

供用中の雨水ポンプ井内での耐震補強工の実績

前田建設工業(株) 正会員 ○福田 淳
正会員 佐藤 勲
東京都下水道局 日比野 義博
船本 悟史

1. はじめに

各地で大型地震の発生が懸念されているなか、各自治体でインフラの再整備が進められている。本工事の対象でもある雨水ポンプ所にも、昨今多発しているゲリラ雷雨による浸水対策という主要な役割があり、震災による機能停止は甚大な二次災害につながる可能性がある。

都心部の下水道施設では、設備機能の移設、代替用地の取得が難しいことから既存の施設を耐震補強する事例が多い。なかでも、ポンプ井には既設のゲートやメンテナンス用の角落しなど締切りを行う設備が無く、ポンプ設備を損傷しないよう、かつ安全に施工を行う必要がある。本稿では、施工実績の少ない供用中の雨水ポンプ井内での耐震補強の施工実績を報告する。

2. 工事概要

工 事 名：矢口ポンプ所耐震補強及び連絡渠整備工事

発 注 者：東京都下水道局

受 注 者：前田建設工業株式会社 東京土木支店

- 主要数量：
- ・鉄筋補強工（RMA）：9,531本
 - ・鉄筋補強工（SPA）：483本
 - ・コンクリート工：495m³
 - ・無収縮モルタル：67m³
 - ・型 枠：1,102m²（内、鋼製型枠：209m²）
 - ・鉄 筋：42t
 - ・あと施工アンカー（D13～25）：14,880本
 - ・可とう継手：39m
 - ・足場：1,171掛m² ・支保工：357空m³
 - ・清掃工：30,117m²
 - ・水替え：常時364日、作業時232日
 - ・機械設備本工事/電気設備本工事：1式

施設概要： 矢口ポンプ所は、昭和43年より稼働しているポンプ所であり、流入渠、沈砂池（4池）、ポンプ井の3つに区分される（図-1）。雨水ポンプ所のため、晴天時には水の流入は無いが、雨天時には大田区周辺流域の雨水が流入する。初期雨水の約2万m³は、隣接する雨水貯留池及び上流幹線に一次貯留され、晴天時に処理場に送水される。しかし、一次貯留量を超えると5台の雨水ポンプが段階的に稼働し、多摩川に強制排水する施設である（写真-1）。

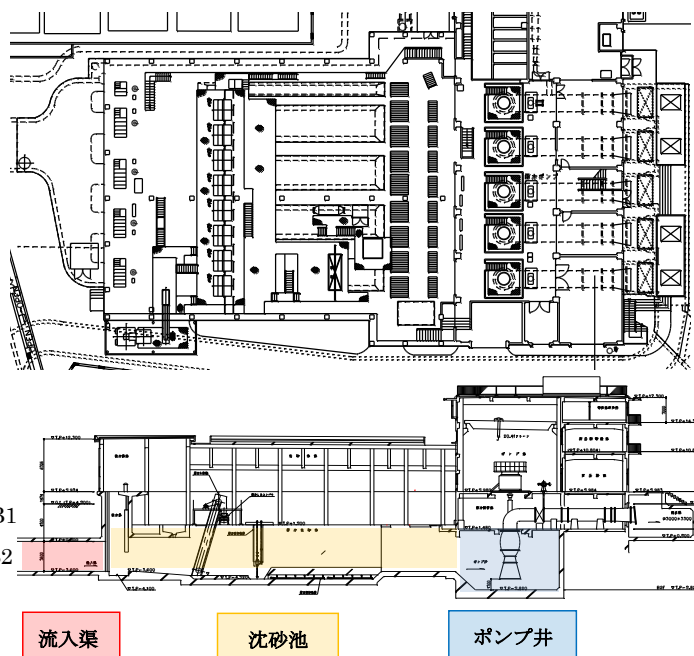


図-1 雨水ポンプ所概要図



写真-1 雨水ポンプ井

キーワード 雨水ポンプ井、耐震補強工、安全対策、無収縮グラウトコンクリート、気象情報

連絡先 〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 1-12-7 飯田橋センタービル TEL:03-3222-0826

3. 耐震補強工法の概要

各部位の耐震診断の結果より、梁、柱、壁のせん断補強はあと施工せん断補強鉄筋工、曲げ補強には鉄筋コンクリート増打補強工、せん断+曲げ補強にはあと施工せん断補強鉄筋工と鉄筋コンクリート増打補強工の併用及び耐震壁を場所打ちで新設することとなった（図-2）。

鉄筋補強工のうち、壁部にはRMA工法、梁・柱部にはスパイラルアンカー工法（SPA工法）を採用した。鉄筋補強工法が二種類に分類されているのは、設計時の建設技術審査証明の適用部位と経済性を考慮して選定したためである（図-3）。

