

# V E等施工改善事例発表会 資料

2014 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

東日本大震災の復興需要や東京オリンピックの決定などを受け、建設投資は回復基調にあります。建設業界は、技能労働者および技術者の労働環境の改善を初めとして、生産性の向上、コストの削減、工期短縮、環境問題など幅広い課題への対応を求められています。

また本年、「公共工事の品質確保の促進に関する法律」が改正され、品質を確保する担い手を中長期的に育成・確保することが謳われ、建設業全体で魅力ある産業へと成長していく努力を始めています。

当初「VE発表会」は建設業におけるVEの普及を目的としたものでした。しかし、建設業を取り巻くこのような環境の変化を受け、第14回（2010年度）からは「VE等施工改善事例発表会」として対象を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、発表会を会員各社の技術力向上の場に留めるだけでなく、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の参加呼びかけ、HPへの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、物造りの魅力を伝えていき、建設業界の担い手が一人でも多くなることを期待しております。

本年は会員各社から15の事例を発表いたします。今回はこの内の4事例がIT技術を活用した改善事例です。VEは現状を改善するだけでなく、現状を打破する革新をなし得るツールとされていますが、IT技術にも同様の可能性を見出すことができます。今後は改善の有力ツールとして、設計分野だけでなく施工分野での活用が進むものと推測します。

最後になりますが、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。

2014年11月

技術提案制度専門部会主査

加藤 亮一

## 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15事例を、東京会場と大阪会場でそれぞれ8事例ずつ分け（重複する発表あり）、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。



## 2. 国内初の地中熱採熱管付き既製杭工事への取組

社名: (株)安藤・間

氏名: 田川 博之

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	某事業所建設工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積: 17, 520㎡、地上7階、塔屋1階
(3) 用途	事務所、研究所
(4) 主要構造	S造(CFT造)
(5) 建設地	関東地方
(6) 施工期間	2012年5月～2013年5月
(7) 工事費	—
(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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地中採熱管付きの既製杭工事は国内初であり、参照する前例が無かった。</li> <li>・所定の採熱量の確保のため施工時に地中熱採熱管に損傷が無いことや各採熱管の配置が均等であることが求められた。</li> <li>・実長46mの杭56本の内40本の外周にそれぞれ3対の地中熱採熱管が付く仕様であり、地中熱採熱管の設置に多大な工数と手間が見込まれた。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>①地中熱採熱管設置に関する品質の確保(管の破損防止と採熱量確保)。</li> <li>②地中熱採熱管付き既製杭設置工事の工期厳守(1本当たり1.2倍程度以内の手に抑えたい)。</li> </ul>
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>①品質確保に関して <ul style="list-style-type: none"> <li>・杭打設時に回転抑止・自沈化促進のため先端根固め液に硬化遅延剤を使用</li> <li>・杭設置後の杭穴の埋戻しは杭周固定液がある程度硬化した3日後に実施</li> </ul> </li> <li>②杭設置工事の工期厳守に関して <ul style="list-style-type: none"> <li>・事前に杭への地中熱採熱管設置位置のマーキングを実施</li> <li>・梱包ラップ材を利用した杭沈設時の地中熱採熱管の速やかな位置固定</li> <li>・採熱管の識別や設置時の管の引出しを容易にする仮設ハンガー利用</li> </ul> </li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・地中熱採熱管を施工した全40本の杭(各杭3対、1対往復90m)の採熱管の総延長約10, 800mにおいて、不良は2対(180m)であり、不具合率は1. 6%に収まった。
・C(コスト)	—
・D(工期)	・3本目までの施工には、試行錯誤により1本/日程度を要したが、その後は、3本/日の施工量を確保でき、杭工事は予定の期間内に収まった。
・S(安全)	—
・E(環境)	・建物稼働時における地中熱採熱量の検証では、ほぼ想定通りの採熱量が確保されており、環境負荷低減に寄与していることが検証された。
・その他の効果	—

# 国内初の地中熱採熱管付き既製杭工事への取組

(株) 安藤・間 首都圏建築支店  
田川 博之

## 1. まえがき

環境配慮型の建築においては、地中との熱交換を行い空調等に利用する地中熱利用も徐々に普及しつつある。このうち、地中の深部との採熱・放熱可能な杭利用の方式は、安定した地中温度を見込めること、利用できる熱量が多いことから、有望な地中熱利用方式の一つである。杭を利用した地中熱利用方式には、これまで場所打ち杭の外周部や鋼管杭の内部に高密度ポリエチレン管を配して熱交換を行った事例などが報告されている。

このたび、筆者らは、ある環境配慮型建物の新築工事において、これまでに国内で例の無かった既製コンクリート杭の外周部に高密度ポリエチレン管（以下U-ポリパイ）を配して地中との熱交換を行う地中熱利用方式の施工を行う機会を得た。本方式の地中熱採熱管の設置方法には既存の報告例等はないため、幾つかの課題を入念に事前検討しながら工事を行った。本報では今回の事例が今後の地中熱利用の進展の一助となることを期して、主に、地中熱採熱管の施工部分を中心に紹介する。

## 2. 工事概要

本建物の概要を以下に示す。

工事名称	某事業所新築工事
所在地	関東地方
工期	2012年5月1日 ~ 2013年5月31日（13ヶ月）
用途	事務所および研究施設
構造規模	S造（CFT造）地上7階、塔屋1階 附属棟 S造地上1階
基礎形式	杭基礎（既製コンクリート杭56本 うち 地中熱採熱管設置40本）
延床面積	17,520m <sup>2</sup>



写真-1 建物外観

建物写真を写真-1、地中熱利用システムの模式図を図-1に、杭伏図を図-2に、地中熱採熱管施工模式図を図-3に示す。

建物敷地は関東地方の洪積台地に位置し、地表は薄い埋土層、関東ローム層、腐植土層、GL-7m付近から下総層群に属する砂質土層と粘性土層の互層構造、GL-4.7m前後からN値50以上の砂礫層となっている。また、地下水はGL-2mである。

地中熱採熱管を付した杭は、外周部の杭及中柱の2連の16本の杭のうち一方の杭の合計40本である。これらの杭は、HBM工法（プレボーリング高支持力拡大根固め工法、杭周固定液使用）、杭実長4.6m、掘削長48.75m、継手は既成杭に沿って設置する地中熱採熱管の損傷が無いようPJ工法（無溶接継手）となっている。

1本の杭の外周部に3対の採熱管が付く形状となっている。既成杭の外周部に設置する形状となっていることから実際に使用する採熱管は傷防止被覆付きU-ポリパイ、サイズ20A（楕円ノアック住環境）を使用している。

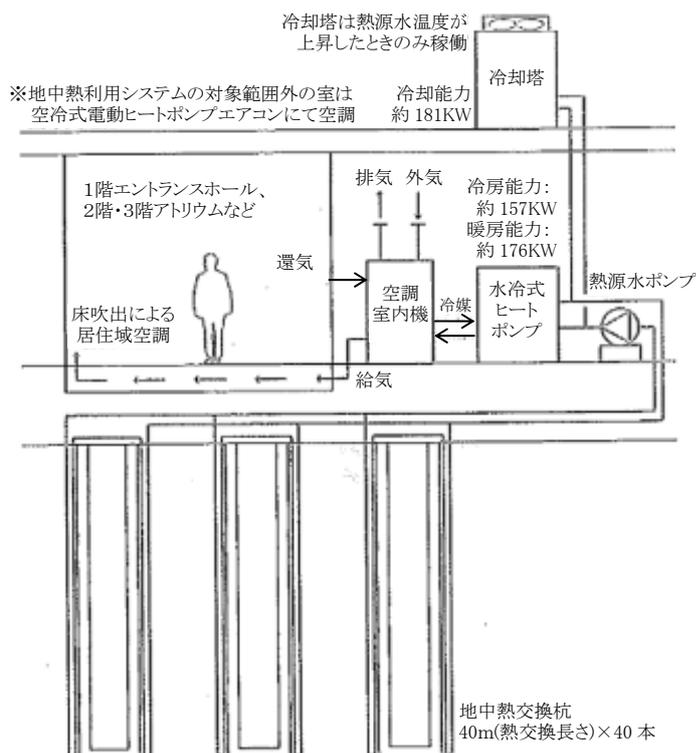
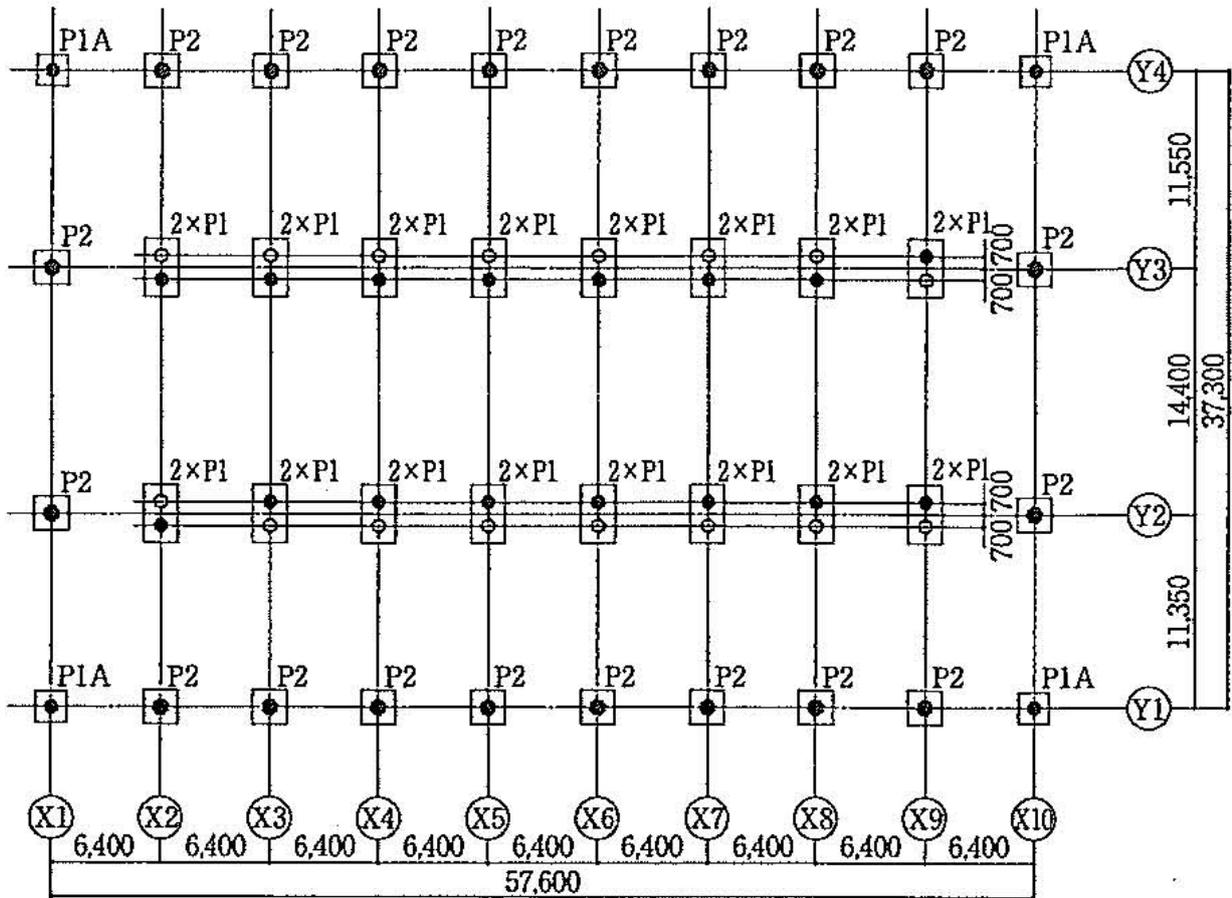


図-1 地中熱利用システムの模式図



◻を熱交換杭とした

P1 : 700-800 (PHC105[A])  
 P1A : 700-800 (PHC105[C])  
 P2 : 800-950 (PHC105[A])

図-2 杭伏図

各杭の外周の3対の採熱管は杭単位内では直列に、各杭同士では、定流量弁を介して並列に接続されている。各杭周囲のU-ポリパイ中を流れる水により採熱された地中熱は水冷式ヒートポンプの冷却水系統に合流し、水冷式ヒートポンプから空調室内機を経由して、1階のエントランスホールやアトリウムにおける居住域空調（空調床面積は約400m<sup>2</sup>）に供される。

### 3. 地中熱採熱管付き既成杭工事の課題

実建築物での地中熱採熱管付き既成杭工事は日本初の施工となるため、参照する前例がなかった。このため施工ステップ毎に手順を確認し、懸念される項目を抽出し、これに対する解決策を考えていった。

所定の採熱量を確保するため施工時の採熱管の損傷が無いこと、杭外周の各採熱管の熱交換効率を最大限にするために、各採熱管の配置が均等であることなどの高度な品質管理が求められた。また、これらの品質確保が実長4.6mの杭5.6本のうち4.0本に求められることから、杭の埋設設置に多大な工数と手間が見込まれた。

### 4. 計画時の検討と対策

既製杭の所定深度への埋設に際しては、一般に回転・押し込みが採用される。しかしながら、第一条件が採熱管の損傷防止であり、杭の回転により、採熱管の破損が予想されることから、先ず既成杭の打設時に杭を極力回転させないためにはどうすれば良いかの検討を行い、先端根固め液に硬化遅延剤を入れ、杭を自沈させる計画とした。

次いで、採熱管の熱交換の配置を均等にするために、施工前に杭にマーキングを行うこととし、上杭、中間杭、下杭でずれが生じないように、継手の金物の状況を考慮して、鉛直方向にすべて同位置となる

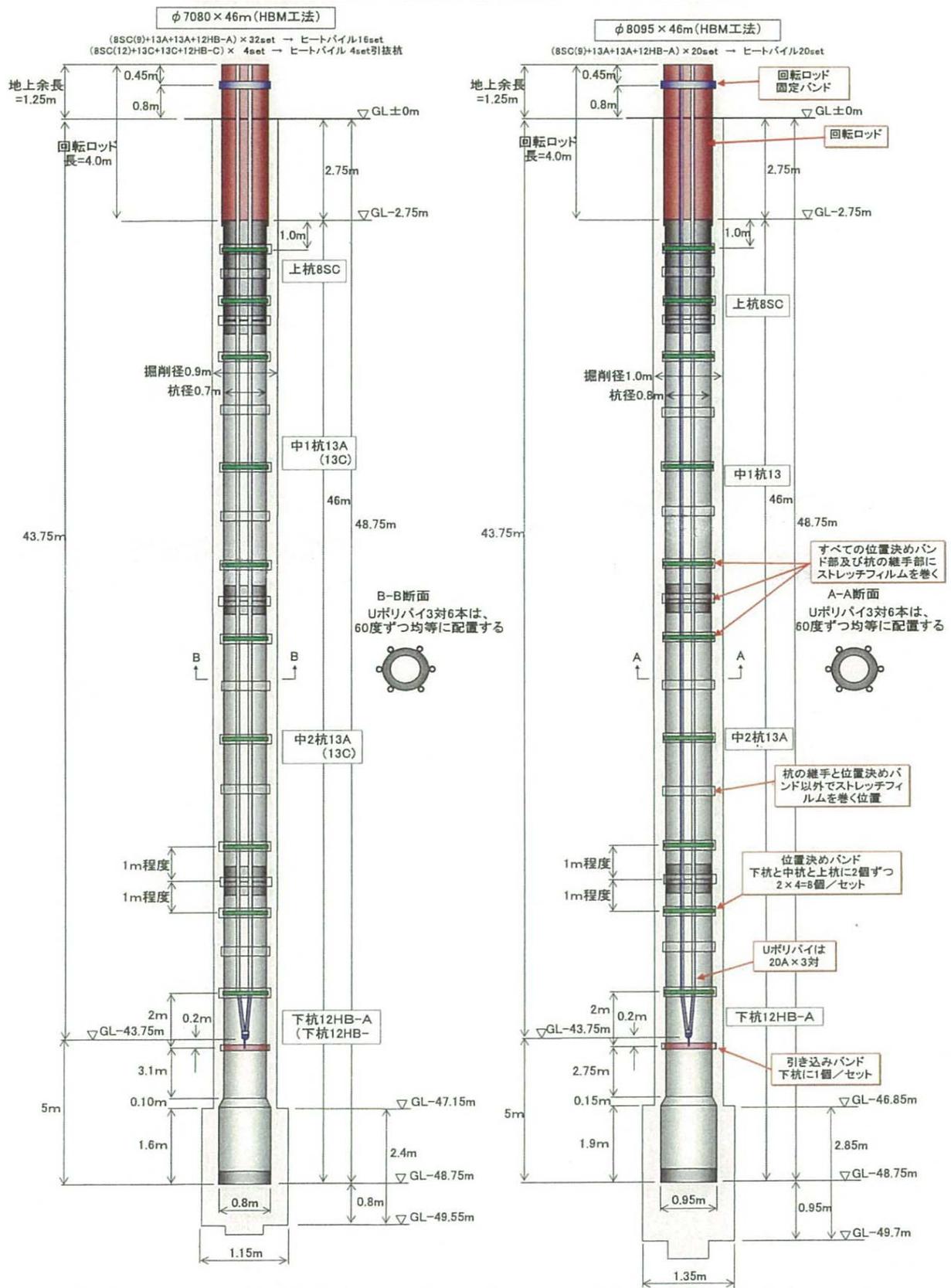


図-3 地中熱採熱杭施工模式図

ようにした。また、採熱管専用の位置決めバンドを杭に設置することとし、施工時の誤差が極力生じない計画とした。

更に、通常、既成杭打設後は墜落防止のため、直ちに杭穴を土で埋め戻すが、今回は埋戻しの際に、採熱管を損傷する可能性があるため、杭周固定液がある程度固まる打設3日後に埋め戻す計画とした。

## 5. 既成杭打設時の対応

初回の地中熱採熱管先端部設置状況を写真-4に、改良したパイプ先端部の状況を写真-5に示す。通常の既成杭打設との違いは、先ず地中熱採熱管を下杭に設置した状態から作業が開始されることである。これに関し主要な改良ポイントを説明する。

### (1) 杭吊り込みと先端部の養生

1対約4.5mの採熱管先端部を吊り上げた状態の下杭に設置する必要があるため、その際、採熱管取付け専門の作業員が1対に対して1名、今回は3対設置したので3名の作業員が杭工事専門の作業員の他に作業場所で作業を行う(写真-4)。なお、後述するが杭を回転させた場合等、U-ポリパイ先端部が破損する恐れがあるので、最終的に先端部のバンドにプロテクターを付加している(写真-5)。杭の沈設に伴い、その後は打設の進捗に合わせ相番する形となる。杭は1本当たり4.6mであり、3カ所の継手がある。この部分では、採熱管への熱的な影響がないように、無溶接継ぎ手工法を採用している。

### (2) 採熱管の取り回しの整理整頓と保護

採熱管は約1.8mのリング状に梱包された状態で納入されるので(写真-6)、ロールのまま施工できるように採熱管用のハンガーとして、巻き採熱管の外側に単管パイプで組立て、引掛けた状態で施工した(写真-7)。今回は1本の既成杭に3対の採熱管が取りつく仕様となっていたので、それぞれのIN、OUTが混在しないよう3色のカラーテープを貼り、管理を行った。また、位置決めバンドのガイドに各U-ポリパイは挟み込むものの、杭の沈設途上にガイドから外れることが懸念されたため、梱包用のラップで巻くことを考案し、安価・短時間で再熱パイプを固定・保護できた(写真-8)。

### (3) 杭沈設時の不具合対策用の管理項目追加

計画では打設時に杭を極力回転させないこととしたが、試験杭3本目では所定の位置まで自沈させることが出来ず、回転させて所定の位置に設置することとなった。この際、計画時に懸念していた通り採熱管が損傷し、2対が使用できない状況となった。これは、プレボーリング時に周囲の地盤が崩れ杭底部に沈殿し、それ以上杭が自沈しなかったものと考えられる。そこで、プレボーリングの際の掘削時間



