

北海道支部だより

建設機械・機械設備をめぐる 最近の動き

国土交通省 北海道開発局 事業振興部 機械課長

木 下 豪



建設分野では、担い手不足、インフラ老朽化、災害対応力の確保、脱炭素化といった複数の課題への対応が同時に求められています。本稿では、機械設備の計画的更新、建設機械の脱炭素化、砂防分野における遠隔・自動施工、さらにその先を見据えたフィジカルAIの活用について、国土交通省の最近の動きを紹介します。

1 河川の「急所施設」と計画的更新

2026年7月、「重要河川施設の機能喪失回避のための施設マネジメント検討会」が報告書を公表しました。報告書では、堰、水門、排水機場等のうち、機能喪失時の影響、代替性、復旧困難性等を踏まえ、重点的な対応を要する施設を「急所施設」として抽出する考え方が示されました。急所施設について総合診断を行い、更新・改築・増強、重点監視等を適切に選択することで、長寿命化だけでなく機能喪失リスクの低減を重視する施設マネジメントへの転換を図るものです。設備単体の健全度だけでなく、冗長性、保守性、部品供給、操作・点検の省人化、データ基盤を含め、総合的に判断することが一層重要になると考えます。

2 建設機械の脱炭素化と現場実装

2025年4月に策定された「国土交通省土木工事の脱炭素アクションプラン」が2026年7月に改定され、鋼材のロードマップが新たに追加されました。建設機械については、低燃費機械、電動建機（GX建設機械）、次世代燃料、効率的な施工技術等を組み合わせ、脱炭素化を進める方針が引き続き示されています。北海道のような寒冷地での普及に向けては、電動建機の稼働時間や充電環境等について、地域の施工条件に応じた検証を積み重ねることが重要と考えます。

3 砂防関係事業における遠隔・自動施工の推進

i-Construction 2.0では、2040年度までに建設現場の省人化を少なくとも3割とする目標を掲げています。2026年8月には、「砂防関係事業における遠隔・自動施工の推進について」の中間とりまとめが公表されました。中山間地域における担い手不足や砂防特有の厳しい施工条件を踏まえ、遠隔・自動施工を地域建設会社の日常的な施工手段として定着させる方向が示されました。当面は、通常工事と災害対応に共通する砂防堰堤の床掘や除石、斜面对策に伴う掘削・運搬を重点対象とし、直轄砂防事業で施工データの蓄積と効果検証を進め、その成果を地方公共団体や地域の建設会社へ展開するとしています。

4 フィジカルAIの導入に向けた検討

2026年9月に「建設分野におけるフィジカルAI戦略」の中間とりまとめが公表されました。フィジカルAIは、センサ等で現場の状況を認識し、AIの推論・判断に基づいて機械やロボットが行動するシステムであり、現場で働く人を支援し、その能力を拡張するための基盤として位置付けられています。技術の導入そのものを目的とせず、施工、点検、除草・除雪、災害調査・復旧等の現場課題を起点として活用する考え方です。今後は、産学官による連携体制の下、データの蓄積・共通化、現場実証、評価・標準化、人材育成を一体的に進めることとされています。

おわりに

河川機械設備の更新、建設機械の脱炭素化、遠隔・自動施工、フィジカルAIのいずれも、技術だけで完結する取組ではありません。北海道の現場が抱える課題や施工者のニーズを共有し、発注者、施工者、建設機械メーカー、研究機関等が連携して、現場で活用される持続可能な技術として育てていくことが重要と考えます。

ダム再開発事業における新桂沢ダム建設の技術的特徴

北海道開発局 札幌開発建設部

1. はじめに

桂沢ダムは、石狩川水系幾春別川上流に位置し、洪水調節、かんがい、水道用水、発電を目的とした北海道初の直轄多目的ダムであり昭和32年度に完成した。

その後、石狩川水系で甚大な被害があった昭和50年、昭和56年洪水等（写真－1）を踏まえ、洪水から貴重な生命・財産を守り、地域住民が安心して暮らせる社会基盤の整備を図ることや、時代の変化とともに流水の正常な機能の維持や工業用水等の新たな水源確保の必要性が生じた。このため、桂沢ダムを嵩上げする新桂沢ダムとともに、幾春別川支流である奔別川に三笠ぼんべつダムを新たに建設する幾春別川総合開発事業が昭和60年度に計画され、平成2年度に建設事業に着手した。両ダムの位置を（図－1）に示す。

新桂沢ダムは、平成13年8月より転流工を兼ねる取水放流設備工事に着工、平成28年8月より堤体建設工事に着工、平成29年7月より堤体コンクリートの打設を開始し、令和元年7月にコンクリート打設を完了した。その後、貯水池内の地すべり対策、付替道路工事、管理設備等の主要工事を完了させ、令和5年11月に試験湛水を開始、令和6年3月に試験湛水が完了した。

本稿では、再開発事業における機械設備に関する特徴的な施工事例として、3つのテーマについて報告する。

2. 新桂沢ダムの概要

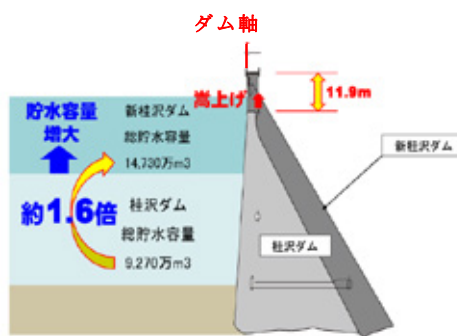
新桂沢ダムは、我が国の直轄ダムとしては初めて同軸で嵩上げを実施するダムであり、洪水調節、流水の正常な機能の維持、工業用水、水道用水、発電を目的としている。堤高を約1.2倍嵩上げすることで総貯水容量が約1.6倍へと増大させるもの（図－2）で、既設ダムの有効利用により環境への負荷も抑えることができる。新旧ダムの諸元を（表－1）に示す。



図－1 位置図



写真－1 昭和56年8月洪水の様子



図－2 新桂沢ダム断面図

表－１ 新桂沢ダムおよび桂沢ダムの諸元

項 目		桂沢ダム（既設）	新桂沢ダム
堤体	位 置	北海道三笠市桂沢地先	
	型 式	重力式コンクリートダム	
	堤 高	63.6m	75.5m(+11.9m)
	堤 頂 長	334.25m	397.00m(+62.75)
	堤 体 積	350,000m ³	594,800m ³ (+244.8千m ³)
	非 越 流 部 標 高	EL. 188.60m	EL. 199.90m
貯水池	集 水 面 積	298.7km ² (うち、間接流域147.5km ²)	
	湛 水 面 積	4.99km ²	6.66km ² (+1.67km ²)
	総 貯 水 容 量	92,700千m ³	147,300千m ³ (+54,600千m ³)
	有 効 貯 水 容 量	81,800千m ³	136,400千m ³ (+54,600千m ³)
	洪水貯留準備水位	EL. 184.75m	EL. 190.70m
	平常時最高水位	EL. 187.00m	EL. 193.10m
	洪水時最高水位	EL. 187.00m	EL. 196.80m
	設 計 洪 水 位	—	EL. 198.90m
	最 低 水 位	EL. 158.00m	EL. 158.00m
	計 画 高 水 流 量	550m ³ /s	910m ³ /s
計画流量	ダム設計洪水流量	660m ³ /s	1,200m ³ /s

表－２ 事業経緯

昭和32年度	桂沢ダム完成
昭和60年度	実施計画調査に着手
平成 2年度	建設事業に着手
平成 6年度	工事用道路着手
平成13年度	新桂沢ダム取水放流設備着手
平成16年度	石狩川水系河川整備基本方針策定
平成17年度	石狩川水系幾春別川河川整備計画策定
平成21年度	検証の対象とするダム事業に選定
平成24年度	事業を継続とする対応方針が決定
平成25年度	新桂沢ダム取水放流設備運用開始
平成26年度	桂沢ダムが特定多目的ダムとなる
平成27年度	新桂沢ダム本体基礎掘削に着手
平成28年度	新桂沢ダム堤体建設第1期工事を契約
平成29年度	堤体コンクリートの打設を開始
	定礎式挙行
令和5年度	新桂沢ダム試験湛水開始
	新桂沢ダム完成

3. 新桂沢ダムの目的

(1) 洪水調節

嵩上げにより、洪水調節容量を増加させ、新桂沢ダムの建設される地点における計画高水流量910m³/sのうち、840m³/sの洪水調節を行う。

(2) 流水の正常な機能の維持

下流の既得用水の補給等流水の正常な機能の維持と増進を図る。

(3) 水道用水

岩見沢市、三笠市及び美瑛市に対し、新たに1日最大8,640m³の水道用水を供給可能とする。

(4) 工業用水

石狩湾新港地域に新たに1日12,840m³の工業用水を供給可能とする。

(5) 発電

新桂沢ダムの建設に伴って新設される新桂沢発電所において最大出力16,800kW、幾春別川発電所において最大出力490kWの合計17,290kWの発電を行う。

4. 事業経緯

主な事業経緯を表－２に示す。

5. 同軸嵩上げ工法の選定理由

新桂沢ダム建設の最大の特徴は、前述のとおり、我が国の直轄ダムとしては初めて「同軸嵩上げ」を採用したことである。新桂沢ダムの建設において、同軸嵩上げの工法が選定された理由としては、以下の２点が挙げられる。

- ・堤体の安定性に直接影響する規模の断層破砕帯、劣化帯が新設及び既設堤体数に分布せず、座取り選定上の問題がなかった。
- ・新桂沢ダムの取水放流設備を先行して施工することで、工事中であっても既設の桂沢ダムの洪水調節機能や利水補給を確保できる。

6. 新桂沢ダムの技術的特徴

6-1. 転流工

(1) 転流工機能を有した取水放流設備

既設桂沢ダムにおける利水補給は、堤体支持型の多段式ゲートを有する取水塔から、堤内の管路を経て堤体下流より灌漑用水、発電用水、水道用水、工業用水の目的別に給水されている。洪水調節は、調節容量を利用して制限水位に到達した後、クレストゲートを用いた放流を行う計画である。

新桂沢ダム嵩上げ工事は、既設桂沢ダムの下流面に新たに腹付けコンクリートを打設することから既設の取水放流設備及びクレストゲートが使用

転流工となる新設の取水放流設備に要求される
主な機能は以下のとおりである。

- ①所定の利水補給量 (25.847m³/s) を取水・導水することができること
- ②貯水池の温水（表層）取水や洪水時の濁水放流回避等のため既設同様に連続的な選択取水が可能なこと
- ③工事期間中の洪水処理ならびにダム完成後の緊急水位低下機能として現桂沢ダムの計画最大放流量 (70m³/s) を取水放流できること

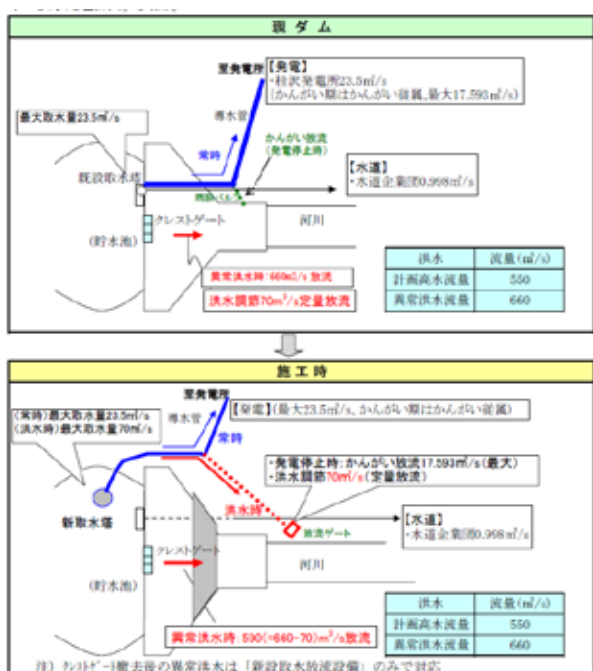


図-3 利水補給・洪水調節状況概要図

取水設備（取水塔、取水ゲート）の設計にあたっては、工事期間中の貯水池運用等を考慮する必要があり、①貯水位を低下させた場合の水質・貯水池周辺環境への問題（下流への濁水放流）及び②取水設備工事区域が毎年かんがい期に冠水することによる工程上の不確定要因を解消する観点から、取水設備の配置・施工法について検討された。

検討の結果、配置と施工法については、工事中においても既設ダムと同様の貯水池運用が可能なることにより水質環境に及ぼす影響が少なく、通年工事により工事工程の安定化を図ることができる、地山を有効に利用して鋼管矢板により半地下構造の仮締切（堅坑）を設ける施工方法が選定された。（図－４、５、６、写真－２）

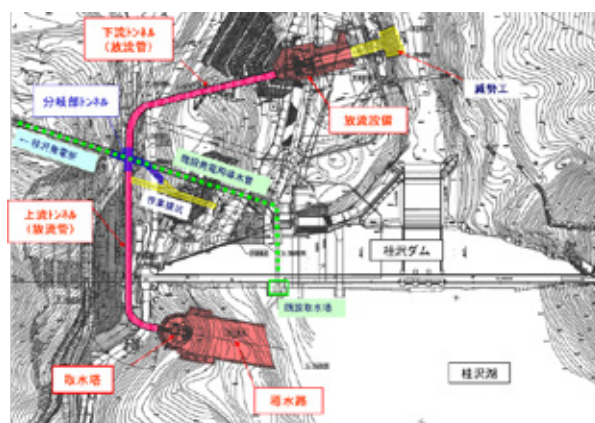


図-4 取水放流設備 全体配置図

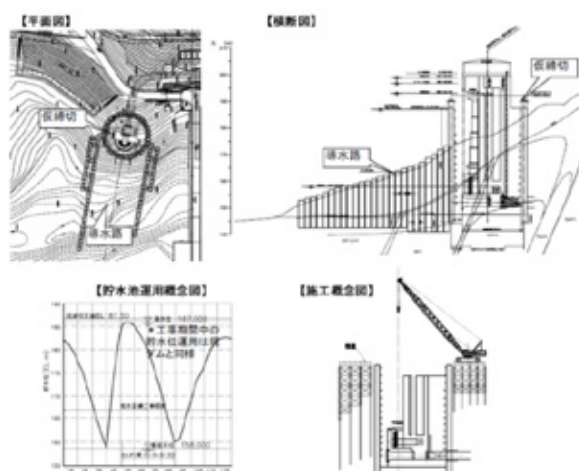
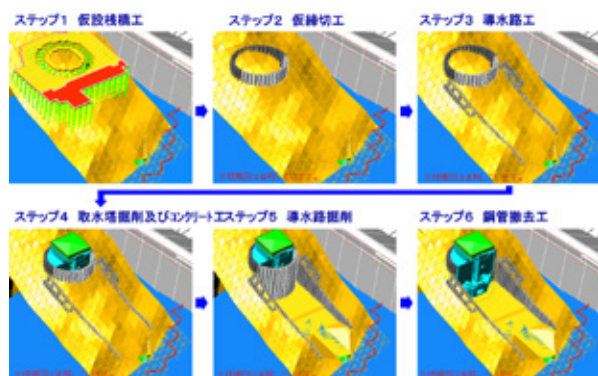


