

報文集

平成28年度

報文集 第28号 目次

農業水利施設を活用した小水力発電施設の計画設計.....	1
	藤田 壮一郎・伊藤 勉
頭首工の転倒ゲート上を流下する土砂についての考察.....	9
	高橋 淑紹
機能診断調査の現地踏査における効率性の試み.....	17
	岡田 卓大
鋭角斜橋上部工の設計例.....	27
	澤見 智
大規模かんがい排水事業における、環境配慮対策の経緯と効果発現について.....	33
	寺林 健一
GPS機能を利用した用水路施設管理支援システムの活用について.....	39
	藤本 嘉三
適用性評価のための用水路補修設計とモニタリング計画.....	49
	野倉 士敬

農業水利施設を活用した小水力発電施設の計画設計

藤田壮一郎・伊藤 勉

1. はじめに

平成23年3月の福島第一原子力発電所事故を契機とした再生可能エネルギーへの関心の高まりとともに、地域資源である農業水利施設を活用した小水力発電にも注目が集まりつつある。

また、平成23年8月には「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が成立し、平成24年7月には固定価格買取制度が施行され、太陽光発電をはじめ小水力発電を含めた再生可能エネルギーを、定められた価格で一定期間売電することが可能となった。

さらに、土地改良事業においては、小水力発電による売電収益の用途は発電施設の運転と取水堰や水路などの発電共用部分の維持管理に限定されていたが、平成23年10月に土地改良区が管理する土地改良施設全体の維持管理費にも充当することが認められたこともあり、多くの地区で小水力発電導入にかかる調整や整備が進められている。

本報では、小水力発電導入に向けた検討の概要と、山部二期地区における小水力発電施設の計画設計について紹介する。

2. 小水力発電導入に向けた検討の概要

2-1 発電使用水量と有効落差

水力発電は、水が高いところから低いところへ流れ落ちる性質を利用し、水の流れ落ちるエネルギーを水車によって機械エネルギーに変換し、発電機により電気エネルギーとして取り出すものである。

電気エネルギーの大きさは発電出力として表すことができ、下式により求めることができる。ここで、水車効率 η_t は水力エネルギーを発電機の軸を回す動力に変換する際の水車での損失を考慮した効率、

発電機効率 η_g は軸動力を電力に変換する際の発電機での損失を考慮した効率である。

$$P(\text{kW}) = 9.8 \times Q \times H_e \times \eta_t \times \eta_g \quad \dots(1)$$

P : 発電出力 (kW)

Q : 発電使用水量 (m^3/s)

H_e : 有効落差 (m)

η_t : 水車効率 (0.75~0.90程度)

η_g : 発電機効率 (0.82~0.93程度)

(1)式のとおり、大きな発電出力を得るためには、発電使用水量及び有効落差を大きく確保することが重要な要素となる。

既設の農業水利施設を活用した小水力発電の場合、発電に用いる流水としては農業用水や河川水の利用が挙げられる。

農業用水のみを利用する場合には、比較的簡易な水利使用の許可申請で済むが、かんがい期の4ヵ月程度しか発電できない。

一方、非かんがい期も発電のために河川水を取水する場合は、新規に水利権を取得する必要があるものの通年発電が可能となり、年間発電電力量はかんがい期のみの発電と比べて大きくできる。

農業水利施設で水位差（有効落差）を利用して発電できる地点としては、ダムや用水路の落差工などが挙げられる。ダム上下流の水位差を利用して発電する場合（図-1）は、有効落差は比較的大きいが、水位変動も大きくなり、一定出力での発電は難しくなる。

一方、用水路の落差工上下流の水位差を利用して発電する場合（図-2）は、ダムに比べて水位変動が小さいことから、安定的に発電できるといった特徴がある。

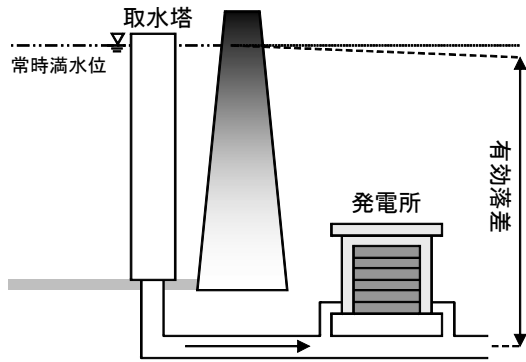


図-1 ダムを利用した発電イメージ

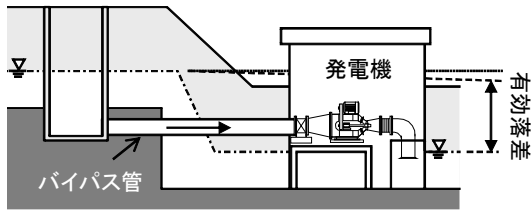


図-2 落差工を利用した発電イメージ

2-2 水車種類の選定

発電水車は、流量や水位差（有効落差）の条件に応じた様々な種類が存在する（表-1）。このため、水車の検討にあたっては発電使用水量および有効落差を考慮し、「ハイドロバレー計画ガイドブック（経済産業省）」の水車選定図等を基に、整備施設の条件に適合した水車種類を選定することが重要となる。

表-1 水車種類と適用範囲

水車種類	適用範囲	
	流量 (m^3/s)	落差 (m)
フランス水車	0.3 ~ 10	10 ~ 300
S形チューブラ水車	1.5 ~ 40	3 ~ 18
ポンプ逆転水車	0.02 ~ 1	6 ~ 80
水中タービン水車	0.4 ~ 10	2.8 ~ 20
プロペラ水車 (サイフォン式)	0.1 ~ 4	1.5 ~ 7
プロペラ水車 (インライン式)	0.01 ~ 4	2 ~ 150
カプラン水車	10 ~	10 ~ 80
ペルトン水車	0.01 ~ 2	17 ~ 500
クロスフロー水車	0.1 ~ 8	5 ~ 200
ターゴインバルス水車	0.2 ~ 8	25 ~ 300

※ハイドロバレー計画ガイドブック,平成17年3月,
経済産業省資源エネルギー庁 財団法人新エネルギー財団

2-3 小水力発電施設導入の判断

小水力発電施設導入の判断は、経済性の観点から、発電した電力を売電することにより得られる収入と建設費や維持管理費の支出を比較し、収益が確保されることが前提条件となる。

固定価格買取制度による水力発電の売電価格および期間（表-2）は平成24年の施行以降で大きな変更はないが、見直しは毎年行われていることから、検討を行う上では留意が必要である。

表-2 水力発電の買取価格および期間

項目	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
買取価格	24円+税	29円+税	34円+税
買取期間	20年間	20年間	20年間

※最大出力により区分,1kWhあたりの価格（平成28年7月1日時点）

2-4 小水力発電検討フロー

小水力発電施設の導入にあたっての検討フローを図-3に示す。

この検討により、導入の可能性が判断されるが、事業化にあたっては河川協議のほか、設備認定申請や電力会社との系統連系に関する検討も必要となる。

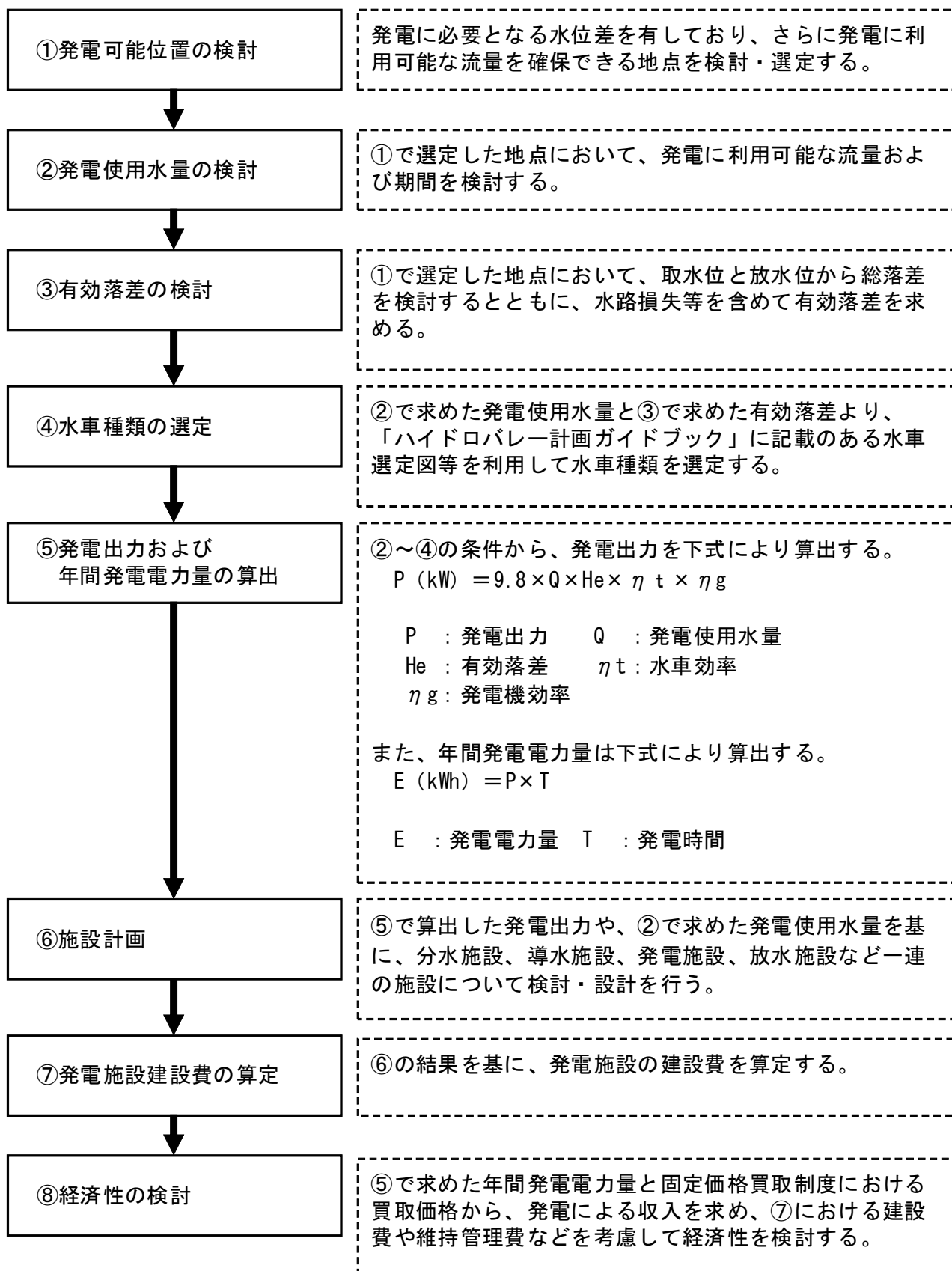


図-3 小水力発電導入に向けた検討フロー

3. 山部二期地区の計画設計の事例

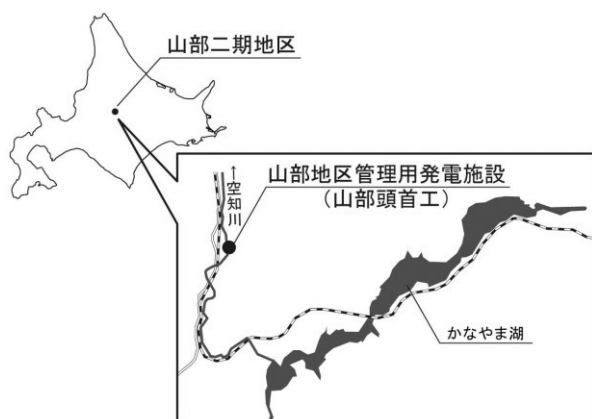


図-4 山部二期地区位置図

3-1 山部二期地区の概要

国営かんがい排水事業「山部二期地区」は、北海道富良野市および南富良野町の1市1町に位置する農地2,526haの農業地帯である。

山部頭首工や山部幹線用水路をはじめとした本地区の基幹水利施設は、国営山部土地改良事業（昭和40～54年度）により整備されたが、その後約40年が経過し、老朽化や凍害による劣化が進行している。

このため、本事業ではこれらの施設を順次改修し、施設機能を回復させることにより、農業用水の安定供給および維持管理の軽減を図っているところである。

3-2 発電施設の導入

これまで、北海道における農業用水を利用した水力発電は、冬期間の積雪が障害となりかんがい期間のみ行われることになるため、経済的に採算が合わず、地元負担も大きいことから導入には難しい面があった。

しかし、前述のとおり再生可能エネルギーの固定価格買取制度の創設により発電コストの回収が可能となったことや、余剰電力の売電収入が土地改良施設の維持管理費に充当できるようになったことなどの施策により、北海道内における小水力発電の導入環境が整ってきた。

これらを背景として、山部二期地区において小水力発電施設を整備する計画となった。

本項では、山部頭首工と山部幹線用水路を活用した「山部地区管理用発電施設」の計画設計の事例について報告する。



写真-1 山部頭首工



写真-2 山部頭首工より下流・施設計画地点



写真-3 山部幹線用水路・施設計画地点

3-3 発電計画

本発電施設は、図-5に示すとおり空知川に設置された山部頭首工から取水する用水を取水施設と水位調整ゲートにより「農業用水」と「発電用水」に分水し、山部幹線用水路と空知川の水位差（最大有効落差6.66m）を利用して、最大166kW（最大発電用水量3.3m³/s）の発電を行うものである。ここで、取水位である用水路水位は一定に管理できるのに対して、放水位である河川水位は変動し一定ではない。放水位を平水流量時とした場合、発電期間の半分の日数で計画上の発電出力が得られないため、想定発電量が過大とならないように、設計上の水位差（有効落差）を豊水流量時の水位とした。これは、放水位となる河川水位が高い方が有効落差は小さくなり、発電量は少なくなることによる。

また、発電した電力は、全量を北海道電力株式会社に売電する計画であり、売電益により土地改良施設の操作等に必要の維持管理費の節減を図る。なお、発電に使用した用水は、放流施設を通して空知川に全て還元することとし、減水区間の利害者もないことから、発電施設の整備による下流への影響は生じない。

また、発電期間は、積雪の影響や非常時対応および除雪などの維持管理の負担を考慮して4/1～11/30の244日間に設定した。

なお、非かんがい期（4/1～5/1、10/1～11/30）の発電用水は、新規に水利権を取得した。

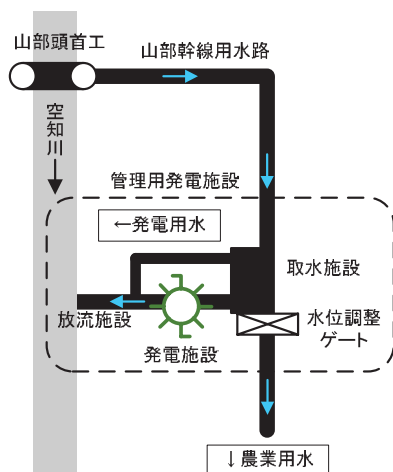


図-5 小水力発電模式図

3-4 発電関連施設の諸元および位置

本発電施設に関連する「山部頭首工」「山部幹線用水路」「管理用発電施設」の諸元を表-3に示す。

表-3 関連施設の諸元

施設名	構造物の構造・能力
山部頭首工 (既設)	堰体：フィクストタイプ全可動堰 (高さ14.4m、堰長74.0m) 洪水ゲート：B13.00m×H7.65m×2門 土砂ゲート：B10.00m×H2.00m×1門 取水ゲート：B1.90m×H1.90m×2連
山部 幹線用水路 (改修)	水路：鉄筋コンクリートフルーム水路 B2.80m×H1.75m Q _{max} =5.644m ³ /s
山部地区 管理用発電 施設(新設)	発電設備：プロペラ水車(インライン式) 最大発電出力166kW 水位調整ゲート：B2.80m×H1.75m×1門

また、発電関連3施設の位置関係は、図-6に示すとおりである。

新設する管理用発電施設の設置位置は、現地の地形状況、河川流況および河川環境への影響を考慮し、減水区間が極力短くなる位置とすることを条件として検討した。その結果、山部頭首工から下流150m地点の比較的平坦な場所に設置することとした。

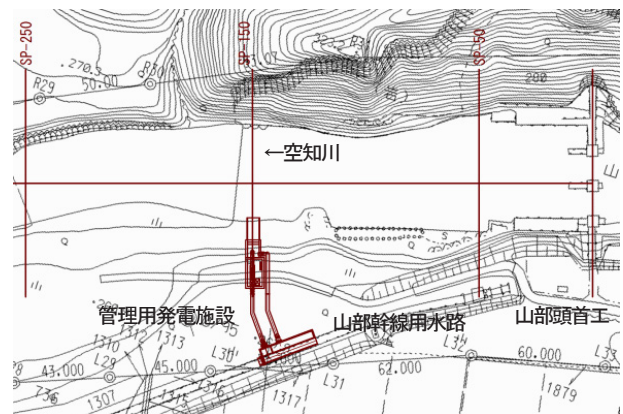


図-6 発電関連施設位置図

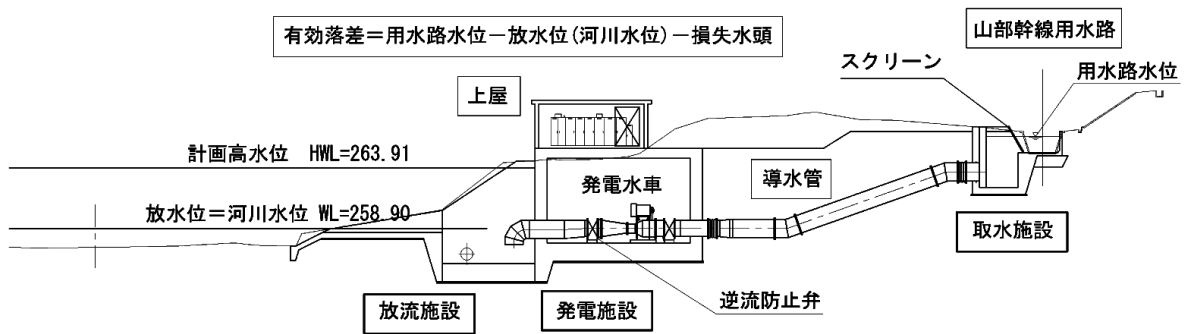
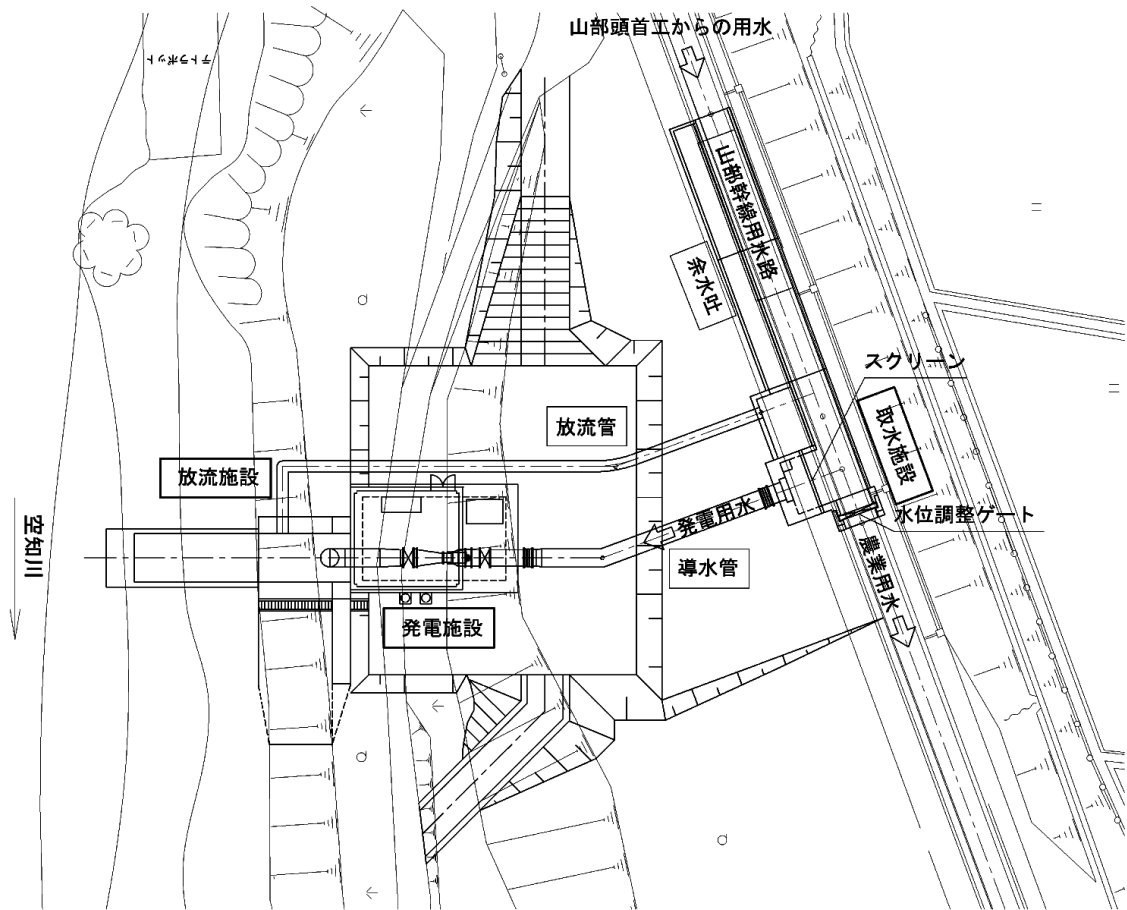


