

支持層傾斜地盤への既製杭施工と厳冬豪雪地でのコンクリート打設

Construction of Precast Pile on Sloping Bearing Stratum and Casting of Concrete in Severe Winter Snow Area

岡田 伸之*

杉山 拓*

Nobuyuki Okada

Taku Sugiyama

中桐 秀雄**

Hideo Nakagiri

要 約

本稿は、浄水場建設において、支持層傾斜地盤への既製杭施工と寒冷地でのコンクリート打設についてまとめたものある。既製杭施工は、工程遅延の要因となる杭長の変更に伴う建築確認申請変更協議と杭頭補強筋設置について検討し、①追加調査ボーリングと3次元CADの活用で杭長変更なく施工したこと、②EPSを杭内部に設置した状態で既製杭施工したことにより、工程遅延せず施工することができた。コンクリート打設については、冬季期間の養生上屋、給熱養生について詳細な検討を行い、適切にコンクリートの品質管理することができた。温度ひび割れ対策として、ひび割れ誘発目地と水槽部の下部にハイパーネットを設置してひび割れ抑制に努めたが、幅0.2mm以上のひび割れが発生したため、ひび割れ補修を実施している。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 既製杭施工について
- § 4. コンクリート打設について
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

本工事は、北海道石狩郡当別町にある当別浄水場地内において、札幌市へ浄水を配水するための浄水処理施設新設工事である（図一1）。当別町は北海道の日本海側に位置し、山々に囲まれた立地で降雪量が多く、特別豪雪地域に指定されており、年間降雪量は600cmを超える。最低気温は -20°C まで下がり、1～2月の日平均気温は -5°C ほどになる。本稿では、浄水処理施設建設にあたり、支持層傾斜地盤への既製杭施工と冬季期間の躯体構築における寒中コンクリートについての課題と工夫をまとめたものである。

§ 2. 工事概要

2-1 工事概要

工 事 名：創設事業の内 浄水施設 生活基盤耐震化等
交付金事業 第2期当別浄水場 浄水処理施設新設工事

発 注 者：石狩西部広域水道企業団

請 負 者：西松・日栄特定建設工事共同企業体

工事場所：北海道石狩郡当別町字青山 2304 番地 8

工事内容：建築面積：4595.58 m^2 、延床面積：8,111.05 m^2
（地上1階、地下2階）（図一2、3）、
土木工事（本体作業土工、本体築造工
基礎杭 339 本、鉄筋コンクリート 18,367 m^3 、他）、
建築工事（鉄筋コンクリート 2,744 m^3 、他）、
建築電気工事、建築機械工事 一式



