VE等施工改善事例発表会
資　料

2019年度

一般社団法人　日本建設業連合会
建築制度委員会　契約部会
技術提案制度専門部会

は　じ　め　に

「ＳＤＧｓ」という言葉が、あちこちで聞かれるようになりました。持続可能な世界をめざす気運が、高まってきているということでしょう。

持続可能な世界をめざすには、働く人々も持続可能でなければなりません。

「働き方改革」は、健康で幸せな生活を送りつつ働き続けることのできる環境を整えるものと考えています。日建連が目標とする「４週８閉所」も、持続可能な状態で働くための環境づくりの一環です。

「４週８閉所」を実現するためには、十分な工期を確保することはもちろんですが、施工性の向上や効率化が必要とされます。「働き方改革」を進めていくためには、こうした生産性向上のための改善努力が不可欠となります。これはまさに「ＶＥ等施工改善事例発表会」の主旨と合致する部分であり、本発表会の事例がヒントになるものと考えます。

本発表会は、当初、建設業におけるＶＥの普及を目的としたものでしたが、建設業を取り巻く環境の変化を受け、第１４回（２０１０年度）から「ＶＥ等施工改善事例発表会」とし、対象をＶＥ事例だけでなく、施工改善事例から研究開発成果にまで広げました。また、会員各社の技術力向上の場に留めるだけではなく、建設業の技術力を発信する格好の機会と捉え、発注者、設計者、建物所有者、教育関係者等の皆様へ参加を呼びかけ、ＨＰで事例掲載等を実施しています。

これらの情報発信を通じて、ものづくりの魅力を伝えていくとともに、建設業で働く人々の「働き方改革」にもつなげ、担い手の確保に少しでも貢献できることを願っています。

本年は会員各社から１８の事例を発表いたします。これらの事例により、最前線の現場での生産性向上に向けた努力を感じていただけるものと思います。

最後になりましたが、業務多忙の中、原稿を執筆していただいた発表者の皆様、ありがとうございました。心より御礼申し上げます。

２０１９年１１月

技術提案制度専門部会主査
中尾　和子

ＶＥ等施工改善事例発表会について

◇開催の趣旨

ＶＥ等施工改善事例発表会は、技術提案専門部会に参画している委員各社が実際の建設プロジェクトで成果を挙げたＶＥ提案等による施工改善の実績を広く公表することで、ご来場いただきました方々の技術提案力向上はもとより、建設産業の活力とノウハウを高め、価値ある社会資本の提供に寄与することを目的としています。

◇事例の選定

施工段階におけるＶＥ・改善提案は、それぞれの建設プロジェクトにおいて既に顕在化している課題、あるいは現実化する可能性が高い問題の解決のために実施されます。

ＶＥ等施工改善事例発表会では、これらの取組みに有効な事例を提供するため、「身近な事例」「汎用性のある事例」「真のＶＥ事例」および「改善効果の高い事例」を募集し、とくに施工段階における工事目的物や仮設の合理化・変更の内容とその効果、施工あるいは管理手順の見直し等の内容とその効果が、具体的でわかり易いことを重視して選定しました。

◇本書の構成

本書では、選定した１８事例を、東京会場、大阪会場、福岡会場でそれぞれに分け、グループの中では事例の主題となる工種に着目し、一般的な建築工事進捗の順番で掲載しています。

それぞれの事例には発表本文（詳細説明）の前に、発表の要点として「狙い」「目的」「問題点・背景」「改善概要」「改善による効果（Ｑ・Ｃ・Ｄ・Ｓ・Ｅ）」を簡潔にまとめた概要書（表紙）をつけています。発表本文そのものも、可能な限り概要書に記載した内容に沿って作成していますので、概要書を一読した上で本文にあたることで、発表内容の理解を深めていただくことが容易になります。

ＶＥ等施工改善事例発表会資料

目　　次

はじめに
ＶＥ等施工改善事例発表会について

発表事例
1. 狭小敷地における仮設計画の改善・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
共立建設㈱　　斎藤　英樹
2. 海沿い埋立地でのごみピット地下止水対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
佐藤工業㈱　　田中　哲生
3. 駅舎新設工事における工期短縮と業務効率化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21
㈱大林組　　高見　朋宏
4. 山留め・地下水処理の合理化による地下工事のコストダウン・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
㈱竹中工務店　　上枝　豊
5. 基礎躯体工事における効率を考慮した施工計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
日本国土開発㈱　　橋本　勝則
6. 狭小地における既存躯体を利用した地下躯体工事の施工改善・・・・・・・・・・・・・・・掲載なし
西松建設㈱　　工藤　正崇
7. 清掃工場建替えにおける地下工事の合理化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 59
㈱鴻池組　　小川　雅史
8. フロントローディングによる生産性向上の取組み・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・掲載なし
戸田建設㈱　　渡辺　隆弘
9. 大スパン複層鉄骨トラス架構の支保工の合理化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・掲載なし
㈱フジタ　　西村　講平
10. 在来工法でつくる高層マンションにおける改善・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 85
鹿島建設㈱　　野見山　芳崇
11. 大スパン木造構造物の施工方法検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 97
前田建設工業㈱　　西川　秀則
12. タブレット端末活用による現場運営の改善・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 109
松井建設㈱　　髙森　奨平
13. 明治神宮御社殿群修復工事における生産性向上の取組み・・・・・・・・・・・・・・・・・・掲載なし
清水建設㈱　　米川　智博
14. 外壁のサイトＰＣａ化による品質向上・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 125
㈱淺沼組　　七草木　透
15. ＡＣＷのコーナーマリオンの改善と機能確保・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・掲載なし
東急建設㈱　　森　弘史
16. 後添加型中流動コンクリートの活用による充填性向上・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 143
大成建設㈱　　上田　大輔

17. ごみ処理プラントにおけるＢＩＭの活用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 153
五洋建設㈱　　山口　裕之
18. 新入社員教育に於ける“ものづくり実習”の取組み・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 161
三井住友建設㈱　　金子　英樹

専門部会の活動の経緯

ＶＥ等施工改善事例

1．狭小敷地における仮設計画の改善

社名：共立建設㈱
氏名：斎藤　英樹

事 例 概 要

項　　目	内　　容
1．工事概要 （1）工事名称	（仮称）Nプロジェクト新築工事
（2）規模（延床面積、階数）	延床面積：4，092㎡、A棟：地上7階、B棟：地上5階、C棟：地上4階
（3）用途	集合住宅
（4）主要構造	A棟：RC造、B・C棟：WRC造
（5）建設地	東京都中野区
（6）施工期間	2016年1月～2018年3月
（7）工事費	1，325（百万円）
（8）設計者	―
2．改善概要 （1）問題点・背景 （施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況）	・隣地敷地を借地する予定で施工計画を進めていたが、所有者の了解を得られず、施工順序等の変更が必要となった。
（2）改善の目的	・施工時の搬入路，作業通路の安全性を確保する。 ・安全性を考慮し、作業員詰所、仮設トイレの盛替えを少なくする。 ・タワークレーンの設置台数を最小限とする。 ・仮設足場において廊下手摺等安全設備に盛替作業を最小限に抑える事により工期短縮をはかる。
（3）改善実施内容	・B棟外構を先行施工することで、搬入通路を確保し、山留杭を利用して作業通路を設置した。 ・各段階の状況を踏まえ、作業員詰所、仮設トイレの盛替えを1回にした。 ・タワークレーンは、A棟土工事に移動し、1台使用とした。 ・階高と足場高さの相違をなくすこととした。
（4）改善による効果 ・Q（品質）	・―
・C（コスト）	・―
・D（工期）	・計画通り
・S（安全）	・無事故無災害で完成した。
・E（環境）	・―
・その他の効果	・―

狭小敷地における仮設計画の改善

共立建設㈱
工事本部建築工事部
斉藤　英樹

１．はじめに

本建物は、東京都中野区中央１丁目であり、新宿から徒歩圏という土地柄、敷地周囲にはほとんど空きがない敷地条件でデザイン性に優れた賃貸分譲マンションである。

前面道路側の外観は、写真-１に示すように、打放仕上げに木製ルーバーで温かさを際立させる建物となっており北西東面においては白黒のタイル仕上げでシャープに見える建物である。

本敷地は、図-１に示すように、前面道路が青梅街道に面しており、間口約１６ｍに対し奥行きが約１００ｍのウナギの寝床といわれる敷地に、鉄筋コンクリート造の７階建、壁構造５階建および壁構造４階建の建物を３棟新築するという工事である（図-２）。

中野坂上駅からの通勤者等の歩行者が非常に多く、また、自転車での通行の際に道路が下り坂の為、歩道と道路側、また道路中央にも自転車が凄い勢いでくだってくるため、いつ事故が起きてもおかしくないエリアであった。

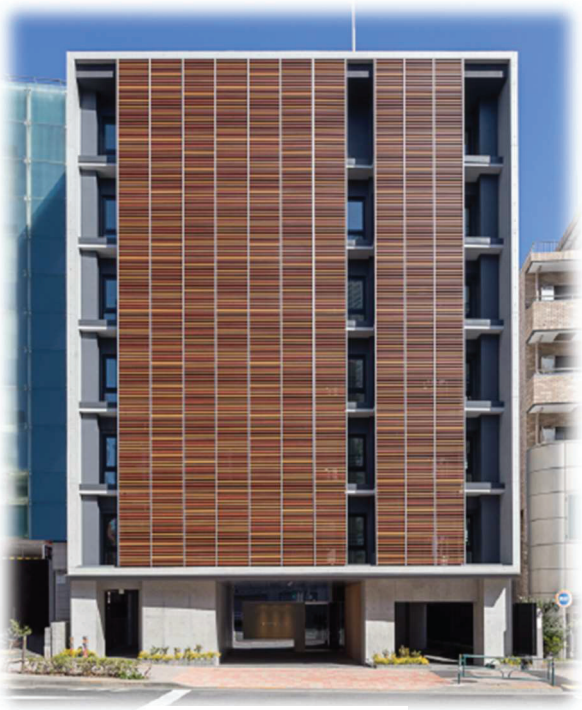


写真-１　建物外観

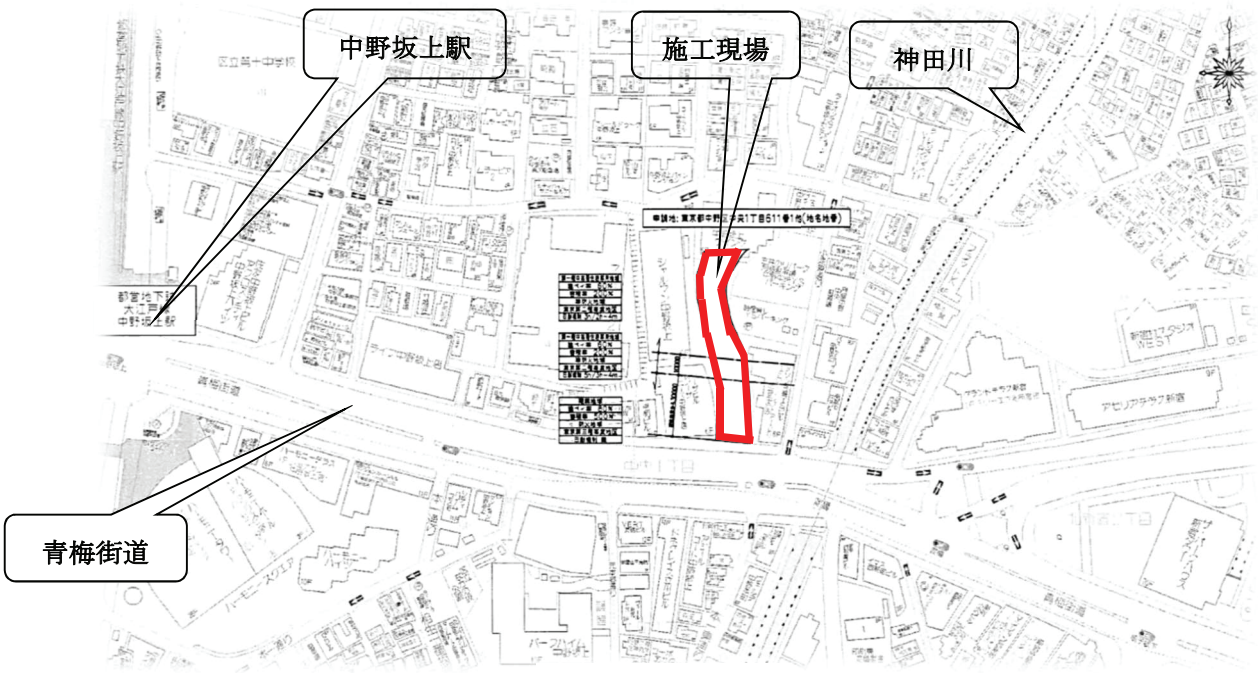


図-１　周辺状況

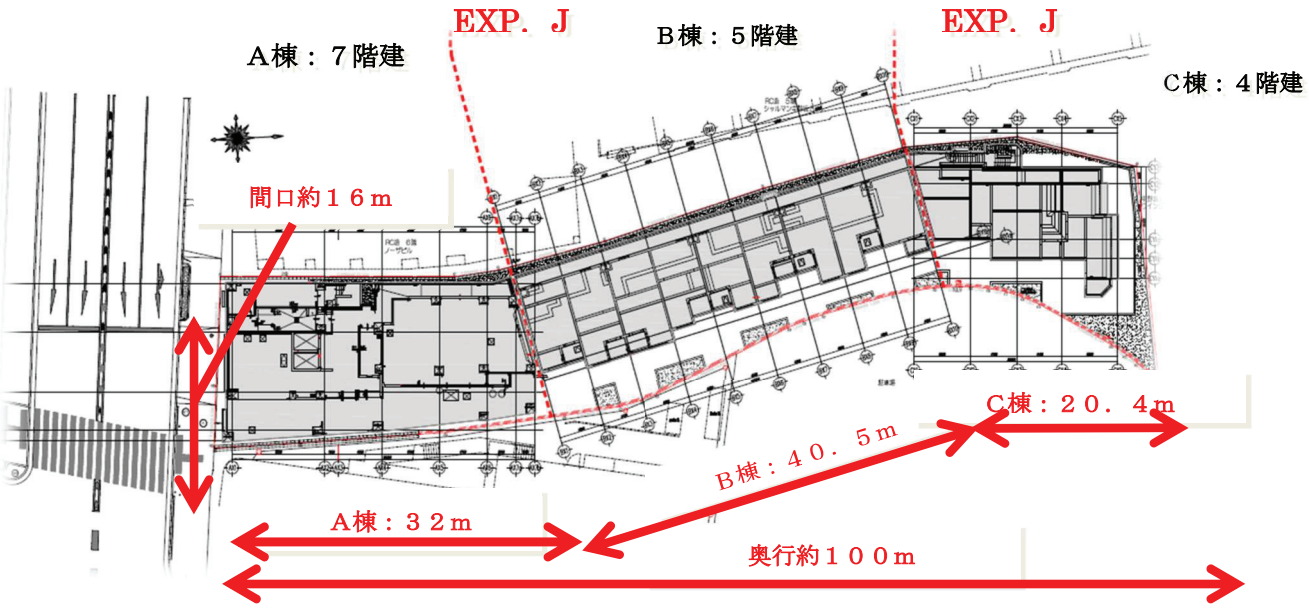


図-２　建物配置

２．課題

隣地敷地を借地する予定で施工計画を進めていたが、所有者の了解を得られず、施工順序等の変更が必要となった。

以下、具体的課題について列記する。

１）東側敷地境界と躯体との間隔が狭く、作業通路および搬入通路の設置が困難である。

２）作業員詰所（打合せ室）および仮設トイレの設置が困難である。

３）タワークレーンの設置台数を１台とする計画が困難である。

４）ブラケット足場の作業性と安全性の確保が必要である。

３．実施策

１）Ｂ棟及びＣ棟への搬入通路を確保するため、Ａ棟部分に構台を設置、Ｂ棟外構を先行施工（図-４）した上に仮設通路を設置した（図-３）。

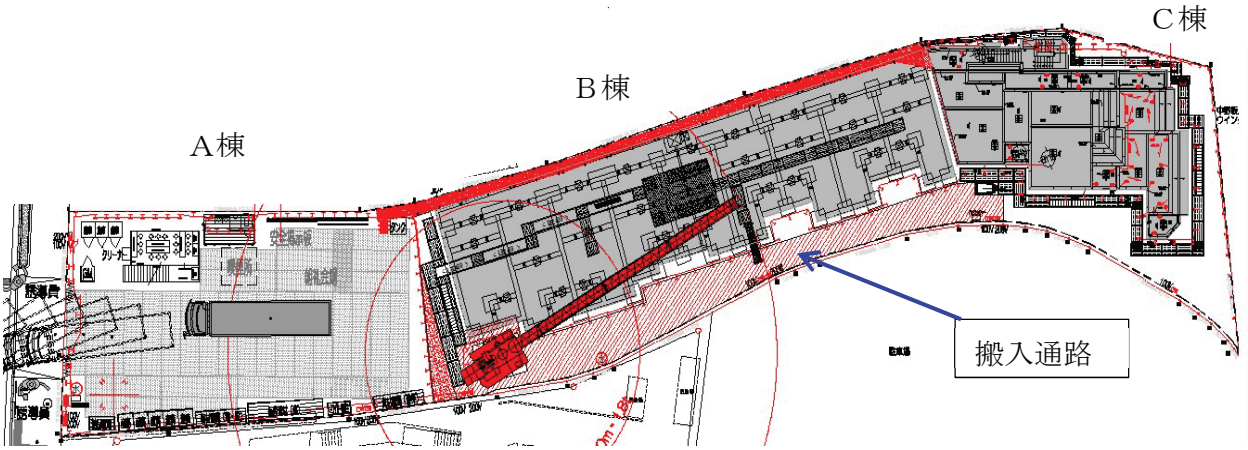


図-３　仮設計画　１

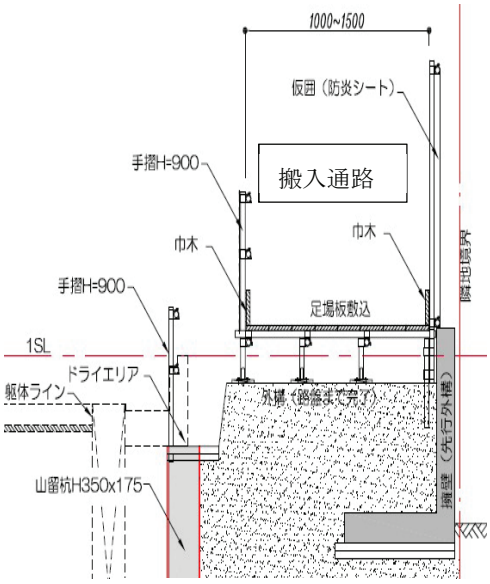


図-４　Ｂ棟先行外構

写真-２　作業通路

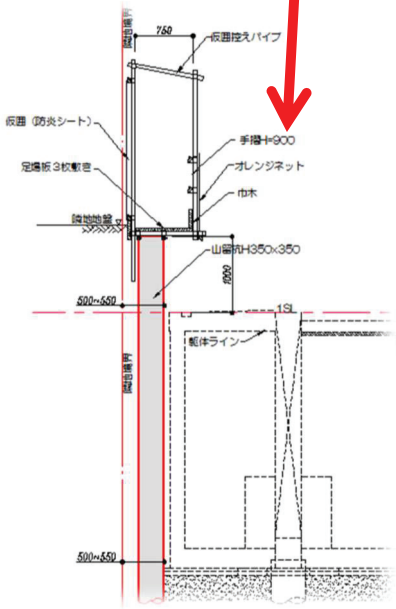


図-５　作業通路

また、作業通路は、山留を利用して設置した（写真-２、図-５）。

２）Ａ棟着手時までは、構台横に仮設事務所を設置し、作業員詰所として利用した（図-６）。Ｃ棟の擁壁等の外構を先行して行い、Ａ棟着手時には、Ｃ棟西側に作業員詰所（打合せ室）を設置し（図-７）、仮設事務所を撤去した。