図-5 取水設備施工概要図（地山内仮締切）



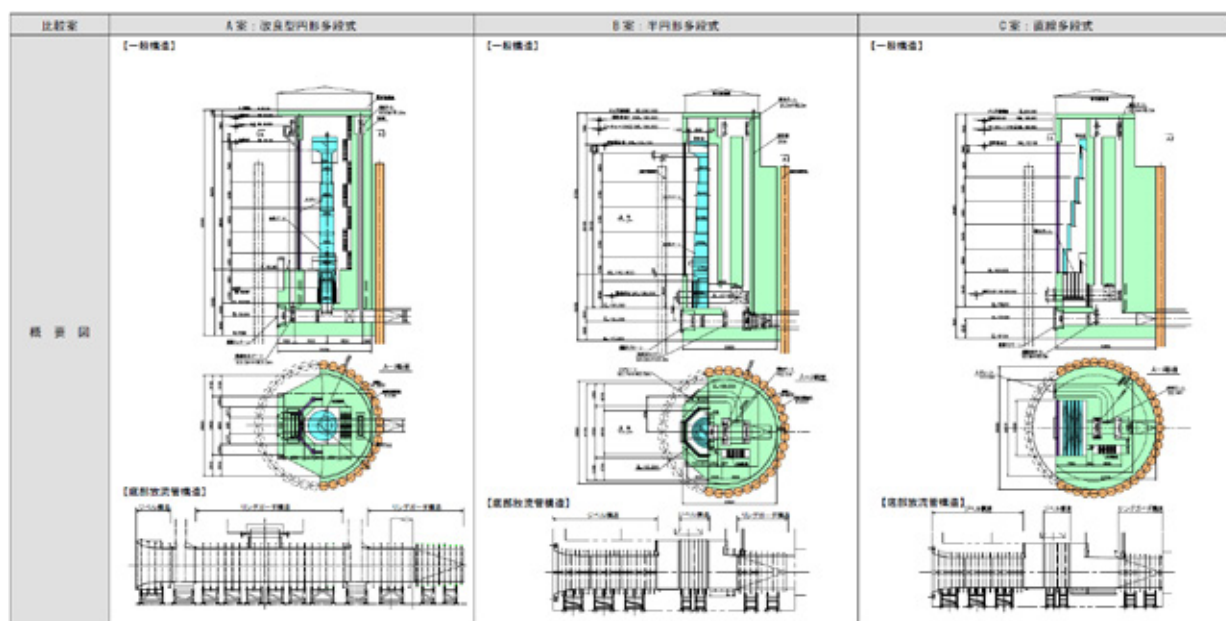
図－6 取水設備施工フロー



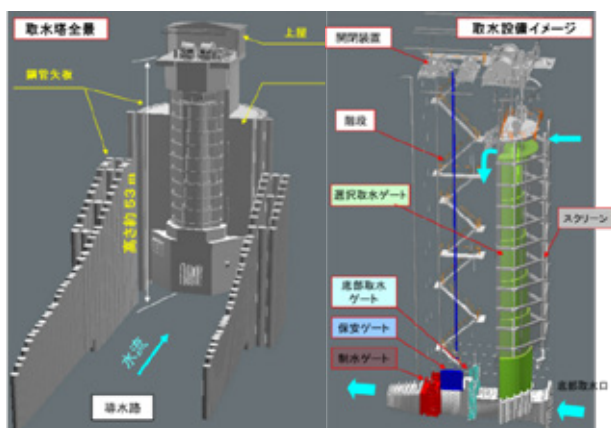
写真－2 取水設備施工状況

取水ゲートの構造形式の検討にあたっては、①前述の施工方法により、取水塔周りの仮締切を取水塔完成後も土圧・水圧に対抗して永久構造物として自立する構造とする場合、大規模となるため、仮設構造物扱いとして取水設備をコンクリートで覆う必要があったこと、②最大取水量が25.847 m³/sと大きいことが設計条件となった。

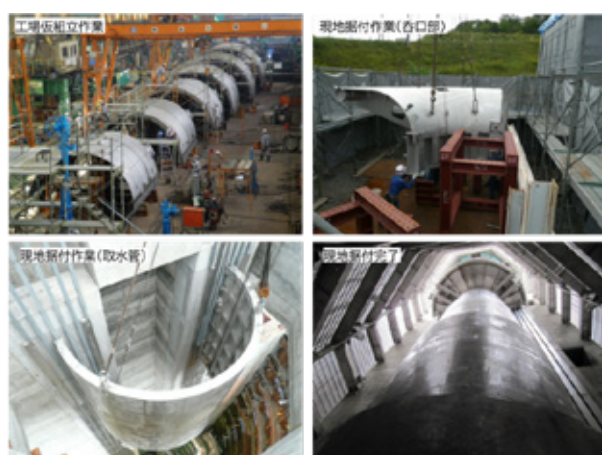
以上から、直線多段式ゲートに比べて半円形で取水できることにより呑口幅を小さくできること、また、円形多段式ゲートに比べ取水塔の縦断面及び平面において荷重が中心に集まり構造的なバランスに優れることから半円形多段式ゲートが選定された。(図－7、8、写真－3)



図－7 取水ゲート形式の比較



図－８ 取水ゲート概要図



写真－３ 取水ゲート据付状況

(3) 導水路トンネルの施工方法

導水路トンネルの施工にあたっては、発電導水管との分岐部を含むことから、発電停止期間の短縮を目的として、既設発電導水管の上流側に水平作業横坑を設置し、導水路トンネルを上流工区と下流工区に分けて施工した後、発電分岐部を最後に施工する計画とした。平成13年度から平成15年度に放流設備基礎掘削、減勢工および下流側導水路トンネル（放流管除く）を施工、その後、平成19年度から平成23年度にかけて取水設備、上流側導水路トンネル、上流側下流側放流管および放流設備を施工した。さらに平成25年度から平成26年度に導水路の発電分岐部切替工事、水道導水管接続工事を実施したことにより、転流工としての機能が完成した。（図－9、10、写真－4）



H13～H15 放流設備基礎掘削、導水路トンネル（下流）工事



H19～H23 取水設備、放流設備工事



H25～H26 導水路 発電分岐部切替、水道導水管接続（転流完了）



図－９ 取水放流設備 施工ステップ

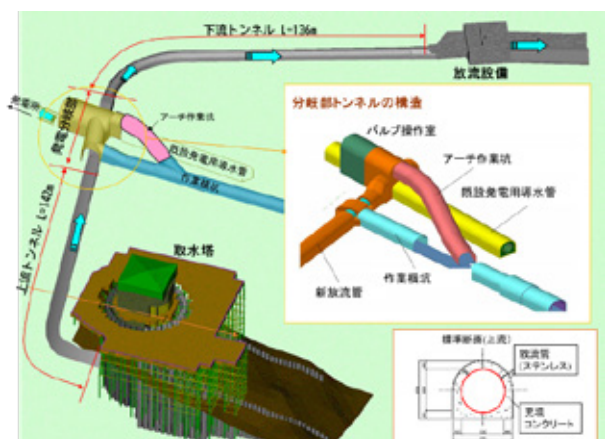


図-10 発電分岐部の構造



写真-5 新桂沢ダムの減勢工

6-2. 水道専用取水設備

(1) 既設水道専用取水設備の更新

既設水道専用取水設備は、桂沢ダム完成から11年後の昭和42年度から昭和43年度にかけて、桂沢水道企業団により建設されたものであり、共同取水設備制水ゲートの水圧バランス操作作用として設けられていた2条のバイパス管のうち、右岸側の1条を利用して整備されている。(図-11)

しかし、ダムの嵩上げに伴い運用水位が上昇することから、取水口位置の見直し、設備に作用する水圧の増加への対応に加え、開閉装置の水没による機能喪失への対策が必要となり、水道専用取水設備の更新を実施した。(図-12)



写真-4 導水路トンネルの施工状況

(4) 取水放流設備専用の減勢工

放流設備は、工事中の洪水処理（70m³/s）に対応した利水放流ゲート（ジェットフローゲートφ2200）と、河川維持流量（1.1m³/s）に対応した河川維持放流ゲート（ジェットフローゲートφ400）が設置される。取水放流設備は新桂沢ダムの減勢工に先行して建設する必要があるため、最大放流量が70m³/sと大きいことから、取水放流設備専用の減勢工が設置された。(写真-5)

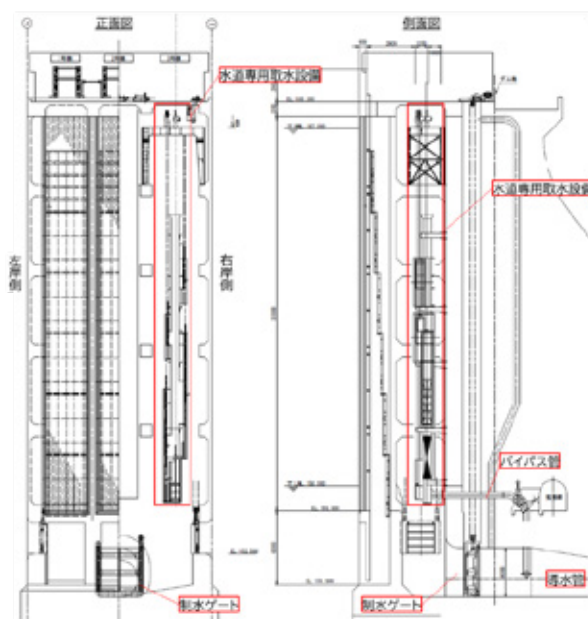


図-11 既設共同取水設備全体図

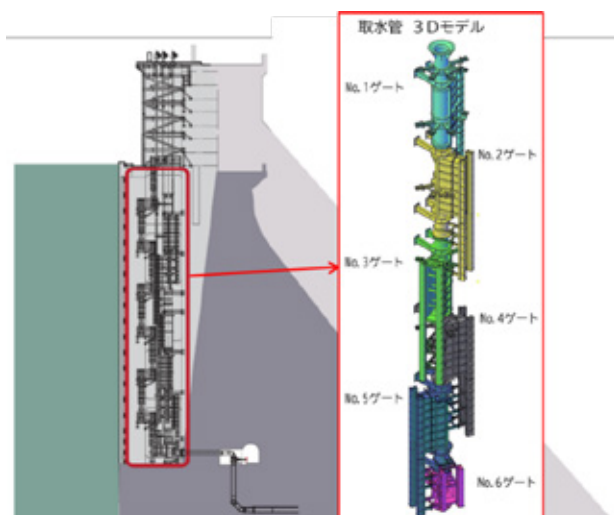


図-12 新設水道専用取水設備 概要図

(2) 既設取水設備制水ゲートバイパス管の活用

水道専用取水設備の更新にあたっては、既設設備を撤去した後に同位置で再構築する場合、長期間の取水停止が必要となることから、取水停止期間を可能な限り短縮できる施工方法を検討した。

再開発に伴い新たな共同取水設備が整備され、既設共同取水設備は運用を停止する計画であったため、左岸側バイパス管に新設する水道専用取水設備を接続することが可能であった。このため、既設設備を継続運用しながら新たな水道専用取水設備を施工し、運用切替後に既設設備を撤去する施工手順を採用することで、取水停止期間を最小限に抑えた。(図-13)

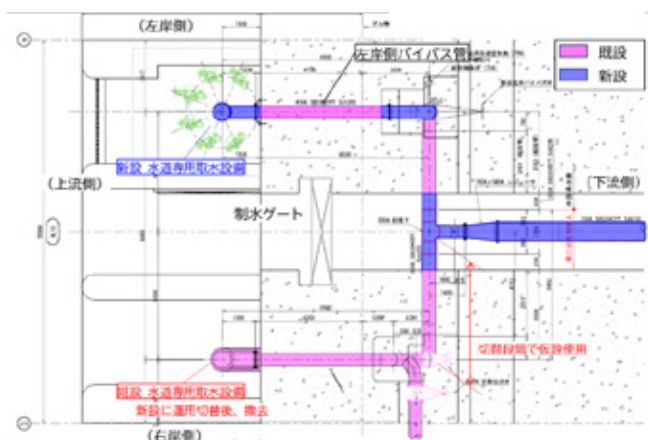


図-13 新設水道専用取水設備 接続図

バイパス管は桂沢ダム建設時に堤体埋設設置されたもので、当時の資料が乏しく詳細な仕様および寸法を把握することができなかった。また、鋼製管であることが確認されており、長期的には腐食等劣化による止水性にも懸念があった。このため、一回り径の小さなステンレス鋼管 (SUS304TPY 450A) を内側に挿入して二重管構造とし、呑口を仮締切蓋で閉塞した後、既設バイパス管を切断し、新旧管を堤体内側からモルタル充填することで劣化に対する安全性を確保した。(図-14、図-15、写真-6)