図一1 事業概要¹⁾

* 北日本（支）当別浄水場（出）

** 土木設計部

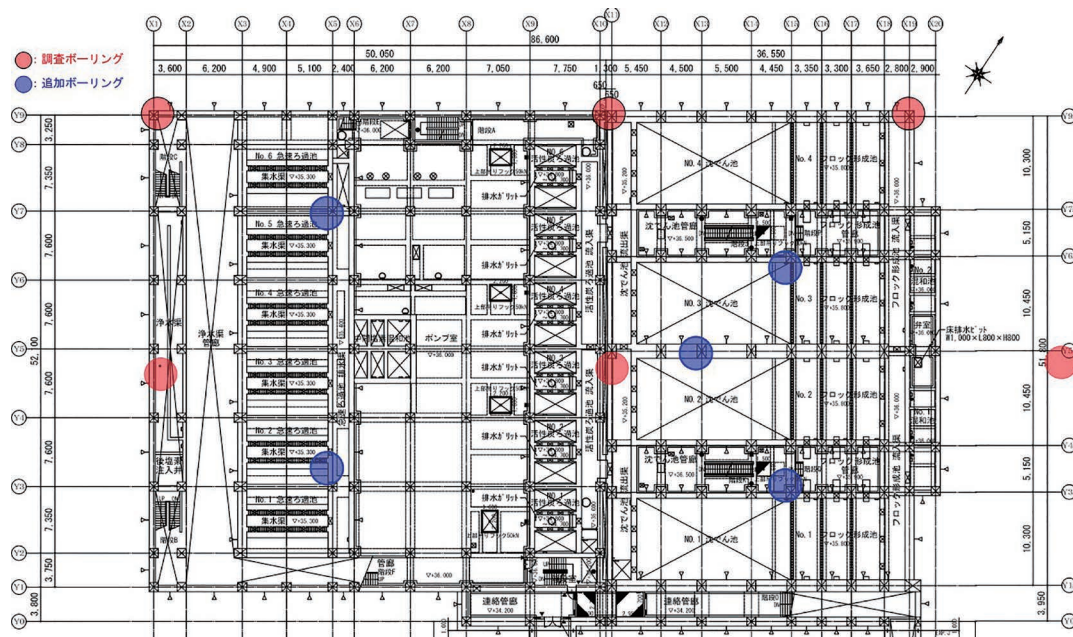


図-2 平面図

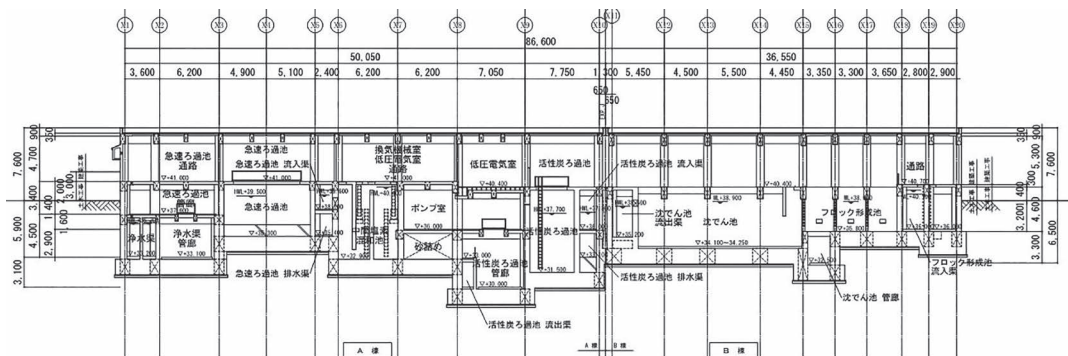


図-3 断面図 (Y5通り)

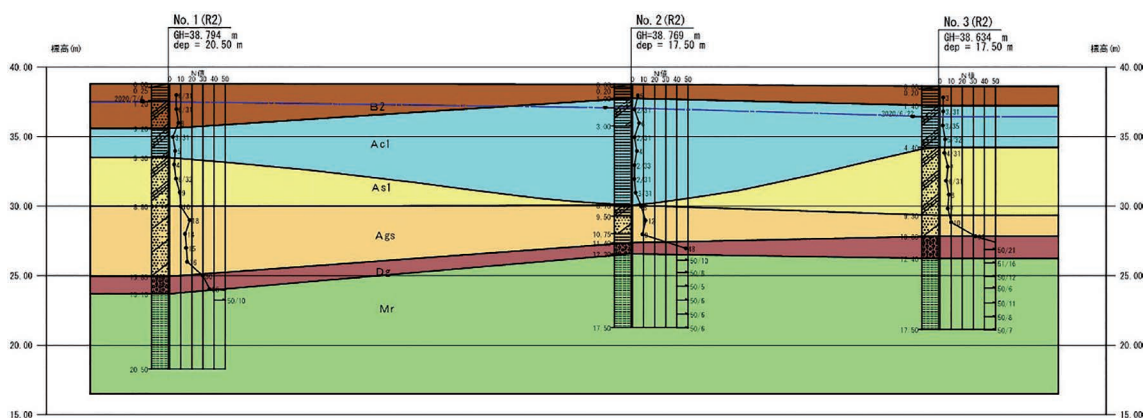


図-4 地質横断面図 (Y9通り)