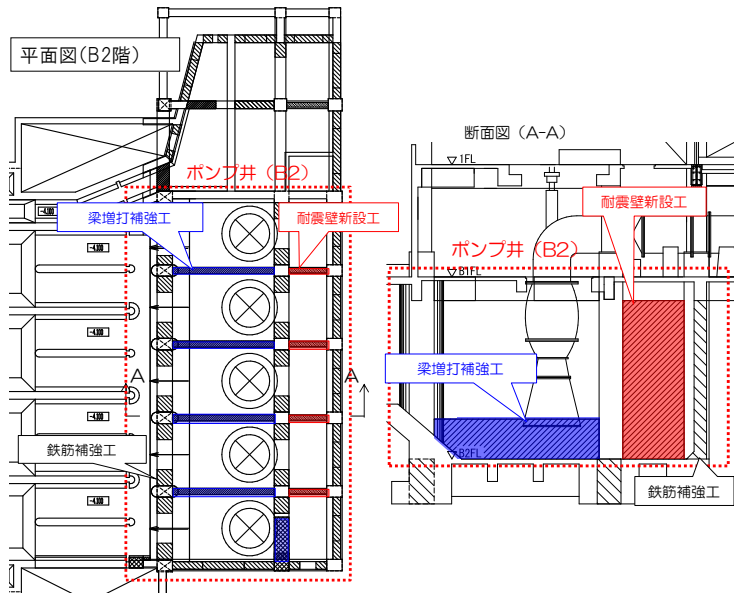


図-2 ポンプ井施工範囲図

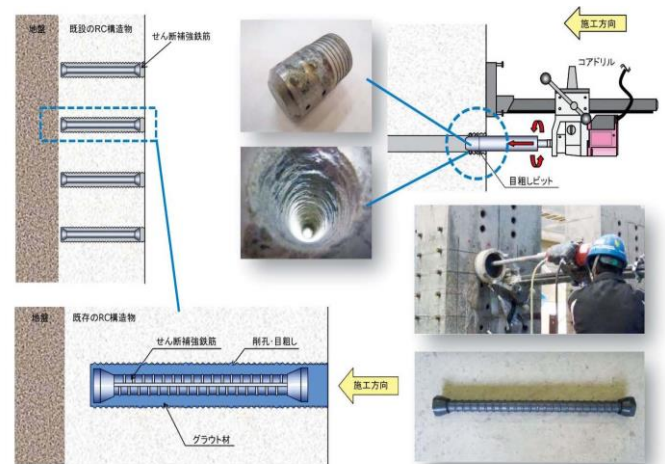


図-3 あと施工せん断補強概要（SPA工法）

4. 施工条件

ポンプ井には5台の斜流型ポンプ（吐出量 375m³/min）が設置されており、雨天時には水位上昇に合せて段階的に連動稼働するよう制御されている。沈砂池には、ろ格機や集砂設備等の機械設備が多数あり、当初よりメンテナンスのため、油圧ゲート、角落しで締切できる構造となっている。しかし、ポンプ井には締切できる設備が無いため、ポンプの連動運転に支障の無い方法で施工する必要があった。また、当工事は雨の少ない渇水期（11月～5月）かつ雨天時および大雨注意報等が発令された場合には施工が出来ない「一滴ルール」適用工事であり、契約工期では、2期（2渇水期）でポンプ井内の施工を行う計画であった。

しかし、稼働しているポンプ井内側での耐震補強の施工例はこれまでも少なく、施工標準や安全基準が定められていない状態である。人命が第一ではあるが、施工中に雨水ポンプを損傷させるようなことがあれば、震災に合わなくとも浸水被害が起こる可能性がある。事前の現地調査の結果を踏まえ、発注者の建設部門、維持管理部門と協議を重ねながら、人命と設備の機能を両方守れる施工方法を立案し、施工する必要があった。