図-7 山部地区管理用発電施設全体平面図・縦断図

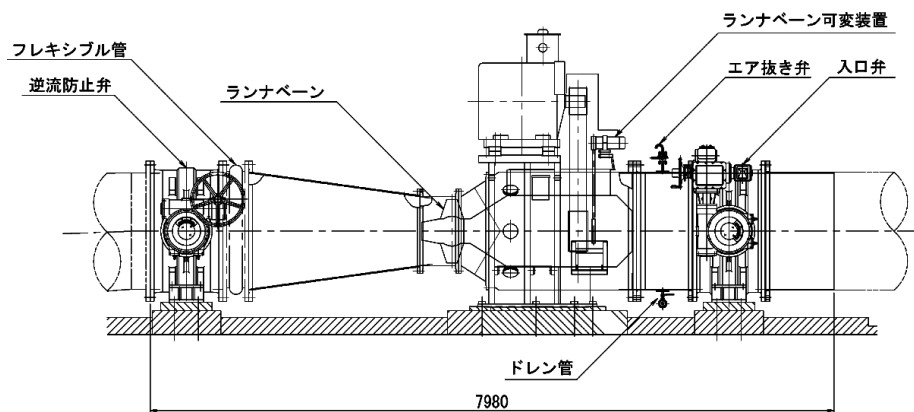


図-8 発電水車詳細図 (参考)

3-5 山部地区管理用発電施設

新設する山部地区管理用発電施設は、図-7に示す「取水施設」「発電施設」「放流施設」の主要3施設で構成した。主要施設の概要を示す。

- ① **取水施設**：山部幹線用水路の右岸側に導水管（φ1500mm）を接続するための水槽を設置した。水槽の規模は、導水管への空気連行を防止するため、幅5.20m×奥行3.20m×深さ4.59mとした。また、農業用水と発電用水の分水は、発電水車と水位調整ゲートの制御により行う。

なお、非かんがい期間の用水は、水位調整ゲートを全閉して全量を発電用水として利用する。その他、導水管の前面には、落ち葉等のゴミが発電水車に流入するのを防ぐため、スクリーンを設置した。

- ② **発電施設**：用水路との水位差を確保するため1階に発電水車を配置し、2階の上屋内に配電盤・操作盤等を配置する2階建て構造とした。

河川水の室内への流入を防止するため、計画高水位より低い位置にある1階は水密構造とし、発電水車には逆流防止弁を取り付けた。

2階の上屋は、計画高水位に余裕高を加えた高さとして、河川阻害とならないように河道断面に入らない位置に配置した。

- ③ **放流施設**：発電水車で使用した発電用水は、放流施設で減勢させ、全量を空知川へ放流する。また、農業用水を使用していない期間に停電や機器類の故障があった場合、発電水車も緊急遮断されることとなる。このとき取水された用水は、取水施設に設けた余水吐（越流構造）から放流管（φ900mm）を通して、余水として空知川へ放流される構造とした。

3-6 発電使用水量と取水パターン

本発電施設は、既設の山部幹線用水路（施設規模最大流量5.644m³/s）を活用して発電するものである。そのため、農業用水が少ない期間は発電用水を多く確保することができ、逆に深水区や代かき期な

どの農業用水が多い期間には、発電用水が少なくなるというように、かんがい期別に発電使用水量と取水パターンが異なるのが特徴である（図-9、10）。

このように、農業用水を主たる水利使用とするときの発電を「従属発電」とし、非かんがい期に行う発電の「非従属発電」と区分している。

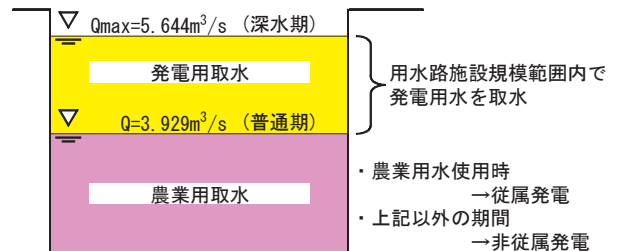


図-9 発電用水概念図

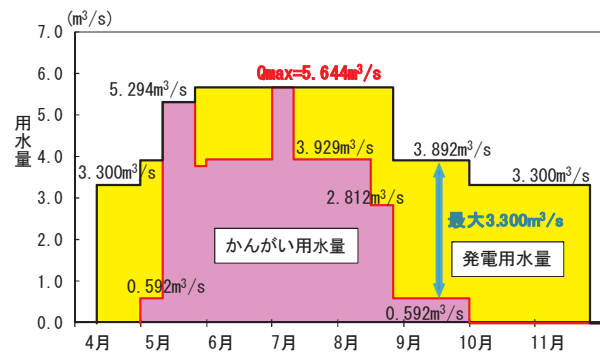


図-10 取水パターン図

一般的に、水力発電は水量が多いほど、水位差が大きいほど発電量が多くなる。本施設では、全期間で施設最大規模（Qmax5.644m³/s）の発電をした場合、最大発電出力が330kWを超える規模にすることが可能となる。しかし、現行の固定価格買取制度では、発電出力が200kWを超えると電力の買取単価が下がること（表-2）に加え、発電水車規模が大きくなることによる発電コストの上昇が生じてしまうことになる。そのため、発電使用水量の決定にあたっては、売電収益／発電コストが最大となるように検討した。その結果、最大発電使用水量3.300m³/s、最大発電出力166kWが最も経済的な規模となった。

なお、計画基準年流況では、有効雨量によるかんがい用水量の減量期間が発生するため、発電使用水量は増えるが、設計においては想定発電量が過大とな

らないよう考慮しないこととした。

さらに、期別の発電用水量および取水パターンは、各期において施設規模最大流量と最大発電使用水量の両方を超えないようにすると図-10に示すとおりとなる。

なお、日常の取水管理は、期別流量に合わせて山部頭首工の取水ゲートと発電施設の水位調整ゲートおよび発電水車の操作を行い、ゲート開度と各地点の水位の確認により行う。

3-7 発電水車と補機

本発電施設で採用する水車は、最大有効落差6.66m、使用水量3.300m³/sの条件を表-1と照合し、その適用範囲から採用可能な水車種類を抽出するとプロペラ水車（インライン式）やクロスフロー水車が選定される。これら水車について比較検討した結果、経済性や運用管理で優位となる「プロペラ水車（インライン式）」を選定した。加えて、本水車の補機として以下を整備した（図-8参照）。

- ① 入口弁：発電時に全開し、水車に通水する。
停電時には通水を遮断するため、停電検知後に自動閉する制御システムを組み込むことから、動力は電動とした。また、下流の逆流防止弁と共に全閉することで、水車内部のメンテナンスが可能となる。
- ② 逆流防止弁：水車および水圧管内部のメンテナンス時に全閉し、河川水の管内への逆流を防止する。動力は、メンテナンス時の操作のみとなるため手動とした。
- ③ フレキシブル管：伸縮が可能で水車の取り外しを行うために設置した。
- ④ ドレン管・エア抜き弁：水車内部点検時に、入口弁および逆流防止弁を全閉し、内部の水を抜くために設置した。

この他、期別で流量変動が発生することによる発電効率の低下を防ぐために、水車のランナベーン（羽根）は自動可変機構をもつ構造とした。

なお、水車の制御は、取水施設（導水路呑口

部）に設置した水位計測により検知して行う構造とした。

以下に、水車発電機仕様の一覧を示す(表-4)。

表-4 水車発電機仕様

水車種類	プロペラ水車(インライン式)	
有効落差	m	6.5~7.5
使用流量	m ³ /s	1.750~3.300
水車出力	kW	199
回転速度	rpm	527
比速度	m-kW	630
最高効率	%	84.1
最高効率時流量	m ³ /s	3.351
最高効率時出力	kW	199
速度変動率	%	156
水圧変動率	%	30
無拘束速度	rpm	1350
ランナ入口径	mm	φ760
ケーシング入口径	mm	φ1350
発電機出力	kW	183

3-8 経済性

経済収支の検討は、発電コストを「ハイドロバレー計画ガイドブック」をもとに算定し、経済収支を検討する期間は、電力の買取期間である20年間で行った。

本発電施設による想定発電量に対する売電利益は、発電コストを上回る結果となったため、土地改良施設の維持管理費に及ぼす経済効果は大きいと考えられる。

4. おわりに

非かんがい期にも発電を行うことにより、北海道内の小水力発電でも経済性が確保できることを示すことができた。今後は、発電施設としての潜在能力の高い（流量が多い、水位差が大きいなど）土地改良施設の掘り起こしと、発電効率の高い水車の技術開発が待たれるところである。

(株)ドーコン

頭首工の転倒ゲート上を流下する土砂についての考察

高橋 淑紹

1. はじめに

ストックマネジメント技術高度化事業において、維持管理費の軽減を目的として、頭首工の転倒ゲートに耐久性塗装を採用した。その後のモニタリング調査で、摩耗による耐久性塗装の消失が確認された。機能診断結果により、流水に混入した土砂が要因と考えられたため、平成26年度のモニタリング調査で土砂に関する調査を追加して実施した。本報文は追加調査で確認した土砂流下状況について報告するものである。

2. 対象施設の概要

対象施設はU頭首工である。北海道日高支庁管内の二級河川に位置し、昭和50年度国営かんがい排水事業で造成された。頭首工は左岸側に土砂吐ローラーゲート1門、中央と右岸側に洪水吐転倒ゲート2門を有する（写真－1）。取水期間は5月1日から8月30日までであり、土砂吐ゲートは下降、洪水吐ゲートは起立している。ゲート設備の維持管理として、平成4年及び平成13年に再塗装し、平成21年12月中旬～平成22年2月中旬にかけて耐久性塗装を施工した。

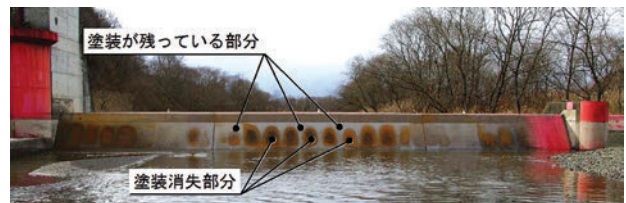


写真－1 U頭首工全景

3. ゲート塗装の摩耗状況

3-1 耐久性塗装の導入前

平成20年の調査では、中央の洪水吐ゲートで塗装面の変状が確認された（写真－2）。ゲート扉体上流面は大半の塗装が消失し、錆が発生していた。しかし、他のゲートは主だった変状が確認されなかった。



写真－2 中央の洪水吐ゲート

3-2 耐久性塗装の施工

塗装がほぼ消失するという変状が、摩耗によるものと診断されたことにより、耐摩耗性を有する塗装を施すことになった。耐久性塗装工事はストックマネジメント技術高度化事業で実施し、平成22年2月に完工した。左岸側の土砂吐ローラーゲートは耐摩耗性、機能保全コスト面で優れているマイティーCF-CP工法、中央の洪水吐ゲートには耐衝撃性、耐摩耗性及び低温時乾燥性に優れているガラスフレイク塗装が採用された。右岸の洪水吐ゲートは比較のために在来工法であるエポキシ樹脂塗装が採用された。

3-3 耐久性塗装の導入後

施工から1年目である平成22年、3年目である平成24年、5年目である平成26年にモニタリング調査を実施して、耐久性塗装の施工後の状態を確認した。平成26年調査時では平成20年の現況調査と同じく、中央の洪水吐ゲートで塗装面の消失という変状が確認され（写真－3、4）、その要因は、平成24年のモニタリング調査で「流砂」とであると推測された。



写真-3 中央の洪水吐ゲート 扉体上流面（全体）



写真-4 中央の洪水吐ゲート 扉体上流面（左岸側拡大）

耐摩耗性が高い塗装を施しているにもかかわらず塗装が消失していたため、平成26年のモニタリング調査では、河道内土砂の状況について調査することになった。

4. 河川の流況

取水期間は土砂吐ゲートが下降閉鎖され、転倒ゲートが取水位を確保する位置で起立している。この場合、平水時は上流側は静水池状態となっていて、取水以外は洪水吐ゲート上を越流している（写真-5）。洪水時はゲート上流において濁った河川水の流れが確認できる（写真-6）。

非取水時は土砂吐ゲートが上昇開放されてみお筋は土砂吐となるが、流量が多いときは転倒ゲート上を河川水が流下する状況もある（写真-7）。



写真-5 平水時の流れ



写真-6 洪水時の流れ



写真-7 非取水時の流れ（流量が多いとき）

5. 土砂流況に係わる調査

5-1 調査項目

塗装の消失は、河川水に混入した土砂が塗装を摩耗したと推定されるため、土砂の流下状況の調査が必要と考えた。モニタリング調査の主目的はゲートの変状を調べることであり、土砂に関する調査は必要最小限で簡易にできるものとした。そのため、河道内の目視による状況把握、河道内土砂の粒度分布、流速・水深の測定を実施することとした。

状況把握は土砂の流下や堆積状況に着目して観察した。また、取水期間終了時に土砂吐ローラーゲート引上げと洪水吐転倒ゲート倒伏をおこなうため、頭首工管理人立ち会いの下でその時の排砂状況を観察した。

河道内土砂の粒度分布は、土砂の移動という観点から、頭首工の上流側と下流側で、河原とみお筋の中よりサンプリングした（写真-8）。

流速はゲートへの土砂移動に係わる要因であるため、頭首工の上流側のみで測定した。測定は電磁流速計を使用し、流速の測定箇所でも水深も測定した（写真-9）。



写真－8 土砂サンプリング状況



写真－9 流速測定状況

5-2 調査結果

5-2-1 河道内の流水状況

取水期間は深いプール状となって川底の確認ができなかったが、非取水期間における平水時の流水は、水深も浅く川底が明瞭に見えるほど透明であり、川底を筋状となって移動する砂も確認された。非取水時で流量が少ない場合は土砂吐けのみを通る流れとなり、流量が多くなると倒伏した洪水吐ゲート上も流れる。

5-2-2 取水期間終了時の排砂状況

取水期間終了時に土砂吐ゲート引上げ、河道内転倒ゲート倒伏をおこなうため、取水期間終了日の平成26年8月30日に現地調査を実施した。この調査の目的はゲート操作時の河道内の流水状況や堆積土砂流出状況を確認することである。このときに、ゲート操作管理者から使用実態を聞き取った。

1) 聞取り内容

- ・土砂吐の引上げゲートは油圧が抜けるため、下がってしまうことから、引き上げた状態を維持できないことがあった。
- ・引き上げた状態を維持するためのフックもあるが、ワイヤーが伸びてしまっているため、フックの位置まで引き上げることが困難な状況にある。
- ・ゲートを引き上げた状態を維持するため、木材のストッパーを入れたこともあるが、すぐに圧壊して用をなさなかった。
- ・河川水にレキが含まれているため、洪水吐の護床が摩耗している。

2) 土砂吐ローラーゲート部の状況

- ・ゲートを引き上げていくにつれ、下部からの放水が開始され、最初は泥水状のものが混じった流水であったが、次第に濁度の低い流水へと変化していった。
- ・流水はオリフィス状流出から、開水路流れとなっていったが、所々に堆積した泥土が崩れて混じったと思われる流れが確認された。
- ・流水の表面には数cmの粒径のレキが、転がりながら飛び出していることも確認できた。



写真－10 土砂吐からの流れの状態

3) 転倒ゲート部の状況

- ・土砂吐ゲートを引き上げていくにつれて、主な流水が土砂吐部に移行していったため、転



写真-11 中央ゲートの状態

倒ゲートが倒伏しても越流量が減少していき、最終的に越流が無くなった。

- ・転倒ゲートが完全倒伏しても越流が無く、ゲート上流側の塗装劣化状況が確認できた。
- ・塗装が流水方向に沿って摩耗する形状で塗装が無くなり、素地が露出していた。特に中央ゲートの右岸側は斜め方向に塗装が無くなっていた。

4) 貯水池

- ・貯水池内の水が無くなっていくにつれ、非取水期の水みちの状況が確認できた。
- ・取水口がある左岸側が主たる水みちとなっていて、右岸側は堆積土砂が残っていた。
- ・流水には堆積土砂が崩れたと思われる、泥水のかたまりが含まれているのが確認された。

5-2-3 河川内の堆砂状況

取水期は河道内がプール上になって水深が深く、河川水の透明度が低いため、堆砂状況は確認できない。

非取水期の平水時は河原があり、河川水の透明度が高いため、川底の状態も明瞭に確認できる。河原は平坦でみお筋断面は緩やかなお椀型である（写真-12）。



写真-12 河道内の全景

河道内の土砂は、砂分や細レキが卓越した表層の下に、シルト混じりの砂～中レキの河床部で構成されている。水際の河岸を観察すると、シルト分や砂分、レキ分が卓越した土層が交互に見られるが、表層に近いほど細粒分が見られず、粗砂やレキ分が主のゆるいしまりの状態である（写真-13）。これとは逆に河床部は、細粒分～中レキが密に締まっている状態である。

現地近接目視により、角レキ状や亜角レキ状のものが多く含まれている状況を確認したことから（写真-14）、レキは比較的硬質と思われる。



写真-13 河岸付近の堆積土砂



写真-14 堆積土砂の拡大

5-2-4 河川内の土砂流下状況

取水期や洪水時は流水が濁っているため、直接的に土砂の流下状況を確認できない。

非取水期の平水時の河川水が透明な場合は、川底まで明瞭に見ることができ、土砂の筋状となって移動する流砂が確認できた（写真-15：写真の筋は判別しやすいようにラインを強調している）。また、ゲート箇所では流下状況を観察したところ、ゲートの上を滑るように流れていく小砂利が確認された。



写真-15 砂の移動

5-2-5 粒度分布

河道内土砂の粒度分布は移動している土砂に対して調べるという観点より、頭首工の上流側と下流側で、河原と河道（みお筋）内からサンプリングした。

具体的な採取箇所は下図に示すように、頭首工の上流側5m、50mの2地点と、護床工の下流側50m点から7資料をサンプリングした。なお、上流50m地点の河岸において水際に近い箇所と離れた箇所では、粒度の構成が異なるように見られたため、それぞれの箇所（下図のS-1、S-2）でサンプリングした。

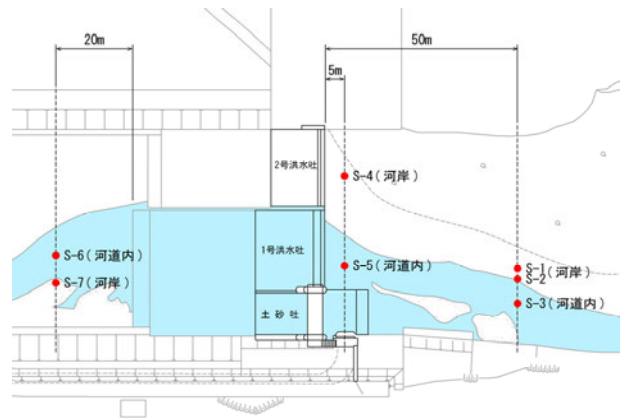


図-1 土砂サンプリング位置

採取試料の粒度分布試験結果により、河道内の土質は「砂質レキ」及び「レキ」に分類された。各試料の粒径加積曲線を下図にまとめて示す。

上流5m地点の河岸（S-4）を除いてほぼ同じ粒度分布を示している。S-4は他の箇所より砂分が卓越している。上流50m地点の河岸の水際から離れた箇所（S-1）は細レキ～中レキが多く含まれている。これらの特異性は現地目視で確認した状況と一致している。

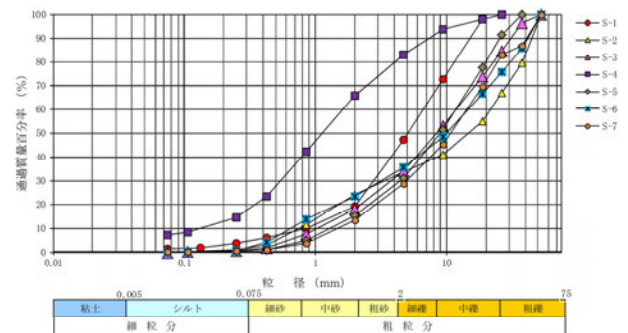


図-2 粒径加積曲線

5-2-6 流速と水深

ゲートまでの砂礫の移動に着目していることから、流速測定はゲート箇所から上流側でおこなうこととした。具体的な測定箇所は下図で示す50mまでの7箇所である。測定日は10月24日であり、洪水吐ゲート（転倒状態）上を河川水が流下していることを確認してから測定した。