2-2 地形・地質概要

既往のボーリング調査から、地下水位は現地盤より1.5mに位置し、地質は上位よりN値6程度の盛土(B2)、N値3程度の沖積粘性土層(Ac1)、N値7程度の砂質土層(As1、Ags)、N値35程度の洪積礫質土層(Dg)、N値50程度の望来層泥岩層(Mr)である。支持地盤は泥岩層で東から西へ高低差3mほど傾斜していることを確認した(図-4)。

§3. 既製杭施工について

3-1 課題

当該工事においては、主に下記3つの課題に対して対応する必要があった。

(1) 建築確認申請

申請図面に対して杭長変更が生じた場合は、建築確認申請の変更が必要であり、協議期間(約3か月程度)に

においては施工不可能となり、工程遅延の要因となる。

(2) 杭の高止まり

当該既製杭は上杭（SC 杭）と下杭（PHC 杭）の仕様
が変化しており（杭の段落とし）、断面力の大きい深度ま
では剛性が高い上杭を設置する必要がある。支持層が想
定以上に高いレベルに存在した場合、杭の高止まりが生
じて上杭をカットオフするため、上杭を所定の深度まで
配置できなくなる可能性があり、杭体の構造が問題とな
る。

(3) 杭頭補強鉄筋の建込み

プレボーリング工法（セメントミルク充填）において
は、杭内部に杭頭補強鉄筋を建込む際に、杭内部にセメ
ントミルクが充満して固化した状態となるため、杭内部
の掘削が困難となり、工程遅延の要因となる（図－5）。

3-2 対応

(1) 建築確認申請

既往ボーリング調査より推定した支持層への基礎杭の
根入れ長を確認した（図－6）。根入れ長が浅い 1.0 m～
1.2 m の箇所を抽出し、推定支持層が不明瞭な位置にお
いて追加ボーリング 5 か所を実施した。調査の結果、そ
れぞれ推定支持層よりも 0.35 m～1.2 m 高い位置で支
持層は存在し、3 次元 CAD を用いて杭長と支持層の関係

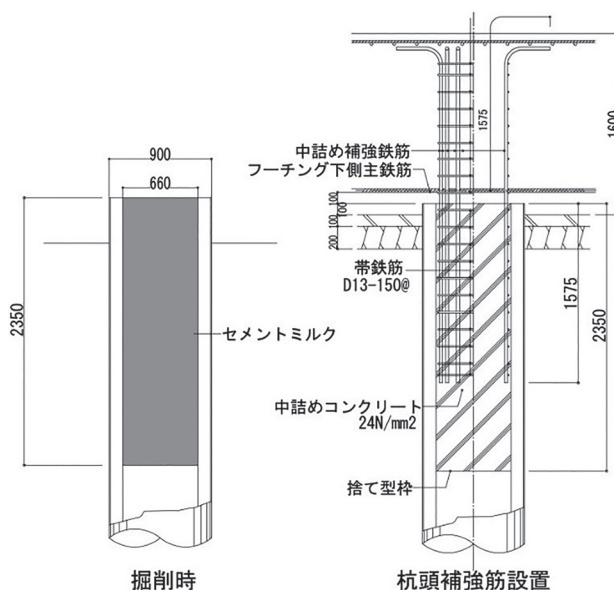
を確認した。杭の根入れ長は設計杭長で満足しており、建
築確認申請の変更をせずに施工することができた。

(2) 杭の高止まり

上杭の SC 杭を 1 m 長く製作し、高止まりした場合に
も上杭が所定の深度まで存在することを検討したが、建
築確認申請変更の打合せが長期化する懸念があったため、
杭長を変更せず施工を行い、所定の深度まで掘削を行う
こととした。施工中は杭打ち機による掘削が困難な箇所
が出てきたため、BG 機により支持層直前までの障害物を
撤去した。支持層の確認としては、杭打ち機掘削時の
積分電流値の波形より支持層へ到達していることを全数
確認した。

