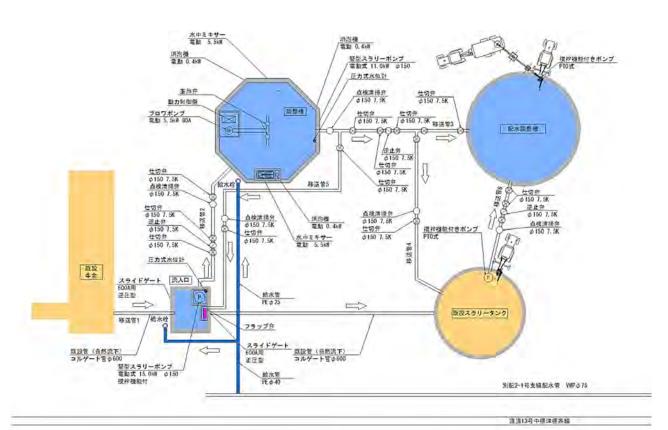
表-1 肥培かんがい施設の施設規模条件

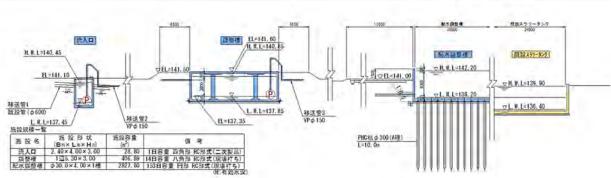
項目	施設容量
流入口	1 日
調整槽	14 日
配水調整槽	153 日

※計画用水量160L/ha/日



図-1 別海北部地区の計画一般図





施設機械一覧

施設名	機械名	形状・寸法	出力	数量
*10	竪型スラリーポンプ	電動式 φ150 標準型 撹拌機能付	15. 0kW	1台
流入口	圧力式水位計			1台
	竪型スラリーポンプ	電動式 φ150 標準型	11, 0kW	1台
	水中ミキサー	電動式	5. 5kW	2台
	ブロワポンブ	電動式 80A	5. 5kW	1台
調整槽	散気装置	空気量110.7m3/hr以上	-	2台
10,000,000	消泡機	電動式	0. 4kW	3台
	格納庫	ブロワポンプ80A 5.5kW 1台用	-	1棟
	圧力式水位計		-	1台
エフール・日本 大井	撹拌機能付ポンプ	PTO式	-	1台
配水調整槽	スラリーミキサー	PTO式		1台
既設スラリータンク	撹拌機能付ポンプ	PTO式		1台

図-3 本業務における肥培かんがいシステムフロ一図

3. 業務遂行の課題と解決策

(1) 受益者の変動に伴う肥培かんがい施設の設計

当初事業計画の受益者が、着工後に離農し、その離農跡地の一部を周辺受益者が継承した。その結果、整備受益者は離農地の一部のみを継承したため離農者の土地と整備予定地が混在することとなった。このことに伴い肥培施設の建設可能範囲が限定された。また、離農して間もない状況であったことから、継承受益者からの聞き取りによって整備予定地周辺の既存施設の劣化状況や埋設管の位置情報等が得られないという情報不足の課題が生じた。

肥培施設の建設可能範囲が限定される課題に対しては、整備受益者と農協を交えて将来的な営農計画および土地利用計画を確認し、周辺土地所有者である離農者に対して現地立会を兼ねながら施設整備に必要な範囲の説明を行うことで理解と協力を得て建設可能範囲を広げることができた。

また、既存施設に対する情報不足に対しては、 前施設所有者である離農者に対する聞取りを実施 したうえで、収集した情報をもとに受益者同行で 現地確認を行い、施工時の既設管破損を防ぐ目的 から試掘調査を実施し、不足情報を補完した (写真-1)。



写真-1 既設埋設管確認のための試掘調査状況

(2) 軟弱地盤への対応

1) 肥培施設建設位置

建設位置は、経済性および将来的な事故防止の

観点からも地盤条件が良好な位置を選定するのが 望ましい。しかし、前述のとおり施設建設可能範 囲が限定される中で施設配置位置の地盤が既往文 献調査により軟弱であったことが判明したことか ら、本業務では軟弱地盤に対する検討を行った。

肥培施設の配水調整槽位置における地質調査結果(ボーリング柱状図)は、図-4に示すとおり底版底面位置ではN値5以下の軽石混じり火山灰質砂であるため支持層としては選定できず、直接基礎および置換基礎の選定は不可となった。そのため、杭基礎のほかに、地盤改良工法を含めて比較検討を行った。

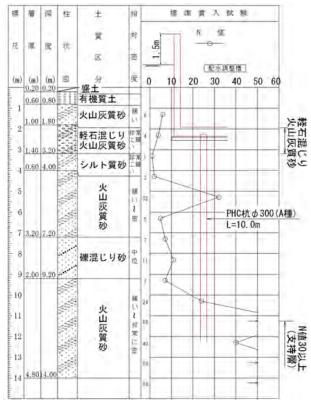


図-4 地質調査結果(ボーリング柱状図)

2) 配水調整槽基礎形式

基礎形式の検討は、以下の3案を検討し、基礎 形式比較表(表-2)により基礎形式として杭基 礎を選定した。

a) 第1案: 杭基礎

・既製コンクリート杭 ϕ 300、L=10.0m×137 本の打ち込みが必要となる。 ・後述の影響検討結果より、騒音レベル、振動レベルともに基準値内であり、施工による影響は小さい。

b)第2案:地盤改良工法(中層混合処理工法-ロータリー方式)

- ・5,780m3の改良が必要となる。
- ・騒音レベル、振動レベルともに基準値内で あり、施工による影響は小さい。
- ・固化剤スラリーのプラントが必要となる。

c) 第3案:地盤改良工法(パイルネット工法)

・木杭L=4.5m×837本の打ち込みが必要と

なる。

- ・静音ブラケット付ブレーカーを使用することで、騒音レベル、振動レベルは基準値内 となり施工による影響は抑えられる。
- ・パイルネット工法は、軟弱地盤中に適正な 長さや太さの多数本の木杭等をその頭部を 残し所定の間隔をおいて打設した後、杭頭 部を連結部材で張り詰めて連結する工法で ある。地中に設置される木材は酸欠状態と なり腐朽しにくいことから、防腐処理は不 要であるとされている¹⁾。
- ・木材利用の推進および二酸化炭素の固定化 を図ることができる。

検討案 第1案 第2案 第3案 杭基礎 地盤改良工法 地盤改良工法 基礎形式 (中層混合処理工法-ロータリー方式) (既製コンクリート杭) (バイルネット工法) イメージ図 直接工事費(千円) 直接工事費(千円) 直接工事費(千円) 経済性 基礎工(PHC + 300×137本) 基礎工(L=4.50m×837本) 11,667 基礎工(5.780m3) 41, 408 14, 195 配水調整槽本体工 25, 623 0 配水調整槽本体工 25, 623 配水調整槽本体工 25, 623 合計 37, 290 合計 67, 031 合計 39, 818 (1,00)(1.80)(1.07)事前試験、事後試験及びスラリー 比較内容 施工性 木杭打設から土木安定シート布設 ・杭打設の作業日数は27日程度を要 プラント組立解体等に日数を要し、 工期が長くなる傾向にある。 A までの作業日数は35日程度を要す (工期) 施工性 ・撹拌装置(本体ベースマシン)を装 ・アタッチメントを装着した0.8m³級 ・クローラー式杭打機(油圧パイルハ 着した0.8m⁸級バックホウを用いる。 パックホウを用いて打設し、特殊な 重機・ヤード等は必要としない。 (ヤード、 ンマ2t)を用いて打設する。 ・固化剤スラリーのプラントが必要 となる。(16×6m程度) 仮設備等) ・セメントなどの安定剤で中層部までブロック 状に固化せる工法である。地盤強度の増加、す ・ 軟弱地盤上に木杭を打ち込み、杭頭部同士を ロープ又は鉄筋等でネット状に連結後、その上 ・軟弱地盤に対する基礎工法として一般的に採 用される工法である。 ペリ破壊防止、沈下の防止、低減を図る。 ・振動撹拌機能をもつ撹拌翼をバックホウ先端 に取り付け、エラリー上の改良剤を吐出しなが · PHC杭(工場製品)を用いることで、品質にバ にサンドマットを造成し、更にその上に土木安 定シートを布設する。 ラツキがなく安定している。 ・牛舎への騒音振動の影響は、基準値以内であ ・地中に設置されるため酸欠状態となり木材は 5、原位置土と複拌混合する。・現場計測結果より、午舎への騒音振動の影響は基準値以内であることが確認されている。 施行しにくく、防腐処理は不要であるとされている。また、木材利用の推進及び二酸化炭素の 固定化を図ることができる。 ・牛舎への騒音振動の影響は、静穏ブラケット 付ブレーカーを使用することで基準値以内とな 45 100 ・3案中もっとも経済性に優れる。 総合評価

表-2 基礎形式比較表

※経済性で示す直工費は、杭打設または地盤改良工法に関わる仮設費を含む。ただし、土工費は除く。 ※配木調整機本体工の経済性は、底版厚45cm、側壁厚30cmの場合のコンクリート・鉄筋工・型枠を算定する。

(3) 配水調整槽構造形式の選定

配水調整槽の構造は、側壁の地表突出高により「地上式」「地下式」「半地下式」に区分され、構造形式は「RC形式」「PC形式」「鋼製パネル」に区分される。地表突出高および構造形式は、施設建設位置の地盤条件、地下水位条件および構造規模から総合的に検討し決定するが、スラリー流出時に早期発見が可能となるよう「地下式」は避け「地上式」または「半地下式」を選定することとした。

検討の条件としては、掘削土量と配水調整槽周辺の整地のために必要となる盛土量のバランスを考慮し、残土量が最小となるよう側壁の地表突出高は「半地下式」を選定した。また、構造形式は経済比較を行いもっとも経済性に優れる「RC形式」を選定した(表-3)。

表-3 配水調整槽構造形式の経済比較

構造形式	比較条件	直接工事費(円)
現場打RC構造	部材厚 側壁 0.3m, 底版 0.45m 鉄筋コンクリート 460m ³ 鉄筋 78t	34, 401, 366 (1. 00)
プ レキャスト PC パ ネル槽	鉄筋コングリート 220m³(底版) 鉄筋 31t 側壁ペネル 48枚	36, 063, 587 (1. 05)
鋼製パネル槽	鉄筋コンクリート 220m³(底版) 鉄筋 35t 鋼製ペネル 180 枚	38, 404, 811 (1. 12)

(4) 杭基礎施工の影響検討

杭基礎施工時には、牛舎からの離隔距離72.0m 地点において、既製コンクリート杭 ϕ 300×137本 の打ち込みが必要となる(図-5)。

杭打工で生じる騒音および振動による牛舎への 影響が懸念されたことから、騒音および振動につ いて検討した。



図-5 牛舎と杭打設位置

表-4 杭打工で生じる騒音レベルの計算

	騒音パワーレベル	配水調整	善(72m)	基準値4
	御虫目ハ ケ レハル	予測値	構造物内	本中胆 "
鋼管杭	123db	78db	63db	85db
PHC杭	117db	72db	57db	8900

※騒音パワーレベルは、油圧ハンマ6.5 t 使用の値を適用する。 ※構造物内は、家屋内補正値として予測値より15dbを減じる。

表-5 杭打工で生じる振動レベルの計算

	振動心心		荃槽(72m)	基準値 7
	1灰野ルベル	予測値	構造物内	本华胆"
鋼管杭	7m/88db	54db	59db	75db
PHC杭	7m/85db	51db	56db	7900

※振動レベルは、油圧ハンマ6.5 t 使用、建設作業機械からの距離7 m の値を適用する。。

※構造物内は、家屋の振動増幅量値として予測値に5dbを加算する®。

計算結果より、騒音レベル、振動レベルともに 基準値内となり、牛舎への杭打工による影響は生 じないことを確認した(表-4、表-5)。

また、家畜は長期的な騒音や振動に対し、無害であることを学習し、慣れてしまうことが多いため、長期的な杭打設による影響は生じないと判断した⁸⁾。ただし、施工開始直後には驚きや恐れ、ストレス状態を呈することが懸念されるため状況を監視する必要がある。

また、施工時には、杭の試験施工による騒音および振動を測定し現地への影響を確認した上で、 施工を行うことが望ましい。

4. 提案事項等工夫点

(1) 既設構造物の簡易機能診断

スラリータンクの設計容量として既存スラリータンクを活用することの可否判定を目的として施設の簡易機能診断を行い、施設の健全度をS-4と評価した。軽微な変状は認められるが定期的に観察することで今後の活用が可能であることを確認した。

簡易機能診断状況を写真-2に示す。

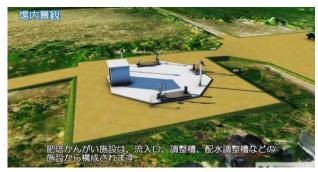


写真-2 簡易機能診断状況(圧縮強度測定)

(2) 完成アニメーションの作成

UAVによるオルソ画像を用いて、設計内容や 末端施設のシステムについてのアニメーションを 作成し、受益者への説明時に使用した(写真-3、 写真-4、写真-5)。

その結果、施設の配置位置や規模、高さ関係の ほかに施設のシステム等を理解していただいたう えで、整備内容についての説明を丁寧に行うこと ができた。



写真一3 アニメーション (肥培かんがい施設の完成イメージ)



写真-4 アニメーション(管理用道路走行イメージ)



写真-5 アニメーション(肥培かんがいシステム説明)

(3) 経済的な設計

1) 二次製品の活用

流入口に二次製品を活用することで、工期短縮 を可能とすると同時に経済性に優れた設計を行った。 施工に要する日数は、現場打RC構造の場合は64 日程度、二次製品の場合は14日程度となり、約50日の工期短縮が可能となる。施工中は、牛舎のふん尿溝内にふん尿を貯留し2日に1回ふん尿清掃処理を行う必要があることから、工期短縮に伴ってふん尿清掃回数を減少することが可能となり、経済性にも優れる結果となった(表-6)。

表-6 流入口の経済比較

構造形式	概算直接工事費(円)		判	Ē
現場打 RC 構造	本体工	2, 082, 000	経済性	0
	土工	384, 100	施工性(工期)	×
	仮設工	1, 771, 000	施工性(騒音等)	×
	合計	4, 237, 100 (1. 10)	総合評価	× (不採用)
コンクリート 二次製品	本体工	3, 339, 000	経済性	0
— (人表印	土工	200, 300	施工性(工期)	0
	仮設工	300, 000	施工性(騒音性)	0
	合計	3, 839, 300 (1. 00)	総合評価	○ (採用)

2) 既設スラリータンクの活用

4. 提案事項等工夫点(1)に記したとおり、既設スラリータンクに対して簡易機能診断を行うことで施設が将来的にも利用可能であることを確認し、整備施設容量の減少を図った。既設スラリータンク容量は1,564㎡であり、同量を事業で整備した場合と比較して直接工事費で17,481千円の縮減が想定される(表-7)。

表-7 既設スラリータンクの活用によるコスト削減

(4) タンチョウ転落防止対策

タンチョウの配水調整槽への転落事故が過去に 発生していることから、対策案について検討を行った。 地区内では、タンチョウの配水調整槽への誤着 陸を防ぐため、配水調整槽の壁に金具を取り付け てトラロープを設置し、ウィンチを用いてたるみ を調整する対策がとられている。