写真-6 ステンレス鋼管とモルタル充填状況

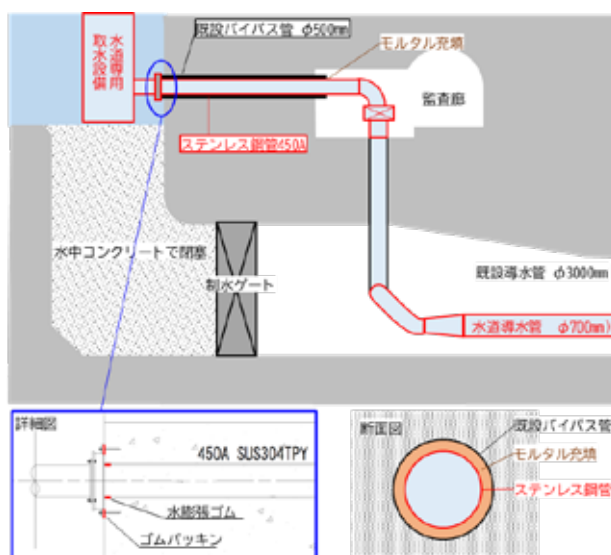


図-14 左岸側既設バイパス管 接続概要図

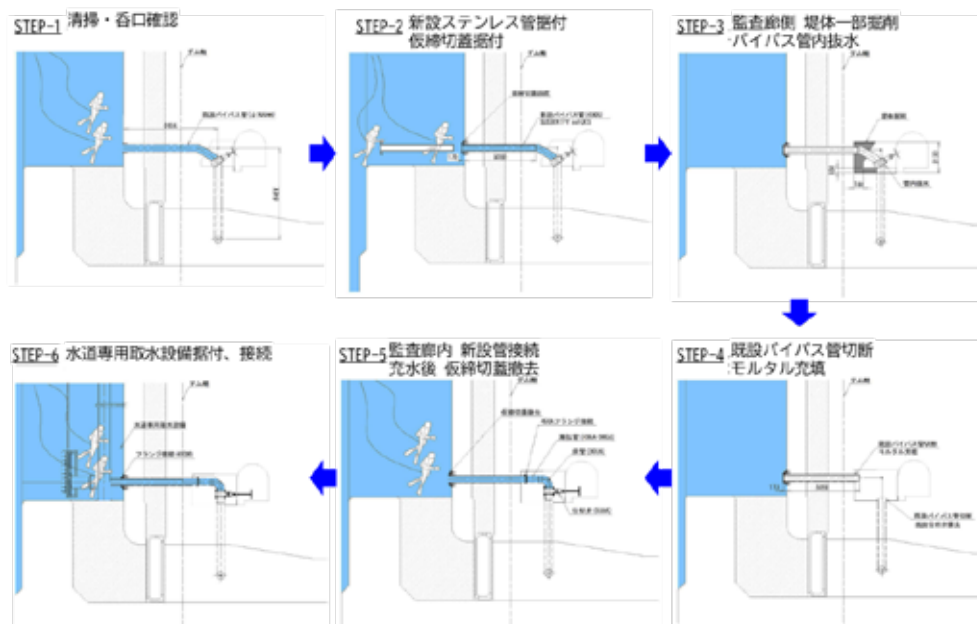


図-15 左岸側既設バイパス管 接続フロー

(3) 堤体内水道導水管の配置

水道専用取水設備の水道導水管は前述の既設バイパス管を利用し堤体内に引き込み、その後、既設堤体内および新設堤体内をステンレス鋼管φ700mmにて敷設し、堤外の既設水道導水管（ダクタイル鉄管φ700mm）に接続される。

既設堤体内は、再開発後に運用を停止する既設共同取水設備のφ3000mm導水管内に配置し、新設堤体内は、その延長上に直線的に配置し、新設堤体のコンクリート打設とともにコンクリート埋設した。（図-16、写真-7）



写真-7 堤体内水道導水管施工状況

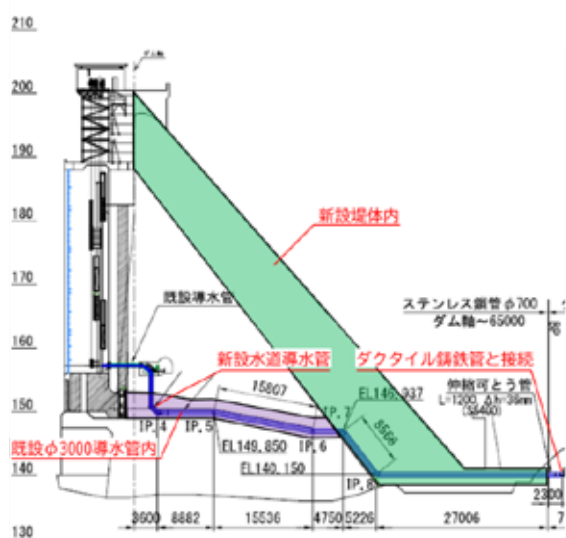


図-16 堤体内水道導水管配置断面図

既設のφ3000mm導水管は、制水ゲート上流側の水中コンクリート打設と下流側の新設堤体打設により、外部から完全に遮断された空間となる。この空間は、応力面、水密性の面で次のような課題があり、新設ダムにおいて放流管を設置する場合と同じ条件下となるように、充填コンクリートを施工した。

- ①嵩上げに伴う共同導水管周辺の主応力の増加に対する導水管周りの鉄筋の補強が図れない。
- ②上流側の水中コンクリートを介して水が回り、新設する導水管や新堤体に有害な作用を及ぼすおそれがある。

充填コンクリートは、閉塞部の延長が31mと長いこと、上流側13mと下流側18mが傾斜で勾配が異なることから、5ブロックに閉塞区間を分割して施工を行った。打ち込まれたコンクリートは硬化時に収縮するため、閉塞部毎に既設導水管との境界に事前に注入管を配管しグラウチングを実施、最上流部および最下流部には止水板を設置し、導水管周辺の水密性を確保した。(図-17、写真-8)



写真-8 コンクリート充填施工状況

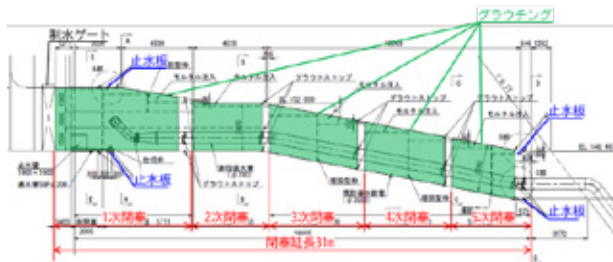


図-17 充填コンクリート施工概要図

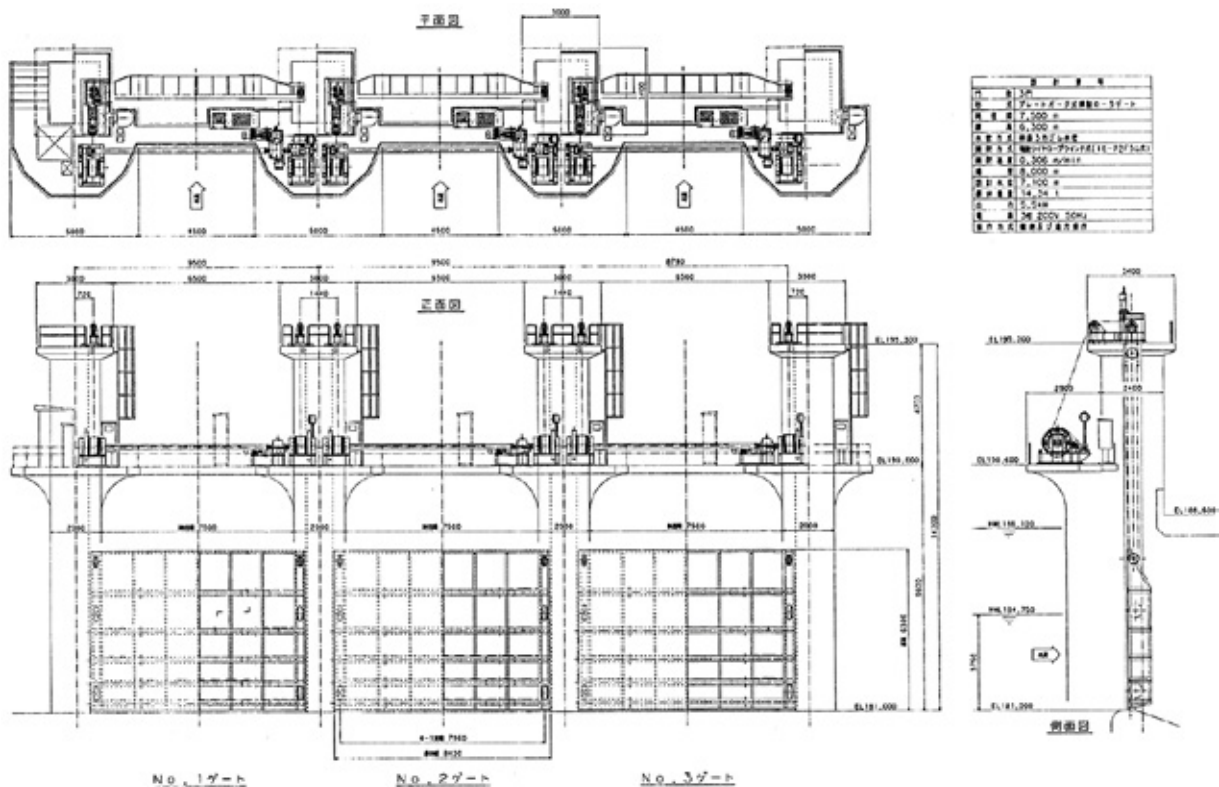


図-18 既設クレストゲート全体配置図

6-3. クレストゲート撤去

(1) 既設クレストゲート仕様

新桂沢ダムは同軸嵩上げを行うため、既設ダムのクレストゲート（洪水吐き）部が新設堤体となることから、機械設備など新設堤体へ影響がある範囲は全て撤去する必要がある。既設クレストゲート仕様は以下のとおりである。（図-18）

門 数：3門

形 式：プレートガータ式鋼製ローラーゲート

純径間：7.5m

扉 高：6.3m

開閉方式：電動ワイヤロープウインチ式(1M2D)

(2) 貯水池運用を考慮した施工時期、撤去範囲

撤去にあたっては、工事中の洪水調節は、計画洪水に対して、新設した取水放流設備から放流する計画（ $Q=70\text{m}^3/\text{s}$ ）であったが、計画を越える異常洪水時にはクレストゲートから放流される可能性があることが課題であった。

このため、撤去時期は異常洪水が発生してもクレストゲート撤去箇所から越水しないように貯水位を低下させた7月20日以降、さらに安全を考慮し最も水位が低くなる8月20日（かんがい補給終了日）から開始する計画とした（図-19）。

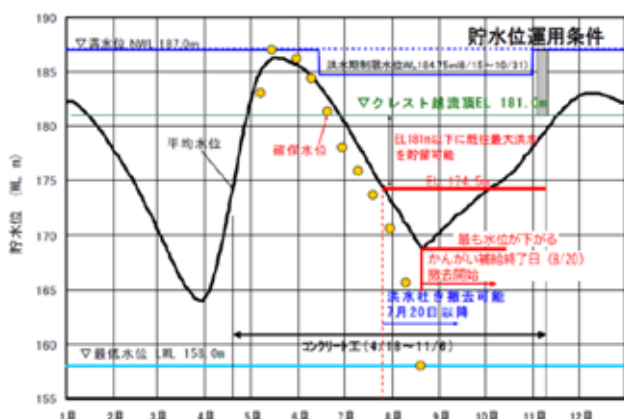


図-19 撤去時の貯水位条件

門柱（ピア）などコンクリート構造部の撤去範囲は、撤去翌年のかんがい期に満水位（WL187.0m）まで貯水位を上昇させる必要があったことから、越流部は当年のうちに融雪出水でも天端を越流しない標高（EL189.5m）まで嵩上げコンクリートを施工することが条件となった。そのため、残置する門柱（ピア）が新設堤体コンクリートに影響を及ぼさないことを確認したうえで、コンクリート打設工程を踏まえ、越流部をEL189.5mまで打上げるのに必要な最小範囲を撤去範囲とした。（図-20）

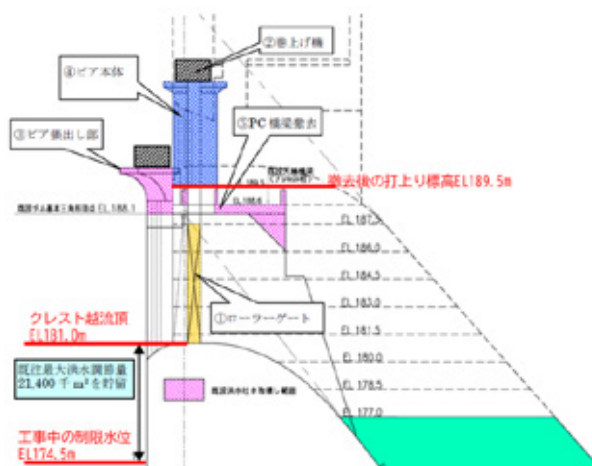


図-20 既設クレストゲートの撤去範囲

(3) 撤去作業

撤去作業は、搬出時のクレーンでの吊り上げ能力を考慮して、ゲート巻上機およびゲート扉体などの鋼構造物はガス切断、門柱（ピア）などのコンクリート構造物はワイヤーソーにより分割切断した。（図-21、写真-9～11）

切断作業は、撤去部材の転落防止のためクレーンで吊り支持しながら施工した。しかし、堤体コンクリート打設に使用する750tクロウクレーンを切断作業に使用した場合、切断期間中は当該クレーンが拘束され、他工種の施工に影響を及ぼすことが懸念された。このため、堤体打設面上に切断作業専用として20tラフテレーンクレーンを2台配置し、撤去作業とコンクリート打設作業の並行施工を行った。（写真-12）