- ① 降雨時の作業員の安全確保
- ② ポンプ施設の運転確保

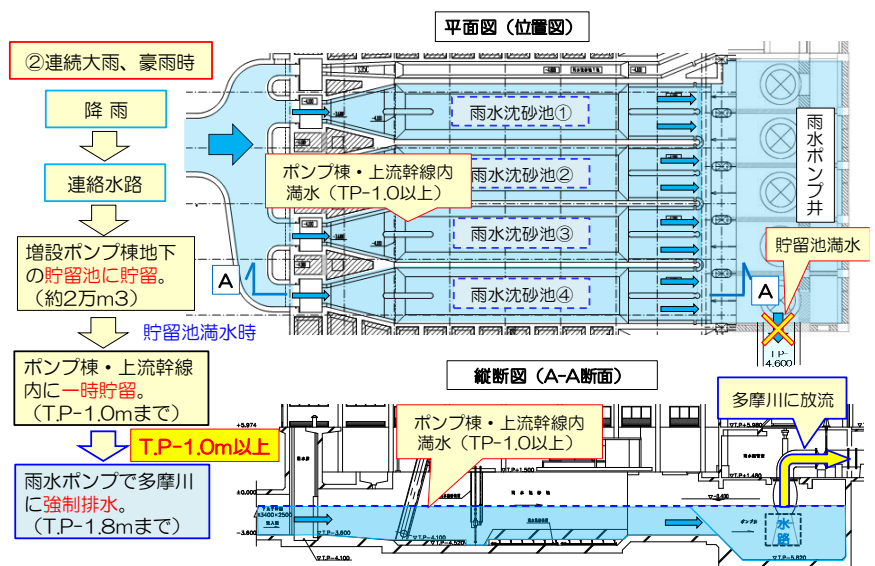


図-4 矢口ポンプ所降雨時のフロー

5. 実施計画

現地調査（設計照査）の結果を踏まえ、維持管理部署との協議のうえ実施計画を立案した。

(1) 現地調査（設計照査）

計画に先立ち、ポンプ井の現地調査と維持管理部署との協議を行った。その結果を以下に示す。

- ・ポンプ井の砂溜り部には、大量の堆積物が存在する。
- ・晴天時は上流から流入が無いで想定であったが、実際は常時 $0.2\text{m}^3/\text{min}$ 程度の流入水がある。
- ・ポンプ井の上はポンプ室になっており、天井に仮設開口を設けることはできない。
- ・5 台の雨水ポンプを 1 台ずつ設備停止しての施工は可能（最低 4 台稼働する必要がある）。
- ・ポンプ井内を仮締切しての施工は、雨水ポンプの連動運転に支障するため不可。

下水道施設は、施工箇所が晴天でも上流で降雨があると下流に雨水が流入してくる。特に雨水ポンプ井は各幹線の流末であり、待避時間を確保するためには実際の流入状況、流達時間等を把握する必要がある。そこで、ポンプ井内に WEB カメラを設置し、施工前に流入状況と気象データの収集・解析を行った（写真-2）。流域各所の降雨状況と流入までの時間差を把握し、作業時の待避時間・ルートを決めた。



写真-2 ポンプ井雨水流入状況（前・後）



写真-3 感雨計とデジタルサイネージ

気象情報の収集には、「安全建設気象モバイル KIYOMASA（NETIS 登録：KT-100110-VE）」を使用した。流域 1km メッシュのピンポイント予報、10 分単位の豪雨予報、マップが得られるサービスで、登録した流域上流の情報が携帯に送信される。さらに、WEB 情報に過信しないよう、現場に感雨計を設置し、警報付パトライトで降雨をポンプ井内に知らせて待避を促した（写真-3）。入坑口にはデジタルサイネージを設置し、現在の気象状況、予報をリアルタイムで掲示して入坑者への情報提供と安全意識の高揚を図った。着手時には現地で退避訓練を実施し、計画時の待避時間、ルートの確認を行い計画の信憑性を確認した。

(2) 準備工（水替え・浚渫・清掃）

ポンプ井内をドライにするため、水替え工と堆積物の浚渫・清掃を行う。



写真-4 ポンプ井浚渫前

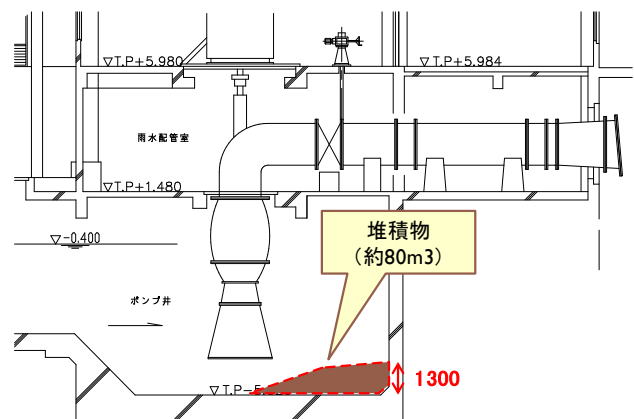


図-5 ポンプ井浚渫前

ポンプ井内の堆積物（約 80m³）は、数十年前から蓄積しており、締め固まっていたため、バキューム＋高圧洗浄機で除去するには処理する体積が数倍にもなってしまう。また、雨天時の中止を考慮してバキューム車を多数確保することが困難であったことと、堆積物（し砂）の搬出先が 14:30 までしか受入れを受付けていないため、人力にて浚渫を行い場内で曝気してから箱ダンプでまとめて搬出を行った。