上記の従来対策と飛来防止効果が同程度で経済性に優れた対策方法として、配水調整槽側壁にアンカーボルトを用いてUボルトを設置し、防鳥用テグスをターンバックルで緊張する方法を提案した(図-6)。

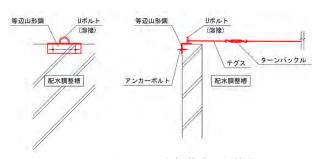


図-6 タンチョウ転落防止対策案

5. おわりに

本稿では、国営環境保全型かんがい排水事業別 海北部地区の用水路末端施設の設計事例を紹介した。

施設整備が実施されることによって、良質なスラリーの適期適量散布による農業生産性の向上と環境保全型農業の推進が図られることを期待する。 最後に、本稿をまとめるにあたり御指導、御協力いただきました北海道開発局 釧路開発建設部 根室農業事務所並びに関係各位に厚く御礼申し上げます。

(㈱ズコーシャ 技術部 課長 (技術士))

引用文献

- 1) 北海道: 土木用木材・木製品設計マニュアル p -14 (H12. 12)
- 2)太田宏、堺友昭:建設騒音の測定と予測p-168
- 3)太田宏、堺友昭:建設騒音の測定と予測p-176
- 4) 環境省:特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準 厚生省・建設省告示1号
- 5) 財団法人日本騒音制御工学会:騒音制御工学ハンドブックp-614
- 6) 一般社団法人産業環境管理協会:新・公害防止の 技術と法規p-377
- 7) 環境省:振動規制法施行規則 別表第1
- 8) 三村耕:改訂版家畜行動学p-24

中山間部の運土を伴う区画のほ場整備の設計

荒口 誠

1. はじめに

本業務は、国営緊急農地再編整備事業「大雪東川第一地区」のほ場整備工事の実施設計を行ったものであり、業務対象地の特徴として、排水路流末が既設の倉沼川排水樋門の高さで固定されており、暗渠排水の深さをほ場毎で検討する困難なものであった。このため暗渠排水深を確保するため、耕区外から心土を運びほ場高さを確保する運土計画を提案した。

環境に配慮した点としては、汚濁防止施設に椰子 繊維フィルターを使用し、地域環境を保護する対策 を提案した。さらに、廃棄物として処分されるすき 取り物を法面被覆に流用するなど、環境配慮を兼ね たコスト縮減も提案した。

また、受益者・関係機関等と積極的にコミュニケーションを図り良好な関係を構築し、円滑な業務遂行に努めた。

2. 地区の概要

「大雪東川第一地区」は、上川郡東川町に位置し (図-1)、一級河川石狩川水系忠別川及び倉沼川と その支流沿いの水田地帯であり、水稲を主体に大豆、 野菜類等を組み合わせた農業経営が行われている。

本地区の農地は、小区画であり、土壌条件により



図-1 「大雪東川第一地区」の位置

排水不良などが生じ、効率的な農作業を行うための 妨げとなっていること等から、今後、耕作放棄地が 増加するおそれがある。

このため、事業では、区画整理1,335haを施行し、 耕作放棄地を含めた農地の土地利用を計画的に再編 し、さらに、担い手への農地の利用集積を推進するこ とにより、緊急的に生産性の向上と耕作放棄地の解 消・発生防止による優良農地の確保を図り、農業の 振興と地域の活性化に資することを目的としている。

3. ほ場の現状と問題点

設計の対象となるほ場は、北側から西側の背面を 山地に囲まれ、南側には道営事業で建設された排水 路が流れている。ほ場内の標高差は最大で6.5mあ り、山地を起因とする小ほ場によって、現在は休耕 田となっているほ場が数多くあった。

受益者に聞いたところ元々は、区域の中心に沢があり、それを開墾後に自ら埋めた地形であった(図-2、写真-1)。

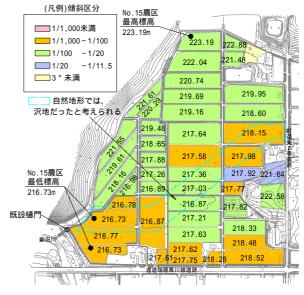


図-2 現況ほ場の傾斜区分



写真-1 現況ほ場の空中写真(図-2の右側から撮影)

また、排水路の最下流には倉沼川に接続する既存 の樋門があり、さらにその直下流には、既存の頭首 工があることから、現況高さ以下に排水路の河床高 を下げるのは困難であった。

4. ほ場高さの検討について

(1) 排水路縦断の検討

貸与資料の区画割計画図を基に、発注者や受益 者と協議を行い、ほ場形状や用排水路延長が異な る計画平面図3案を作成し、十工量・用排水路延 長を比較した。しかし、いずれの案も排水路の放 水口の高さが制限されているため、暗渠排水管と 排水路本管に必要な落差が確保できず、このまま では耕区内に暗渠排水を布設することは困難であっ た (図-3)。

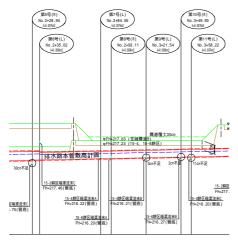
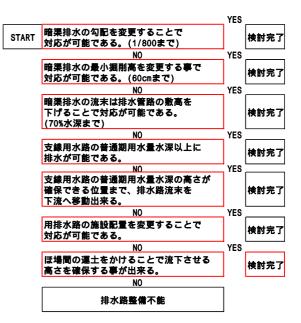


図-3 暗渠出口高を想定した縦断図の一部

(2) 排水路整備フロー

排水路の整備条件については、発注者並びに国 営事業推進室で検討された整備フローが示されて おり、それに従いほ場間で運土を行う対応策を選 定した (図-4)。



図ー4 排水路整備フロー

(3) 覆土計画とその範囲

暗渠排水必要高に対して、ほ場面高が不足する 耕区については、隣接する耕区から心土を運ぶ 「運土」を行い、必要ほ場高を確保することにし た。その範囲を図-5に示す。



図-5 覆土対象区域

(4) ほ場計画高の決定

覆土対象の耕区は、旧沢沿いの3耕区となり、 運土を行う事で、暗渠埋設深の確保と排水路の埋 設深の確保が可能となる。ほ場計画高の決定は、 排水路の70%水深が暗渠排水管の底高以上になる 排水路計画高を想定し、条件を満たすほ場高を計 算し決定した(図-6)。

排水管断面図排水70%水深暗渠管

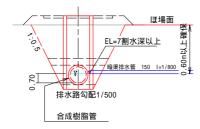


図-6 ほ場高決定根拠図

5. ほ場内運土計画

一般的に、運土計画を伴う基盤切盛工法の場合は、 山地や丘陵地の畑や草地などの整備計画に用いられ、 山成工や改良山成工として整備している。

本業務においては、水田地帯での大規模な基盤切盛による耕区外運土を行うため、運土計画を含めた土工計画を行い、改良山成工に準拠した設計を行った。

(1) 造成勾配

一般的に丘陵地や畑地・草地などは造成勾配を6°(10.5%)以下で設計を行うが、本業務では水田整備であるので、耕区内勾配はLEVELとして計画する。

(2) 法面勾配

法面勾配に関しては、地区の基本設計で検討されており、切土法面勾配1:1.0、盛土法面勾配1:2.0 (耕区間標高差H=0.70m以上の場合)で計画した。

(3) 土工計画

土工量の計算方法は多種(断面法・等高線法など)の方法があるが、原則としてメッシュ法(水柱モデル法・平面回帰法)による。本業務においては現況平面図より現況地盤高を抽出し、計画地盤高を想定して土工計算を行うメッシュ4点平均

標高法での土工計画とした。

4点平均標高法は、メッシュの4隅の高さの平均値をメッシュ全体の高さと考えた階段状の地形であると考えて計算する。ほ場内に配置したメッシュの位置については、図-7のとおりである。

4点柱状法では、4つの格子毎に切土・盛土が発生するが、4点平均標高法では、4つの格子点の高さを平均してから土量計算を行う。そのため、4点柱状法の様に同一メッシュ内に切盛両方の土量が発生する場合がない。4点平均標高法では、必ず切盛どちらか一方の土量しか発生しない。

この場合、4点平均標高法で計算した土量は、 4点柱状法のメッシュ内で発生した切盛を相殺し た土量となる。そのため4点柱状法や1点法に比 べて切盛土量は小さくなるが、切盛差は同じにな る利点がある。

ほ場の端部においては、形状がメッシュ状では ないので別途各メッシュで重心計算を行っている。 詳細は(5)端部処理で述べる。



図-7 ほ場に配置したメッシュ

(4) 土量計算

4点平均標高法は、4つの格子点で囲まれた部分に20mのメッシュを発生させ、各格子点を平均した標高をメッシュ全体の標高と考えて柱状法に

より土量を計算した。重心はメッシュの中央となる (図-8)。

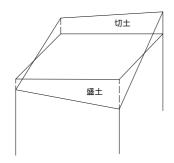


図-8 4点平均標高法

格子点(I, J)~(I+1, J+1)から発生するメッシュ(I, J)の土量とその重心位置は、以下のようにして計算した。

計画高 PH(i, j)~PH(i+1, j+1) 現況高 GH(i, j)~GH(i+1, j+1) メッシュ間隔 Di, Dj メッシュ面積 A= Di・Dj

標高差 H1=GH(i, j)-PH(i, j)、 H2=GH(i+1, j)-PH(i+1, j) H3=GH(i, j+1)-PH(i, j+1) H4=GH(i+1, j+1)-PH(i+1, j+1)

H1+H2+H3+H4>0の場合

切土量 Vc=(H1+H2+H3+H4)/4 · A

切土重心 Xc=(J+0.5) · Dj Yc=(I+0.5) · Di

H1+H2+H3+H4<0の場合

盛土量 Vb=-(H1+H2+H3+H4)/4 • A

盛土重心 Xb=(J+0.5) · Dj Yb=(I+0.5) · Di

切盛土のバランス計算は、残土が切土量の3% 以内となるまで試算を行う。また、施工基面高 (計画標高) はm単位とし、少数点第2位まで表 記した。

(5) 端部処理

境界線による工区指定を行った場合、計算対象となるメッシュ単体の工区内にかかる部分の面積とその図心位置を計算した。4点平均標高法の場合メッシュ標高は、図心位置から計算した。この標高に工区内メッシュ面積を掛けてそのメッシュ土量とした。重心位置は、メッシュの図心位置となる(図-9)。

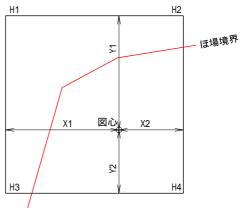


図-9 端部の標高計算

図-9の場合のメッシュ標高Hは次の式で計算 出来る。

H =

$$\frac{\text{H1} \cdot (\text{X2} \cdot \text{Y2}) + \text{H2} \cdot (\text{X1} \cdot \text{Y2}) + \text{H3} \cdot (\text{X2} \cdot \text{Y1}) + \text{H4} \cdot (\text{X1} \cdot \text{Y1})}{(\text{X1} \cdot \text{Y1}) + (\text{X1} \cdot \text{Y2}) + (\text{X2} \cdot \text{Y1}) + (\text{X2} \cdot \text{Y2})}$$

(6) 土質変化率

土量補正係数は、地区統一事項により砂質土・ 粘性土の相互状態であることから、標準値より f =0.9 とした。

(7) 輸送問題の考え方

輸送問題の考え方を図-10の輸送問題のモデル を使って説明する。

切土点1, 2, 3 から盛土点1, 2, 3, 4, 5 に心土を 運ぶ際に、どうすれば最もコストが少なくて済む か考える。

Xijは、切土点iから盛土点jへの運土量を表す。 切土点1,2,3の供給可能土量は、16㎡,35㎡,19㎡ である。 一方、盛土点1, 2, 3, 4, 5 の需要は18㎡, 17㎡, 14㎡, 6 ㎡, 15㎡である。Xijの前に付く係数 3 m, 6 m, 7 m・・・は、距離によりコストが異なることを示す。

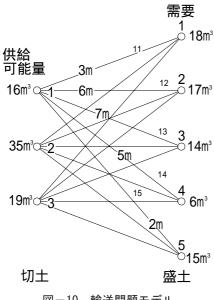


図-10 輸送問題モデル

これらの条件の下で総輸送コストを最小にする 問題が輸送問題である。

最小化

$$3x_{11} + 6x_{12} + 7x_{13} + 5x_{14} \\ + 2x_{15} + 8x_{21} + 3x_{22} + 4x_{23} \\ + 3x_{24} + 5x_{25} + 2x_{31} + 8x_{32} \\ + 6x_{33} + 4x_{34} + 6x_{35}$$

条件

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} &\leq 16 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} &\leq 35 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{15} &\leq 19 \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} &\geq 18 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} &\geq 17 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} &\geq 14 \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} &\geq 6 \\ x_{15} + x_{25} + x_{35} &\geq 15 \end{aligned}$$

(8) 実際の計算

実際の計算は、各メッシュを行と列に置き換え、 切土と盛土の合計が $0 \, \mathrm{m}^3$ (許容 $3 \, \mathrm{m}^3$) になるとい う条件が合致するまで、繰り返し行う(図-11)。 最初に各切土ブロック(搬入ブロックを含む)と盛土ブロック(搬出ブロックを含む)との間の 最短距離を決定する。切土点と盛土点が直線で結べる(ほ場内なので通行不可能域と交差しない)の で運搬距離は、2点間の直接距離とした。ただし、 計算は、標高差を加味せずに水平距離で行った。

運土の最適化計算とは、運土仕事量(=運土量 ×運搬距離)の合計が最小である運土の組み合わ せを発見する事である。ブロック全体の全ての切 土と盛土の組み合わせが満足するまで相当数の計 算を繰り返し行えば運土の最適化が行われる。

その結果として得られたのが、表-1に示す計算結果である。

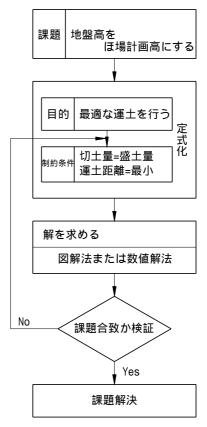


図-11 線形計画法の流れ

表一1 土量計算結果

名	称	No15農区 (15-1~15-8耕区)	備考
造成面積	(ha)	13. 89	15-1~-8耕区整地区域
切土量	(m^3)	43, 028	地山土量
補正切土量	(m^3)	38, 725	土の変化率: 0.9
盛土量	(m^3)	38, 664	
残土量	(m^3)	61	
造成勾配	(%)	0.0 %	(ほ場内の最大傾斜勾配)

以上を今回のほ場面に置き換え市販のアプリケーションソフトで計算し、作成したのが図-12の運 土計画図と表-2運搬距離計算書である。



図-12 運土計画図

表-2 運搬距離計算書(一部)

運搬距離計算書(0~60m未満)

運搬距離計算書(60m~以上)