写真-2 杭のマーキング状況



写真-3 専用の位置決めバンド



写真-4 地中熱採熱管設置状況



写真-5 先端部のプロテクター

の調整を行うこと、掘削後のオープンタイムを短くすることの2項目を管理項目に追加し、施工を行い、以後問題なくすべての杭を埋設設置することが出来た（写真－9）。

## 6. 施工結果の検証

杭施工後、損傷の有無、採熱状況、施工の効率化の3点に関して検証を行った。以下に各検証内容のポイントを示す。

### (1) 採熱管損傷の有無の検証

各杭の杭打設完了直後、杭頭埋戻し前に、地中内に埋まっている地中熱採熱管に損傷がないかどうか水圧試験により検査を行った。その試験状況を写真－10に示す。試験では、満水状態とした採熱管に0.75MPaの水圧を付加した後、閉栓状態で5分間放置する。次いで、再度0.75MPaになるまで加圧し、すぐに0.50MPaまで減圧する。その後放置し、1時間後の水圧を確認し0.40MPaあるかどうかの判定を行う。この手順で検査を行い、全数合格を確認した上で、次の建設工程に移ることとした。

一連の杭施工のうち、前述のように、初期段階で、1本の杭で水圧試験が不合格となったが、予定外の別の杭に追加で採熱管を設け、所定の本数の採熱杭を確保した。最終的に、追加した1本を含まない当初地中熱採熱管を施工した40本の杭（各杭において採熱管3対、1対往復約90m）の採熱管総延長約10,800mに関して不良は2対（180m）であり、不具合率は1.6%であった。

### (2) 採熱状況の検証

次いで地盤の有効熱伝導率および地中と採熱杭の熱交換部分の熱抵抗が、設計時の想定値を満足しているかの確認を行った。ここでは、実際に設置が完了した地中熱採熱管を使用し、サーマルレスポンステスト（熱応答試験）を行った。これは、杭の各採熱管の系統に対して、水を一定出力で加熱しながら、入口温度と出口温度を275.45時間監視し、1分毎に長さ当たりの放熱量を分析するものである。



写真－6 U-ポリパイ搬入状況



写真－7 採熱管用仮設ハンガー



写真－8 梱包ラップ材による速やかな保護と固定



写真－9 杭設置完了時の状況

この結果、杭1 m当たりの負荷処理量が設計時想定 $80.0\text{ W/m}$ に対して、試験時には $81.1\text{ W/m}$ となり、設計時の想定値を上回ったため、本結果をもとに杭を支持している地盤や埋め戻し材が地中熱を利用するのに適した良好な状況であると判断した。

### (3) 施工の効率化の検証

施工の効率化に関する検証に関しては、1日の杭の施工本数により評価した。この結果、3本目までの杭の施工に関しては、試行錯誤や手戻りにより1本/日の施工量であったが、その後は、平均3本/日の施工量が確保され、これまで未経験の本邦初の施工ながら当初の杭工事の予定期間内に収まった。



写真一10 水圧試験の状況

## 7. 地中熱利用に関する効果の試算

本建物は2013年6月より運用が開始され、1年間経過した。ガラス張りの事務所ビルであり、冷房負荷が大きい状況にある。地中熱（冷熱）の利用量が多いと思われる2013年8月中の実績では、8月20日が1日の積算熱量が一番多く $6,950\text{ MJ}$ であった。また、この時の地中熱機器（循環ポンプ3台及び冷却水ポンプ1台、水冷PAC室外機）の電力量は $461\text{ kWh}$ となった。 $1\text{ kWh} = 3.6\text{ MJ}$ として、 $6,950\text{ MJ} = 1,931\text{ kWh}$ となり、本地中熱利用システムのCOP（成績係数：注1）は、積算熱量/消費電力量（ $= 1,931 / 461$ ）より、4.2とかなり良好な値となった。また、地中熱採熱管の設置された既製杭のうち熱交換可能な長さを深部の40mとすると、延べ長さは $40\text{ m} \times 40\text{ 本} = 1,600\text{ m}$ となる。同8月20日に計測された瞬時熱量の最大値 $512\text{ MJ/h} = 143.6\text{ kW}$ を用いてシステム全体を対象に、長さ当たりの採熱量を評価すると、採熱管1mあたりの採熱量は $143.6\text{ kW} / 1,600\text{ m} = 89.8\text{ W/m}$ となる。これは、前述のサーマルレスポンステストの計測結果の $81.1\text{ W/m}$ に比較して、同等以上の採熱量が確保された状況であり、良好な運転が行われているものと考えられる。

注1) COP（シーオーピー、成績係数、Coefficient of Performance）：空調機器等の省エネルギー性能を評価する指標。空調に利用されたエネルギー（熱量等）をその運転のために使われたエネルギー（電力量等）で除した数値。数値が大きいほど省エネルギー性能が高いことを意味する。最新のエアコンで6.0程度。

## 8. まとめ

ある環境配慮型建物の新築工事において、これまで国内では例の無かった既製コンクリート杭の外周部に高密度ポリエチレン管を配して地中との熱交換を行う地中熱利用方式の施工を行う機会を得た。本工事により、既製杭における地中熱採熱管の設置方法に関する施工上の幾つかの知見を得たので、本事例が今後の地中熱利用の進展の一助となることを期して、主に、地中熱採熱管の施工部分を中心に紹介した。なお、本建物における地中熱空調システム等に関する報告については文献1等を参照されたい。

最後に、匿名の報告ではあるが、本工法の採用を決断された建築主の方々、また、ご指導を頂いた設計事務所や大学の方々にここに記して謝意を表します。

### ■参考文献

文献1) 大久保孝雄、細川慎也、中村導彦、堀池瞬：既製杭を用いた地中熱空調システム、基礎工、2013.12、pp74

### 3. 先行鋤取による地下躯体工事の効率化

社名：佐藤工業(株)

氏名：大山 一貴

#### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	(仮称)Dプロジェクト三郷3-5画地計画
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積 : 72, 998㎡、地上5階
(3) 用途	倉庫
(4) 主要構造	PCa造・一部S造
(5) 建設地	埼玉県三郷市
(6) 施工期間	2012年5月～2013年7月
(7) 工事費	5, 670(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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工期が大変厳しい大型倉庫であり、地下躯体工事の工期厳守のため、作業手順の見直しと効率化が必要とされた。</li> <li>・土、杭工事数量が多く梅雨時期であることから、各工程遵守には、大量の労力、重機(杭打機、ダンプ)等の確保が必要とされた。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・先行鋤取りにより各種工事の工程の短縮とコストダウンを図った。</li> </ul>
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・掘削量の大部分である通路部分(GL-500)、床付け(GL-1, 210)は、梅雨前に先行鋤取とし完了させることで、通路と躯体間の山留めを無くした。</li> <li>・床付け地盤で杭工事を行ったことで、掘削長削減による工期短縮と、杭汚泥の削減によるコスト低減を図った。</li> <li>・作業床を杭頭天端近くとしたので 杭頭処理をバキューム処理で行い、コンプレッサーによる研り作業をなくすことができた。</li> </ul>
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> <li>・杭天端と杭打機械の作業床のレベル差がない事で、杭位置及び天端レベルの精度が向上した。</li> </ul> </li> <li>・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> <li>・当初計画案より土工事・杭工事・山留工事で約18%コストダウンした。</li> </ul> </li> <li>・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> <li>・先行掘削・山留めで5日、杭で3日、杭頭処理で6日、合計14日の工期短縮を実現した。</li> </ul> </li> <li>・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> <li>・作業床と杭天端レベル差が少ない事で、安全性が向上した。</li> </ul> </li> <li>・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> <li>・杭頭処理の研り作業が無くなった為、騒音発生を無くす事が出来た。</li> </ul> </li> <li>・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>・輻輳作業が少なくなり現場が整理され現場イメージが向上した。</li> </ul> </li> </ul>

# 先行鋤取りによる地下躯体工事の効率化

佐藤工業(株) 東京支店  
大山 一貴

## 1. はじめに

本工事は、埼玉県三郷市東京外環道三郷インター近郊の工業地域の中で計画された5階建ての免震大型マルチ物流倉庫である。

本報告では地下躯体工事の効率化について報告する。

## 2. 工事概要

工事名称：(仮称) Dプロジェクト三郷3-5画地計画

工事場所：埼玉県三郷市

工期：2012年5月～2013年7月

建物用途：倉庫

構造：PCa造・一部S造 5階建

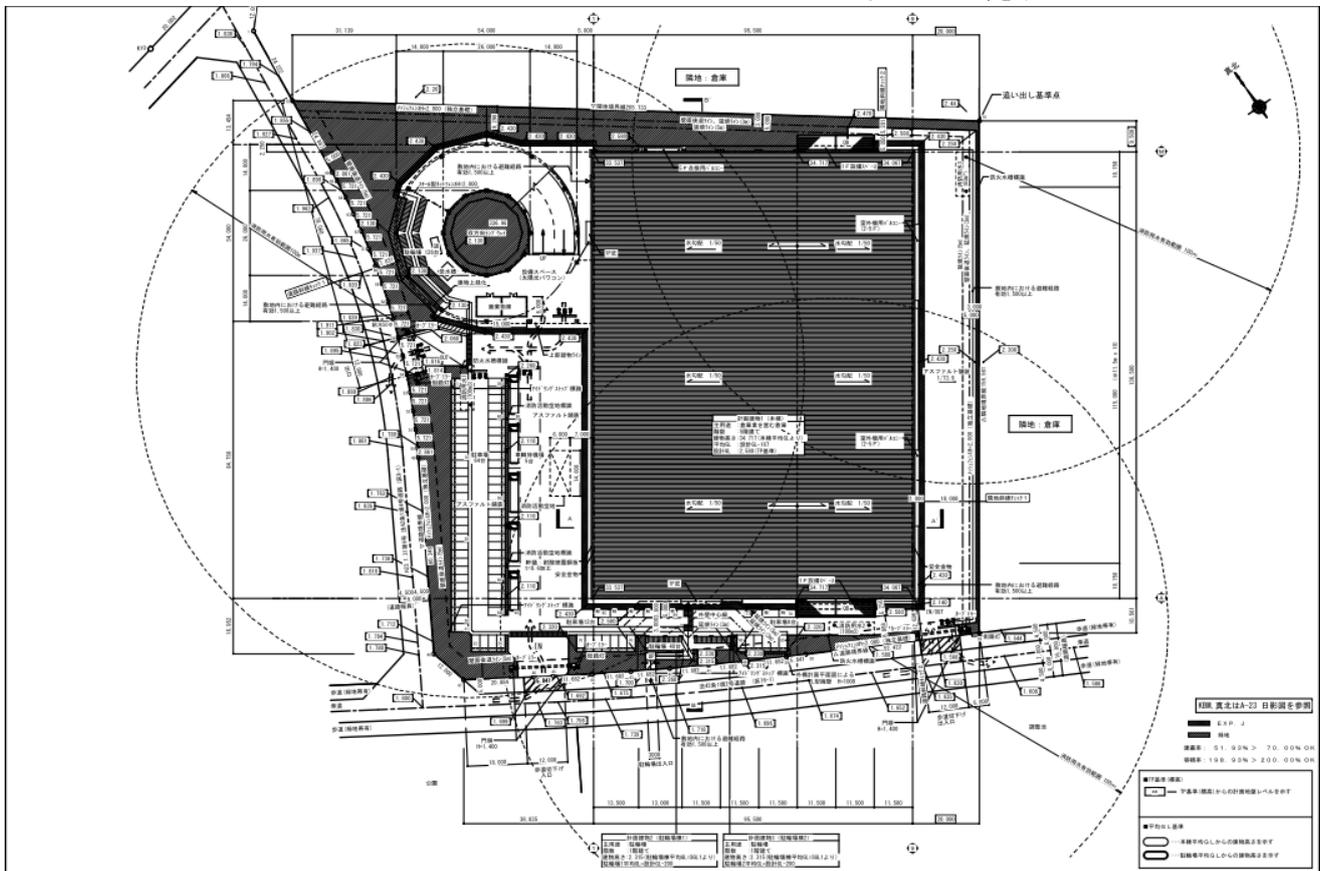
敷地面積：29,531.00m<sup>2</sup>

建築面積：15,337.20m<sup>2</sup>

延床面積：72,998.50m<sup>2</sup>



図-1 完成パース



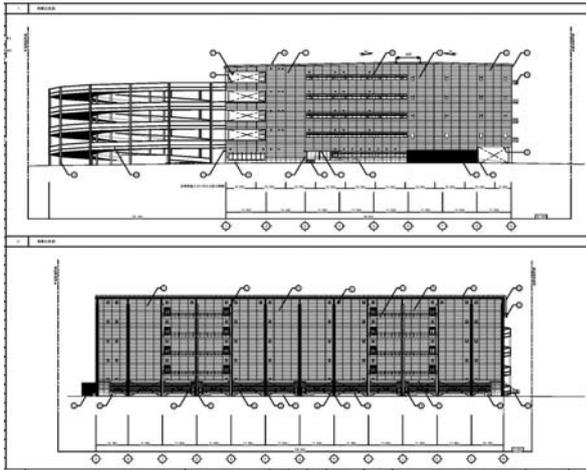


図-3 立面図

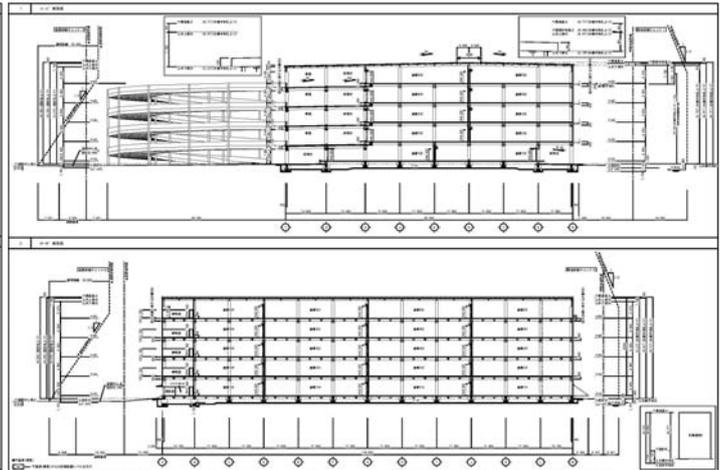


図-4 断面図

### 3. 工事の特徴

ランプウェイで大型搬入車両が自走できる5階建の大型物流倉庫であり、免震構造でP C a造の全体工期が14ヶ月と短工期の工事である。

写真-1は着工時の状況であり、工事敷地は2面を道路に、他方を物流倉庫に隣接した場所である。

図-5は上部躯体工事の総合仮設計画図であり、P C aの揚重機を500tクローラー2基、250tクローラー1基で計画した。



写真-1 着工時状況

#### 4. 当初計画における問題点

工期が大変厳しい中、地下工事は当初工程において梅雨時と重なり、作業不能日が多く発生することが想定された。土工事、杭工事の工事数量が多く、労務状況が厳しいことと、重機（杭打機、ダンプ等）の確保ができるかが問題となり、作業手順の見直しと効率化を行う必要があった。

今回土工事の先行化、その後の杭工事・山留工事の減量化、省力化を進めることで、労務と工事の平準化と工期の短縮（厳守）とコストダウンを図った。

- ・ 土工事

杭工事と順序を入れ替え先行鋤取りすることで、根伐りと杭打設用地盤改良を梅雨前に完了させ、雨天時の工期遅延を無くした。

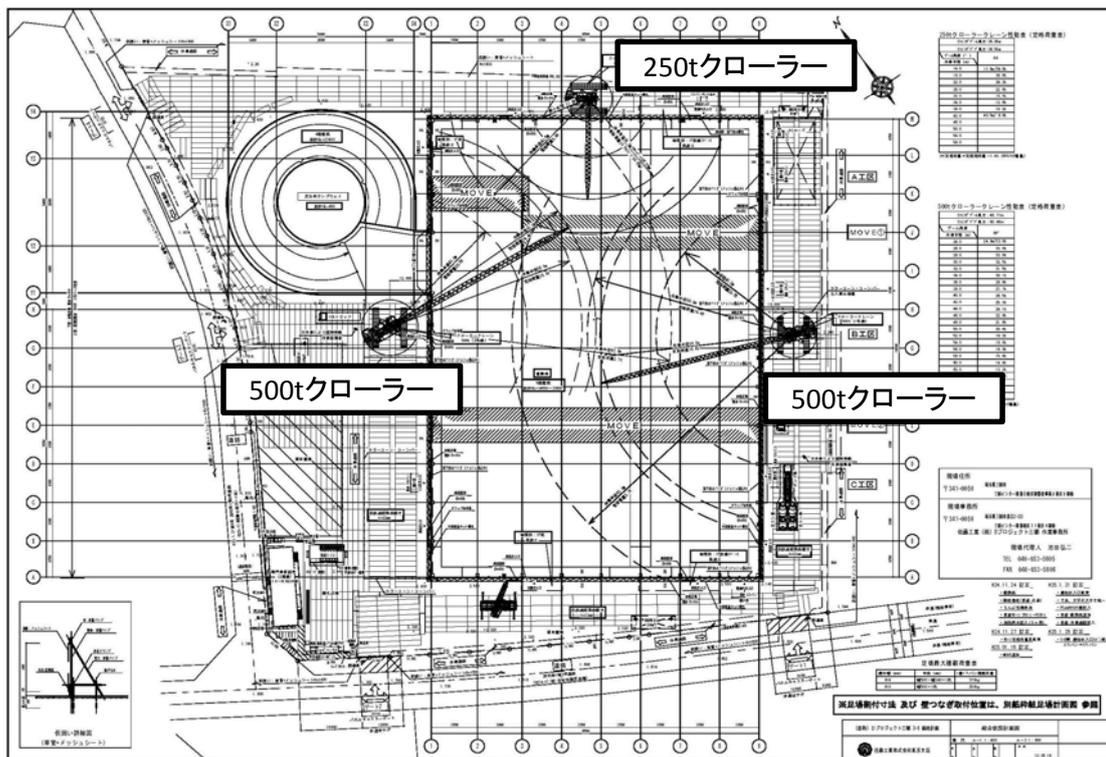
- ・ 杭工事

先行鋤取りを行い、掘削長を減らすことで工期短縮し、杭汚泥の減量によるコスト低減を図った。また、杭頭処理はバキューム処理を行うことで研り作業を無くし、工期短縮とコストを低減した。

- ・ 山留工事

仮設作業通路部を本工事 A s 舗装下地盤まで完了させ、本体の先行鋤取り部との高低差を少なくする事で山留を無くした。

竣工前の外構工事は砕石敷きと A s 舗装のみとなるので、工程が短縮出来た。



図一 5 総合仮設計画図

## 5. 改善立案と実施

- ・ 先行鋤取りによる掘削残土減少（図-6）

杭工事着手前にGL-1,210まで全体を鋤取り、杭打ち機の作業盤を下げることにより発生する掘削残土（汚泥）の発生量を減少させた。通常残土処分と汚泥処分費用の比較の通り、3,710,000円のコストダウンが図られた。（表-1①）

- ・ 杭頭処理方法によるコストダウン

在来工法の研りによる杭頭処理を計画していたが、杭全数（141本）をバキュームによる杭天端の直押えとした結果、1,300,000円のコストダウンが図られた。（表-1②）

- ・ 山留め削減によるコストダウン

通路部もGL-500まで鋤取り床付けレベルGL-1,210との高低差を少なくした結果、山留めが不要になり、6,000,000円のコストダウンが図られた。（表-1③）