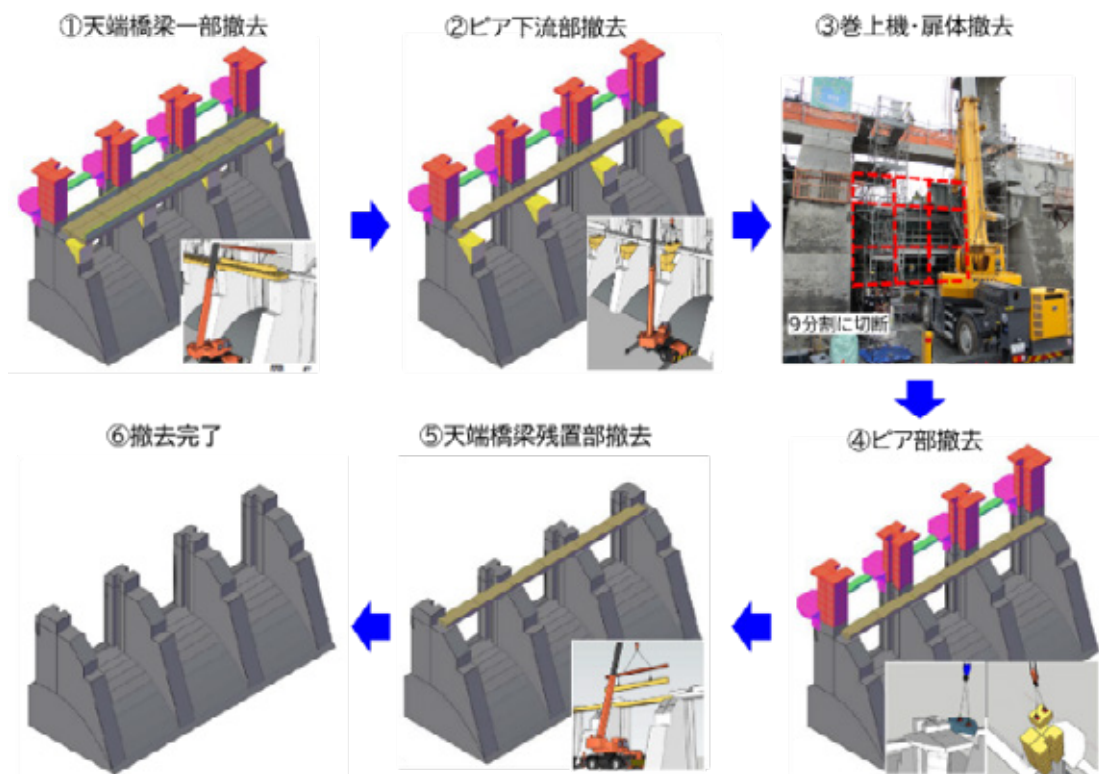


図-21 撤去作業施工フロー



写真-9 分割切断状況

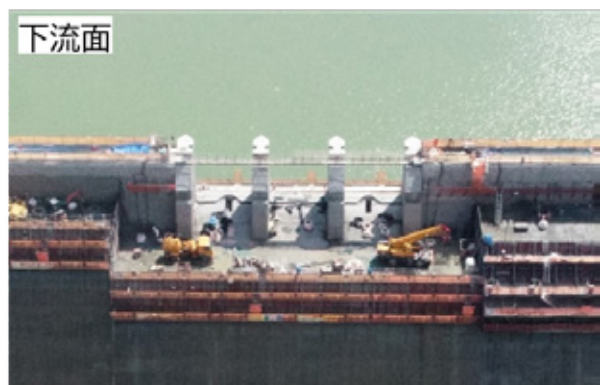


写真-11 既設クレストゲート撤去後状況



写真-10 既設クレストゲート撤去前状況



写真-12 クレーン配置状況

(4) 既設洪水吐き部の継目処理

ダム天端の新旧堤体接合部では、止水性確保のため、塩ビ製止水板（ $B=400\text{mm}$, $t=9\text{mm}$ ）を2条設置した。 Crest Gate 撤去部においては、当初、既設の戸当たりを利用し鋼製止水板（ $B=400\text{mm}$, $t=1.6\text{mm}$ ）を2条設置する計画であった。しかし、戸当たり部周辺のコンクリートに劣化が確認され、戸当たり金物とコンクリートとの境界が水みちとなる懸念が生じた。（図-22）

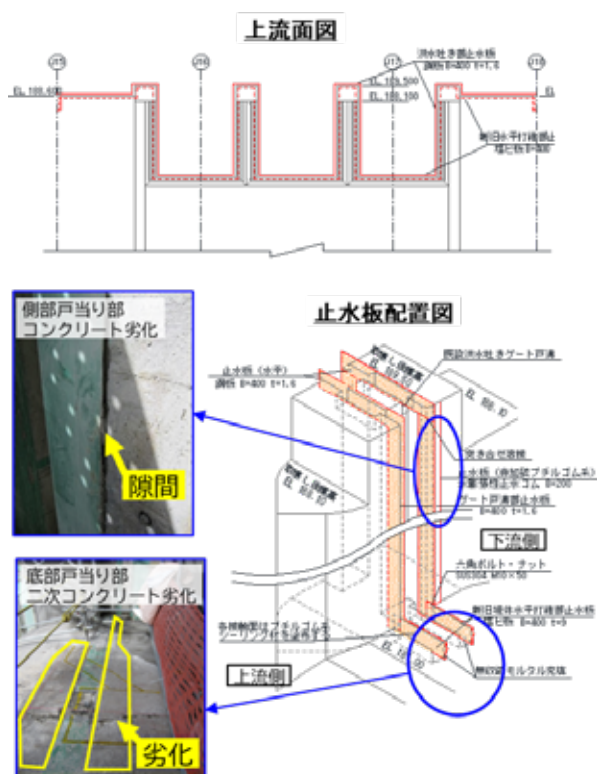


図-22 洪水吐き部継ぎ目処理計画（当初）

そのため、戸当たり金物下流側に箱抜きを設けて塩ビ製止水板（ $B=400\text{mm}$, $t=9\text{mm}$ ）を2条設置し、無収縮モルタルで充填することで止水性を確保した。（図-23）

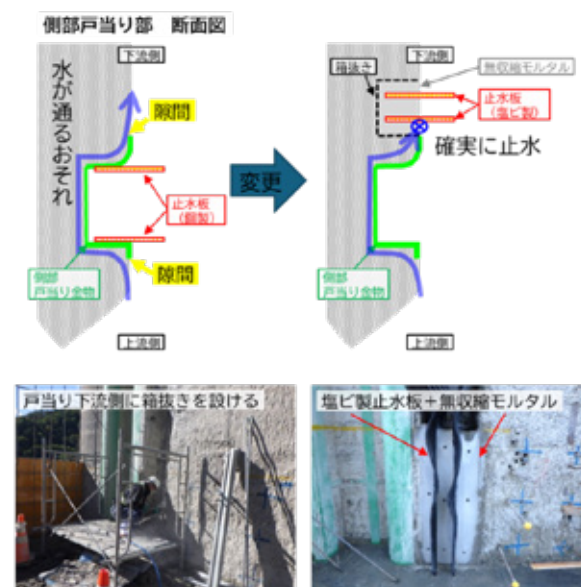


図-23 洪水吐き部継ぎ目処理計画（変更）

7. 試験湛水

7-1. 試験湛水計画

新桂沢ダムの試験湛水は、令和5年11月より新ダムの最高水位であるサーチャージ水位（ $\text{EL}196.8\text{m}$ ）まで貯水位を上昇させ、再び現ダムの常時満水位（ $\text{EL}187.0\text{m}$ ）まで貯水位を低下させる計画とした。

なお、新桂沢ダムは再開発ダムであることから、現ダムの経験水位を超える現ダム常時満水位～サーチャージ水位の貯水位区間を試験湛水の対象としている。

過去10カ年の流況を元にシミュレーション結果を表-3に示す。計画年は10カ年のシミュレーションの5/10、豊水年は1/10、渇水年は10/10の計算結果となる。

表-3 試験湛水計算結果

	常時満水位 到達日 ($\text{NWL}193.1\text{m}$)	サーチャージ 水位到達日 ($\text{SWL}196.8\text{m}$)	試験湛水 終了日 ($\text{EL}187.0\text{m}$)	湛水期間
計画年	R5. 12. 12	R6. 2. 13	R6. 3. 3	124日
豊水年	R5. 11. 25	R5. 12. 17	R6. 1. 3	64日
渇水年	R6. 3. 17	R6. 3. 30	R6. 5. 13	171日

7-2. 試験湛水実績

試験湛水開始後、11、12月は流況が良く、その後も、豊水年を上回るペースで貯水位が上昇し、サーチャージ水位には、計画年より60日早い令和5年12月15日に到達した。サーチャージ水位到達時の状況を写真-13、14に示す。サーチャージ水位到達後は、1 m/日の範囲内の速度で貯水位を低下させ、令和6年3月8日に試験湛水終了水位（現ダムWL187m）に到達し、試験湛水終了となった。試験湛水実績を図-24に示す。

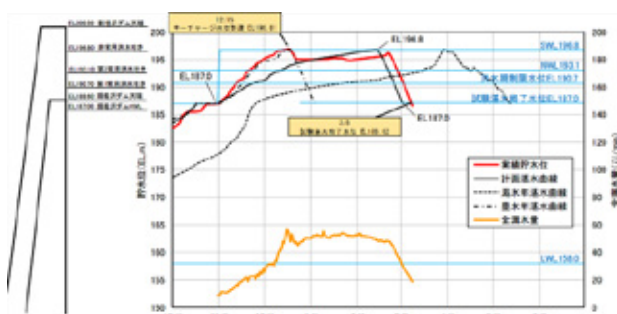


図-24 試験湛水実績



写真-13 サーチャージ水位到達時の状況①



写真-14 サーチャージ水位到達時の状況②

8. おわりに

新桂沢ダムは、平成2年度の建設事業着手から33年の期間を経て、令和5年度に完成を迎えた。この間、事業の実施にあたりご協力いただいた多くの関係者の皆様には厚く御礼を申し上げます。

本工事は、供用中ダムの機能を維持しながら施工を進める必要があり、設計、施工計画や工程管理などにおいて様々な課題への対応が求められた。本事例および本事業で得られた知見が、今後進められるダム再開発事業の円滑な推進に活用されることを期待する。

参考文献

- 1) (財)ダム技術センター：多目的ダムの建設 第5巻 設計Ⅱ編 平成17年, p255, 2005年
- 2) 土木学会／2013年制定コンクリート標準示方書 [ダムコンクリート編]
- 3) 渡部貴裕, 大吉雄人, 稲垣達弘, 佐々木晋：寒冷地における嵩上げコンクリートダムー北海道・新桂沢ダムー, コンクリート工学, Vol. 61, No. 6, 2023. 06
- 4) 桂沢ダム管理支所：新桂沢ダムパンフレット

電流情報診断技術を活用した河川用ゲート設備開閉装置の状態監視について

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム

1. はじめに

浸水被害の防止・軽減を目的として設置されている河川用ゲート設備は（写真－１）、出水時に確実に稼働することが求められる。しかし、設置から50年以上経過する設備が今後急増することが見込まれており、老朽化を起因とした故障などによる稼働の停止が懸念される。一方、管理者は、点検整備を行い設備を適切な状態で維持管理しているが、老朽化による点検整備費用の増加から、近年は低コストで効果的な維持管理を行うことも求められている。また、少子化に伴い専門知識を有した熟練技術者の減少が懸念される昨今、河川用ゲート設備を維持管理するための技術者の確保も課題となっている。

河川用ゲート設備の故障において開閉装置の故障が全数の約7割を占めると言われている。そのため、開閉装置の稼働中の異音や異変などから、故障の原因となる部位の劣化状態を的確に把握し、適切な点検整備を行うことで修理費用の縮減が期待されている。

寒地機械技術チームでは、三相誘導電動機（以後、「電動機」という）の電流情報診断が河川用ゲート設備の状態監視に適用可能と考えた。

今回、河川用ゲート設備を対象とした試験用のワイヤロープウインチ式開閉装置（以後、「開閉装置」という）を用い、電動機の電流情報を用い

た状態監視手法の開閉装置への適用性を検証することを目的として試験を実施したので報告する。

2. 電流情報診断について

2.1 電流情報計測装置の概要

試験で使用した電流情報計測装置（以後、「計測装置」という）は、株式会社高田工業所製の電流信号計測ユニット（TMDU-C3B）である（写真－２）。計測装置は、電流実効値（以後、「Irms」という）、回転機械系の状態全般（KI）、回転子バーの損傷（以後、「Lpole」という）、電動機回転子軸への異常負荷（以後、「Lshaft」という）が監視できるほか、取得した電流信号を周波数分析（高速フーリエ変換：Fast Fourier Transform（以後、「FFT」という））し、その結果も確認できる。また、減速機やブレーキ軸の偏芯（以後、「偏芯」という）などの特定部位も状態監視でき、今回の試験では、これらを監視対象とした。

2.2 電流情報診断技術の概要

電流情報診断とは、電動機の動力配線にクランプ式電流センサ（以下、「センサ」という）を取り付けて電流信号を計測し、その信号に対して周波数解析を行うことで機械の状態監視を行う技術である。異常発生時には、特有の周波数成分におけるスペクトル振幅が増加するため、電動機の異