また、仮設トイレはＡ棟の山留めを利用して、設置した（図-８、写真-３）。Ａ棟着手後は、南側ゲート脇に移設した。

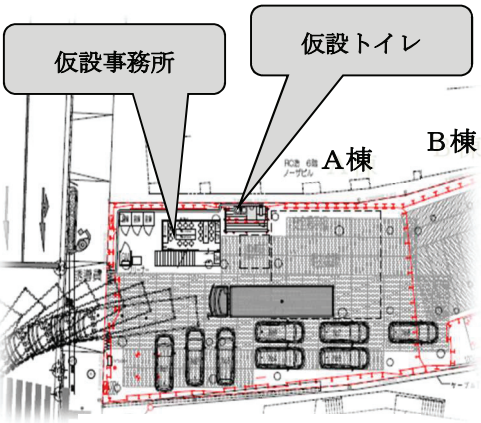


図-６　仮設事務所位置

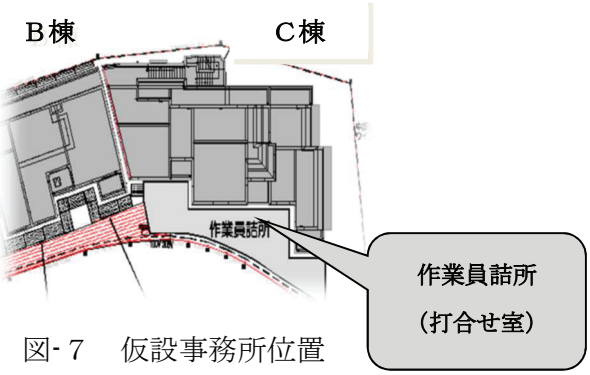


図-７　仮設事務所位置

写真-３　仮設トイレ位置

３）Ｃ棟仕上げ工事・Ｂ棟基礎工事時には、Ｂ棟南側にタワークレーンを設置した（図-３）。その後、Ａ棟土工事時にはＡ棟南側に移設し（図-８）、１台のタワークレーンで工事を進めることができた。

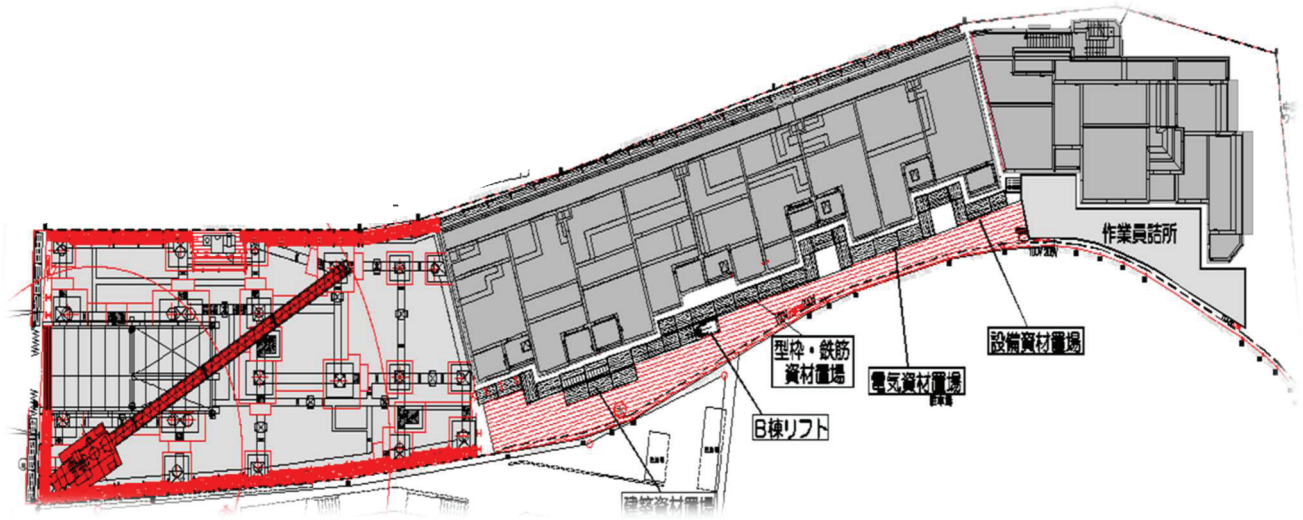


図-８　仮設計画　２

４）仮設足場

一般的なブラケット足場を図-９に示す。1,725 ㎜ごとに足場が設置されているので、各階の躯体位置と足場の位置が異なるため作業性、安全性の確保が困難である。

このため、改善策として、床下端から500 ㎜の位置に足場を２枚敷きとして設置することとした。躯体施工前は、仮設手摺を外部足場からブラケットで持出し、単管パイプで手摺を設置した（図-10）。

躯体施工後は、外廊下（アルミ手摺）部分の伸縮外部ブラケットを伸ばし、落下防止と兼用した。

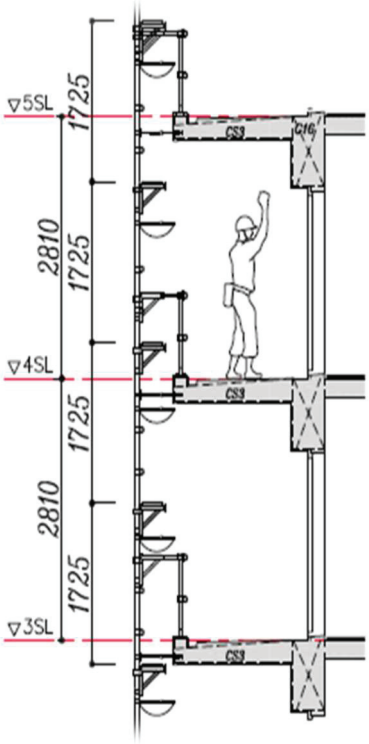


図-９　ブラケット足場
（改善前）

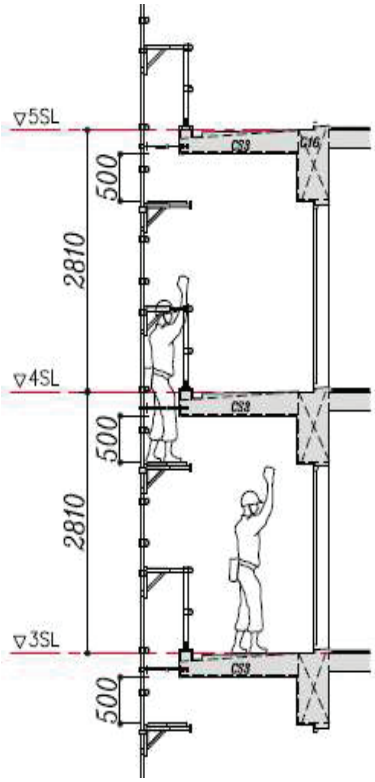


図-10　ブラケット足場
（改善後）

４．搬入管理・工程管理の概要

１）搬入管理

搬入管理状況を図-11 に示す。

搬入物において、早期詳細工程を決め各種搬入も時間別に計画し、各種工事に影響が無いように早期決定（２～３か月分先行）を行った。

日々の打合せおいて、搬入物は早期に決めてある時間に行うことを徹底した。よって、接触事故や他の作業を止めることなく、スムーズに搬入と各種施工を行うことができた。

搬入手配において、口頭での発注はせず、記録を残し間違いが無いように管理を行った。

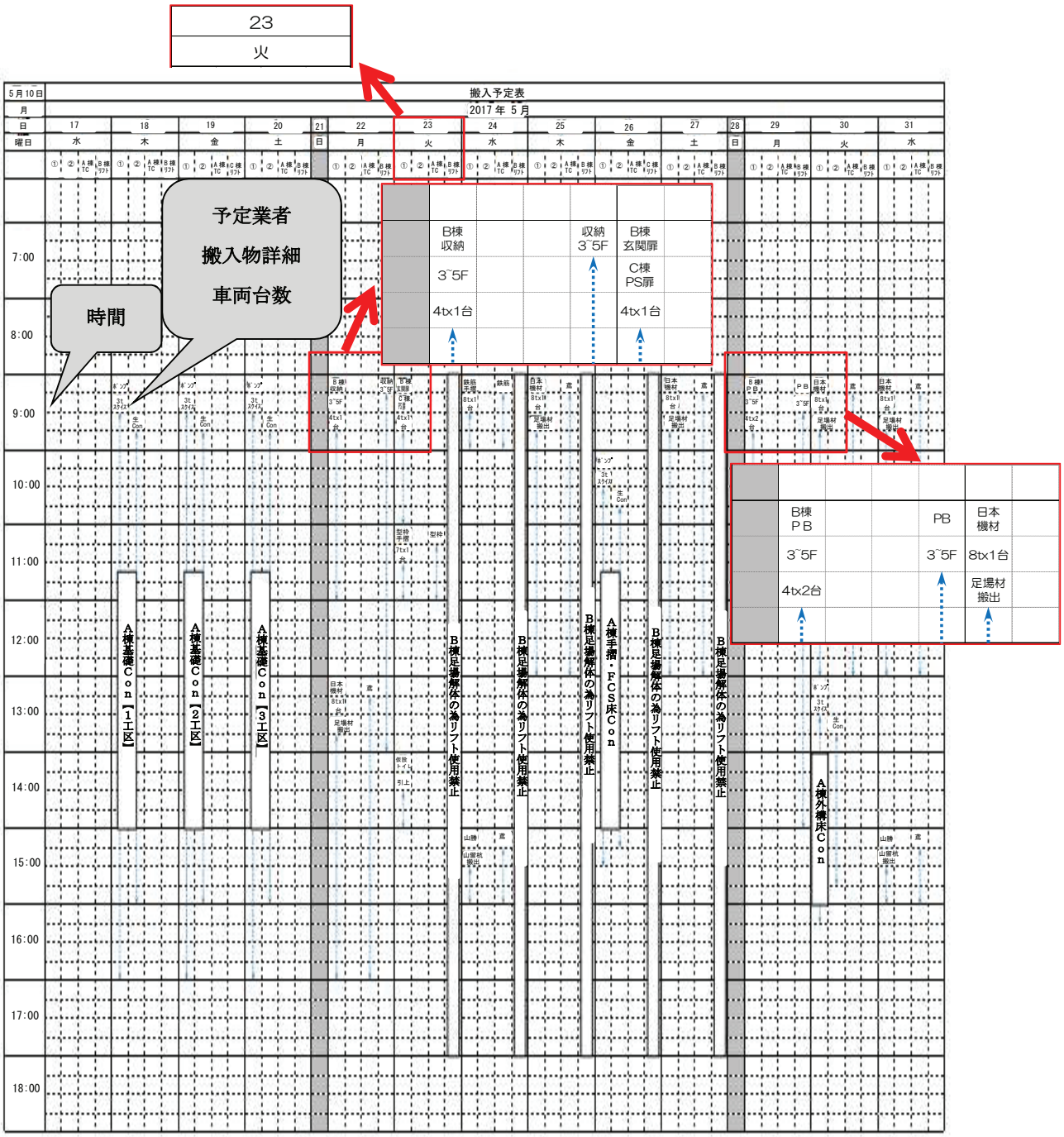


図-11　管理状況

2）工程進捗管理

工程管理状況を図-12 に示す。

早期に詳細工程を決め、工程の遅れのないよう、人員の確保や事前チェックを行い、日々確認した結果、無駄のない施工を行うことができた。

全工期において進捗管理を行い、クリティカルになっている工程を重視し、見える化を図った。

詳細工程に応じ、施工分を塗りつぶし、進捗をわかるようにした。

遅れている職種と原因を早期に発見し、対策を講じて手戻り作業を無くし、工期を遵守した。

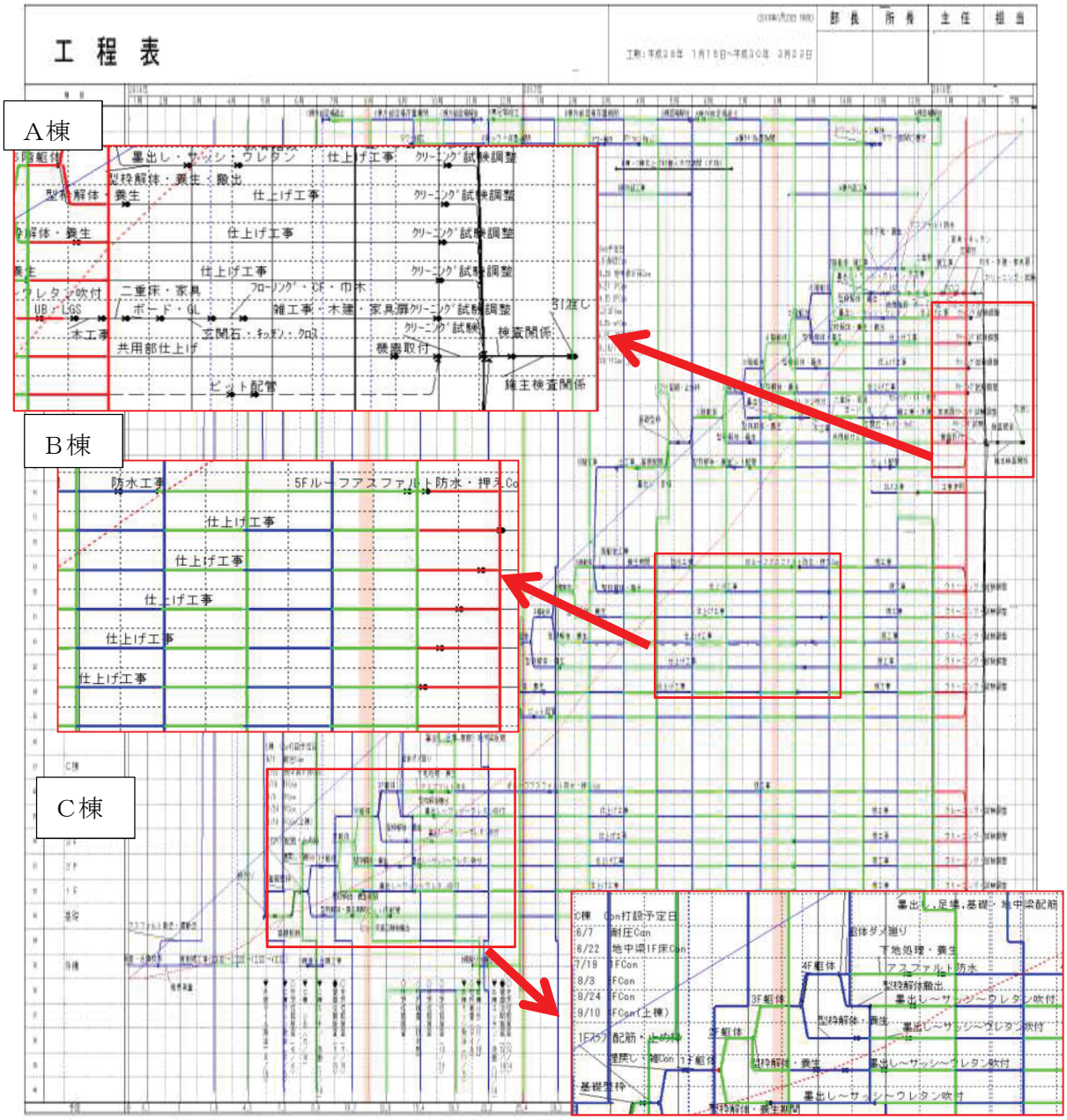


図-12　進捗管理

５．その他の施策

１）安全掲示物

重機に安全三原則・機械関連災害撲滅・安全宣言を見やすい箇所に掲示し注意喚起をする事により無事故無災害を達成できた（写真-４）。

写真-４　重機安全標識の例

２）布板の固定

布板の固定方法として、ポリアミド樹脂（66 ナイロン）を使用し、隙間からの転落災害防止の為インシュロックにて固定し隙間からの転落災害をなくすことができた（写真-５）。

６．まとめ

過去に経験がない敷地・建物形状で手探りでの施工となったが、建物の出来栄え及び品質を確保し、工期内に完了したことと無事故無災害で工事を終えた（写真-６）。

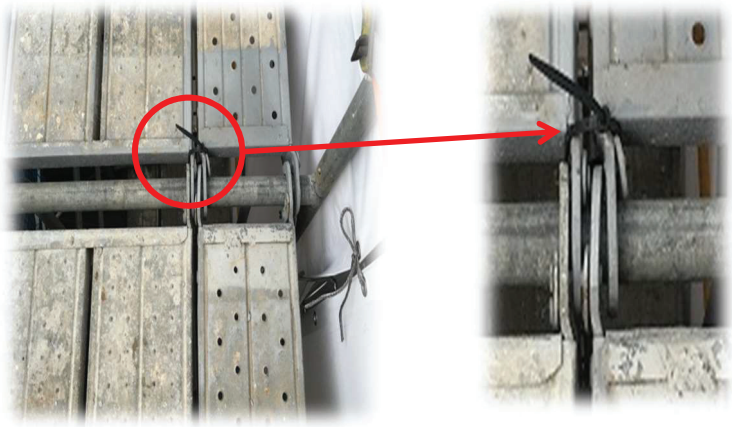


写真-５　布足場の固定方法

写真-６　東側外観

2. 海沿い埋立地でのごみピット地下止水対策

社名：佐藤工業㈱
氏名：田中　哲生

事 例 概 要

項　　目	内　　容
1. 工事概要 （1）工事名称	次期一般廃棄物処理施設建設工事
（2）規模（延床面積、階数）	延床面積：９，604㎡、地上7階、地下1階
（3）用途	清掃工場
（4）主要構造	S造、一部RC造・SRC造
（5）建設地	広島県廿日市市
（6）施工期間	2016年7月～2019年3月
（7）工事費	5，480（百万円）
（8）設計者	(株)神鋼環境ソリューション
2. 改善概要 （1）問題点・背景 （施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況）	・地下水位が高い海沿い埋立地に立地しているため、最深部がGL－9．7mと深いごみピット地下躯体からの漏水対策が課題であった。
（2）改善の目的	・ごみピット地下躯体からの漏水防止
（3）改善実施内容	・地下躯体（耐圧盤、耐力壁）を貫通するあらゆる仮設材を無くすため、構台計画を変更し、山留め工法にグランドアンカー工法を採用した。 ・外周壁の地下水範囲はノンセパ型枠工法を採用し、山留め壁には防水材を施工し、打継部には止水材を二重で施工した。 ・耐圧盤、耐力壁の打継位置を温度応力解析により決定した。 ・SMW面からの漏水ゼロで躯体打設をした。
（4）改善による効果 ・Q（品質）	・地下躯体からの漏水ゼロ
・C（コスト）	・当初計画に比べて止水対策はコストアップとなった。漏水した場合の対策は施設の運用上非常に困難になると考えての判断である。
・D（工期）	・－
・S（安全）	・－
・E（環境）	・－
・その他の効果	・－

海沿い埋立地でのごみピット地下止水対策

佐藤工業株式会社
田中　哲生

要　旨

本物件は、廿日市市が大竹市から一般廃棄物の広域処理場設置の申し入れを受け、廿日市市及び隣接する大竹市から排出されるごみを処理する清掃工場を建設する工事です。工期は準備工事7ヶ月、本体工事22ヶ月、試運転期間4ヶ月と全体で約33ヶ月と長く、稼動中の既存衛生センター（し尿処理施設）敷地内に建設する為、1日50台近く出入りする汲み取り車の搬出入ルートの確保が必要な工事でした。

当該敷地は、地下水位が高い海沿い埋立地に立地しているため、最深部がGL-9.7mと深いごみピット地下躯体からの漏水対策を重点管理項目と位置づけました。今回は漏水ゼロに向けて実施したさまざまな事項・工夫について報告致します。

工事概要

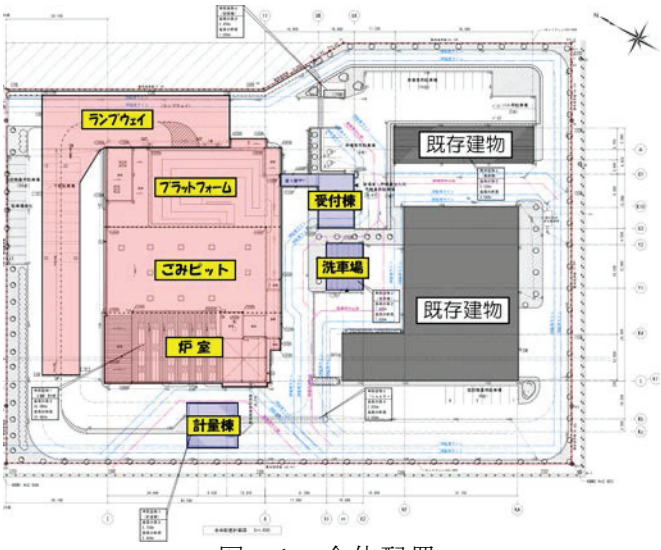
工事名称：次期一般廃棄物処理施設建設工事
発 注 者：廿日市市（元請：㈱神鋼環境ソリューション）
設 計 者：(株)神鋼環境ソリューション
監 理 者：(株)エイト日本技術開発
施 工 者：佐藤工業(株)　大阪支店
工　　期：平成28年7月8日～平成31年3月31日
敷地面積：17,157.71m²
建築面積：　4,943.19m²
延床面積：　9,604.72m²
構造規模：S造、一部RC造・SRC造
　　地上7階 地下1階
所 在 地：広島県廿日市市木材港南12番8号