なお、これまでの目視観察により河床付近での土砂移動を確認しているため、流速は川底で測定した。

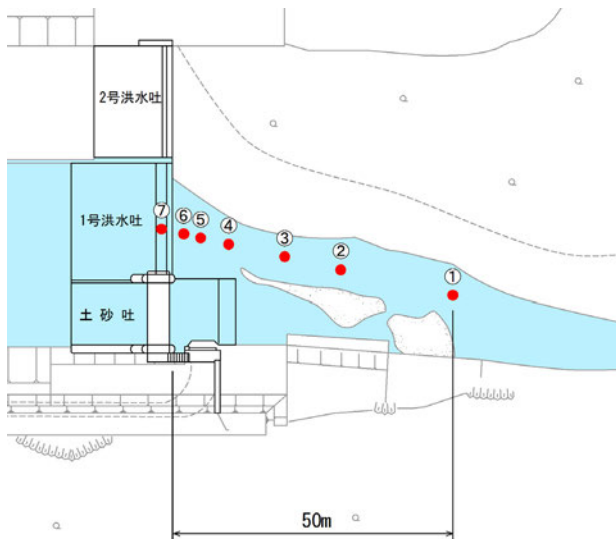


図-3 流速測定位置

測定結果は下表にまとめて示す。ゲート箇所を除いて川底の平均流速は0.353～0.507m/sであった。ゲート箇所では1.426m/sと川底の値に対して3～4倍の流速であった。参考としてゲート上流2m地点の川底から7cm上で測定した結果、平均流速で0.742m/sであり、同地点の川底値に対して1.3倍の流速であった。

表-1 流速・水深測定結果

地点	測定値					平均値 流速 m/s
	上段:流速 m/s, 下段:水深 m					
①上流50m	0.495 0.280	0.512 0.320	0.483 0.320			0.497
②上流30m	0.551 0.380	0.462 0.320				0.507
③上流20m	0.245 0.160	0.456 0.210	0.389 0.240	0.321 0.240		0.353
④上流10m	0.725 0.160	0.411 0.260	0.487 0.180			0.541
⑤上流5m	0.643 0.170	0.661 0.180	0.463 0.260			0.589
⑥上流2m	0.392 0.160	0.598 0.200	0.545 0.210	0.606 0.230	0.676 0.210	0.563
⑥上流2m(参考) 底から7cm	0.597 0.200	0.781 0.210	0.886 0.220	0.833 0.230	0.612 0.200	0.742
⑦ゲート箇所	1.377 0.130	1.443 0.130	1.398 0.130	1.484 0.130		1.426

6. 土砂の流下に対する考察

今回の調査で判明した結果により、土砂流下に対して以下のとおり考察する。

1) 取水期と非取水期

取水期の平水時は比較的透明な河川水が起立したゲート上を越流しているため、ゲート箇所の土砂の流下はほぼ無いと考えられる。洪水時

は濁水が越流しているため、ゲート箇所で土砂の流下もあると想定される。

非取水期では水量が増えるにつれ、転倒したゲート上を河川水が流れる状況になり、ゲート上を土砂が流れる量も増えていくものとする。

2) 上流側河道

取水期はプール状となって沈砂機能を有するため、土砂が堆積する。非取水期は土砂吐と中央洪水吐ゲート部をとおりみお筋となり、土砂も流下している。

流下する土砂は、粒度分布試験により6cm以下の細砂～レキであることが判明している。上流側の堆積や下流側の河床洗掘に異常は見られなかったため、前記粒径の土砂が平衡的に流下しているものと考えられる。

また、水際以下の河岸や河床部は締まった状態で、凹凸が少なかった。これは、取水期に沈降した細粒分や細砂がレキの間を埋めることで、締まった状態が形成されたと考えられる。こうした河床部では流速が遅くなくても、上流からの土砂がとどまりにくい状況にあると想定され、ゲート部には連続的に土砂供給されやすいと考えられる。

3) 非取水期のゲート箇所

河道の流速の状況を模式的にまとめると、(図-4)で示すようになる。ゲートの上は低下背水の影響もあり流速が3～4倍に増す。また、人工物として表面がなめらかで突起物はない。そのため、河道にとどまるような粒径の土砂でもゲート箇所では流下することになる。この場合、すぐにゲートまで沈降してゲートの上を滑るように流下している(写真-16)。

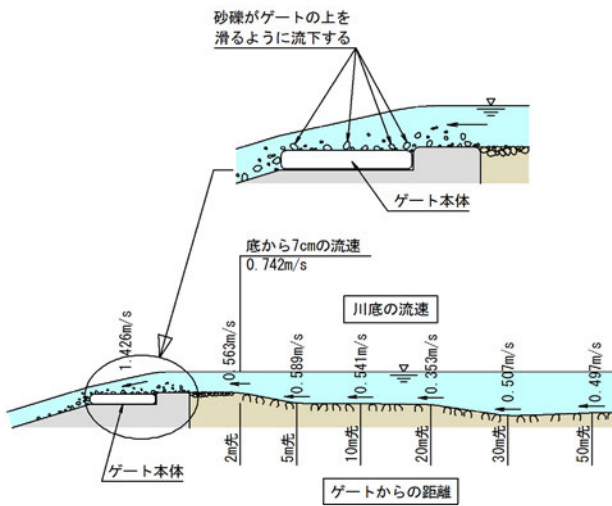


図-4 河道内流速と琉砂状況

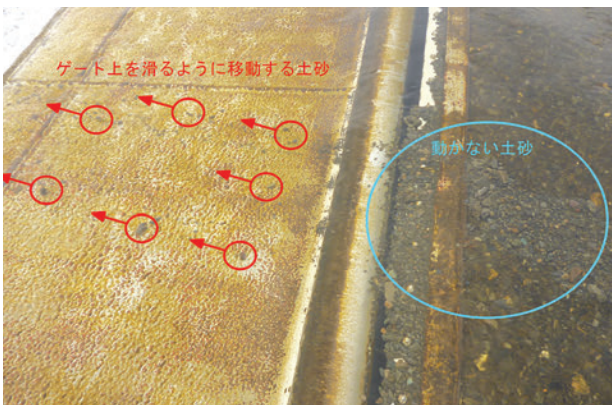


写真-16 ゲート上の土砂の移動

4) 取水期間終了時の排砂

土砂吐ゲートを上げたときに多量の土砂混入流が発生することで、塗装の摩耗が生じると想定していた。ただし、主な流れが土砂吐になり、転倒ゲート箇所では極めて遅い流れとなっている状態を確認したため、摩耗の要因となるような土砂流下が生じていないと考える。

5) ゲート塗装の摩耗に対して

洪水時は河川水の濁り状況から、塗装の摩耗要因である土砂が大量に混じるが、今回の調査では平水時にも砂が川底を移動し、小砂利がゲートの上を滑るように移動することが確認された。このことは、洪水時は多量の土砂が短時間に流下するが、平水時は少ない土砂が長時間にわたって流下することになり、塗装を摩耗させる力が

常に働いていると考えられる。さらに、塗膜の摩耗要因は流下土砂が主であるが、ゲート上で流れが高速になることと、特に小砂利がゲートの上をこするように流れることが摩耗を増長させていると考える。

7. おわりに

機能診断では施設変状に対する要因の判断が求められる。今回の機能診断でもゲート塗装の変状として摩耗があり、その要因は流砂にあると判断していた。通常の機能診断としてはこの段階で十分であるが、今回の調査では更に、詳細に調査することで土砂流下のメカニズムの一端を伺うことができた。また、現地での簡易な計測や目視観察を主としたため、今後の調査でも容易に取り入れることが可能であり、機能診断の精度向上に寄与できると考えている。

(株)アルト技研

機能診断調査の現地踏査における効率性の試み

岡田 卓大

1. はじめに

北海道内の国営土地改良施設の多くは戦後から高度経済成長期にかけて整備され、表-1で示すように平成27年時点で2,183にもものぼる膨大な数が整備されている。

この内最も古い施設では、整備後50~60年が経過しており、その多くで老朽化が顕在化している。

しかし、施設管理者である土地改良区や地方公共団体では、昨今の財政的事情から十分な維持更新ができる状況ではないのが実情である。

このため、既存施設の有効活用とより経済的な施設の更新整備の方法であるストックマネジメントの考え方が必要不可欠となっている。

ここ10余年で機能診断調査は急増し、現在診断調査は2巡目を迎えている。

調査対象はダム、頭首工、用排水機場などの点的構造物と、用水路（開水路、BOX、水路トンネルおよびパイプライン）、排水路などの線的構造物に大別される。点的構造物は調査範囲が限定されるため、現地での調査量は変状の有無によるが比較的些

少である。

これに対して、線的構造物は調査範囲が大きいいため、外業もさることながら内業に係る時間が膨大になる。

本報では、調査量が膨大な線的構造物における現地踏査に着目し、踏査方法の効率化を目的に行った試みについて紹介するものである。

2. 線的構造物

線的構造物は開水路（BOX、水路トンネルを含む）、パイプラインおよび排水路の3種類がある。

現地踏査で確認すべき主な変状および箇所はそれぞれ以下のものである。

(1) 開水路（現場打ちの場合）

- 1) スパンごとのコンクリート変状
- 2) 流水による摩耗
- 3) 目地の変状
- 4) 水路の沈下および蛇行
- 5) 漏水
- 6) 付帯施設の変状

表-1 農業水利施設の施設区分別内訳表

施設区分	施設数	標準耐用年数*1	標準耐用年数を超過した施設数	供用年数 20(40)年以上*2
ダム・ため池	61	80	0	48
頭首工	85	50	7	52
用排水機場	134	20	72	72
水門	4	30	2	3
水管理設備	12	10	6	1
用排水路	1,887	40	296	812
合計	2,183		383	988

(北海道内の施設 H27年時点)

※1 標準耐用年数は「土地改良事業における経済効果の測定に必要な諸経費について」農業振興局長より

※2 供用年数は、ダム・ため池は40年、その他は20年で区分

(2) パイプライン（地上踏査の場合）

- 1) 漏水もしくは過湿箇所
- 2) 周辺地形の変化
- 3) 付帯施設の変状

(3) 排水路

- 1) 水路底面の浸食、洗掘
- 2) 水路の不同沈下
- 3) 水路装工の変状
- 4) 護岸の変状
- 5) 付帯施設の変状

3. 現地踏査

踏査は、路線全体を原則とし、遠隔目視により変状の有無や変状箇所の特定を行う。写真撮影については、全景写真と水理断面変化点、付帯施設箇所を記録撮影することを前提とし、ここでは変状箇所の記録に特化して話を進める。

これまで行ってきた踏査手法は図-1に示すよう

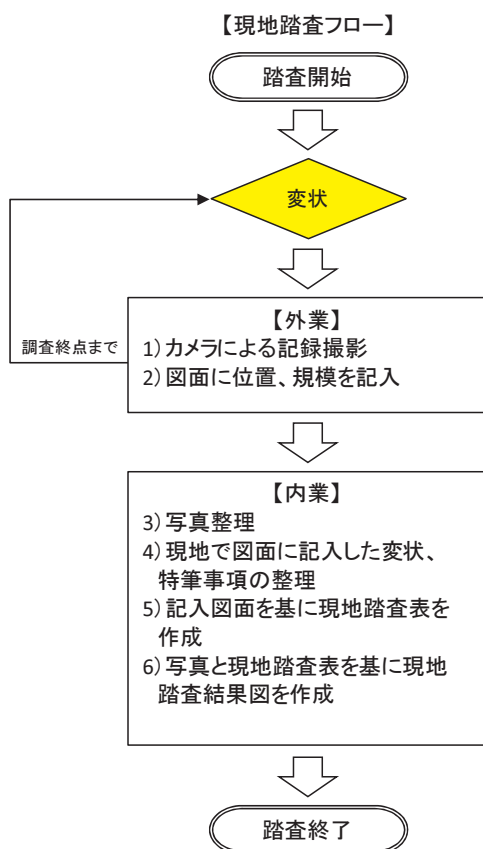


図-1 現地踏査フロー図

に、1) 外業で変状をカメラ撮影し、2) 図面に位置、規模を記録する。外業終了後は内業へ移行する。3) 内業では写真整理、4) 図面に記入した変状、特筆事項を整理後、5) 記入図面を基に現地踏査表を作成する。6) 写真と現地踏査表を基に現地踏査結果図を作成して、現地踏査を終了していた。

しかし、2) 図面に変状を記入し、4) 記入図面を整理後、5) それを基に現地踏査表を作成するという内業に多大な時間を費やしていた。

また、外業終了後、速やかに内業へ移行できれば良いが、業務の都合上、内業整理に時間的な間隔が空く場合もあり、記憶を頼りに作業を進めるなど、時間的ロスも発生していた。

そこで、これらの作業をある程度、外業で行うことができれば、大幅な作業の短縮、効率化が見込めることに着目した。

4. 踏査手法の創意工夫

作業の短縮、効率化を行う手法として、写真-1に示すタブレットPC、タッチペンおよび、持ち運びとスムーズな作業の両立を可能にするためのPC用肩掛けバンドを使用することを計画した。

具体的には、あらかじめ施設ごとに調査表を作成しておき、その調査表をタブレットPC内に格納して持ち歩く。写真-4に示すように、現地で変状があればその都度調査表をチェックしていき、最終的に現地踏査表を作成していくというものである。

ちなみに、タブレットPCを用いた踏査は、晴天時もしくは曇天時に限定して行うことにした。

雨天時は、タブレットPCの故障の原因になること、水路からの漏水や漏水を示唆する地表の過湿箇所等が判別しづらくなること等から、雨天時の踏査は避けるべきである。

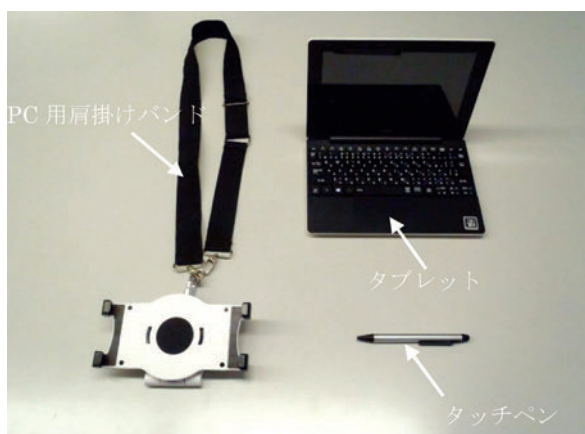


写真-1 タブレットPC他一式



写真-2 肩掛けバンド装着例



写真-3 PC他装着状況



写真-4 PCを使用した調査状況

ここで調査表とは以下の内容のものである。

(1) 開水路（現場打ちの場合）（表-2、3）

開水路の評価項目は、コンクリートの変状に重きが置かれることから、調査表には以下の事項を作成する。

- 1) 延長（バレルごとに整理）
- 2) 測点
- 3) 断面形状
- 4) 鉄筋コンクリート開水路で起こりうる変状
- 5) 総合評価

(2) パイプライン（地上踏査の場合）（表-4、5）

パイプラインの評価項目は、事故履歴・漏水量および管内外面の変状で評価を行うため、地上踏査では管本体の評価はし難い。そこで地上踏査では地上に露出している付帯施設の調査表を作成し、事項は以下のものである。

- 1) 施設種別
- 2) 測点
- 3) 滞水の有無
- 4) 付帯施設で起こりうる変状
- 5) 総合評価

(3) 排水路（表-6）

排水路の評価項目は、水路断面の変状と護岸工に重きが置かれることから、調査表には以下の事項を作成する。

- 1) 延長
- 2) 測点
- 3) 工種
- 4) 断面形状
- 5) 工種ごとで起こりうる変状
- 6) 総合評価

(1) 開水路の現地踏査取りまとめ例 (バレルごとの調査) 取りまとめシート (1/2)

表-2 開水路の調査表 (1/2)

用水路 現地踏査記録表

5 3 2 1

区間 バレル	断面形状		S-4相当 管径φ:0.2~1.0mm 管壁厚:0.2~3.0mm		S-3相当 管径φ:1.0~3.0mm 管壁厚:1.5~3.0mm		ひび割れ 水準 方向		付随物 エプロン 錆跡	評価	摩耗 評価 2	燃焼露出 評価 1:部分的 2:全体的	目地開き 評価 1:局所的 2:全体的	目地差 評価 1:局所的 2:全体的	漏水 評価 1:局所的 2:全体的	高シ 損傷 評価 1:局所的 2:全体的	評価	
	R	L	B	H	縦	横	縦	横										
46	10	R L 底版								S-5	2	S-4	S-5				S-5	チェックした変状に応じて健全度を自動表示
47	3	R L 底版								S-5	2	S-4	S-5				S-5	チェックした変状に応じて健全度を自動表示
48	2	R L 底版								S-5	2	S-4	S-5				S-5	チェックした変状に応じて健全度を自動表示
49	10	R L 底版					○	○			2							変状の程度を記入
50	10	R L 底版									2							変状の程度を記入
53	10	R L 底版									2							変状の程度を記入
54	10	R L 底版									2							変状の程度を記入
55	10	R L 底版									2							変状の程度を記入
56	10	R L 底版									2							変状の程度を記入
57	10	R L 底版									2							変状の程度を記入

現地で各区間の変状の発生状況を記入

各区間のバレルNo、延長、断面形状、工種を入力(調査前に入力)

(2) 取りまとめシート (2/2)

表-3 開水路の調査表 (2/2)

区間	断面形状		高コン 評価	外部要因 評価	内部要因 評価	凍害劣化 評価	傾倒	その他状況	総合評価		定点点 査位置
	延長 (m)	R L 底							鉄筋露出 含む	コンクリート 剥離	
46	10	R L 底版	S-5	S-5	S-3	S-5			S-3	S-3	S-3
47	3	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-5			S-4	S-4	S-4
48	2	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-5	第14号分水工		S-4	S-4	S-4
49	10	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-4	スケーリング		S-3	S-3	S-3
50	10	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-5	1.5cm沈下 1.5cm沈下		S-3	S-3	S-3
53	10	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-5	スケーリング		S-2	S-2	S-2
54	10	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-5	スケーリング 2cm沈下		S-2	S-2	S-2
55	10	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-5			S-3	S-3	S-3
56	10	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-3			S-4	S-4	S-4
57	10	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-5			S-3	S-3	S-3
57	10	R L 底版	S-5	S-5	S-5	S-5			S-4	S-4	S-4

各区間のバレルNo、延長、断面形状、工種を入力(調査前に入力)

凍害劣化の程度を記入

外部要因の程度を記入

内部要因の程度を記入

高コンクリートの程度を記入

各劣化による最低健全度を自動表示

チェックした劣化に成して健全度を自動表示

チェックした劣化に成して健全度を自動表示

チェックした劣化に成して健全度を自動表示

チェックした劣化に成して健全度を自動表示

最終判断を入力

(3) パイプライン付帯施設の取りまとめシート（空気弁、制水弁、排泥弁、分水工）

表-4 パイプライン付帯施設の調査表（1/2）

○○幹線用水路		施設名 空気弁(1)	
管理番号	2	測点	No.00+75.10
調査年月日	平成28年7月20日	施設状態	管類 S-3 保護工 S-5 周辺設備 S-5 健全度 S-3
調査者名	㈱フロンティア技研	劣化要因	弁類の発錆
施設区分	空気弁工		
<p>施設規模</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本管口径 φ300 ・人孔蓋 橋鋼板蓋 ・保護工 鉄筋コンクリート二次製品 ・空気弁 φ50 ・併設施設 なし 			
<p>下表から区別に最低値を選択</p>			
管 路 自 体	点検項目	チェック欄	備考
の 変 状	錆の有無	S-3 20%以上	
	破損、変形の有無	S-5 変状なし	
の 変 状	漏水の有無	S-5 問題なし	
	閉鎖状態	S-5 問題なし	
の 変 状	圧力計、流量計等の作動状況	作動不良 作動不可 該当なし 不明	
	錆の有無	該当なし	
の 変 状	破損、変形の有無	該当なし	
	漏水の有無	該当なし	
保 護 工	保護工表面の劣化、損傷	S-5 問題なし	
	内部の水浮の有無	S-5 水浮なし	
周 辺 設 備	沈下、変形の有無	S-5 変状なし	
	人孔蓋の健全性	S-5 問題なし	
特 記 事 項	タラップ等付属設備の変状の有無	S-5 問題なし	
	設備標識の破損	S-5 健全	
特 記 事 項	周辺地形の変状	S-5 変状なし	
	フェンス等安全施設の破損	S-5 該当なし	
<p>特記事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・漏水状況： なし 			
<p>選択した変状に応じた健全度</p>			
<p>・位置情報： 42 ° 4 ' 44 " 緯度</p>			
<p>： 140 ° 34 ' 6 " 経度</p>			
<p>S-5: 変状なし S-4: 変状兆候(監視強化) S-3: 変状あり(補修) S-2: 顕著な変状あり(補修) S-1: 重大な変状あり(更新検討)</p>			