	建掀此种。	計昇書(0~	OUIII不何/			建掀此种	計昇書(60	III ^C 以工)	
切土番号	盛土番号	土量 (m³)	運搬距離 (m)	運土積 (m ⁴)	切土番号	盛土番号	土量 (m³)	運搬距離 (m)	運土積 (m ⁴)
91	90	8	22.96	184	88	31	13	75.66	984
92	89	8	49.58	397	88	32	59	64.03	3,778
120	118	3	47.07	141	89	30	18	95.68	1,722
256	254	21	45.00	945	89	59	54	61.12	3,300
258	256	7	47.52	333	90	86	3	84.92	255
284	282	35	42.18	1,476	90	87	106	66.68	7,068
298	327	4	36.72	147	91	56	36	153.67	5,532
298	328	3	56.72	170	91	87	83	79.66	6,612
299	299	2	10.00	20	92	56	15	170.37	2,556
299	328	5	47.08	235	115	31	24	81.35	1,952
310	308	37	45.04	1,666	115	82	36	118.24	4,257
311	309	12	42.75	513	115	83	12	104.19	1,250
311	310	44	24.78	1,090	116	31	72	89.48	6,443
318	315	126	55.34	6,973	117	86	123	86.15	10,596
318	316	63	40.47	2,550	118	84	88	142.60	12,549
319	319	30	10.02	301	118	85	236	122.64	28,943
320	291	10	36.56	366	119	58	236	145.20	34,267
320	292	3	28.98	87	119	83	88	178.37	15,697
320	319	1	19.26	19	120	83	89	201.76	17,957
325	326	6	20.00	120	120	84	156	183.94	28,695
325	327	6	34.00	204	120	86	25	144.09	3,602
325	353	1	28.28	28	120	115	124	103.98	12,894
325	354	3	39.45	118	120	117	24	63.83	1,532
325	355	2	58.52	117	121	57	181	199.32	36,077

6. 大規模法面保護について

(1) 法面の現状

本地区は、号線道路に囲まれた殖民区画の農区と山際に隣接する農区とが混在している。山際と隣接する農区での基盤造成は、耕区間の段差及び隣接する現況地盤からの法面が大きくなる傾向にある。現在、本地区では高さH=0.7m以上に設置される法面は、1:2.0と法面勾配を緩くして対応を行っている。業務受注後に近隣の施工済み農区を見学した際に、落差のある法面を中心に、法面のガリ浸食が見受けられ、法面際のキャッチ排水などが埋まっている箇所が複数箇所あった(写真-2)。この原因は、工事完了後しばらくは裸地状態であり、降雨や雪解けにより法面に水が走りガリ浸食が起きたと推定した。



写真-2 地区内のガリ浸食の様子

本来、この様な法面には何らかの対応を行うべきであるが、現地では草等の自然な活着を期待しつつ、補修を行っていた。補修対策として吹付植生工などを行うと、工事費の増大へ繋がり事業費の圧迫となってしまう。

(2) スキ取り土について

伐根物及びスキ取り物の地上部にある草植物は、 刈り取られて処分されている。また、地中部分の 茎や根が混在する部分も、一緒に産廃処理されて いる。

この表土下で処分されている「スキ取り土」 (図-13) を法面保護に活用するものである。ス キ取り土の有効性は、次の効果が考えられた。

- ①有機質を多く含んでおり、植物育成には良好で ある。
- ②既存植物の根や種子などを含み、周辺自然環境にも配慮される。
- ③自然発芽能力や活着力が高く、早期に自然回復 が可能である。
- ④草根類を含んでいるため繊維分が多く、粘着力 が高い。また、雨水等の流出や浸食にも安定性 が高い。

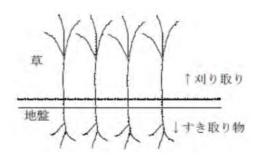


図-13 スキ取り土のイメージ

(3) 有効活用の提案

本業務においても、地形的条件から多くの法面が形成されることが予想されたので、「スキ取り土の有効活用による法面保護対策」の提案を行った(図-14)。

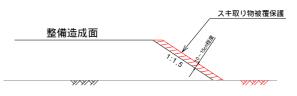


図-14 スキ取り土の法面被覆

現在、区画整理工事後の法面部は、裸地状態であり、自然に草植類が生育するのを期待している 状態である。

春先の融雪時や降雨による法面崩壊などが懸念されていることから、「スキ取り土」で法面へ被覆を行い、早期法面安定とスキ取り物の一時堆積物の軽減、環境負荷への配慮を行うものである。

「スキ取り土」の法面への有効活用は、高規格 道路などの法面保護などで施工実例があるが、農 業関連での法面保護での活用は少ない。廃棄物と して処分されるスキ取り土を法面への被覆材として、再生利用することで廃棄物処分費の削減と環境負荷の軽減となる。

スキ取り土は、近傍農区の実績より0.5t/haとして、当農区に当てはめると0.5t/ha×17.5ha=8.8tが発生し、通常の産業廃棄物処分費に比べて、全体で約10万円のコスト縮減になる。

7. 環境配慮について

本業務では工事期間中の濁水処理については、新技術情報提供システムNETIS (登録番号: QS-100035-VE) に登録されている天然椰子をフィルター材として活用する「環境配慮型濁水処理フィルター工法」を提案した。

本工法は、土粒子で構成された濁水を主要適応範囲としており、薬剤などを使用しない環境に配慮した濁水処理対策が行えるため、農業ほ場整備工事に最適な工法と言える。



写真-3 鋼製水槽設置例



写真-4 水槽内の天然椰子フィルター材

使用方法は、施工対象ほ場内の最下流に鋼製水槽を設置し、水槽内に天然椰子フィルター材を固定し 濾過する。濾過した水は近隣の排水路に放流する (写真-3、写真-4)。

8. 受益者とのコミュニケーションの形成

業務受注後の現場立入に当たっては、管理技術者 (筆者)が直接受益者に作業手順の説明を行い、顔 見知りとなった。業務を通して開催した2回の地元 説明会においても筆者が中心となり、受益者の意見 を聞いた上で設計に反映させた。また、地形測量の 補足が必要になった時は、筆者が直接VRS-GNSS(仮 想ネットワーク型衛星測位測量)機器を操作し地形 を把握した。その際、現場で会った受益者と営農形 態も含めた雑談等にも応じ、受益者とのコミュニケー ション形成に留意し、ほ場区画の決定や施設配置計 画に役立てた。

また、その後も支障物件となるカラ松植林の見出 し設置なども、地元であることから、筆者が現地に て行い説明することで、受益者から厚い信頼を得る など、良好な関係が構築できた。



写真-5 筆者による VRS-GNSS 測量

9. 終わりに

設計に当たっては、発注者の旭川開発建設部旭川 農業事務所並びに東川町国営事業推進室の多大な御 協力並びに指導を受けたことを感謝する。最後に本 稿提出の機会を与えてくださいました北海道土地改 良設計技術協会に感謝申し上げる。

(㈱三幸ランドプラニング 技術部 主任技師(技術士))

傾斜地の区画整理設計業務における受益者説明の工夫

別所 巨貴・ 小林 大介

1. はじめに

本稿は、国営緊急農地再編整備事業ニセコ地区で整備するほ場整備実施設計業務を行うにあたり、受益者説明に3D映像モデル及び3D模型を使用し、良好な効果が得られたのでその概要を報告するものである。

2. 地域の概要

(1) ニセコ町の概要

国営緊急農地再編整備事業ニセコ地区は、北海道の西部、後志管内のほぼ中央にある虻田郡ニセコ町に位置する(図-1)。地形は、東を国立公園にある羊蹄山、北を国定公園にあるニセコアンヌプリの山岳に囲まれた丘陵盆地であり、町の中央を流れる一級河川尻別川やその支流沿いに農地が広がる農業地帯である。ニセコ町は以前より観光地として有名であり、良質なパウダースノーが提供できるスキー場は、海外からも評判が高い。近年は年間を通じたリゾート地として整備が進められ、海外からの移住先として定着するケースも多い。



図ー1 ニセコ地区位置図

(2) ニセコ地区の概要

ニセコ地区の農地は、本格的な基盤整備が遅れているため、2 ha未満の畑が約8割、50 a 未満の水田が約9割を占める小区画ほ場が大部分であり、その多くは傾斜地に立地する。加えて、土壌に起因する排水不良や石礫が多く、効率的な農作業を行うための妨げとなっていること等から、今後、耕作放棄地が増加するおそれがある。このため、本事業では、区画整理を施行し、農地の土地利用を計画的に再編し、さらに、担い手の経営規模の拡大を進め、生産性の向上と耕作放棄地の解消・発生防止による優良農地の確保を図り、農業の振興を基幹とした総合的な地域の活性化を図ることとしている。

3. 設計内容

当該業務は、水田16.7haからなるAブロックと畑地11.6haからなるBブロックの区画整理実施設計である(図-2)。本稿では、狭小かつ高低差の大きい棚田状の現況ほ場を大区画化するAブロックについて報告する。

なお、ニセコ地区の標準区画は、普通畑で4.9ha (272m×180m)、水田で1.0ha (174m×60m) である。

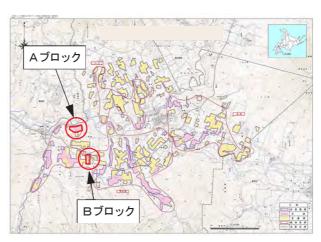


図-2 当該業務位置図

4. Aブロックの現況ほ場の概況と課題

Aブロックの現況ほ場は、これまで大規模な整備がされておらず、効率的な農作業を阻む狭小な区画や、用排水施設の老朽化に伴う機能低下などが営農の妨げとなっている(写真-1)。河川側の湾曲した区画、段丘側の小区画かつ急峻なほ場、煩雑かつ一部未整備の用排水施設、狭小急勾配の農道などが営農作業効率低下の要因であり、ニセコ地区全体の課題とも合致する。以下に概要と課題を整理する。①地形は、尻別川と河岸段丘の間に拓けた水田地帯であり、地形が平坦な河川側と急峻な段丘側に区分される(写真-2)。

②河川側のほ場は、緩やかな地形上にあるが、尻別川の湾曲に沿った区画であり、営農作業に不利な形状である。現況ほ場は、1枚あたり面積が0.32ha~1.25haとばらつきが大きいが、田差は0.32m~1.86mと小さめのほ場である(写真-3)。

③段丘側のほ場は、段丘沿いの急峻な地形のため棚田状の様相を示す。現況ほ場は、ほ場の短辺長が10~40mで、ほ場1枚あたり面積が0.09ha~0.43haと非常に狭く、田差も1.24m~3.69mと大きいなど、小区画なほ場が棚田状に4~5枚隣接する。これらの狭小かつ田差の大きなほ場は、営農作業効率の低下、営農機械の大型化を拒むなど、今後の耕作放棄地化を助長する可能性がある(写真-4、写真-5)。



写真-3 河川側ほ場



写真-1 Aブロック空撮写真



写真-2 Aブロックの地形的特徴(Google Earthより)



写真-4 段丘側ほ場1



写真-5 段丘側ほ場2

④用水は、高位部に設けた溜池で賄い、簡易パイプ と用排兼用水路で各ほ場に配水している。溜池の 貯水量は雪解け水や降水の有無に影響されやすく、 用水管理に多大な労力を要し、干ばつ時は特に苦 慮している(写真-6)。



写真一6 溜池

- ⑤排水は、地形沿いに発達した沢伝いに尻別川へ流下する。土水路が多く、一部にトラフ装工等で護岸はされているが、急勾配なため局所的な洗堀が多数発生し、維持管理に苦慮している(写真-7)。
- ⑥農道は、ほ場を連絡する幅員の狭い耕作道があるが、特に段丘側の農道は、路面勾配6~9%の急 勾配でスリップの恐れも大きく、通行できる車両が限られるなど、車両逸脱など危険性も高い(写真-8)。



写真-7 排水路(洗堀)



写真-8 農道

5. 設計計画

現況ほ場の課題を踏まえた設計方針を以下に示す。 ①ほ場の大区画化を基本とした整備を行うこととし、 受益者の希望を踏まえ、営農の効率向上を図るこ ととする。

②河川側ほ場は、比較的平坦かつ面積も大きいため、 受益者も現況の区画形状の変更を求めていない。 よって、ほ場周囲の農道や用排水施設を整備する (図-3)。



図-3 河川側のほ場

③段丘側の棚田状の狭小なほ場は、現況が3段及び 5段の水田を計画では2段として、ほ場の短辺長 を $40\sim50$ mに拡大する。ほ場の長辺長も180m前後を確保することで1枚あたり0.28haから1.12haに拡大し、大区画化による営農効率の向上を図る(図-4)。



図-4 段丘側のほ場

- ④用水路は、従来の水源である溜池を存置しつつ、 ほ場区画の整備に併せた用水系統を整備し、流量 に見合ったトラフ等の護岸装工を行う。
- ⑤排水路は、現況の排水系統を重視しつつ、流量に 見合ったトラフ等の護岸装工を行う。
- ⑥農道は、幅員の拡幅や交差点に隅切りを設置し、

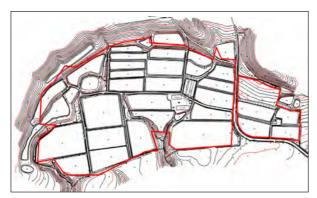


図-5 現況平面図





図一6 計画平面図

- 縦断勾配の緩勾配化により車両の通行性を向上させる。

6. 受益者説明会の開催と課題解決の経緯

ニセコ地区では受益者説明会が3回設定されており、以下により説明を行った。

- ①第1回説明会は整備要望の聞取りのほか、ほ場の 特徴や湧水・礫土などの営農阻害要因、支障物件 等を確認した。
- ②第2回説明会では、概略計画図の確認を行った。 説明にあたり、区画整理の受益者説明では一般的 である2Dモデル(計画平面図や横断図)や写真 (空撮写真含む)等を使用した。しかし、当該地 域のように現況の小区画かつ急峻なほ場や、錯綜 した用排水路などの現況図に計画整備案を重ねる と、多数の複雑な線と線が交錯し、かつ平面図が 1/1000と小さいことも相まって、受益者が理解で きるような立体的な計画イメージの説明に苦慮し た。これについて、地区の課題ともいうべき受益 者が持つ設計イメージと施工段階の出来形のズレ が発生する可能性が高く、課題の残る説明会となっ た。
- ③第3回説明会は、詳細設計の確認を行った。 第2回説明会の課題を踏まえ、設計者が説明し易いよう、また、受益者も理解しやすくなるよう、 3D映像モデル(写真-9)と3D模型(3Dプリンタで製作)(写真-10)を準備し、説明会に 使用した。その結果、設計者の説明が少なくて済み、また、受益者の理解の向上と意思疎通も図れた。



写真-9 受益者説明会(3D映像モデル)



写真-10 受益者説明会(3D模型)

7. 受益者説明会の課題解消に向けた対策と効果

受益者にとって、設計段階で説明を受けた計画イメージと、施工段階の出来形とのズレが大きいという事例が発生しているという報告がある。当該業務では、受益者の理解を十分得られるよう、前述のとおり、第3回説明会において、3D映像モデルと3D模型を活用し、良好な効果が得られた。

(1) 3 D映像モデルと3 D模型の作成

3 D映像モデルは、計画平面図、横断図、simデータ、空撮写真を素材として、3 D C A D により製作した。また、simデータと空撮写真については、U A V を用いた(写真-11)。



写真-11 UAV

一般的な3D映像モデルでは、ほ場や道路、法面等の面を単色で塗り潰し、計画イメージだけであれば受益者は出来形をイメージしやすい。しかし、今回のように現況が煩雑な地形では現況と計画の位置関係の把握が難しく、受益者の受け取め方次第では出来形とのズレが生じる可能性が高い。よって、3D映像モデルは、表面に現況の空撮画像を表示させ、計画線はほ場畦畔や道路、法肩等の枠組み線にのみに限定することで、現況との対比が容易になるよう工夫した。