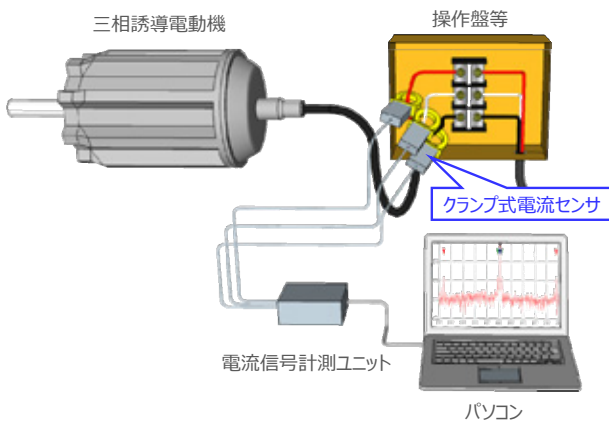
写真－１ 河川用ゲート設備



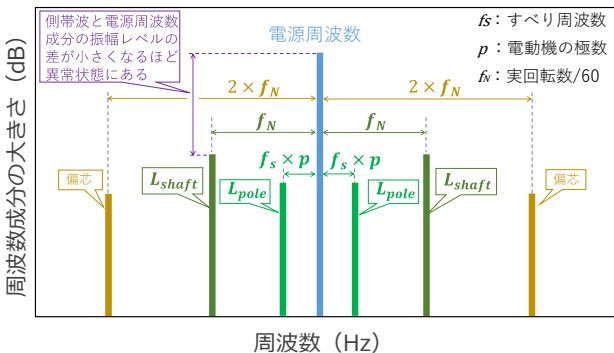
写真－２ 試験で使用した計測装置
（黄色の破線部分が計測装置）

常を検知することができる。なお、センサの設置位置は電動機直近に限らず、電動機へ動力を供給する配線であれば、どこでも計測は可能である(図－１)。

電流情報診断において L_{pole} 、 L_{shaft} 、偏芯は、電源周波数の両端に側帯波として現れ、 L_{pole} は電動機のすべり周波数(f_s)と電動機の極数(p)との積の周波数($f_s \times p$)、 L_{shaft} は電動機の回転周波数(f_N)、偏芯は電動機の回転周波数の２倍の周波数分だけ電源周波数から離れた位置($2 \times f_N$)に現れる(図－２)。また、減速機など開閉装置を構成する部位の減速比と電動機回転周波数の積から、各部位の異常についても監視が可能である。各部位に異常が発生すると、各側帯波の振幅レベルが上昇し、側帯波の振幅レベルと電源周波数成分の振幅レベルとの差が小さいほど、異常状態にあることを示す。



図－１ 電流信号計測イメージ



図－２ 電源周波数の両端に発生する側帯波イメージ

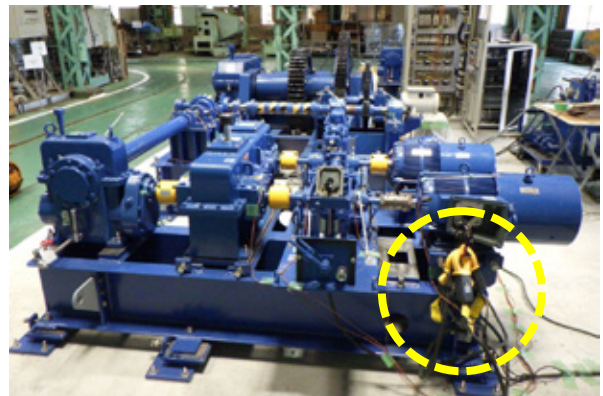
３．開閉装置試験

３．１ 開閉装置の概要

試験は、河川用ゲート設備メーカーが保有する開閉装置を使用した(表－１)。開閉装置は、電動機、油圧押し式ブレーキ(以後、「ブレーキ」という)、主・予備電動機切替装置、ウォーム減速機(以後、「減速機」という)、かさ歯車、中間ピニオン、中間ギヤ、ドラムギヤ及び開閉装置にかかる負荷を再現する負荷装置から構成されている(写真－３)。なお、これらの部位の内、電動機、ブレーキ、主・予備電動機切替装置、減速機、かさ歯車、中間ピニオン軸受は、台座上で任意に移動(偏芯)させ、偏芯を再現できるよう設計されている。

表－１ 開閉装置仕様

開閉装置仕様	
開閉装置形式	1モータ1ドラム ワイヤロープウインチ式
開閉荷重	83.3kN(開操作荷重)
開閉速度	0.3m/min
電動機	3.0kW



写真－３ 試験で使用した開閉装置
(黄色の破線部分はクランプ式電流センサ取付位置)

表－２ 電流信号計測条

項 目	設 定
サンプリング周波数	8192Hz
サンプリングデータ長	524288ポイント
計測時間間隔	2分

表－３ 試験内容

試験内容			操作
要素	対象部位	試験条件	
油	ウォーム減速機	①：潤滑油に水混入(潤滑油5.4L、水0.6L)	開
		②：潤滑油に水混入(潤滑油3L、水3L)	
		③：潤滑油半分抜き(潤滑油3L、水0L)	
		④：潤滑油全抜き(潤滑油0L、水0L)	
偏芯	油圧押し式ブレーキ	①：0.1mm	
		②：0.25mm	
開閉装置への負荷		27kN	

3.2 試験方法

センサは、開閉装置の電動機直近の動力配線に取付、運転中の電流信号を計測した。なお、計測条件は表－２のとおりである。

試験は、開閉装置を構成する機器の軸を偏芯させたほか、軸受損傷、潤滑油の量などを変えて行っているが、本報告では、最も顕著な変化が見られた減速機の潤滑油の状態、及びブレーキ軸の偏芯に関する試験について述べる（表－３）。

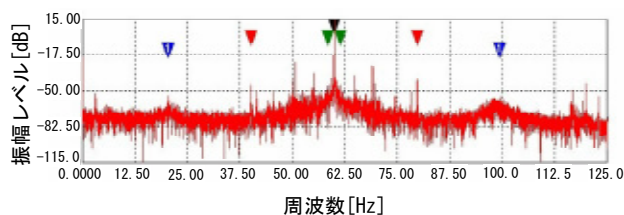
4. 試験結果及び考察

図－３～６は減速機の潤滑油の状態を変化させた場合、図－７～８はブレーキ軸の偏芯量を変化させた場合における試験で取得した電流信号のFFT結果であり、図中の黒▼は電源周波数、緑▼はLpole、赤▼はLshaft、青▼は偏芯の側帯波が発生する周波数帯である。また、I_{rms}を図－９～１０、Lshaftを図－１１～１２、特定部位の状態監視を図－１３～１４に記す。なお、図－９～１４に記した①～④は、表－３の試験条件である。図－９～１０の上段の図は、I_{rms}の時間変化を示したものであり、目盛り間隔は10分である。また、破線部分で条件を変えて試験を実施しているため、実際は中断しているが、本図では連続データとして表示している。図－１１～１４の箱ひげ図は、電源周波数成分と側帯波の振幅レベルとの差を示したものであり、箱内の横線が中央値を示す。

4.1 周波数分析

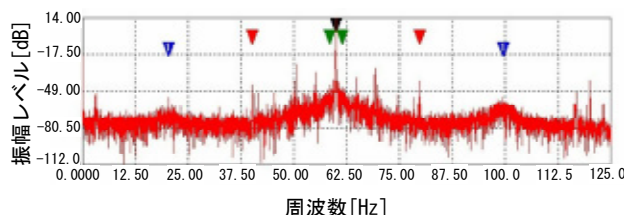
4.1.1 減速機

潤滑油への水の混入や潤滑油量の減少状態（試験条件①～③）と比較し（図－３～５）、潤滑油を全て抜いた状態（試験条件④）では、40～80Hzの範囲で振幅レベルが全体的に高くなっている



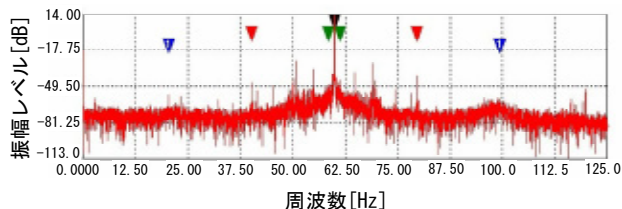
図－３ 周波数分析

(①：減速機の潤滑油に水混入(潤滑油5.4L、水0.6L))



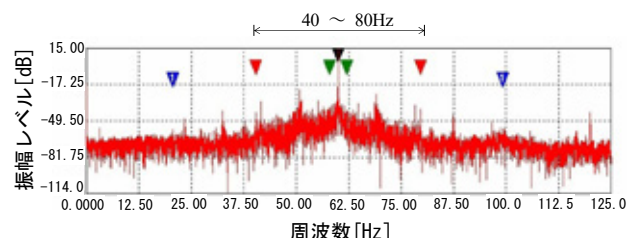
図－４ 周波数分析

(②：減速機の潤滑油に水混入(潤滑油3L、水3L))



図－５ 周波数分析

(③：減速機の潤滑油半分抜き(潤滑油3L、水0L))



図－６ 周波数分析

(④：減速機の潤滑油全抜き(潤滑油0L、水0L))

(図－６)。これは、潤滑油が欠乏したことによる回転抵抗の増加が要因と推察する。

4.1.2 ブレーキ

Lshaftは、回転子軸に異常負荷が作用した場合に、電源周波数を中心として電動機の回転周波数(f_v)分離れた両側の周波数帯(赤▼)に側帯波が現れるとされている。しかし、本試験で与えた偏芯量では側帯波の明確な変化は確認できなかった(図－７～８)。また、偏芯は、電源周波数を

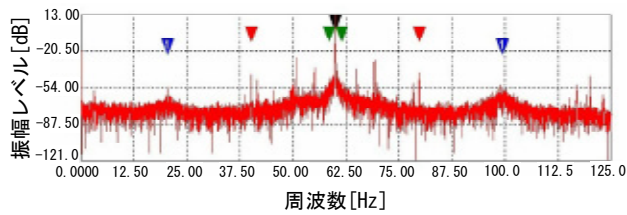


図-7 周波数分析
(①：ブレーキ軸の偏芯 0.1mm)

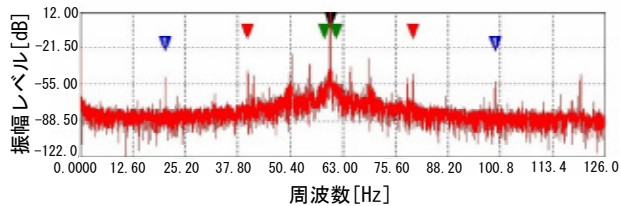


図-8 周波数分析
(②：ブレーキ軸の偏芯 0.25mm)

中心として電動機回転周波数の2倍 ($2 \times f_N$) だけ離れた両側の周波数帯 (青▼) に側帯波が現れるとされているが、これについても明確な側帯波は確認できなかった。そのため、本試験で与えた偏芯量では側帯波の変化が小さく、FFT解析のみでは偏芯の進行を評価することは困難であると考えられる。

4.2 電流実効値 (Irms)

4.2.1 減速機

図-9の折れ線図から試験開始直後に値が相対的に高い傾向にある。一方、時間経過に伴い値が低下していくことが確認できる。これは電動機始動時における特有の正常な挙動である。

箱ひげ図から潤滑油内に水が0.6L混入した状態 (①) と、3.0L混入した状態 (②) を比較すると、②の方がわずかではあるがIrmsの値が低下することが確認できた (図-9)。そのため、Irmsの値から潤滑油内の水分量の変化 (粘度の変化) を捉えられる可能性が示された。なお、潤滑油を半分に減らした状態 (③) では、Irmsの値が更に低下している。これは油量の減少により回転抵抗が減少したためと推察する。

また、潤滑油を全て抜いた状態 (④) では、他 (①～③) と比較してIrmsの値が1A程度高い傾向にあ

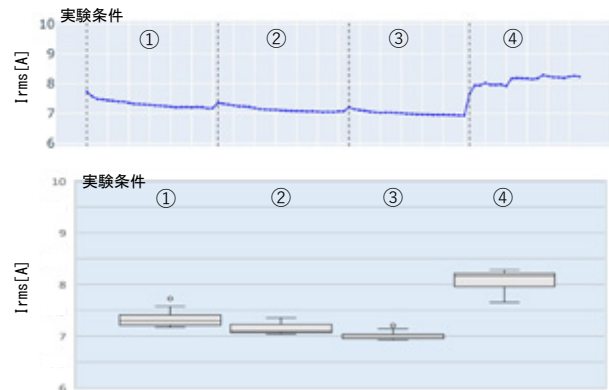


図-9 潤滑油条件の違いによる減速機のIrms
(上：折れ線図、下：箱ひげ図)

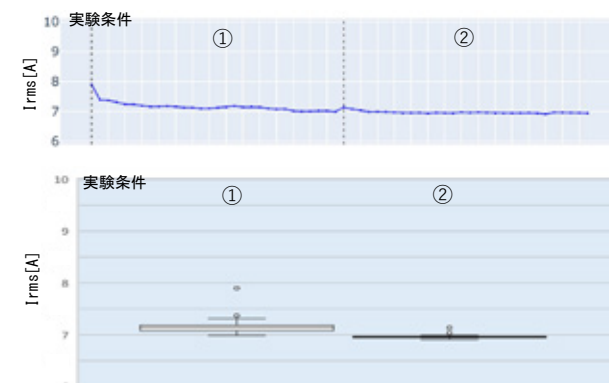


図-10 ブレーキ軸の偏芯におけるIrms
(上：折れ線図、下：箱ひげ図)

る。これは潤滑油の枯渇により回転抵抗が増加したため、値が上昇していることがわかる。

4.2.2 ブレーキ

図-10の折れ線図から試験開始直後にIrmsの値が高い傾向にあるが、時間経過に伴い低下することが確認できる。これは電動機始動時における特有の正常な挙動である。

4.3 回転子軸への異常負荷 (Lshaft)

4.3.1 減速機

本試験では、減速機の潤滑油の状態変化に伴い電動機負荷も変動すると考えられるため、Lshaftの値に変化が現れるものと想定していた。しかし、箱ひげ図による比較からは、明確な差異は認められなかった (図-11)。本試験条件では、Lshaftに変化が現れるほどの負荷変動ではなかったと考えられる。