概要図

断面を添付

弁本体

弁室内部

人孔蓋

補修

フルダウンリストで選択

(4) 上記シートから路線ごとにまとめた、パイプライン付帯施設の施設状態評価の集計表

表-5 パイプライン付帯施設の調査表 (2/2)

機能診断情報に基づく施設状態評価(付帯施設)												主要評価要因					
施設の状態												状態評価	主要評価要因				
管渠自体の変化																	
番号	施設種別	施設名	測点	漏水状況	弁類				保護工				周辺設備				
					鋼の有無	形破の有無	漏水の有無	温の有無	北面保護の覆の有無	設内の部の有無	形状下の有無	人孔蓋の健全性	め覆等々の付着の有無	設の破損	設の破損	周辺の形状	安全対策
1	分水工	〇〇線線分水工	No.00+13.17	なし	S-4	S-5	S-4	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-4	弁類、管渠の劣化
2	空気弁工	空気弁(1)	No.00+75.10	なし	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類の劣化
3	空気弁工	空気弁(2)	No.02+34.83	なし	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類の劣化
4	排泥弁工	排泥弁(1)	No.06+38.00	100cm以上	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-2	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-2	内側の劣化
5	空気弁工	空気弁(3)	No.06+80.00	なし	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類の劣化
6	空気弁工	空気弁(3)-1	No.07+65.18	なし	S-4	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類の劣化
7	排泥			上	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-2	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5		
8	空気			上	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5		
9	空気弁工	空気弁(5)	No.10+65.50	0	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類、管渠の劣化、開閉不良
10	制水弁工	制水弁(1)	No.10+65.50	0	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類、管渠の劣化、開閉不良
11	空気弁工	空気弁(6)	No.10+65.50	0	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類、管渠の劣化、開閉不良
12	排泥弁工	排泥弁(3)	No.11+97.00	20cm以下	S-3	S-5	S-3	S-3	S-5	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類の劣化
13	空気弁工	空気弁(7)	No.12+16.72	なし	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類の劣化
14	空気弁工	空気弁(8)	No.15+92.00	なし	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	弁類の劣化
15	分水工	上台・観分分水工	No.16+35.85	なし	S-4	S-5	S-3	S-3	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-5	S-3	管渠、開閉不良の劣化

各区間の測点、工種、施設名を入力
(調査前に入力)、漏水状況は、現地調査の結果で記入

5. 現地踏査の効率化

試みを実施した結果、図-2に示すように従来は、外業では変状を図面に記録していた作業を、試みでは変状を電子媒体に記録すると同時に現地踏査表を作成した。

内業の従来作業は、現地で図面に記録した変状を整理し、それを基に現地踏査表を作成する。写真と現地踏査表を基に、現地踏査結果図を作成して踏査終了していた。

試みでは、写真と現地で作成した現地踏査表を基に現地踏査結果図を作成して踏査終了した。

試みの外業は、従来よりも作業時間はやや掛かるものの、内業が従来の作業時間よりも大幅に短縮された。

今回調査対象としたパイプライン（延長17km、付帯施設110基）において、従来は10日程度要してい

た内業が、今回の試みにより5日で終了でき、5日間程度の短縮が可能となった。

6. おわりに

本報では、現地踏査手法の効率化を図る目的で、電子媒体を用いた踏査手法について紹介した。

ただし、一事例であるため今後は、改良または新たな手法を模索することで、洗練化していく必要があると考えている。

（㈱フロンティア技研）

引用文献

- 1) 北海道開発局農業計画課：北海道開発局におけるストックマネジメントの取り組み
—JAGREE90. 2015. 11

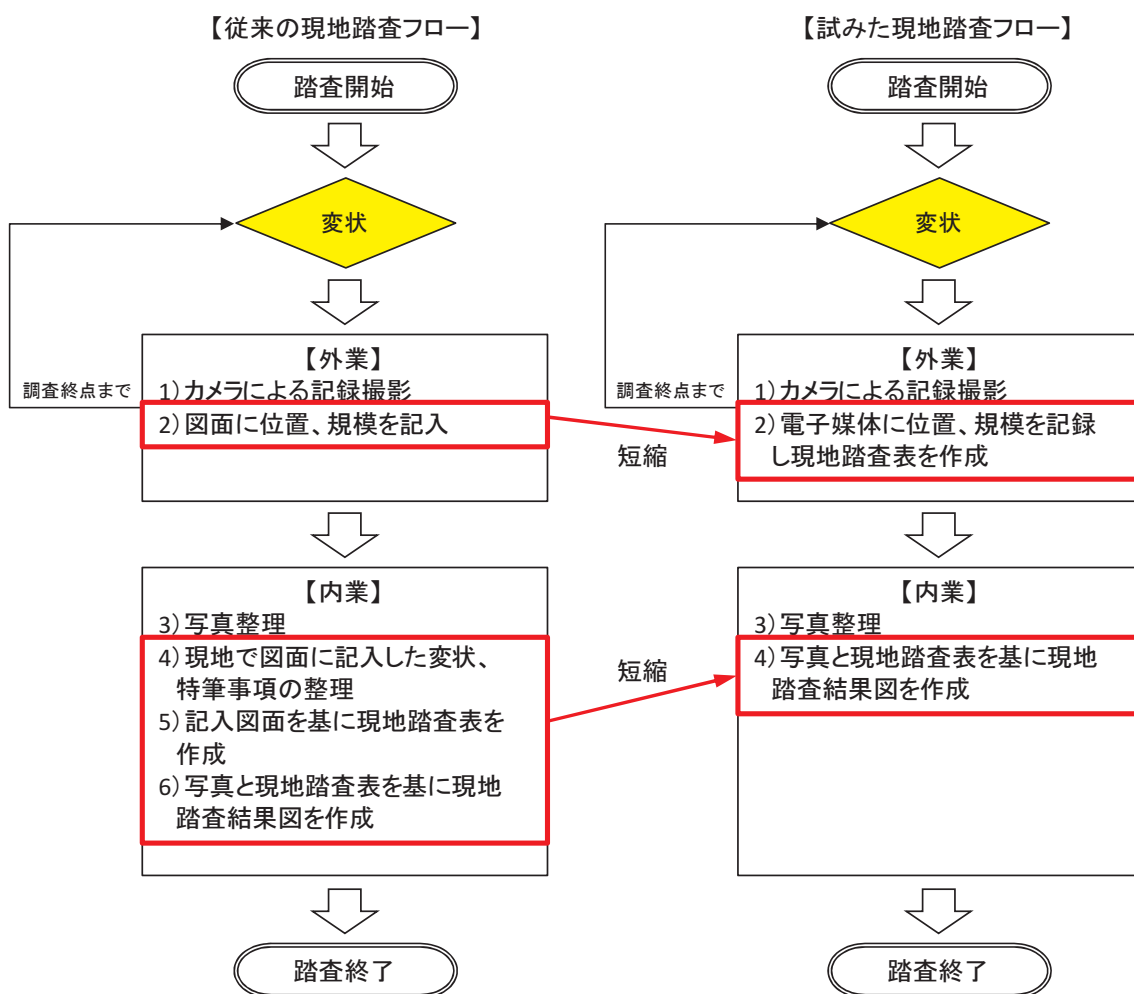


図-2 従来手法と試み手法の現地踏査フロー図

鋭角斜橋上部工の設計例

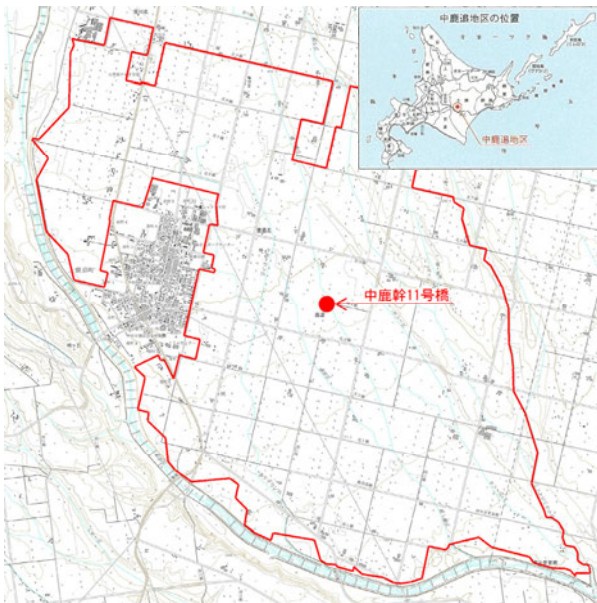
澤見 智

1. はじめに

本稿は、国営農地再編整備事業「中鹿追地区」で施工する農道橋の鋭角斜橋上部工についての設計例を紹介するものである。



写真－1 大型農業機械



図－1 位置図

設計対象の農道橋は、鹿追町が管理する普通河川南一線川と交差する農道に架かる「中鹿幹11号橋」で、昭和46年（1971年）に架設され、車道幅員は3.5mと狭く、近年の大型農業機械（写真－1参照）の通行障害となっている。なお、約40年以上が経過していることから老朽化（写真－2、3参照）が進行しており改修することになった。

改修に当たっては、平面線形、取付道路への擦り付け等の問題や地元要望もあり、それらを踏まえた鋭角斜橋の上部工の検討が必要となった。



写真－2 中鹿幹11号橋 全景



写真－3 防護柵の破損状況

2. 既設橋梁の現況と問題点

現況農道は、起点側から既設橋梁手前で湾曲しながら私有地へ入り込み既設橋梁（斜角45°）を通過し、丁字路に進入する平面線形となっている。

湾曲した現路は、橋梁を小規模とするため斜角を小さくし擦り付けたと考えられる（図－2参照）。

既設橋梁と現況農道は、周辺の畑作地とほぼ同じ高さで調和のとれた状況となっている。

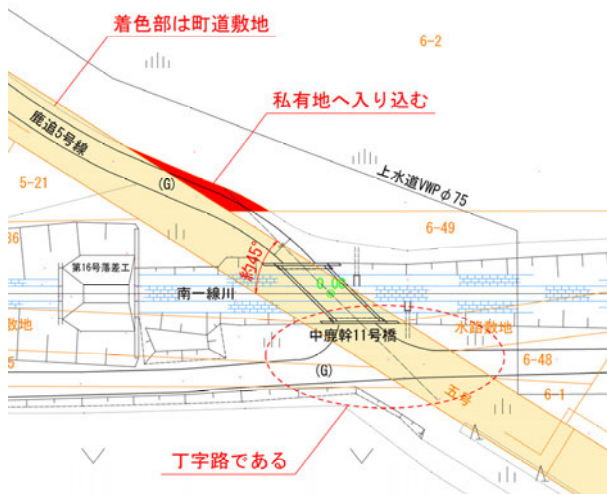


図-2 現況平面図

既設橋梁の上部工は、桁高が0.55mと低いPC単純床版橋で橋長10.44mである（図-3、図-4参照）。

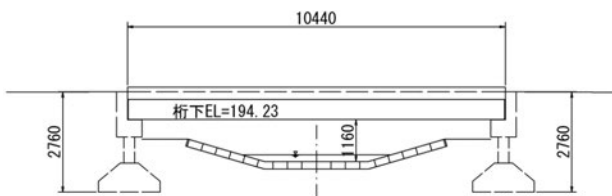


図-3 既設橋梁側面図

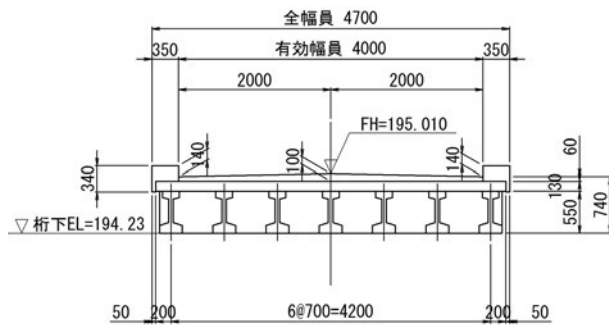


図-4 既設上部工断面図

鹿追町および周辺の地権者は、橋梁改築に併せて町道敷地内に農道を収める線形を要望しているが（図-5参照）、現況農道と河川との交差角（約45°）がより鋭角（約32°）となることから橋長が長くなり、桁高も高くなることが予測される。

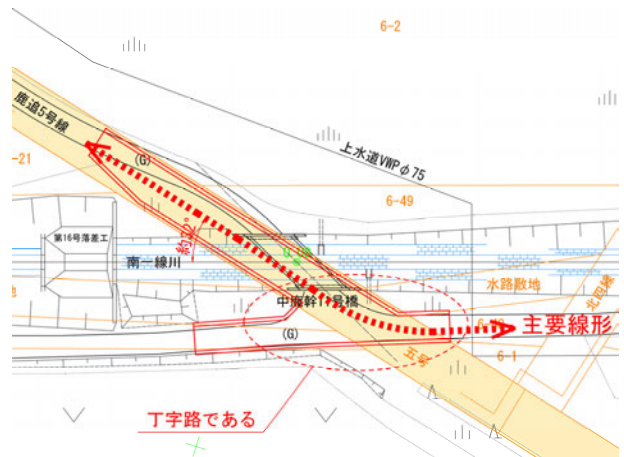


図-5 要望線形

このため、取付道路の盛土高が高くなることから、耕作地への大型農作業機械の安全な乗り入れに支障となるほか、耕作地の潰れ地面積が多くなるなど問題が生じる（図-6参照）。

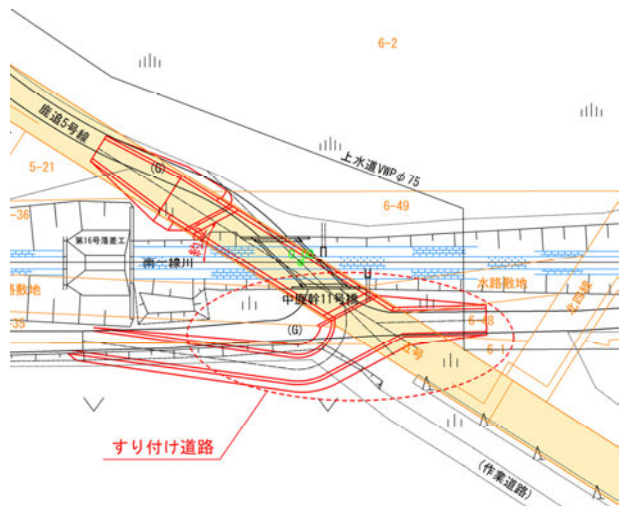


図-6 橋梁の長大化に伴う問題点

以上のような問題点等を考慮して、鋭角斜橋上部工の比較検討案においては、デッドスペースは生じることが周辺地盤との調和がとれるよう、桁高を極力抑え、橋軸直角方向を広げた斜橋も含めて検討した。

本稿では、一般的な橋長を伸ばした斜橋の課題を明らかにし、その具体的な対応手段の一つとして鋭角斜橋上部工の設計例を紹介する。

3. 斜橋への対処

(1) 適用斜角

橋梁は架橋地点の条件により斜橋で計画されるが、次のような範囲を適用とした。

上部工の斜角は60°を最小とし、以下の適用斜角で検討を行う。

斜角60°以下の採用については、設計が複雑になること（有限要素法：FEM構造解析など）や荷重分担（桁のねじれ・回転変形など）に配慮や注意が必要となるため、やむを得ない場合を除き、以下の適用斜角で検討を行う。

斜橋について

斜橋は鉛直荷重に対してねじりを受ける構造となる等、留意点を持つ構造形式で、構造特性が複雑となることから、設計及び施工には十分注意を払わなければならない。やむを得ず斜橋となる場合は一般には次によるのを標準とする。これ以上斜角が小さくなる場合には、特に注意して設計等を行わなければならない。

斜角 $\geq 70^\circ$ ：鋼合成桁橋、ポステンPC単純T桁橋PC合成桁橋

斜角 $\geq 60^\circ$ ：プレテンPC単純床版橋

斜角 $\geq 45^\circ$ ：鋼非合成桁橋、ポステンPC箱桁橋、コンクリート床版橋

但し、斜角 $\geq 60^\circ$ が望ましい。

「道路設計要領 第3集 橋梁」P.3-2-4より

(2) 橋長を伸ばした斜橋

一般的に農道と河川との交角が鋭角である場合、橋長を伸ばして対応する。

橋台堅壁と河川との間にデッドスペースが生じているが、桁斜角を極力小さくすることでデッドスペースを緩和し橋長を決定する。（図-7参照）。

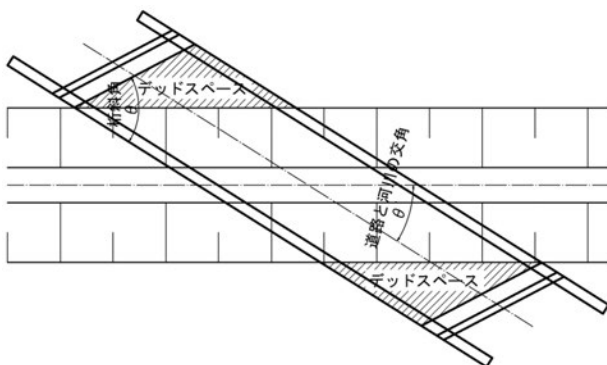


図-7 橋長を伸ばした斜橋

(3) 橋軸直角方向を広げた斜橋

極端に農道と河川との交角が鋭角である場合、斜角を緩和する方法として、橋軸直角方向を広げて対応する方法がある（図-8参照）。

また、橋台堅壁と河川との間のデッドスペースが解消され、橋長が短くなり、桁高を抑えることができる。ただし、橋長を伸ばした斜橋に比べ主桁本数が増えるため経済性等の比較検討を行い、総合的に判断する必要がある。

特に、桁高を抑えなければならない条件や大型架設クレーンの導入が難しい現場では、有効的な対策である。

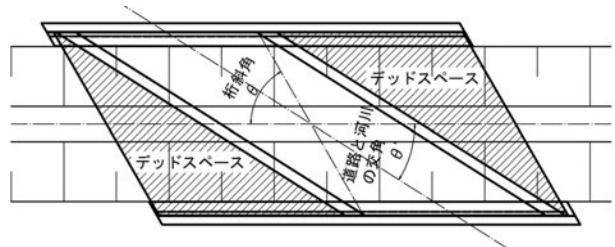


図-8 橋軸直角方向を広げた斜橋

4. 斜橋上部工の形式選定

上部工形式の選定は、橋長を伸ばした斜橋と橋軸直角方向を広げた斜橋の支間長を算定し、各種上部工の標準適用支間を基に検討を行う。

(1) 標準適用支間

各種上部工の標準適用支間長は、「道路設計要領 第3集 橋梁」P.3-2-2~3を適用する。

1) 鋼橋

分類・形式	26.1m 適用支間(m)							桁高・支間比
	20	40	60	80	100	150	200	
単純鋼合成H桁	■							1/14 ~ 27
単純鋼I桁	■	■	■	■	■			1/15 ~ 20
単純鋼合成I桁	■	■	■	■	■			1/16 ~ 21
単純鋼箱桁	■	■	■	■	■			1/18 ~ 25
単純鋼合成箱桁	■	■	■	■	■			1/19 ~ 26
連続鋼I桁(多主桁)	■	■	■	■	■			1/16 ~ 22
連続鋼I桁(少主桁)	■	■	■	■	■			1/15 ~ 20
連続鋼箱桁	■	■	■	■	■			1/20 ~ 30
鋼床版桁橋	■	■	■	■	■			1/22 ~ 28

2) コンクリート橋

分類	断面形状	適用支間(m)			
		20	40	60	
単純橋	プレキャスト桁	テンション スラフ桁 JIS A 5373-2004	5~24		
		テンション T桁 JIS A 5373-2004	18~24		
		テンション T桁 JIS A 5373-2004 (B1施設者制定)	20~45		
		テンション 合桁	20~40		
		テンション PCコンボ橋 JIS A 5373-2004	25~45		
	場所打ち桁	中空床版橋	20~30		
		並桁橋	30~60		
		梁桁橋	30~60		
		梁桁橋	30~60		
		梁桁橋	30~60		

11.5m 26.1m

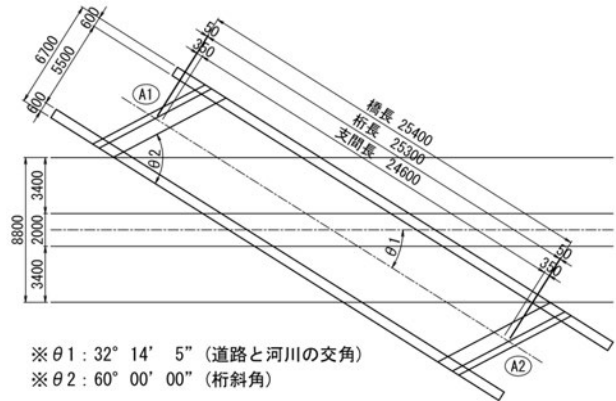


図-10 斜角60°で橋長を伸ばした斜橋

(2) 計画河川断面

計画河川断面は(図-9参照)、河川管理者と協議を行い、河川計画高水流量1/4(10年確率)と農業計画排水量(10年確率)を比較し、大きい値を採用して決定しているが、計画河川断面の法肩と現況道路の高さが同じとなるため、桁高を抑えて周辺地盤との高低差を無くす必要がある。