1. はじめに

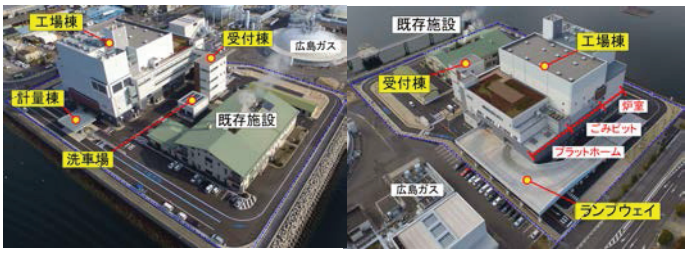
本工事は、工場棟（炉室+ごみピット+プラットホーム）と附属棟（受付棟、洗車場、計量棟、ランプウェイ）の建物で構成されており、工場棟はS造の炉室エリア、RC・SRC造のごみピットエリア、S・SRC造のプラットホームエリア、S造のランプウェイエリアの4工区に分け工事を行いました（図－1、写真－1）。

地下工事での止水対策の他、地上躯体工事でプラント機械先行搬入による、後施工躯体範囲の協議やプラント業者乗込み後の各種作業調整、ごみピットとの防臭・防塵・防音区画処理など、どれも時間と労力が掛かり、とても大変でした。

今回は重点管理項目とした海沿い埋立地における「地下躯体からの漏水ゼロ」に対する止水対策について報告致します。



図－1　全体配置



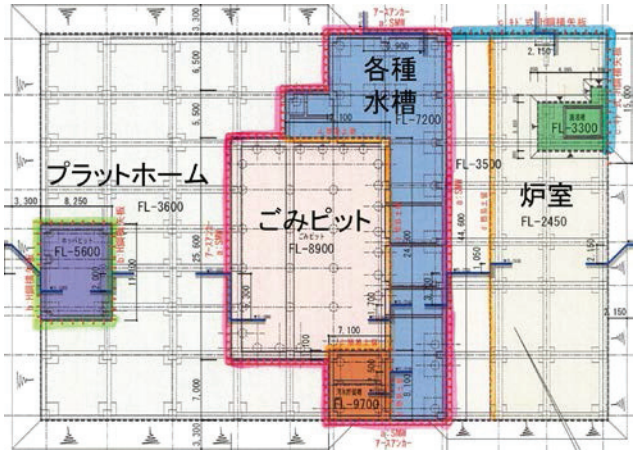
写真－1

2. 地下躯体工事の概要

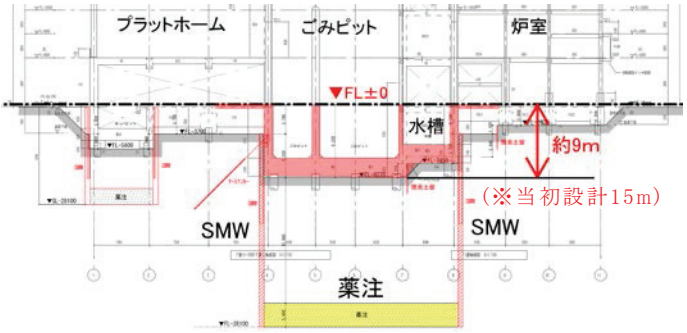
今回の地下躯体工事は、工場棟のごみピット部分で最深部が約9mと深く、沿岸部の埋立地の為地下水に対する工法の検討が必要でした。

また、全体工程でも最も時間の掛かるエリアがごみピット躯体であり、工程上でもごみピットの躯体上棟と、その後のごみクレーンセットが工事全体の重要なマイルストーンになっています。

地下躯体は主にごみピットと各種水槽エリアに分かれており、ごみピット部分の耐圧盤は厚さ2,300mm、耐力壁は1,100mmと大断面であり、コンクリートも水密コンクリート仕様となっています（図－2・3、表－1）。



図－2　平面計画



図－3　建物断面

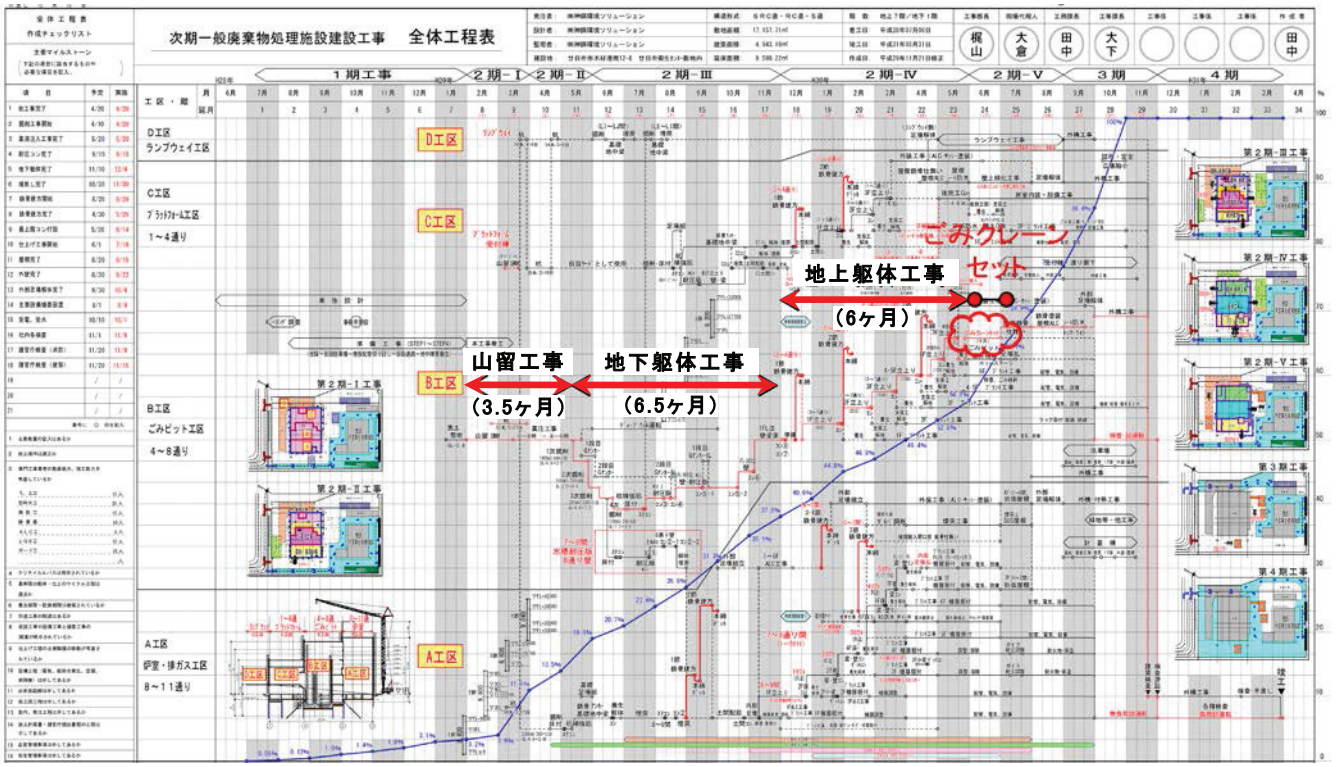
3. 止水対策検討事項

ごみピット地下躯体工事において、「躯体からの漏水ゼロ」にする為に、下記のような検討が必要でした。

- ボーリング調査（潮位、被圧水の調査）
- 構台の有無の検討
- 山留め、止水壁の工法検討
- 薬液注入工法の検討
- 山留め支保工の工法検討
- 山留め壁防水工法の検討
- 耐圧盤、耐力壁の温度応力解析による打継ぎ位置及び配合検討
- コンクリート打設管理
- コンクリート打継部の止水板の検討
- コンクリート打継部処理の検討
- コンクリート養生方法の検討
- ノンセパ型枠工法の検討

次項より、それぞれの検討事項について、その検討内容を記します。

表－1　全体工程表



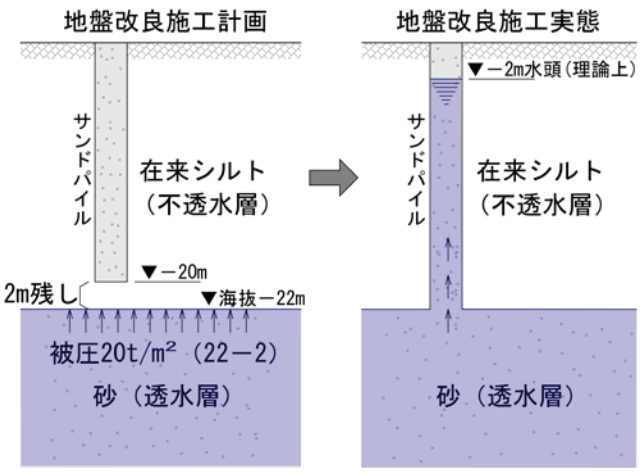
3.1　ボーリング調査

①潮位の調査

敷地内のボーリング調査16箇所によると、地下水位はFL-3.2～3.7m程度でした。準備工事中に試掘を行い、約3m辺りから地下水が出ることが確認されました。潮位表によると、満潮と干潮で約400cmの差がありましたが、掘削底の水位変化は約50cm程度の変化に留まっていました。

②被圧水の調査

当初計画では、SMW工法を不透水層まで施工し、ディープウェルで溜まり水の排水を予定していましたが、過去の地盤改良工事（他社施工）により不透水層を貫通して、サンドパイルを多数打設していたことが分かりました。元々被圧されていた不透水層の蓋がなくなったことで、被圧帯水層の水が地表付近まで上昇していた為、工法の再検討を余儀なくされました（図－4）。



図－4　地盤改良と被圧水水頭概念

3.2　構台の有無の検討

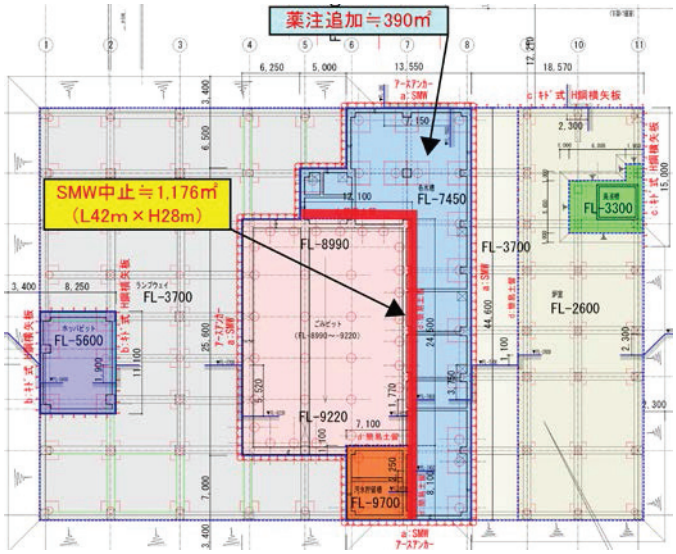
初期の計画では、ごみピット上部に構台を作りタワークレーン2機で計画をスタートしましたが、切梁と同様に耐圧盤を貫通するものをゼロにすべく、最終的には構台とタワークレーンをなくし、資材揚重は全てタワー式クローラクレーン3機にて行う事としました。

地下工事中は、プラットホームの掘削工事を遅らせることにより、鉄筋・型枠材のストックヤードとして構台の代わりに利用する計画としました。

3.3　山留（止水壁）、薬液注入の工法検討

初期の計画では山留めSMWの施工範囲はごみピットの四方と各水槽の外部面で不透水層までの打設を計画をしていました。ごみピット部分のみ掘削に伴い盤ぶくれが発生する為、バランスの取れる位置に薬液注入工法による遮水盤を形成する予定でした。

しかし被圧水の調査で、押さえとしての不透水層がなくなっていることが分かったので、ごみピット以外の水槽下部にも遮水盤を作ることになりました。その為、ごみピットと水槽をSMWで分ける必要が無くなりました（図－5）。



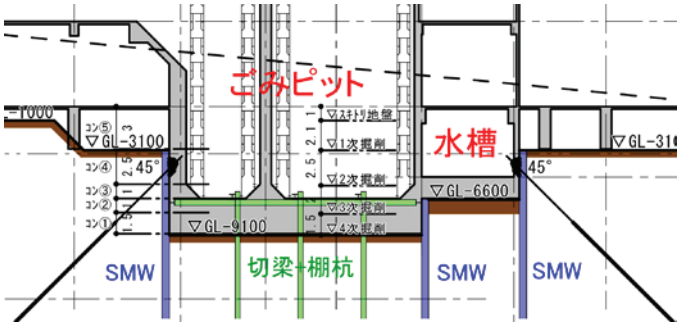
図－5　SMWと薬液注入の変更箇所

そもそも不透水層が無くなれば、盤ぶくれは生じませんが、地下工事をドライワークする為には、SMWの遮水壁と薬液注入による遮水盤が必要不可欠との判断に至りました。

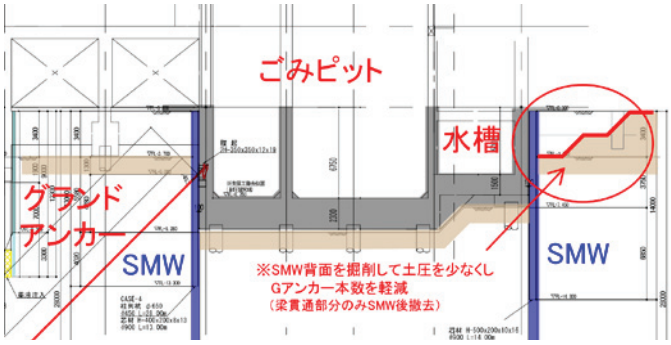
3.4　山留め支保工の工法検討

ごみピット部分の掘削が約9mとなり、山留め支保工は最大で3段必要で、当初は切梁とグランドアンカー併用で検討していましたが、耐圧盤を貫通する棚杭をゼロにする為、山留め支保工は全てグランドアンカー工法へ変更しました。

その際に、水槽部分は山留めが自立出来るようにSMW芯材の断面を大きくし、背面を掘削して土圧を少なくする対応をし、アンカー本数の軽減に努めました（図－6、7）。



図－6　山留め支保工計画（当初）



図－7　山留め支保工計画（変更後）

3.5　山留め壁防水工法の検討

ごみピットの外壁部分は、SMWによる止水壁がありますが、あくまで仮設なので将来的には全て地下水が廻ってきます。その為、設計図には記載がありませんが、元請とも協議し外壁外部に防水材の施工をすることで計画を進めました。

防水工法の選定基準として

①地下空間作業での「施工の安全性」確保

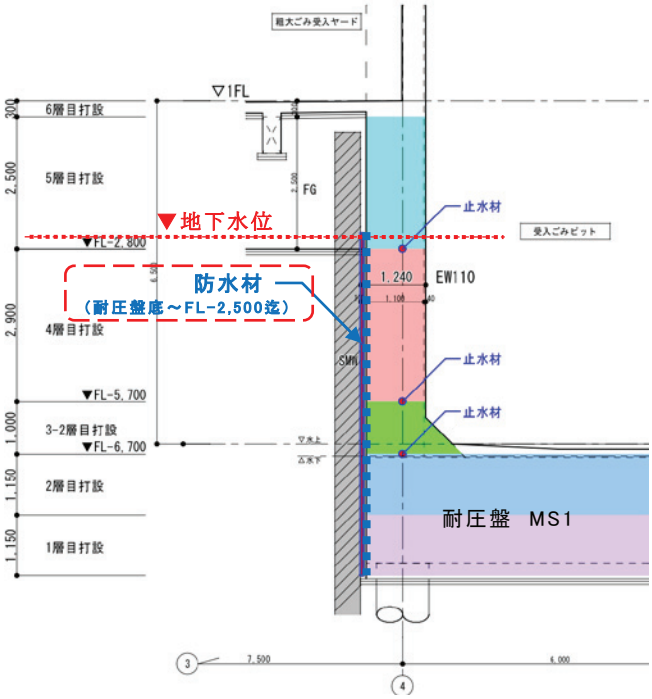
②地下水圧、土圧に耐え得る「防水層の信頼性」

③そして何より「後打ちCONへの水密接着性能」

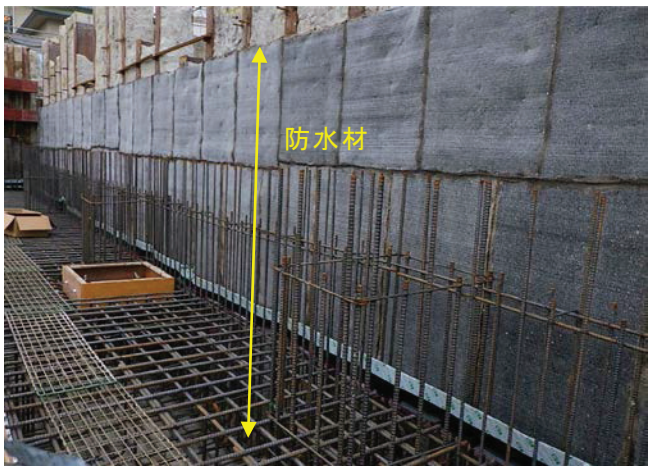
この3点を踏まえて検討をした結果、ナトリウム型ベントナイト地下防水材を使用することとしました。

決定した一番の理由は、常に地下水が滞留する状況で水分に反応してゲル状の防水層を形成し、その膨潤作用により、クラックも塞ぐことが期待出来たからです。それと作業性も釘のみでSMW面に固定するだけなので、工程的にもメリットがありました。

施工範囲は耐圧盤底から、地下水位より少し上のFL-2,500迄としました。



図－8　山留め壁防水施工範囲



写真－2　山留め壁防水施工状況

3.6　耐圧盤、耐力壁の温度応力解析による打継ぎ位置及び配合検討

ごみピット耐圧盤（MS1）は厚さが2,300mm、耐力壁（EW110）は厚さが1,100mmと断面が大きく、打設時期も夏季で条件が悪く、打設後の温度ひび割れによる漏水を防ぐ為、温度応力解析を行いました。

コンクリートの配合については、水密コンクリートとしての水セメント比50％以下の制限があるので、配合は呼び強度30N以上での計画となります（表－2）。

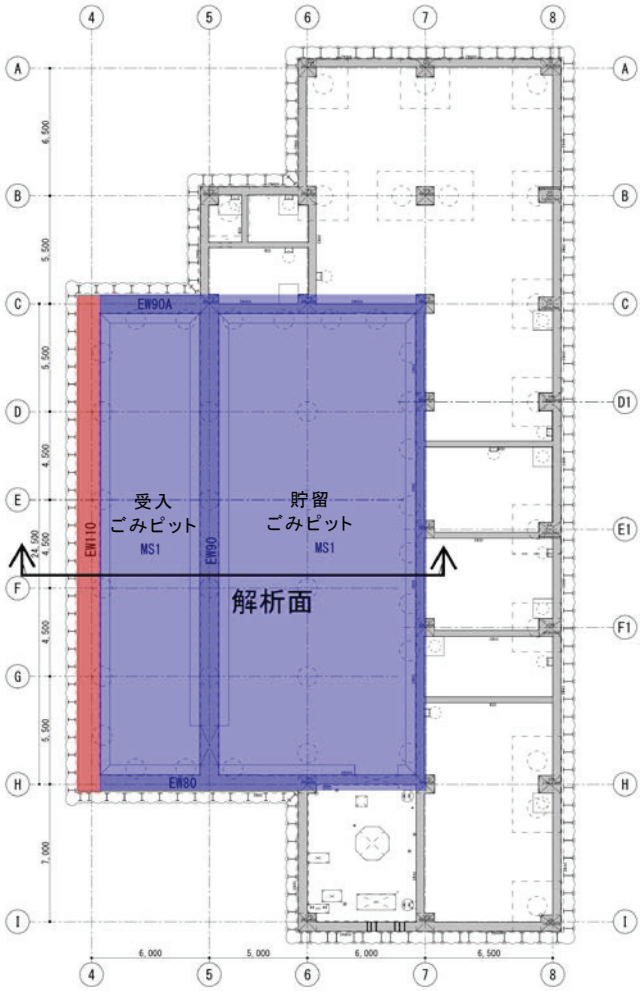
低熱セメントや高炉セメントなどの使用も検討しましたが、いずれもコストUPが大きい為、採用しませんでした。