3 D模型は、3 D映像モデルをそのまま3 Dプリンタから出力するが、1 回に製作できる大きさに限度があることから、区画整理は対象が大きいため、2 分割に分けて製作した。

(2) 課題解消のための対策と効果

説明会での課題を解消するため、以下の対策と 効果を期待し、理解度の向上に取り組んだ。

- ①3 D映像モデルを活用した、視覚による向上効果
- ②3D模型を活用した、施設の具体的な大きさや 高さ等のバランスを把握し、視覚と触覚による 向上効果

Aブロックのほ場は、狭小な小区画ほ場と急峻な用排水路や農道が錯綜し、受益者にとっては現状把握の認識でさえ困難な場合があった。しかし、3 D映像モデルと3 D模型を用いた説明によって計画イメージが受益者に伝わりやすくなったことで、その後の質疑応答や要望の聞取りの内容が具体性に富むものとなった。例えば、計画平面図だけでは気づかなかった農道沿いの残地を3 D映像モデルでは確認できたため、受益者のイメージ通りに農道をほ場の脇に寄せ、残地が無くなる位置に配置することができたなど、受益者との意思疎通を図る一助となった(図-7)。

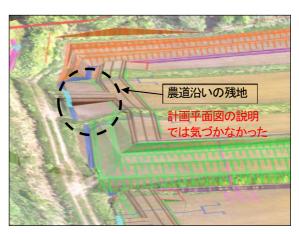
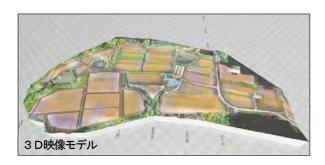


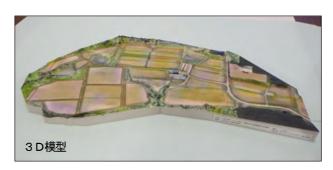
図-7 農道沿いの残地

以上より、受益者説明会に3D映像モデルと3D 模型を用いることは、計画と施工時における相互 の認識向上を図れるものとして期待できる。

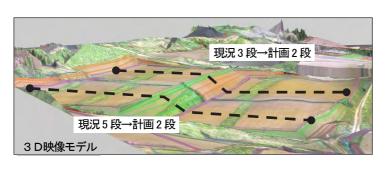
今後の課題は、①これらの作成には時間を要するため、どのタイミングで作成すべきか、②高低差のない平坦な地形では表現にメリハリがなくなるなど、今後の工夫と改良が重要である。

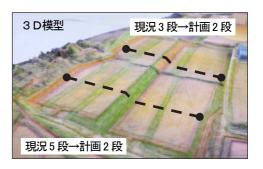
1) A ブロックの地元説明会に用いた3 D映像モデルと3 D模型の対比





①全景(左:3D映像モデル、右:3D模型)





②段丘側ほ場(左:3D映像モデル、右:3D模型)

現況が3段及び5段の水田を計画2段として水田幅を拡大している。現況の空撮画像を表面に表示しているので、 位置関係がわかりやすい。





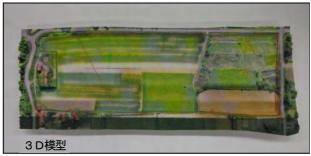
③河川側ほ場(左:3D映像モデル、右:3D模型)

田差が小さいと高さの強弱が発生しづらいため、3D模型化による効果は小さい。

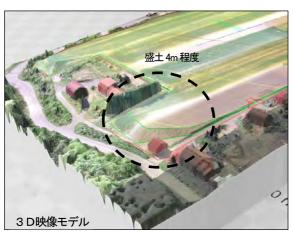
図-8 Aブロックの地元説明会に用いた3D映像モデルと3D模型の対比

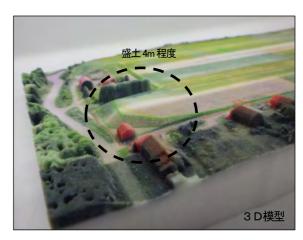
2) Bブロック (畑ほ場) の地元説明会に用いた3 D映像モデルと3 D模型の対比



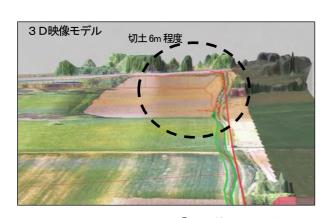


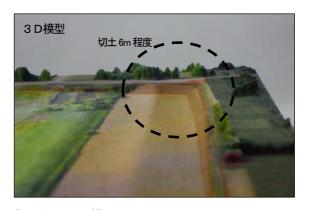
①全景(左:3D映像モデル、右:3D模型)





②盛土箇所近影(左:3D映像モデル、右:3D模型) 3D映像モデルでは盛土箇所の視覚的表現性が高いが、3D 模型ではさらに触感も加わり、理解度向上の効果が高まる。





③切土箇所近影(左:3D映像モデル、右:3D模型) ②盛土箇所と同様に、切土箇所の理解度向上の効果も高い。

図-9 Bブロックの地元説明会に用いた3D映像モデルと3D模型の対比

8. おわりに

本稿では、国営緊急農地再編事業ニセコ地区の受益者説明における工夫した事例を紹介した。

3 D映像モデルはこれまでにも活用されてきたが、 3 D模型はまだ比較的新しい分野と思われ、受益者 及び発注者の関心も高く、評判も好印象であった。

今後、更なる新たな手法やソフトが開発され、受益者への説明方法も時代に併せ随時変化していくものと思われることから、IT化時代に対応する3DCADの積極的活用を含め、研鑽を惜しまずに引き続き努力する。

最後に、本稿作成にあたりご指導ご協力いただきました北海道開発局小樽開発建設部後志中部農業開発事業所、また、発表の機会を与えていただきました北海道土地改良設計技術協会に対し、深く感謝の意を表します。

(サンスイコンサルタント㈱北海道支社 技術部 技術第2グループ長(技術士)) (サンスイコンサルタント㈱北海道支社 技術部 技術第3グループ 技師(技術士補))

参考文献

- ・国営ニセコ土地改良事業計画書
- ・町章・地勢と位置・由来・あゆみ | ニセコ町の 概要 | ニセコ町について | 北海道ニセコ町 (https://www.town.niseko.lg.jp/about_niseko/gaiyo/ayumi/

農業水利施設の機能診断調査及び塗膜分析調査についての事例紹介

本山 隆朗 · 渡辺 雄治

1. はじめに

本稿は、国営かんがい排水事業「天塩川上流地区」で造成された剣和幹線用水路の機能診断調査及び剣和幹線用水路・天塩川第1幹線用水路のゲートや分水工等鋼構造物の塗料に含まれる鉛、クロム、PCBの途膜分析調査についての事例を報告するものである。

2. 対象施設の概要

(1) 地区の概要

天塩川上流地区は、北海道上川総合振興局管内の北部に位置する天塩川上流部と剣淵川沿いの水田を主な受益としている(図-1)。



図-1 対象地区の位置図

地区の基幹水利施設である剣和幹線用水路は、昭和43年から昭和61年にかけて築造され、昭和62年から現在まで利用しているが、施設造成から35年以上が経過し、コンクリートの凍害や摩耗による表面劣化や水路側壁の倒壊等が発生し、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。天塩川第1幹線用水路は、昭和42年から昭和61年にかけて築造され、昭和58年から現在まで使用しており、こちらも造成から35年以

上が経過している施設である。さらに、昭和41年から昭和49年頃に市場に流通していた塗料にはPCB(ポリ塩化ビフェニール)、平成12年以前の塗料には鉛や六価クロムといった、人体に有害な物質が含有しており、当該地区では用水路構造物のうち、昭和45年に整備された施設からPCBが過去に検出されている。

(2) 施設の概要

剣和幹線用水路は剣和頭首工を起点とし、受益面積4,580haに用水を供給する最大通水量14.110㎡/s、全長43.0km、水路形式は開水路・水路トンネル・暗渠からなる施設である(図-2)。また、天塩川第1幹線用水路は天塩川第1頭首工を起点とし、受益面積2,480ha、最大通水量8.936㎡/s、全長19.2km、水路形式は開水路・暗渠からなる施設である(図-3)。本報告は、剣和幹線用水路の機能診断調査及び剣和幹線用水路・天塩川第1幹線用水路で実施した塗膜分析調査の事例である。



図-2 剣和幹線用水路位置図

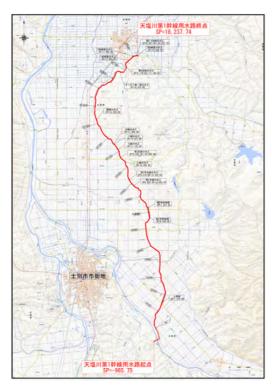


図-3 天塩川第1幹線用水路用水路位置図

3. 機能診断調査結果

(1) 業務内容及び対象区間

機能診断調査の対象となる剣和幹線用水路の業務内容と対象区間を表-1、2に示す。本施設は、平成20年度及び平成24年度に機能診断調査を実施している。

施設の状態が悪い区間については「国営施設応急対策事業でしおがわ剣和地区(平成27年度事業着手)」において、現在整備が進められていることから、本業務では整備予定以外の区間について、機能診断調査を実施した。

表-	1	業務	内	容

作業区分	作業項目		作業内容	
1) 現地踏査			遠隔目視により変状の有無や変状箇所の特定を行う。	
I 現地踏杳、現		①近接目視	現地踏査により決定した調査地点において、目視や簡易な器具による 計測等を行い、変状等を定量的に把握する。	
地調査(定点調 査)及び試験	2) 現地調査(定点調 査)及び試験	②コンクリート強度 推定試験	リパウンドハンマーによりコンクリート表面を打撃し、反発度を測定することで強度を推定する。	
		③中性化深さ試験 (ト゚リル法)	コンクリートドリルにより削孔し、その削粉を用いて中性化深さを測定する。	
	1)業務準備		調査対象施設の周辺の地形、現況、諸施設について調査し、業務実施計画書策定のために必要な現地調査を行う。	
		①資料調査	施設完成時の設計図書及び施設管理記録、地域特性に係る資料等 を収集・整理し診断評価の基礎材料とする。	
	2) 事前調査	②問診調査	施設管理者等から日常利用、操作等の不具合・変状箇所・事故履歴 補修履歴等について聞き取り調査を行い、施設機能に関する課題、問 題点を把握・整理する。	
	3) 施設機能の検討		資料調査及び問診調査を元に、安全性、水利的な機能及び環境面からの要求機能について整理し、診断の重点を設定するほか、要求機能を満足するための要求性能を設定する。	
Ⅱ機能診断	4) 施設の重要度評価		事前調査、現地踏査結果を基に、施設の重要度を評価する。	
	5)性能低下要因の指	定	事前調査及び現地踏査結果を基に、性能低下の推定を行う。また、環境(水質又は周辺環境)条件による性能低下の可能性があるか推定する。	
	6)現地調査(定点調	査)計画の作成	事前調査、現地踏査及び施設の重要度等を勘案し、現地調査(定点 調査)の範囲、調査地点の密度及び調査手法を設定する。	
	7)健全度評価		調査結果に基づき、調査単位毎に施設の健全度の判定を行う。	
	8) 農業水利ストック作 入力及び登録	青報データベースの	上記の作業において作成した資料により農業水利ストック情報データ ベースの入力及び登録を行う。	
	9) 点検とりまとめ		各作業項目の成果物の点検、とりまとめ及び報告書の作成を行う。	

表-2 業務対象区間

番号	I	種/施設名称	機能診断箇所 測 点 調査延長					
	(2) (C) (B) (C) (C) (C) (C) (C) (C) (C) (C) (C) (C			調査延長				
0	暗渠	取水暗渠工	-No. 0 +25.00 ∼		20.00			
2	管水路	三郷サイホン	No. 15 +65.00 ~	No. 17 +80.00	215.00			
3	開水路	放水工	No. 23 +32 36 ~	No. 23 +52.44	20.08			
4	管水路	川南サイホン	No. 33 +92.30 ~	No. 46 +14.00	1, 220.00			
(5)	暗渠	剣和暗渠工	No. 46 +24.00 ~	No. 46 +84 00	60.00			
6	開水路	桜岡サイホン	No. 90 +94.00 ~	No. 92 +74. 70	178. 51			
7	管水路	美羽鳥サイホン	No. 99 +47.00 ~	No. 102 +80. 00	333.00			
8	開水路	放水工	No. 115 +40. 00 ~	No. 115 +90. 00	50.00			
9	管水路	六線川サイホン	No. 115 +90. 00 ~	No. 129 + 8. 00	1, 318. 00			
10	開水路	開水路	No. 129 +18. 00 ~	No. 133 +95. 00	477.00			
11	暗渠	大成暗渠工	No. 143 +75. 00 ~	No. 147 +25. 00	350.00			
12	開水路	開水路	No. 147 +25. 00 ~	No. 160 +80. 00	1, 335. 00			
(13)	開水路	開水路	No. 162 +30. 00 ~	No. 165 +30. 00	300.00			
14)	開水路	日の出サイホン	No. 165 +30. 00 ~	No. 167 +57. 00	227. 00			
(15)	開水路	開水路	No. 169 + 6. 50 ~	No. 175 +10.00	603. 50			
16	暗渠	東丘暗渠工	No. 185 +37, 40 ~	No. 186 +19.00	81.60			
0	水路トンネル	東丘南トンネル	No. 186 +19. 00 ~	No. 189 +68. 00	349. 25			
(18)	管水路	川西サイホン	No. 260 + 0. 00 ~	No. 262 +80. 15	280.00			
(19)	暗渠	第1号暗渠工	No. 262 +80. 15 ~	No. 263 +98. 00	117. 85			
20	管水路	三和南サイホン	No. 268 +40. 00 ~	No. 271 +50. 00	310.00			
(21)	暗渠	第2号暗渠工	No. 283 +15, 39 ~	No. 283 +94. 13	78. 74			
(22)	開水路	三和北サイホン	No. 283 +94, 13 ~	No. 286 +29. 50	235, 37			
(23)	開水路	開水路	No. 286 +29. 50 ~	No. 286 +61, 50	32.00			
24)	管水路	ペオッペサイホン	No. 286 +61, 50 ~	No. 298 + 5, 42	1, 031, 16			
(25)	開水路	北原サイホン	No. 305 +23, 15 ~	No. 307 +71, 73	251. 17			
26)	管水路	十津川サイホン	No. 324 +44, 20 ~	No. 322 +68, 76	826. 56			
27)	管水路	1号川サイホン	No. 337 +15. 28 ~	No. 340 +92, 00	376. 72			
28	暗渠	第4号暗渠工	No. 340 +92. 00 ~	No. 342 +86. 00	194.00			
29)	暗渠	第5号暗渠工	No. 344 +22, 00 ~	No. 347 +24, 00	302.00			
30	暗渠	第6号暗渠工	No. 357 +50. 00 ~	No. 357 +96. 00	46.00			
(31)	管水路	中央南サイホン	No. 357 +96. 00 ~	No. 363 +43, 42	547. 83			
32)	暗渠	第7号暗渠工	No. 363 +83. 42 ~		117.00			
(33)	開水路	開水路	No. 365 + 0. 42 ~	No. 365 +53. 30	52. 88			
34)	暗渠	第8号暗渠工	No. 365 +53. 30 ~	No. 366 +58. 30	105.00			
35)	管水路	西岡南サイホン	No. 377 +29. 00 ~	No. 380 +35. 00	307. 02			
36	管水路	西岡北サイホン	No. 382 +75. 00 ~	No. 393 +14. 50	1. 061. 19			
(37)	暗渠	第9号暗渠工	No. 393 +30. 50 ~	No. 396 +33, 50	303.00			
38)	管水路	パンケヘーオッヘーサイホン	No. 400 +58. 50 ~	No. 414 + 8. 00	1, 347, 9			
(39)		カンテヘオッヘ 71ポン 管水路	No. 414 + 8, 00 ~	No. 414 + 8. 00 No. 426 +75. 57	1, 267, 5			
(38)	管水路	百小岭	NU. 414 + 8. 00 ~		100			
				開水路	3, 762. 5			
		-		暗渠	1, 775. 19			
				管水路	10, 441. 96			
				水路トンネル	349. 2			
				調査延長	16, 328. 9			