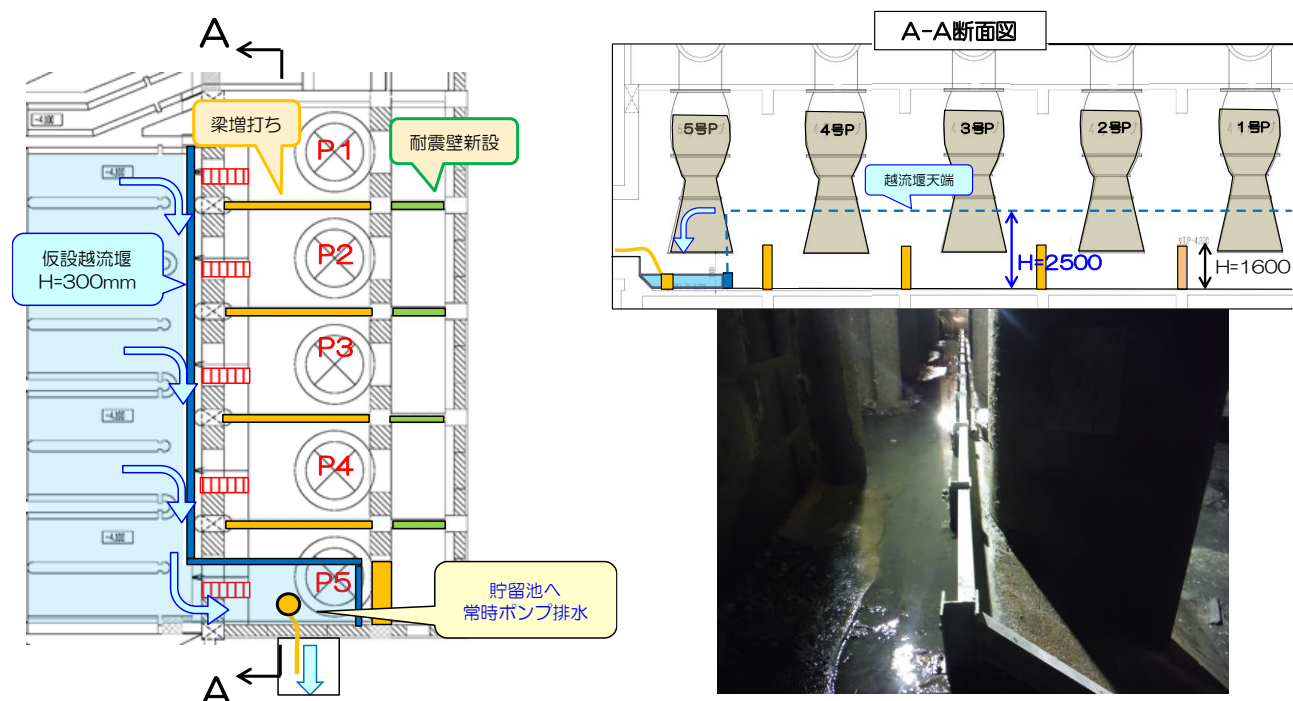


図-6 水替え工（仮設越流堰）

写真-5 水替え工（仮設越流堰）

鉄筋補強工，場所打補強工を施工するには施工面をドライにする必要があった。上流の沈砂池（4 池）から常時流入してくる水は，仮設の越流堰（図-6，写真-5）を設置して導水し，耐震補強の施工に影響ない箇所に設けた釜場よりポンプで排水した。

(3) 鉄筋補強工

鉄筋補強工は，水路内での実績も多数有り，前述した雨天時の待避等の安全対策が確立されていれば施工することができる。本工事の場合，渇水期施工のため安定した施工量の確保と水路内から地山に向かって削孔するため，削孔穴からの地下水の漏水対策が課題であった。

前者については，削孔時に既設鉄筋が干渉して再削孔することが一番の要因となる。鉄筋探査（電磁レーダー一法）を行い，おおよその既設鉄筋の位置は把握できるが，梁・柱の場合は鉄筋径が大きく，ピッチも狭く，2 段筋があることもあり干渉することが多い。そこで，かぶり分のコンクリートを一部研り，主筋の径，本数，種類の確認をすると共に，主筋間隔の一番広い箇所に削孔することとした（写真-6）。

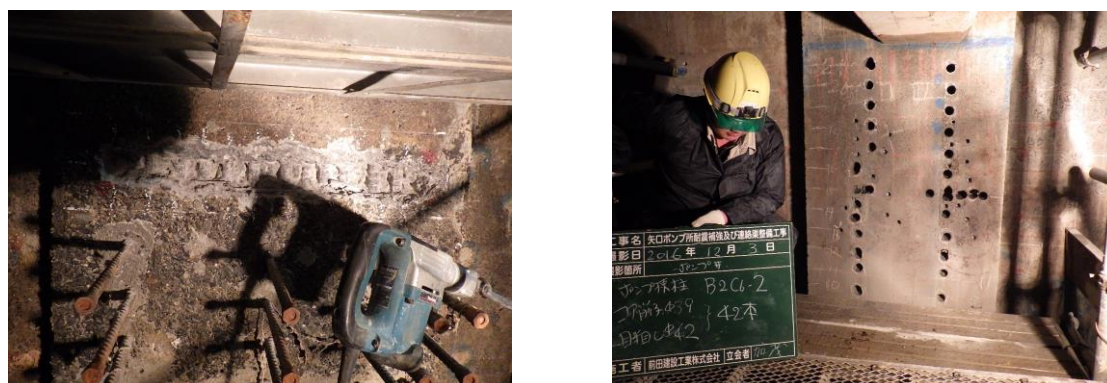


写真-6 柱部主筋位置確認（左） 削孔完了状況（右）

漏水対策については、あらかじめ止水プラグを用意し、出水した際はすぐに止水できるように準備しておいた。止水プラグは先端に削孔径にあったコーン状の止水ゴムがあり、挿入棒の手元のネジを締めて金属拡張アンカーの要領で先端が広がり定着する（写真-7）。応急処置ではあるが、躯体が想定より薄く地山からの出水の場合、土砂等を伴うことも懸念されるため、止水対策は重要である。