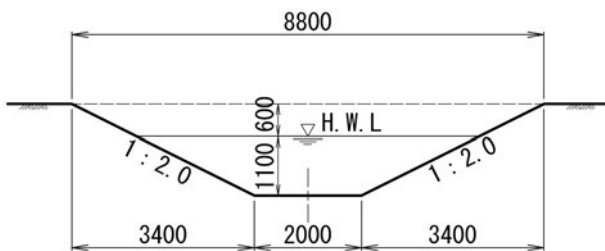


図-9 計画河川断面

(3) 橋長を伸ばした支間長の算定

計画河川の堤間長が8.80mと短いため、適用支間5~24mのプレテンPC単純床版橋で斜角60°の検討をしたところ支間長24.6mとなり、JIS桁の適用支間5~24mを超えたので計画対象から除外した(図-10参照)。

次に、適用支間を満足する上部形式は、鋼橋で単純鋼I桁、コンクリート橋でポステンPC単純T桁となり、斜角70°で検討したところ支間長26.1mとなった(図-11参照)。

鋼橋では、単純鋼合成H桁も適用支間範囲にあるが、概略検討の場合では支間長25m以内を単純鋼合成桁とし、支間長25m以上を単純鋼I桁とした。

コンクリート橋は、ポステンPC単純T桁、PC合成桁、PCコンボ橋などあるが、一般的に広く採用されているポステンPC単純T桁を選定した。

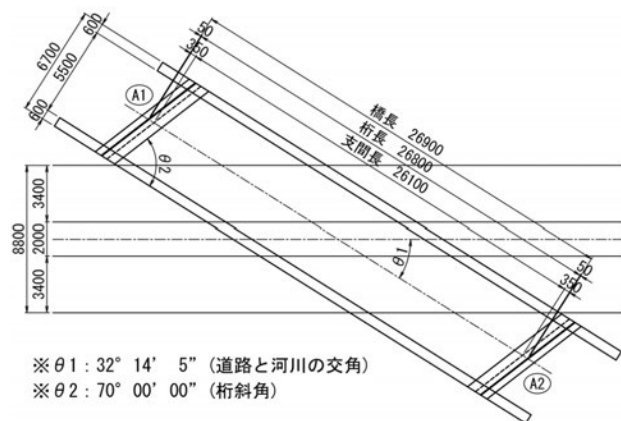


図-11 斜角70°で橋長を伸ばした斜橋

(4) 橋軸直角方向を広げた支間長の算定

橋軸直角方向を広げた斜橋の場合の支間長は、図-12のとおり斜角60°で11.5mとなり「道路設計要領 第3集 橋梁」のコンクリート橋からプレテンPC単純床版橋を選定した。

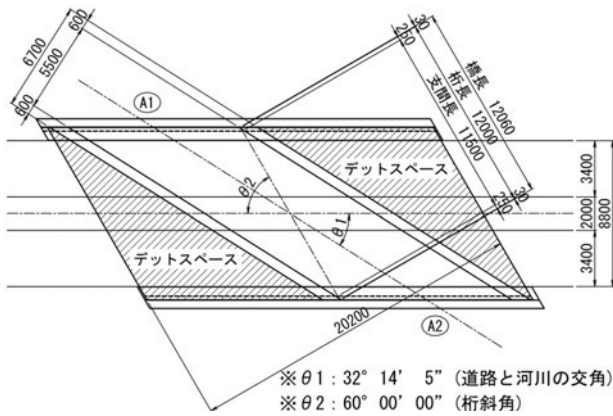


図-12 斜角60°で橋軸直角方向を広げた斜橋

5. 上部工形式の比較検討結果

上部工形式は、支間長の算定で選定した3案により決定した。

第1案：単純鋼I桁橋（鋼橋）

斜角70°、支間長26.1m

第2案：ポステンPC単純T桁橋（コンクリート橋）斜角70°、支間長26.1m

第3案：プレテンPC単純床版橋（コンクリート橋）斜角60°、支間長11.5m

検討の結果、表-1（上部工形式比較表）のとおり、全ての項目において優位性のある第3案のプレテンション方式PC単純床版橋（橋軸直角方向を広げた斜橋）を選定した。

プレテンション方式PC単純床版桁は、広く利用されているJIS桁で適用斜角が60°と小さく、短い支間（5～24m）に適用され、桁高を低く抑えられる特徴がある。

そのため、耕作地への大型農作業機械の乗入れも容易となるほか、桁長が短いため桁重量も軽量でトラッククレーン架設の規模も小さく施工性が良い。

主桁は工場製作のため高品質で現場施工が少なく工期の短縮が図れるため、北海道のような積雪寒冷地では防寒養生期間などに利点がある。また、コンクリート橋であるため、維持管理が容易でライフサイクルコストの低減が図られ有利となる。

ただし、下部工橋台幅が他案に比べ幅広となるため、橋梁全体の経済性では大きな差がないことから、桁高制限や周辺道路とのすり付け（丁字路）など、問題点がある場合に妥当性がある。

一方、ポストテンション方式PC単純T桁橋は、桁高が高く、現場打ちのため施工期間が長く施工性が劣る。また、桁架設には架設げた架設工法となるため、架設ヤードは桁長の約1.7倍必要となり、仮設の大型化に伴い工事費が高くなる。

単純鋼I桁橋は、桁高が高く、主桁など鋼部材の定期的な塗り替えが必要となり、維持管理の面でコンクリート橋に劣る。

また、床版が現場打ちのため施工期間が長く、経済性においても優位性がない。

<橋軸直角方向を広げた斜橋の参考事例>

- ・橋梁名：すすらんがわばし
- ・架橋位置：河東郡音更町



写真-4 参考事例

表-1 上部工形式比較表

	上部工概略断面図	橋梁概略平面図	コメント	桁高	経済性	施工性	現場工期	維持管理	耐久性	総合評価
第1案 単純鋼桁橋			<ul style="list-style-type: none"> 一般的に支間長25~50m程度で採用される。 斜角の適用範囲が$\theta \geq 70^\circ$で橋長が長くなる。 桁高が第3案に比べ高い。 架橋はトラッククレーン架設工法である。 床版が現場打ちのため、現場工期が長い。 主桁の再塗装など維持管理が必要である。 経済性で第3案に劣る。 <p>上部工：54,900千円 ($\alpha=1.35$) 下部工：9,100千円 ($\alpha=1.00$) 橋梁工：64,000千円 ($\alpha=1.09$)</p>	△	△	△	△	○	○	△
第2案 P.C.単純T桁橋			<ul style="list-style-type: none"> 一般的に支間長20~45m程度で採用される。 斜角の適用範囲が$\theta \geq 70^\circ$で橋長が長くなる。 桁高が第3案に比べ高い。 架橋は架設けた架設工法である。 現場施工が多く、現場工期が長い。 コンクリート橋で維持管理が不要である。 経済性で第3案より劣る。 <p>上部工：54,600千円 ($\alpha=1.34$) 下部工：9,100千円 ($\alpha=1.00$) 橋梁工：63,700千円 ($\alpha=1.08$)</p>	△	△	△	△	○	○	△
第3案 P.C.単純床版橋			<ul style="list-style-type: none"> 一般的に支間長5~24m程度で採用される。 斜角の適用範囲が$\theta \geq 60^\circ$である。 桁高が他家に比べ低い。 架橋はトラッククレーン架設工法である。 現場施工が少なく、現場工期が短い。 コンクリート橋で維持管理が不要である。 経済性で他家より優れる。 <p>上部工：40,700千円 ($\alpha=1.00$) 下部工：18,100千円 ($\alpha=1.99$) 橋梁工：58,800千円 ($\alpha=1.00$)</p>	○	○	○	○	○	○	○

5. おわりに

本稿では、農道と河川との交差角が鋭角である橋梁において、平面線形・縦断線形等に問題が生じたため、橋軸直角方向を広げた斜橋を取り入れた。

その結果、取付道路への容易性が高まり、またコスト縮減にもつながったことから、類似した条件において上部工形式の検討を行う際に本稿が参考となれば幸いである。

最後に、このような投稿の機会を与えて頂いた関係各位の皆様へ深く感謝申し上げる次第である。

(株)ドボク管理

大規模かんがい排水事業における、 環境配慮対策の経緯と効果発現について

寺林 健一

1. はじめに

国営かんがい排水事業 道央用水（三期）地区は、道央地域の農業地帯に対して安定的な水田用水と畑地かんがい用水を確保するために、平成16年度から事業が進められている。地区の主要構造物である川端ダムの附帯施設となる道央注水工は、延長約31kmに及ぶ長大水路であり、環境に配慮した事業実施のため、平成17年度から工事区域周辺の自然環境調査を実施している。

本稿では、自然環境調査の結果に基づいて実施した配慮対策と、その効果発現状況について報告する。

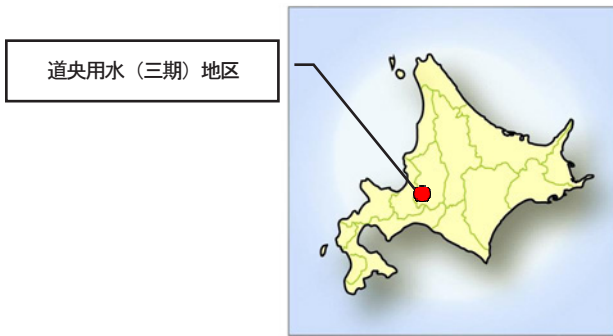


図 1-1 位置図

2. 工事区域周辺の動植物の把握

2-1 自然環境調査の実施

道央用水（三期）地区においては、平成17年度～平成26年度の10カ年の自然環境調査を実施している。調査項目、調査年度は表 2-1 に示すとおりである。

平成17年度～平成19年度に実施された現地調査により、工事区域周辺に生息・生育する動植物の把握を終え、工事实施により生息・生育環境への影響が想定された動植物を保全対象生物(植物：フクジュソウ、マルミノウルシ、甲殻類：ザリガニ、鳥類：オオタカ)として選定し、保全対策について検討を行った。

平成20年度以降の現地調査は、保全対象生物の生息・生育地と工事区域との関係から、配慮対策を検討する上で工事前の現地確認調査が必要なもの、および実施した配慮対策の効果発現状況を検証するためのモニタリングを主体として行っている。

2-2 配慮対策実施対象と対策の概要

自然環境調査の結果を受け、工事实施に伴う保全対象生物へ与える影響から、道央用水（三期）地区において実施した動植物への配慮対策は表 2-2 に

表 2-1 現地調査項目と調査年度

項目	調査方法	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
		事前調査			工事期間中のモニタリング						
鳥類	ラインセンス法	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
	クマクマ管巢確認調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	猛禽類飛来確認調査	—	—	—	○	○	—	—	—	○	—
	猛禽類営巣モニタリング	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	猛禽類繁殖状況モニタリング	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
猛禽類営巣巣木調査	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
哺乳・両生・爬虫類	目撃法	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
	フィールドサイン法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
哺乳類	トラップ法	—	—	○	—	—	—	—	—	—	
両生類	目撃法(卵塊)	—	○	○	—	—	—	—	—	—	
昆虫類	見つけ採り法	—	—	○	—	—	—	—	—	—	
	ライトトラップ法	—	○	○	—	—	—	—	—	—	
	ベイトトラップ法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
植物	植物相調査	—	○	○	○	○	—	—	—	—	
	群落組成調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	特定外来生物駆除調査	—	—	—	—	—	—	○	○	○	
ザリガニ	ザリガニ定性調査(分布域確認調査)	—	○	○	—	—	○	○	○	○	
	ザリガニ定量調査	—	○	○	—	—	○	○	○	○	
	ザリガニ生息環境モニタリング	—	—	—	—	—	○	○	○	○	
	ザリガニ影響軽減調査	—	—	—	—	—	○	○	○	○	
	水温調査	—	○	○	—	—	—	—	—	—	
	水質調査	—	○	○	—	—	—	○	○	○	
	流量観測	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	流況確認調査(目視確認踏査)	—	—	—	—	—	—	—	—	○	
	流況確認調査(地下水位調査)	—	—	—	—	—	—	—	—	○	

② オオタカ保全に係る対応のシステム化

オオタカの警戒行動が確認された場合の工事の中断や再開の判断基準と連絡体制、「接近影響確認試験」の方法、モニタリング日以外での対応など、フローチャートを用いて流れの理解しやすい警戒行動確認時の対応フロー（図3-2）を作成した。

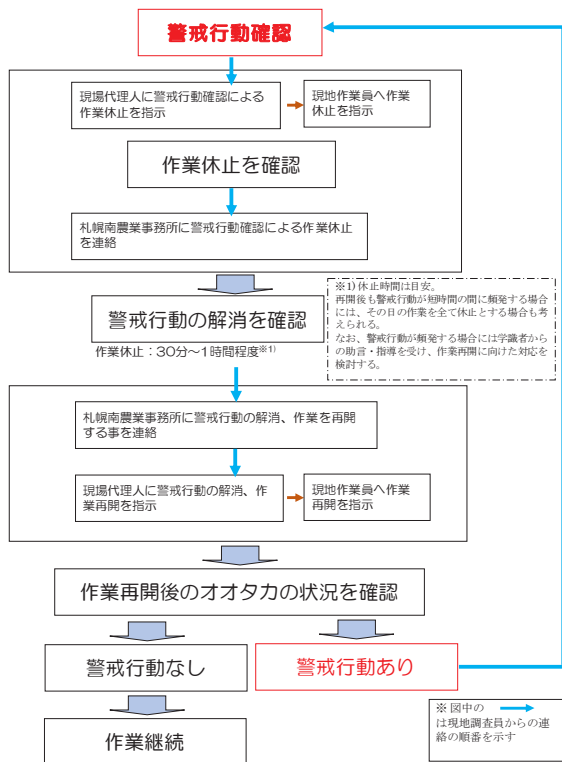


図3-2 警戒行動確認時の対応フロー

③ 施工業者に対するオオタカの生態勉強会の開催

オオタカへの配慮の目的や作業中の注意事項、繁殖段階と影響程度について写真や図を用いて、施工業者が視覚的に理解しやすいパンフレットを作成し、工事開始前に勉強会を開催することにより、調査員不在時にも警戒行動発生時の現場での対応を可能とした。

(4) 配慮対策による効果

モニタリングの結果、平成20年度は「接近影響確認試験」の試験中に警戒行動の確認は無かったが、測量中の作業員に対して、警戒行動が確認された。また、平成21年度には試験中に警戒行動の

確認は無かったが、建設機械始動時に警戒行動が確認された。このため、警戒行動確認時の対応フロー



に基づき作業休止を施工業者へ指示した。その後、繁殖放棄につながる警戒行動は確認されず、作業を再開し工程どおり工事を進める事ができた。なお、平成20年度は1個体、平成21年度は2個体の幼鳥が巣立ち、配慮の有効性が確認された。

さらに勉強会の開催により、施工業者もオオタカへの配慮の必要性を理解し、建設機械作業音の発生軽減や無線による作業指示などの配慮が実施された。また、モニタリング日以外の警戒行動についても、施工業者による確認がなされた。

3-1-2 B防風林に営巣する貴重な猛禽類への配慮

(1) 配慮対象の確認状況

- ・過年度にオオタカ営巣の記録のないB防風林であったが、他事業調査によりオオタカの営巣が確認された。



(2) 配慮事項の検討

- ・平成22年度工事区域から300m程度の距離にオオタカの営巣が確認された。現地での工事



計画から主にクレーン作業(アームが防風林の樹高よりも高く上げられるため)による繁殖への影響が想定された事から、学識者より助言を受け、営巣地周辺においてオオタカの様子を観察しながら工事を進めることとした。このため、工事中のモニタリング方法や頻度、警戒行動確認時の対応を定めた「猛禽類営巣モニタリング」

計画を策定し、これに基づいて観察を実施し繁殖への影響軽減を図ることとした。

(3) 配慮対策の実施

① 猛禽類営巣モニタリングの実施

モニタリングでは、巣内育雛期～巣外育雛期の間に実施されるクレーン作業による影響を確認することとした。調査頻度は、作業工程予定表を確認しクレーン作業の位置が変化することに行い、警戒行動が確認されなかった場合には、同一作業工程の実施は可能と判断した。

② オオタカ保全に係る対応のシステム化

オオタカの警戒行動が確認された場合の工事の中断や再開の判断基準と連絡体制、モニタリング日以外での対応など、フローチャートを用いて流れの理解しやすい警戒行動確認時の対応フロー（前述図3-2）を作成した。

(4) 配慮対策による効果

モニタリングの結果、工事に対する警戒行動は確認されなかった。工程どおり工事が進捗し、幼鳥の巣立ちも確認できた事で配慮の有効性が確認された。

なお、幼鳥の巣成ちは、猛禽類営巣モニタリング終了後に他事業調査により実施された「オオタカ等営巣・繁殖状況確認調査」で、3個体の巣成ちが確認されている。

3-2 植物への配慮対策の実施

3-2-1 国有林横断部に生育する貴重な植物への配慮

(1) 配慮対象の確認状況

- 平成19年度に実施した植物調査の結果、国有林内横断部においてフクジュソウ^{※2}、マルミノウルシ^{※3}などの貴重な植物の生育が確認された。

※2：フクジュソウの貴重性（北海道レッドデータブック2001³¹）：絶滅危急種

※3：マルミノウルシの貴重性（環境省レッドリスト2015²¹）：準絶滅危惧、北海道レッドデータブック2001³¹：絶滅危急種

(2) 配慮事項の検討

- 工事区域内の広範囲にわたり、フクジュソウ、マルミノウルシともに1,000株以上群生している事が確認された。植物の保全対策として一般的に行われている手法である個体の移植は「工事区域内で確認された個体数が非常に多いこと」、「近隣で移植先を確保することが難しいこと」などの理由から実施が困難であったことから、両種の根茎を含む表土剥ぎ戻しを行い植生の回復を図ることとした。

(3) 配慮対策の実施

- フクジュソウ、マルミノウルシの根茎を含む表土を剥ぎ取り、工事区域外に堆積・一時保管し、工事完了後に剥ぎ取り実施区域に戻した（図3-3）。
- 表土の一時保管に当っては、乾燥を防ぐため全体をビニールシートで被覆した。

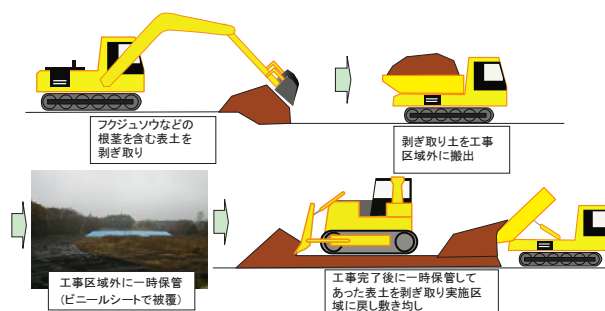


図3-3 表土剥ぎ戻し工法のイメージ

(4) 配慮対策による効果

- 平成19年度秋に工事が実施された後、平成20年度春から植生回復状況のモニタリングを実施した。初年度から少数ではあるが、表土剥ぎ戻しを実施した区域において根茎から発芽したものと考えられるフクジュソウ、マルミノウルシの開花・結実個体が確認された（写真3-1）。
- 平成20年度～平成22年度に実施したモニタリングでは、フクジュソウ、マルミノウルシともに個体数が増加しており工法の有効性が確認された。



現地環境 確認したフクジュソウ(左)、マルミノウルシ(右)

写真3-1 表土戻し後の環境(平成20年度モニタリング時)

3-2-2 工事区域法面に生育する貴重な植物への配慮

(1) 配慮対象の確認状況

- 平成23年度春に実施した植物調査で、工事区域内の法面においてフクジュソウ、マルミノウルシの生育が確認された。



(2) 配慮事項の検討

- 工事区域の広範囲にわたり、フクジュソウ(1,055株)、マルミノウルシ(1株)が確認された。工事区域内で確認された個体数が多く、移植による保全が困難であったことから、国有林横断部においてフクジュソウ、マルミノウルシの植生回復に効果が確認された表土剥ぎ戻しによる保全を図ることとした。

(3) 配慮対策の実施

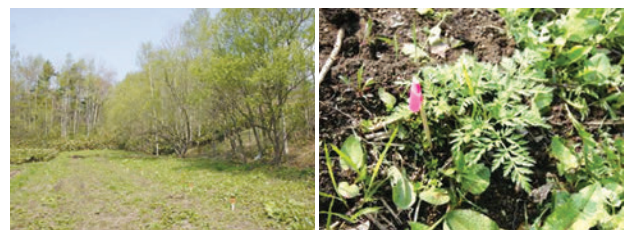
- フクジュソウ、マルミノウルシの根茎を含む表土を剥ぎ取り、工事完了後に現地に戻すことが困難であったことから、工事の影響を受けない場所へ移動を行った(図3-4)。
- 移動先での敷き均し面積500m²、盛土厚60cm。