(2) 現地踏査

現地踏査は、施設管理者への問診調査結果を踏まえ、下記①~⑥の変状の有無に留意して実施した。

- ① 構造物の変形、傾斜、欠損の有無、程度
- ② ひび割れなどの表面変状の有無、程度(範囲)
- ③ 目地部の変状(段差、止水板の破損、周縁コンクリートの欠損、漏水痕跡、背面土の吸出しの痕跡)
- ④ 水路全体の不同沈下、蛇行
- ⑤ 周辺地盤の沈下、陥没、崩落、構造物の抜上 がり
- ⑥ 水利用上、水理上の性能低下

その結果、主な変状としてはコンクリート剥落、 鉄筋露出、側壁・底版の摩耗、目地からの漏水等が 確認された(写真 $-1\sim3$)。



写真-1 鉄筋露出 (開水路側壁No. 129+56.00)



写真-2 摩耗(第2号暗渠工底版)



写真-3 目地からの漏水(東丘暗渠工)

(3) 現地調査(定点調査)計画作成

本施設は、平成20年度及び平成24年度に定点調査を実施しており、経年的な劣化状況を把握することから過年度にて実施した定点にて、定点調査を実施した。

過年度健全度評価結果及び定点調査位置を表-3に示す。定点調査No.4(開水路)、定点調査No.9(第1号暗渠工)、定点調査No.12(開水路)については、鉄筋露出、目地からの漏水、ひび割れ・摩耗(粗骨材露出)等が確認されたことから、新規定点位置として選定した。

表一3 定点調査一覧

				機能	診断箇所			
					過年月			
番号	工種/施設名称	調査延長 (m)	構造	経過 年数	平成20年度 健全度	平成24年度 健全度	グループ No.	R3 定点調査No
1	取水暗渠工	20.00	H2.68m × B17.50m	49年	S-4	S-3	7	
2	三郷サイホン	215.00	φ 2700mm(CPC管)	52年	S-4	S-4	15	***************************************
3	放水工	20.08	H2.00m×B6.50m (三郷放水工)	52年	S-4	S-2	3	
4	川南サイホン	1,220.00	φ2700mm(CPC管) BOX H2.70m×B2.70m	51~52 年	S-4	S-4 (管内調査)	15	
5	剣和暗渠工	60.00	BOX H2.70m×B4.40m (剣和暗渠工)	50年	S-4	S-3 (定点調査)	7	1
6	桜岡サイホン	178.51	BOX H2.60m × B2.60m	48年	S-4 (定点調査)	S-4	15	2
Ø	美羽鳥サイホン	333.00	φ2700mm(CPC管)	48年	S-4	S-4 (管内調査)	15	
8	放水工	50.00	H2.85m×B4.00m (六線川放水工)	48年	S-4	S-3	4	
9	六線川サイホン	1,318.00	φ2700(CPC管) BOX H2.85m×B2.70m	48年	S-4	S-4 (定点調査)	15	3
(1)	開水路	477.00	H2.00m × B5.80m	46~50年	S-2	S-3	4	4 (新規定点)
11)	大成暗渠工	350.00	BOX H2.80m×B3.00m (大成暗渠工)	47年	S-4	S-3	7	(GI) JOSE MIL
(12)	開水路	1,335.00	H2.00m × B5.80m H2.00m × B5.60m	46年	S-2	S-2	3	
(3)	開水路	300.00	H2.00m × B5.60m	46年	S-4	S-2 (定点調査)	3	5
(14)	日の出サイホン	227.00	BOX H2.50m × B2.50m	46年	S-4	S-4 (定点調査)	14	6
(15)	開水路	603.50	H2.00m × B5.60m	46年	S-2 (定点調査)	S-2	3	
16	東丘暗渠工	81.60	BOX H2.80m×B3.00m (東丘暗渠工)	46年	S-4	S-3 (定点調査)	7	7
10	東丘南トンネル	349.25	R1600mm (無筋コンクリート覆工)	46年	S-4	S-3 (定点調査)	10	8
(18)	川西サイホン	280.00	φ 2700mm(CPC管)	43年	S-4	S-4 (管内調査)	15	
(19)	第1号暗渠工	117.85	BOX H2.00m×B3.50m (第1号暗渠工)	43年	S-4	S-4	8	9 (新規定点)
20	三和南サイホン	310.00	φ 2700mm(CPC管)	43年	S-4	S-4 (管内調査)	15	(MIDEAL MI)
(1)	第2号暗渠工	78.74	BOX H2.00m×B3.50m (第2号暗渠工)	43年	S-4	S-4	8	
00	三和北サイホン	235.37	BOX H2.00m × B3.50m	43年	S-2 (定点調査)	S-4	15	
3	開水路	32.00	H2.00m × B5.00m	42~43年	S-4	S-3	4	
29	ペオッペサイホン	1,031.16	φ2700mm(CPC管)	42~43年	S-4	S-4 (管内調査)	15	
3	北原サイホン	251.17	BOX H2.50m × B2.50m	42年	S-3 (定点調査)	S-4	14	10
260	十津川サイホン	826.56	φ 2600mm(CPC管) BOX H2.50m × B2.50m	42年	S-4	S-4 (定点調査)	14	11
Ø	1号川サイホン	376.72	φ 2600mm(CPC管) BOX H2.80m × B2.80m	41年	S-4	S-4 (管内調査)	15	
28	第4号暗渠工	194.00	BOX H2.60m×B2.80m (第4号暗渠工)	41年	S-4 (定点調査)	S-3	7	
29	第5号暗渠工	302.00	BOX H2.60m×B2.80m (第5号暗渠工)	41年	S-4 (定点調査)	S-3	7	
30	第6号暗渠工	46.00	BOX H2.60m×B2.80m (第6号暗渠工)	41年	S-4	S-2 (定点調査)	8	
31)	中央南サイホン	547.83	φ 2600mm(CPC管)	41年	S-4	S-4 (管内調査)	15	
32	第7号暗渠工	117.00	BOX H2.60m×B2.80m (第7号暗渠工)	41年	S-4	S-3	7	
33	開水路	52.88	H2.60m × B2.80m	41年	S-4	S-4	5	12 (新規定点)
34)	第8号暗渠工	105.00	BOX H2.60m×B2.80m (第8号暗渠工)	41年	S-4	S-2 (定点調査)	7	13
35	西岡南サイホン	307.02	φ 2600mm(CPC管)	40年	S-4	S-4 (管内調査)	15	
36	西岡北サイホン	1,061.19	φ 2600mm(CPC管)	38~40年	S-4	S-4 (管内調査) S-2 (定点調査)	15	14
30	第9号暗渠工	303.00	H2.35m×B2.80m (第9号暗渠工)	39年	S-4	S-3	7	
(3)	ンケペオッペサイホ	1,347.91	φ 2400mm(CPC管)	38~39年	S-4	S-4 (管内調査)	15	
39	管水路	1,267.57	φ 1650mm (HP管·FRPM管·DCIP管)	38年	S-4	S-4	16	

(4) 現地調査(定点調査)結果

1) コンクリート強度推定調査

リバウンドハンマーによりコンクリート表面を打撃し、反発度を測定することで圧縮強度を推定した(写真-4)。現在、非破壊で簡易的にコンクリート強度を推定する方法として、リバウンドハンマーを用いる「反発硬度法」が広く普及している。リバウンドハンマーは日本に導入されてから50年以上の歴史があり、測定装置・方法はJIS基準が定められているが、測定するコンクリートの表面状態の影響により大きく影響を受けることから、補足調査としてコンクリートテスター

(CTS) による圧縮強度試験も併せて実施した (写真-5)。



写真-4 リバウンドハンマー測定状況



写真-5 CTS測定状況

CTSは測定器本体とハンマユニットから構成されており、ハンマ内部に衝撃加速度計が内蔵され、ハンマ打撃からコンクリートの弾性的性質である機械インピーダンズを測定することで圧縮強度を推定するものである。

リバウンドハンマー及びCTSによるコンクリート強度調査結果を表-4及び図-4、5に示す。 測定値は、CTSで測定した方が若干高めとなっ

表-4	コンクリー	ト強度調査結果
-----	-------	---------

					設計基準強度	more and	・音水路消息 トル(無筋)	21.0N/mm
定点調査			対象施設	構造	測定值	CTS	平均值(設計 基準強度)	
No.	工程	施設名称	測点	調査 延長(m)	101-6	(N/mm²)	(N/mm²)	100VELE
ī	暗集	剣和幹線用水路	SP4,674.00 ~ SP4,684.00	10.00	BOX H2 70m × B4.40m	393	34.69	0
2	開水路	桜回サイホン	SP9.252.00 ~ SP9.262.00	10.00	BOX H2.60m × B2.60m	38.7	31.65	0
3	響水路	六線川サイホン	SP12.886.80 ~ SP12.896.50	11.70	φ2700(CPC管) BOX H2.85m×	23.2	28.63	0
4	開水路	剣和幹線用水路	SP13,302,00 ~ SP13,310,00	8.00	H2.00m × B5.80m	25.7	27.02	0
5	關水路	剣和幹線用水路	SP16.278.00 ~ SP16.286.00	8.00	H2.00m×B5.60m	22.9	25.59	0
6	開水路	日の出サイホン	SP16.608.00 ~ SP16.618.00	10.00	BOX H2.50m × B2.50m	24.5	32.86	0
7	暗馬	剣和幹線用水路	SP18,571.00 ~ SP18,579.00	8.00	BOX H2.80m × B3.00m	28.7	29.15	0
8	水路トンネル	東丘喇トンネル	SP18.765.50 ~ SP18.774.50	9.00	R1600mm (無防コンクリート変	37.9	32.28	0
9	暗集	剣和幹線用水路	SP26,358.00 ~ SP26,366.00	8.00	BOX H2 00m × B3.50m	38.2	32.78	0
10	爾水路	北原サイホン	SP30,547.00 ~ SP30,556.00	9.00	BOX H2.50m × B2.50m	32.2	30.27	0
n	管水路	十津川サイホン	SP33.242.30 ~ SP33.251.30	9.00	φ 2600mm(CPC管) BOX H2.50m×	45.2	4003	0
12	開水路	剣和幹線用水路	SP36,532,50 ~ SP36,540,50	8.00	H2.60m × B2.80m	24.5	25.85	0
13	暗渠	剣和幹線用水路	SP36,652.30 ~ SP36,658.30	6.00	BOX H2.60m × B2.80m	29 7	29.95	0
14	管水路	西南北サイホン	SP39,308.50 ~ SP39,315,00	6.50	 	23.0	26.16	0

ているが、いずれも設計基準強度以上であり問題 はない。

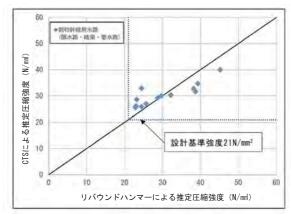


図-4 【開水路・暗渠・管水路(サイホン)】 コンクリート強度調査結果(リバウンドハンマー・CTS)

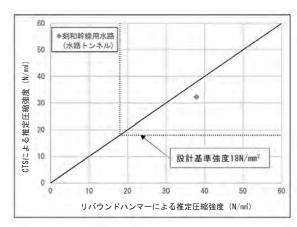


図-5 【水路トンネル】 コンクリート強度調査結果(リバウンドハンマー・CTS)

2) コンクリートの中性化深さ調査

コンクリートドリルにより削孔し、その削紛を 用いて中性化深さを測定した。結果は表-5に示すとおりであり、中性化残りはいずれの箇所も十分のため問題はない。

表-5 中性化深さ調査結果

定点			对象施設		中性化深さ	鉄筋装り	中性化残り	
調査 No.	工種	施設名称	測点	調査延長	構造	(mm)	(mm)	(mm)
1	暗渠	剣和幹線用水路	SP4,674.00 ~ SP4,684.00	10.00	BOX H2.70m×B4.40m (剣和暗渠工)	0.7	50.0	49.3
2	開水路	桜間サイホン	SP9,252.00 ~ SP9,262.00	10.00	BOX H2.60m × B2.60m	3.5	61.0	57.5
3	管水路	六線川サイホン	SP12,886.80 ~ SP12,898.50	11.70	φ 2700(CPC管) BOX H2.85m×B2.70m	3.8	69.0	65.2
4	開水路	剣和幹線用水路	SP13,302.00 ~ SP13,310.00	8.00	H2.00m × B5.80m	9.2	50.0	40.8
5	開水路	剣和幹線用水路	SP16,278.00 ~ SP16,286.00	8.00	H2.00m × B5.60m	12.2	69.0	56.8
6	開水路	日の出サイホン	SP16,608.00 ~ SP16,618.00	10.00	BOX H2.50m × B2.50m	9.4	55.0	45.6
7	暗渠	剣和幹線用水路	SP18,571.00 ~ SP18,579.00	8.00	BOX H2.80m×B3.00m (東丘暗渠工)	8.3	37.0	28.7
8	水路トンネル	東丘南トンネル	SP18,765.50 ~ SP18,774.50	9.00	R1600mm (無筋コンクリート覆工)	※無筋コンクリートため、実施しなし		実施しない
9	暗渠	剣和幹線用水路	SP26,358.00 ~ SP26,366.00	8.00	BOX H2.00m×B3.50m (第1号暗渠工)	0.6	50.0	49.4
10	開水路	北原サイホン	SP30,547.00 ~ SP30,556.00	9.00	BOX H2.50m × B2.50m	5.1	47.0	41.9
11	管水路	十津川サイホン	SP33,242.30 ~ SP33,251.30	9.00	φ 2600mm(CPC管) BOX H2.50m×B2.50m	121	31.0	18.9
12	開水路	剣和幹線用水路	SP36,532.50 ~ SP36,540.50	8.00	H2.60m × B2.80m	3.3	50.0	46.7
13	暗渠	剣和幹線用水路	SP36,652.30 ~ SP36,658.30	6.00	BOX H2.60m×B2.80m (第8号暗渠工)	4.3	53.0	48.7
14	管水路	西岡北サイホン	SP39,308.50 ~ SP39,315.00	6.50	φ 2600mm(CPC管)	1.3	50.0	48.7

3) 健全度評価

各施設の健全度評価結果を表-6に示す。

コンクリート強度結果及び中性化深さ調査はいずれの箇所も許容値内だが、施設状態評価表に示す構造物自体の変状(部分的な鉄筋露出、摩耗・すりへり)が確認された以下の4定点では、過年度(H20・H24)よりも健全度評価が下がっている(表-6 太枠箇所)。