写真-7 止水プラグ全体（左） 先端部拡大（右）

(4) 仮設工（梁増打補強，耐震壁新設）

当初設計ではポンプ井の天井部に仮設開口（搬入口）を設け、鋼製の仮締切りでポンプ一台ずつ締切り，5回に分けて施工する計画であった。しかし，維持管理部門と協議の結果，仮設開口・仮締切りの施工が不可となり，雨天時には水没する条件下での施工となった。増打補強の箇所は雨水ポンプのすぐ脇に位置し，ポンプ稼働時には水流の影響を直接受ける箇所での施工となる。第1 渇水期に施工した鉄筋補強工の実績，実際の施工環境を考慮して，第2 渇水期までに施工計画の立案，協議を行って施工に当たった。

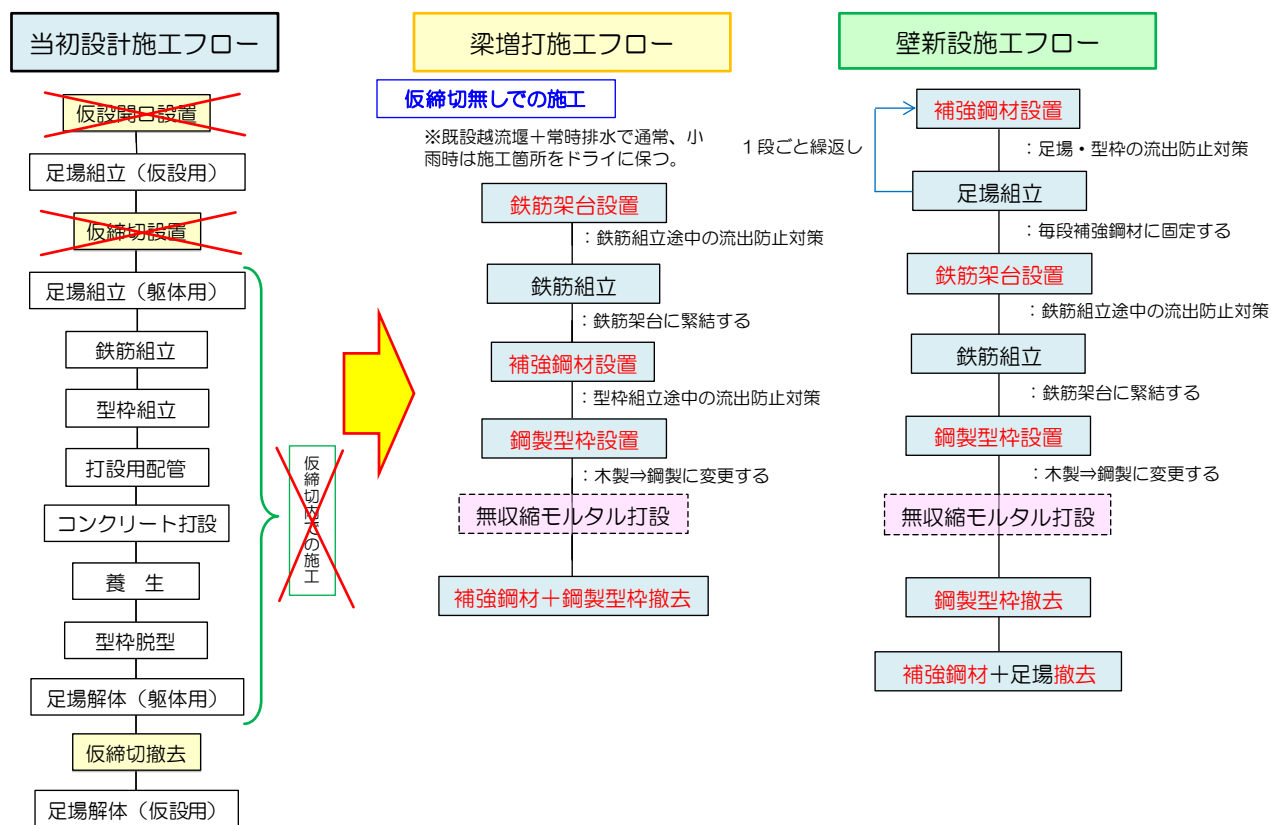


図-7 増打補強工 新旧施工フロー図

a) 梁増打補強工（鉄筋、型枠の流出防止対策）

流出防止対策で留意することは，急な雨天時には，資機材をそのままにして待避する必要がある，各工種の施工途中（組立途中）が最も不安定な状態となることである。既設躯体に鋼材をアンカー固定し，鉄筋架台，型枠の流出防止架台とし，地上より人力で運搬した鉄筋、型枠材を1部材ごとに架台に固定するように計画した（図-7）。架台の鋼材も人力運搬する必要があったため，人力運搬できる大きさとし，ハンドクランプを使用してB2階のポンプ井内まで運搬した（写真-8）。



写真-8 鋼材運搬状況（左・中） 架台組立状況（右）

型枠材には、第1 湧水期に現地を実寸して製作した鋼製型枠を使用した。木製枠に比べ、水没時に浮力の影響が少ないこと、水を含んで変形や強度が落ちないことや、組立がクリップで容易にでき、セパレーター・縦横バタも少ないためポンプ井内での施工時間が短くなるといった利点があった（写真-9）。