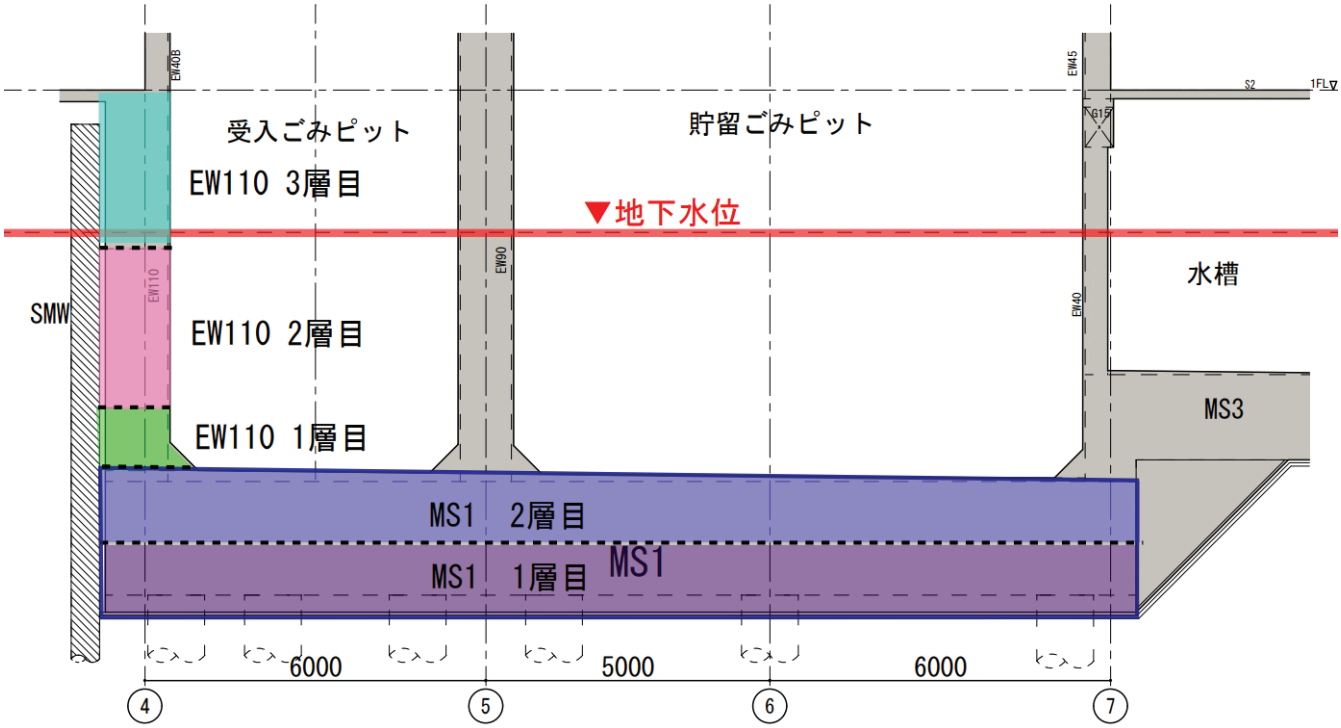
表－2　コンクリートの配合

コンクリートの調合

打設箇所	呼び強度 (N/mm²)	スランプ (cm)	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)					
						C	W	S1	S2	G1	Ad※
MS1	33	12	N	46.0	43.9	376	173	299	466	1004	3.01
EW110	30	15	N	50.0	46.5	340	170	428	439	938	2.35

※混和剤について、MS1に打設するコンクリートではAE減水剤、EW110に打設するコンクリートでは高性能AE減水剤を使用している。





図－9　解析位置（MS1、EW110）

3.6.1　解析条件　　（表－3、図－9、10）

基本となる解析条件を下記に示します。

・耐圧盤MS1は2回で打設

1層目高さH=1,150mm

2層目高さH=1,150mm

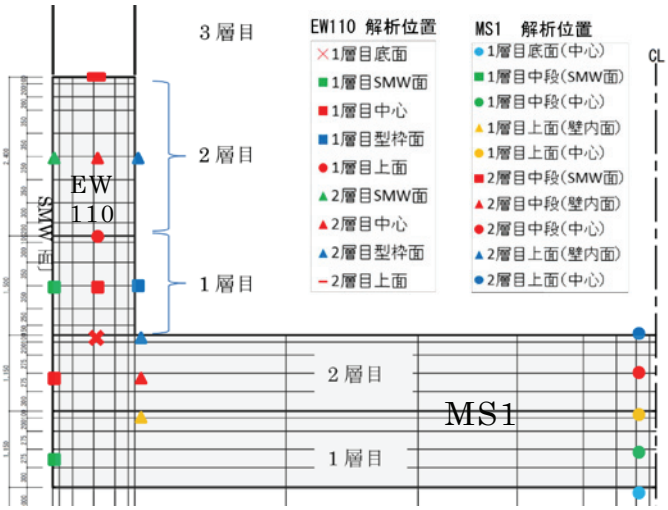
・耐力壁EW110は3回で打設

解析は最も不利な1、2層目までとする

1層目＋2層目高さは下表①～④で検討

表－3　解析条件

項目	内容
設計基準強度	MS1　27N/mm² EW110　24N/mm²
打設予定日	耐圧版（MS1） 1層目：H29.8.19　2層目：H29.8.20（連日打設） 壁（EW110） 1層目：H29.9.6　2層目：H29.9.30
強度補正値と呼び強度	MS1 S値＝6N/mm²　呼び強度＝33N/mm² EW110（1層目） S値＝6N/mm²　呼び強度＝30N/mm² EW110（2層目）※ S値＝3N/mm²　呼び強度＝30N/mm² ※水密コンクリートの適用場所に該当しており、呼び強度＝Fc＋S 値＝24＋6＝27N/mm² の調合では水セメント比 50%以下という規定を満足しないため呼び強度＝30N/mm²とする。
セメント	普通ポルトランドセメント（N）
調合概要	MS1 W/C=46.0%　W=173kg/m³　C=376kg/m³、スランプ＝12cm EW110 W/C=50.0%　W=170kg/m³　C=350kg/m³、スランプ＝15cm
解析対象部位寸法	MS1　幅＝18,250mm、高さ＝2,300mm、長さ＝25,500mm 1層目高さ＝1,150mm、2層目高さ＝1,150mm EW110　幅＝1.240mm、高さ＝3,700mm、長さ＝25,500mm ①1層目高さ＝1,500mm、2層目高さ＝2,700mm ②1層目高さ＝1,200mm、2層目高さ＝2,700mm ③1層目高さ＝1,100mm、2層目高さ＝2,800mm ④1層目高さ＝1,000mm、2層目高さ＝2,900mm



※耐圧版は解析面を左右対称とみなし部材断面の半分を解析

図－10　解析対象の要素分割（MS1、EW110）

3.6.2　解析結果の判断方法

解析条件で計画した打設分割で解析を行い、漏水につながる「貫通ひび割れ」が生じないことを確認しました。

3.6.3　MS1の温度応力解析結果

夏季における連日打設（8/18、19）と中1日、中2日の3ケースについて解析を行いました。

その結果、連日打設でも耐圧盤を鉛直方向に貫通するような有害な温度ひび割れの発生はないとの結果（部分的には温度ひび割れは発生）でしたが、中１日、中２日と打設間隔を置くことによって、部材中心部と上面の温度差は、連日打設の場合と比較して小さくなり、温度ひび割れの発生の確率はより低くなることが分かりました。

その為、工程の許す限り打設間隔を置くことで計画変更し、中5日（8/18、8/24）で打設を行いました。

3.6.4　EW110の温度応力解析結果

EW110の1層目の打設は、2層目のノンセパ型枠の施工性を考慮して出来るだけ高くしたかったので、1層目の高さを変えて温度解析を行った結果を下記に示します。

①1層目高さ 1,500mm → NG※ひび割れ発生
②1層目高さ 1,200mm → NG※ひび割れ発生
③1層目高さ 1,100mm → OK（採用）
④1層目高さ 1,000mm → OK

③④では表面部に施工上の欠陥がない場合、部材を貫通するような有害な温度ひび割れの発生は無いとの結果でした。

3.7　コンクリート打設管理

温度応力解析により、耐圧盤と耐力壁の打継位置が決まり、それに合わせて全体の打継計画を図－11の様に計画しました。耐圧盤は2層、耐力壁は3層に分けて、ごみピット地下躯体だけで11工区に分割し、ポンプ車1台当たり250～350m³をMAXとしました。

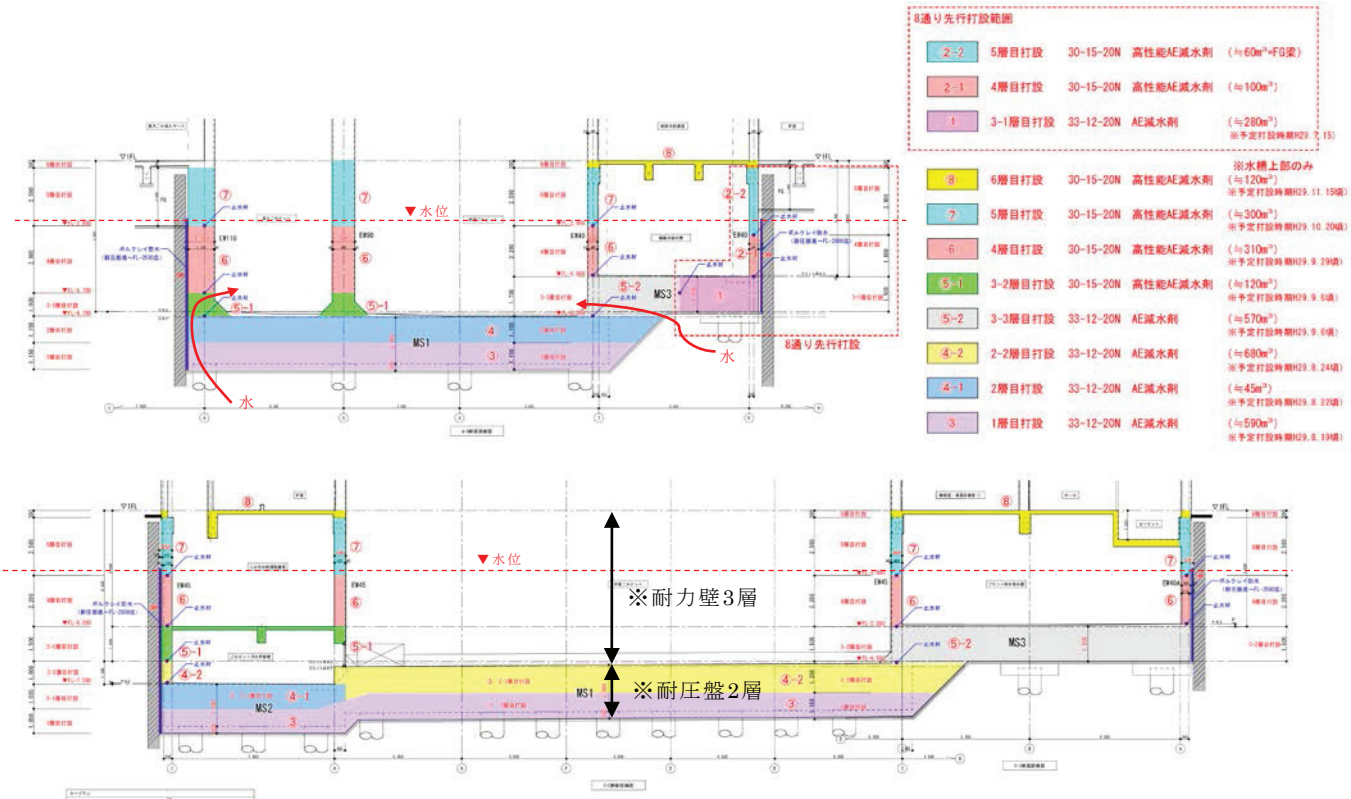
特に地下水位のFL-2,500以下においては、コールドジョイントやじゃんかは漏水の原因となる為、下記項目を重点的に管理しました。

・筒先からのコンクリート状況の目視確認
・たたき位置の指示管理
・打ち重ね時間の限度90分の徹底（夏季）
・職員による時間測定
・打設直後の打継止水板状況の確認
・湧水のある状況での打設禁止

一部SMW面のクラックからの漏水もあった為、止水処理（グランドアンカー跡、鉄板溶接部）を確実に実施してからの打設としました(写真-3､4)。

写真－3　SMW面水処理（Gアンカー跡）

写真－4　SMW面止水処理（鉄板溶接）



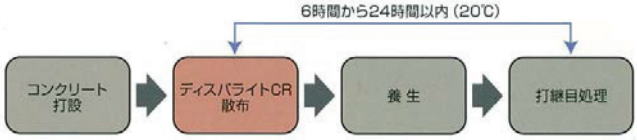
（※耐圧盤2層、耐力壁3層での打設とした）

図－11　ごみピット打設リフト計画

3.8　コンクリート打継部処理と止水板の検討

3.8.1　打継部処理

打継部の処理については、レイタンス処理が最も重要と考え、散布型のレイタンス処理剤を使用しました（図－12）。



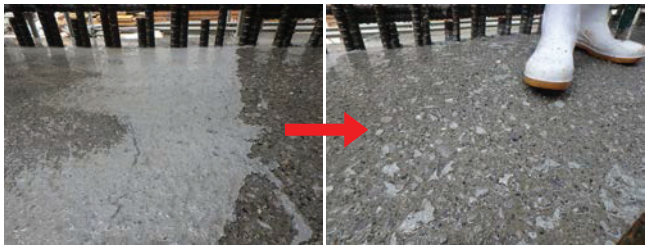
図－12　レイタンス処理剤使用フロー

打設後にジョウロ散布（2倍希釈液600g/㎡）を行い、翌日高圧洗浄機を使用して表面のレイタンスを除去しました（写真－5、6）。

使用材料

・水平打継目処理用散布型

写真－5　レイタンス処理状況



写真－6　レイタンス処理前後

3.8.2　打継部止水材

打継部分には、止水板の打込みが設計図でも記載されていました。使用材料の選定では、施工のし易さと打設時の管理のし易さについて検討し、下記の2種類の止水材を併用することとしました。

使用材料

・反応接着型非加硫ブチルゴム系

　※コンクリート打設前の取付（写真－7）

・水膨潤性止水ゴム

　※コンクリート打設後の取付（写真－8）

写真－7　反応接着型非加硫ブチルゴム系止水板

止水材は地下水位でごみピットの外壁、水槽の外壁、それと水槽のごみピット面に設置しました。

止水板（反応接着型非加硫ブチルゴム系）については打設時にコンクリートに押されて倒れやすく、打設中に形状修正を行い適正な位置に打込むように管理しました。

止水材（水膨潤性止水ゴム）については、レイタンス処理後に止水板の内側に取付け、補助的な役割での設置を目的としました。

写真－8　止水材（水膨潤性止水ゴム）

3.9　コンクリート養生方法の検討

地下躯体工事期間が夏季～秋季であった為、コンクリートの養生方法は湿潤養生を第一に考えました。

マスコンクリートとして考えると、内部温度が上昇している期間は、コンクリート表面部の温度を急激に下げてはいけませんが、気温の高い夏季であったので、水分の急激な発散によるクラックを防ぐ事を優先し、散水により常に湿潤に保つように計画しました。

さらに急激な気化熱での温度低下を避ける為、シート等を被せて外気に晒さないようにしました（写真－9、10）。

型枠のせき板存置期間は、標準仕様書通り圧縮強度が5N/mm²以上としましたが、工程の許す限り、存置期間は長く取るように計画しました。

写真－9　ごみピット耐圧盤湿潤養生

写真－10　水槽耐圧盤湿潤養生

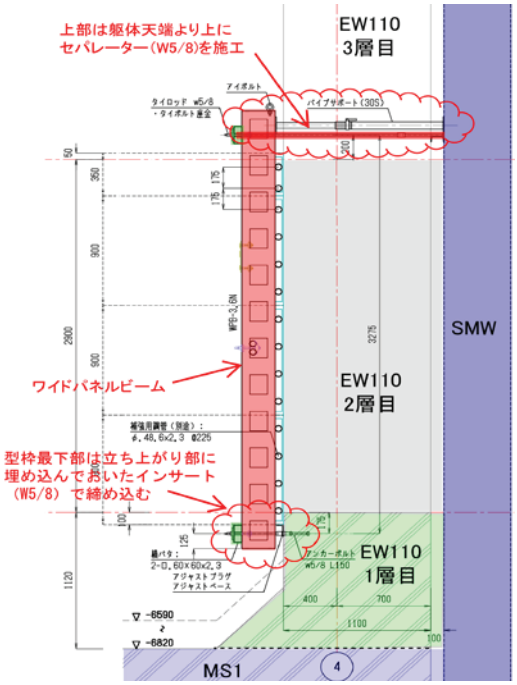
3.10　型枠ノンセパ工法の検討

ごみピット、水槽の地下外壁の施工では、型枠に使用するセパレーターが漏水の一因となります。

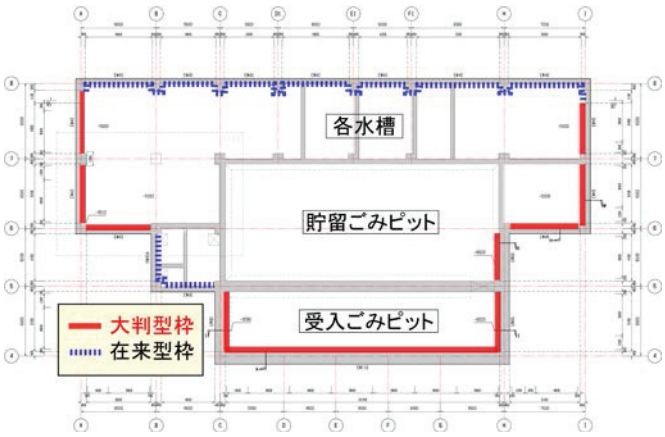
止水リング付の製品もありますが、セパレーター下に空隙が発生する可能性があり、不安が残ります。

この対策として、漏水の一因となるセパレーターを使用しない工法を検討しました（地下水位範囲のみ）。

大版壁型枠では海外メーカーの製品が多数ありますが、今回は上部への転用が無いため大掛かりなシステム型枠はコスト高となる為、採用を見送りました。国内の仮設材で探した結果、国内メーカーの「ノンセパ型枠工法」で計画することに決めました（図－13、14）（写真－11～18）。



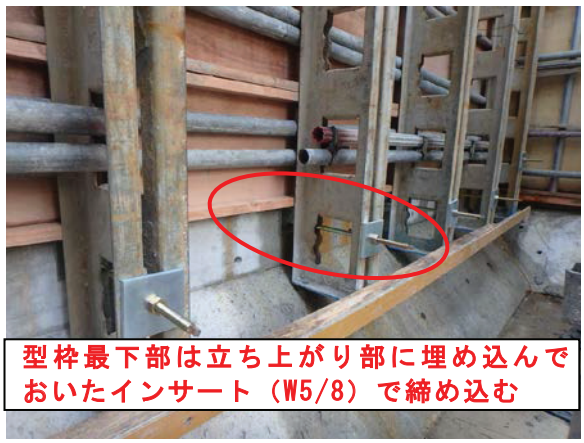
図－13　ノンセパ型枠断面計画



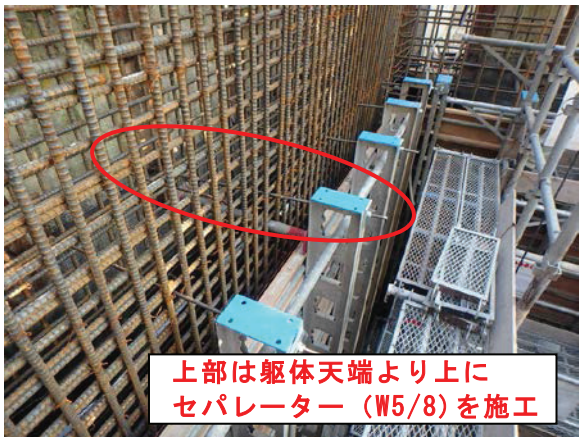
図－14　ノンセパ型枠使用範囲

写真－11　型枠下部アンカーボルト

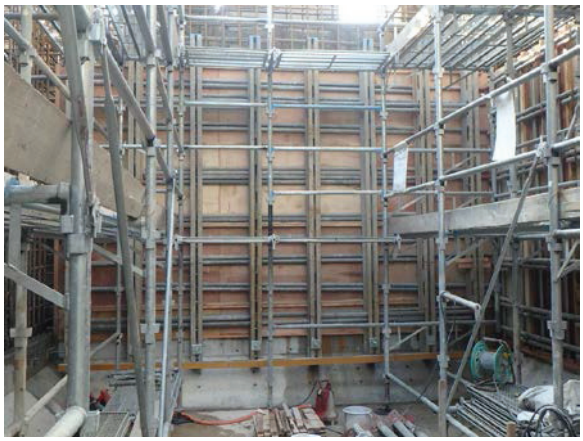
写真－12　大版型枠地組み状況



写真－13　型枠下部アンカーボルト

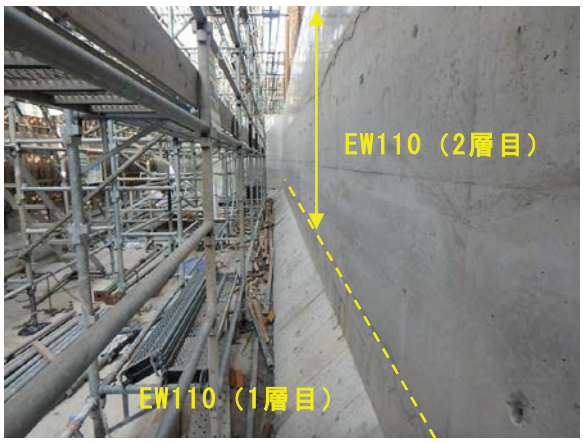


写真－14　型枠天端ボルト

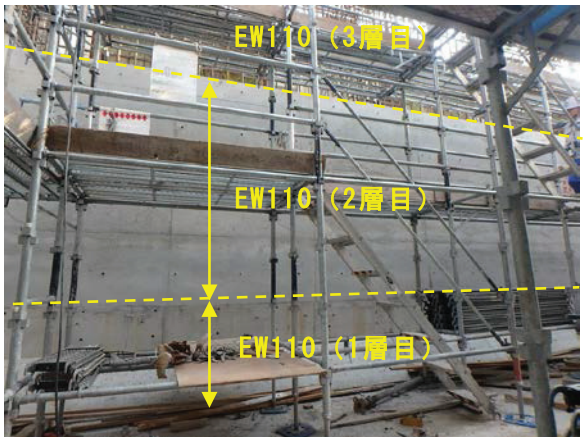


写真－15　大版型枠（ごみピット外壁）

写真－16　大版型枠（水槽外壁）



写真－17　脱型後の仕上り状況



写真－18　脱型後の仕上り状況

4. 最後に

今回、地下躯体からの漏水ゼロを目標に、仮設工事から打設までの各種止水対策を複数組み合わせたことにより、試運転調整時にはごみピット及び水槽の耐圧盤、耐力壁からの漏水ゼロで検査を受けることが出来ました（写真－19、20）。