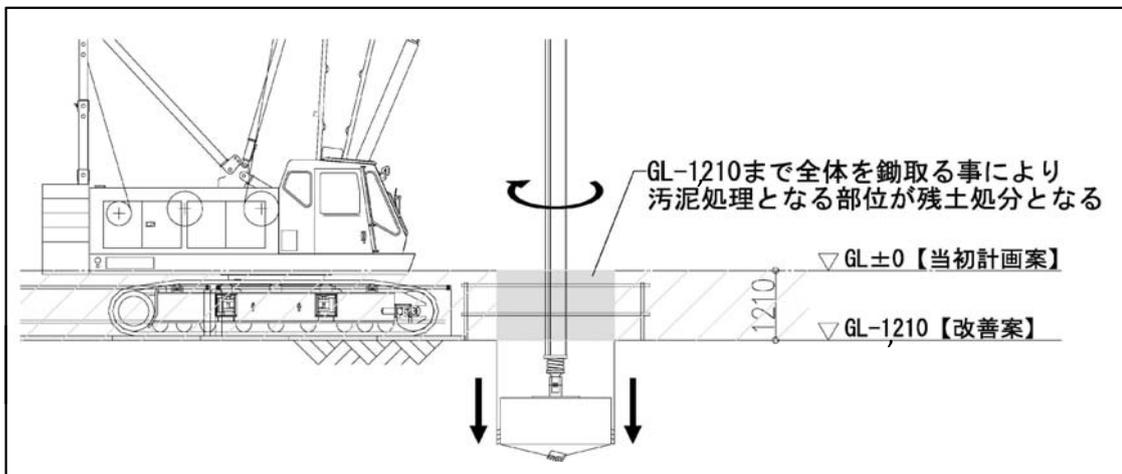


図-6 鋤取りに汚泥処理発生低減部の関係

表-1 改善案のコスト結果

■ 先行鋤取りによる掘削残土（汚泥）減少による改善策			
当初計画	汚泥処理	12,000円/m <sup>3</sup> × 530m <sup>3</sup>	=6,360,000円
改善案	残土処分	5,000円/m <sup>3</sup> × 530m <sup>3</sup>	=2,650,000円
			▲3,710,000円
-----①			
■ 杭頭処理方法による改善策			
当初計画	研り	255m <sup>3</sup>	=9,500,000円
改善案	バキューム	255m <sup>3</sup>	=8,200,000円
			▲1,300,000円
-----②			
■ 山留め削減によるコストダウン			
当初計画	山留め	15,000 × 400m	=6,000,000円
			▲6,000,000円
-----③			
■ 土工事によるコストダウン		①+②+③=▲11,010,000円	

## 6. 改善による効果のまとめ

- ・ Q（品質） ・ 杭天端と杭打機械の作業床のレベル差がない事で、杭位置及び天端レベルの精度が向上した。
- ・ C（コスト） ・ 当初計画案より土工事・杭工事・山留工事で約18%コストダウンした。
- ・ D（工期） ・ 先行掘削・山留めで5日、杭で3日、杭頭処理で6日、合計14日の工期短縮となった。地下工事を当初工程通りで終わらせた。
- ・ S（安全） ・ 作業床と杭天端レベル差が少ない事で、安全性が向上した。  
・ 労務の平準化により、山積を一定とし管理がしやすくなった。
- ・ E（環境） ・ 杭頭処理の斫り作業が無くなった為、騒音発生をなくすことが出来た。  
・ 産業廃棄物の減量となった。
- ・ その他の効果 ・ 輻輳作業が少なくなり、現場が整理され現場イメージが向上した。

## 4. 既存躯体の山留め利用における工期短縮

社名：(株)鴻池組

氏名：筈井 孝一

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	(仮称)山上ビル南館新築工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積：3, 200㎡、地下1階、地上12階
(3) 用途	事務所
(4) 主要構造	地下SRC造、地上S造
(5) 建設地	東京都千代田区
(6) 施工期間	2013年10月 ~ 2015年 1月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	(株)コスモスイニシアー級建築士事務所/コスモデザイン
2. 改善概要	(施工条件と問題点)
(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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存躯体を山留めとして利用した新築工事である。</li> <li>・新築基礎が既存基礎より一部深くなるため、新たに山留めが必要である。</li> <li>・既存躯体が敷地境界いっぱい配置されており、新たに山留め壁を設置するスペースがない。</li> <li>・敷地は神田川に面しており、地下水位が高く施工時に止水が必要である。 (当初計画の問題点)</li> <li>・購入土にて全面埋め戻して杭打ちの作業地盤とするが、土の搬出入に加え、切梁および構台の架払しを解体工事と新築工事で計2回行う必要があり、躯体工事着工までに工期がかかる。</li> <li>・薬液注入(GL-9. 0m付近の粘土層まで)を行い止水壁を形成するが、止水はできても山留め壁としては利用できない。</li> <li>・山留めの必要な部位は、掘削しながら軽量鋼矢板にて行うが、作業の安全性に問題がある。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工期の短縮をはかる。</li> <li>・安全確実な工法にて施工する。</li> </ul>
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全面構台を組むことにより、埋戻しをやめる。</li> <li>・コルゲート管設置によりアースドリル杭施工時の孔壁崩壊防止措置とする。</li> <li>・コラムジェットグラウト工法により、山留め兼止水対策工事とする。</li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	—
・C(コスト)	—
・D(工期)	・当初工法に比べ、1ヶ月の工期縮減
・S(安全)	・施工時の安全性を確保
・E(環境)	・残土の搬出入車両の削減により、CO <sub>2</sub> 排出量39t削減
・その他の効果	—

# 既存躯体の山留め利用における工期短縮

(株)鴻池組  
 筈井 孝一

## 1. はじめに

既存躯体を山留めとして利用した地下工事について、その施工法と効果について報告する。

## 2. 工事概要

敷地は、秋葉原駅に近い神田川沿いに位置し、地下水位が高く、隣地の建物が近接するなか、既存の地下躯体を残してその内側に事務所ビルを新築する計画である。

工事概要と完成イメージ図を以下に示す。(表-1, 図-1)

表-1 工事概要

工事名称	(仮称) 山上ビル南館新築工事
工事場所	東京都千代田区神田
建築主	山上(株)
設計監理	株式会社 コスモスイニシアー級建築士事務所/コスモスデザイン
施工	株式会社 鴻池組
主要用途	事務所ビル
敷地面積	392.08㎡
建築面積	256.03㎡
延床面積	3,200.89㎡
構造規模	地下1階・地上12階 地下SRC造・地上S造
工期	2013年10月～2015年1月



図-1 完成イメージ図

新築と既存の重ね合わせ図(平面図と断面図)を以下に示す。(図-2, 3, 4)

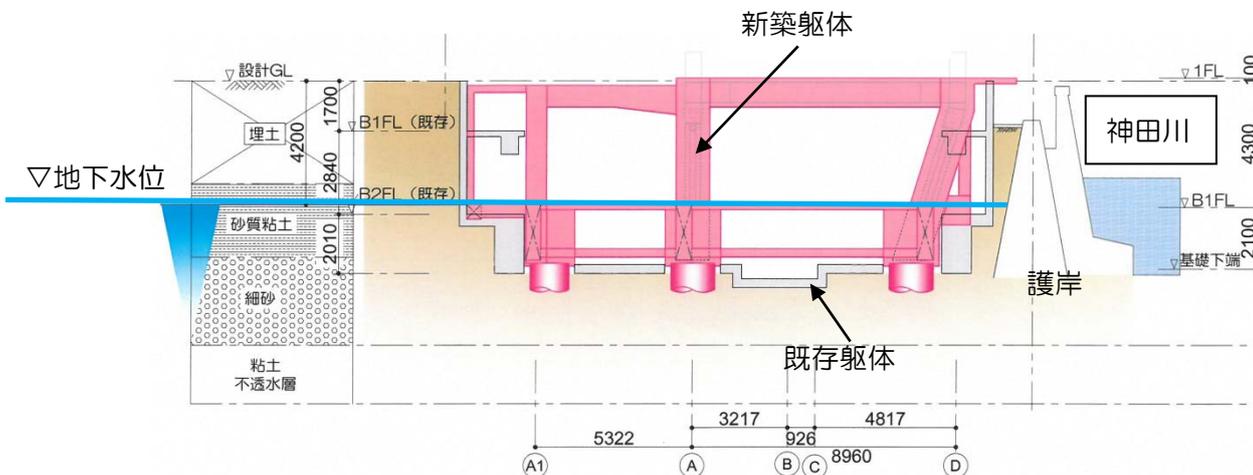


図-2 南北方向基礎部断面図(新築・既存重ね合わせ)

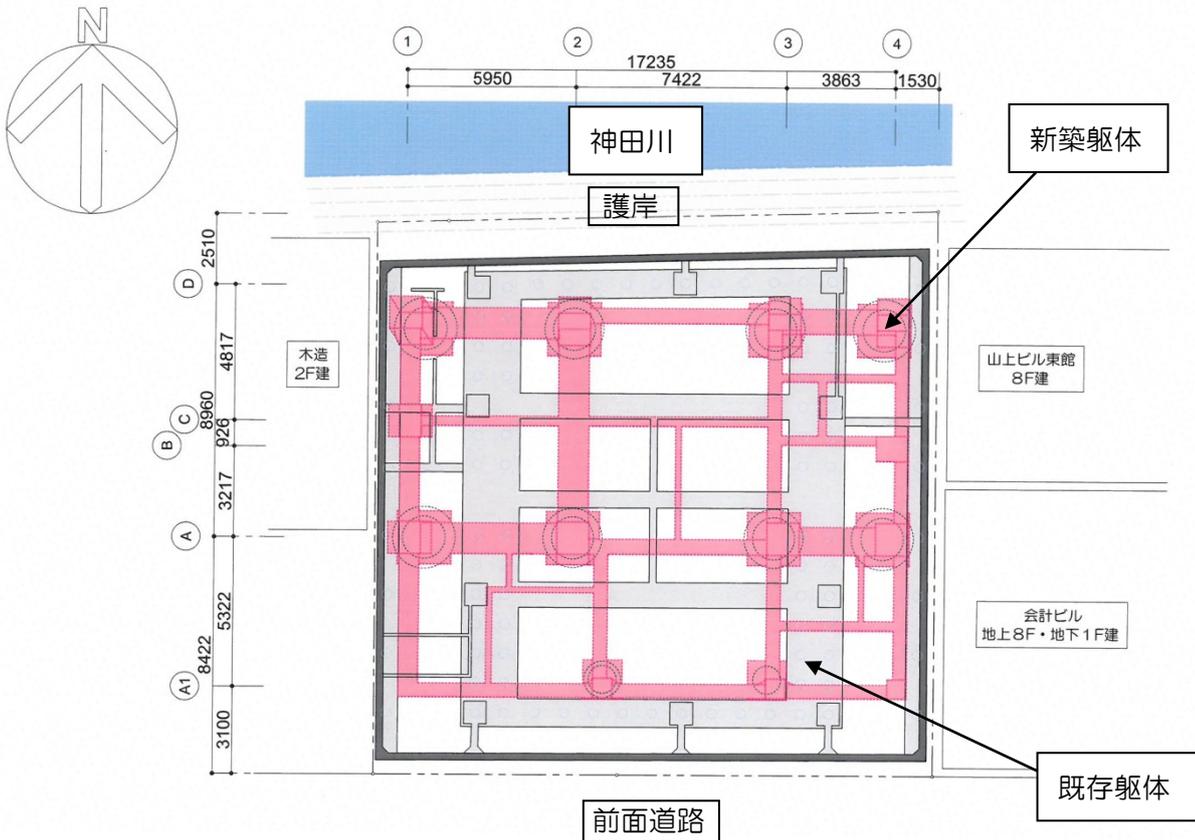


図-3 基礎配置図（新築・既存重ね合わせ）

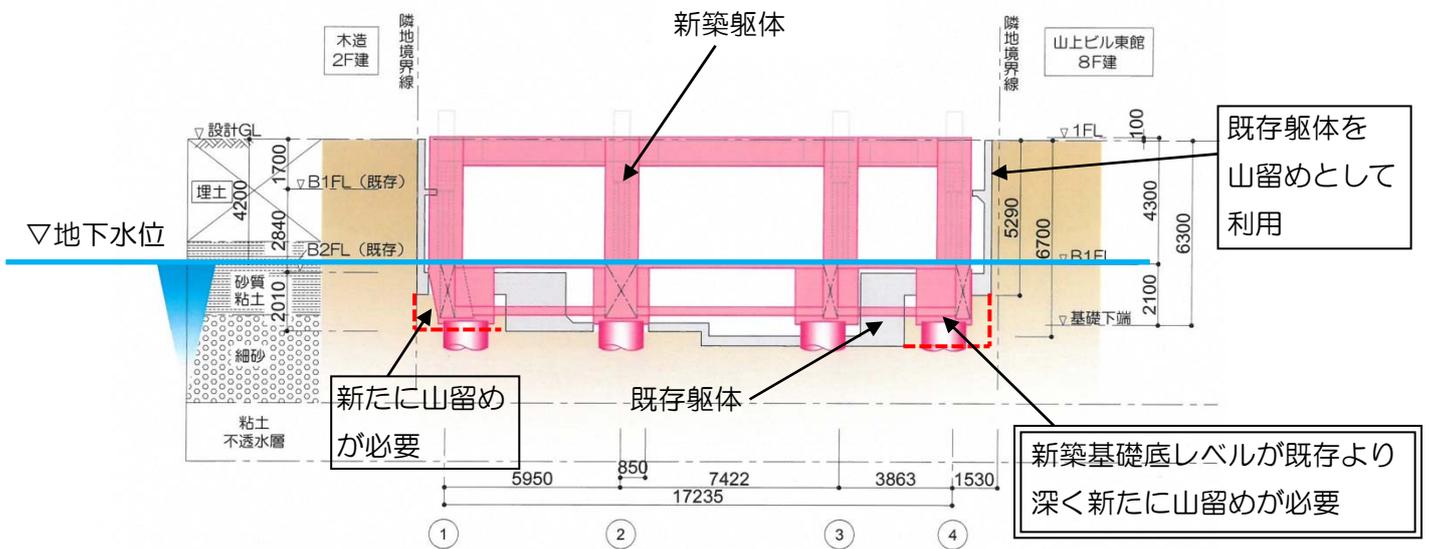


図-4 東西方向基礎部断面図（新築・既存重ね合わせ）

### 3. 施工条件

当工事の施工条件として、下記の3点があげられる。

- ①新築躯体は、既存躯体より基礎底レベルが深くなる部分がある。

新築基礎底レベルは、GL-6,300であるのに対して、既存基礎底レベルは、GL-6,700であるが、変則的な形状をしていて一部GL-5,290となっている。したがって、既存躯体を

山留めとして利用するが、一部は既存躯体を解体して掘削する必要があり、新たに山留めが必要である。

② 既存躯体が敷地境界いっぱい配置されており、山留め壁を設置するスペースがない。

③ 地下水位が新築基礎底レベルよりも高い。

新築基礎底レベルは、GL-6, 300 であるのに対して、敷地の地下水位は GL-4, 200 で、新築基礎底レベルより水位が高いため、既存躯体を削孔すると地下水が内部にあふれ出てくる。したがって、止水して工事をする必要がある。

#### 4. 当初計画概要と問題点

施工条件に対して、当初計画概要と問題点は以下の通りである。(図-5)

① 購入土にて全面埋め戻して、杭打ち工事の作業地盤とする。

(問題点)

土を埋めて、地盤改良して、杭打ち工事の作業地盤とする。地下水位が既存基礎底レベルよりも高いため、杭孔を先にあけると水が浸入してくる。杭打ち工事の前に、全周回転式オールケーシング工法で既存基礎を削孔する必要がある。その後、埋土を搬出する必要がある、工事完了まで時間がかかる。また、敷地北面が神田川の護岸に面しているため、護岸に余計な土圧をかけることもできない。切梁と構台も解体時と新築時に架払が発生する。

② 薬液注入を行い、GL-9.0m付近の粘土層（不透水層）まで止水壁を形成する。

(問題点)

建物全周に薬液注入による止水壁を形成し、不透水層へ差し込み、敷地内を遮水する。薬液注入した土は止水効果はあっても山留めとしての効用は持ち得ない。

③ 山留めの必要な部位は、掘削しながら鋼矢板にて行う。

(問題点)

敷地境界と既存躯体の間にスペースがないため、土で埋めた GL 面からは山留めの施工は不可能である。よって、掘削しながら鋼矢板を打設していくという施工しづらい作業になる。

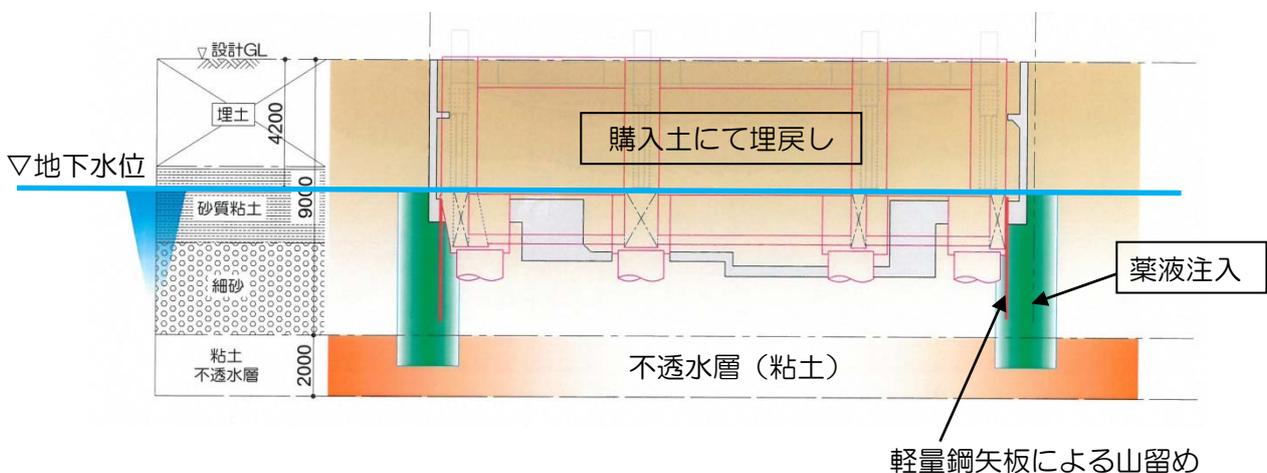


図-5 当初計画断面図

## 5. 改善計画概要

問題点を解決する改善案（実施案）は以下の通りである。

### ①全面構台を組むことにより、埋戻しをやめる。

土で埋め戻すのをやめて、既存基礎の上に全面構台を組んだ。杭打工事と止水工事は構台を作業床として施工した。（写真-1）

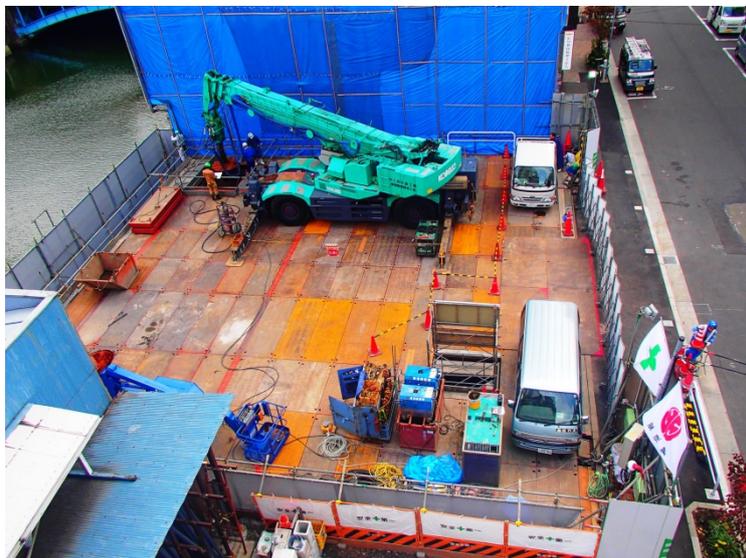


写真-1 全面構台架設状況

### ②コルゲート管設置により、アースドリル杭施工時の孔壁崩壊防止措置とする。

アースドリル杭工事は、構台の覆工板を順次取り外しながら実施した。地下水位が既存基礎底レベルよりも高いことから、孔壁崩壊防止のためにコルゲート管を杭孔に建て、地下水位より杭孔内水位を高く保ちながら工事を進めた。（図-6、写真-2）