・定点調査2(開水路:桜岡サイホン):S-4→S-3

・定点調査3(管水路: 六線川サイホン): S-4→S-3

・定点調査11(管水路:十津川サイホン): S-4→S-3

·定点調查12(開水路):S-4→S-3

本業務区間における健全度評価の割合は、表-7 よりS-2が17%、S-3が68%、S-4が15%となり施設自体はS-3~S-4の割合が83%を占める結果となった。

表-7 工種毎における健全度の割合

海人庄	剣和幹線用水路	工種における健全度の割合					
健全度	における健全度 の割合	開水路	暗渠	管水路 (サイホン)	水路トンネル		
S-2	17%	15%	19%	24%	_		
S-3	68%	66%	56%	76%	100%		
S-4	15%	19%	25%	_	_		

表一6 健全度評価結果

Г											健全度				
定点調査			対象施設 		##.Xt	構造 施工 経過			過年度評価					令和3年度	
No.	工種	施設名称	測点	調査	特坦	年度	年数		成20年度		平成24年度	Hu →		***************************************	
				延長(m)				健全度	劣化変状	健全度	劣化変状	グループ No.	健全度	要因別	川評価
1	暗渠	剣和幹線用水路	SP4,674.00 ~ SP4,684.00	10.00	BOX H2.70m×B4.40m (剣和暗渠工)	S45	50年	S-4	-	S-3 (定点調査)	鉄筋露出・中性化	7	S-3	内部要因外部要因	S-3 S-5
2	開水路	桜岡サイホン	SP9,252.00 ~ SP9,262.00	10.00	BOX H2.60m × B2.60m	S47	48年	S-4 (定点調査)	欠損	S-4	-	15	S-3	内部要因	S-3
3	管水路	六線川サイホン	SP12,886.80 ~ SP12,898.50	11.70	φ2700(CPC管) BOX H2.85m×B2.70m	S47	48年	S-4	-	S-4 (定点調査)	経年劣化	15	S-3	外部要因 内部要因	S-3 S-3
4	開水路	剣和幹線用水路	SP13,302.00 ~ SP13,310.00	8.00	H2.00m×B5.80m	S47~S49	46~50年	S-2	-	S-3	-	4	S-3	外部要因内部要因	S-5 S-3
5	開水路	剣和幹線用水路	SP16,278.00 ~ SP16,286.00	8.00	H2.00m×B5.60m	S49	46年	S-4	-	S-2 (定点調査)	刺離-鉄筋露出-凉客	3	S-2 ※劣化の範囲も鉱 大しており、過年度 と同様「S-2」とした	外部要因 内部要因 外部要因	S-5 S-3
6	開水路	日の出サイホン	SP16,608.00 ~ SP16,618.00	10.00	BOX H2.50m × B2.50m	S49	46年	S-4	-	S-4 (定点調査)	目地	14	S-4	内部要因	S-4
7	暗渠	剣和幹線用水路	SP18,571.00 ~ SP18,579.00	8.00	BOX H2.80m×B3.00m (東丘暗渠工)	S49	46年	S-4	-	S-3 (定点調査)	鉄筋露出・中性化	7	S-3	外部要因 内部要因	S-5 S-3
														外部要因	S-5
8	水路トンネル	東丘南トンネル	SP18,765.50 ~ SP18,774.50	9.00	R1600mm (無筋コンクリート覆工)	S49	46年	S-4	-	S-3 (定点調査)	目地の損傷・水圧	10	S-3	外部要因 内部要因	S-3 S-4
9	暗渠	剣和幹線用水路	SP26,358.00 ~ SP26,366.00	8.00	BOX H2.00m×B3.50m (第1号暗渠工)	S52	43年	S-4	-	S-4	-	8	S-4	内部要因	S-4 S-5
10	開水路	北原サイホン	SP30,547.00 ~ SP30,556.00	9.00	BOX H2.50m×B2.50m	S53	42年	S-3 (定点調査)	鉄筋露出・欠損	S-4	-	14	S-3	内部要因外部要因	S-3 S-5
11	管水路	十津川サイホン	SP33,242.30 ~ SP33,251.30	9.00	φ 2600mm(CPC管) BOX H2.50m×B2.50m	S53	42年	S-4	-	S-4 (定点調査)	目地滲出し・水圧	14	S-3	内部要因外部要因	S-3 S-5
12	開水路	剣和幹線用水路	SP36,532.50 ~ SP36,540.50	8.00	H2.60m×B2.80m	S54	41年	S-4	-	S-4	-	5	S-3	内部要因外部要因	S-3 S-5
13	暗渠	剣和幹線用水路	SP36,652.30 ~ SP36,658.30	6.00	BOX H2.60m×B2.80m (第8号暗渠工)	S54	41年	S-4	-	S-2 (定点調査)	鉄筋露出・中性化	7	S-2 ※傾倒は過年度と 開業でもよっしか	内部要因 外部要因	S-4 S-3
14	管水路	西岡北サイホン	SP39,308.50 ~ SP39,315.00	6.50	φ 2600mm(CPC管)	\$55~ \$57	38~ 40年	S-4	-	S-4 (管 S-2 (管 S-2 (定点)室) ※S-2評価ロランシッ・12・2/42 は S-4 PM ロランシッ・12・2/45 も S- R 3 定点 レッ・15・2 を は サイシション (調水路)で実施	経年劣化	15	開稿であることか ら、「S-2」とした S-2 ※特徴は過年度と 開稿であることか ら、「S-2」とした	内部要因	S-3 S-3

4. 塗膜分析調査結果

(1) 調査箇所の選定

天塩川第1幹線用水路、及び剣和幹線用水路の うち、業務対象区間には合計88箇所の水門をはじ めとした鋼構造物が存在している。これらは竣工 年度や塗装塗り替えの改修履歴等も様々なことか ら、以下に示す条件より調査箇所を選定した。

1)施工年度、塗替年度

塗膜分析対象の項目のうち、PCBを含有している塗料が流通していた1966年~1974年(昭和41年~昭和49年)の期間内に建設、または塗装の塗り替えが行われた設備を対象とした(図-6)。

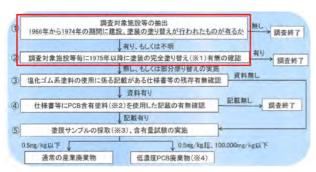


図-6 PCB分析の選定根拠

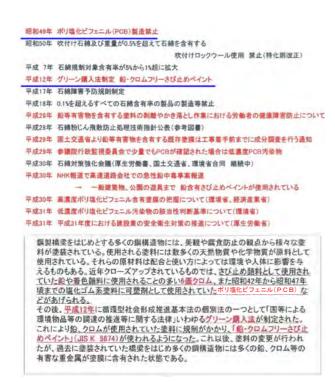


図-7 有害物質含有塗膜の変遷と現状

また、鉛及びクロムを含む塗料は、2000年(平成12年)にグリーン購入法により使用が規制されたため、それ以前に建設、または塗装の塗り替えが行われた設備を対象とした(図-7)。

2) 分析に必要な塗膜重量

塗膜分析には1箇所当り約100gの塗膜重量が必要であり、これを採取するには約1.0m×1.0mの塗布面積(試料採取が困難な曲面部や狭隘部は除く)が必要なことから、これが可能な施設を対象した(例:写真-6)。



写真-6 塗膜分析試料採取の対象例

3) その他条件

以下の条件に該当する施設は、塗膜分析調査対象より除外した。

- ・ 錆や腐食の進行が著しく、塗膜自体が剥離した 施設。
- ・平成12年以降に施設の改修履歴があり、有害物質含有の可能性が低いと思われる施設。
- ・管理用道路が近傍に無く、アクセスが困難な施 設。
- ・ヒグマの糞やハチの巣など、危険生物の生活痕 跡が近傍で確認された施設。

4) 選定結果

以上の検討結果から、塗膜分析調査対象の施設 は、天塩川第1幹線用水路より1箇所、剣和幹線 用水路より1箇所の、合計2箇所を選定した。

(2) 試料採取

塗膜分析に必要な試料の採取方法は、湿式と乾式があるが、今回は以下に示す理由から「乾式」を採用した。

- ・ 分析精度の向上を図るため。
- ・短時間での採取が可能なため。

(湿式は特殊な薬液を塗布の上、採取までに一定 時間を要するため、分析時の精度低下や分析の長 時間化が発生しやすい。)

なお、乾式は試料をそのまま剥ぎ取るため、採取時に試料が飛散して人体への影響が懸念されるが、飛散防止用の養生シート設置、または吸引機を使用することで、試料の飛散を防止した(写真-7、8)。

試料採取中は、防護マスク及び防護服を着用し、 人体への付着や吸引の防止を図った。

また、試料採取後は、同一色に近い塗料の重ね 塗りによる補修塗装を行った(写真-9)。



写真-7 塗膜試料採取状況 (養生シート設置)



写真-8 塗膜試料採取状況(吸引機使用)



写真-9 塗膜試料採取後の補修塗装状況

(3) 調査手法

採取した塗膜試料は、表-8に示す手法により 分析を行った。

表-8 各分析試験の目的と手法

試験項目	試験目的及び分析方法				
Andrew St. SANA / Ans	塗膜中に含まれる鉛成分の含有の有無(濃度)を調べる。				
含有量試験(鉛)	(JIS K 5674 (2008) 付属書 A 前処理及び試料の処分を含む)				
含有量試験(クロム)	塗膜中に含まれるクロム成分の含有の有無(濃度)を調べる。				
古有無試験(グロム)	(JIS K 5674 (2008) 付属書 B 前処理及び試料の処分を含む)				
A A III I BASA (nom)	塗膜中に含まれる PCB 成分の含有の有無(濃度)を調べる。				
含有量試験(PCB)	(部材採取試験法 PCB が含まれていない場合は試料の処分を含む)				
COST AMARIJE LILYDS	塗膜中に含まれる鉛成分の溶出量を調べる。				
溶出量試験(鉛)	(JIS K 0102 54.1 前処理及び試料の処分を含む)				
溶出量試験(クロム)	塗膜中に含まれるクロム成分の溶出量を調べる。				
裕山重英級(クロム)	(JIS K 0102 65.2.1 前処理及び試料の処分を含む)				

※参考文献 4) 及び参考文献 5) から引用

1)含有量試験

本試験は、塗膜中に含まれる物質の含有の有無 (濃度)を調べる試験である。分析項目が表-9 に示す汚染物としての含有基準値を超える場合は、 処分方法を判定する溶出量試験を行うものとする。

表-9 汚染物としての含有基準値

分析項目	基準値
鉛	0.01%を超えるもの
クロム	1%を超えるもの
РСВ	0.5 mg/kg を超えるもの

※参考文献 6) から引用

2) 溶出量試験

本試験は、塗膜中に含まれる有害物質を廃棄物として処分する際の、特別管理産業廃棄物への該当性を判定する目的で行う試験である。但し、PCBに関してはPCB特別措置法に基づき、処分時のデータとして、溶出量以外に含有量が必要となる。

したがって、分析項目が表-10に示す処分基準 値を超える溶出量が検出された場合は、特別管理 産業廃棄物としての処分が必要となるが、下回る 場合は一般廃棄物としての処分が可能である。

表-10 特別管理廃棄物における処分基準値

分析項目	基準値
鉛	0.3 mg/L を超えるもの
クロム	1.5 mg/L を超えるもの
低濃度 PCB 含有廃棄物	0.5mg/kg~100,000 mg/kg以下
高濃度 PCB 含有廃棄物	100,000 mg/kg を超えるもの

※参考文献 6) より引用

(4) 調査結果

採取した塗膜の分析結果は、表-11に示すとお

りであり、天塩川第1幹線用水路及び剣和幹線用 水路とも、鉛含有量のみが汚染物としての含有基 準値を超過していた。

一方、溶出量試験においては、特別管理産業廃 棄物としての処分基準値を下回っていた。

なお、PCB及びクロムに関しては、含有量試験及び溶出量試験のいずれも基準値を下回っていた。

(5) 処分方法

以上より、今回調査した塗膜の処分方法は、天 塩川第1幹線用水路及び剣和幹線用水路とも、一 般廃棄物としての処分となることが判明した。

そのため、塗膜廃棄物の処理にあたっては、 「塗膜の剥離等作業に係る取り扱いに関する通知 (北海道建設部建設政策局建設管理課事務連絡、 平成26年7月15日)」に基づき、塗膜の剥離及び かき落とし作業時における対策として、湿式器具 の手配、保護具の着用、隔離区域の設定、作業主 任者の選任、健康診断の実施を行う必要がある (図-8)。

表-11 塗膜分析試験結果

分析項目	試料名 単位	天塩川 第1幹線用水路: 第4支線分水工	剣和幹線用水路: 第74号分水工	分析方法
PCB含有量	mg/kg	0.15未満	0.15未満	低濃度PCB含有廃棄物に関する測定方法(第5版 第2章 8. 塗膜くず(含有量試験) 「GC/QMS法」
鉛含有量	%	3.72	3.79	JIS K 5674 付属書A 「塗膜中の鉛の定量」
クロム合有量	%	0.3	0.1	JIS K 5674 付属書B 「途膜中のクロムの定量」

[備 考]

- ・低濃度PCB汚染物の該当性判断基準値:0.5mg/kg以下
- ・低濃度PCB含有廃棄物の該当性判断基準値:0.5mg/kg~100,000mg/kg以下
- ・高濃度PCB含有廃棄物の該当性判断基準値:100,000mg/kg以上
- ・鉛汚染物の該当性判断基準値:0.01%以下
- ・クロム汚染物の該当性判断基準値:1%以下

7352111	量試驗	64- m \
1 Certifi	国民 加入等联	海直 未一人

分析項目	試料名 単位	天塩川 第1幹線用水路: 第4支線分水工	剣和幹線用水路: 第74号分水工	分析方法
鉛	mg/L	0.3未満	0.3未満	JIS K.0102 54.1 「原子吸光光度法」
六価クロム	mg/L	0.33	0.02	JIS K 0102 65.2.1 「ジフェニルカルバジド吸光光度法」

【備考

- ・検液作成方法:産業廃棄物に含まれる金属の検定方法(昭和48年聚告第13号)による。
- ・鉛含有廃棄物の該当性判断基準値:0.3mg/L以下
- ・クロム含有廃棄物の該当性判断基準値:1.5mg/L以下

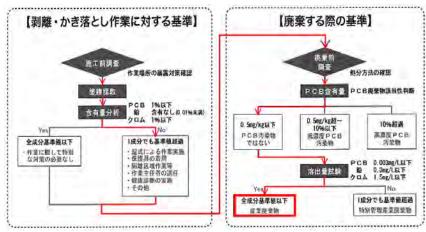


図-8 塗膜処分方法の選定フロー

※参考文献 9) より引用

5. おわりに

機能診断調査においては、定点調査No. 5 (開水路)、 定点調査No. 13 (暗渠:第8号暗渠工)、定点調査No. 14 (管水路:西岡北サイホン)の3施設においてS-2評価であったが、H24年度調査から10年経過しても健全度は下がっていないことから今後急速に劣化が進行する可能性は低いので、継続的な監視を行うのが望ましいと考えられる。また、他の施設についても建設から35年以上が経過していることから、継続調査を行いながら施設の状態を把握しつつ適切な施設管理を行う必要がある。