図3-4 表土移動工法のイメージ

(4) 配慮対策による効果

- 平成23年度秋に工事が実施された後、平成24年度春に植生回復状況のモニタリングを実施した。初年度から少数ではあるが、表土移動を実施した区域において根茎の状態から発芽したものと考えられるフクジュソウの開花・結実個体が確認された(写真3-2)。
- 移動先については、フクジュソウが自生していなかった場所であることを確認しており、フクジュソウの発芽が確認されたことで工法の有効性が確認された。



移動先

移動先で確認したフクジュソウ

写真3-2 移動先の環境(平成24年度モニタリング時)

3-3 ザリガニへの配慮対策の実施

(1) 配慮対象の確認状況

- 平成18年度に実施した調査で工事区域に隣接する沢内においてザリガニ^{※4}の生息が確認された。



- ザリガニについては、SSによる致死濃度が示された文献や水質基準などの数値を示すものがなく、工事区域から発生する濁水の影響が不明であった。

※4：ザリガニの貴重性(環境省レッドリスト2015²⁾：絶滅危惧Ⅱ類)

(2) 配慮事項の検討

- ザリガニの生態等について学識者より『ザリガニはエラぶたが無いので濁水に弱い。工事の際に沢の濁度が増加しない配慮が必要である』。さらに、『濁水処理施設から発生する濁水によ

る、ザリガニ生息の可否の判断は、実験を行い検証することが望ましい』との助言を得たことから、現地において「濁水影響確認試験」を実施することとした。

- ・試験では、濁水の影響と併せてザリガニの生息条件上、重要な環境要素である水温²⁾による影響も考慮することとした。

(3) 配慮対策の実施

- ・試験では、現地流水 (SS 18mg/L) と濁水処理施設からの排水 (処理後SS 5 mg/L) およびSS濃度を50mg/L、100mg/L、200mg/Lとした試験水の5タイプを用意した。水温設定は、サンプルAは現地流水水温、サンプルBは夏季の平均水温に水温設定した。サンプルCについては、試験開始前に濁水処理施設からの排水水温を計測したところ、過年度に確認した夏季の最高水温を上回る22°Cであったため、最高水温の設定を22°Cとした (写真3-3)。
- ・このようにSS濃度 (5タイプ) と設定水温 (3タイプ) の組合せで、15タイプに区分し、現地で捕獲したザリガニ3個体を容器に入れ、試験開始から24時間後、48時間後、94時間後に生存確認を実施した。
- ・試験の結果、各サンプルともにザリガニの生存が確認された。

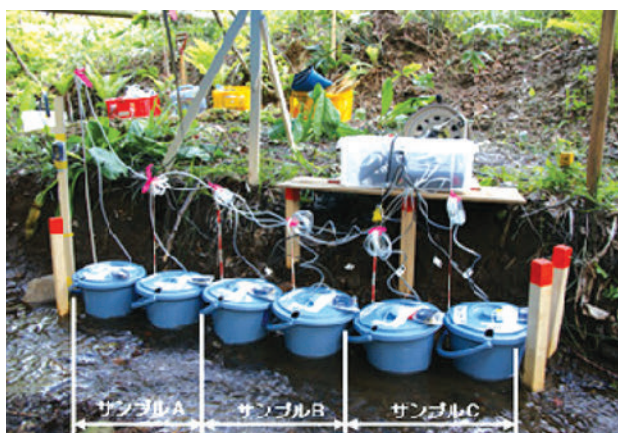


写真3-3 試験機材

(4) 配慮対策による効果

- ・試験の結果からSS濃度が200mg/Lまでは、ザリガニの生存に影響がないと想定されたことから、工事区域から発生する濁水のSS濃度の上限値を200mg/Lと設定した。
- ・工事期間中に工事区域下流においてモニタリングを行った結果、SS濃度が設定値を超過することなく、今回のザリガニ生息環境の保全対策の実施が有効であることが確認された。

4. おわりに

本地区においては、事前に工事区域周辺の自然環境調査を行うことで、工事中の対策やモニタリング方法などを先立って検討し、それらを計画的に実施することができた。また、工事区域周辺で実施した貴重な動植物への配慮対策は、対策実施後のモニタリングなどで、その有効性が確認された。

なお、本報告で実施した配慮対策については、地域の状況や工事の実施内容などにより、他地域においてもそのまま活用できるものではないが、対策を検討するうえでの参考になれば幸いである。

最後に、帯広畜産大学名誉教授 藤巻裕蔵氏には、オオタカの生態や調査方法などの助言を頂いた。また、地方独立行政法人北海道立総合研究機構稚内水産試験場 川井唯史氏には、ザリガニの生態や試験方法などの助言を頂いた。さらに、事業主体である北海道開発局札幌開発建設部札幌南農業事務所をはじめ、工事関係機関の方々へ深く感謝の意を表す。

(株)ルーラルエンジニア

参考文献

- 1) 北海道猛禽類研究会：北海道におけるオオタカのライフサイクル、北海道の猛禽類ークマタカ、オオタカ、ハイタカ、ハチクマ、ハヤブサー (2009. 11)
- 2) 中田和博、浜野龍夫、川井唯史：ニホンザリガニの生態と保全研究、多自然研究No.65 (2001-2)

G P S機能を利用した 用水路施設管理支援システムの活用について

藤本 嘉三

はじめに

農業農村整備事業の進展に伴い、建設される農業水利施設は、事業の完了と共に地元管理団体に管理委託又は施設譲与され管理運用されている。

管理に当たっては、水利管理は河川法に基づく水利使用規則及び管理規程・取水規程等の法的規制に関わる操作要領書等の管理資料、施設管理には竣工図集及び施設台帳等の管理資料が事業主体より管理団体に提示される。

特に、地中埋設物のため目視確認の出来ない管水路の施設管理にあたっては、用水路管理図・管理調書が示され適正な管理が行えるよう配慮されている。

施設管理は、管水路においては初期充水作業、管路の漏水事故等への対応作業、水位及び水圧調整弁等その他機器の故障への対応作業などが行われ、施設の耐用年数を迎える段階から更新作業、施設整備を必要とするケースが多くなる。更に、近年の農地の流動化と農村整備事業の進展は目覚ましく、耕地の再整備、道路、排水路等の整備に伴う用水路施設の移設などにより施設管理は、様々な影響を受ける現状にある。

このため、①施設情報を正確・詳細に保管し、検索機能を完備していかに迅速に情報を得るか、②農業水利施設の耐用年数期間中における新素材開発、営農技術、農村環境の推移等による変化に対応した、追加・改修工事記録等を容易に現状データに反映させるか、という課題に対応することが重要である。

これらへの対応として、当社においては「用水路施設管理支援システム」の開発を行い、これまで国営土地改良事業16地区についてシステム構築・導入の実績がある。

近年の情報通信インフラの進展などにより、今日

では一般的に普及しているタブレット端末に本システムをインストールすることで、平常時及び緊急時の現場作業等の機動性が格段に向上することが可能になってきている。

本報告は、本システムとWindowsタブレット端末による現場調査アプリ（FieldWork）を合体することで、GPS機能の利用を可能とし、現地に不慣れな場合でも、目的地への移動をより迅速且つ確実にすると共に、現場情報を簡単に記録することを可能とするシステムの概要について紹介する。

1. 用水路施設管理支援システムの基本的開発スタンス

本システムは、施設管理支援を主目的として、施設管理を円滑に行うために必要と思われる情報を抽出し、表示すべき情報の内容及び書式を検討し、更に、情報検索機能を充実させることにより、より使い易いソフト作りを目指した。

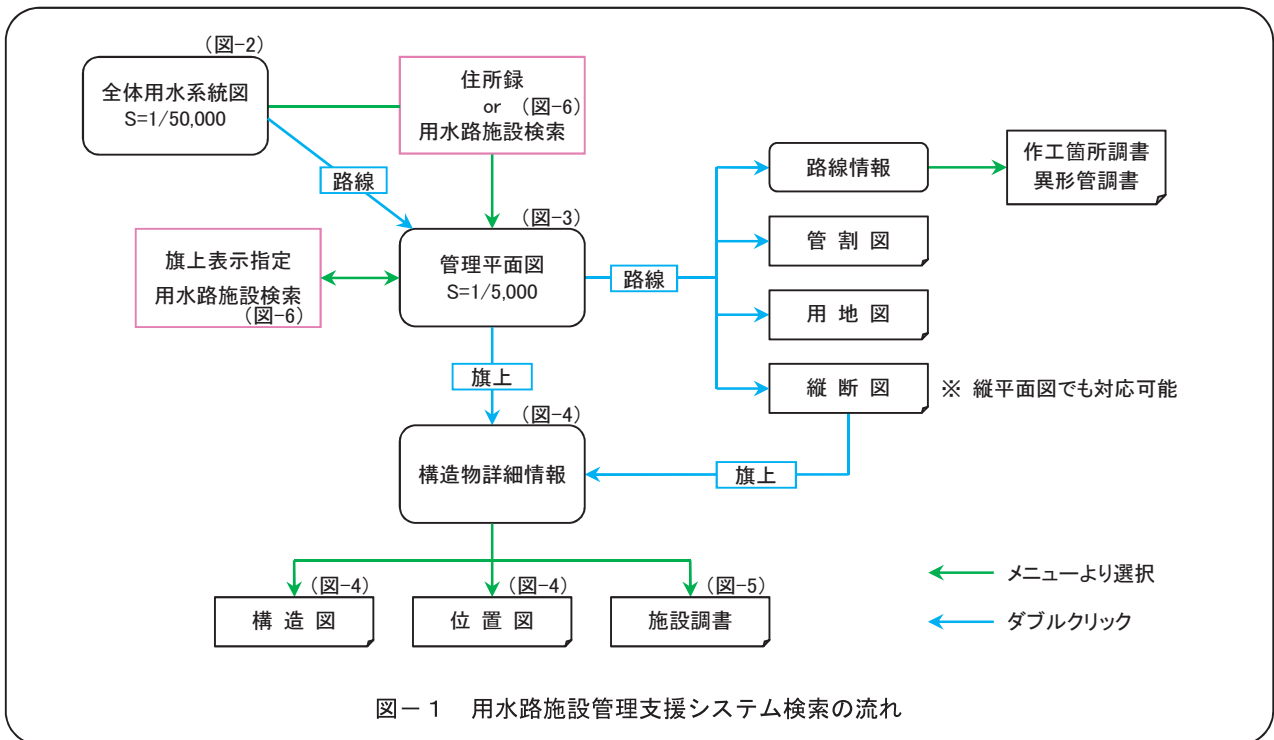
本システムの内容については、すでに「報文集（第11号）」に発表しているところであるが、再度システムの特徴と基本機能について概説し、次頁のGPS利用の記述への足がかりとしたい。

ソフト開発上特に留意した点を以下に列挙する。

① データベースの構築

本システムは、農業水利施設の管理を主目的と考えるばかりでなく、施工管理をも視野に入れており、設計と実施間の変更にも対応可能なように、修正時の操作性に重点を置いている。

このため、本システムに必要なデータは、用途別に必要最小限のデータ単位にデータベース化し、このデータベースを修正することにより、施設情報の更新を迅速に行えるようにしている。



② 背景図の有すべき情報

農業水利施設の建設に当たっては、用地買収、地上権設定等の関係から、I P点等には公共測量座標系による位置づけが成されている。

本システムは、路線情報としてこの座標情報を利用すべく、背景図に座標系を持たせ、路線表示が正確且つ容易に行えるものとしている。

③ 作工物設置位置の表示

農業用水施設には、空気弁・排泥弁・制水弁等多くの附帯作工物が設置されている。これらの位置を示すものとして、設計上は測点として位置情報が示される。

本システムでは、先に示した座標要素を応用していることから、路線上の測点から座標位置が計算可能であり、この処理を自動的にを行い作工物位置を正確且つ容易に表示することを可能にしている。

1-1 システムの機能概要

具体的な本システムの機能的特徴を列記すると以下のとおりである。

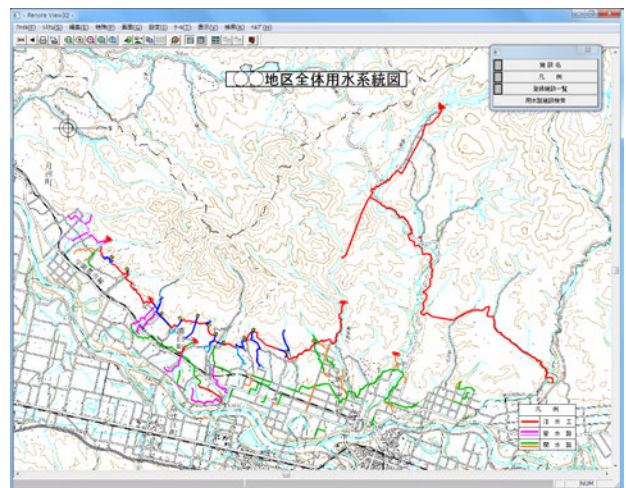


図-2 全体用水系統図

① 基本的データ処理及び表示機能

- 全体用水系統図表示（水源施設から末端用水路まで水の流れに沿った用水系統図（5～10万分の1地形図等を使用）を表示、図-2）
- 管理平面図（用水路の所属する地域の地理情報、受益区域、用水路施設位置等を地図上に表示する。情報表示画面の設定は階層構造とすることにより目的項目の選択表示が可能、図-3）
- 路線情報（附帯作工物位置、施工経緯、材質・

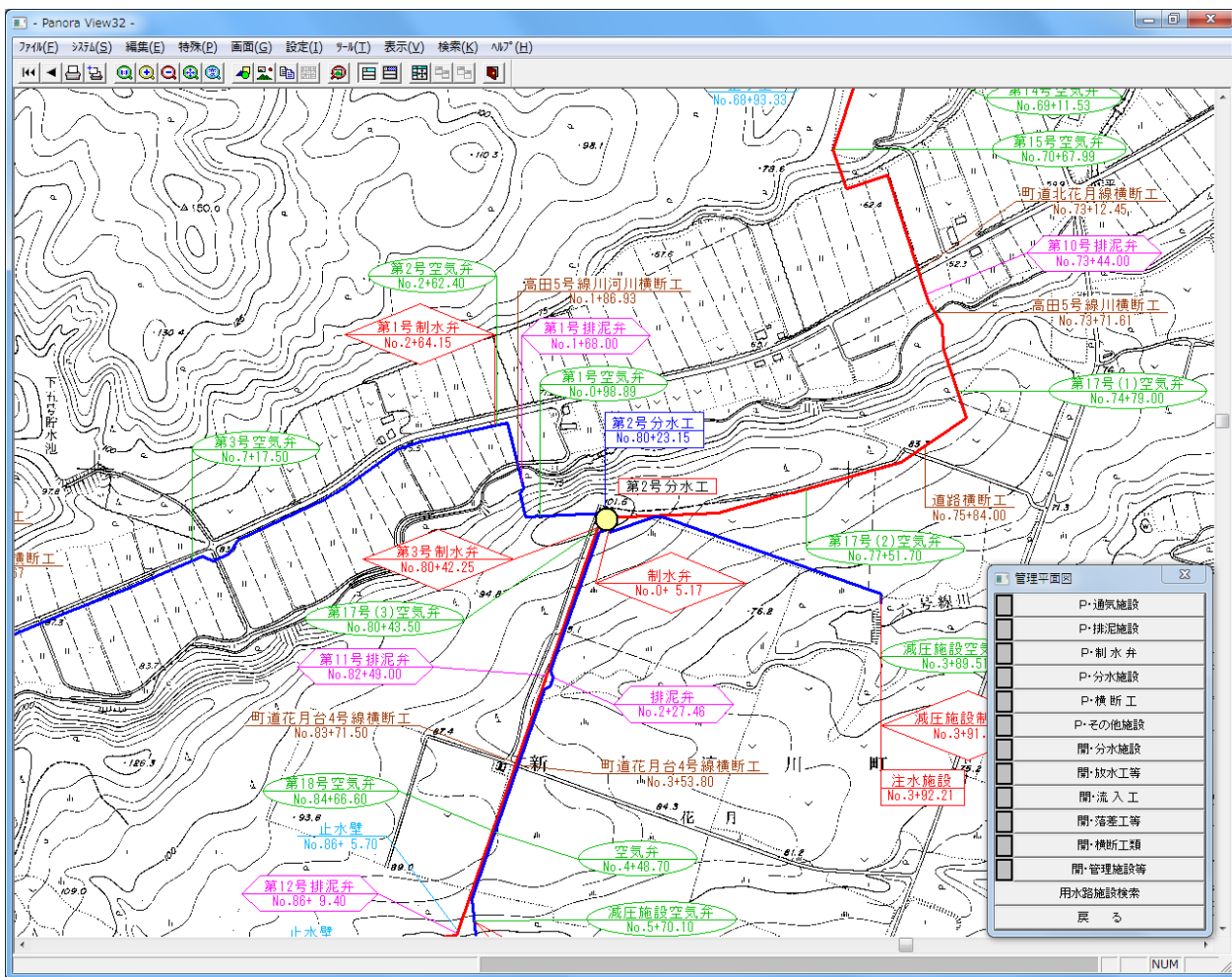


図-3 管理平面図

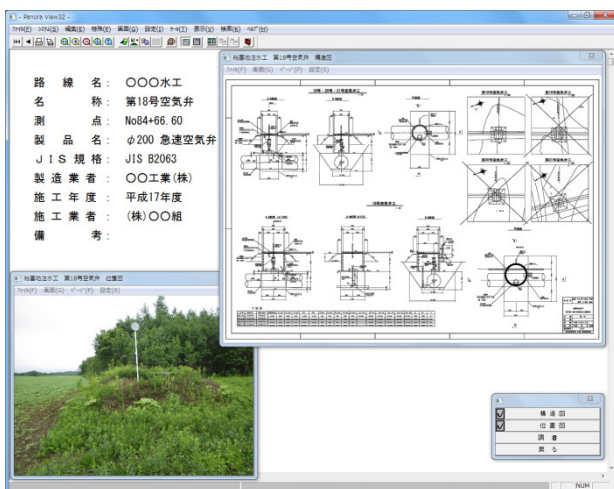


図-4 作工物詳細情報

作工物調書

名称	測点	管径	口径 (mm)	材質	型式	標準圧力 (1/5気体時) (MPa)	製造メーカー	製造	施工業者	備考
第1号	No.1+98.93	φ100	SFP				○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第2号	No.2+64.15	φ100	SFP				○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第3号	No.3+92.25	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第17号(1)	No.74+79.00	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第17号(2)	No.77+51.70	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第17号(3)	No.80+49.50	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第18号	No.84+66.60	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第19号	No.90+42.25	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第20号	No.98.99	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第21号	No.0+5.17	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第22号	No.2+27.46	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第23号	No.4+48.70	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第24号	No.5+70.10	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第25号	No.1+98.93	φ100	SFP				○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第26号	No.2+64.15	φ100	SFP				○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第27号	No.3+92.25	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第28号	No.74+79.00	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第29号	No.77+51.70	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第30号	No.80+49.50	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第31号	No.84+66.60	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第32号	No.90+42.25	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第33号	No.98.99	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第34号	No.0+5.17	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第35号	No.2+27.46	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第36号	No.4+48.70	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	
第37号	No.5+70.10	φ200	急速空気弁	JIS B2063	1.5		○○工業(株)	167	建設建設(工業)	

図-5 作工物調書

規格等の必要情報を選択表示)

- 管路情報 (用水路の敷設状況、対象流量等の設計・施工条件を表示) 縦断面図使用可能
- 附帯作工物情報 (施設諸元、施工経緯、構造

図、作工物設置位置 (目印からの位置を写真表示) を表示、図-4)

- 各種台帳 (附帯施設の工種毎の詳細情報 (部

品メーカー、商品名、設定条件等)を台帳形式にて表示、図-5)

② データ構成

- (1) 地区全体用水系統図用背景図 (1/50,000程度の地形図(地区全体を網羅する)を使用。データには公共測量座標系を付加する。)
- (2) 管理平面図用背景図(通常は1/5,000程度の地形地番図をラスターデータ化して使用。データには公共測量座標系を付加する。航空写真でも対応可能。)
- (3) 管路データベース(I P点平面座標情報、縦断情報(測点、地盤高、施工基面高等)、管割情報)
- (4) 施設データベース(測点、構造、規格、作工物情報、施工情報等)
- (5) 作工物情報(構造図、設置位置の写真)
- (6) 受益区域位置(全体用水系統図及び管理平面図に受益エリア・ローテーションブロック情報を登録)
- (7) その他関連資料(水源施設等の諸元表、構造図及び写真、水利使用規則、管理規程、取水規程等の既存資料の登録も可能)