元請、廿日市市の検査では、漏水が無いのはもちろんですが、躯体のクラックがほとんど無いことにより非常に高い評価を頂きました。

本稿が清掃工場だけでなく、今後の地下躯体工事での漏水防止の参考になればと思います。

写真－19　ごみピット完成状況1

写真－20　ごみピット完成状況2

3. 駅舎新設工事における工期短縮と業務効率化

社名：㈱大林組
氏名：高見　朋宏

事 例 概 要

項　　目	内　　容
1. 工事概要	
（1）工事名称	品川新駅（仮称）新設他工事
（2）規模（延床面積、階数）	延床面積：5，252㎡、地下1階、地上3階
（3）用途	駅舎
（4）主要構造	S造
（5）建設地	東京都港区
（6）施工期間	2016年9月　～　2020年2月
（7）工事費	9，700（百万円）
（8）設計者	東日本旅客鉄道㈱、㈱JR東日本建築設計 （デザインアーキテクト）隈研吾建築都市設計事務所
2. 改善概要	
（1）問題点・背景 （施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況）	・中央に1，000㎡の吹抜を有する大屋根を構築するに当たり、建築工事以外の土木・軌道・電車線工事と調整の上、プロジェクト全体の工程を厳守する必要があった。 ・営業線近接工事等条件下で、施工難易度とデザイン要求の高い大屋根形状を施工しなければならなかった。
（2）改善の目的	・関連工事の並行作業を実現する。 ・設計打合せでの合意形成を早める。 ・膜上工事の安全性を確保する。
（3）改善実施内容	・ホーム杭と吹抜構台杭を兼用し、上下作業を可能にする構台計画…① ・デジタルモックアップ、足場計画にBIMを活用…② ・膜屋根上部に通路足場を架設…③
（4）改善による効果	
・Q（品質）	・BIMによるデジタルモックアップで細かなデザインを実現…②
・C（コスト）	・ホーム杭と吹抜構台杭を兼用することで、仮設構台工事費20%の削減…①
・D（工期）	・上下作業が可能となり、下部軌道工事着手が5ヶ月前倒し…① ・設計打合せにBIMを用いることで、もの決め工程を厳守…②
・S（安全）	・BIMで足場計画することで、斜材との干渉が回避でき、安全な足場を架設…② ・膜屋根上の足場により、作業の安全性を確保…③
・E（環境）	・－
・その他の効果	・類似物件からのフィードバックを実施工に生かすことができた。

駅舎新設工事における工期短縮と業務効率化

株式会社大林組　東京本店
高見　朋宏

1　はじめに

当プロジェクトは、西日暮里駅の開業以来49年ぶりとなるＪＲ東日本山手線の30番目の新駅で、品川開発プロジェクト「グローバルゲートウェイ品川」の中核となる。2020年暫定開業、2024年本開業を予定している。隈研吾氏によるデザインで、日本の伝統的な折り紙をモチーフとした大屋根、障子をイメージして「膜」や「木」等の素材を活用している（図-1、図-2）。敷地は品川駅より0.9km、田町駅より約1.3kmに位置するＪＲ品川車両基地跡である。東海道線上りの営業線近接工事となり、工事中に2度の線路切換を実施するため安全に配慮した計画が必要となる。

新駅暫定開業後にＪＲ東日本による13haの品川開発プロジェクト、品川駅北口広場やリニア中央新幹線関連など、品川駅周辺の大規模かつ多数ある地区計画の先駆け的な工事である。

図-1　鳥瞰パース

図-2　外観パース

2　工事概要

工事名称：品川新駅（仮称）新設他工事　（駅名称：高輪ゲートウェイ駅）
工事場所：東京都港区港南（ＪＲ品川車両基地跡地）
発注者：東日本旅客鉄道株式会社　東京工事事務所
設計：東日本旅客鉄道株式会社　東京工事事務所
　株式会社ＪＲ東日本建築設計
　隈研吾建築都市設計事務所（デザインアーキテクト）
監理：東日本旅客鉄道株式会社　東京工事事務所　品川プロジェクトセンター
　株式会社ＪＲ東日本建築設計
施工：大林組・鉄建共同企業体
建物用途：駅舎
工期：2016年9月5日～2020年2月28日（東京オリンピック前の暫定開業）
構造規模：鉄骨造　地上3階、地下1階
建築面積：5,525.95㎡
延床面積：5,252.96㎡（申請上）、7,315.76㎡（実施）
ホーム形態：線路別島式2面4線（山手線、京浜東北線）

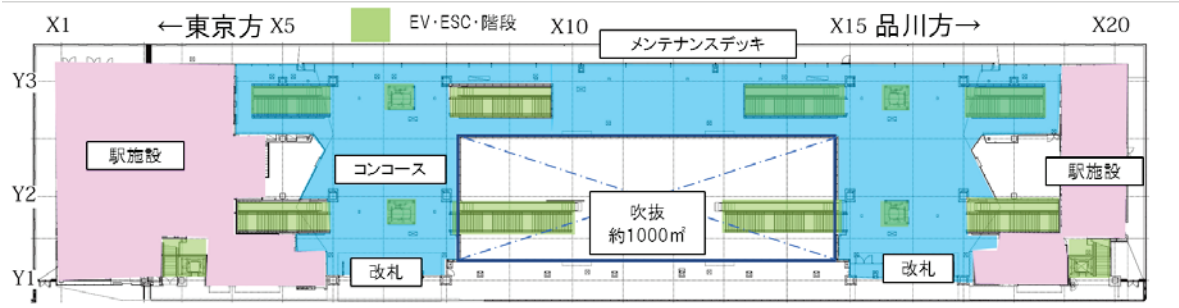


図-3　コンコース階平面図

3　前提条件および問題点

(1) 全体工程

土建一体の工事受注で、土木工事の工事範囲は列車荷重を受ける基礎を含むホーム床上げ・軌道下改良路盤工までで、2016年9月に着手した。建築工事は2017年2月に着手し、2020年春に暫定開業させる。

中央に1,000㎡の吹抜を有する大屋根を構築するに当たり、吹抜の覆工～大屋根の施工を土木・軌道・電車線工事など他系統との工程を調整しプロジェクト全体の工程を厳守する必要があった（図-3、図-4）。

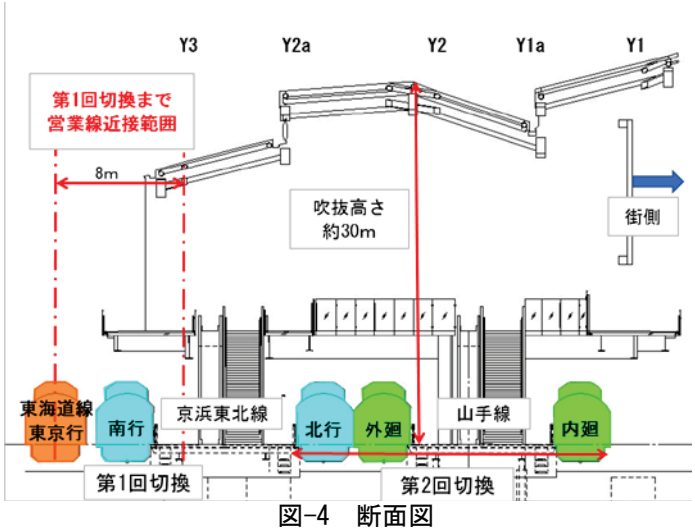


図-4　断面図

2018年6月に第1回切換として京浜東北線南行を、2019年秋に第2回切換として残りの線路切換が予定されている。また、10t 車・トレーラーによる搬入出は山手線・京浜東北線の夜間線閉作業にて行い、月に17日程度しかできない条件であったため、鉄骨工事においては資材搬入がクリティカルとなった。

(2) 特徴的なデザイン

隈研吾氏による設計で、折り紙をランダムに折ったような膜屋根は見上げると「障子」を連想させる柔らかな光と木を感じる大きな吹き抜け空間である。開口部にはヨーロッパの駅舎で見られるETFE膜、内部は杉材、外部はアコヤ材などの天然木、上部には木調のアルミパネルを採用し、凸凹に張る「大和張り」で陰影がでるようなデザインとなっている。床材には木調タイルt20で、コンコース階においては600×1200の大判タイルとなっている。ホーム階も木調タイルでＪＲ東日本の駅としては初めての試みとなる。仕上げ厚を極力薄くし、先端を出す納まりが多く、施工においては非常に苦労する部分である。実物大モックアップをこれまで6回製作し、隈研吾氏立会い確認の上、決定に至った（写真-1）。

写真-1　モックアップ

(3) 大屋根の形状

最大の特徴である大屋根は中央を 57m×28m の無柱空間で12本の柱からそれぞれ4本ずつのびる斜柱と5列の大梁(ボックス梁B600×D1000)がピン接合されている。大梁間はH型鋼に集成材をはめ込んだ「木鋼ハイブリッド」でつながれ、その上部は鋼管鉄骨で膜材を受けている。

膜屋根は長手方向に4枚で構成され、X方向・Y方向ともに角度を持ち、再現期間500年膜屋根設計用風荷重（最大－5.6kN/㎡）のため、膜受け鉄骨が2.1mピッチと間隔が狭くなっている。一部縦方向の開口部が有り、変形性能や安全性を考慮し、ETFE 膜（フッ素樹脂フィルム t＝0.5μmm 二重張りの間に乾燥空気を送り込み、強度・形状を保持している。）が採用されている。膜の形状が不整形のため膜間の雨仕舞は金物工事にて納めている。また、鉄骨部の塗装仕様は、東京スカイツリーと同様の重防食塗装で耐用年数25年となっている（写真-2）。

表-1に施工フローを示すが、鉄骨・膜屋根施工後も難易度の高い施工計画が必要であった。

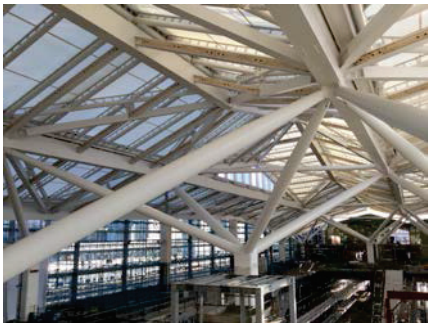
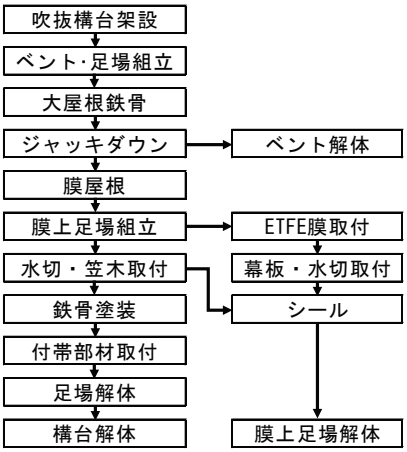


写真-2　大屋根鉄骨

表-1　施工フロー



4　計画および実施

(1) BIMの活用

ｉ）デジタルモックアップ・3Dプリンターの作成

設計打合せにデジタルモックアップを採用することで､細かな納まりや見せ方などの確認やもの決め工程を厳守できるようにした。具体的には軒天木パネルの方向（図-5)、ETFE送風管のルート案や大屋根鉄骨の構造接合部分（図-6)、金属屋根の勾配・軒天アルミパネルとの納まり、などの検討である。デジタルモックアップの作成は意匠面では当社PDセンター、大屋根部分は複数の協力会社で行なった｡各社で作成したBIMデータはWEB上のクラウドサーバーで一括管理した（図-5、図-6)。

また、大屋根の鉄骨・膜・樋などの取合いが一番複雑な部分では、デジタルモックアップをもとに3Dプリンターによる模型を作成し、納まり・施工の検討を行なった（写真-3)。

図-5　軒天木パネル方向検討

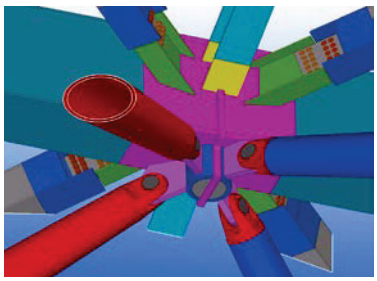


図-6　接合部納まり検討

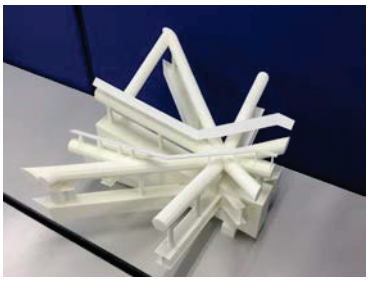
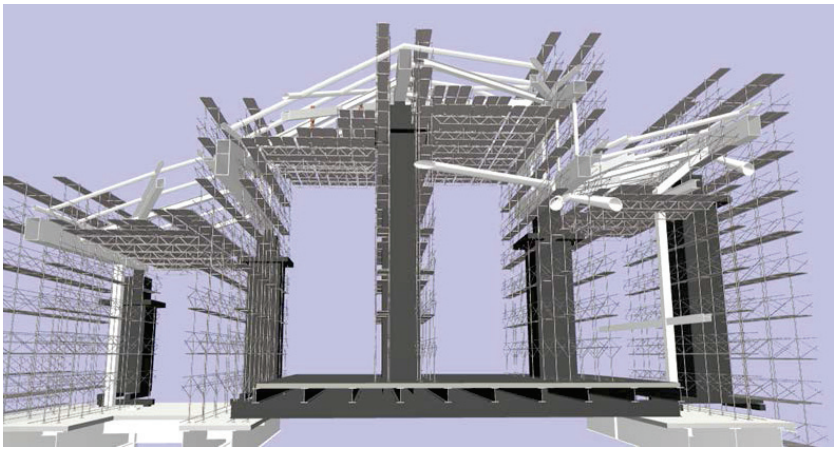


写真-3　3D模型

ⅱ）足場計画

足場計画の前提条件は、X・Y 方向の両勾配に対応でき、膜施工時に 2.1m 間隔で作業床が必要なことであった。そのため屋根形状に合わせ、くさび式足場の全面ステージを計画した。大梁の両側に組立てた足場から 3 スパンの梁枠を架設、梁枠のピンに支柱を取付けステージングすることで高さを調整できるようにした。詳細計画において BIM を使用し、ステージ上で上向き溶接するために作業床レベルの調整や斜柱など構造体との干渉の確認などを行なった(図-7)。



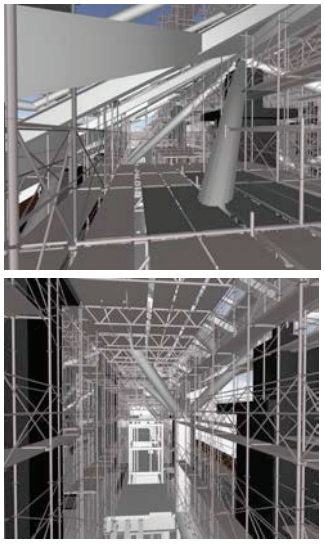


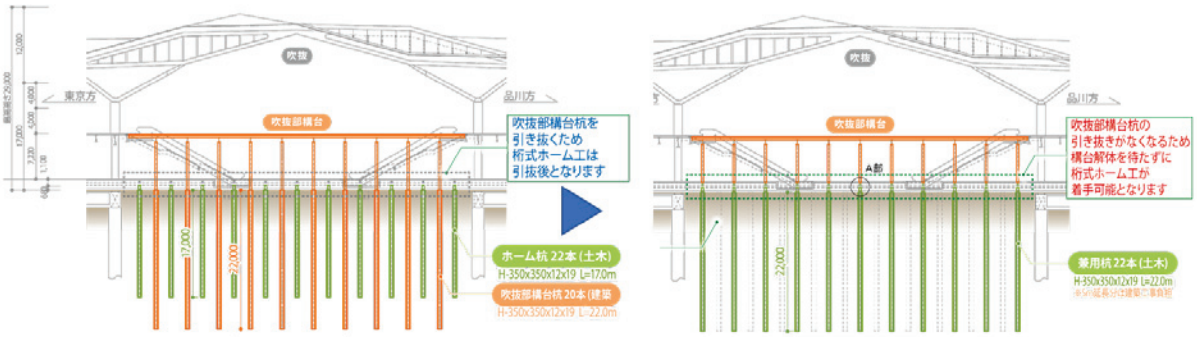
図-7　足場計画

（上:全体、右上：ステージ上作業高さ検討、右下：部材干渉検討）

(2) 大屋根鉄骨施工計画・実施報告

ⅰ）吹抜覆工計画

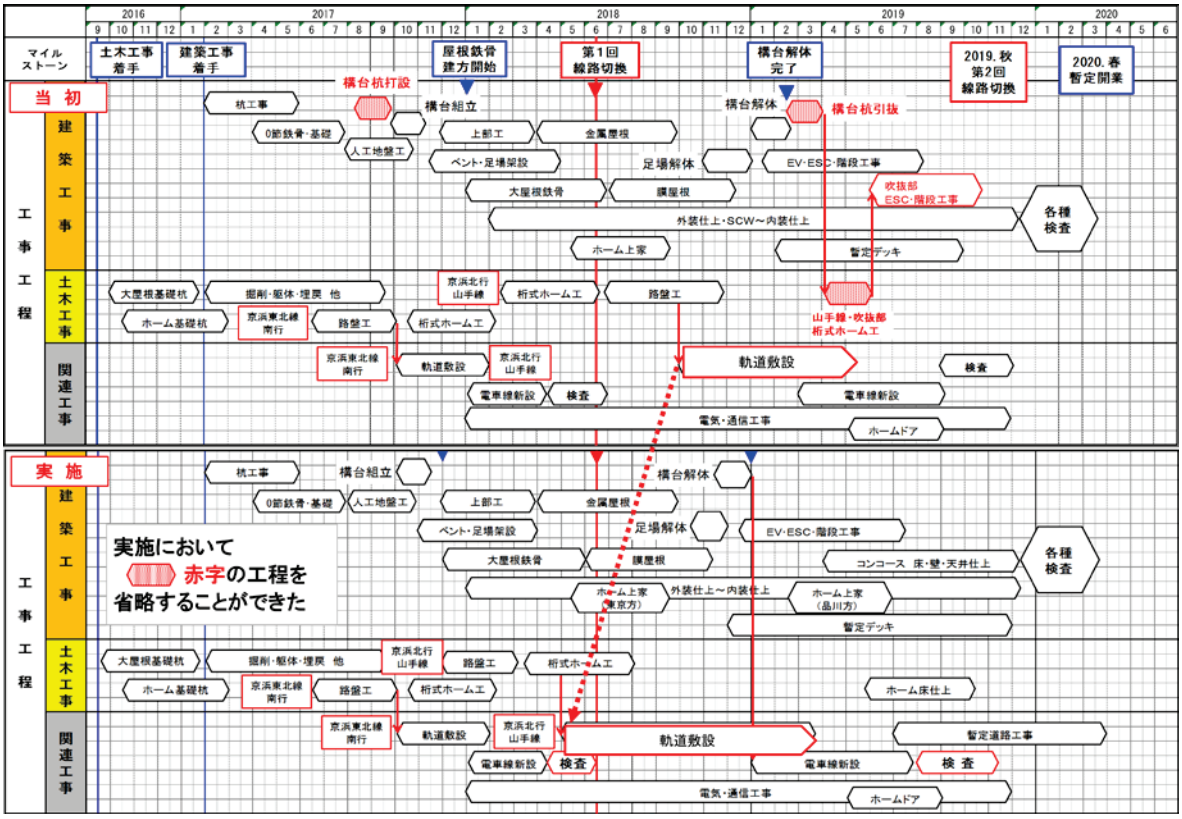
大屋根鉄骨部材を仮受けするために、中央の吹抜を全面覆工する必要があった。技術提案の際の VE 案として、土木のホーム杭と吹抜構台杭を兼用することを提案し、採用された（図-8)。原案においてはホーム杭に影響の無い範囲に構台杭を打設し、構台解体後に引き抜く計画となっていた。そのため、構台解体後に構台杭の引き抜きと山手ホームの構築の工程が発生してしまうが、構台杭を兼用することで山手ホームの構築～軌道工事が早期に着手できるようになった（表-2)。構台杭兼用となる土木のホーム杭は荷重を考慮し設計時点で延長し、支柱脚部はホーム桁に曲げ応力が伝わらないようにピン接合とした。当初工程案と実施工程案を示すが、軌道工事着手を 5 か月前倒しすることが可能となり、構台解体後の、吹抜部のホーム工～階段・ESC 工事が先行して施工することができた。軌道工事は専門業者が限られ、他プロジェクトとの労務調整も必要であったため、着手が前倒しできたメリットは他のプロジェクトの工程にも良い影響があった。