塗膜分析調査においては、選定候補88箇所中の2 施設について実施したが、他の候補施設の中には新 設年度や更新履歴が共通している一方、使用塗料が 様々なため、本調査結果が用水路全体の他施設に対 して普遍性を有しているとは言えない。そのため、 今後のPCB廃棄物対策工法の検討にあたっては、 今回割愛した候補施設を対象とした継続調査が望ま しい。本報告が、今後の類似業務の参考となれば幸 いです。

最後に、本報告を執筆する機会を与えて下さった (一社)北海道土地改良設計技術協会に、深く感謝の 意を表します。

> (NTCコンサルタンツ㈱北海道支社 技術部 主幹(技術士)) (NTCコンサルタンツ㈱北海道支社 技術部 主幹(技術士))

<参考文献>

1)農業水利施設の機能保全の手引き

(H27.5 農林水産省農村振興局整備部)

2) 農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」

(H28.8 農林水産省農村振興局整備部)

- 3) 農業水利施設の機能保全の手引き「水路トンネル」 (H28.8 農林水産省農村振興局整備部)
- 4) 環境省:産業廃棄物の検定方法に係る分析操作マニュアル 第3版 (2019)
- 5) 環境省告示35号:産業廃棄物に含まれる金属等の 検定方法(2020)
- 6) 厚生省告示192号:特別管理一般廃棄物及び特別 管理産業廃棄物に係る基準の検定方法(1992)
- 7)国立研究開発法人土木研究所:土木鋼構造物塗膜 剥離剤ガイドライン (2017)
- 8) 厚生労働省:鉛等有害物を含有する塗料の剥離かき落とし作業における労働者の健康障害防止について(2014)
- 9) 広島県コンクリート診断士会 第45回定例会技術 紹介: 塗膜中有害物質の分析について (2020)

サロベツ地区における農業と湿原の共生

- 事業完了後の維持管理に向けた取り組み-

髙橋 洋・阿部 良平

1. はじめに

食料・農業・農村基本法は農業の持続的な発展、 多面的機能の十分な発揮などをその基本理念として おり、農業農村整備事業においては、地域の特性に 応じて環境との調和に配慮した、効率的な事業の実 施が重要となる。また、2002年には「自然再生推進 法」が成立し、本道においても自然再生事業との係 わりの中で、農業農村整備事業において環境保全に 係わる施設(以下、「環境配慮施設」という)が施 工される事例が数多く見られる。

本報は、2007年度に着工し2020年度に竣工した国営総合農地防災事業サロベツ地区(以下、「サロベツ地区」と呼ぶ)において、農業と湿原の共生を目的として設置された環境配慮施設である「緩衝帯」と「沈砂池」について、事業実施中の機能確認にもとづき検討した事業完了後の維持管理方法と、地元の合意形成に向けた取り組みを紹介する。

2. 農業と湿原の共生に向けた取り組み

(1) 地区概要

サロベツ地区が位置する豊富町は、酪農を基幹産業とした北海道でも有数の農業地帯である(図-1)。サロベツ地区の農用地は泥炭土を基盤としており、前歴事業の整備から数十年が経過した農用地や排水路は、泥炭地特有の地盤沈下の進行により、その機能が著しく低下しており、営農に支障をきたしていた。そのため、サロベツ地区では、泥炭土が分布するサロベツ川流域の農用地を対象に、機能低下した排水機能の回復を図るため、排水路、暗渠排水等(表-1)の整備が計画された10。



図-1 サロベツ地区位置図

表-1 サロベツ地区工事計画

項目		農地防災			
	暗渠排水	不陸整正	障害物除去	置土	排水路
区分	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(km)
牧草畑	4 047	0.454	100	313	42.4
1以早畑	4,217	2,154	120	313	(22条)

一方、サロベツ地区に隣接し、利尻礼文サロベツ国立公園の一部でラムサール条約湿地にも登録される「サロベツ湿原」では、周辺の土地利用の変化等に伴う、湿原の減退・消失などが問題となっていた²⁾。

これらの課題解決のため、地域では2002年に豊富町、学識経験者、行政機関(農林水産省、環境省など)からなる検討会を設立し、サロベツ再生構想の検討を始めた。2005年には、「農業と湿原の共生」を基本理念とし、地域住民、NPOなどを加えた59の個人・団体からなる「上サロベツ自然再生事業協議会」(以下、「自然再生協議会」と呼ぶ)を設立し、多様な意見を取り入れた具体的な協議を行った。2006年にこの協議会で、サロベツ地区における環境配慮施設(緩衝帯、沈砂池)の設置が合意に至った。

(2) 農用地の機能回復にあたっての課題3)

サロベツ湿原では農業生産活動とも関連して、 以下が問題となっていた。

- ①湿原の乾燥化
- ②流域からの土砂や汚濁物質の流入による湿原環境の悪化

これらが問題とされる中で、湿原に隣接する農 用地の機能回復(排水整備等)にあっては、以下 が課題とされた。

- ①農用地の排水機能回復(地下水位低下)と湿原 の地下水位保持の両立
- ②整備工事に伴って発生する流出土砂の抑制

(3) 課題解決のための環境配慮の取り組み

1) 農用地の排水機能回復(地下水位低下)と湿原 の地下水位保持の両立【緩衝帯】

農用地の機能回復には、地下水位を適度に低下させる必要がある。一方、湿原の保全には、高い地下水位を保持する必要がある。相反する地下水位変動の両立を目標として、環境配慮施設が検討された。事業構想段階では、遮水壁などの人工構造物で農用地と湿原双方の地下水を遮断する工法、人為的にポンプで湿原へ給水する方法などが検討されたが、本地区の立地特性から景観や維持管理性を重視し、自然の物理的性質を利用して、農用地の一部を一定幅の緩衝区域として設定する「緩衝帯」が採用された。

(事業実施前:緩衝帯設置前)

<湿原と農地の隣接イメージ>

を受ける。 な草地 と農用地の 境界にある排水路 湿原 と農用地の 境界にある排水路 湿原 や草地 ・ 地下水位

緩衝帯は、農用地と湿原の境界に在る既設の排水路を部分的に堰き止めて湿原側の地下水位保持を期待し、これに替えて農用地側に一定幅(25m)をとって排水路を新設して、この一定幅を地下水位変動の緩衝部として現況のまま存置するものである(図-2、写真-1)。本地区の緩衝帯は6区域に設定され、総延長9.9km、総面積25haに及ぶ規模である(表-2)。なお、当該用地の確保は、関係農家からの無償提供により実現したものである。

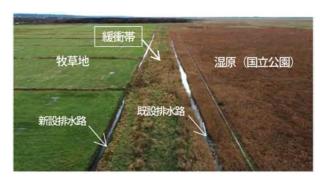


写真-1 緩衝帯設置状況

表-2 緩衝帯の概要

No.	緩衝帯名	延長	幅	面積
NO.	及闺市口	(km)	(m)	(ha)
1	阿沙流緩衝帯	2.5	25	6.3
2	徳満緩衝帯	2.3	25	5.8
3	落合緩衝帯	1.6	25	4.0
4	円山緩衝帯	1.5	25	3.8
5	サロベツ緩衝帯	0.6	25	1.5
6	豊徳緩衝帯	1.4	25	3.5
	合計	9.9		24.8

(事業実施後:緩衝帯設置後)

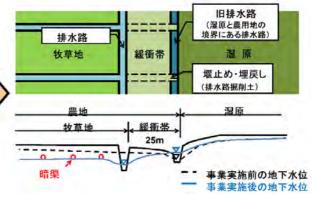


図-2 緩衝帯概要図

2) 流出土砂の抑制【沈砂池】

本事業では排水路の整備、ほ場の暗渠排水工および置土工などが計画された。沈砂池は当該工事の際に流出する土砂を捕捉し、湿原への環境負荷を軽減するための施設として計画された(写真-2)。なお、後述する機能検証により、工事期間以外も沈砂池が流出土砂を捕捉していることから、事業完了後も継続利用することの有効性を確認した。

沈砂池の構造は、幅広水路(底面堀下げ)形式であり、粒径0.02mm以上の土砂を捕捉対象としている(図-3)。沈砂池は整備排水路(計22条)の下流部に設置された。



写真-2 沈砂池設置状況

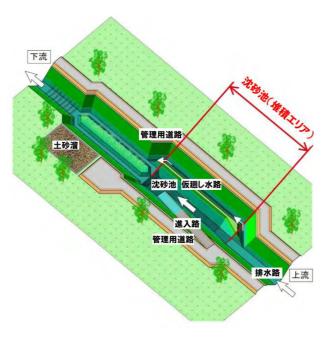


図-3 沈砂池概要図

(4) 環境配慮施設の設置に係る地元との合意形成4)

サロベツ地区では、環境配慮施設設置の合意に向け、事業の構想段階から豊富町および北海道開発局により数十回にも及ぶ関係農家への説明会が開かれ、話合いと調整が行われた。さらに、豊富町および、町内の関係機関が主体となり、シンポジウムやワークショップが開催され、農家だけでなく地域住民が積極的に話し合いに参加できる環境が整えられた。事業実施3年前には、農業者自らが農業と湿原の共生に向けた検討を行うために、事業の関係農家で組織される「サロベツ農事連絡会議」が設立され、農家全体の意見集約に向けた話合いが行われ、自然再生協議会での合意に至った。

このような地道な活動が続けられ、農業者が議論を重ねるうちに、豊かな湿原環境の保全が地域の農業振興とサロベツブランドの保全に繋がるとの意見集約がなされ、環境配慮施設である緩衝帯と沈砂池の設置について合意に至った。

3. 環境配慮施設の機能検証(事業実施中)

環境配慮施設のモニタリング調査は、自然再生事業との係わりの中で調査内容が規定され、緩衝帯および沈砂池の機能検証を目的として、事業実施中に表-3に示すモニタリング調査が継続して行われた。

表-3 事業実施中のモニタリング項目

項目		調查目的	調查内容	
緩衝帯	降水量調査	降水量と地下水位の関係を把 握する。	アメダス (豊富) データを整理する。	
	地下水位 調査	事業実施前後の地下水位の変 化を把握する。	湿原、緩衝帯、牧草地の地下水 位を観測する。	
	排水路水位 調査	排水路水位と地下水位の関係 を把握する。	事業実施前の既設排水路、事業 実施後の旧排水路、排水路の水 位を確認する。	
	植生調査	緩衝帯設置による湿原、緩衝 帯の植生変化を把握する。	湿原〜緩衝帯〜牧草地の横断ライン上でコドラート調査を実施し、優占度等を記録する。	
		緩衝帯設置による湿原、緩衝 帯の植生変化を把握する。	湿原、緩衝帯、牧草地の景観を 写真撮影する。	
沈砂池	降水量	流砂量、堆積量等と比較する ことにより流出土砂量の傾向 を把握する。	アメダス (豊富) データを整理 する。	
	堆積土砂量	沈砂池による土砂捕捉効果を 把握する。	堆積土砂を算定するために、沈 砂池測量を実施する。	
	粒度組成	発生源を把握する。	試料採取による土質試験を実施 する。	
	土砂除去量	維持管理による土砂除去効果 を把握する。	一次堆積場所で土砂量を計測す る。	
	通過土砂量	沈砂池の堆積量と通過土砂流 出量を調査し、沈砂池による 土砂捕捉率を把握する。	代表箇所にて、沈砂池下流側で の濁度調査 (SS換算) と水位流 量観測を実施する。	

(1) 緩衝帯の機能検証

緩衝帯のモニタリング調査では、事業実施中に 農用地(緩衝帯含む)と湿原の地下水位変動調査 を行うとともに、地下水位と降水量との関係を分 析した。また、補足として、地下水環境による影 響が現れる植生調査を併せて行った。

地下水位変動調査では、各緩衝帯区域で農用地 (緩衝帯含む)から湿原にかけて、横断ライン (L=50~70m)を設け、そこに数~数十m間隔 で複数の観測孔を設置し、自記式水位計を用いて 1時間間隔の計測(通年)を行った。調査期間は、 各緩衝帯区域で緩衝帯設置前後の12~15年間である。

ここで、阿沙流緩衝帯区域を例に、調査および 分析の結果を示す。図-4は、横断ライン各孔の 年平均地下水位と、牧草地および湿原の深度別地 下水位出現頻度図である。牧草地の地下水位(平 均)は、排水整備前(2010年)は地表面下10cm付 近にあったが、排水整備後は暗渠の埋設深付近の GL-0.6m程度となり、適度に低下した。一方、湿 原の地下水位は、排水整備前後で同程度の水位を 維持した。また、緩衝帯の地下水位は、湿原側か ら牧草地側(新排水路側)に向かって漸次低下す る傾向を示した。これらの結果から、緩衝帯は牧 草地の排水整備が湿原地下水位に及ぼす影響を抑 制していることを確認した。

(2) 沈砂池の機能検証

沈砂池においては、事業実施中の土砂の捕捉機能を検証した。機能検証として、沈砂池の堆積土砂量、土砂除去量および通過土砂量の調査を行い、下式により流出土砂量とその捕捉率を把握した(図-5)。

堆積土砂量は、沈砂池に縦横断測線(縦1m間隔×横5m間隔)を設定し、その測線の交点で堆砂高を計測して平均堆砂断面積を求めて把握した。土砂除去量は、沈砂池から除去した土砂を一時堆積・脱水させた後に、その体積を把握した。通過土砂量は、沈砂池の直下流に設置した観測機器(水位計、流向流速計、濁度計)で10分間隔の計測を行い、水質調査の結果(濁度、SS)を基に、機器で計測した濁度をSS(浮遊土砂量)に換算して、沈砂池を通過した土砂量(質量)を把握した。

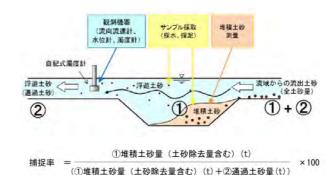


図-5 流出土砂捕捉率の概念図

※堆積土砂量(t)は、土質試験で求めた乾燥密度(t/m³)を用いて土砂量(m³)より換算

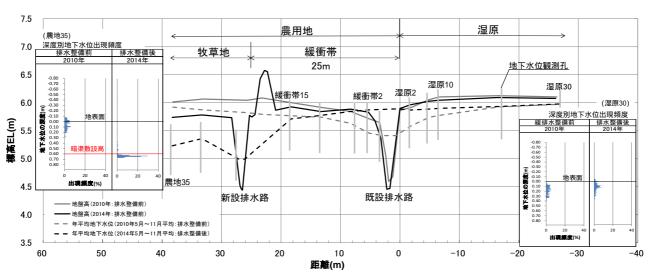


図-4 年平均地下水位横断図(阿沙流緩衝帯区域)

これらの調査による沈砂池全22箇所における事業実施中の堆積土砂量(除去土砂量含む)は、合計約3,000㎡であった。

土砂堆積の特徴を示すもう一つの例として、落合南沈砂池を例に、堆積土砂量の経時変化を図ー6に示す。堆積土砂量は、沈砂池設置後約3年を経過した平成24年に施設容量(堆砂率100%)に達した。その後100%程度を維持し、平成29年の土砂上げで空き容量ができた後は、再び土砂を捕捉した。

このように、土砂上げ(維持管理)により、土砂捕捉の機能が回復していることを確認した。

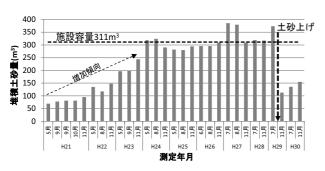


図-6 堆積土砂経時変化図 (落合南)