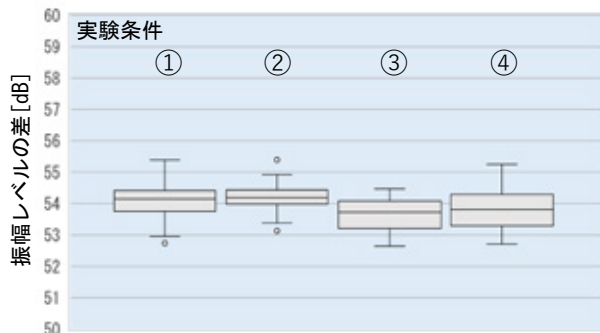


図-11 潤滑油条件の違いによる減速機のLshaft値の変化

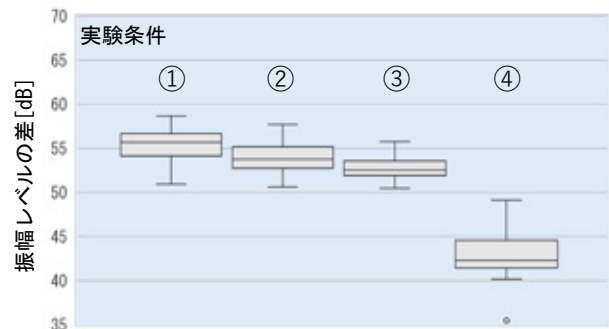


図-13 潤滑油条件の違いによる減速機の振幅レベル差

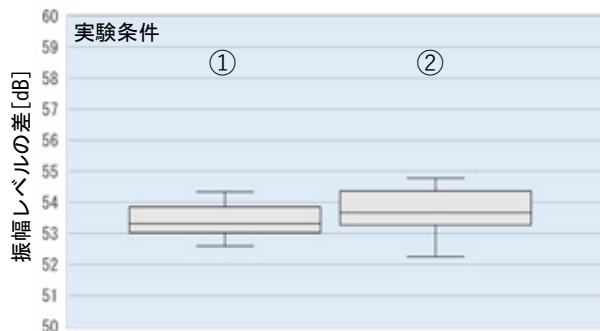


図-12 ブレーキ軸を偏芯させた場合のLshaft値の変化

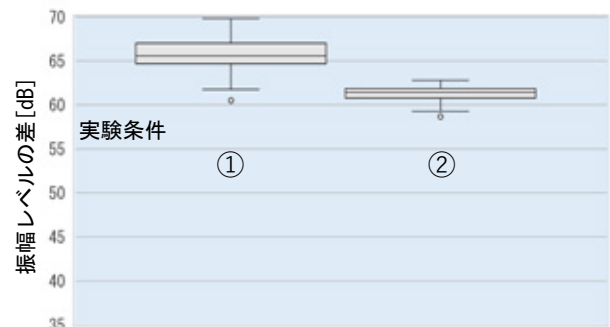


図-14 ブレーキ軸を偏芯させた場合の振幅レベル差

4.3.2 ブレーキ

本試験では、ブレーキ軸の偏芯に伴い電動機負荷も変動すると考えられるため、Lshaftの値に変化が現れるものと想定していた。しかし、箱ひげ図による比較からは、明確な差異は認められなかった（図-12）。本試験条件では、Lshaftに変化が現れるほどの負荷変動はなかったと考えられる。

4.4 特定部位の監視

減速機の状態およびブレーキ軸の偏芯を監視するため、減速機については減速比から算出した周波数成分（ $f_N \times 1 / \text{減速比}$ ）を、ブレーキについては、偏芯の評価に用いられる電動機の回転周波数の2倍成分（ $2 \times f_N$ ）を計測装置に設定した。図-13～14には、電源周波数成分と設定した周波数帯で検出された側帯波との振幅レベル差を整理した結果を示す。

4.4.1 減速機の状態

図-13の箱ひげ図から、潤滑油に水が0.6L混

入した状態（①）の振幅レベルの差の中央値は55.68dB、3.0L混入した状態（②）の中央値は53.78dBであることがわかる。また、潤滑油を半分まで減らした状態（③）の中央値は52.52dB、全て抜いた状態（④）の振幅レベルの差の中央値は42.29dBであり、①～③までの変化と比較し、10dB以上小さくなっている。電流情報診断では、側帯波と電源周波数成分の振幅レベルの差が小さいほど異常の程度が大きいと判断されることから、潤滑油への水の混入や油量の減少に伴う減速機の状態変化を捉えられていると考えられる。

4.4.2 ブレーキ軸の偏芯

図-14の箱ひげ図より、0.1mm偏芯時（①）の中央値は65.59dB、0.25mm偏芯時（②）の中央値は61.45dBであり、偏芯量の増加に伴って値が低下した。また、電流情報診断では、側帯波と電源周波数成分の振幅レベルの差が小さいほど異常の程度が大きいと判断されることから、0.25mm偏芯時は0.1mm偏芯時よりも値が低く、偏心量の増加に伴う異常状態を捉えられていると考えられる。

5. まとめ

本研究では、河川用ゲート設備の劣化状態を評価する手法の提案に向け、電動機の電流情報から設備の状態を推定するための開閉装置を用いた試験を実施し、取得された計測値について分析を実施した。本研究で得られた知見を以下に示す。

1. 各試験で取得した電流信号をFFTした結果、減速機の潤滑油を全て抜いた状態で振幅レベルが上昇することがわかった。これは、潤滑油が欠乏したことによる回転抵抗の増加が要因と考えられる。また、ブレーキ軸のわずかな偏芯を今回の手法では判別することは困難であった。
2. 潤滑油を全て抜いた状態で減速機のIrmsは1A程度上昇した。これは、潤滑油の枯渇により

減速機内部の回転抵抗が増加し、電動機負荷が増加したためと考えられる。

3. 各試験で取得したLshaftは試験条件を変更しても、明確な差異は認められなかった。
4. 減速機及びブレーキの状態を監視した結果、特定部位の監視手法は、減速機やブレーキ軸の状態変化を捉えていることを確認した。そのため、電流情報診断は、複数の機器で構成される開閉装置の状態監視に有効であると考ええる。

今回の試験結果から、電流情報診断技術は、開閉装置の減速機の状態、及びブレーキの偏芯への適用の可能性が示唆された。今後は、計測結果の解析をさらに進め、設備の状態を推定する技術の確立に向けた検討を行う。

○ 支部の活動に参加しませんか ○

《北海道開発局所管施設等の災害応急対策業務に関する協定》 ※令和8年5月1日現在

- ・本協定に基づく応急処置に係る業務を実施できる会員を募集しています。
- ・支援内容や支援地域の限定も可能です。
- ・現在、建設機械会社11社、建設会社62社、機械設備会社16社等が支援体制に参加しています。

《インフラDX・ICT施工推進連絡会》

- ・i-Constructionを推進していくための官民の情報共有を行っています。
- ・現在、建設会社19社、建機・測量機器会社24社が参加しています。

※詳しくは、北海道支部事務局（011-231-4428）へお問い合わせ下さい。

支部だよりに【新技術・新製品紹介コーナー】

原稿を募集

あなたの会社で開発または扱っている新技術・新製品をPRしませんか

【新技術・新製品紹介コーナー】は、会員会社が開発または扱っている新技術（NETIS技術）・新製品のPRの場として設けているもので、無料で掲載します。

次回、133号への掲載をご希望の方は、下記により原稿を送ってください。

記

掲載スペース等：原則としてA4版1～2ページとし、写真等は白黒・カラーいずれも可とします。

原稿提出期限：令和9年2月末日

提出先：〒060-0003 札幌市中央区北3条西2丁目 さっけんビル

一般社団法人 日本建設機械施工協会北海道支部

TEL 011-231-4428

FAX 011-231-6630

**当支部会員「株式会社堀口組」が
『第9回インフラメンテナンス大賞 内閣総理大臣賞』を受賞
—豪雪地の交通インフラ維持を図る除雪支援の取組—
～人間中心型DXがもたらす持続可能な除雪体制の未来～**

1. はじめに

北海道留萌地域では、豪雪・高齢化・人口減少により除雪作業の担い手不足が深刻化し、深夜・早朝に及ぶ長時間作業が高齢作業員の身体的・心理的負担を増大させている（写真－1 参照）。若手入職も進まず、地域の冬期間の交通インフラ維持は危機的状況にある。

本取組は、こうした地域特有の構造的課題に対し、安全性・効率性・技能継承を柱とする「人間中心型DX」を導入し、持続可能な除雪体制の構築を目指すものである。従来のDXが自動化や効率化を主眼としてきたのに対し、本取組は、作業員の身体的負担、心理的ストレス、技能継承の困難といった“人に起因する課題”に焦点を当て、技術を「人を守り、人を支え、人が活躍し続けられるための仕組み」として再設計した点に特徴がある。

この人間中心の視点こそが、第9回インフラメンテナンス大賞における内閣総理大臣賞受賞につながった大きな要因である。



写真－1 深夜の除雪作業

(1) 留萌市の人口推移

生産年齢人口が今後10年で50%近くに激減(表－1 参照)して地域のインフラ維持が困難になっている。

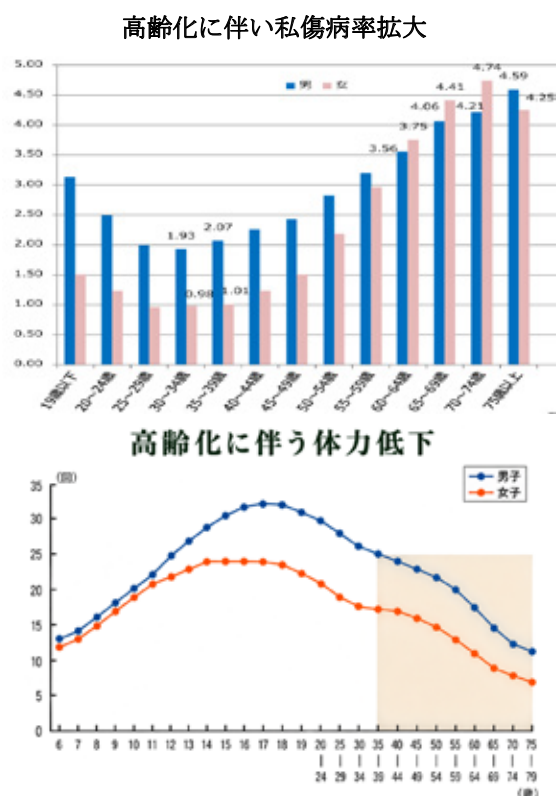
年 度	総人口	生産年齢人口 (15～64歳)	65～69歳人口
2015年	22,221人	12,391人	2,046人
2024年	18,695人	10,162人	1,472人
2035年	13,537人	6,218人	1,086人

表－1 留萌市の人口推移

出典：総務省国勢調査、住民基本台帳、国立社会保障・人口問題研究所

(2) 高齢化の課題

年齢別・男女別の私傷病千人率を見ると、高齢者の死傷病率が他の年代より高い。スポーツ庁「体力・運動能力調査」によれば、45歳から70歳にかけて体力は約50%低下することが示されており(図－1 参照)、加齢に伴う身体能力の大幅な低下が、作業リスクを一層高める要因となっている。



図－1 高齢化の課題

2. 人間中心型DXの選定

留萌地域では以下の点で人間中心型DXの選定が合理的かつ有意である。

- 財政負担が小さく、導入・維持が可能
- 地域内人材で運用でき、外部依存を減らせる
- 高齢化・担い手不足という構造的課題に直接対応できる
- 豪雪という特殊環境に適応しやすく、現場で調整しながら改善できる
- 長期的に持続可能な除雪体制を構築できる

3. 取組内容と技術的アプローチ

本取組では、人間中心型DXの考え方に基づき、除雪作業の省人化を図るリーン型省人化技術と、

作業者の身体・認知・判断を補完する**人間拡張技術**を統合し、総合的な支援体系として構築してきた。これらの技術は、豪雪地域特有の作業環境や人員構成に合わせて、現場で段階的に調整しながら導入を進めており、従来の作業方法に依存しない新たな働き方の実現につながっている。

リーン型省人化技術	作業の「ムダ」や「ムリ」をできるだけなくし、少ない手間で大きな成果を出すためにAI・IoTを活用したDX技術
人間拡張技術	人の身体能力や判断力・注意力などをデジタル技術や道具で補い、できることを増やすレジリエンス技術

4. リーン型省人化技術

リーン型省人化技術は、除雪作業における判断・作業プロセスを効率化し、少人数でも安全かつ安定して作業できる体制を構築することを目的とした技術群である。本取組では、以下の4つの支援技術を中心に、出動判断から排雪作業までの一連の業務を省力化している。

① 除雪出動判断支援

気象・路面状況を自動解析し、出動の必要性を早期に判断することで、過剰出動や判断の属人化を防ぐ。

② 凍結防止剤散布出動判断支援

ポットホールやクラックなどの道路損傷部をリアルタイムに検出し、凍結の原因となる箇所を事前に把握することで、凍結事故の未然防止と散布を効率化する。

③ 写真計測による排雪量算定支援

車載映像を3D化し、夏期と冬期の点群差分から堆雪量を自動算定することで、排雪判断を省力化する。

④ 写真計測による過積載判定支援

ダンプ積載状況を画像解析で定量化し、過積載の有無を迅速に判定することで、安全性と作業効率を向上させる。

これらの技術を組み合わせることで、除雪作業の判断・計測・管理の各工程を体系的に省人化し、豪雪地域における持続可能な除雪体制の構築に寄与している。

(1) 除雪出動判断支援

本技術は、除雪車両や道路に設置したカメラが捉える映像や気象などの情報からAIがリアルタイムで解析し、路面の積雪・凍結・視界状況などを自動判定する仕組みである（図-2参照）。これにより、従来は深夜や早朝に作業者が巡回して目視確認していた「雪見巡回」をAIが代替し、出動