原案　　ＶＥ案

図-8　構台杭兼用案比較

表-2　全体工程表（上：当初案、下：実施）



構台は 2 階人工地盤鉄骨梁上に取付けた束材にのせる構造とし、EV・ESC 開口の覆工をスロープでつなぎミニクレーン・フォークリフト等の作業動線となる計画とした（写真-4、図-9）。

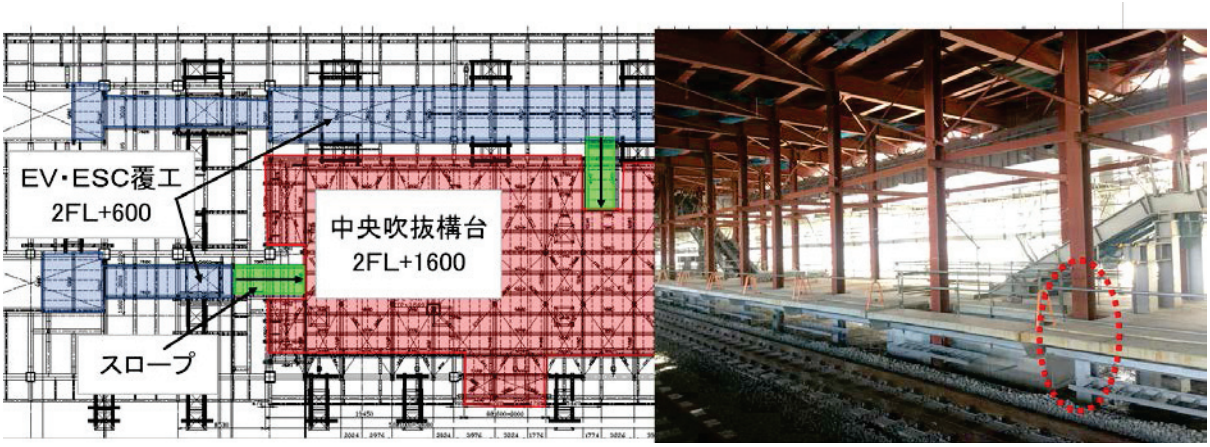


写真-4　構台下部　構台杭兼用部

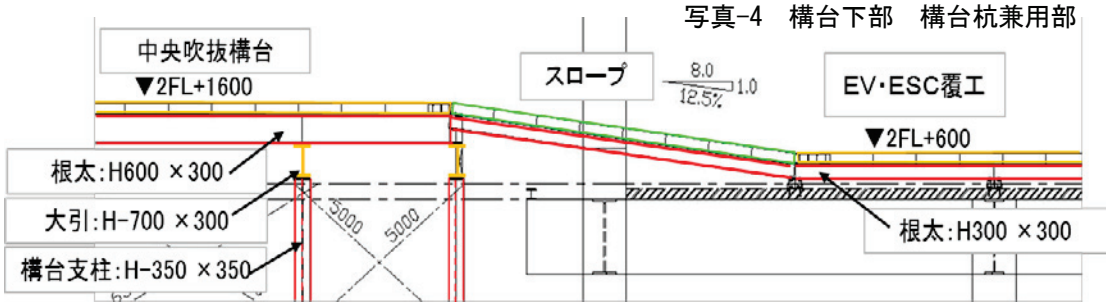
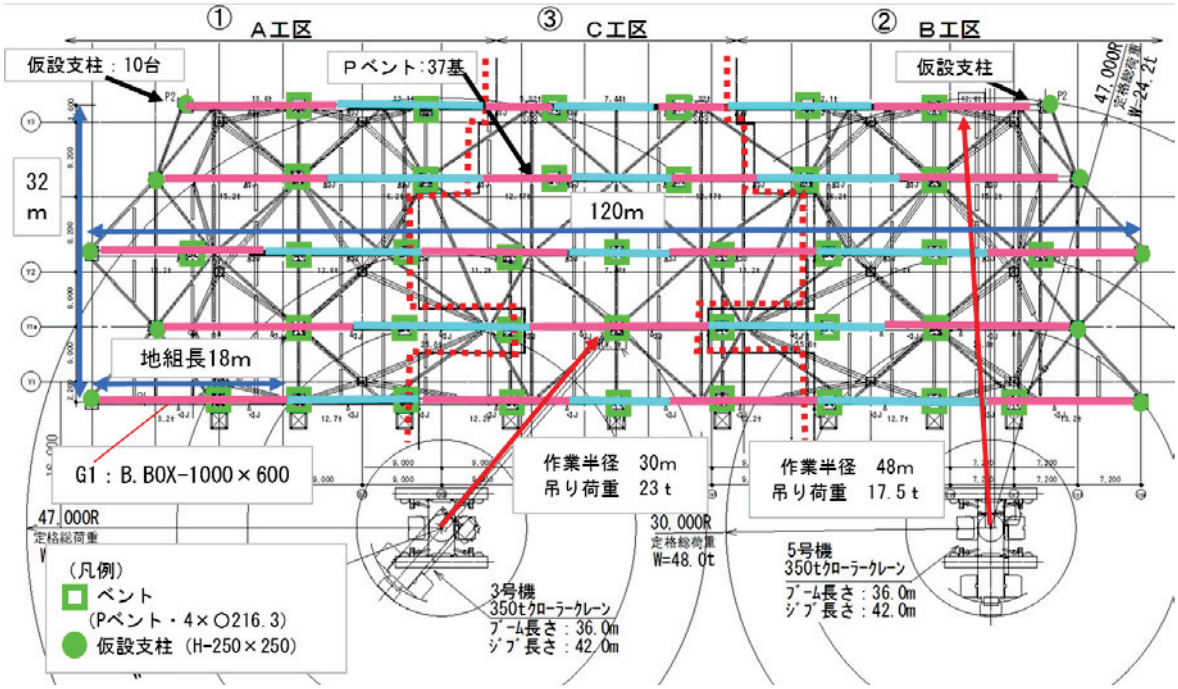


図-9　吹抜構台計画

ⅱ）鉄骨建方・ベント設置計画

鉄骨建方は仮受けベント工法とし、人工地盤レベルに 37 基のベントと端部に仮設支柱 10 基を設置した（写真-5）。鉄骨部材は夜間搬入し、大梁を地上で地組し、長尺大梁とすることでベントの数を減らした。地組作業は、架台上で通りを出すために梁を横倒しにし、上向き溶接を行なうことから作業性を配慮し、架台高さを 1.2m とした（写真-6）。

写真-5　ベント・足場組立状況



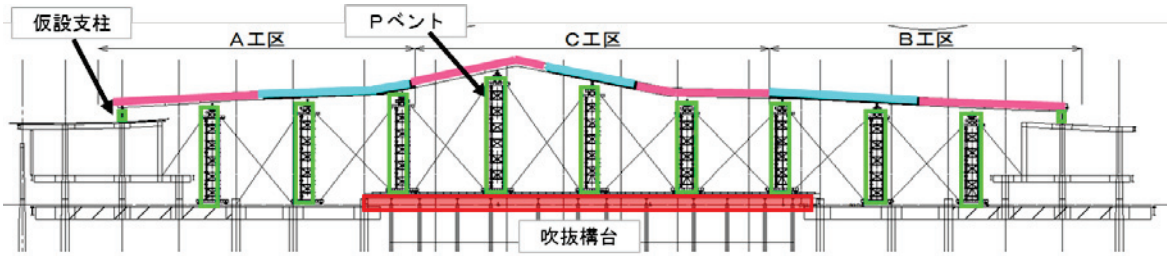


図-10　大屋根鉄骨建方計画

鉄骨建方は 2 台の 350t クローラクレーン（ブーム長さ：36m、ジブ長さ：42m）を使用した。営業線に近接しているため、地組した大梁を一方のクレーンで取付け、ワイヤーを外さずに、もう一方のクレーンで斜柱の取付を行ってから、両方のワイヤーを外すこととし、柱と梁を連結させることで安定した形状となる建方計画とした（図-10、写真-7）。そのため建方手順は柱のある両端の A、B 工区、中央の C 工区の順に建方を行なった。斜柱･閉合部大梁の取付はクリアが少ないために、斜柱にバネ式裏当金、C 工区大梁の閉合部分をルーズホール式裏当金（写真-8）とし、ルートギャップ分の長さを確保するようにした。

実施においては A･B 工区の溶接が先行し、全体的に縮ん

写真-6　地組溶接状況

だことによりスパンが長くなった。そのため、想定されるルートギャップに対して入熱量が過大とならない最小パス数を計算し、溶接するよう監理者の確認を受けて施工した。

写真-7　鉄骨建方状況（左：建屋外、右：建屋内から）

写真-8　ルーズホール式裏当金

iii）計測計画

鉄骨位置の計測は、東西の近隣建物 2 棟の屋上より 3 次元計測により行なった（写真-9）。計測点は製作時に決めておき、製作工場で罫書きを入れ、3 次元計測システムに入力した。建方時の位置精度は、変位 $e=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ ≦10mm とし、監理者の確認を受けた。計測は建て方時、溶接後、ジャッキダウン前後で計測を行なった。A・B 工区建方時の計測値は、10mm 以内とできたが、先行工区の溶接の影響により C 工区においては、10mm を超えるところも発生した。

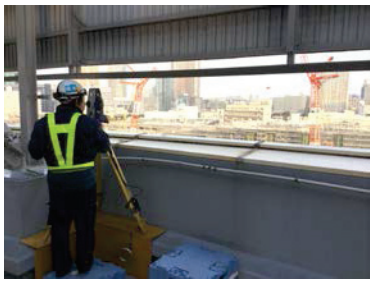


写真-9　計測状況

iv）ジャッキダウン計画

大屋根鉄骨・膜受け鉄骨の建方溶接完了後に仮受けしているベントを順次ジャッキダウンして切り離しを行なった。製作形状が複雑になることと、シミュレーション（図-11）による変位がその後の仕上工事・樋の水勾配に影響がないことを確認し、施工キャンバー（むくり）は設けないものとして建方を行なった。そのためジャッキダウンにより下がった状態での建物形状となる。

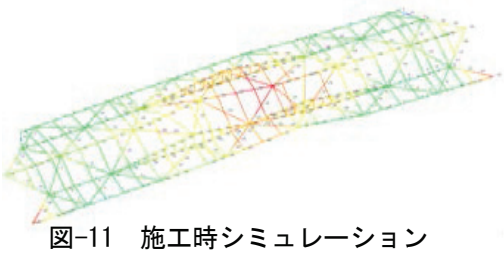


図-11　施工時シミュレーション

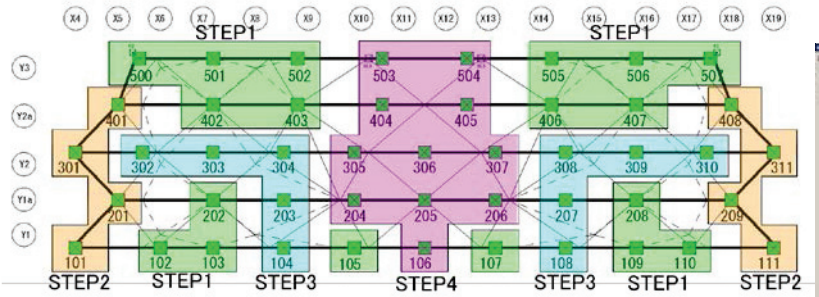


図-12　ジャッキダウン STEP 図

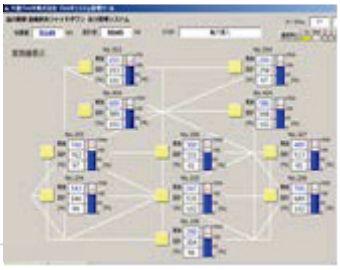


図-13　集中制御管理画面

ジャッキダウンは各点を STEP1～4 に区切り、段階的に行い、STEP3・4 においては集中制御とした。集中制御にて一斉に荷重をかけて、受替え荷重を 100%とし、70%・30%・0%と段階的に抜重した。ジャッキダウン時は、各点における荷重と変位に異常が無いかを計測・監視を行い、監理者確認を受けながら実施した（図-12、図-13）。結果は、当初のシミュレーションよりも変位が最大で 10mm 程度大きくなったが、仕上げ・水勾配に問題のない範囲であった。

(3) 膜屋根上足場計画

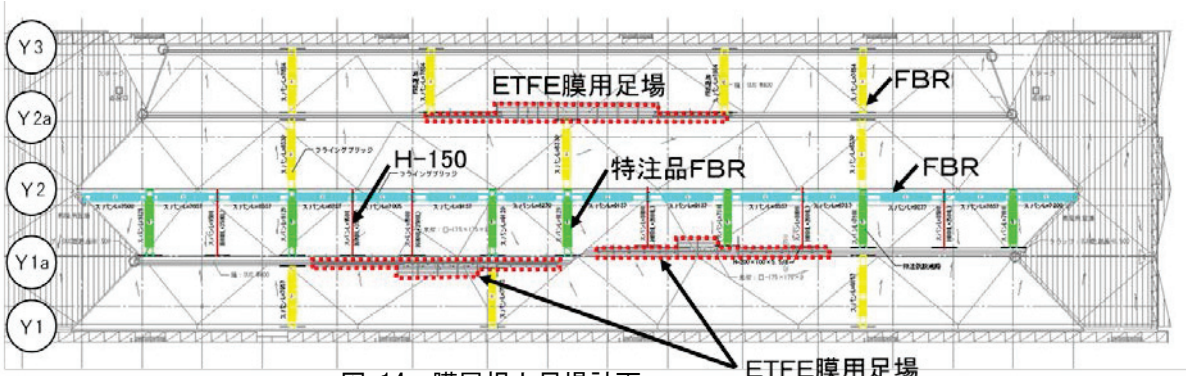


図-14　膜屋根上足場計画

膜屋根上足場の全体計画平面図を図-14 に示す。

ｉ）ETFE 膜部足場

ETFE 開口部は、最大高さ 5m あり、ETFE 膜～幕板・笠木～シールの施工と工数が多いので後施工とできるように上下の膜を先行し、足場を組立てる計画とした。また、将来工事が発生した際に足場を架設できるように本設間柱（□-175）側に取付けた GPL を残せるように、カバープレートの形状を変更した。

本設側 GPL に H-200×100×2m@2.4m を HTB で固定し、上部にワイヤーを張る構造とした。くさび足場 W600+足場敷のステージを設置し、施工した。両サイドは H 鋼を取付けるための本設支柱がないために、単管ブラケット足場を設置した（写真-10）。

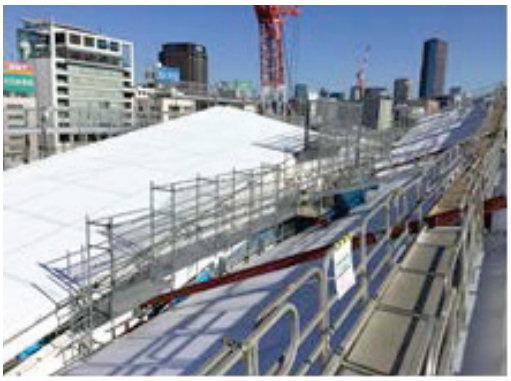


写真-10　ETFE 膜部足場

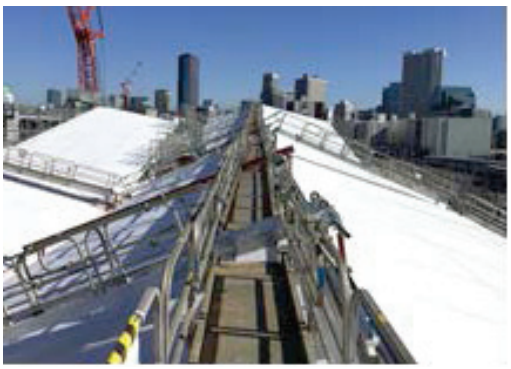


写真-11　頂部 FBR 架設状況

ⅱ）膜上フライングブリッジ

膜を施工した後に笠木・水切り等の金物取付～シールを施工するため、膜屋根の上に通路を架設する必要があった。通路計画としては Y1a・Y2a 通りの軒樋を先行取付・養生し通路とする他に Y2 通りの頂部笠木に平行な通路とそれをつなぐ渡りを設置する。膜短辺スパンが 6～9m であったのでフライングブリッジ（以下 FBR と表記）を利用し、短辺方向に設置した FBR に、長辺方向の FBR を取付ける構造とし、膜上に長さ 120m の通路を設置した。

FBR を支持する構造は、膜固定部のクランプベース（W150×t9 通し）を拡幅・リブ補強し支持点とし、アングル+単管パイプに固定した。アングル材は屋根勾配を考慮し、X・Y 方向に角度を持たせて垂直に立てられるよう製作を行なった。上部側は膜の施工の前に本設のメンテナンスパイプを取付け、その上にアングル支柱を付けた製作金物を取付

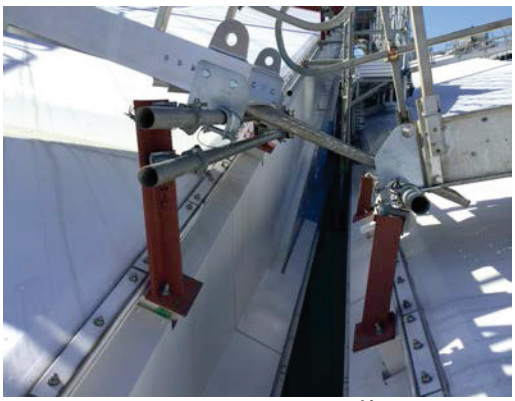


写真-12　FBR 下部取付状況

け、FBR を設置した。また、勾配が 12° を超える通路は滑り止めが必要となるので、滑り止め付の「特注 FBR」を製作した。短辺方向の FBR は全てが通路として使用する必要が無かったので、一部は H-150 にて代用し、直交方向の FBR のジョイントは専用の接続金物を製作した。FBR の強度検討は、ＪＲ東日本の「仮設構造物マニュアル」に基づき、風速 35m の荷重に対して安全であることを確認した（写真-10～13）。

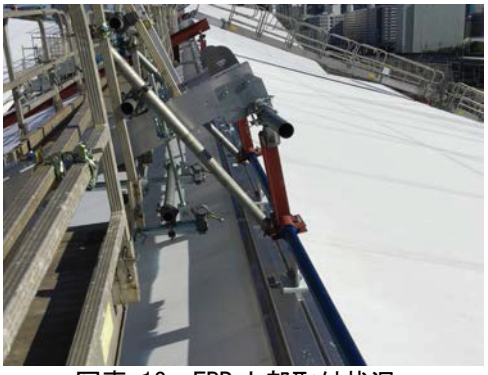


写真-13　FBR 上部取付状況

５　改善効果

以上の改善を行った結果、以下の効果を得られた。

(1) ホーム杭と構台杭を兼用した覆工計画

仮設工事費を 20%削減でき、上下作業が可能となり下部軌道工事の着手を 5 か月前倒しすることができた。

(2) BIM によるデジタルモックアップ

BIM によるデジタルモックアップを活用することで、設計者の求めるデザインを実現することができた。また、もの決め工程を厳守することができた。

(3) BIM による足場計画

斜材との干渉が回避でき、安全で作業性の良い足場を架設することができた。

(4) 膜屋根上の足場計画

現場着工後、工事全体の施工計画を見直す中で早期に課題として抽出したことで、鉄骨製作段階での対応をし、実現することができ、作業の安全性・施工性を確保することができた。

(5) その他

協力会社においてスカイツリーや新青森陸上競技場を経験した担当者を配置することで、類似例からのフィードバックを実施工に生かすことができた。

６　まとめ　（写真-14、写真-15）

建築工事は、プロジェクト毎に敷地条件・建物形状など全てが異なる一品生産品である。本プロジェクトは、特殊な条件・特殊な形状で有り、通常物件以上に懸念事項が多かったため、早期に課題の抽出と関係者全員での課題解決が必要であった。発注者、設計事務所、社内常設部門と協力会社ら関係者の当プロジェクトへの思い・情熱と支援により数々の問題を解決することができた。ご協力頂いた方々にこの場を借りて厚くお礼を申し上げる。（※撮影協力　東日本旅客鉄道株式会社）