1-2 本システムの機能特性

本システムが有する独自機能は、以下のとおりである。

・縦断図及び管割図等の自動作図機能

上記の(3)及び(4)のデータベースを基に、下記の処理を自動化した。

◇縦断図及び管割図をディスプレイ上に自動作図(工事成果の縦平面図及び管割図の代用可能)

◇作工物名称をもよりの測点より自動旗上げ表示
◇旗上げに構造諸元情報を付加(手動により、構造図、設置位置の写真等の詳細情報を付加することが出来る。)

・路線位置の自動描画機能

路線位置は、縦平面図に記載されている「中心線座標成果表」若しくはI P点情報(測点、I A、

方向、半径)を基にした座標データより、自動的に全体系統図及び管理平面図上に精度の高い描画(線種・色彩は任意)を可能としている(図-3参照)

・作工物旗上げの自動描画機能

作工物の旗上げは、自動描画された路線上の測点から座標を自動計算し、工種別に旗上げパターン(形状、色彩、階層)を分けて路線単位で一括描画するため、高い精度で効率的な作業を可能としている(図-3参照)

・多彩な検索機能

用水路施設配置の精通度、外部からの通報等による対象施設の位置情報(施設名、近隣の住宅等)等、システム上で対象施設を検索する様々な状況を想定し、下記の検索方法により管理平面図を表示する機能を有している。

<用水路施設検索>

施設名が明確な場合は、本機能により、水源施設及び幹線用水路で支線用水路までの絞り込みが可能で、更に、作工物の工種別の絞り込みにより対象施設を選択すると、対象施設が画面の中央に表示される(図-6参照)。

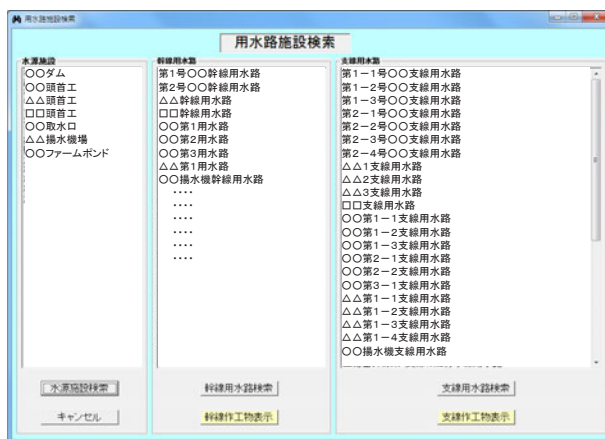


図-6 用水路施設検索

・施設調書作成機能

メインのデータベースより必要情報を抽出して施設整理台帳を自動作表しExcelデータとして保存が可能なることから、財産管理を強力にサポートする(図-5参照)。

・外部プログラム起動

PC内にインストール済みのプログラム（データ指定可能）を設定することで、メニューボタンをクリックすると設定したプログラムを起動することが出来、関連するプログラムと連動した使用が可能となる。

2. GPS機能の利用

用水路施設の管理は、平常時の定期的点検の他、施設の劣化等による漏水事故発生や車両等の接触による施設の破損など、突発的に発生する非常時においては、特に迅速な対応が求められる。

突発的な事故発生時に、管理区域全体の用水路施設に関して熟知した管理担当者が常に対応が可能な状態とは限らない。

このようなとき、用水路施設の損傷等の拡大及び二次災害防止のため最優先に要求されることは、現地での状況確認と応急対応である。

GPS機能を利用した用水路施設管理システムは、施設位置に精通していなくても、対象施設まで確実に迅速な移動を可能とする。このシステムのさらなる有効活用について以下に紹介する。

2-1 位置情報データの作成

用水路施設管理支援システムでは、路線及び作工物の位置情報として、座標（平面直角座標系）情報が既に入力されている。

この座標情報をベースに、GISデータを現地で活用する現地調査ツールとして開発（有限会社ジー・ディー・アイ）されたFieldWork¹⁾を連動させることで、現在地と対象施設との位置関係を明確にし、対象施設までの移動を確実に迅速な対応を可能とした。

<利用する用水路施設管理支援システムデータ>

- ・管理平面図の背景図（1/5,000地形図）
- ・路線の座標（起終点及びIP点）
- ・作工物の座標（路線及び施設名称含む）

下記にFieldWorkで利用する位置情報データ

の作成手順を記載する。

① 背景図の作成

背景図として必要な座標情報が付加されたラスターデータ（GeoTIFF）の作成は、一般的に汎用のGISソフトが必要であるが、今回、GISソフトが無くても容易にGeoTIFFデータへの画像変換を可能とする変換ソフトを作成した。

画像の左上X座標・Y座標、右下X座標・Y座標、入力画像名、出力画像名（GeoTIFF）を入力し、実行するとGeoTIFFデータが作成される。

なお、使用する座標は、平面直角座標系の座標値で、X座標が横方向、Y座標が縦方向の算数座標となっている。

② 路線のシェープ（SHP）ファイル²⁾化

路線の座標データ（点情報）より、ポリライン³⁾の作成機能を持つ、ArcGIS⁴⁾を利用し路線SHPファイルを作成した。

複数の路線を一括作成するため、データベースには、路線名、順番、X座標、Y座標を整理した。

③ 作工物のSHPファイル化

作工物の属性情報として必要な、路線名、作工物名、測点、X・Y座標で構成されるデータベースを基に、ポイント型SHPファイルを作成した。

2-2 FieldWorkの機能概要

FieldWorkは、GISデータを現地で活用する現地調査ツールとして開発されたものである。

Windowsパソコンで動作し、地図データを現地に持ち出し、現場で作図（描画）や情報（属性）やその他の写真を取得するなど、現地調査の作業軽減を目的に開発されたソフトウェアである。

タッチパネル機能にも対応しているため、地図や航空写真などを背景に、調査情報の記録、写真撮影、メモ入力等を行うことが出来るので、Windowsタブレット端末で最大の効果を上げることが出来る。

主な特徴を列記すると以下とおりである。

- ・オープンソースGIS⁵⁾ (MapwinGIS) を活用したGISソフトで、現地で使用する機能に絞り込んでいるため、ArcGIS、MapInfo⁶⁾ に比べ安価。(カスタマイズによる機能追加可)
- ・シンプルな操作性 (タッチパネル) で、なおかつ慣れ親しんだWindowsツールバー形式等を採用。
- ・既存のGISデータを活用できる利便性。(シェープファイル標準、座標付キラスト対応)
- ・汎用的なSHP形式で運用でき、図形・属性入力が可能。
- ・GPS対応のため、エリアの制限なく現在位置の測位が可能。(リアルタイムの画面中央表示)
- ・現在位置から指定施設 (目的地のドロップダウン選定) への方向表示。
- ・調査項目 (メモリスト) を現場毎に書き換えられる自由さ。

<機能概要>

① データ

- レイヤーの表示のオン・オフ切替え
- 表示色・透過率変更、ラベル表示
- レイヤーの順序変更
- レイヤー属性の閲覧・検索
- テーブル表示エリアの拡大・縮小
- オブジェクト選択と画面の中央表示

② モード

- 移動 (地図描画エリアの移動、拡大・縮小)
- 描画 (ポイント、ポリライン、ポリゴン)
- 属性 (上記オブジェクトへの属性入力)
- 表示 (モード切替えアイコンの表示切替え)
- 外部ファイル (リンク追加、表示)

③ カメラ

- 写真撮影 (オブジェクト指定、現在位置のシンボル追加)
- GPS情報付きjpeg画像の取込み

④ GPS

- 現在の位置・自動追跡ボタンの表示・非表示
- GPSユニットの接続可能

2-3 用水路施設管理支援システムへの活用

用水路施設管理支援システムの外部プログラム設定機能によりFieldWorkを起動するメニューボタンを追加することで、本システムでのGPS機能の利用を可能とした。現地にて、GPS機能を利用した本システムの活用事例について以下に報告する。

① 使用機器

用水路施設管理支援システムとFieldWorkをインストールしたタブレット端末及びGPS受信機として使用した機器は下記のとおりである。

<タブレット端末>

- ・名称 : Surface Pro4
- ・OS : Windows10 Pro (64ビット)
- ・CPU : 第6世代 Intel Core i5
- ・HDD : 128GB
- ・メモリ : 4GB

<GPS受信機>

- ・名称 : HOLUX Wireless GPS Logger M-241
- ・更新レート : 1秒
- ・衛星受信感度 : -159dBm
- ・単独測位
 - 位置 3m CEP SA無し
 - 0.1秒/m
 - 時間 0.1マイクロ秒でGNSS時間と対応
- ・DGPS/ディファレンシャル測位
 - 2.2m 水平面の95%
 - 5m 鉛直面の95%



図-7 タブレット端末・GPS受信機

② 現在位置表示

現在位置は、移動に追従し常に画面の中央に表示（+印）される。管理区域内で、現在地表示状況について確認した結果、測位精度については、大きなずれも無く運用上支障がないレベルであった。

ただし、画面は進行方向に拘わらず、画面上方が常に北になる北固定地図表示となっている。（図－8）

施設選択後「確認」を押下すると、選択施設を画面中央に表示（☆印）し、施設及び施設周辺状況の確認も可能である。（図－10）

更に、「表示」を押下すると現在位置から目的施設までの方向が表示される。（縮尺は任意設定可能、図－11）

移動中も常に現在位置が画面中央に表示され、目的施設に近くなると画面内に目的施設が表示される。（図－12）



図－8 現在地表示状況

③ 施設選択及び方向表示

平常時又は緊急時において、現地確認等のため施設へ移動の際の機能として、目的施設を選定（路線名及び施設名リストから選定、図－9）し、施設位置の確認及び現在位置から目的施設への方向表示（直線）を行うことが出来る（図－11、12）。

この機能は、現地の習熟度が浅い管理者等の移動をサポートするものとして有用と考える。



図－9 施設選択画面



図-10 選択施設確認画面 (S = 1/2,500)



図-11 方向表示画面



図-12 移動中の方向指示画面

2-4 本システムの実用性と展開方向

① 現在地表示の追従性

現地において、車両での移動中における現在地表示の追従性の確認を行った。

走行速度40km/hr程度で、交差点を通過した際、交差点通過後に画面が更新され、1秒程度の遅れ(通過後10~15m程度)があることが確認された。

この要因としては、GPS受信機の更新レート(1秒)若しくはPCの画像処理能力(背景図画像データ1.7GB)が考えられるが、左折又は右折する際は減速することとなるため、そのズレは小さくなり実運用上支障となるものではないと思われる。

② 道路情報追加によるルート検索機能

現時点では、指定した施設への方向表示のみのため、道路等の画面確認が可能な表示(S = 1/5,000)にした場合(目的施設が遠く画面内に表示されない)の表示範囲では、現在位置の道路が目的地までのルートとして有効か否かの判断が出来ないため、方向表示方向に画面をスライド(手動)し、ルートの確認が必要となる。

このため、次のステップとして、必要に応じて道路情報を登録(SHPファイル作成)することで、ルート検索が可能な機能の追加が課題である。

おわりに

用水路施設管理支援システムは、施設情報を電子データとして保管することで、資料の劣化防止及び省スペース化を図り、迅速に情報を得ることを目的に開発したものである。

これまで、本システムの外部プログラム設定機能により、別途整備されていた、図書検索システムやダム管理報告書作成システム等との連動を図り、施設管理の一元化を実現してきた。

この度、本システムで整理されていた背景図及び用水路施設の座標データを基に、FieldWork用のデータ作成を行うことで、GPS機能の利用を可能にした。また、現場において、現在位置と施設との位置関係を明確にすると共に、目的施設までの移動をサポートする機能を得ることにより、現場での活用を充実することが可能となった。

今回GPS機能の利用のため連動したFieldWorkは、前述した如く、GISソフトでSHPファイルを取込むことが出来るため、一般的なGISソフト

で作成した施設位置図（地形図等の背景図に用水路及び施設位置を描画）のデータを利用出来るので、本システムとは関係なく、単独での使用も可能である。

このGPS機能を利用することで、管理経験が浅く施設位置への移動に不安がある管理者、現地の地理情報に不慣れな場合等において、現場移動時のサポート機能として有用と思われる。

更に、写真撮影モードによる写真撮影と施設への関連付け機能、属性入力モードによるメモ機能（チェックリスト作成も可）があり、現地にて写真データや作業記録等の整理が完結するため、膨大な施設の現地調査を行う機能診断業務等での作業軽減が期待できるものと思われる。

ただし、現状でのタブレット端末のバッテリー駆動時間は約2時間（機種、使用状況によって異なる）と制約があるため、長時間の使用の際は、自動車バッテリー電源による充電対応が必要となる。

また、使用環境によって、防水・防塵機能を有するタブレット端末を選択するなどの検討が必要であろう。

今回、本システム検証の機会を与えて下さいました関係機関に対し厚く御礼申し上げますと共に、本報文集において弊社の開発実績について発表の機会を頂きました北海道土地改良設計技術協会に謝意を表します。

なお、FieldWork開発元である有限会社ジー・ディー・アイ阿部直人氏には、本ソフトの機能追加等にあたり技術協力を得ましたことに厚くお礼を申し上げる次第です。

(株)アルファ技研

用語解説

- 1) FieldWork ; 有限会社 ジー・ディー・アイ
- 2) シェープファイル ; ベクタデータの記録形式の一つ。一般に広く公開されており、GIS業界の標準フォーマットとも言われており、多くのGISソフトウェアで利用が可能。
- 3) ポリライン ; 連続した線で表された線データのこと、GISで地図等を描く場合に使用される。
- 4) ArcGIS ; 米国Esri社が開発したGISソフト
- 5) オープンソースGIS ; あるライセンス契約の元、ソースコードが公開されているソフトウェアのことであり、そのライセンス下ではソフトウェアの改変とその再配布が許されている。
- 6) MapInfo ; 米国MapInfo社が開発したGISソフト

適用性評価のための用水路補修設計とモニタリング計画

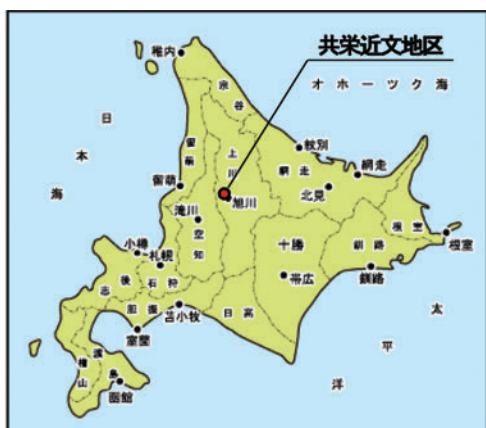
野倉 士敬

1. はじめに

基幹的な農業水利施設を効率的に保全するため、国としてストックマネジメントの取組みを重点的に進められており、平成15年度から国営造成水利施設保全対策指導事業等により国営造成施設の機能診断調査が実施されてきている。

農業水利施設のストックマネジメントでは、既存の農業水利施設の有効活用を通じてライフサイクルコストを低減し、施設の長寿命化を図る。このためには、精度の高い機能保全計画を立案することが求められる。

具体には、施設の診断、劣化予測、評価手法の確立及び対策工法の有効性や耐久性の検証など、機能保全計画を作成するに当たって必要となる技術を実際の施工を通じて確立し、ストックマネジメント技術の高度化を図ることが必要であり、平成20年度からストックマネジメント技術高度化事業が実施されている。



図－1 共栄近文地区の位置

開水路の補修、補強工法の評価では、試験的に施工した対策工法の耐久性、施工性、環境特性等を確認していくため、施工後のモニタリング調査が実施されている。

同一の対策工法でも、現場環境（気象条件、使用条件、設置条件等）により適用性が異なるため、様々な現場環境下で施工を行い、その有効性を評価するとともに、これらのデータを蓄積することを通じて、現地の施工に的確にフィードバックしていくことが求められている。

本稿では、ストックマネジメント技術高度化事業の一環として、国土土地改良事業で造成された旭川市北西部、鷹栖町に位置する近文幹線用水路（S61 共栄近文地区、図－1 参照）において、積雪寒冷地における開水路補修工法の適用性評価を目的とした実証工事を実施するため、用水路の一般部L=32.0mを対象として、水路補修対策工法の計画及び実施設計及びモニタリング計画を行った事例について紹介する（図－2）。



図－2 近文幹線用水路

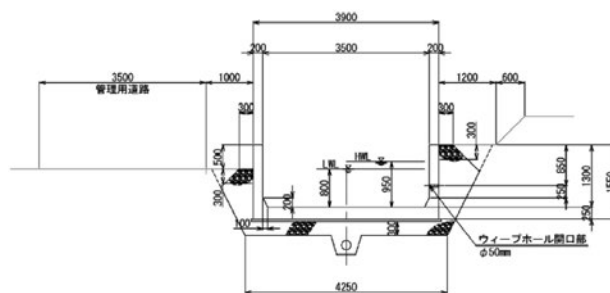
2. 対象施設の状況

(1) 対象施設の概要

共栄近文地区は、北海道の中央部上川盆地を3分した北西部に位置し、石狩川の支流オサラッペ川流域に明治30年代に拓けた水田地帯であり、道内屈指の上川穀倉地帯の中核を成している。

対象施設である近文幹線用水路は、国営かんが

い排水事業 共栄近文地区により昭和49年から昭和61年度に築造された用水路であり、石狩川に設置されている近文頭首工より取水し、石狩川導水路、幹線導水路を経て、共栄幹線用水路との分水地点を起点とし、旭川市から鷹栖町北部の水田地帯、約3,260haの受益を包含する開水路形式の幹線用水路である（図－3）。



図－4 水路断面



図－3 路線位置図

近文幹線用水路の対策工の施工区間（測点No135～No136付近）を含む構造形式は、フルーム型水路（現場打ち鉄筋コンクリート構造）である（図－4）。

施設諸元等は次の通りである。

建設事業：国営かんがい排水事業 共栄近文地区

建設年：昭和61年度（対策工施工予定区間）

供用年数：31年

水路構造：現場打ち鉄筋コンクリート構造

基礎形式：直接基礎

内空断面寸法：敷幅B=3.50m×内空高H=1.30m

部材厚：側壁 t1=200mm、底版 t2=250mm

ハンチ寸法：100mm×200mm

バレル延長：1バレル 8m

(2) 劣化、変状の発生状況

近文幹線用水路は、施設全体の現地踏査、定点における近接目視調査等の機能診断調査が実施されており、現地調査に基づく施設の状態評価から区間別に劣化や変状の種類を把握、健全度評価が実施されている。

施設に発生している劣化要因として、凍上圧の作用による側壁の傾倒、自動車荷重等の作用によるひび割れの発生等が一部確認されているが、それらを除くと、凍害、摩耗が主な劣化要因と推定されている。

施設の健全度評価は、区間により程度の差が認められるが、ランクとしてS-3～S-4と評価されている。劣化要因のうち、凍害は凍結融解作用の影響を最も受けやすい南向きの側壁天端部に多く生じている（図－5）。

ポップアウト、スケーリング、剥離・剥落、ひび割れに沿った遊離石灰の滲出等の現象が確認されている。



図－5 凍害の状況

特に劣化の進行が著しいと判定されているS-3評価の区間には、凍害が関与している。

凍害のS-3評価地点の分布は、上流部を除き、中流部にも散在している。

摩耗については、通水によりコンクリート表面部のモルタル分が流失しており、外観としては細骨材が露出して細かな凹凸が確認されている。

目視調査の確認結果から、通水位以下の水中部で表面部の数mm程度の摩耗量と推察され、劣化が徐々に進行している状況にある(図-6)。



図-6 摩耗の状況

(3) 対策工適用区間の選定

① 適用区間の概定

機能診断調査におけるS-3評価のうち、路線中流部のNo.135+50.00~No.136+80.00付近は凍害が最も連続的に発生している区間である。

当該路線に発生している劣化現象として、代表的な特徴を示し、今後、保全対策を実施していく上でモデルと成り得る区間であることを考慮し、対策工法を適用する対象区間として概定した。

② 現地調査

現地踏査では、資料調査より概定した区間について目視調査及び簡易計測による確認を行い、対策を適用するバレルの選定を行った。

【調査内容】

a) 目視による劣化、変状の確認

- ・過年度調査との相違の把握
- ・対策適用区間の概定

b) 簡易計測による劣化状況の確認

- ・リバウンドハンマーによる反発硬度測定(図-7)。→コンクリート(表面)強度の推定
- ・超音波伝播速度の測定(図-8)。→コンクリート内部の健全性を推定



図-7 反発硬度測定(リバウンドハンマー)



図-8 透過法による測定(超音波伝播速度)