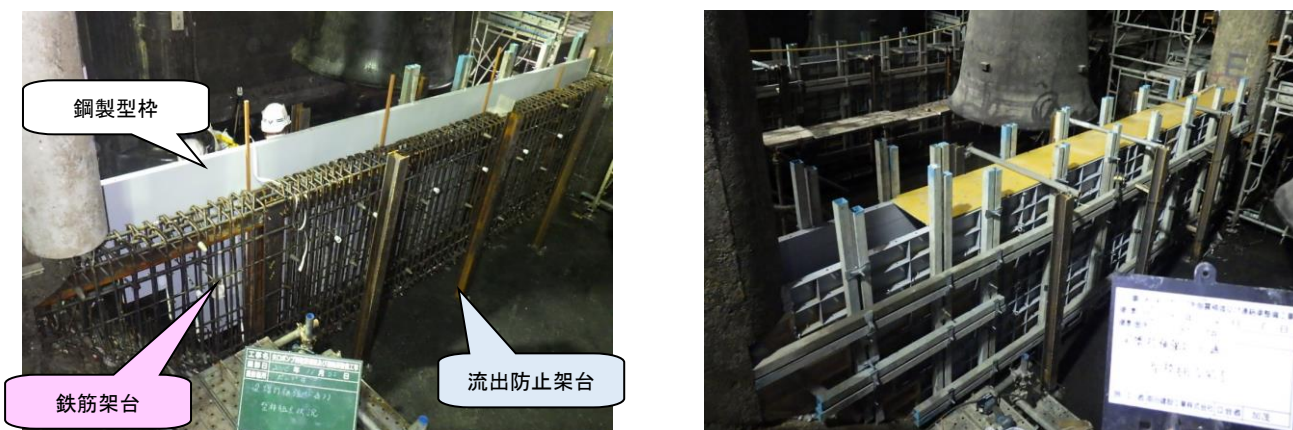


写真-9 型枠組立状況（左） 完了状況（右）

b) 耐震壁新設工（足場、鉄筋、型枠の流出防止対策）

耐震壁新設箇所は仮設足場が必要であり、梁増打同様、足場・鉄筋・型枠の組立途中が最も不安定な状態となる。対策として、既設の柱間に流出防止用の H 綱を水平に固定し、その鋼材に足場・型枠を固定する計画とした。鉄筋組立に対しては、梁同様、鋼製の鉄筋架台を既設躯体にアンカー固定して施工を行った（図-8）。

流出防止架台（H-125x125）の仮設計算は、ポンプ井満水時の片側静水圧とし、鋼製型枠（縦使い）のジョイント位置に補強鋼材が配置するよう@1,200 とした。鋼材の取付け・解体がスムーズに行えるよう、鋼材同士の締結にはブルマンを使用した。足場の組立は一段ずつ組立・固定を繰り返し、ジャッキベースはアンカー固定、各ジョイント部は番線・インシュロックで緊結し、浮力を受けやすい布板にはメッシュタイプを用いた。

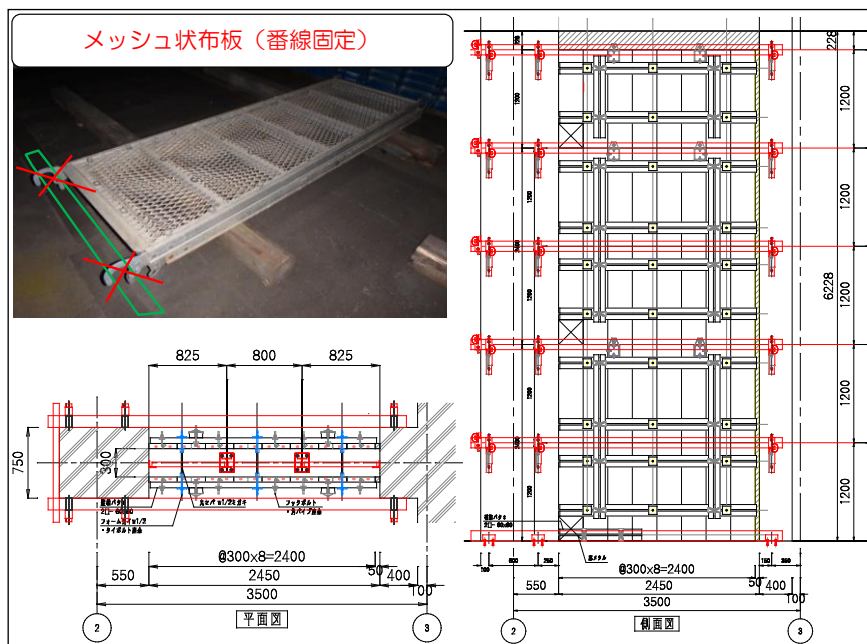


図-8 耐震壁新設 仮設計画図

(5)無収縮グラウトコンクリート工（梁増打補強，耐震壁新設）

雨天時には水没する環境下での施工であり，前項の流出防止対策の他に場所打ちコンクリートで施工するには以下のような条件が必要となる．

- ・ 早期の発現強度（初期養生時に水圧を受ける可能性がある）
- ・ 工期の確保（渇水期施工のため、施工時期が限られる）
- ・ コンクリート圧送配管，バイブレーター等の打設作業時の流出防止対策
- ・ 先行モルタル，打設後の残コン処理方法，流出防止対策
- ・ 型枠組立完了後，速やかに打設（型枠内に雨水が流入し清掃が必要になる）