写真-14　全景

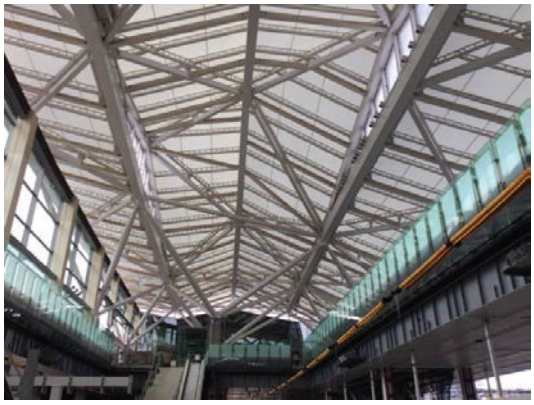


写真-15　内部

4. 山留め・地下水処理の合理化による地下工事のコストダウン

社名:㈱竹中工務店
氏名:上枝　豊

事 例 概 要

項　　目	内　　容
1. 工事概要	
(1)工事名称	京都 神楽岡　蓮月荘　新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:1，604㎡、地下1階、地上2階
(3)用途	寄宿舎
(4)主要構造	RC造、SRC造、S造
(5)建設地	京都府京都市
(6)施工期間	2017年1月　～　2018年8月
(7)工事費	―
(8)設計者	㈱日建設計
2. 改善概要	
(1)問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	・斜面地で地下水位が高いことから、建設時の山留めに遮水性が必要で、費用が掛り、支保工が地盤アンカーでは敷地を越境する問題があった。 ・斜面地で地下水の流れがあることから、建設後の新築躯体により地下水の流動阻害が発生する恐れがあった。
(2)改善の目的	・山留め、地下水処理の合理化により、山留め工事費、支保工工事費の削減と地盤アンカーの越境問題の解決を図る。 ・流動阻害の対策を図る。
(3)改善実施内容	・現場透水試験を実施し、原位置の地下水の水理特性を把握した。 ・揚水量計算、遮水壁長さの検討を実施し、山留めの工法をSMW工法(遮水工法)から親杭横矢板工法(揚水工法)へ変更した。 ・揚水工法への変更により側圧が低減されたことで、地盤アンカー工法から水平切梁工法へ変更した。 ・流動阻害予測解析を実施し、斜面側地下外壁に面状透水材を提案した。
(4)改善による効果	
・Q(品質)	・地下水の流動阻害のリスク低減。
・C(コスト)	・山留め遮水工法＋地盤アンカー工法に比べ、75%のコストダウン。
・D(工期)	・山留め遮水工法＋地盤アンカー工法に比べ、25%の工期短縮。
・S(安全)	・斜面、狭隘敷地に対して、山留め打設工事の三点式杭打機をラフタークレーンへ変更による重機作業の安全向上。
・E(環境)	・山留め工法の変更による建設汚泥を400㎥低減。 地盤アンカーを水平切梁へ変更による、越境問題の解決。
・その他の効果	・―

山留め・地下水処理の合理化による地下工事のコストダウン

株式会社竹中工務店　大阪本店
上枝　豊

１．はじめに

本工事は、トラスコ中山株式会社の社員保養所となる宿泊施設の建設工事である。計画地は京都市吉田山の麓にある閑静な住宅地にあり、敷地は山の斜面に沿って傾斜し、狭隘な環境にあった。敷地内の地下水位は、斜面に沿って分布しており、急こう配で流動していると想定された。これら敷地の特殊条件に対して、近隣への影響を最小限に抑えることが、お客様の最優先のニーズであった。

しかしながら、近隣環境を最優先とする工事計画は、仮設コストが過大となる恐れがあり、お客様予算を満足する抜本的な課題解決が求められた。これら厳しい条件の中、基本設計段階からお客様、設計事務所と構工法の作り込みに挑み、地下工事計画の合理化を実現し、課題を一挙に解決した事例として、ここに報告する。

２．本論

2.1　工事概要と地盤特性

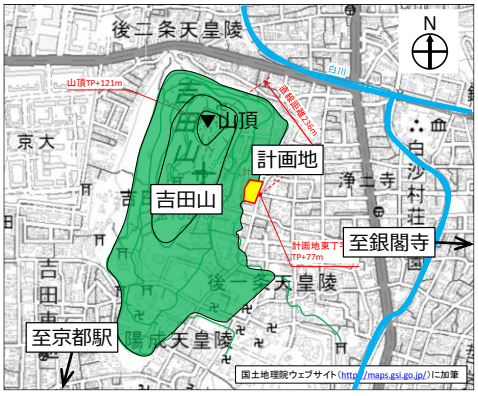
工 事 名：京都 神楽岡 蓮月荘 新築工事（写真－1～3）
事 業 主：トラスコ中山株式会社
設計監理：株式会社日建設計
敷地面積：1,758.08 ㎡
建築面積：669.41 ㎡
延床面積：1,604.40 ㎡
構造種別：RC 造、SRC 造、S 造
最高高さ：11m
規　　模：地下 1 階、地上 2 階
掘削深度：GL－6.5m
工　　期：2017 年 1 月 12 日
～2018 年 7 月 2 日

写真－1　全景

写真－2　リビング＆ダイニング

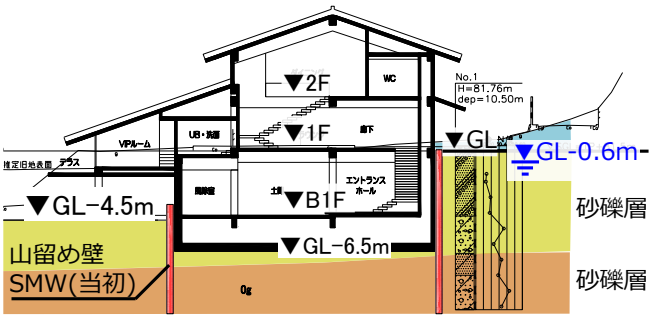
写真－3　宿泊室

計画地は、京都市の吉田山の東裾部に位置しており、斜面地で、山頂から麓に向かって地下水の流れがあると想定された。また、既往の地盤調査では、当敷地は砂礫層が一様に連続し明確な遮水層（粘性土層）がなく、地下水位が地表面から深さ 0.6m 前後の表層にあることから、地下工事中のドライワーク確保と周辺の地下水環境の維持には、遮水性のある山留め壁が必要であると判断された（図－1～3）。



図－1　計画地の周辺環境

図－2　平面計画



図－3　断面計画

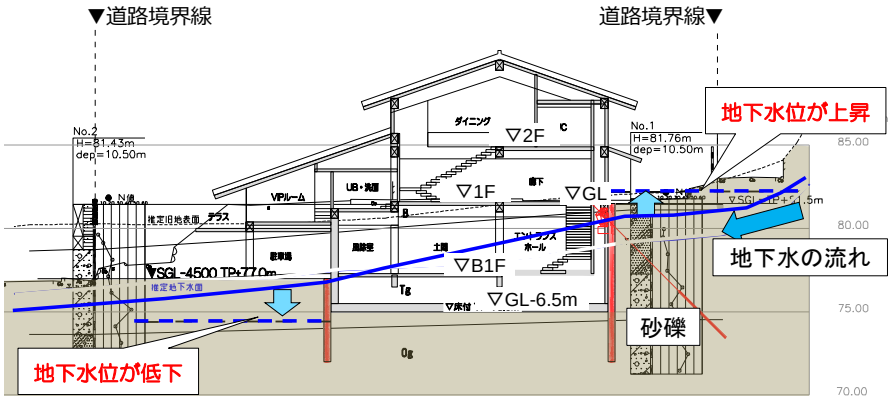
2.2　解決すべき課題と解決方策

【課題①】地下水の流動阻害の影響評価と対策工の提案

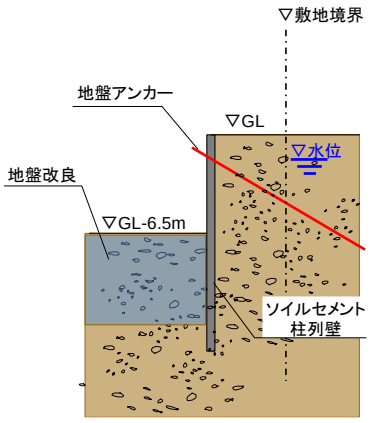
地下水の流れと想定される問題を図－4 に示す。地下水位は B1 階床レベルよりも高く、また地下水位に高低差があり、山の斜面に沿った地下水の流れが考えられた。

そこで、建設する地下躯体により地下水の流れが堰き止められることで、水上側の水位上昇と水下側の水位低下が想定され、周辺への影響が懸念され、地下水の流動阻害による影響予測と流動阻害の防止対策の立案が課題となった。

⇒解決策①　現場揚水試験による水理特性の把握と地下水流動の影響解析の実施



図－4　地下水の流れと想定される問題



図－5　当初の計画

【課題②】高水位におけるローコストな地下工事計画の提案

計画地の地盤は、地下水位が高く、砂礫が連続し、明確な粘性土地盤（遮水層）が存在しない。よって、施工中のドライワークの確保と近隣の地下水環境の維持のためには、一般的に遮水壁が必要である。当初計画として、ソイルセメント柱列壁による山留めとボイリング対策として床付けレベルでの全面地盤改良（薬液注入）が計画された（図－5）。この対策費は、工事予算と大きな乖離があった。

また、当敷地は傾斜しており、建物の山側と谷側でおよそ 4.5m の高低差がある。偏土圧を受ける山留め壁の支保工として、地盤アンカーが当初提案されたが、狭隘によりアンカーは敷地境界を越境し隣家敷地に及ぶことから支保工計画に大きな課題を抱えていた。そこで、工事予算を満足し、高水位・狭隘・斜面地の条件を克服する最適な地下工事計画の立案が求められた。

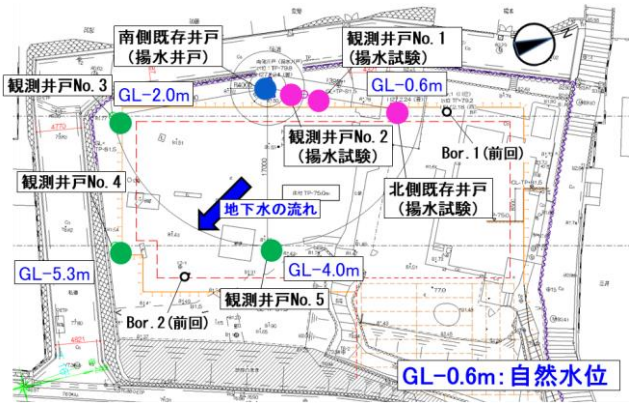
⇒解決策②　水理特性の把握による地下工事の合理化検討の実施

2.3　実施内容

2.3.1　現場揚水試験の実施による水理特性の把握

事前の地盤調査では、2 箇所の水位が観測されていたが、敷地内の地下水の流動を推定するためには、平面的な自然水位の分布の把握が必要と考えられ、2 箇所の水位では判断できなかった。また、流動評価には地盤の透水係数が必要となるが、敷地内の部分的な評価ではなく、建物領域全体の平均的な透水係数の把握が必要と考えた。さらに、砂礫層の粒度分布において、30％～40％の細粒分を含有するとあり、比較的粘性の高い砂礫層であると想定された。よって、上記の透水係数を把握することで山留め工法の選定や山留め設計の精度が向上すると考えた。

そこで、基本設計段階において、多孔式揚水試験による追加調査をお客様、設計事務所と計画し、現地にて試験を実施した。表－1 に試験項目と期待される効果を、図－6 に試験井戸の配置計画を示す。



図－6　揚水試験の井戸配置と自然水位

表－1　追加調査の内容

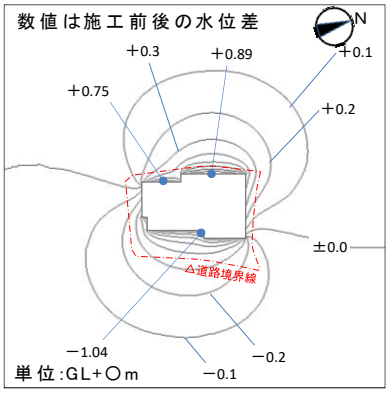
調査項目	調査方法	効果
自然水位の分布 （水位勾配・流れ方向） 長期的な水位変動	既存の井戸　2 箇所 新設の観測井戸　5 箇所	・地下水流動の評価 ・山留め工法の選定 ・山留め壁の設計 ・工事中の地下水処理計画
透水係数	多孔式揚水試験	

調査の結果、地下水は全体的に計画地南東側の方向に流れ、降雨による水位変動はあるものの、長期的に見れば水位変動が小さいことが分かった。また、地盤の透水係数は 1.60×10^{-4}cm/sec となり、比較的透水性の低い砂礫層であることが分かった。

2.3.2　地下水流動の影響検討と対策工の提案

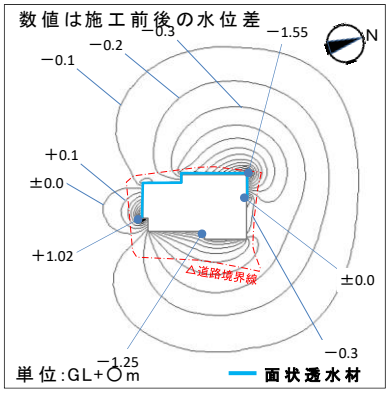
地下水の流動解析には、地下水位の状態をプログラム上に再現し、地下構造物の下部へ回り込む流れも考慮する必要があることから、3 次元 FEM 浸透解析（SUTRA）を用いることとした。初期状態のモデル化には、追加調査による地下水位の分布の実測値と解析値を比較することで、実地盤に近いモデルを作成することができた。

地下構造物構築後の水位分布の解析結果を図－7 に示す。地下構造物の西側と北側において水位が上昇し、最大で 0.89m の水位上昇が予測された。これは、現状 GL よりも高い値であり、竣工後の外構の湿気、植栽の生育不良が心配される結果となった。



図－7　地下構築後の水位分布予測

地下水位の上昇を抑制するためには、地下水量を迂回させる通水路が必要である。しかし、狭隘かつ傾斜地において通水路を敷設するための外周の掘削・埋戻しは施工効率が低下し、高コストになることから、山留め壁面に取り付ける「面状透水材」を候補に挙げた。面状透水材を解析モデルに考慮した再解析の結果を図－8 に示す。地下水位は、北西面において低下量が最大で－1.55m の予測となり、現状の水位の年間変動内にあることから、面状透水材の効果があると判断され、設計図書の仕様に反映することができた。実際、工事完了後の地下水位は、北面の既存井戸において GL－1.9m 程度であり、解析値は高い予測精度であったことが検証された。面状透水材の施工状況を写真－4 および写真－5 に示す。



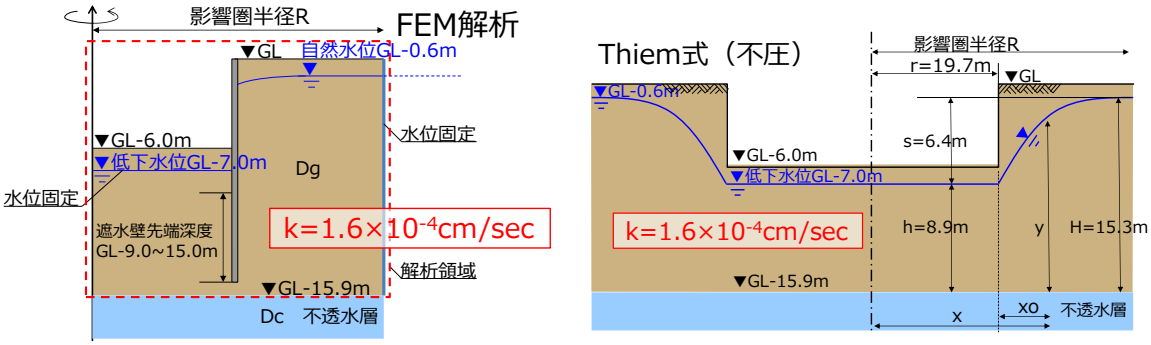
図－8　面状透水材による効果の予測

写真－4　面状透水材

写真－5　面状透水材の施工状況

2.3.3　高水位における地下工事計画の合理化

お客様ニーズである山留め工事費の低減と、偏土圧を受ける支保工計画の課題解決において、高水位（GL－0.6m）の水圧条件が大きな課題となっていた。事前の揚水試験の結果から透水性が比較的低いことが確認できたことから、工事中のドライワーク確保において、「揚水工法」と「遮水工法」の比較検討を行うこととした。図－9 に各工法の解析モデルを示す。表－2 に検討結果を示す。揚水量が少ないことから、揚水工法の方が安価であり、かつ地盤沈下等の周辺影響も小さい結果となり、当初の計画であるソイルセメント柱列壁の遮水工法から親杭横矢板の揚水工法に変更することができた。



（a）遮水工法　　（b）揚水工法

図－9　地下水処理検討の解析モデル

表－2　山留め壁工法の比較

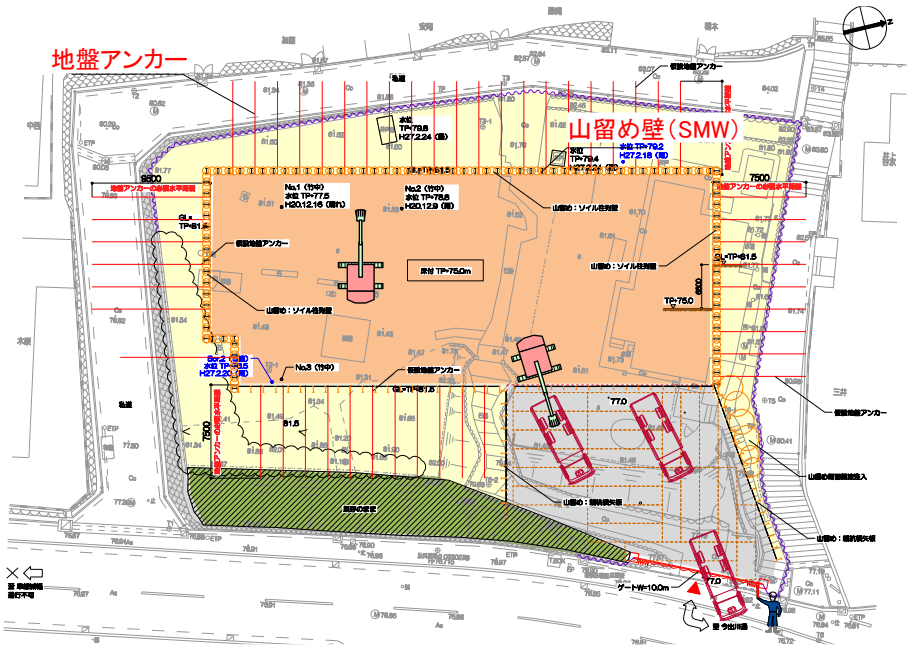
（a）コスト（指数）

山留め壁工法	親杭横矢板	ソイルセメント柱列		
根入れ長さ(m)	―	9.0	10.5	12.0
打設費	1.0	1.58	1.70	1.81
産廃費(汚泥)	0	5.26	6.14	7.02
排水費	1.0	1.56	1.51	1.48
合計	**1.0**	**1.87**	**1.98**	**2.11**

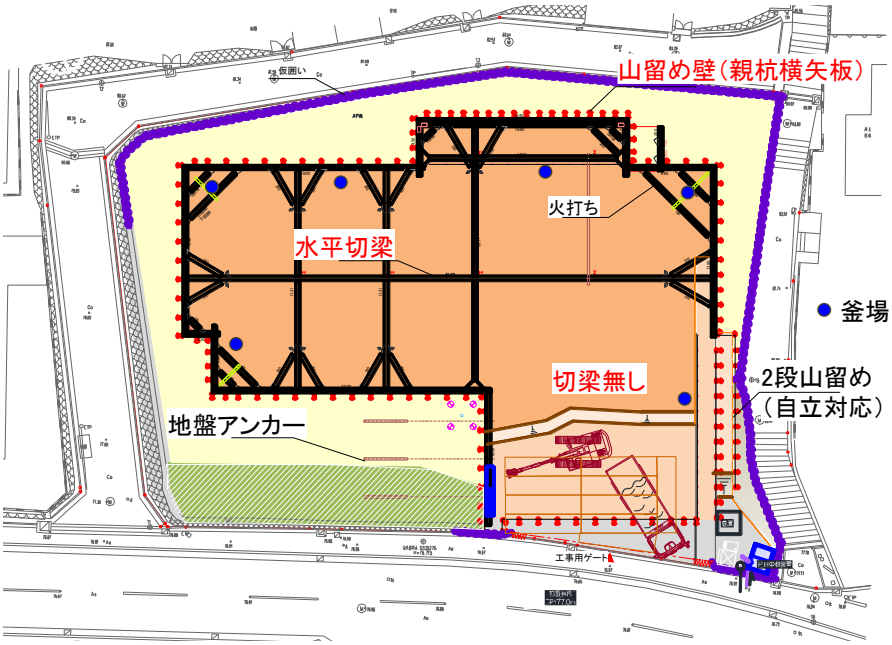
（b）揚水量と周辺影響

山留め壁工法	親杭横矢板	ソイルセメント柱列		
根入れ長さ　(m)	―	9.0	10.5	12.0
揚水量Qw　(ℓ/min)	58	35	28	24
背面水位低下量△x(m)	6.4	2.3	1.9	1.6
背面地盤沈下量　(mm)	2.6	0.9	0.8	0.7