次に、新生沈砂池を例に、流入土砂に対する捕捉率の分析結果を図-7に示す。流域内で農地保全工事を実施した期間は、流入土砂量(通過土砂量+堆積土砂量)3.3tのうち、沈砂池が捕捉した土砂量は1.8tであり、捕捉率は55%であった。一方、流域内で農地保全工事を実施していない期間は、流入土砂量(通過土砂量+堆積土砂量)10.2tのうち、沈砂池が捕捉した土砂量は5.5tであり、

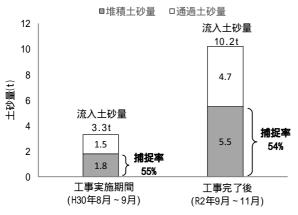


図-7 沈砂池の土砂捕捉率 (新生沈砂池)

捕捉率は54%で工事期間と同等の値を示した。

これより、沈砂池は工事由来の土砂に加え、降雨、融雪などの増水時に流出する土砂も捕捉し、 工事完了後も継続利用することで環境負荷の軽減 に寄与することを確認した。

4. 事業完了後の維持管理方法

(1) モニタリングの課題

事業完了後の環境配慮施設の維持管理は、事業主体の北海道開発局から地元(豊富町、サロベツ農事連絡会議)に引き継がれる計画である。環境配慮施設の機能が事業完了後も持続的に発揮していることを確認するため、自然再生事業(実施計画書)では、維持管理計画(モニタリング)が規定されている。調査内容は、緩衝帯区域では①湿原地下水位調査、②湿原周辺の植生調査、沈砂池では①堆積土砂量の計測、②土砂除去量の計測である。モニタリング結果は、毎年、自然再生協議会で報告することになっている。

地元による事業完了後のモニタリングついては、 以下が課題として挙げられた。

- ①調査要員の確保
- ②調査および評価のための専門技術の確保
- ③調査の継続、観測設備の保守等に係る費用の確保 実施計画書では、事業完了後の維持管理内容は、 事業実施中のモニタリングを踏まえて修正するこ とが可能とされており、事業実施中のモニタリン グ状況にもとづき、省労力、低コストかつ調査精 度の確保が可能な維持管理方法を検討した。

(2) 緩衝帯の維持管理方法

緩衝帯の機能は、農用地の過湿の防止と湿原地下水位の保持の両立であり、環境保全面からは、湿原地下水位の状態が重要となる。前記した維持管理の課題を踏まえ、湿原地下水位の状態を把握するための「通常調査」と、その調査で特異な状態(変状)が確認された場合に行う「臨時調査」の段階的な調査計画を策定した(図-8)。

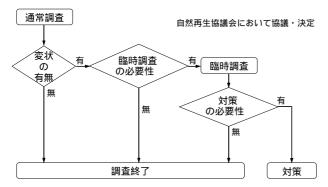


図-8 緩衝帯のモニタリング調査手順

1) 地下水位調査

a) 通常調査

通常調査では、湿原の地下水位の状態把握として、既設排水路水位の目視確認を行う計画とした。既設排水路は、湿原と緩衝帯の間に在り、堰止めして常時から水面が高く維持され、目視が可能であることが理由である。

事業実施中の地下水位観測記録を用いて、湿原の地下水位と既設排水路水位で観測孔相互の相関分析を行った。結果を図-9に示す。

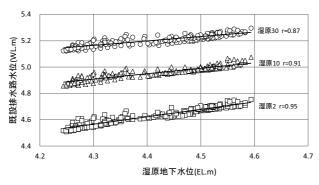
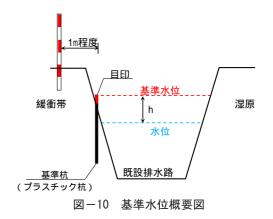


図-9 既設排水路水位と湿原地下水位の相関関係 (落合緩衝帯(北)区域)

湿原の地下水位と既設排水路の水位の相関性は高く(r=0.87~0.95)、湿原の既設排水路に近いほど相関係数が高くなった。これより、既設排水路の水位から湿原の地下水位を精度良く把握することが可能と判断し、通常調査では、既設排水路の水位を目視確認することとした。

具体的には、既設排水路水位の基準水位を設定し、目視した水位がこれを下回っていないことを確認する。この基準水位は、既設排水路における事業実施中(緩衝帯設置後)の最低水位

とし、目印としてプラスチック杭を設置し、杭頭標高を基準水位に合わせた(図-10)。既設排水路の水位が杭頭(基準水位)より低くなる場合は、湿原地下水位が事業実施中に観測されなかったレベルまで低下したと判断し、自然再生協議会に報告のうえ、次の段階の臨時調査に移行する計画とした。



b) 臨時調査

既設排水路の水位が基準水位を下回る場合の 臨時調査では、湿原地下水位の低下要因が、気 象条件によるものか、あるいは地下水位の変動 機構の変化(緩衝帯機能低下)によるのかを評 価する計画とした。この方法として、泥炭地に おける地下水位変動タンクモデルがを適用した。 当該モデルは、降水量の入力により地下水位を 算出する数理モデルであり、各緩衝帯における 長年の観測データがあることから適用が可能と なった。タンクモデルの作成にあたっては、事 業完了後、地元に引き継ぐことを踏まえ、市販 の表計算ソフトウェア(エクセル)を用いた。 当該モデルによる評価方法を以下に示す。

- ① 降水量、日照時間等の気象条件の入力を行 うと既設排水路の水位変動を自動で計算(再 現)して、図表で表示する。
- ② 当該計算値と実測値の誤差が規定の値より 小さい場合は、既設排水路水位(湿原地下水 位)の変動機構に物理的な変化はなく、水位 の低下は主に気象条件の違いに起因すると評 価する。

③ 一方で、誤差が規定の値を上回る場合は、 既設排水路の堰止めや緩衝帯の崩落等、水位 の変動機構が変化している可能性があると判 定する。なお、判定の基準とする許容誤差は、 モデル作成に使用した事業実施中の実測水位 とモデル計算水位の誤差(相対誤差)が最大 18%だったことを踏まえ、±20%とした。

2) 植生調査

a) 通常調査

湿原の地下水環境の変化は、長期的に植生の変化として現れる。すなわち、植生を把握することは湿原地下水位の変動機構の変化を判定する目安となる。

事業実施中のモニタリングでは牧草地から湿原にかけて、横断的にコドラート(2m×2mの方形区)を設け、植物種や優占度の把握を行った。同様の調査を事業完了後も行うことは技術的、経済的に難しく、より容易で確実な方法が求められた。

サロベツ湿原では、湿原の乾燥化に伴うササの侵入が問題となっており、ササが湿原乾燥化の指標とされていた。緩衝帯周辺の湿原でササの範囲が拡大している場合は、緩衝帯の機能が損なわれ、湿原地下水位が低下している可能性がある。

ササは形状が特徴的で専門家でなくても判別が容易であることから、通常調査ではササの有無・拡大を監視し、ササの侵入や増加が認められた場合は、自然再生協議会に報告のうえ、次の段階の臨時調査に移行する計画とした。

b) 臨時調査

緩衝帯およびその周辺の湿原でササの侵入や増加が認められた場合の臨時調査では、ササの増加傾向を評価することとした。ササの侵入範囲や稈数を3年間継続して観測し、増加傾向が認められない場合は、通常調査へ移行する計画

とした。一方で、ササの増加傾向が認められる 場合は、引き続き臨時調査を継続する計画とし た。

(3) 沈砂池の維持管理方法

沈砂池は、事業実施中のモニタリング調査から、 適切な維持管理(土砂上げ)によって、その機能 が維持されることが確認された。地元が沈砂池の 維持管理(土砂上げ)を行うにあたっては、経済 的な制約に配慮が必要となる。これには、土砂上 げの効率化が重要となる。

事業実施中の実績から沈砂池ごとの土砂堆積の 特徴を把握し、これをもとに沈砂池の機能維持に 有効な土砂上げの方法を計画した。

事業実施中のモニタリングでは、全く土砂の溜まらない沈砂池はなく、いずれの沈砂池も土砂の捕捉機能を発揮していた。しかし、堆砂量は沈砂池ごとに異なり、堆砂の速度や量も一様ではなかった。例えば、全22箇所のうち、堆砂量の大きい上位6位の沈砂池だけで、事業実施中の堆砂量の67%を占めていた(表-4)。

表-4 既往最大堆砂量とその割合

No.	排水路名	流域面積	既往最大 堆砂量	全既往最大 堆砂量に占める 既往最大値の 割合 = / ×100	累加割合	
		(km ²)	(m ³)	(%)	(%)	
1	落合南	4.8	385	19.3	19.3	
2	円山	3.6	302	15.1	34.4	
3	芦川	4.7	186	9.3	43.7	
4	徳満	10.8	164	8.2	51.9	
5	兜沼東	3.0	161	8.1	60.0	
6	清明第1号	4.6	142	7.1	67.1	
7	豊栄第3号	2.3	77	3.8	70.9	
8	開源	10.5	75	3.7	74.6	
9	十一幹線	8.6	67	3.3	77.9	
10	豊里第1号	1.1	67	3.3	81.2	
11	落合北	4.6	65	3.2	84.4	
12	阿沙流	4.1	64	3.2	87.6	
13	豊栄第1号	1.4	61	3.0	90.6	
14	豊栄第4号	2.4	36	1.8	92.4	
15	新生	3.2	33	1.7	94.1	
16	豊里第2号	1.5	29	1.5	95.6	
17	豊里第3号	1.5	21	1.0	96.6	
18	豊栄第2号	1.6	20	1.0	97.6	
19	豊徳	2.6	18	0.9	98.5	
20	落合東	3.2	17	0.9	99.4	
21	清明第2号	0.5	11	0.6	100.0	
22	西豊富	1.1	1	0.0	100.0	
	合計 54.8 2,001 100.0					

事業実施中に沈砂池に堆積した最大の土砂量

沈砂池ごとの堆砂の特徴を踏まえ、流出土砂の抑制機能の順位付けとグループ分けを行い、各グループで異なる維持管理レベルを設定した。先ず、事業期間中の堆砂量が100㎡を超えて、かつ2~3年で施設容量に達するもの(図-6参照)をグループ1として、これらは、3年ローテーションで定期に土砂上げ(維持管理)を行う計画とした。その他はグループ2として、1回/年の目視調査で施設容量程度まで堆砂が認められる場合に土砂上げを行う計画とした。

維持管理レベルを分けて、特に土砂捕捉効果の 大きい沈砂池の土砂上げをローテーションで管理 することは、年間の土砂上げ箇所数が一定(3箇 所程度/年)となり、その予算管理を容易とする。 さらに、堆積土砂量の多い沈砂池を定期的に土砂 上げすることは、経済的な制約のある中で、流出 土砂の負荷軽減の費用対効果の向上に有効となる。

(4) 維持管理方法の合意形成

これまで述べた事業完了後の維持管理方法は、 地元、学識経験者および北海道開発局の間で協議 が重ねられるとともに維持管理方法の現地実証 (写真-3、写真-4) などを含めて試行錯誤が 繰り返された。これらの努力の積み重ねを経て、 活発な意見や提案が交わされ、地元の当事者意識 が高まったことが、維持管理方法の合意形成に繋 がったと考える。



写真-3 合同現地実証状況(沈砂池)



写真-4 合同現地実証後の会議状況

5. まとめ

本報では、自然再生事業に係わり、サロベツ地区で整備された環境配慮施設について、事業完了後の地元による維持管理の課題とその対応策を紹介した。

環境配慮施設は、営農に直接係わる施設ではないため、用水路、排水路等の農業水利施設に比較して、維持管理への積極的な参加が得られにくい。加えて、その維持管理の継続にあたっては、要員や専門技術の確保に制約があり、また経済性と精度確保の両立が課題であった。これらの課題に対し、本業務では下記の検討と対応を行った。

- ① 事業実施中のモニタリング結果にもとづき、環境配慮施設の機能を定量評価し、地元(維持管理者)へ説明を行った。
- ② 緩衝帯区域は、通常調査と臨時調査を状況に応じて段階的に行う計画とし、省労力と低コストの両立を図った。
- ③ 臨時調査の地下水位分析では、市販の表計算ソフト(エクセル)を用いて、地下水位変動機構の定量評価が容易に行える機能を構築した。
- ④ 沈砂池は、その堆砂特性を踏まえたグループ分けを行い、環境負荷軽減(土砂流出防止)に特に 重要な沈砂池を定期的に土砂上げするローテーション管理計画とした。

サロベツ地区は2020年度に完了し、翌年の2021年 度から地元による環境配慮施設の維持管理が行われ ている。同年6月に開催された第20回再生協議会で は、地元(豊富町、サロベツ農事連絡会議)による モニタリング結果の報告が行われた。現在、緩衝帯 と沈砂池の機能低下は確認されず、事業実施中と変 わらない機能の維持が確認されている。

謝 辞

このたび、本報に係る業務のご発注により貴重な 経験の場をご提供下さいました北海道開発局稚内開 発建設部、事業関係者である豊富町、サロベツ農事 連絡会議、国営農地防災事業検討委員会の関係各位 に厚く御礼申し上げます。

最後に、本稿発表の機会をくださいました北海道 土地改良設計技術協会各位に感謝申し上げます。

(㈱アルファ技研 設計グループ 主任技師(技術士)) (㈱アルファ技研 資源計画グループ 課長(技術士))

【引用文献】

- 1)国土交通省北海道開発局稚内開発建設部稚内農業 事務所:国営総合農地防災事業サロベツ地区 平 成19年度~令和2年度 農地防災技術資料~農業 と湿原の共生を目指して~,pp. 29-30 (2020)
- 2) 上サロベツ自然再生協議会: 上サロベツ自然再生 全体構想, p. 6 (2006)
- 3) 豊富町, サロベツ農事連絡会議, 国土交通省北海 道開発局稚内開発建設部:上サロベツ自然再生事 業 農業と湿原の共生に向けた自然再生実施計画 書(緩衝帯・沈砂池), pp. 2~3 (2006)
- 4)松田俊之,岡田忠信,五味慎太郎,幸口岳,土谷 貴宏,阿部良平:サロベツ地区泥炭地における 「緩衝帯」の合意形成,農業農村工学会誌 第84巻 第5号,pp.395~398 (2016)
- 5) 井上京,梅田安治:泥炭地の地下水位変動の長期 評価,第42回農業土木学会北海道支部研究発表会 講演要旨集,pp.92~97 (1993)

報 文 集 第34号

令和4年9月30日

編 集 (一社)北海道土地改良設計技術協会

広報委員会 山岡 敏彦・菊地 誠・福田 正信・下谷 隆一 辻 雅範・福山 正弘・羽原 信也・高野 尚 大友 秀文・横川 仁伸・川口 宏・會澤 義徳 小島 香一

発 行 (一社)北海道土地改良設計技術協会 〒060-0807 札幌市北区北7条西6丁目NDビル8階

電 話 (011)726-6038 FAX (011)717-6111

印刷 ㈱三誠社 電話 (011)622-9211



●表紙写真●

第36回「豊かな農村づくり」写真展 北の農村フォトコンテスト応募作品

『春の豊水路』

-砂川市にて撮影-

大西 健二氏 作品

AECA

HOKKAIDO

Agricultural Engineering Consultants Association