(3) 杭頭補強鉄筋の建込み

杭頭補強筋設置は最大で杭内径 660 mm を 2.35 m 掘



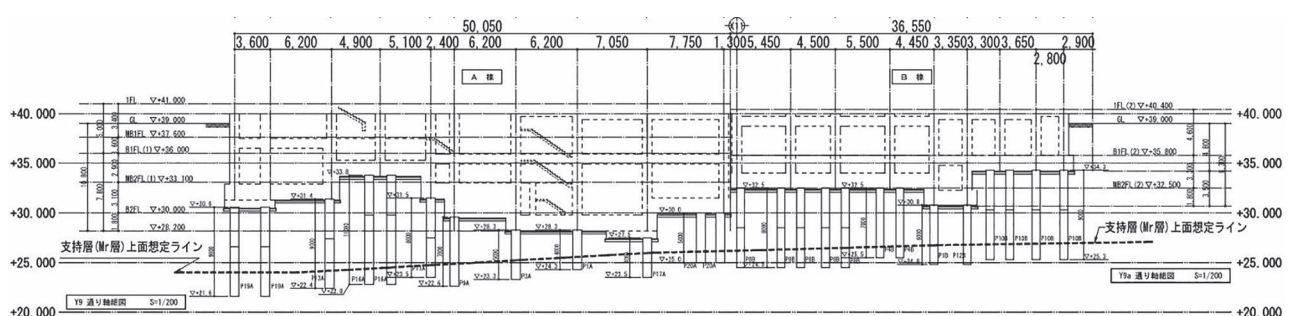
図－5 杭頭補強鉄筋設置図



写真－1 EPS 設置状況



写真－2 杭内部掘削状況



図－6 基礎杭と想定支持層の関係（Y9 通り）

削する必要があった。まずは、建築工事で使用される杭頭補強工法で杭内部を掘削する必要のない工法を検討したが、今回の建築確認申請の関係で、打合せが長期化する懸念があったため、杭内部の掘削を軽減する方法や早期に掘削に着手することを検討し、杭内部にEPSを設置した状態で基礎杭を打設し、セメントミルクの掘削量を減らす方法を実施した。

EPSの形は円柱形と四角形の2種類で施工し（写真－1）、杭内部の掘削については、バックホウにオーガーのアタッチメントを取付け、掘削を実施した（写真－2）。オーガーで掘削できない部分については、人力斫りで対応した。EPSは円柱形20本、四角形130本を設置した杭を打設し、円柱のEPSは加工費が高くなってしまった点で途中から加工が容易な四角形を使用した。EPSを設置した場合の方が設置していない場合より1.5倍の施工性が向上したが、セメントミルクとEPSを分別することが困難な状況となった。今後EPSを設置する場合は、現場の状況に合わせて設置本数を検討する必要がある。

§4. コンクリート打設について

4-1 課題

当該工事においては、主に下記2つの課題に対して対応する必要があった。

(1) 養生計画

当該工事は浄水場の供用開始時期が決められているため通年施工であり、冬季期間（12月～3月）もコンクリート打設を行うため、寒中コンクリートの品質を確保する必要があった。特記仕様書では、普通ポルトランドセメントの初期凍害に対する対策として、5℃以上の養生温度を9日間確保するように記載されており、詳細な養生計画を立案する必要があった（写真－3）。

(2) 温度ひび割れ対策

原設計においては、3次元温度応力解析を行い、外壁下端部（外部拘束）のひび割れ指数向上を目的として、ひび割れ誘発目地を柱間に1か所配置（3～8m間隔）配置する計画となっていた。温度応力解析結果の内容としては、ひび割れ指数は1.0以下であり、現状の配筋仕様ではひび割れ幅が0.2mm以上となる結果となっており（表－1、図－7）、原設計計算書のまとめには、「補強鉄筋を追加して全てのひび割れ幅を0.2mm以下とすることは、費用的に現実的ではないとし、ひび割れ誘発目地のみ対策を行い、ひび割れ幅を許容する」と記載されていた。このため、ひび割れ幅0.2mm以上が発生した場合の補修費に関して、発注者と協議する必要があった。