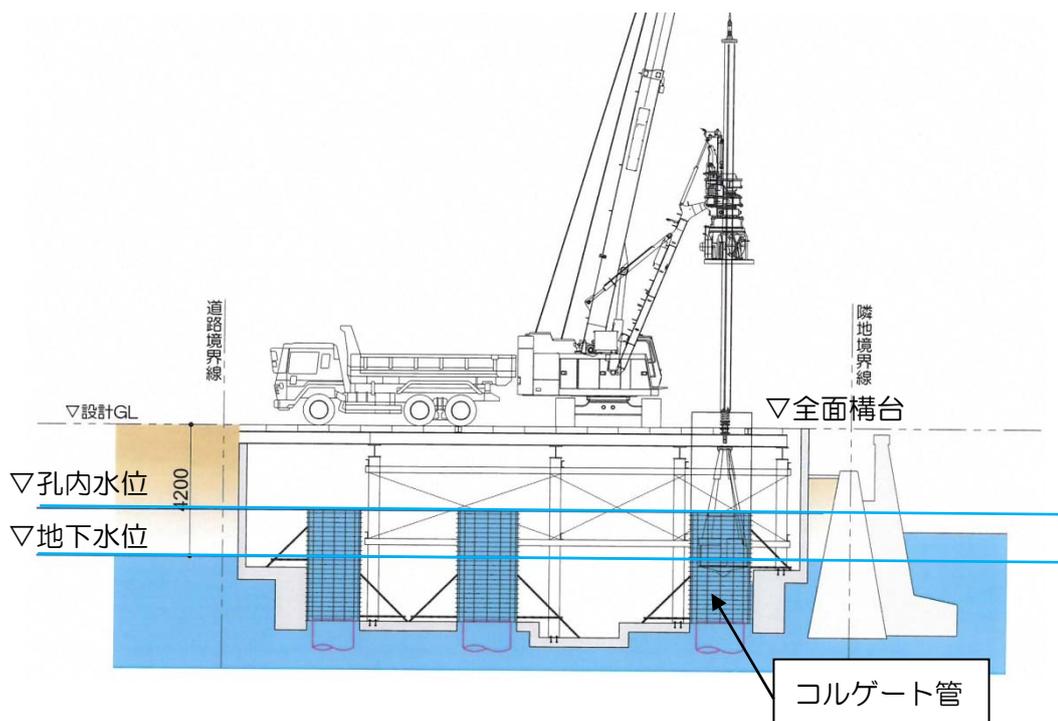


図-6 杭工事計画図



①杭工事全景



②コルゲート管製作状況（工場）



③コルゲート管セット状況



④コルゲート管水溜め



⑤ケーシングセット後



⑥杭芯セット（構台上）

写真-2 コルゲート管設置

③コラムジェットグラウト工法（C J G工法）により、山留め兼止水対策工事とする。

山留め兼止水対策工事として、コラムジェットグラウト工法（C J G工法）を採用した。地上から小径の鋼管を地中に差し込み、鋼管を回転させながらセメントミルクを高圧で噴射し、土をセメントミルクに置換する工法である。これにより、構台上からの山留め止水工事の施工が可能となり、掘削しながら山留めを行う必要がなくなり、安全に工事することができた。（図-7，写真-3，4）

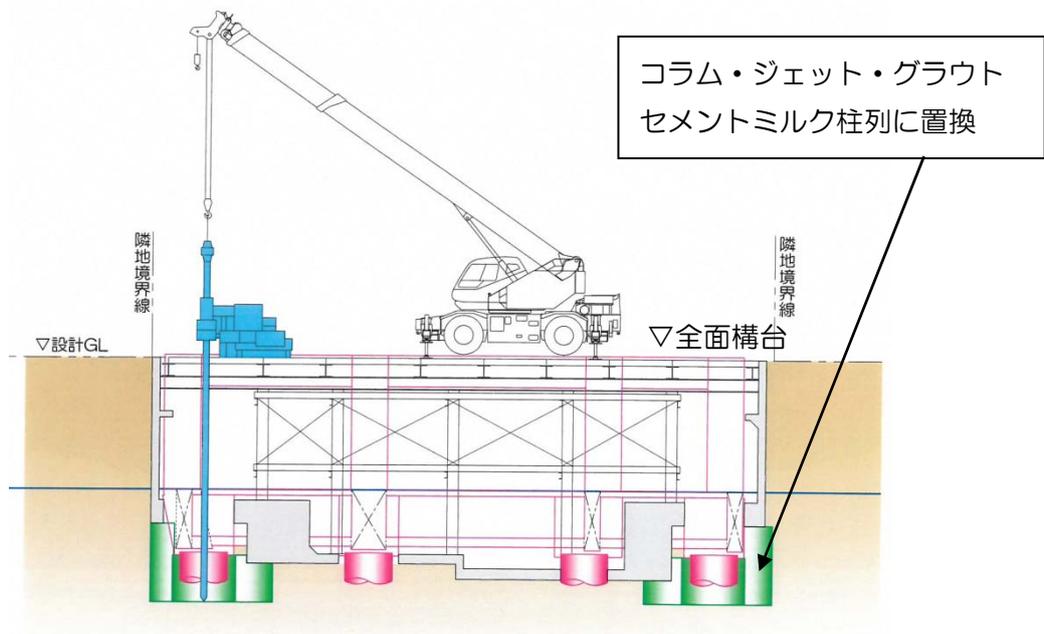


図-7 C J G工法計画図



写真-3 C J G工法による柱列施工状況

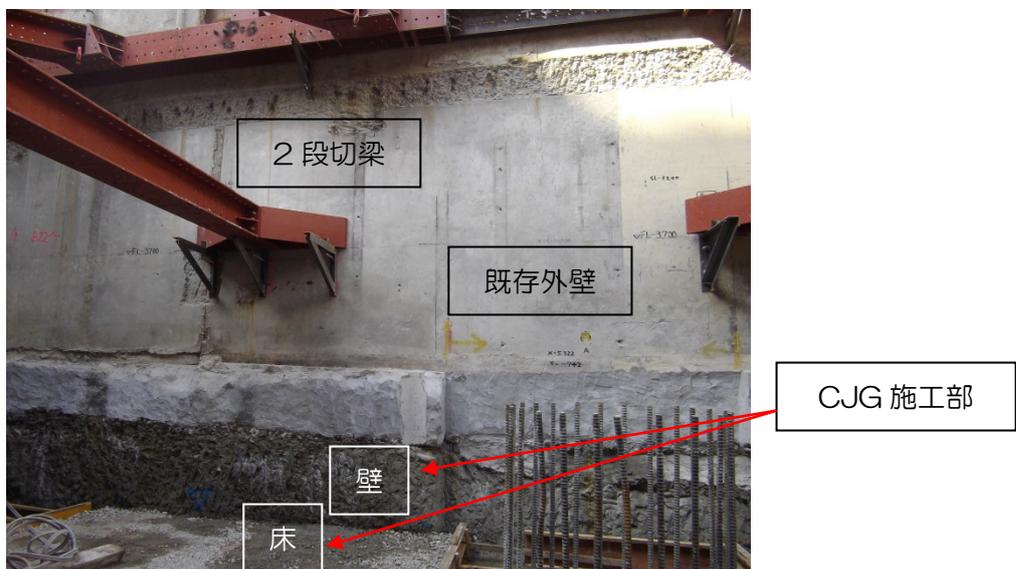


写真-4 解体完了後捨コン打設前状況

## 6. 改善による効果

### ①D（工期）

改善案では、当初案より約1か月の工期を短縮することができた。（表-2，3）

表-2 当初計画工程

	1月目	2月目	3月目	4月目	5月目	6月目
解体工事	■					■
構台(解体用)	■	■				
1段切梁(解体用)	■	■				
埋戻し・地盤改良		■				
杭孔全周旋回削孔			■			
アースドリル杭打設			■	■		
薬液注入				■	■	
掘削工事					■	■
構台(新築用)					■	■
1段切梁(新築用)					■	■
2段切梁						■

表-3 改善実施工程

	1月目	2月目	3月目	4月目	5月目
解体工事	■			■	■
全面構台(解体・新築用)	■	■	■	■	■
コルゲート管取付	■				
アースドリル杭打設		■	■		
止水工事(CJG工法)			■		
1段切梁				■	■
2段切梁				■	■
掘削工事					■

## ②S（安全）

全面構台を組むことにより、埋戻しの作業がなくなり、地下部が常に可視化され、安全管理に役立った。また、C J G工法を採用することにより、掘削しながらの山留め工事をする必要がなくなり、作業上の安全性が確保された。

## ③E（環境）

残土の搬出入車両の削減により、CO<sub>2</sub>排出量を約 39 t 削減することができた。

## 7. 総括

当物件では、既存杭と新築杭が重ならないように設計していただいたこと、土による埋戻しをやめることができたことにより、工期を短縮することができた。

既存躯体の新築工事への活用は、設計・施工ともに既存躯体の制約を受ける点が多く、解決すべき問題点が多い。しかしながら、周辺環境への影響を抑え、廃棄物の発生量を抑制するというメリットから、今後も増えることが予想される。

今回の経験を活かし、より効率的で環境に優しい施工法に取り組んでいきたい。

## 5. 車道整備工事における 既設用水路・近隣家屋の安全確保

社名：松井建設(株)

氏名：長田 裕史

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	テックランド金沢福久店新築工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積:7,894㎡、地上2階
(3) 用途	店舗
(4) 主要構造	S造
(5) 建設地	石川県金沢市
(6) 施工期間	2013年3月 ~ 2013年9月
(7) 工事費	495(百万円)
(8) 設計者	(有)高田建築設計
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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・用水路沿いにL型擁壁を敷設するため、用水路の漏水リスクが生じ、相当な工期と難工事が予想された。</li> <li>・用水路から鉄骨方杖を施して、近接家屋の基礎の崩壊防止を行っているため掘削することにより用水路の損傷と近隣家屋の転倒が予想された。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歩道付き車道の機能を満足し、用水路の損傷と近隣家屋の転倒を防止する。</li> <li>・用水路の漏水を防ぎ、短工期を厳守する。</li> </ul>
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歩道と車道を入れ替えて、用水路側を歩道に変更する提案をした。</li> <li>・車両走行荷重の影響範囲外になる位置に車道を離すことで、用水路沿いのL型擁壁を不要とした。</li> <li>・既設農道のコンクリート舗装を歩道の路盤に利用して、用水路に影響を及ぼす範囲の掘削工事を無くすことで、用水路の供用と近接家屋の鉄骨方杖に影響が生じなかった。</li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	—
・C(コスト)	・L型擁壁敷設や近隣家屋補強費の削減により、コストを74%削減した。
・D(工期)	・車道整備工事が約3週間の工期短縮となった。
・S(安全)	・掘削工事が無くなり用水路損傷の危険性がなくなった。 また、近接家屋への影響を無くした。
・E(環境)	・農業用水に影響が生じなかった。
・その他の効果	・歩道入れ替えで店舗への搬入車両が歩道を横断することなく、安全性がUPした。

# 車道整備工事における既設用水路・近隣家屋の安全確保

松井建設(株)北陸支店

長田 裕史

## 1. はじめに

本工事は、石川県金沢市郊外（金沢駅より北東へ約5kmの位置）の主要幹線道路沿いに計画された家電量販店の店舗新築工事及び付随する車道整備工事（開発・設計は別途）である。

今回の工事は、特にオープン日を厳守とした短工期での完成を期待されている工事となっている。写真-1に竣工写真を示す。

## 2. 工事概要

工事名称：(仮称)テックランド金沢福久店新築工事  
工事場所：石川県金沢市  
工期：2013年3月～2013年9月  
敷地面積：10252.40㎡  
建築面積：4088.43㎡  
延べ床面積：7894.40㎡  
構造規模：地上2階建てS造 最高高さ11.80m  
駐車場規模：第1：228台 第2：124台 合計352台  
周辺道路：南、北、東：9.0m 西(国道)：25.2m



写真-1 竣工写真

## 3. 敷地概要と背景

計画地周辺は、写真-2に示すように市街地から延びる主要幹線道路に沿って新興住宅の開発が進む地域であるが、水田が広く残るエリアでもある。

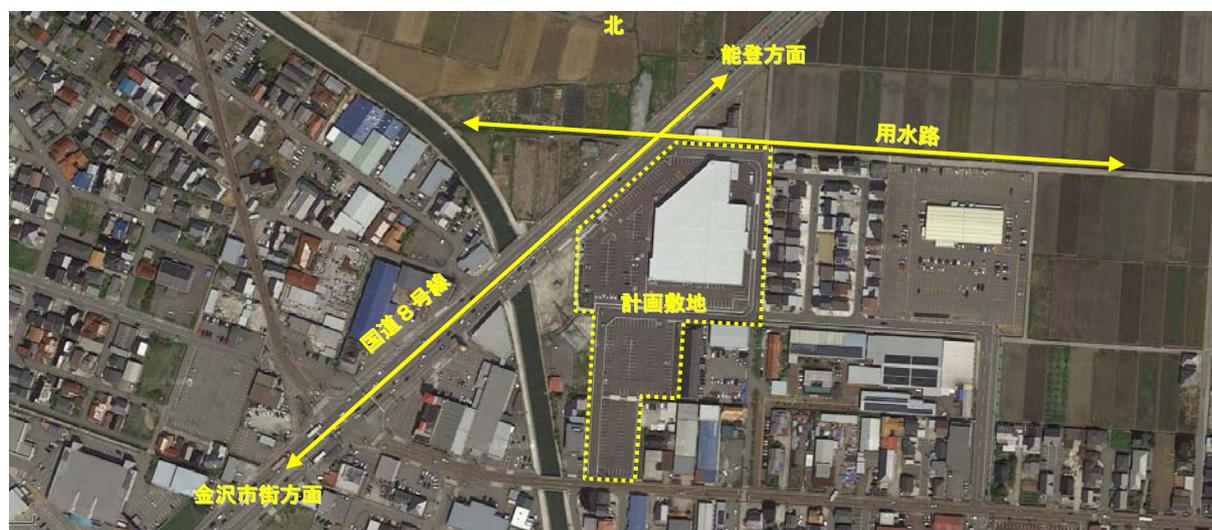


写真-2 計画地周辺状況

計画敷地も開発前は水田であり、図-1 に示すように敷地北面には一帯の水田に農業用水を供給するための用水路と農業用道路（コンクリート舗装）が敷設されていた。今回、農業用道路を歩道付き車道に整備する工事に於いて、用水路と近隣家屋の安全確保が施工計画のポイントとなった。

近隣家屋は、写真-3 に示すように用水路から鉄骨方杖により基礎の崩壊防止を行っていた。設計段階から、設計者と家主及び用水路管理組合、行政との間で取扱いについて協議していたが、より良い解決案が出せず、鉄骨方杖を残したままの設計となっている。

また、全体の車道整備工事の中で、図-1 に示す今回の用水路沿いの工事は7月からの約5週間で予定しており、水を多く利用する農繁期と重なっている。



写真-3 農業用道路・用水路・近隣家屋

近隣家屋  
既設用水路  
農業用道路を歩道付き車道に整備

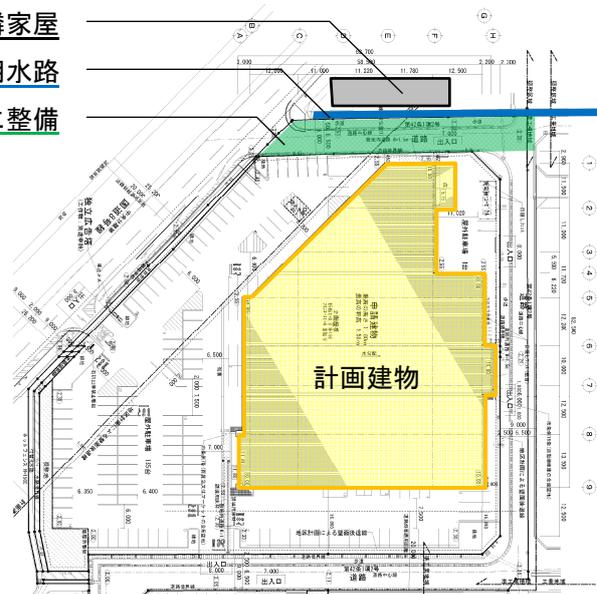


図-1 配置図

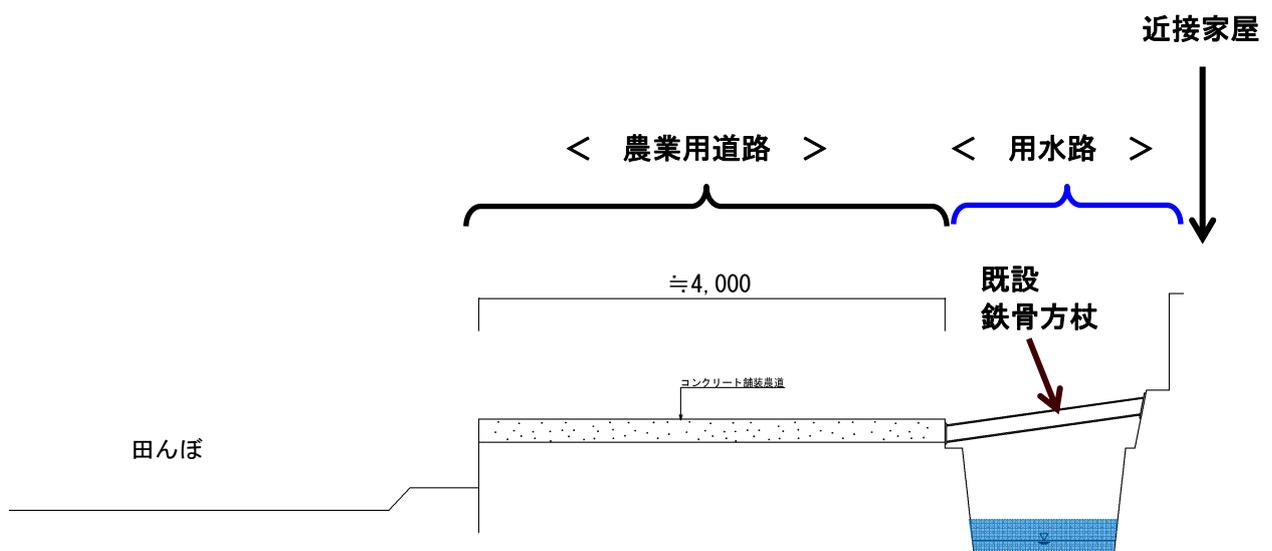


図-2 既設農業用道路と用水路（断面図）

#### 4. 当初案の問題点

図-3 に示す当初案は、先ず用水路沿いの農業用道路のアスファルト舗装を撤去し掘削する。次に松杭を打ち込み、既製品のL型擁壁を敷設する。埋戻し後、用水路に近い側を車道、離れた側に歩道を新設する計画となっていた。また、この間の既設の鉄骨方杖の補強（反力確保）や用水路の水流確保のための二次工事が必要となる。

施工計画を作成するにあたり、試掘調査を行なった結果、用水路躯体が一体型の構造でない（重力式壁に後打ちの底盤）ことやコンクリート劣化の存在、差し水の存在、近隣家屋の埋設配管の存在が新たに確認された。