【調査結果の考察】

a) 目視による劣化、変状の確認

- ・既往診断調査時から変状の進展は特に見られず、ひび割れ等、その他の劣化は確認されなかった。
- ・側壁天端が南向きの区間で背後地の条件から水分供給が有る右側壁に凍害劣化が顕著に確認された。
- ・経年の通水摩耗により、表面部において細骨材が露出した状態が確認された。

b) 簡易計測による劣化状況の確認

- ・リバウンドハンマーによる反発硬度
気中部及び水中部の推定強度は、概ね

設計基準強度（ $\sigma_c=21\text{N}/\text{mm}^2$ ）以上であることを確認した。

・超音波伝播速度の測定

側壁部の内外面を挟み、透過法により測定した結果、気中部から水中部に向けて、伝播速度が大きくなる傾向にあり、総体的に健全性の目安値となる4000m/s程度が確認された。

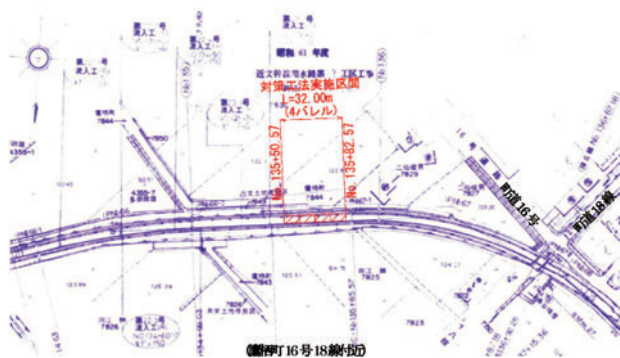
③ 対策適用区間の選定

現地調査の結果より、次の事項に留意し、対策工法の適用区間を選定した（図－9）。

- ・凍害の発生状況及び簡易計測によるコンクリートの健全性評価の結果に差が少ないこと。
- ・日射や積雪等の条件がバレル毎に差が生じないようにした。ただし、同一バレルの左右側壁においては日射の条件が異なるが、凍害の劣化進行に及ぼす日射の影響を確認出来るように留意した。

（後述のモニタリング機器の配置計画において考慮）

- ・背後地の土地利用が同じ条件であること。



No. 135+50.57～No. 135+82.57 L=32m (4バレル)

図－9 対策適用区間の選定

3. 適用性評価のための実施設計

(1) 対策方針の検討

対象区間の劣化要因として推定した凍害、摩耗への対策方針について検討を行った。

対策方法は、農業水利施設のコンクリート構造物 調査・評価・対策工法選定マニュアル³⁾に示されている工法を参考とする他、施設の設置状態

や部材厚条件等にも留意し、検討を行った。

農業水利施設の機能診断調査では、施設の健全度を表す指標として、健全度評価（S－1～S－5）を用いているが、対策方法の選定では、一般的に劣化過程における施設状態評価（グレード評価：I～IV）により対策方法の選択肢が区分されている。このため、施設状態評価（劣化グレード）に置換えて検討した。

機能診断による健全度評価：S－3

↓

劣化進行過程での評価：

進展期から加速期に移行する段階

劣化が顕著に認められる状態(グレードⅢ－①)

① 凍害

凍害劣化部の対策は、劣化部の除去を行い、断面修復または打換えによる補修方法が考えられる。

事前調査の結果より、凍害の劣化範囲は水面より上の気中部に発生しており、補修対象の部位は側壁天端部の内側・外側・天端面である。既設側壁の部材厚は200mmと薄いことから、表面的なはつり取り作業は困難である。

このことから、劣化部コンクリートの除去は部材全厚に対して行い、既設鉄筋をはつり出した後、打換えを行うこととした。

【施工手順】

1) 側壁背面土の掘削

右側側壁部の背面土を所定の深さまで掘削する。

2) 劣化部のはつり取り

コンクリートピックによる人力はつり作業により各バレルの側壁天端劣化部を除去する（図－10）。

3) コンクリートの打換え

はつりにより除去した側壁天端部に型枠を設置し、コンクリートの打換えを行う。

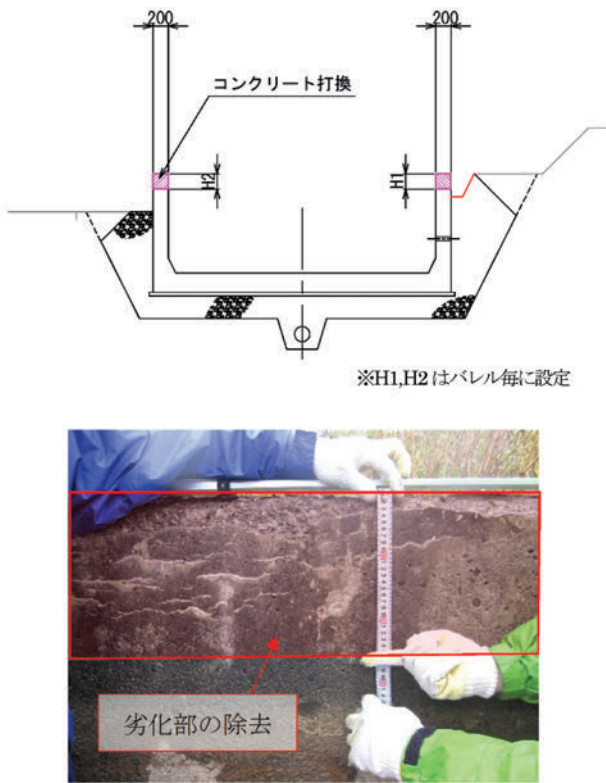


図-10 施工概要図（打換え工法）

3) 目地部の打換え

被覆により増厚した断面に合わせて、既設目地を取除き、目地材を充填する（図-11）。

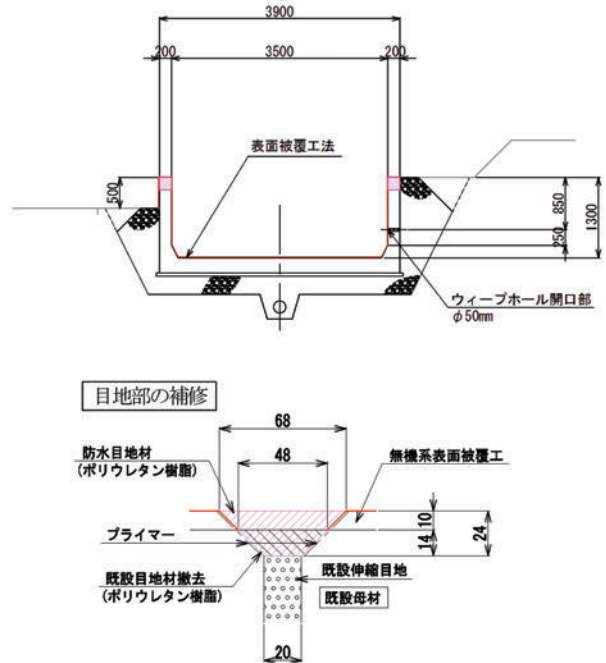


図-11 施工概要図（表面被覆工法）

② 摩 耗

水路内面は、経年の通水により、コンクリート表面のモルタル分が流失し、骨材の表面が面的に露出した状態が確認された。

劣化予測により、摩耗により表面粗度の増加が急速に進展してきている段階と判断され、通水性の低下のほか、更なる劣化の進行により断面減少、あるいはひび割れ部から鉄筋腐食が発生する等により構造耐力に悪影響を及ぼす懸念が有ることから、表面被覆工法により劣化因子の侵入を抑制する対策を行うこととした。

【施工手順】

1) 下地処理

母材と補修材の一体性を確実なものとするために、コンクリート表面の付着物、脆弱部をウォータージェット等により、洗浄、除去等を行う。

2) 表面被覆

各種表面被覆工法により、水路断面の補修を行う。

(2) 表面被覆工法の検討

① 使用材料の検討

表面被覆工法は材料分類により、一般的に有機系、無機系の工法に分類され、材料特性及び使用環境、耐久性等に留意して使用材料の選定を行う。

当工区では、使用材料に求められる性能を考慮し、無機系表面被覆工法を選定した。

【無機系表面被覆工法】

1) 使用材料

- ・無機系材料にはポリマーセメントモルタル、靱性モルタル、高炉セメントや超微粒子セメント等のセメント系材料等が主に使用されている。

2) 特 性

- ・無機系材料を使用した被覆層をコンクリート表面に成形し、劣化因子の侵入を遮断する。
- ・水理性能として、コンクリートと同等の粗度係数の回復が見込まれる。

- ・紫外線劣化は、コンクリートと同等に影響が少ない。
- ・被覆厚が有機系材料より厚い、若干の断面狭窄が見込まれるが、損傷に対する抵抗性は有機系材料より高い。
- ・若干の湿潤状態での施工が可能である。
- ・積雪寒冷地での施工実績は有機系材料よりも多い傾向にある。

使用材料に要求される性能は、

- ・水理性能：母材と同等の粗度回復を図る。
(建設時水準を基準、性能向上は必要無い)
- ・耐 候 性：母材と同程度の対候性が望ましい。
- ・耐 久 性：礫等の異物衝突があった場合にも、抵抗出来ること。
- ・施 工 性：冬期施工を極力回避するため、工事期間の短縮が望ましい。
- ・実 績：寒冷地での実績を有すること。
(耐凍結融解性を有すること)

② 工法選定の条件

設計区間に適用する対策工法は、ストックマネジメント技術高度化事業における開水路補修補強工法の適用性評価の目的、現地施工の可否や地域性等も勘案し、以下の事項に留意して選定を行った(図-12)。

- a) 現場条件や施工量を踏まえ、施工が可能な工法を選定する。

- b) 材料の種類やプライマーの有無、表面含浸材の有無等について異なる特性を持つ工法を組み合わせ、適用性の評価を行うことが可能な工法を選定する。
- c) 地域性を考慮し、材料の調達が容易であり、かつ特殊な施工技術が極力伴わず、施工が容易な工法であること。
- d) 農業分野で用水路の施工実績を有する工法を選定する。(ただし、試験施工の意義から実績の多少により工法を限定しないこととした)
- e) 開水路の補修材料・工法の要求性能と品質規格については、評価の有無、優劣は一定の目安として選定における参考とする。(試験施工の意義から評価の有無により工法を限定しないこととするが、耐凍害性については必須とする)
- f) 寒冷地に適する工法を選定する。
(耐凍害性の有する材料を選定)

③ 工法の比較選定

比較対象とする対策工法は、無機系表面被覆工法における材料、プライマーの種類、表面含浸材の有無等の特性が異なる工法について適用性の比較を行うことに主眼を置き、その他、前項で提示した条件を満足する工法の中から比較選定を行った。

(参考)

- a) プライマーの種類

- ・エマルジョン系プライマー

(主剤を水で希釈し、接着性を向上させる)

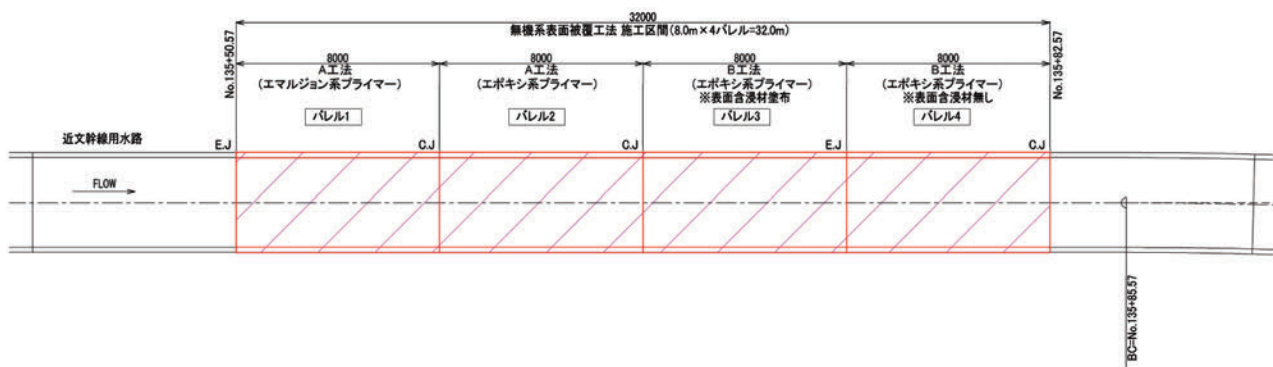


図-12 バレル割平面図

- ・エポキシ系プライマー
(エポキシ樹脂に硬化剤を混合し、接着する)

b) 表面含浸材の種類

- ・浸透性防水材 (シラン系)
- ・アルカリ性付与材 (けい酸ナトリウム系)

【比較対象工法】

選定方針を踏まえ、プライマー及び表面含浸材の有無組み合わせより、比較検討を行った。

- ・エマルジョン系プライマー使用 3工法
- ・エポキシ系プライマー使用 3工法

④ 工法の選定

工法比較の検討結果より、以下の工法を対策工法として選定した。

【選定工法とその理由】

a) A工法 (エマルジョン系/エポキシ樹脂系プライマー)

エマルジョン系プライマーとエポキシ樹脂系プライマーの2種類のプライマーが使用可能であり、同一工法でプライマー種類の違いによる適用性評価が可能であるため、選定した。(農業農村整備民間技術情報データベース登録工法)

⇒プライマー種別ごとに各1バレルずつ適用
(2バレル×8.00m=16.00m)

b) B工法 (エポキシ系プライマー)

積雪寒冷地での施工実績は多いが、適用性評価の実績が少ないこと、同一工法で表面含浸材有無の違いによる適用性評価が可能であるため、選定した。

(農業農村整備民間技術情報データベース登録工法)

⇒表面含浸材の有無で各1バレルずつ適用
(2バレル×8.00m=16.00m)

4. モニタリング計画

(1) モニタリング方法

モニタリングは、以下の2つの方法で行う計画とした。

① 機器監視 (機器による自動測定)

② 定期点検

(人力による近接目視、各種現地試験による測定)

(2) 機器監視

対策工法2工法、材料、プライマーの種類や表面含浸材の有無を含めた対策工法4種類に対して、経時変化を伴う以下の項目について、測定機器を設置して監視を行う。

【機器監視の項目】

① 温度測定

表面被覆材の経時の表面温度を測定し、現地における補修材表面の凍結融解サイクル、表面温度の変化等を把握し、劣化との関係を確認する。

各工法の側壁の気中部と水中部に左右1か所ずつ、熱電対による温度センサーを設置し、常時計測を行う。

② 地下水位観測

用水路の裏込部において、経時の地下水位を測定し、水分供給の有無、地下水位の変動等を把握し、劣化との関係を確認する。

対策区間を代表し、右岸側中央部に1か所、圧力式水位計を設置し、常時計測を行う。

(3) 定期点検

対策工法2工法、4種類の施工バレルに対して、人力作業による定期点検 (主に近接目視)、各種現地試験により監視を行う。

【定期点検の項目】

① 近接目視調査

表面被覆材の施工後の外観点検として、目視調査、打音・触診検査を定期的実施し、異常の有無について、対策実施区間全体の水路を対象にスケッチ図及び調査票に記録する。

② 表面強度試験

表面強度を把握するため、リバウンドハンマーによる反発硬度を測定し、表面強度の推定し、強度特性を評価する。

③ 浮き・空洞化調査

衝撃加速度計が内蔵されているハンマーにより補修面を打撃し、最大加速度を測定することにより得られる機械インピーダンスを用いて、表面劣化、浮き・剥離について指標値による評価を行う。

④ 摩耗量調査

SUS製の鋼板（プレート）を各工法の底版及び側壁の水深以下に各1箇所ずつ設置して、すり減りによる摩耗量を測定し、摩耗に対する評価を行う。

⑤ 付着強度試験

建研式引張強度試験機による引張試験を各工法の側壁の水中部・気中部、底版で各3箇所ずつ試験を行い、表面被覆工及び母材界面のプライマー接着部の付着強度を測定し、付着特性の評価を行う。

⑥ コア採取

劣化状況の観察、中性化試験等を行うため、コンクリートコア（φ100mm）を各工法の底版及び側壁部において、各2箇所ずつ採取する。

⑦ 中性化試験

採取したコアの測定面にフェノールフタレイン1%溶液を噴霧し、中性化深さを測定し、評価を行う。

⑧ 超音波法による凍害劣化深さの測定（透過法）

採取したコアの直径方向に直接、超音波測定器の受発信子を当て、部材厚方向に位置をスライドさせながら、伝播速度の測定を行い、母材も含めて凍害劣化深さの評価を行う。

⑨ 水銀圧入法による細孔径分布の測定

採取したコアにより水銀圧入式ポロシメーターを用いて、試料の細孔径毎の細孔量を測定し、凍害劣化に対する評価を行う。

⑩ コンクリート圧縮強度試験

採取したコアを供試体として、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」により試験を行い、母材コンクリートの圧縮強度を評価する。

⑪ 雪庇調査

冬期の状況について、現地にて水路内の積雪深さ、雪庇の発生状況、水路側方の積雪深さ等、計測及び記録を数回、定期的に行う。積雪による水路の埋没・露出、水分の供給、凍結融解との相関等、凍害発生に関する考察を行う。

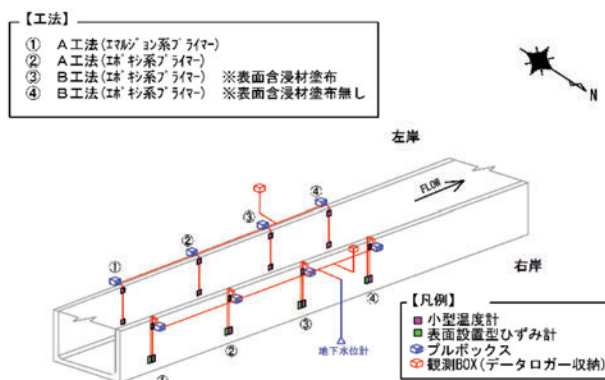


図-13 モニタリング機器配置図

表-1 モニタリング実施計画

区分	項目	細目	実施年度						製作 年 小計 数量	部位 工法
			H27 (工事)	H28 (1年目)	H29 (2年目)	H30 (3年目)	H32 (5年目)	H37 (10年目)		
			施工後	落水後	落水後	落水後	落水後	落水後		
近接目視	①近接目視調査	目視、釘査、軸診、スケッチ	○	○	○	○	○	○	260	m ²
定期観測	②表面強度試験	リバウンドハンマー法	○	○	○	○	○	○	75	箇所
	③剥離調査	赤外線法	-	○	○	○	○	○	60	m ²
	④浮き・空洞化調査	機械インピーダンス法	○	○	○	○	○	○	244	m ²
	⑤摩耗量調査	プレート法	○	○	○	○	○	○	15	箇所
	⑥付着強度試験	建研式引張試験	○	○	○	○	○	○	75	箇所
	⑦コア採取	φ100mmコア	○	-	-	○	○	○	50	箇所
	⑧中性化試験	採取コアでフェノール1%	-	-	-	○	○	○	50	箇所
	⑨雪庇調査	スケッチ、写真撮影	-	○	○	○	○	○	2	箇所
	設計	とりまとめ		-	○	○	○	○	○	1
評価			-	○	-	○	○	○	1	式
	その他									

5. おわりに

高度化事業における補修、補強工法の検討においては、経済性や施工性だけに捕われず、過去の試験状況や検証テーマの条件等も考慮し、工法選定を行う必要がある。

このため、設計計画においてはモニタリングの目的を明確に設定し、設計に反映していくことに留意した。

また、工法選定においては、開水路の補修、補強材料として、その要求性能を満足することは言うまでもないが、材料そのものの製造及び調達が容易であること、施工対応が容易であること等、実際の適

用に向けて地域性についても事前に十分に検討しておくことが重要である。

今後はモニタリング調査及び適用性評価に向けて、補修後、供用前の初期段階で可能な限り詳細な調査を実施して初期状態を記録し、対策後の劣化状態を適切に把握、評価していくことが求められる。

最後に、実施設計及びモニタリング計画の立案に際し、ご指導協力を賜った旭川開発建設部、寒地土木研究所、大雪土地改良区の関係各位に心より御礼を申し上げます。

(株)農土コンサル

[参考文献]

- 1) 北海道開発局：昭和60年度国営共栄近文土地改良事業変更基本計画書（農業用排水）
- 2) 農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室：農業水利施設の補修・補強工事の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】（案）平成25年10月
- 3) 農業土木事業協会：農業水利施設のコンクリート構造物 調査・評価・対策工法選定マニュアル 平成19年3月 PP81，PP147～155
- 4) 食料・農業・農村政策審議会農業農村振興整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」平成22年6月
- 5) 農業土木事業協会：農業水利施設保全補修ガイドブック平成26年度版

報 文 集 第28号

平成28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 明田川洪志・松崎 吉昭・館野 健悦・吉田 英人
小笠原 武・源 秀夫・福田 正信・山岸 晴見
下谷 隆一・平山ちぐさ

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 F A X (011)717-6111

印刷 (株)三誠社 電話 (011)622-9211



●表紙写真●

第30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

「実りの秋」

－芽室町にて撮影－

竹田 和美 氏 作品

A E C A

HOKKAIDO

Agricultural Engineering Consultants Association