4-2 対応

(1) 養生計画

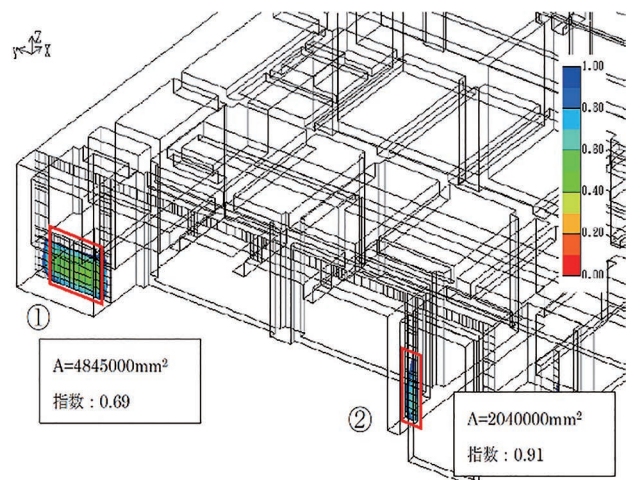
冬季期間の躯体構築にあたり、施工範囲に養生上屋を設置した（写真－4）。A棟の躯体寸法56m×50mに対



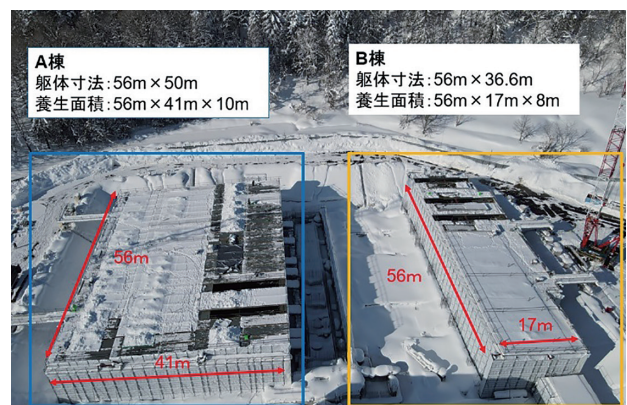
写真－3 冬季施工全景

表－1 ひび割れ指数とひび割れ幅のまとめ

		鉄筋径	本数	断面積 (mm ²)		鉄筋比 Fs/Fc	指数	ひび割れ幅 (mm)	判定
				鉄筋	コンクリート				
①	底盤 (上面)	D29	16	10278.4	4845000	0.42	0.69	0.304	NG
	底盤 (上面)	D29	16	10278.4					
②	壁面 (外側)	D16	17	3376.2	2040000	0.33	0.91	0.350	NG
	壁面 (内側)	D16	17	3376.2					
③-1	壁面 (外側)	D16	12	2383.2	2300000	0.21	0.99	0.571	NG
	壁面 (内側)	D16	12	2383.2					
③-2	壁面 (外側)	D16	17	3376.2	1762500	0.38	0.67	0.355	NG
	壁面 (内側)	D16	17	3376.2					
④	壁面 (外側)	D13	15	1900.5	1160000	0.33	0.70	0.425	NG
	壁面 (内側)	D13	15	1900.5					