これらを踏まえると、既設用水路の漏水や転倒リスク、近隣家屋の倒壊リスクが考えられ、短い工期の中で難しい工事が予想された。

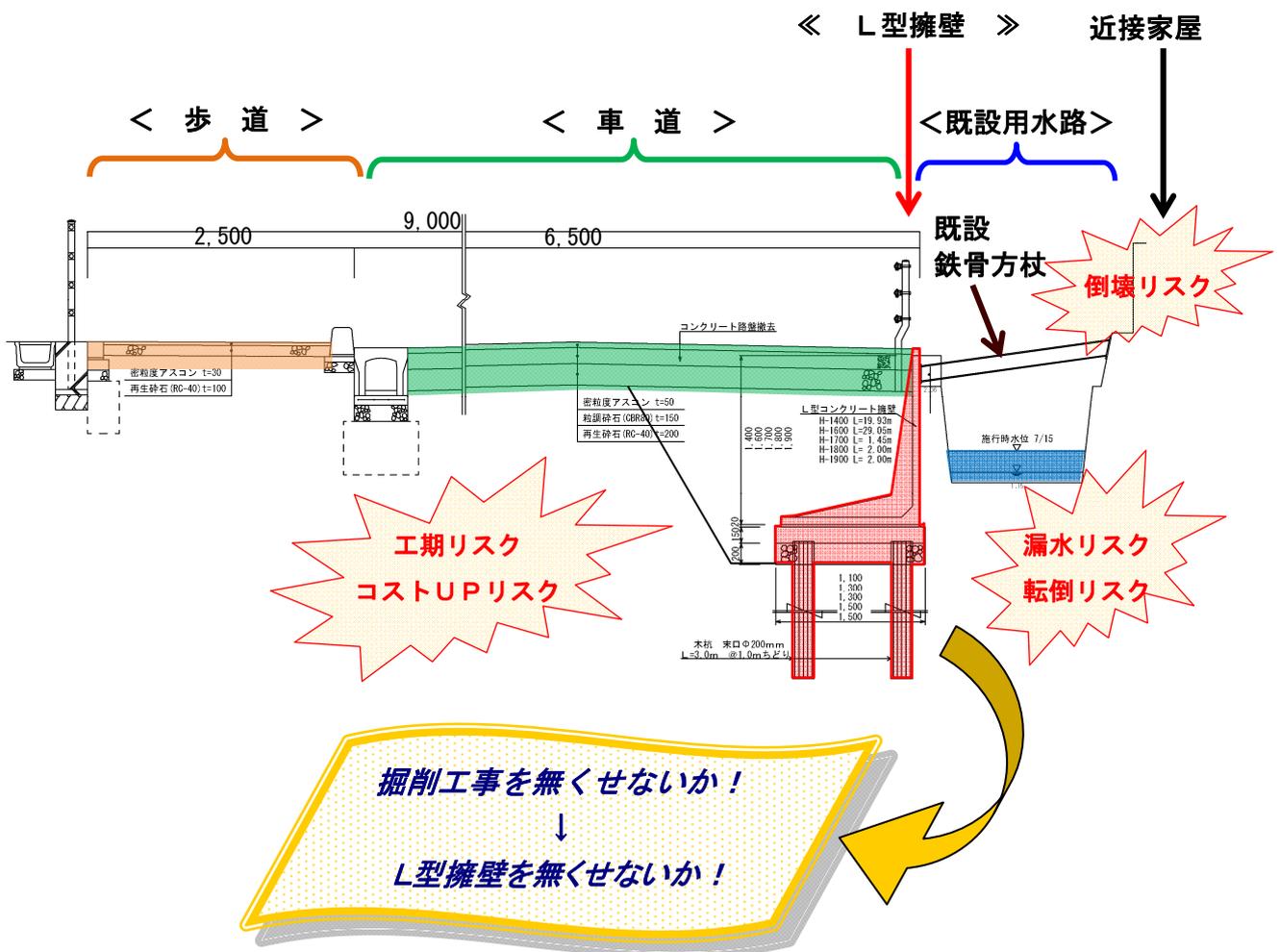


図-3 当初案（断面図）と問題点

そこで、掘削範囲を狭くしてL型擁壁を敷設する方法や用水路の流水を迂回する方法、用水路躯体を補強して鉄骨方杖の反力を取る方法、近隣家屋の基礎をアンダーピニング等で補強して鉄骨方杖を無くす方法など、いくつかの施工方法と代替工法を検討した。

しかし、どの方法においても上記のリスクが全て無くなることはなく、問題が実際に起こ

った場合の工期への影響が大きいことが考えられた。さらに、近隣家屋や用水路管理組合との折衝時間などが別の問題として浮上してきた。

これらのことから、用水路沿いの掘削工事を無くすこと、すなわちL型擁壁を無くすことが最善の方策であるとの結論に至った。

## 5. 改善案の策定

VE思考でL型擁壁の機能を考えると“土圧を受け止める”ことが解る。この土圧とは車道からの土圧であり、L型擁壁は“走行する車両の荷重を受け止める”という機能を持っていることになる。

つまり、L型擁壁を無くすには“車両荷重を無くす”こととなるが、車両の通行を無くすことは現実的ではない。

さらに考えを進めて“車両の荷重を小さくする”、“車両の荷重を分散する”、“車両の荷重を遠ざける”・・・“車道を離す”と段階的に思考することにより、“歩道と車道を入れ替える”という改善案に達した。(図-4)

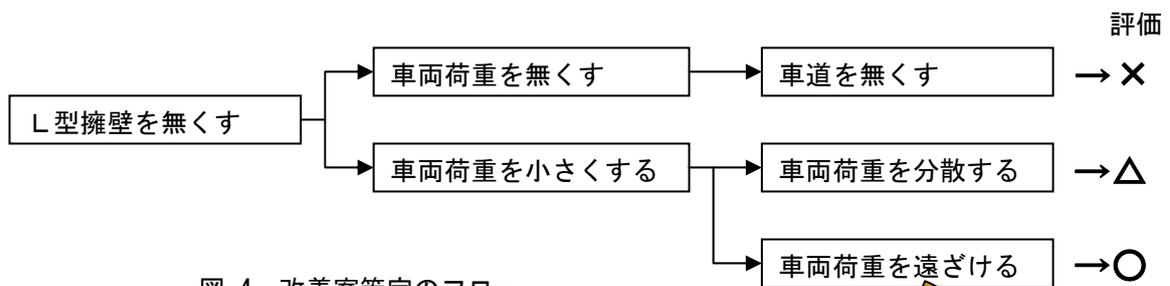


図-4 改善案策定のフロー

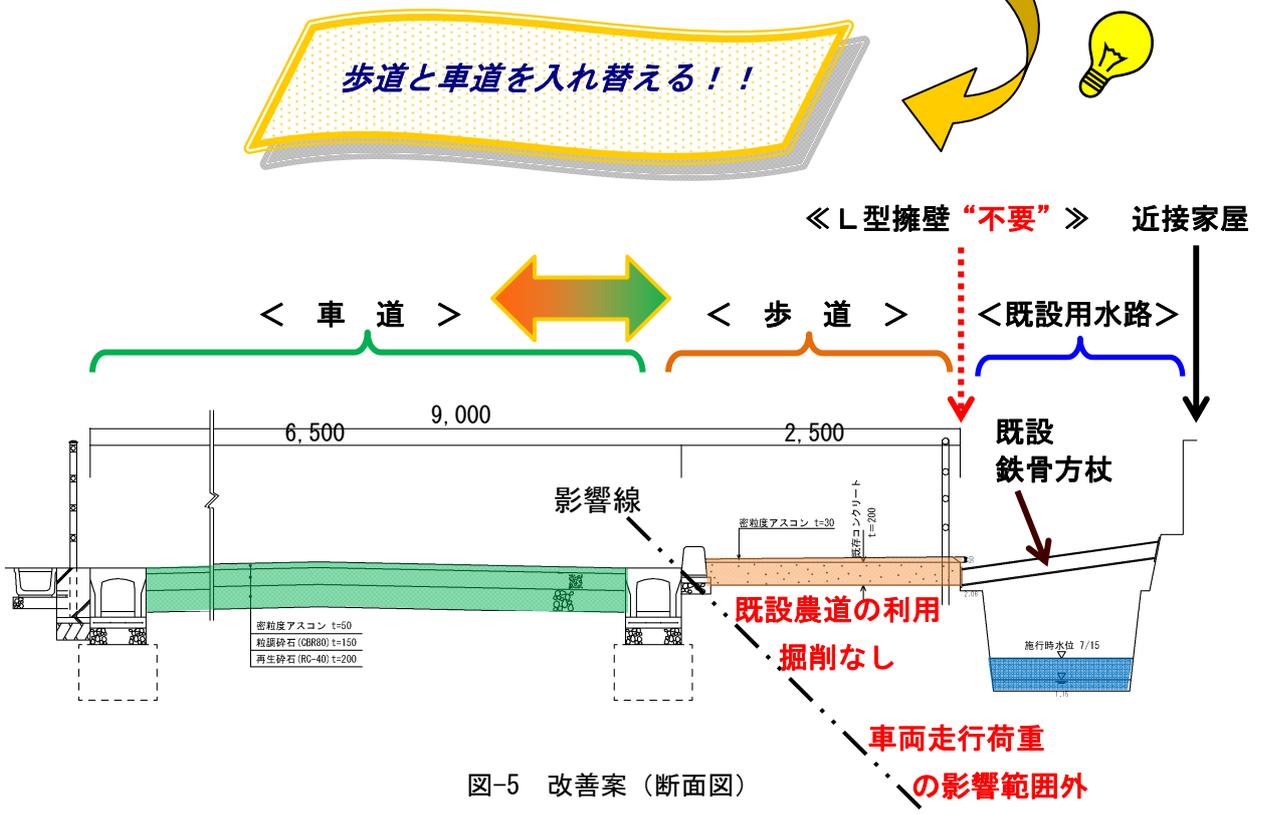


図-5 改善案 (断面図)

## 6. 改善案の効果と実施

歩道と車道を入れ替えて、用水路に近い側を歩道、離れた側を車道に変更することで、下記の効果が得られた。

- ①用水路位置が車両走行荷重の影響範囲外に離れることで、用水路に作用する土圧の増加が生じないため、用水路沿いのL型擁壁が不要となる。
- ②既設の農業用道路のコンクリート舗装を歩道の路盤として利用して、用水路に影響を及ぼす範囲の掘削工事を無くすことで、工事期間中の用水路の利用が確保できる。
- ③同様の理由で、近隣家屋の鉄骨方杖に影響を及ぼす作業が全く生じないため、安全が確保できる。

以上の効果を設計監理者とお客様に理解して頂き、行政との複数回の協議を経て、変更案の実施が決まった。改善案の施工状況と完成状況を写真-4,5に示す。改善案実施に伴う効果は下記のようになった。

- ①作業量の低減により車道整備工事全体で約3週間の工期短縮となった。また、問題発生リスク低減により全体工期内の車道整備工事完成が確保できた。
- ②L型擁壁敷設費や近隣家屋の鉄骨方杖の補強費の削減により、コストは74%削減された。
- ③歩道入れ替えで店舗への搬入車両が歩道を横断することが無くなったため、第三者に対する交通の安全性が向上した。



写真-4 改善案施工状況



写真-5 改善案の完成状況

## 7. おわりに

車道整備工事における複数の問題（リスク）を歩道と車道の位置を入れ替えるという単純な発想で解決し、店舗オープン日を迎え、沢山のお客様が来店されたことを大変嬉しく思うと共に、本工事にご協力いただいた方々に感謝致します。

## 6. 基礎躯体工事の合理化(コストダウンと工期短縮)

社名: 清水建設(株)

氏名: 阿部 勝範

氏名: 林 克也(発表)

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	MM21-46街区プロジェクト
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積: 97, 248 m <sup>2</sup> 、地上14階・塔屋2階
(3) 用途	事務所・店舗
(4) 主要構造	地上S造(柱CFT)
(5) 建設地	神奈川県横浜市
(6) 施工期間	2012年12月～2014年3月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	清水建設(株)一級建築士事務所
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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設地が海に近く、基礎工事中に地下水の影響を受ける状況であった。</li> <li>・原設計の基礎免震+基礎梁形式では、基礎底面が地下水水位より深くなるため、建屋外周を止水壁で囲う必要があった。</li> <li>・延床97, 000m<sup>2</sup>の建物を16カ月の短工期で施工する必要があったため、早い時期に設計者と協議を開始した。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎底面が地下水水位よりも浅くなる構造形式を採用し、外周止水壁の削減、掘削土量の削減、基礎躯体数量の削減によるコスト削減を図る。</li> <li>・コア部鉄骨建方の工期短縮を図る。</li> </ul>
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎免震+基礎梁形式から中間免震+マットスラブへの変更(コスト・工期)</li> <li>・外周部の地盤改良による土型枠の採用(コスト・工期)</li> <li>・仮設土間コンクリートによる切梁削減(コスト・工期)</li> <li>・NS工法の採用(工期)</li> <li>・コア部鉄骨柱脚の仮設柱対応による早期鉄骨建方(工期)</li> <li>・コア部免震基礎PCa化(工期)</li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・基礎底がドライな環境で作業でき、山留削減により、作業性や品質が向上した。
・C(コスト)	・掘削土量の削減、基礎躯体数量の削減、山留の削減により、17%のコスト削減を達成した。
・D(工期)	・クリティカルな1節鉄骨建方を基礎躯体工事前に行い、2カ月の工期短縮を達成した。
・S(安全)	・地組化・ユニット化・高所作業の低減により、作業安全性が向上した。
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・掘削残土、躯体数量削減による、搬出入車両の削減により、CO<sub>2</sub>を削減した。</li> <li>・先行計画によりゼロエミッションを達成した。</li> </ul>
・その他の効果	—

# 基礎躯体工事の合理化(コストダウンと工期短縮)

清水建設株式会社 横浜支店  
阿部 勝範・林 克也(発表)

## 1. 工事概要

当建物は横浜駅から程近いみなとみらい21地区に位置し、開発から設計、施工まで当社が手掛けた、基準階1フロア約1,700坪の国内最大級大規模テナントオフィスである。(図1、写真1)

当建物の大きな特徴は、中間免震構造を採用するとともに重要設備をその免震階上に配置し、非常時にも3日間の最低限のライフラインの自立を確保した、「ecoBCP®」オフィスビルであるという点にある。

表1 工事概要

工事名称	MM21-46街区プロジェクト
延べ床面積	97,248㎡
階数	地上14F、塔屋2F
用途	事務所・店舗・駐車場
主要構造	地上S造(柱CFT)、中間免震構造
建設地	神奈川県横浜市
施工期間	2012年12月～2014年3月
施工	清水建設株式会社横浜支店



図1 案内図

## 2. 施工計画上の検討課題

当建設地は横浜市のみなとみらい21地区に位置し、海が近いために施工時に地下水の影響を受けることが予測された。

施工にあたり、原設計の基礎免震とピット基礎形状の組み合わせでは基礎底面が常水位面より深くなるため、建物外周に止水壁を設ける必要があった。

また、基礎底面が深くなることで掘削土量が増え、コスト・工期・品質の面からも不利であった。

延床97,000㎡を16ヶ月の短工期で施工する必要があったことも併せ、これらの課題を克服するために合理的に施工することが要求された。

本書では当建物において取組んだ、基礎躯体工事の合理化の事例について紹介する。

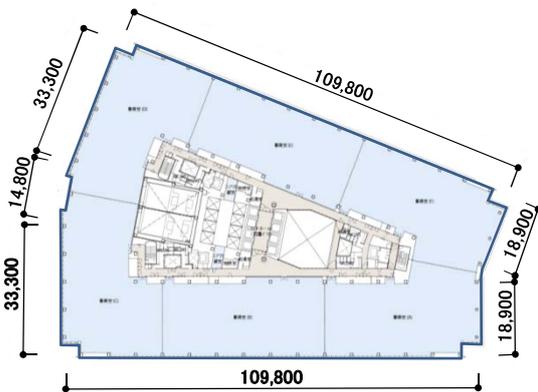


図2 基準階平面図

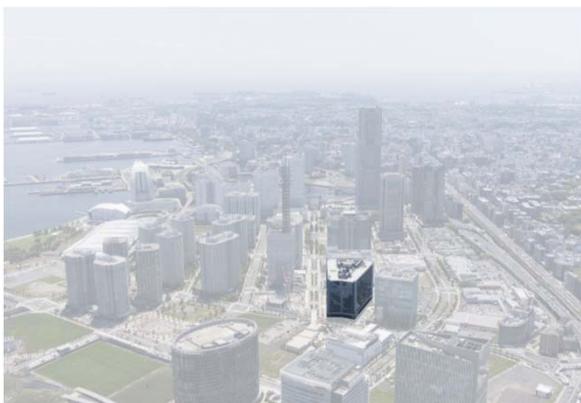


写真1 竣工写真

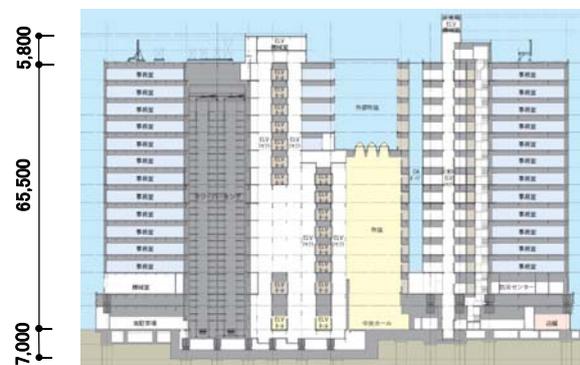


図3 断面図

### 3. 検討事項改善のための取組み

当建物では、施工部隊が着工9ヵ月前の基本設計着手時からプロジェクトに参画し、原設計の基礎構造形式を変更すると共に、基礎工事施工の合理化策を提案し、確認申請図にそれを織り込んだ。

#### 3-1. 構造形式の変更

原設計の構造形式は、基礎免震とピット基礎形状の組み合わせとなっていた。

現場周囲の常水位面がGL-2.6mなので、基礎施工時に掘削底面が地下水位の影響を受けずに施工するためには、建屋外周に止水壁が必要となる。

当現場においては施工面積が広大であったこともあり、コスト・工期ともに不利であった。

そこで、構造形式を変更し、中間免震とマットスラブ形状の組み合わせを採用した。

これにより掘削底面が常水位面より浅くなり、外周止水壁と掘削土量を削減することができ、コスト・工期の改善に大きく寄与した。(図4・特許出願中)

#### 3-2. 土型枠の採用

建屋外周の止水壁の削減とともに、敷地に余裕のあった現場西側は親杭横矢板を削減し、地盤改良による土型枠を採用した。(図5)

山留めの削減によりコスト削減、工期短縮が可能となった。

#### 3-3. 杭工事施工地盤の切下げ

杭工事完了後、基礎躯体工事への早期着手を可能とするため、杭施工地盤面までの掘削工事を杭工事着手に先行して行った。

これにより、工期短縮はもとより杭工事においては、空堀土量の削減と、杭余盛コンクリートを削減することができ、工期短縮・コスト削減を可能とした。

#### 3-4. コア部切梁の削減

今回の基礎工事においては、一段深いコア部分がクリティカルな工程となるため、基礎躯体工事時に仮設障害物の無い、オープンな空間を確保する方が有利であると考えた。

そこで、当初コア部山留めに計画されていた切梁を無くすために、本来の均しコンクリートの代わりに仮設の有筋土間コンクリートを打設した。

杭の周囲にも仮設梁を設置し、これを仮設土間コンクリートと一体にすることにより、土間を介して山留頭部の引っ張りとした。

この仮設土間コンクリートにより、切梁が無くてもコア部分周囲山留め頭部の変位を抑制することができ、オープンな空間で基礎工事を施工することが可能になり、コスト削減と工期短縮が可能となった。(図6)