特に，圧送配管については地上から地下二階のポンプ井まで複雑な長距離となり（水平換算距離約 204m），前日までに配管する必要がある，雨天時には配管中，打設中ともにすぐに撤去することが困難であった．さらに，打設中に待避する必要があると，配管内のコンクリートの閉塞，河川への流出も懸念された．また，工程面では，現在の建設需要の急増から，コンクリートポンプ車，及びコンクリートプラントの予定の確保が難しく，雨天順延，型枠組立の進捗に合わせた予定変更がフレキシブルに行えない状況であった．（雨天順延の場合，水が引いて清掃完了まで予定が立てられず，数週間単位で打設が遅れる可能性があった）

表-1 場所打ちコンクリート比較表

	当初計画		対策案1		対策案2		対策案3	
	普通コンクリート（配管打設）		早強コンクリート		高流動コンクリート		現場練り無収縮モルタル（プレミックス）	
材料調達	○	JIS配合品のため通常通り出荷可能	△	特殊配合のため試験の結果による	△	特殊配合のため試験の結果による	○	現場練りのため容易
発現強度	×	3日以上：≥12.5N/mm2（3day）	○	1日以上：≥10.0N/mm2（1day）	×	普通コンクリートと同等。3日以上：≥12.5N/mm2（3day）	○	1日以上：≥23.0N/mm2（1day、20℃）
打 設	×	長距離圧送（水平換算距離約204m）になり、圧送不可。 （大型ポンプ車は場内進入不可）	×	長距離圧送（水平換算距離約204m）になり、圧送不可。 （大型ポンプ車は場内進入不可）	△	前日までに配管が必要⇒配管の流出防止対策	○	打設当日にホースを布設するだけで打設可能。
締固め	△	バイブレーター使用、雨天退避時は残置するので雨水ポンプへの吸込み等の危険あり。	△	バイブレーター使用、雨天退避時は残置するので雨水ポンプへの吸込み等の危険あり。	○	自己充填性 （バイブレーター不要）	○	自己充填性 （バイブレーター不要）
雨天対策	×	・打設配管を全て流出防止対策（アンカー固定等） ・養生中に雨水による水圧を受けると施工不良。（ジャンカ、クラック等） ・多摩川へセメントが流出する。	△	発現強度が速い（1日程度）	×	・打設配管を全て流出防止対策（アンカー固定等） ・養生中に雨水による水圧を受けると施工不良。（ジャンカ、クラック等） ・多摩川へセメントが流出する。	○	・グラウトホース1本撤去すればOK ・発現強度が非常に速い（半日程度）
工 期	△	流出防止対策設置・撤去：+18日間	×	材料試験練り：+28日間 流出防止対策設置・撤去：+18日間	×	材料試験練り：+28日間 流出防止対策設置・撤去：+18日間	○	現場練りのため、雨天順延で打設可能。（予約不要）
増 費 用 （概算、直工）	○	・流出防止対策設置・撤去（配管アンカー固定等） 約20万円/回 ÷ 約4m3/回 ＝+5万円/m3	△	・流出防止対策＋材料費 1m3当り：約10万円増 （その日の打設量による） ※雨天中止延滞時はプラント、生コン車の保証料必要 ※試験練りが必要。	△	・流出防止対策＋材料費 1m3当り：約10万円増 （その日の打設量による） ※雨天中止延滞時はプラント、生コン車の保証料必要 ※試験練りが必要。	×	1m3当り：約45万円増 ※雨天中止時の追加費用無し
その他	×	雨天退避時、配管内のコンクリートが固化して閉塞する。	×	雨天退避時、配管内のコンクリートが固化して閉塞する。	×	雨天退避時、配管内のコンクリートが固化して閉塞する。	○	耐震壁の増設工事に開発された NETIS登録済の材料を使用 （登録番号 KT-140088-A）
評 価	×		×		×		○	

そこで，比較検討を行った結果（表-1），グラウトホース1本で打設が可能な現場練りの無収縮モルタル（プレミックスタイプ）を採用した．通常の無収縮モルタルを大断面に使用すると，水和反応による温度上昇が大きく有害なひび割れが発生することが危惧される．そこで，プレミックスの中でも低発熱タイプの豆砂利入りの無収縮グラウトコンクリート（太平洋プレユーロックス GC：NETIS 登録 KT-140088-A）を使用した（図-9）．