図－7 温度応力解析結果（ひび割れ指数分布）



写真－4 養生上屋の全景



写真-5 養生上屋内の状況

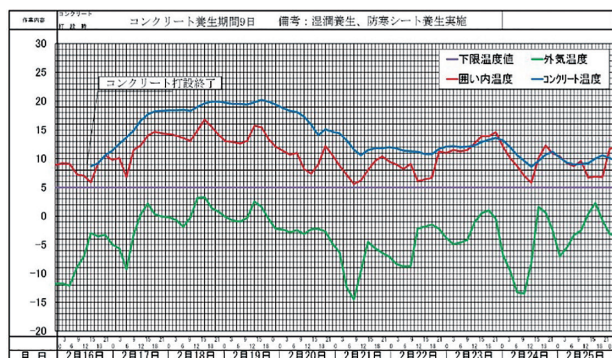


図-8 養生温度の測定値



写真-6 温風ヒーター設置状況



写真-8 ハイパーネット設置状況



写真-7 コンクリート温度計設置状況



写真-9 ひび割れ誘発目地設置状況

して、養生上屋 56 m×41 m、B 棟の躯体寸法 56 m×36.6 m に対して養生上屋 56 m×17 m と冬季期間施工する範囲に限定して養生上屋を設置した。養生上屋の高さについては、冬季期間の施工に合わせて A 棟 10 m、B 棟 8 m とした。養生上屋の構造は、四角支柱に H 鋼、山留材で屋根のパネルを受け、四角支柱をトラスビーム、単管で水平つなぎを取るような構造とし、外周は枠組み足場で構成した。

外周面はシートで養生し（写真-5）、コンクリートの打込み温度は 5～20℃とし、上屋内の給熱養生を行い、5℃を 9 日間保つようにすることとした。コンクリートの材料は約 40℃の温水で練り混ぜたものを使用し、現場では、打込み温度を 5℃～20℃で管理した。コンクリートの養

生は、事前に養生上屋の大きさから給熱養生に必要な温風ヒーターの台数を算出した。温風ヒーターは、A 棟 52 台、B 棟 27 台となり、躯体外周に配置し、給熱養生を行った（写真-6）。

外部の温度は上屋の外側に設置した気象観測機の温度を採用し、上屋内の温度管理は内部に温度計を設置して日々管理を行った。打設後のコンクリート温度管理は、躯体表面から 30 mm 下に温度計を設置した（写真-7）。各温度をまとめたグラフを示す（図-8）。外気温は最低 -14℃を示したが、上屋内部の温度とコンクリート表面の温度は 5℃以上を保つことができた。養生後のコンクリートには、凍害によるポップアウトやスケーリングは発生していないことが確認できた。