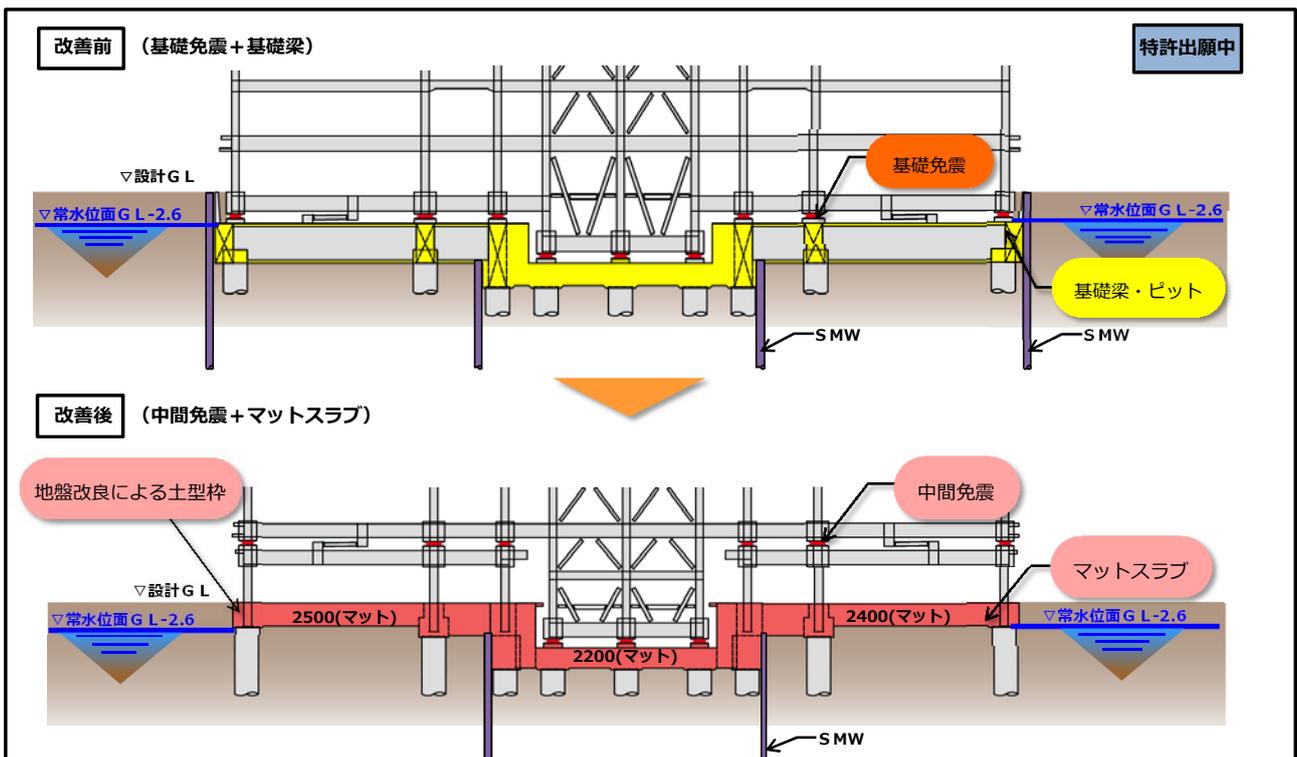


図4 原設計断面図(改善前)と実施設計断面図(改善後)

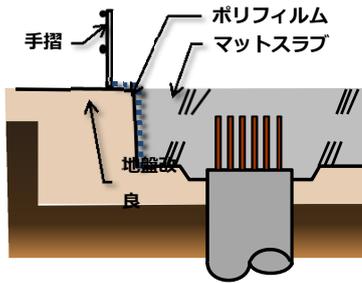


図5 地盤改良による土型枠



写真3 NS工法を用いた建方状況

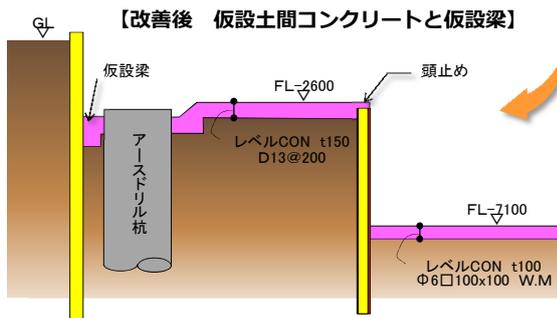
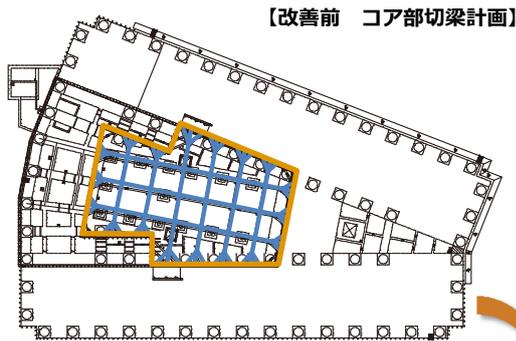


図6 山留計画の比較



写真2 免震基礎の地組

### 3-5. 型枠ノンサポート工法(NS工法)による工程、安全性、品質、コストの改善

中間免震構造を採用したことにより、免震基礎躯体がFL+4,000のレベルにあったため、柱鉄骨建方後の作業足場が必要となっていた。

そこで、建方後の作業足場を無くすためNS工法を採用した型枠施工とし、鉄骨建方前の準備期間中に免震基礎配筋・型枠の地組を行うことにより

高所作業を削減することができ(写真2)、大幅な安全性と施工性の向上が可能となり工期短縮も図れた。(写真3)

### 3-6. 仮設支柱による鉄骨1節柱の早期建方

16カ月の短工期で施工するためには、クリティカルな工程となるコア部分の鉄骨を早く建て、免震階において周辺部鉄骨との接続を急ぐ必要があった。

原設計ではコア部周囲の鉄骨のベースプレートレベルは、基礎梁の上に位置していたため、クリティカルな工程にも関わらず建方着手のタイミングを遅くせざるを得なかった。

そこでコア部周囲の柱のベースプレート下部にH型鋼の仮設支柱を取付け、杭のコンクリート天端から直接柱鉄骨の建方を行うことを可能とした。

これによりこの部分の基礎躯体工事(鉄筋・型枠・コンクリート)を施工する前に鉄骨建方を開始することができ、大幅な工期短縮が可能となった。(図7、写真4)

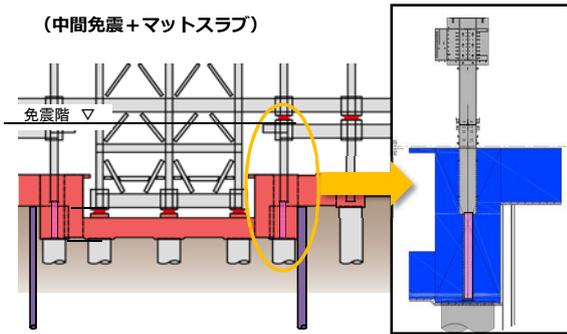


図7 コア鉄骨柱脚の仮設支柱



写真4 仮設支柱による建方状況

### 3-7. コア部免震基礎のPCa化

クリティカルなコア部の鉄骨建方を早期に着手するための更なる方策として、コア部免震基礎のPCaを採用した。

これによりマットスラブ打設後すぐに免震基礎を設置することが可能になり、工期短縮を図ることができた。(写真5)



写真5 コア部免震基礎

### 4. 基礎躯体工事の施工手順

当建物の基礎躯体工事の着手から地上鉄骨建方の施工手順を図8に示す。

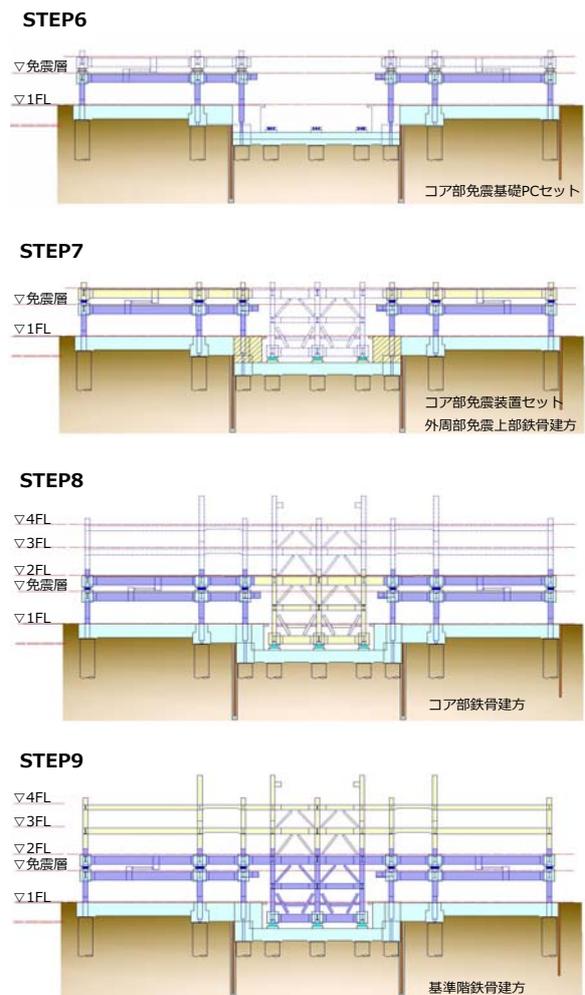
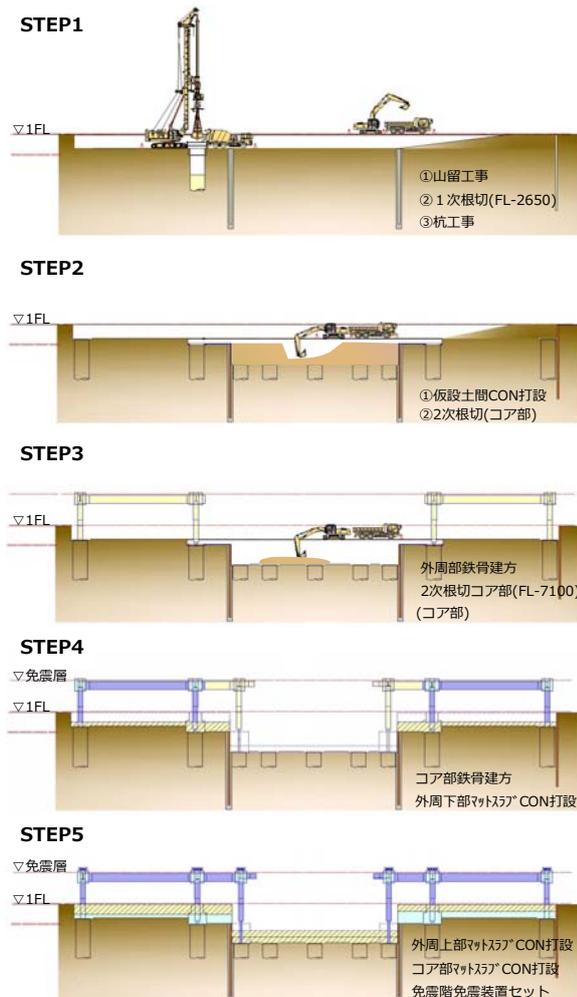


図8 基礎躯体工事施工手順

## 5.効果のまとめ

以上のような取り組みにより、下記の改善効果を得ることができた。

### ①品質

基礎底面が常水位面より浅くなったことにより、基礎躯体施工時に、ドライな環境で作業できた。

コア部切梁がなくなったことと山留の削減により、オープンな空間で基礎躯体工事を施工することができ、作業性と品質が向上した。

コア部周囲の柱に仮設支柱を設置することにより、免震階までの鉄骨建方を一体で施工することができ、建方精度を確保することができた。

### ②コスト

杭施工前に杭施工地盤面の掘削を行うことにより、空堀土量の削減、杭余盛コンクリートを削減することができた。

基礎底面を浅くしたことにより、排水・山留等の仮設、掘削土量及び基礎躯体数量を削減することができた。

コア部切梁がなくなったことと外周部土型枠を採用したことにより、山留仮設を削減をすることができた。

### ③工期

基礎底面を浅くしたことによる掘削土量と基礎躯体数量の削減に伴い、工期短縮が可能となった。

コア部切梁をなくしたことにより基礎躯体工事の作業性が向上し、工期短縮が実現した。

コア部鉄骨柱脚に仮設支柱を取付けることにより、杭工事完了直後に鉄骨建方を開始することができ、大幅な工期短縮が実現した。

コア部免震基礎にPCaを採用することにより、コア部鉄骨建方の開始を早めることができ、工期短縮が可能となった。

基礎工事期間中に、2ヵ月の工期短縮を達成した。

### ④安全

免震基礎躯体の施工においてNS工法を採用し鉄筋・型枠を地組化することにより、高所作業の削減を実現した。

構造形式にマットスラブ形状を採用することにより、地足場が削減され安全性が向上した。

### ⑤環境

構造形式にマットスラブ形状を採用したことにより、型枠材の使用量が削減できた。

基礎底面が浅くなったことによる掘削土量と基礎躯体数量の削減が、搬出入車両の削減に繋がりCO<sub>2</sub>を削減した。

タワークレーンを基礎工事期間から設置したことにより、石油燃料使用量とCO<sub>2</sub>排出量を削減した。

各種先行計画によりゼロエミッションを達成した。

## 6.まとめ

当工事では、設計施工の強みを活かしたフロントローディング活動を積極的にを行い、基本設計段階からの改善効果を確認申請に織り込むことに成功した。

基礎工事の合理化はその一環であり、この造り込み手法は特許出願中である。

今後もこの設計施工によるフロントローディングを推進し、品質・コスト・工期・安全・環境において顧客の高いニーズに応える建物を提供していく所存である。

## 7. 短工期・ローコストを克服する生産性向上

社名：鹿島建設(株)

氏名：門田 有城

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	某医科大学 新病院等建設工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積: 88,639㎡、地下1階、地上15階、塔屋2階
(3) 用途	病院
(4) 主要構造	S造、一部SRC造、免震構造
(5) 建設地	愛知県長久手市
(6) 施工期間	2011年7月～2014年4月
(7) 工事費	20,787(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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全体工期が厳しく、工期短縮を図る必要があった。</li> <li>・労務不足が懸念され、省力化・合理化を図る必要があった。</li> <li>・ローコスト受注のため、コスト削減を図る必要があった。</li> </ul>
(2) 狙い・目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・(狙い1) 地下躯体工事において工期短縮・労務削減を図る。</li> <li>・(狙い2) 仮設費の削減、鳶工労務不足リスクの回避を図る。</li> <li>・(狙い3) 建設資材物流の効率化を図る。</li> <li>・(目的1) 免震ピット擁壁工事の効率化・省力化を図る。</li> <li>・(目的2) 高層階の無足場化を計画。</li> <li>・(目的3) 資材の搬出入の効率化を図る。</li> </ul>
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・免震ピット擁壁型枠工事において、システム型枠を採用し、型枠大工の労務不足リスクの回避と仮設費の削減を図った。</li> <li>・高層階の意匠を確保しつつ、仕様変更を提案し、高層階無足場化を実現した。</li> <li>・建設ロジスティクスの採用により、資材搬出入の効率化・合理化を図った。</li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・システム型枠の採用により、免震ピット擁壁の遮水性が向上した。
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高層階無足場化により、仮設足場費用を35%削減した。</li> <li>・システム型枠の採用により、地下躯体足場費用を20%削減した。</li> </ul>
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システム型枠採用により、地下躯体工事の10%工期短縮した。</li> <li>・高層階無足場化により、屋上防水工事着手を3ヶ月前倒した。</li> </ul>
・S(安全)	・高層階無足場化により、継続的に垂直養生を維持した。
・E(環境)	・建設ロジスティクスによる産廃分別管理にすることで、混合廃棄物数量を30%削減した。
・その他の効果	・システム型枠採用により、型枠廃材数量を20%削減
	—

## 短工期・ローコストを克服する生産性向上



図-1 完成パース

鹿島建設株式会社 中部支店

門田有城

### 要 約

当工事は、愛知県の某医科大学敷地内に建設された、新病院棟の新築工事である。コスト・工期ともに非常に厳しく、コスト状況の改善と工程の短縮が当プロジェクトの重要課題であった。その対応策として、仮設費を中心としたコストの大幅削減と合理化工法の採用による、工程短縮と労務の削減を行った。本稿では、実施工に当たって検討し、採用した項目とその成果を報告する。

### 目 次

- I 工事概要
- II 免震擁壁のシステム型枠の採用
- III 高層階無足場化
- IV 建設ロジスティクス
- V まとめ

### I 工事概要

- 工事名称 : 某医科大学新病院等建設工事
- 工事場所 : 愛知県長久手市
- 建築主 : 某医科大学
- 設計・監理 : 某大手設計事務所
- 施工 : 鹿島建設 株式会社 中部支店
- 工期 : 2011年7月7日～2014年4月30日 (33.8ヵ月)  
建物引渡は2013年11月30日 (28.8ヶ月)
- 敷地面積 : 100,370.71㎡
- 建築面積 : 12,720.73㎡
- 延床面積 : 88,638.53㎡
- 構造 : S造 一部SRC造 免震
- 階数 : 地上15階、地下1階、塔屋2階
- 最高高さ : 69.89m
- 新築棟 : 新病院棟、自家発電機棟、渡り廊下B  
渡り廊下C、マニホール棟



写真-1 現場全景航空写真

## II 免震擁壁のシステム型枠の採用

### 1. 採用の経緯

新病院棟は免震構造にて設計されているため、新病院地下躯体外周部に高さ10.7m、総延長470mの土圧壁が設計されている。各部位ごとに多少のディテールの違いはあるが、基本形状は共通しているため、工期短縮・作業の省力化をメインの目的とし、システム型枠採用の検討を始めた。

### 2. メリット・デメリットの整理

表-1 システム型枠メリット、デメリット

システム型枠のメリット・デメリット	
メリット	◆1度組上げたユニットをそのまま転用できる
	◆歩掛の㎡数が大きい
	◆セバが貫通しないため、遮水性に富む
	◆セバ穴が初回の足元しか発生しない
	◆コンクリート打設用足場が必要ない ◆型枠用足場が不要（作業車にて作業）
デメリット	◆在来型枠に比べると材料費はアップ
	◆揚重機の使用回数が増加する
	◆ユニット組立・仮置きスペースが必要
	◆鋼製型枠なので、差筋等に対応できない
	◆鋼製型枠なので、目地棒等の設置に不向き
	◆転用回数が減るとコストメリットはない

### 3. 計画段階での在来型枠との比較

当現場の土圧壁において、システム型枠を採用した場合と在来型枠にて施工した場合の比較を実施した結果、労務の削減の面とコストの面の両面ともにメリットがあると判断し、システム型枠の採用を決定した。特に、土圧壁施工時期が敷地中央部分の10,000㎡ある基礎型枠工事と重なるため、型枠大工の必要人員確保の面で特に有効と判断した。

表-2 システム型枠検討（検討時）

項目	システム型枠		在来型枠	
	◆一班5名 ◆1ユニット L=3M H=3M ◆1工区20ユニットにて 24回転用		比較 CASE 1	比較 CASE 2
型枠資材費用総額	4,119,910 円		4,792,350 円	4,792,350 円
型枠資材平米単価	1,290 円		1,500 円	1,500 円
型枠工総数	191 人		320 人	213 人
歩掛	17 ㎡		10 ㎡	15 ㎡
労務費総額	2,587,600 円		6,389,800 円	4,259,867 円
型枠労務平米単価	810 円/㎡		2,000 円/㎡	1,333 円/㎡
型枠材工総額	6,707,510 円		11,182,150 円	9,052,217 円
総平米単価	<b>2,099 円</b>		3,500 円	2,833 円