の必要性を自動的に判断できるようになる。

その結果、危険を伴う夜間巡回を大幅に削減でき、少人数でも確実に除雪出動判断を行える体制が整い、夜間雪見巡回の省人化と安全性向上を実現している。

■除雪出動決定支援システムの構成

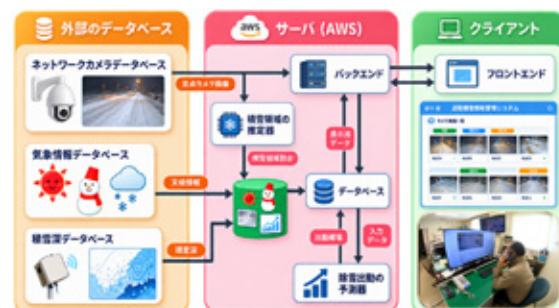


図-2 事務所での雪見判断・雪見巡回の無人化

■深層学習を用いた積雪路面画像解析

（図-3, 4, 5 参照）



図-3 学習済みモデルアーキテクチャUnet++利用

■画像時系列に対する積雪推定

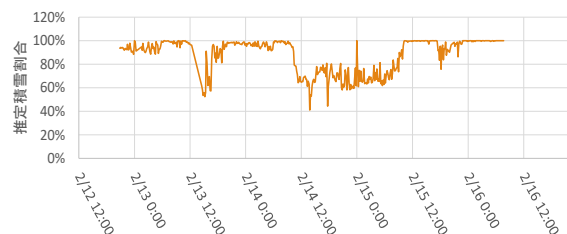


図-4 積雪予想区グラフ

■カメラ画像に対する推定結果

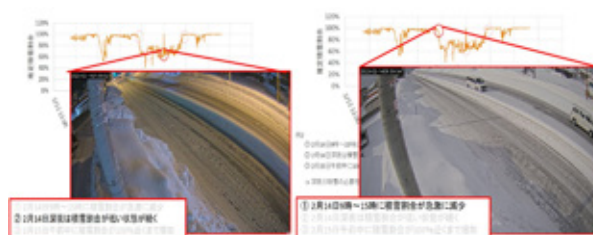


図-5 ネットワークカメラ画像

(2) 凍結防止剤散布出動判断支援

本技術は、パトロール時に取得する小型・軽量の車載カメラ映像と GNSS 位置情報を組み合わせ（図-6 参照）、エッジAIによりポットホールやクラックなどの道路損傷をリアルタイムに自動検知・評価するものである。これらの損傷部は、降雪や融雪水が流入しやすく、夜間の気温低下によ

って局所的な凍結を引き起こす主要因となる。

検出された損傷データは、損傷度に応じたピンとして地理情報システム（GIS）上に自動マッピングされ、路面の危険箇所を俯瞰的に把握できる。これにより、凍結の原因となる損傷部を事前に特定し、早期補修や凍結防止剤散布などの凍結防止対策を迅速かつ合理的に判断できるため、豪雪地域における凍結事故の未然防止と散布作業の効率化に大きく寄与する。

■車載測定車



図-6 市販のWEBカメラとGNSSを取り付けた測定車両

車載カメラ映像およびGNSS位置情報を用い、エッジAI（One-Class SVM）により路面の正常・非正常状態（ポットホール、段差、落下物、樹木等）を即時に判定する仕組みを構築した。

■判定

各パッチに対して正常か否かの判定を行い、正常ではないと判定されると赤枠に重畳される（図-7参照）。

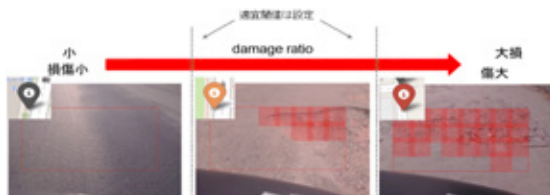


図-7 路面損傷度レベル

■モニタリング

リアルタイムに地図上に損傷部がピン表示される画面（図-8参照）は、通信回線を経由し遠隔でもモニタリング行うことが出来る。

判定結果は損傷度に応じてGIS上にピンとして表示し、路面異常を俯瞰的に把握できるようにした。



図-8 路面損傷度マップ

■CSV出力情報

損傷部の位置（緯度・経度）、損傷状態（damage ratio、補修材量）などの表示とともにcsvファイルに記録・帳票出力（図-9参照）が出来る。

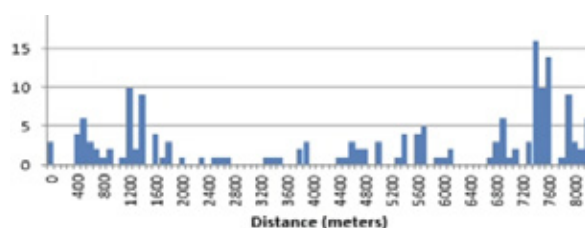


図-9 距離別ポットホールのヒストグラム

(3) 写真計測による排雪量算定支援

本技術は、車両に搭載したカメラで取得した走行動画を、SfM/MVSにより三次元点群として再構築（図-10、11参照）、夏期の基準地形と冬期の積雪地形の点群差分を比較することで、路肩の堆雪量を自動的かつ省力的に算定する仕組みである（図-12、13参照）。これにより、従来手作業で行われていた堆雪量の計測を効率化し、豪雪地域における排雪判断の高度化と作業負荷の軽減を実現している。

■撮影機材/方法の違いによるモデル精度の検証



図-10 3次元点群化と積雪量算定の自動化

■コントラスト処理の検討

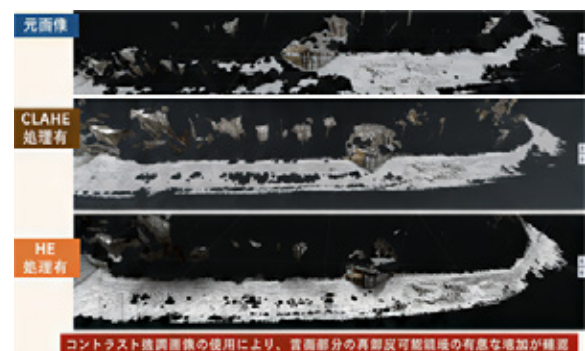


図-11 コントラスト処理方法による生成モデルの違い

■ 3次元モデルの作成検証



図-12 冬期計測点群

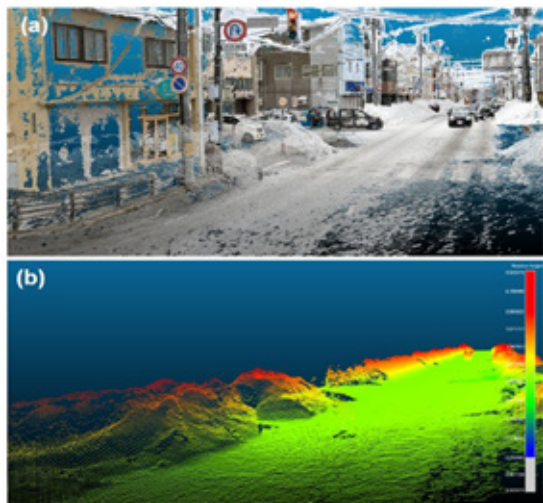


図-13 夏冬点群高さ差分による堆雪高さマップ

(4) 写真計測による過積載判定支援

従来、ダンプの過積載判定は、4～5人の作業者が雪山に上がり、ポール測量で積載体積を計測する必要があり、安全面のリスクと大きな人員負担が課題となっていた。

本技術は、5mポールに取り付けたアクションカメラでダンプ周囲を一人で歩きながら撮影し（図-14参照）、その映像を本社へ送信して三次元的に解析することで、積載量を自動算定する仕組みである（図-15参照）。これにより、危険を伴う荷台への乗り込み作業を不要とし、安全性を大幅に向上させるとともに、従来5人で行っていた作業を1人で完結できるため、過積載判定の大幅な省人化と効率化を実現している。



図-14 積載量の測定作業



図-15 積載量の測定結果帳票例

(5) 改善効果

除雪作業として排雪作業は、作業前に排雪量の報告と承諾をもって作業を進めることから、測定の迅速性が必要になる。本試行では、点群活用により作業人員と作業時間の削減効果を測定している（表-2参照）。

表-2 除雪作業と積載量測定の削減量

項目	改善項目	従来 測量	写真 計測	改善 効果
排雪量 測定	作業人員 (ポール測量)	5名	1名	80%
	測定時間	330分	60分	89%
	計算・書類作成	330分	60分	89%
積載量 測定	作業人員 (敷均・平坦化)	4名	1名	75%
	測量・撮影時間	60分	3分	95%
	計算・書類作成	30分	10分	67%

5. 人間拡張技術

人間拡張技術は、単なる作業効率の向上にとどまらず、高齢作業者の安全確保、身体的・認知的負担の軽減、そして技能継承の促進を目的として設計された支援技術体系（表-3参照）である。作業者が持つ経験や判断力を最大限に生かしながら、その不足部分を技術で補完することで、誰もが安全に、無理なく、継続して活躍できる作業環境を実現する。

表-3 人間拡張技術の構成

拡張機能	設備	目的
身体拡張	PAS	身体負担の低減
技能判断拡張	VR（没入型）	危険体験学習
認知拡張	新ヒヤリGJ	予兆の可視化
生理拡張	水素吸引イス	疲労・ストレス回復
状態認識拡張	バイタルセンサ	生体状態の把握

(1) アシストスーツの概要と適用可能性

アシストスーツは、腰・肩・下肢などにかかる負荷を軽減するための装着型支援機器であり、内蔵された補助機構が筋力をサポートすることで、作業時の身体的負担を大幅に減らすことができる。重量物の持ち上げ（図-16参照）や前傾姿勢を伴う作業（図-17参照）では、特に腰部への負荷を効果的に低減し、安全性と作業継続性を高める。

実際の重作業（100時間以上）での運用では、作業効率が約20%向上するなど、負担軽減と生産性向上の両面で高い効果が確認されており（表-4参照）、高齢作業者が無理なく作業を続けられる環境づくりに寄与する技術である。



図-16 昇降作業



図-17 中腰作業

表-4 PASによる作業時間削減率

年齢層	削減率
全年齢平均	19.2%
60歳以上	21.4%
20歳～39歳	15.4%

※100時間以上現場試行

(2) VRカメラ：認知レジリエンスの強化

VRカメラは、360度視界を記録し死角や危険箇所を把握しやすくする技術（図-18参照）である。

■効果

- 危険箇所を事前に確認でき、事故を防ぎやすい
- 若手が熟練者の視界を学べ、技能習得が早まる
- 作業前のリスク評価精度向上



図-18 VRカメラとリスク評価

(3) 新ヒヤリハット・グッドジョブ報告：状況把握レジリエンスの強化

ヒヤリハット・グッドジョブ報告は、従来の「ヒヤリハット（危険に気づいた場面）」に加えて、良い判断や安全につながる行動（グッドジョブ）も記録・共有する仕組み（図-19参照）である。危険の兆候だけでなく、適切な対応や優れた判断

を組織全体で共有することで、安全行動を学び合う文化を育てることを目的としている。

■効果

- 危険兆候の早期共有により、事故を未然に防止できる。
- 熟練者の判断・行動が知識として蓄積され、技能継承が進む。
- 情報共有により、作業員間の判断のばらつきが減り、安全レベルが均質化する。

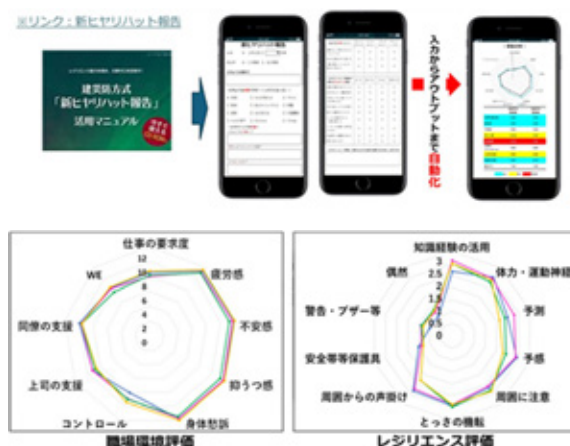


図-19 レジリエンス評価

(4) 水素吸引イス：回復レジリエンス向上

水素吸引イスは、休憩中に水素を吸入して疲労回復を促し、休憩の質を高める支援機器である。水素には、酸化ストレスの軽減に加え、心拍変動のLH/FH成分を低減して自律神経の負荷を和らげる作用が期待されている（図-20参照）。これにより、筋肉のこわばりやだるさの軽減、気分の安定、集中力の回復につながる。

除雪作業のように負荷が蓄積しやすい現場では、短時間の休憩でも効率的な疲労回復が重要であり、水素吸引イスは座るだけで簡単に回復を促せるため、高齢作業者の安全性向上と作業継続力の確保に寄与する。



図-20 水素吸引ストレス低減効果

(5) バイタルセンサ：予兆検知レジリエンス強化

心拍・体温・ストレスという身体の状態を、リアルタイムに連続して計測し、変化をその場で把握できるバイタルモニタリング技術である（図－21参照）。これにより、作業中の負荷や体調の変化を早期に捉え、安全管理や疲労評価に活用できる。

■効果

- 熱中症や疲労の兆候を早期に察知
- 休憩や配置を最適化し、安全性と効率が向上
- データに基づく判断で組織の精度が高まる



図－21 バイタルセンサとバイタル測定

6. まとめ

本取組は、豪雪・高齢化・人口減少が同時進行する地域社会において、経験を有する高齢作業者が安全に力を発揮し続けられる環境を整備し、除雪現場の安全性・効率性を飛躍的に向上させた点で、次世代の除雪モデルとして高く評価できる。とりわけ、人間中心型DXの理念に基づき、作業者の身体的負荷や認知的負担を軽減しつつ、技能継承を確実に支える仕組みを構築したことは、担い手不足が深刻化する豪雪地域において極めて実効性の高いアプローチである。

また、本モデルは、単なる技術導入に留まらず、現場の安全文化そのものを再設計し、作業者が安心して働ける持続可能な除雪体制を実現した点に大きな特徴がある。こうした総合的な成果が高く評価され、第9回インフラメンテナンス大賞において内閣総理大臣賞の受賞（写真－2参照）につながった。



写真－2 インフラメンテナンス大賞受賞式



写真－3 インフラメンテナンス大賞
内閣総理大臣賞受賞

これらの成果は、豪雪地域が抱える構造的課題に対して、現場に根差した実効性の高い解決策を提示したものであり、その社会的意義は極めて大きい。今後、本モデルが全国のインフラ維持管理へと展開されることで、地域の安全・安心を支える新たなスタンダードとして広く普及していくことが期待される。

7. 最後に

本成果の一部は、SBIR フェーズ3 基金事業(国土交通省・第一分野)の採択事業として、補助を受けて実施したものです。関係各位に深く感謝申し上げます。

また、本取り組みの推進にあたり、立命館大学総合科学技術研究機構 建山和由教授より人間中心型DXに関する総合的なご指導を賜りました。また、道内での展開に向けた道筋を示していただいた旭川市立大学 三上隆学長、一般社団法人北海道産学官研究フォーラム 藤原達也副理事長に深く感謝申し上げます。