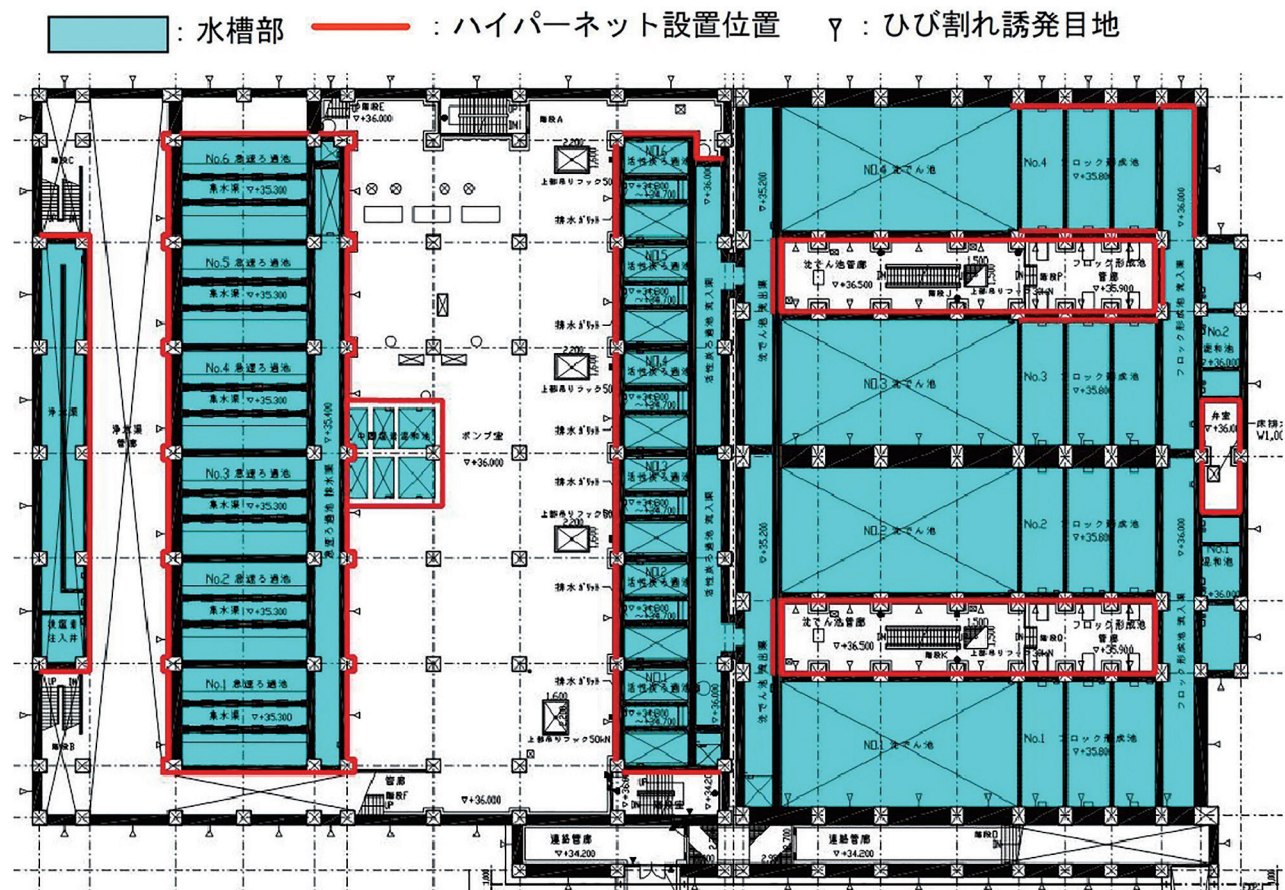


図-9 ひび割れ誘発目地、ハイパーネット設置位置図

(2) 温度ひび割れ対策

ひび割れ幅 0.2 mm 以上のひび割れが発生した時の補修費について事前に協議を進めた結果、構造物の健全性確保を目的に 0.2 mm 以上のひび割れ補修方法として、含浸材の塗布やひび割れ注入をする方針となった。設計変更ではない現場での自責のリスク対策として、浄水場の構造上、水を溜める水槽部と水を溜めない通路及び部屋として分類でき、漏水の観点からひび割れ抑制のために水槽部の壁面となるとところにハイパーネットを壁の下部のみ設置し、ひび割れ抑制に努めた(写真-8, 9, 図-9)。

2024 年 3 月現在、ひび割れ調査を実施している最中ではあるが、ひび割れ誘発目地を 3~8 m の間隔で設置したものの、誘発目地と誘発目地の間にひび割れが発生している状況を確認している。調査が完了したところから順次補修を実施している。

§ 5. おわりに

本工事は供用開始時期の関係から、特に工程管理が求

められており、特に課題となった既製杭施工と冬季期間のコンクリート打設について細部まで検討することで、工程遅延の要因となるリスクを減らすこととコンクリートの品質確保(凍害発生防止)をすることができた。現在、建築躯体の施工中であるため、今後も安全に工事が竣工できるように引き続き施工管理を十分に行う所存である。

謝辞. 本工事の施工にあたりご指導いただいた石狩西部広域水道企業団をはじめ、関係各位の皆様には厚く御礼申し上げますとともに、工事完了まで引き続きのご指導をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 石狩西部広域水道企業団：石狩西部広域水道企業団水道事業ビジョン，平成 30 年 3 月（令和 6 年 3 月改訂），https://www.ishikariseibu.or.jp/doc/vision_2024.pdf，（参照 2024-05-24）