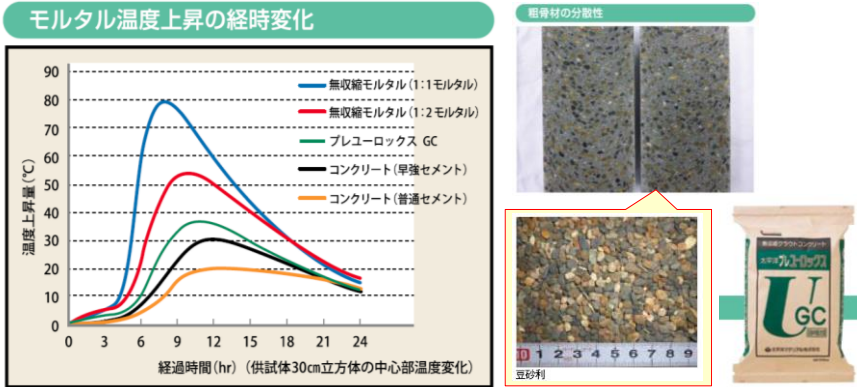


図-9 モルタル温度上昇の経時変化¹⁾

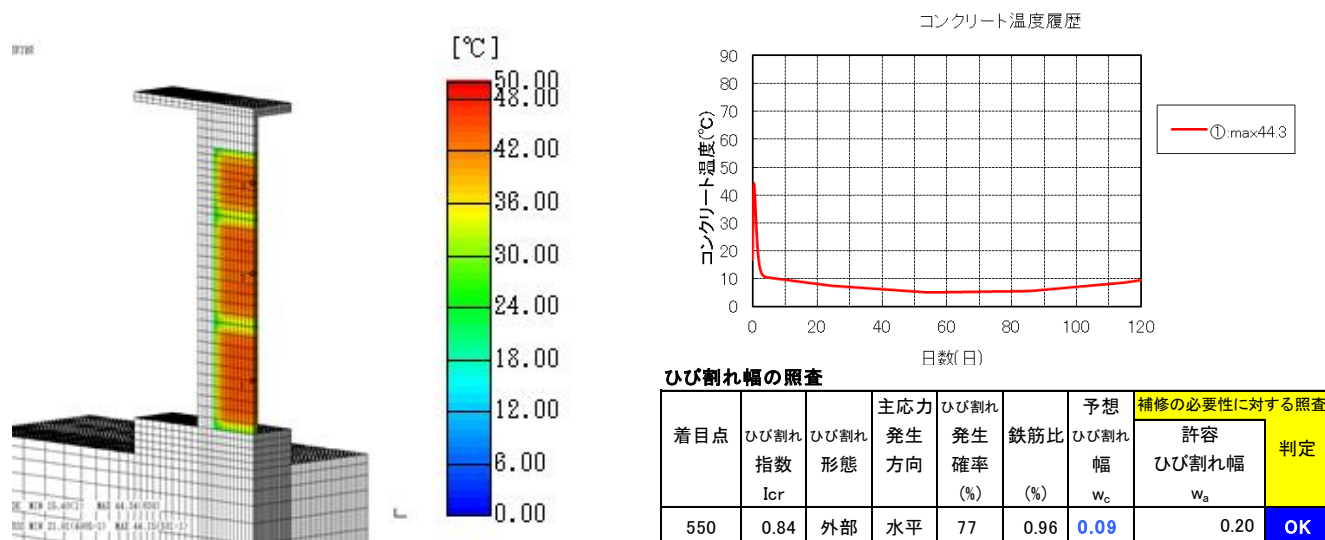


図-10 温度応力解析結果

実際の耐震壁新設の施工モデルで温度応力解析を行った。施工ヤードに制約があるため、1プラントで日打設量を約 5m^3 と設定して打設割を決定した（梁増打：1リフト、壁新設：3リフト）。耐震壁は鉄筋量が少ないこともあり、ひび割れの発生を許容することはできない結果となったが、ひび割れ幅は許容値内であった（図-10）。

最初に打設した梁増打補強部（ $W=400, H=1600, L=6600$ ）打設の際に、熱電対を設置して内部温度を測定した結果、最高温度は 42°C であった。解析結果（最高温度： 44°C ）とほぼ等しい結果となった。脱型後も有害なクラックはなく完了した。雨水ポンプ井内は、気温がほぼ一定で、湿度が常に 100% と養生の条件としては非常に良好であったことが要因と思われる。

6. まとめ

供用中のポンプ井という特殊条件下での施工であったため、現状を十分に把握し、それを踏まえて詳細な安全対策、施工計画を立案して無事完工することができた（写真-10）。

ICT 施工や CIM、AI など最先端技術の普及が進む中、時代に逆行するようではあるが、現場を見て、その現場に合わせた計画を立て、人海戦術で施工せざるを得ない原始的な工事であった。しかし、耐震補強を含め、維持管理の分野では今後も同様な工事が多数あると思われる。DB 方式では無いが、実際には現場に乗り込んでから、発注者（建設部門、維持管理部門）・設計者・施工者の 4 者の密な協議が不可欠である。また、設計段階において、躯体の耐震設計よりも仮設・施工計画が課題になることが多いと聞く。本工事の実績が、今後の事業を計画する上で、一案として役立てば幸いである。

雨天時、雨天後の排水・清掃作業、また、ポンプ設備の維持管理に伴う作業中止等、予測できない要因が多々ある中、待機・手戻りに伴う変更協議に柔軟に対応頂いた東京都下水道局、並びに、厳しい環境下（写真-11）で作業に従事してくれた協力業者の皆様に御礼申し上げます。



写真-10 ポンプ井施工完了状況



写真-11 ポンプ井水没状況

参考文献

- 1) 太平洋マテリアル株式会社 太平洋プレユーロックス GC 製品カタログ