### 4. 採用に当たっての問題点

実際に当現場の土圧壁にシステム型枠を採用するにあたり、いくつかの問題点を解決する必要があった。

### 【問題点】

- ① 土圧壁からのキャンティスラブへの対応
- ② 鉄筋継手位置と打継位置
- ③ 0節鉄骨工程が成立つか

問題点①については、システム型枠が鋼製であることと、後の型枠転用に問題が発生するため差筋による対応は不可であった。

そのため、機械式継手（C・Sバー）を採用し、土圧壁全体を打設完了後に継ぎ手処理を行い、キャンティスラブを後打ちとした。

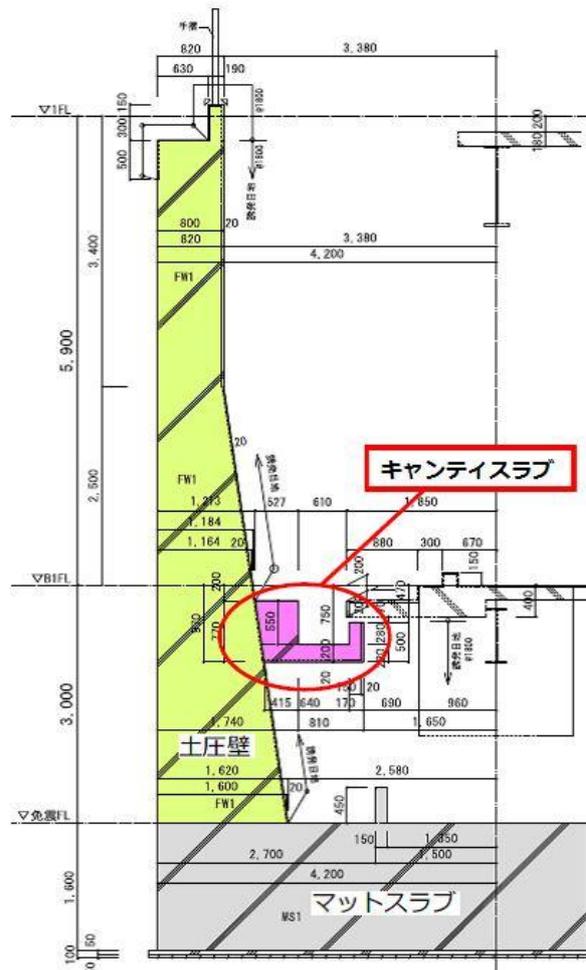


図-2 キャンティスラブ詳細

問題②については、水平打継位置の検討により、鉄筋継手位置に変更を加えず施工できる水平打継高さとした。

問題③については、平面的な工区割と高さ方向の転用スケジュールを検討し、0節鉄骨建方開始までに各工区土圧壁躯体工事を完了させる工程を検討した。

## 5. サイクルの検討

基礎躯体工事の進捗、0節鉄骨建方開始日等に土圧壁躯体工程を割り当て、その工程内に収まり、かつ転用回数から一番適切な平面工区割りとは水平打継レベルを検討した結果、1ユニットL=3,600、H=MAX3,000のユニットを29基製作し、FW1に関しては高さ方向に3サイクル、FW2に関しては4サイクル転用することに決定した。

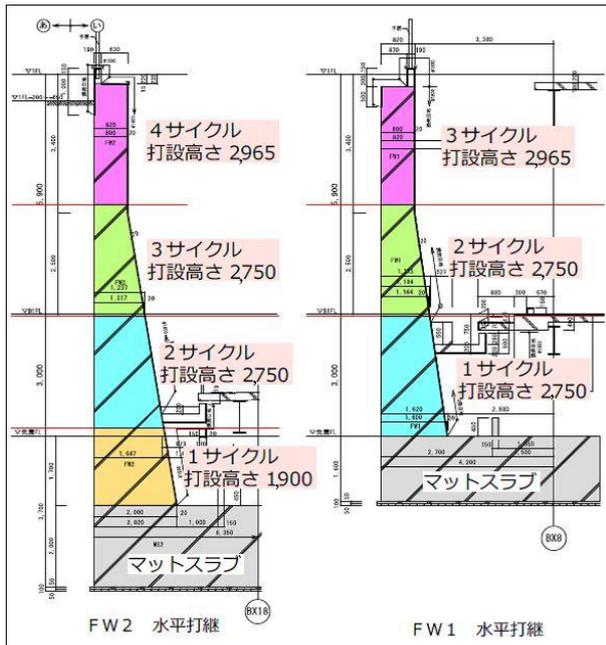


図-4 土圧壁水平打継レベル

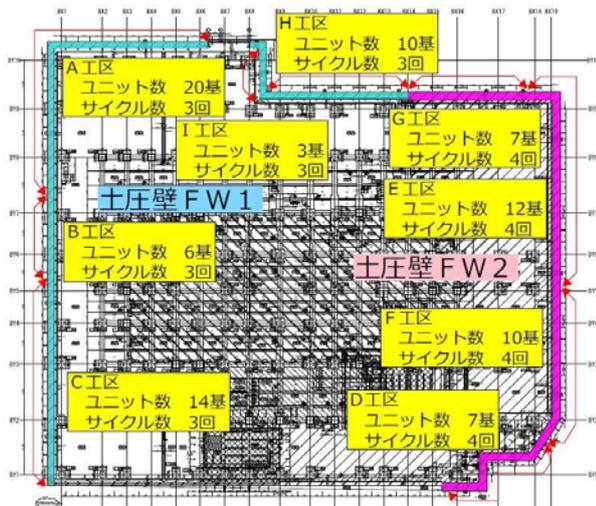


図-5 土圧壁平面工区分割



写真-2 システム型枠設置状況

## 6. 施工結果

実際には検討段階より、ユニット基数を増やしたことや、他の工程の影響により連続で施工できなかった時期もあったため、コスト的なメリットは見込みよりは減ってしまったが、それでも仮設費の削減も含めると約1,500万円のコスト削減を実現できた。工程面ではシステム型枠を扱う大工として、常時1班4、5人だけで施工できたため、10,000㎡の本体基礎躯体工事に人員的な影響を及ぼすことなく施工できたことは、在来型枠での施工に比べ十分にメリットがあった。

表-3 システム型枠コスト・労務比較（実施）

項目	システム型枠		在来型枠	
	◆ 1班5名 ◆ 1ユニット L=3.6M H=3M ◆ 12回転用	比較 CASE 1	比較 CASE 1	比較 CASE 2
型枠資材費用総額	5,300,000 円	4,792,350 円	4,792,350 円	4,792,350 円
型枠資材平米単価	1,635 円	1,500 円	1,500 円	1,500 円
型枠工総数	172 人	320 人	213 人	213 人
歩掛	18.8 ㎡	10 ㎡	15 ㎡	15 ㎡
労務費総額	3,076,000 円	6,389,800 円	4,259,867 円	4,259,867 円
型枠労務平米単価	949 円/㎡	2,000 円/㎡	1,333 円/㎡	1,333 円/㎡
型枠材工総額	8,376,000 円	11,182,150 円	9,052,217 円	9,052,217 円
総平米単価	2,584 円	3,500 円	2,833 円	2,833 円

## III 高層階の無足場化

### 1. 検討の経緯

原設計仕様では、高層階外周のバルコニー部分の仕様から、アルミパネルやシーリングの作業のため、外部足場が全面必要となる設計だった。地上80mを越える箇所に全周約260mの足場を9フロア分設置するのは、工程・コスト的にも無駄が多いと判断し、高層階の無足場化の検討を実施した。

### 2. 無足場化への問題点

高層階の無足場化のために、解決すべき問題点は以下があった。

- ◆バルコニー部分の形状と仕様
  - ・外部側からのパネル取付作業、シーリング作業が必要な形状、仕様。
- ◆PCa板の板間処理
  - ・外部側からのシーリングが必要な仕様
- ◆コーナー部分に配置されたガラリとルーバー
  - ・外部側からのガラリ取付及びルーバー取付作業が必要な仕様

以上の原設計仕様を、外部側からの作業を無くす形状・仕様へ変更するための検討を行った。

### 3. バルコニー仕様の変更

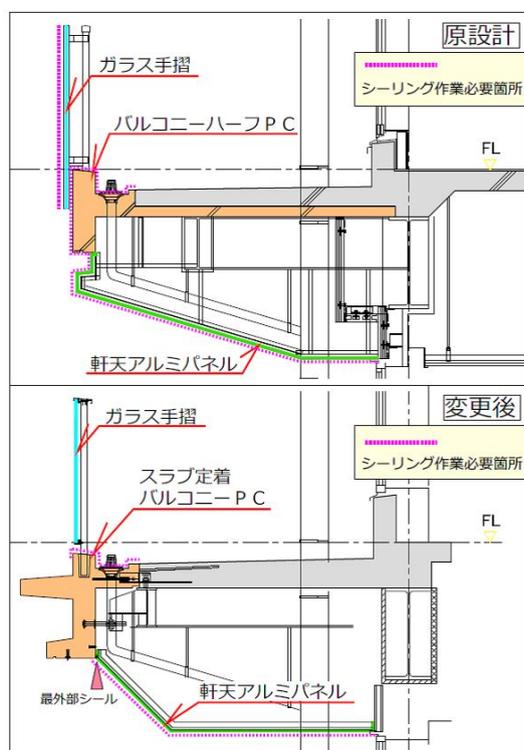


図-6 バルコニー仕様変更比較図

高層階外周部の全面にバルコニーが配置されており、このバルコニーの設計仕様を、意匠的には原設計のイメージを継承した上で、全て各階のバルコニー床から施工できる仕様に変更を提案し、施工・設計ともに了解を得た。

### 4. PCaのオープンジョイント化

原設計のPCaジョイントはクローズドジョイントで設計されていたため、外部側でのシーリング作業が発生する。形状が複雑なため、排水機構等の検討に時間と労力をかけ、高層階の全てのPCa CW、バルコニーPCaのオープンジョイント化へ変更承諾をいただいた。

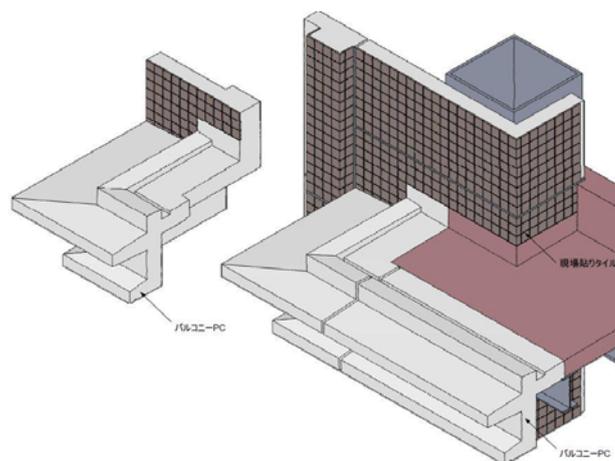


図-7 PCaジョイント検討図

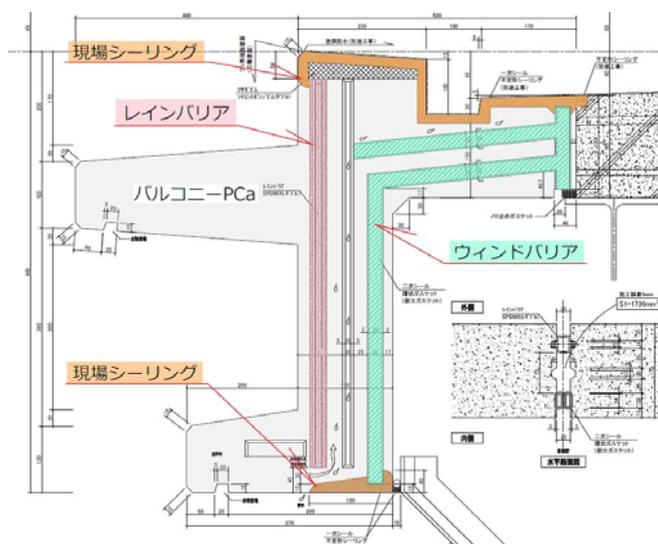


図-8 バルコニーPCaジョイント詳細図

### 5. アルミガラリとルーバー

四隅の空調機械室に配置された、アルミガラリについては、サッシメーカーとPCメーカーと協議を重ね、ガラリ枠をPC工場にてPC打ち込みに変更、PCa搬入後に、現場でPCaを仮置きし、ガラリ枠周囲のシーリングを施工し、ガラリの羽根を取付けることとした。

ガラリ前のルーバーに関しても、下地材の割付をPCaジョイントに合わせることによって、現場仮置き時に地上にて先行取り付けを行い、ガラリ・ルーバー全ての外装部材を取り付けた状態でPCa板取り付けを施工することとした。



写真-3 ルーバー先行取付け状況

### 6. バルコニー作業時の施工手順の検討

高層階の無足場化を実施に向け、高層階外周部での作業時における安全設備について検討を実施した。まず高層階の外周部で行われる作業を洗い出し、各施工ステップの状況での墜落防止に対する安全設備の検討を実施した。

いかなる状況でも、垂直ネットが設置されている状況を作り出すことを基本とし、鉄骨、PCa、スラブ等に事前に何を仕込んでおく必要があるかを検討した。

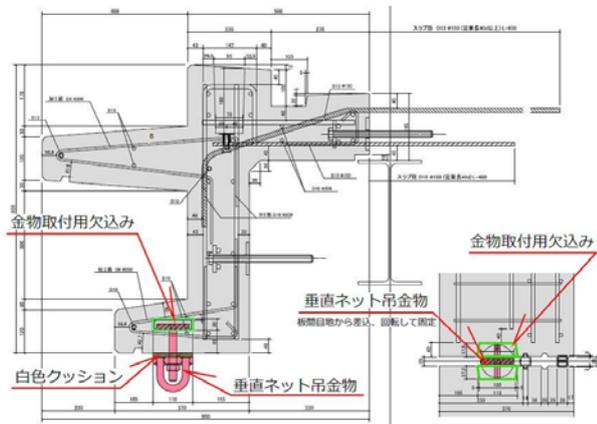


図-9 PCa 取付けネット用金物詳細

バルコニーPCa小口に欠き込みを設け、バルコニーPCa取り付け後に、特注した金物を差込み、PCa取り付け後の垂直ネット設置用のフックとして計画することによって、バルコニーにおける全ての作業を完了するまで垂直ネットを設置したままにできる計画とした。

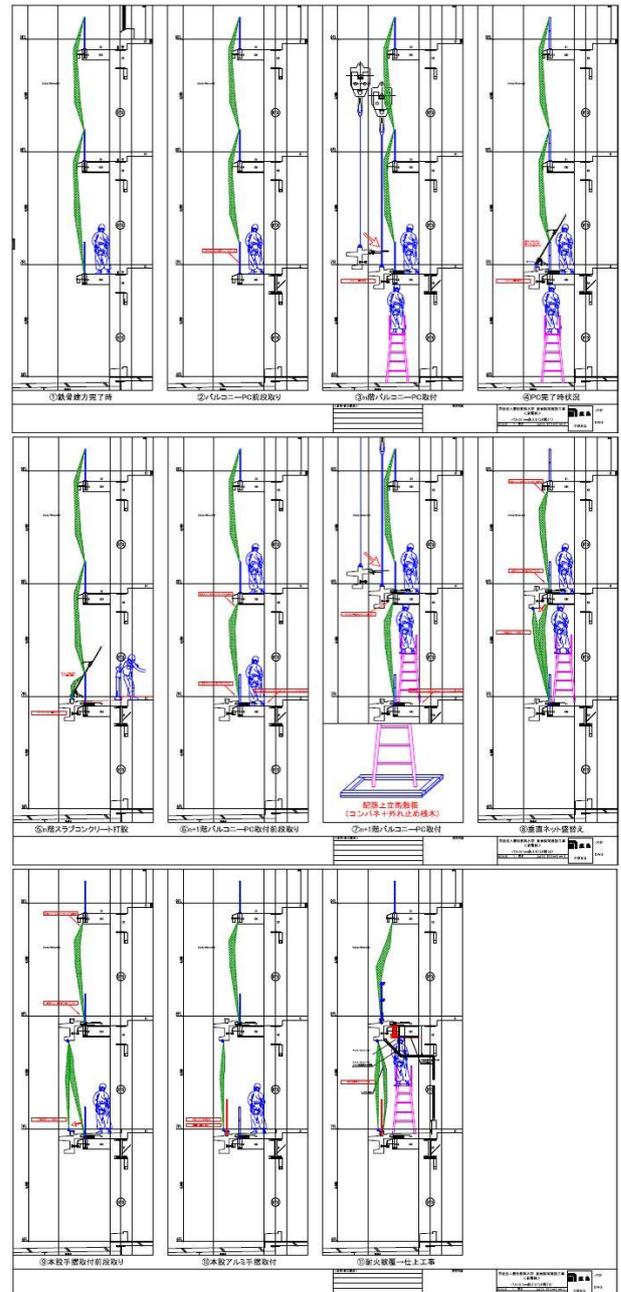


図-10 バルコニー作業ステップ図

### 7. 施工結果

高層階無足場化を実現できたことにより、約10,000㎡の外部足場を削減できたこともあり、トータル8,000万円のコスト削減を実現。

工程面においても、工事全体を通して鳶工の人員が不足することなく施工できたことや、6階屋上の防水工事に早期着手できたことは非常に有益だった。

また、垂直ネットを残した状態で外装仕上げが全て完了する計画を実現できたため、安全面においても非常に大きな効果があった。

鉄骨工事終了後のタワークレーンの使用に関しても、足場等の仮設工事にほとんど使用することなく、PCa等の外装仕上げ工事にクレーンの使用を占有することができ、全体工期の短縮に貢献した。



写真-4 各STEPの外周養生写真

表-4 高層無足場化まとめ

コスト (C)	・外部足場がなくなり仮設費を削減できた
	・ネット盛替え、メンテナンスにより仮設費が増えた
	・鋼製道具工事は増増
	・PCa工事はガasket追加、形状変更により増えた
	・オープンジョイント採用によりシーリング数量が減った
	・軒天パネル金属工事は数量減により減った
工程 (D)	・ガラス手摺は面積が減った
	・足場組み立て解体の工程を無くせた
	・6階屋上底面の防水工事に早期に着手できた
	・仮設工事によるクレーン使用回数を削減できた
安全 (S)	・工事終盤まで垂直ネットを残すことができた
	・サッシ・ルーバー工事が高所作業無しで作業できた
	・全てそのフロアからの立馬作業のみで施工できた
その他	・耐火被覆の飛散防止対策に苦慮した
	・垂直ネットの破損等が通常より増加した
	・室内への強風対策に苦慮した

#### IV 建設ロジスティクスの採用

##### 1. 検討の経緯

地上15階、延床約90,000㎡の大型物件であるため、施工に際してのスムーズな建築資材の物流管理が、そのまま大きく工程に影響してくる。また、近年の建設業界全体の労務不足問題に対して、専門工を搬入等の専門外の作業に従事させることなく、専門工種の作業に専念させることによって、労務の無駄を削減することが工程管理の上で重要と考えた。

搬入を一手に管理する建設ロジスティクスを採用することによって、その問題点を解決することができるのではないかと考えた。

##### 2. 採用に向けた検討

建設ロジスティクス採用に向け、様々な検討を行った。

工事全体の建築資材総量の算出、総合工程に対して資材物量の割付及び山崩しをし、工事用エレベーターの機種や台数の選定、工事用エレベーターから本設エレベーターへの切替のタイミング、ロジ費用の使用業者への負担項目と単価の設定と様々な項目に対してシミュレーションを実施した結果、当工事において建設ロジスティクスの採用は工事全体として有益だと判断した。

建設ロジスティクス採用を決定するに当たり、特に各社へ搬入管理の費用を負担してもらうので、内装業者やサブコン各社に対しては、何度もヒヤリングと打合せを実施し、お互いが納得のいくルールとした。

表-5 ロジ採用シミュレーション

階数	坪数	延床	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F	12F	13F	14F	15F
15	1077	1077															
14	1040	2117															
13	1040	3157															
12	1040	4197															
11	1040	5237															
10	1040	6277															
9	1040	7317															
8	1040	8357															
7	1040	9397															
6	1040	10437															
5	1040	11477															
4	1040	12517															
3	1040	13557															
2	1040	14597															
1	1040	15637															
0	1040	16677															
合計	15637	15637															