図－10 に施工計画図を示す。山留め設計において、揚水工法とすることで背面の水圧の考慮が不要となり側圧が大幅に低減できたことから、地盤アンカーが不要となった上に、水平切梁を最小限とした大空間が計画できた。実施工においては、揚水量は計画 58L/min に対して、実測が 30～40L/min 程度となり、山留め壁の変位も予測値以下にとどまり、無事に地下工事を完了することができた（写真－6、7）。



（a）当初の計画



（b）実施の施工計画

図－10　地下施工計画

写真－6　全体写真（捨てコン打設完了）

写真－7 ゲート前の空間

2.4　成果および効果の確認・検証

表－3 に解決すべき課題とその成果および効果を示す。

表－3　解決すべき課題とその成果

課題		成果および効果	
1	地下水の流動阻害の影響検討と対策工の提案	成果	影響予測を実施し、面状透水材を選定
		効果	工事完了後の水位計測により、透水材の効果を確認
2	高水位におけるローコストな地下工事の提案	成果	大幅なコスト削減と工期短縮を達成
		効果	コスト削減：SMW+地盤改良案に対して▲75% 工期短縮：▲0.5か月　（SMW⇒親杭変更） 環境貢献：建設汚泥の低減400m^3

３．まとめ

狭隘、傾斜、高水位、近隣環境等、地下工事における厳しい条件に対して、お客様、設計事務所と三位一体となって課題解決に挑んだ結果、流動阻害対策や地下工事の合理化を実現し、近隣問題の解決と大幅なコスト削減を達成した。

特に山留め壁の工法選定において、山留め壁と地下水処理を融合した合理化は、水理特性および地盤条件が適合する敷地であれば、どこでも採用が可能であり、大きなコスト削減が期待できるため、仮設費を抑え、お客様の希望する予算計画に大いに貢献できる技術である。

5. 基礎躯体工事における効率を考慮した施工計画

社名：日本国土開発㈱
氏名：橋本　勝則

事 例 概 要

項　　目	内　　容
1. 工事概要	
（1）工事名称	ユニハイム福島野田レジデンス新築工事
（2）規模（延床面積、階数）	延床面積：7，140㎡、地上15階
（3）用途	集合住宅
（4）主要構造	RC造
（5）建設地	大阪府大阪市
（6）施工期間	2017年8月～2019年3月
（7）工事費	1，680（百万円）
（8）設計者	―
2. 改善概要	
（1）問題点・背景 （施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況）	・敷地に余裕がなく、工期も短いマンション現場に於いて、最も手間の掛る基礎躯体工事での作業効率化が必要だった。
（2）改善の目的	・基礎躯体工事の施工を効率化し、地下工事の短縮を図る。
（3）改善実施内容	・基礎を3工区に分け、順番に施工を行うことにより、構台の計画を取りやめた。また、掘削土を別工区の埋め戻しに転用することが出来た。
（4）改善による効果	
・Q（品質）	・作業環境が向上し、躯体品質確保に寄与した。また、構台による基礎躯体の打継がなくなり、品質が向上した。
・C（コスト）	・構台の取止め、掘削・埋戻しの削減など、山留工事で約12%、土工事で約19%のコストを削減した。
・D（工期）	・作業歩掛りが向上し、1週間程度工期が短縮した。
・S（安全）	・―
・E（環境）	・掘削土を転用したことにより、運搬車両数が減り、CO_2発生量を削減した。
・その他の効果	・―

基礎躯体工事に於ける効率を考慮した施工計画

日本国土開発株式会社　大阪建築部
橋本勝則

１．はじめに

本工事は、大阪市内の共同住宅（分譲マンション）新築工事である（**写真―１、２**）。当物件は、敷地に余裕がなく建物が計画され、かつ、タワーパーキングもある物件である。また、分譲マンションのため、竣工時期も決まっており工期に余裕がなかった。

マンション建築において、最も手間の掛る基礎躯体工事を如何に円滑に作業効率よく工事を進めることができるか検討した結果、基礎工事を工区分けすることによる掘削残土の転用、および構台をなくした作業効率の向上とコスト削減を実現した。

２．工事概要

工事名称　　ユニハイム福島野田レジデンス新築工事
工　　期　　２０１７年8月1日～２０１９年3月２２日
請負金額　　￥１，６８０，０００，０００－
工事場所　　大阪市福島区吉野３丁目８９番１他
建物用途　　共同住宅（８４戸）・タワーパーキング
建物概要
　　敷地面積　　１，００４．１４㎡
　　建築面積　　６７６．８８㎡
　　延べ面積　　７，１４０．１０㎡
　　構　　造　　RC 造
　　階　　数　　地上１５階
　　建物高さ　　４４．４５ｍ

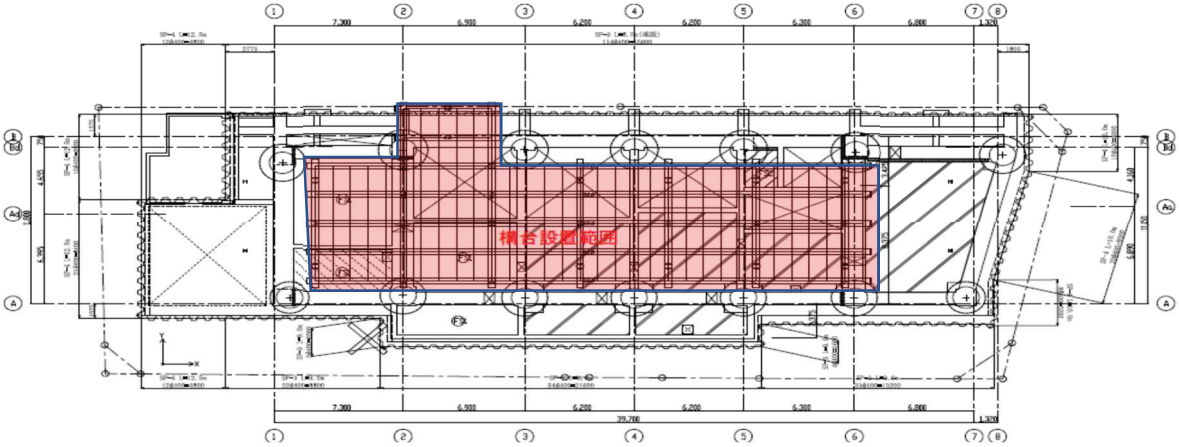
写真―１　完成後全景（南面）

写真―２　完成後全景（北面）

３．改善に至った経緯

３－１．改善前計画

まず、建物の配置がほぼ敷地いっぱいに計画され、当初計画では、構台を設置して基礎工事を進める計画をしていた。構台を設置することによる作業効率の低下が懸念された（**図―１**）。



図―１　構台設置計画

３－２．改善後計画

作業構台をなくした基礎工事の進め方の検討を行った。

１）検討事項

① 本棟とタワーパーキングを含めた、基礎工事の区分け範囲の検討

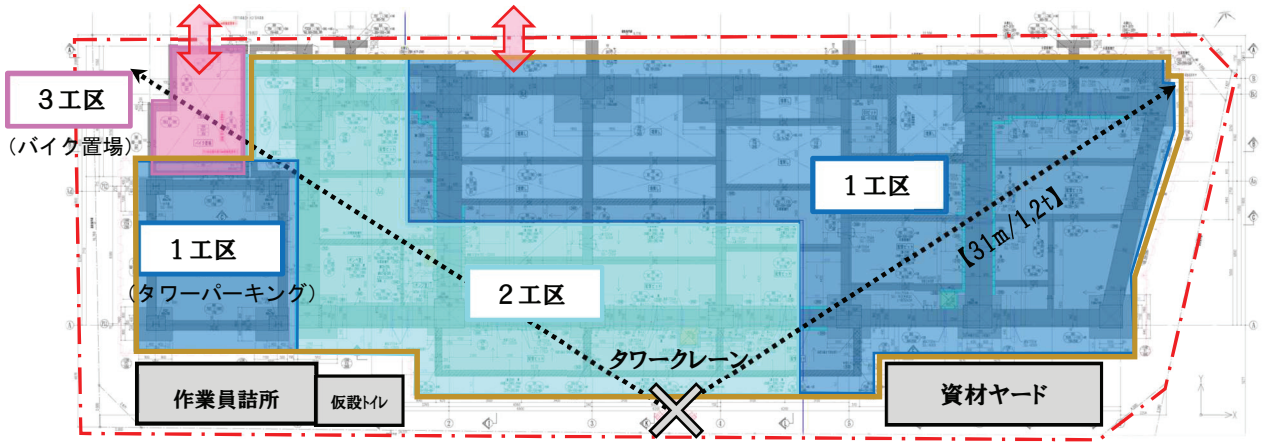
② 車輌動線の検討

③ 区分けによる、片側切梁反力の検討

２）検討結果

① 区分けを１～３工区に分け、基礎工事を進める。

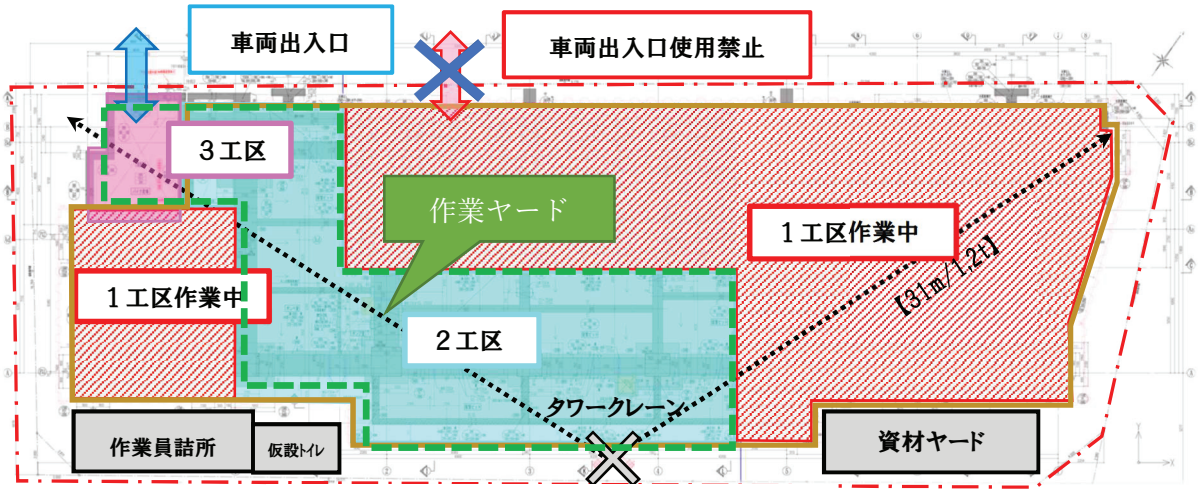
基礎工事を３工区に分け、本棟半分とタワーパーキング部の１工区掘削土は、場外搬出とした。本棟残り半分の２工区掘削土は、１工区の埋戻しに使用し、掘削土の転用を図った。バイク置き場である３工区は、基礎工事完了後の１階床躯体工事中に施工を行う計画とした（**図―２**）。



図―２　基礎工事工区分け

② ゲートを北側に２箇所設置することにより、車輌の動線は確保できる。

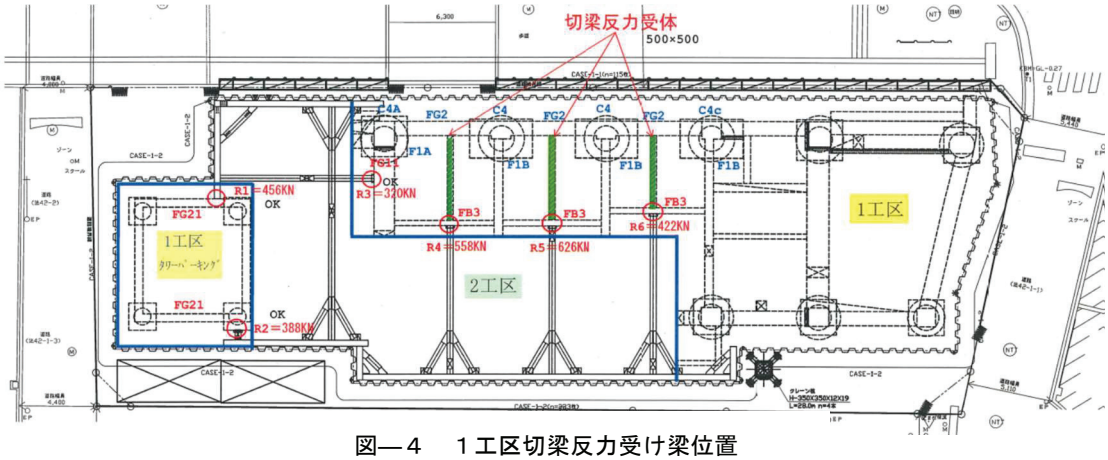
１工区作業中は、掘削していない２工区と３工区を作業ヤードとして、３工区側出入口を使用した（**図―３**）。また、２工区の掘削は、タワーパーキング部に置構台を設置して作業ヤードとして１工区の埋戻しを行い、埋戻し完了後は１工区側出入口を使用した。



図―３　１工区作業中の出入口利用状況

③ 片側切梁の反力を計算し、仮設 RC 梁を設けることにより対応できる。

２工区地下工事中の山留において、切梁の反力が１工区躯体にかかるため、切梁反力を受けるために１工区基礎に仮設の RC 梁を設けた（**図―４、写真―３**）。



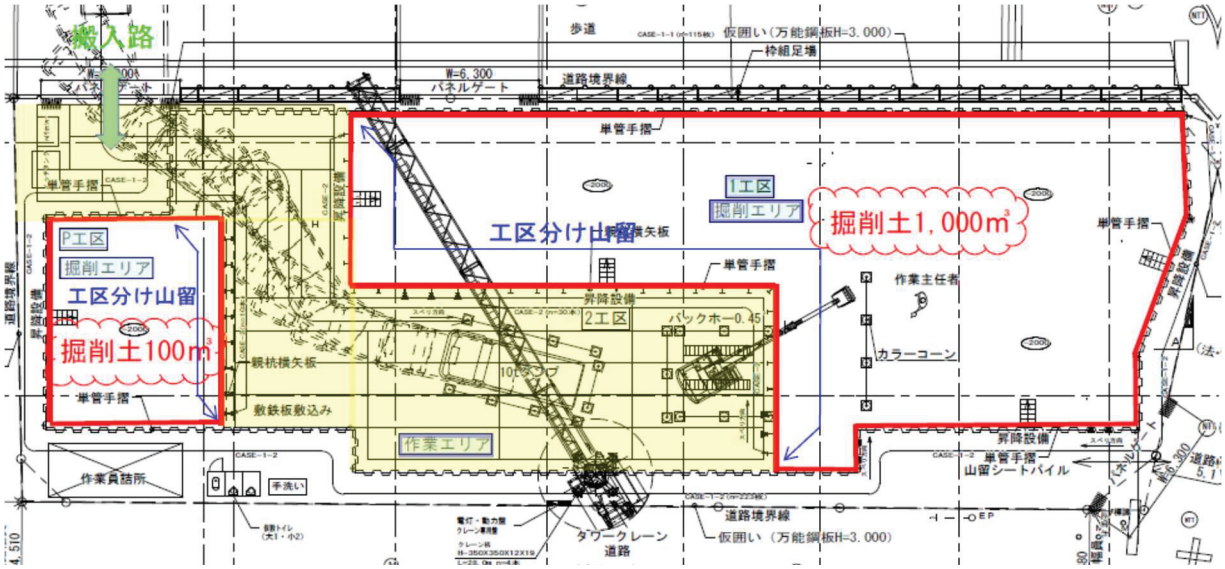
図―４　１工区切梁反力受け梁位置

写真―３　反力受け梁コンクリート打設状況

４．施工状況

４－１．１工区の施工状況

外周の山留はシートパイル、構区分けによる山留をＨ鋼横矢板として車輌動線を確保した。本棟の掘削土１，０００㎥・タワーパーキングの掘削土１００㎥の１工区施工状況を示す（図―５、写真―４～６）。



図―５　１工区実施状況

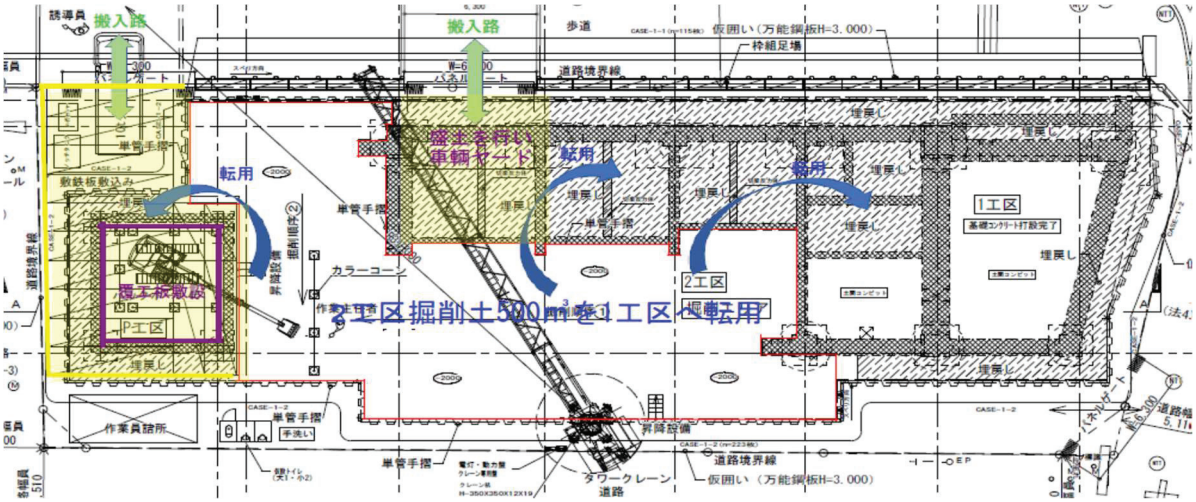
写真―４　１工区実施状況

写真―５　１工区車輌動線状況

写真―６　１工区基礎実施状況

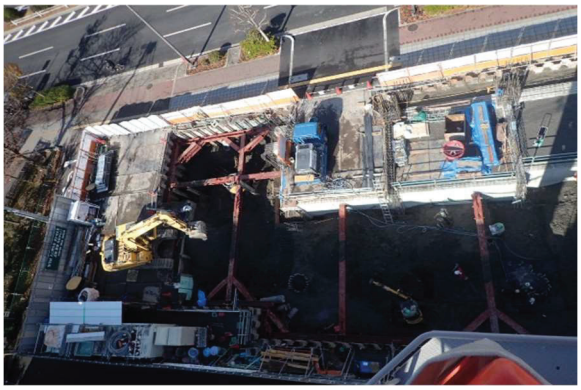
４－２．２工区の施工状況

１工区基礎コンクリート打設完了後、２工区の掘削土を１工区の埋戻し土に５００㎥転用する。次に、２工区の車輌動線を確保する為、タワーパーキング部分に覆工板を敷設、中央部分の車路部分に盛土を行い、２工区の車輌動線を確保しながら、掘削を実施した（**図―６、写真―７～９**）。



図―６　２工区実施状況

写真―７　掘削土転用状況



写真―８　２工区車輌動線状況

写真―９　基礎工事完了後の全景

５．まとめ

（品質）

作業構台をなくすことにより、構台下の作業環境が向上。構台による基礎躯体の打継がなくなる。棚杭廻りの止水処理が不要になり、躯体品質確保に寄与できた結果、品質が向上した。

（コスト）

作業構台の取止め、工区分けによる掘削土の転用、転用したことによる場外搬出土の削減ができた。工区分けの山留が増となったが、山留工事で約１２％、土工事で１９％のコストが削減できた。

（工期）

構台設置した場合と、構台取止めの場合との工期比較で、当初は５日遅れる予定であったが、作業環境の効率化により歩掛りが向上し、１週間程度工期が短縮した。結果、構台設置の場合より２日間の工期を短縮した。

（環境）

工区分けにしたことにより、掘削土を転用した結果、搬出ダンプ台数が減り、CO_2発生量を削減した。

６．おわりに

今回の工区分けによる施工計画で、土の転用によるコスト削減を含め、手間の掛る基礎工事に於いて、作業環境による歩掛りも向上することが出来た。昨今では労働者不足が懸念される中、如何に作業環境の効率化を考えながら計画する必要があるかが分かった。今後も実施していきたいと考えている。