さらに、リーン型省人化技術の検討に際し、北海道大学大学院情報科学研究院 金井理特任教員、北海道大学情報基盤センター 山下倫央特任教授、北海道大学大学院情報科学研究院 横山想一郎助教、北海道大学大学院工学研究院 高橋翔准教授より多大なご助言とご協力をいただきました。

加えて、人間拡張技術に関して横浜市立大学医学部 朽久保修名誉教授より貴重なご指導を賜り、一般社団法人仮設工業会 本山謙治技術審議役には多方面にわたりご支援いただきました。

ここに記し、皆様からのご厚情とご支援に深く感謝申し上げます。

執筆者

株式会社堀口組 常務執行役員 湯浅 勝典
株式会社環境風土テクノ 取締役 須田 清隆
株式会社建設IoT研究所 技師長 柳瀬 ひろし

新 入 会 員 紹 介

(入会順)



株式 河面組
会社

所在地 本 社 〒099-4113 斜里郡斜里町本町16番地1

電 話 0152-23-3171 F A X 0152-22-2045

北見営業所 〒090-0068 北見市美山町南9丁目38-11

電 話 0157-33-3251 F A X 0157-33-3252

代表者 代表取締役 坂居 幸弘 URL <https://koumogumi.co.jp>

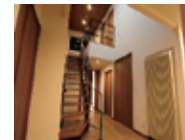
弊社は北海道の東、北見・知床を拠点とし、土木事業は道路、橋梁、河川、農地などの公共工事を中心にオーホーツク沿岸全般を網羅し、建築事業は地域密着型にて一般向けの注文住宅、リフォーム、大手ホテルの大型改装などを請負、年間を通しての維持工事としては北海道旅客鉄道株における線路全般の維持や北電エコエナジー(株)の水力発電所の維持管理を任せ行っております。

《建設業許可》

北海道知事 特4才470号 建築工事業・土木工事業・とび土木工事業・水道施設工事業・塗装工事業・造園工事業

《事業内容》

- ・土木 道路・橋・港湾・河川・農業基盤整備などの公共事業や、一般向けの宅地造成など
- ・建築 一般向けの注文住宅・企画住宅・リフォームや、店舗・アパート・倉庫・工場・造園など



《登録認証》

ISO9001:2015・ISO14001:2015 (共に土木建設工事)



ユースエール登録認証 取得



株式会社テクノレンタル

所在地 〒004-0069 札幌市厚別区厚別町山本1063番422

代表者 代表取締役 山上 和則 会社設立 1996年5月

電 話 011-894-2600 F A X 011-894-2577

URL <https://www.techno-co.jp/>

当社は、1996年に経験豊かなメンバーによって創設され、それ以来、お客様と共に成長してまいりました。会社名の「テクノ」は、最新の機械・技術(テクニク)とレンタルの経験や知識(ノウハウ、ノリッジメント)をお客様に提供(レンタル)し続けている会社でありたいとの思いで命名させて頂きました。

また、2026年に従来のICT施工への取組を更に強化する為にICT事業部を社内に発足。

ICT技術を用いた商材でお客様の生産性向上にお役に立てるように活動をしてまいります。

《拠点》

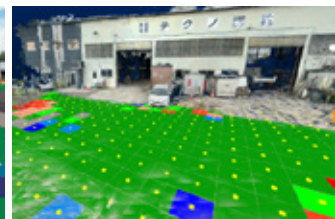
札幌営業所：札幌市厚別区厚別山本1063番地422

帯広営業所：帯広市西22条北1丁目4番地8号

旭川営業所：旭川市永山北2条12丁目19番地10

栗山営業所：夕張郡栗山町字湯地72番地4

芽室西土狩ハウスセンター：河西郡芽室町西土狩北4線28-21



支部（上半期）主要行事

[4月]

・第1回企画部会

4月21日(火)：ANAクラウンプラザホテル札幌 23階 白樺

・第1回運営委員会

4月24日(金)：ANAクラウンプラザホテル札幌 24階 白楊

[5月]

・第15回支部通常総会

5月19日(火) ANAクラウンプラザホテル札幌 3階 鳳



第15回支部通常総会 柳屋支部長挨拶



北海道開発局 遠藤局長 来賓挨拶



支部団体会員 感謝状贈呈式
(本部 岩見理事より)

・支部団体会員・支部役員 感謝状贈呈式



※表彰団体会員、支部役員は、次頁参照

〈団体会員 18社（敬称略）〉

- ・ 会員期間60年：秋津道路(株)、NX機工(株)、日本キャタピラー(同)北海道地区、日本道路(株)北海道支店
- ・ 会員期間50年：サッポロ機工サービス(株)
- ・ 会員期間40年：植村建設(株)、(株)荏原製作所北海道支社、(株)電業社機械製作所北海道支店、東亜道路工業(株)北海道支社、(株)西島製作所札幌支店、中定建設工業(株)、北央道路工業(株)、北方建設産業(株)
- ・ 会員期間30年：(株)総北海、(一財)北海道道路管理技術センター
- ・ 会員期間20年：茅沼建設工業(株)、大善建設(株)、豊浦建設工業(株)

〈支部役員；本部会長表彰 1名（敬称略）〉

- ・ 運営委員：丸山 雄司

〈支部役員；支部長表彰 4名（敬称略）〉

- ・ 運営委員：石川 博之、八柳 壽修
- ・ 企画部会委員（前調査部会副部会長）：堺 実、企画部会委員（企画部会副部会長）：中山 克己

・ 建設機械優良運転員・整備員の表彰（総会終了後）



建設機械優良運転員・整備員



受賞を記念した「バッジ」

〈建設機械優良運転員 16名（敬称略）〉

長崎 裕	(株)伊藤工業	石川 一輝	道路建設(株)
長谷川秀保	栗林機工(株)	瀬沼 慎也	道路工業(株)
斎藤 一男	清水開発工業(株)	鈴木 秀朋	中定建設工業(株)
奥山 良弘	新谷建設(株)	松藤 健太	(株)道北舗道 (株)NIPPO北海道支店)
野口 恭則	(株)相互建設	工藤 三明	日本道路(株)北海道支店
中本 和基	大善建設(株)	飯村 慎二	(株)橋本川島コーポレーション
横井 艶郁	大東工業(株)	徳永 勇太	北央道路工業(株)北空知営業所
村田 祐樹	大同舗道(株)	小山 憲一	大和谷工業(株)

〈建設機械優良整備員 9名（敬称略）〉

加藤 和彦	(株)協和機械製作所	桑島 直樹	NX機工(株)
上野 拓也	一二三北路(株)	浅岡 和彦	北海道川崎建機(株)
澤田 昌樹	日本キャタピラー(同) 苫小牧営業所	吉田 寛雪	(株)アクティオ北海道支社
富田 健護	コマツカスタマーサポート(株) 北海道カンパニー	菊地 哲也	(株)カナモト 滝川営業所
		乾 慎一	北海産業(株)

・ 講演会



〈講師、演題〉

北海道大学 大学院工学研究院
教授・博士（土木工学）
岸 邦宏 氏

「運搬排雪体制は今後も持続可能か？」

・外国人技能実習評価試験(定期試験 1 回目)

5月21日(木)、22日(金)

札幌市(キャタピラー教習所(株))

受検者 初級 64名、
専門級 24名、上級 0名



外国人技能実習評価試験(1回目)(左:学科試験、右:実技試験)

[6月]

・請負工事機械経費積算に関する講習会(札幌市)

6月3日(水) 北海道経済センター、受講者 85名

【講習内容】①令和8年度土木工事標準歩掛等の改定概要

②建設機械等損料の基本と改定

③建設機械等損料(北海道補正版)の使い方

④施工パッケージ型積算方式

⑤一般土木請負工事の機械経費積算例

⑥道路維持請負工事の機械経費積算例



請負工事機械経費積算に関する講習会

・外国人技能実習評価試験(定期試験 2 回目)

6月9日(火) 当別町(株岩崎 当別テストフィールド)

受検者 初級0名、専門級8名、上級0名

・建設技術担い手育成プロジェクト(出前授業)

苫小牧工業高等専門学校

(創造工学科(都市・環境系)4年生 32名)

6月17日(水)

【座学】①ICTを活用した建設技術

②国土交通省・北海道開発局が挑む!

最先端ICT技術で変わるインフラの未来

③ICT施工事例A(MR(複合技術))

④女性技術者から見たICTの魅力と現実(施工事例B)

⑤ICT遠隔操作機械の概要



ICTを活用した建設技術(座学)
〔協力:サイテックジャパン(株)〕



ICT施工事例A(MR(複合技術))
〔協力:伊藤組土建(株)〕



女性技術者から見たICTの魅力と現実
(施工事例B)〔協力:一二三北路(株)〕



ICT遠隔操作機械の概要
〔協力:株アクティオ北海道支社〕

・建設機械施工管理技術検定 第一次検定、第二次検定(筆記)

実施日:6月21日(日)

試験会場:1級 札幌市(北海道経済センター)

2級 北広島市(星槎道都大学)

受検者:1級(第一次検定)266名、(第二次検定(筆記))52名

2級(第一次検定)526名(延618名)

(第二次検定(筆記))339名

2級(択一式種別)

第1種:111名、第2種:446名、第3種:11名、

第4種:37名、第5種:11名、第6種:2名



1級試験会場
(北海道経済センター)

- ・外国人技能実習評価試験(定期試験 3 回目)
6 月 23 日(火)～25 日(木) 札幌市 (キャタピラー教習所(株))
受検者 初級34名、専門級51名、上級 1 名
- ・除雪機械技術講習会 (1 回目)
6 月 26 日(金) 札幌A、北海道経済センター、受講者 102人

[7 月]

- ・除雪機械技術講習会 (2 回目)
7 月 3 日(金) 旭川、道北経済センター、受講者 197人



除雪機械技術講習会 (札幌 A 会場)



除雪機械技術講習会 (旭川会場)

- ・インフラDX・ICT施工推進連絡会
7 月 6 日(月) かでの 2・7 道民活動センター
出席者 40名

【次第】

- ①インフラDX・i-Constructionに関する情報連絡
北海道開発局、北海道、札幌市、JCMA
- ②令和 7 年度インフラDX・ICT施工推進連絡会活動報告
- ③令和 8 年度インフラDX・
ICT施工推進連絡会事務局体制(案)
- ④令和 8 年度インフラDX・ICT施工推進連絡会活動計画(案)
- ⑤その他



インフラDX・ICT施工推進連絡会

- ・建設技術担い手育成プロジェクト(出前授業)
苫小牧工業高等専門学校
(創造工学科(都市・環境系) 4 年生 32名)

7 月 15 日(水) 【実習】

- ①ICT建設機械 (3 DMCバックホウ) への搭乗体験
- ② 3 次元レーザースキャナ(モバイル)を利用した計測体験
- ③建設VR体験
- ④UAV (ドローン) 操作体験



ICT建設機械(3DMCバックホウ)搭乗体験
〔協力：ニシオレントオール北海道〕



3Dレーザースキャナ(モバイル)
計測体験〔協力：(株)岩崎〕



建設VR体験
〔協力：福井コンピュータ(株)札幌オフィス〕



UAV (ドローン) 操作体験
〔ケイセイマサキ建設(株)〕
※ 赤○は、ドローン

- ・外国人技能実習評価試験(定期試験 4 回目)
7月22日(水)、23日(木) 札幌市(キャタピラー教習所(株))
受検者 初級23名、専門級22名、上級 9 名

[8月]

- ・外国人技能実習評価試験(定期試験 5 回目)
8月20日(木)、21日(金) 札幌市(キャタピラー教習所(株))
受検者 初級16名、専門級27名、上級 4 名

[9月]

- ・建設機械施工技術検定実地試験
9月1日(火)～9月4日(金) 千歳市
(株)アクティオ 千歳テクノパーク統括工場/株共成レンテム)
受検者：1級42名・(延63名)、2級325名・(延366名)

種別の受検者数

	第1種	第2種	第3種	第4種	第5種	計
1級	26	24		13		63
2級	59	302		5		366

- ・除雪機械技術講習会(3回目)
9月11日(金) 小樽、小樽経済センター、受講者 90人
- ・外国人技能実習評価試験(定期試験 6 回目)
9月14日(月)～16日(水) 札幌市(キャタピラー教習所(株))
受検者 初級35名、専門級39名、上級 0 名
- ・除雪機械技術講習会(4回目)【WEB講習】
9月29日(火) 受講者256人



建設機械施工管理技術検定実地試験



外国人技能実習評価試験(6回目)

編集後記

本年も全国各地で地震や大雨、台風などの自然災害が各地で発生し、防災・減災とインフラ整備・維持管理の重要性を改めて認識する年となっています。

近年、建設分野では、i-ConstructionやICT施工StageⅡ、BIM/CIMなど、さまざまな新たな取組や技術が進められています。これらの名称は簡潔で共有しやすい一方、名称だけでは、従来の取組との違いや具体的な目的が伝わりにくい場合もあります。

施策や新技術は、その目的と効果が関係者に理解され、現場で活用されてこそ成果につながります。情報の受け取り方が多様化する中、従来の広報手法に加え、対象に応じて説明の内容や媒体を工夫し、専門用語をできる限り平易に伝えることが重要です。

その点で、JCMA北海道支部では、講習会や会員間の情報共有、広報活動を通じて、技術情報の普及や関係者間の橋渡しに取り組まれており、そうした活動は建設業界における情報共有の一助となっているものと感じます。本誌「支部だより」も、建設施工を取り巻く技術や取組を共有する場として活用されているところです。

本号では、寒地土木研究所から「電流情報診断技術を活用した河川用ゲート設備開閉装置の状態監視について」、株式会社堀口組から「第9回インフラメンテナンス大賞の受賞紹介」をご寄稿いただきました。また、株式会社河面組及び株式会社テクノレンタルから、新入会員紹介をお寄せいただきました。ご多忙の中、ご寄稿いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。

今後も本誌が、建設業界の技術や取組への理解を深め、会員の皆様の情報交流に役立つことを願っております。

北海道支部 広報部会相談役 林