##### 3. 建設ロジスティクス詳細

各社との打ち合わせと、現場の状況を加味して、以下の項目を建設ロジスティクスの管理内容として決めた。

- ◆搬入予定の調整
- ◆エレベーター使用時間の調整
- ◆搬入資材の仕分け
- ◆リース資材の貸し出し管理
- ◆産廃の集積及び分別

上記の項目を建設ロジスティクスの業者に一手に管理をさせ、施工の効率化・鹿島社員の労務削減を図った。

建設ロジスティクス使用業者に対しては、事前に取り決め、周知を行ったルールに沿って、各項目ごとに単価を決め課金することとした。



## 8. 大スパン架構の曳家工事における品質確保

社名：東急建設(株)

氏名：中田 寛二

### 事例概要

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	某格納庫震災復旧工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積:約3,000㎡
(3) 用途	格納庫
(4) 主要構造	S造
(5) 建設地	東北地方
(6) 施工期間	2012年3月～2014年3月
(7) 工事費	—
(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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本工事は、2011年の東北地方太平洋沖地震の津波で、2mの浸水被害を受けた格納庫の直下に、約4mの嵩上げ基礎躯体を構築する津波対策工事である。基礎躯体を新設するため、鉄骨架構をジャッキアップと曳家で仮置場所に移動し、基礎躯体構築後、鉄骨架構を元の場所に曳家で戻した。この際、鉄骨架構の品質が問題となった。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工事コスト縮減と鉄骨架構の品質確保。</li> </ul>
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大スパン架構の柱鉛直反力を軽減し、ジャッキアップ・曳家コスト縮減を図った。</li> <li>・ひずみ計測によって、部材に生じる応力をリアルタイムにモニタリングし、ジャッキアップ高さ、および曳家レールレベルを管理した。</li> <li>・トータルステーションを用いた三次元測量で、鉄骨架構形状管理と曳家位置誘導を行い、最終目標位置に確実に設置できるよう管理した。</li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工事中の部材応力度を短期許容応力度の80%以内に管理することで鉄骨架構の品質確保に努めた。</li> </ul>
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ジャッキ費用、ジャッキ操作費用を約5%削減した。</li> </ul>
・D(工期)	—
・S(安全)	—
・E(環境)	—
・その他の効果	—

# 大スパン架構の曳家工事における品質確保

東急建設(株) 建築本部

中田 寛二

## 1. はじめに

本工事は、東北地方太平洋沖地震による津波によって約 2mの浸水被害に遭った格納庫全体を約 4m嵩上げすることで、津波対策とするものである。

67mの大スパン構造である本格納庫は、浸水部分の外装材等を除けば、その大部分が健全なままであったため、津波対策工事の実施にあたっては、格納庫の直下に基礎を新たに構築し、格納庫全体を約 4m嵩上げする工法が採用された。

表 1 に格納庫の概要、図 1 に鉄骨架構を示す。

本格納庫は屋根がシステムトラス、外周 3 辺が H 形鋼柱のブレース構造、Y1 通りが 67m の大スパントラスの門形フレーム構造（以下、Y1 トラスと称す）となっている。

図 2 は本工事の一連の工程を図示したものである。まず、鉄骨架構を既に嵩上げされている格納庫前面の駐機場（エプロン）の高さまでジャッキアップして、次に曳家によってエプロンまで 62m水平移動し仮置した。

その後、元の格納庫の場所に約 4mの基礎躯体を新たに構築した。

基礎躯体の完成後は再び曳家によって鉄骨架構を元の場所まで水平移動した。

このような架構の大規模な位置移動を伴う工事では、工事前後の架構全体の形状や構成部材の応力状態といった架構の力学的性状に変化を来さないことが重要となる。

そのため、事前の綿密な解析検討に加え、施工時には架構の形状を「三次元測量」で、構成部材の応力状態を「ひずみ計測」で捕捉し、約 1 年間の嵩上げ工事の全工程を通して継続的に監視することで、架構の品質確保に万全を期した。

表 1 格納庫概要

構造種別	鉄骨造（屋根：システムトラス）	
建物規模	階数	1階建て（一部2階建て）
	規模	間口 73.7m × 奥行き 42m
	延床面積	約 3,000 m <sup>2</sup>
	建築物高さ	12.6m

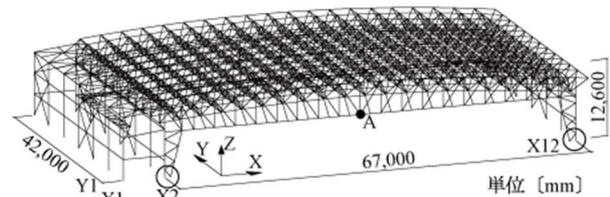


図 1 鉄骨架構

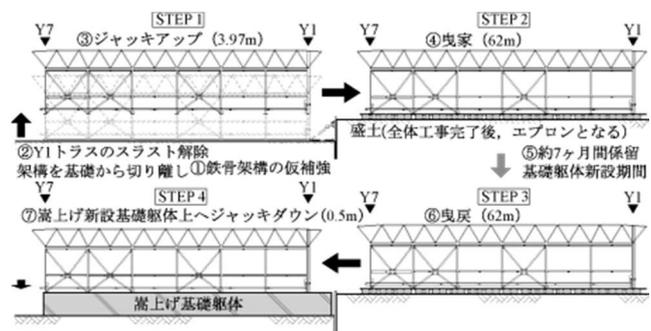


図 2 工事概要

このような特殊工事について、本報では、工事の全体コストに対してジャッキアップ・曳家工事の占めるコストの縮減に対する技術的創意工夫と、施工時の鉄骨架構の品質確保について報告する。

## 2. 建物概要

- (1) 工事名称：某格納庫震災復旧工事
- (2) 延床面積：約 3,000m<sup>2</sup>
- (3) 用途：格納庫
- (4) 主要構造：S 造
- (5) 建設地：東北地方
- (6) 施工期間：2012 年 3 月～2014 年 3 月

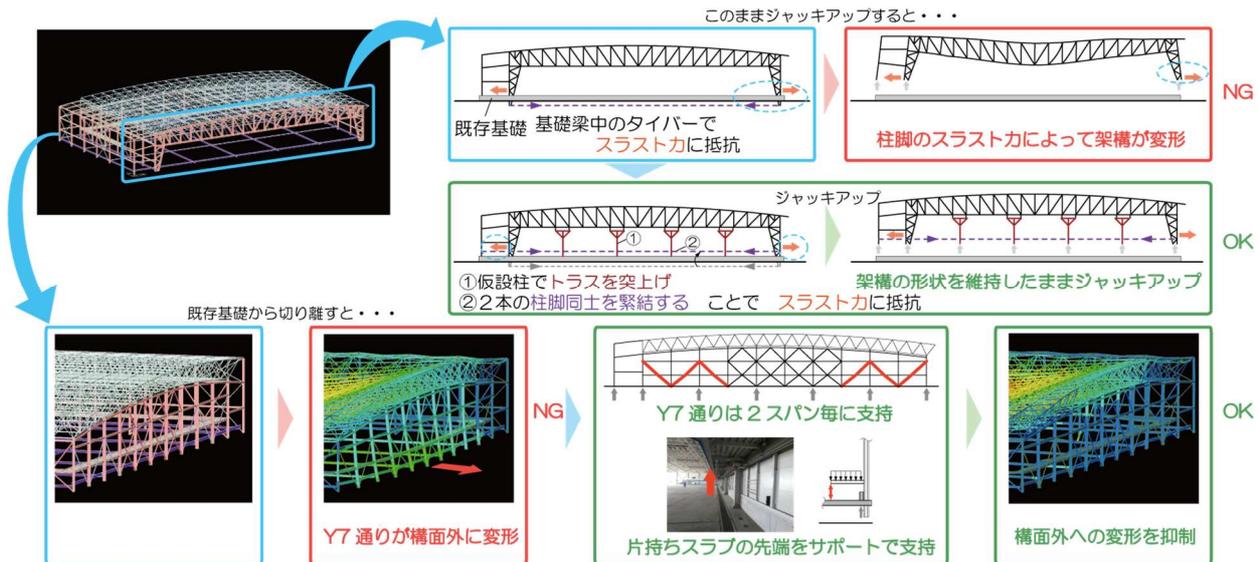


図3 鉄骨架構の仮補強に関する検討

### 3. 工事コスト削減に関する技術的創意工夫

図3に事前検討として行った架構の構造解析の概要を示す。

67mの大スパン門形トラス架構である Y1 トラスは、架構両側の柱で 67m分の重量約 170 t を支えている。このような架構の場合、無補強で基礎から切り離すと、柱脚のスラスト力によって、図3右上に示すように両端の柱脚が開いてしまうため、工事の安全性と架構の健全性を確保し、かつ、ジャッキアップ・曳家の工事コスト削減を実現するためには、図3中段のように「4本の仮設柱で大スパントラスを突き上げ、スラスト力を低減すること」、および「柱脚同士をタイロッドにて緊結することで、残留スラストを処理（解除）すること」が不可欠となった。

このとき、Y1 トラスを突き上げる4本の仮設柱は「工事コスト削減」という面において次の2つの役割を担うことになる。

- ① 67m スパンの両端の柱の鉛直反力の低減
- ② 67m スパンの両端の柱の水平反力（スラスト力）を低減し、タイロッドの必要スペックを小さくする。

①はジャッキアップ用の油圧ジャッキ、曳家用のレール等の必要スペックに直接関わるものである。

図4は工事着手前の全柱脚の鉛直反力である。Y1



図4 工事着手前の柱脚鉛直反力

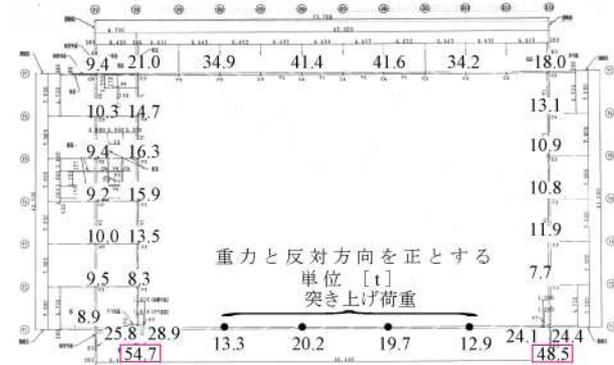


図5 仮設柱設置後の柱脚鉛直反力

の柱脚鉛直反力より大きいため、ジャッキアップ・曳家用の設備の必要スペックを考える上では、Y1通りの柱の鉛直反力を低減することが必要と考えた。

図5はY1トラスの下弦材の4点を仮設柱にて突き上げることで67mスパンの中間点を支持したときの全柱脚の鉛直反力である。

Y1通りの柱脚反力を88.7tから54.7tに低減することができる。

次に、②について説明する。

図6は4本の仮設柱でY1トラスの下弦材を突き上げる前のY1通りの柱脚の水平反力（反スラスト力）である。

一方、図7は突き上げ後の柱脚の水平反力を示している。図6より、仮設柱によるY1通りのトラス下弦材の突き上げなしの状態では、59.5tのスラスト力をキャンセルできる耐力を有するタイロッドが必要となる。

一方、4本の仮設柱でトラス下弦材を突き上げ、67m スパンの中間点を支持してスパンを小さくすることで、スラスト力を28.7tまで低減し、タイロッドの必要耐力の50%低減が可能となった。

このように、Y1トラスの中間点を支持して柱の鉛直反力および水平反力（スラスト力）を低減することで、ジャッキアップならびに曳家工事の仮設の必要スペックを概ね40%削減できた。

写真1(a)は、仮設柱の建方状況である。

仮設柱は、断面がH-300×300×10×15のH形鋼で構成され、中央下寄りに軸力導入のための油圧ジャッキが取り付けられている。

施工時には、油圧ジャッキに所定荷重を導入することで大スパントラスを突き上げた。写真1(b)は、タイロッドの設置状況である。タイロッドには2本のφ23mmのPC鋼棒を用い、写真1(b)に示すような柱脚の格点位置の外側と内側に1本ずつ設置した。

## 4. 鉄骨架構の品質確保

### 4-1. 三次元測量

図8に測量対象とした19点を示す。測量点はY1、Y4、Y7通りの柱脚、柱頂部、トラス下弦材から全19点を選定した。

なお、本測量における架構の「相対的な変形」はX2-Y1通りの柱脚位置の測量点のX、Y、Z座標値を基準として算出した。写真2は、本測量に使用した機器類である。測量には、三次元測角測距儀（トータルステーション、以下T.S.）を用い、測量点および基準点には反射プリズムを設置した。

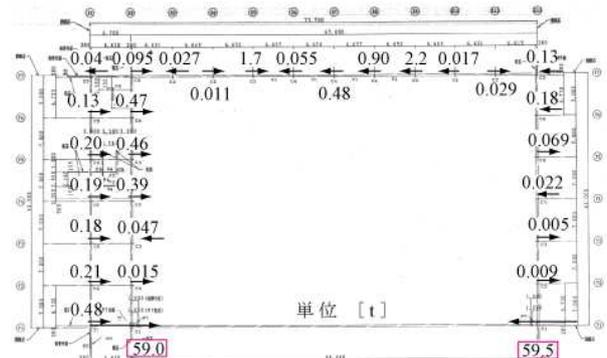


図6 工事着手前の柱脚水平反力

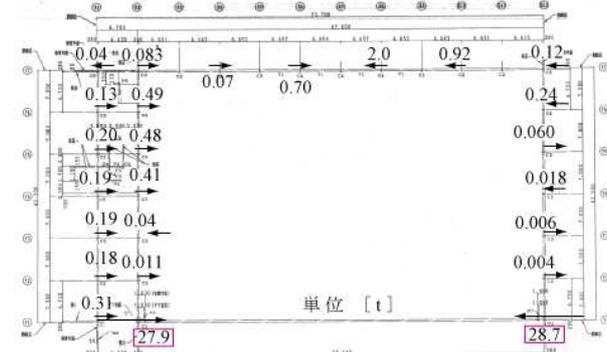


図7 仮設柱設置後の柱脚水平反力

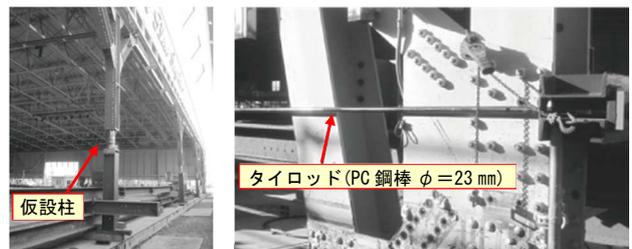


写真1 仮設柱とタイロッド

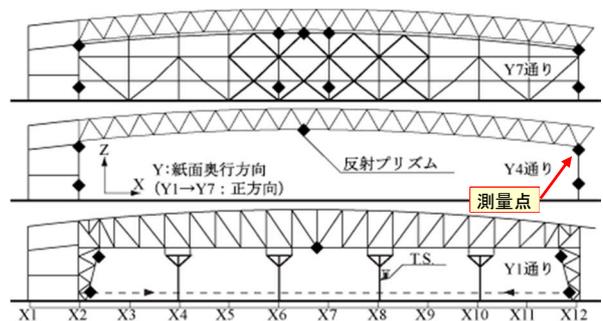


図8 三次元計測箇所



写真2 三次元測量機器

図9は曳家工事中的本測量による測量結果であり、曳家移動量とその過程の平面的な変形と平面的な回転を示したものである。

図9(a)は盛土上に、図9(b)は嵩上げ基礎躯体上に移動させる際の結果である。

ここで、X2-Y1柱脚を基準とした相対的な平面的な回転、および変形については、測量値を50倍している。

架構の平面的な変形について見ると、曳家の過程で回転は生じているものの、往路・復路それぞれの目的地点では平面的な変形がほぼ生じていないことが確認できる。

図10は嵩上げ工事完了後の架構平面形状（測量値のX、Y座標）を、X2-Y1通りの柱脚を基準として示したものである。

本嵩上げ工事は、架構の大規模な位置移動を伴うものであったが、最終的には嵩上げ工事前の架構形状がほぼ維持された状態で完了した。

#### 4-2. ひずみ計測

##### (a). 計測部材とモニタリング対象

図11に計測部材を示す。

計測部材は工事中に大きな応力度変動が想定される35部材を選定した。

また、本工事では次式で算出される応力度レベル $LV_\sigma$ をモニタリング対象とした。

$$LV_\sigma = \frac{\varepsilon \cdot E + \sigma_a}{f}, \quad f = \begin{cases} f_t & \varepsilon \cdot E + \sigma_a \geq 0 \\ f_c & \varepsilon \cdot E + \sigma_a < 0 \end{cases} \quad (1)$$

ここに、 $\varepsilon$ : 部材ひずみ度の計測値、 $E$ : 鋼材のヤング係数 ( $N/mm^2$ )、 $\sigma_a$ : 部材の存在応力度の解析値 ( $N/mm^2$ )、 $f$ : 短期許容応力度 ( $N/mm^2$ ) である。

##### (b). 管理値

計測管理値は、工程に応じて次のように設定した。

- ・ 架構の位置移動を伴う工程
  - 短期許容応力度レベルの80%
- ・ 係留期間
  - 係留開始時の応力度 $\pm 15\%$

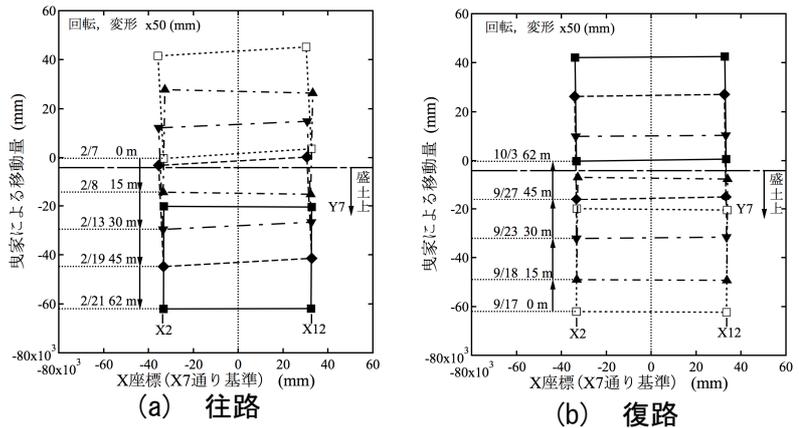


図9 曳家計測結果

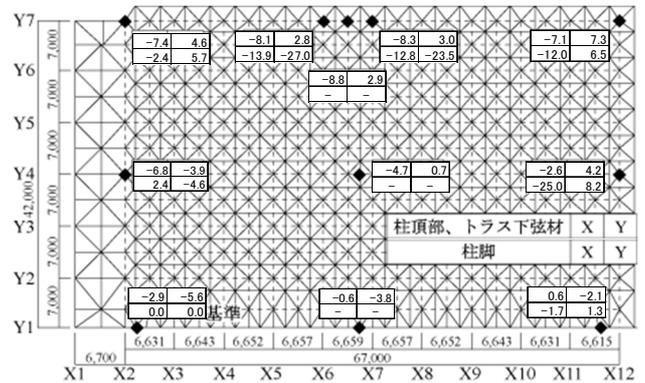
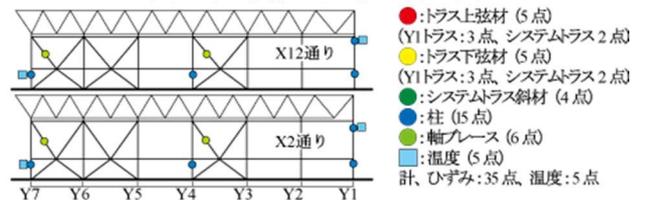
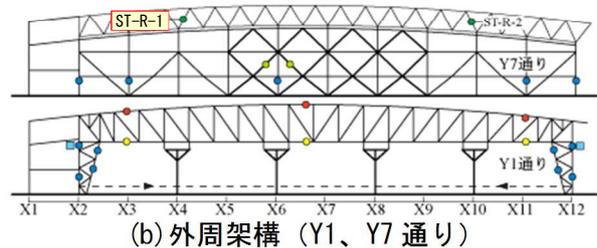
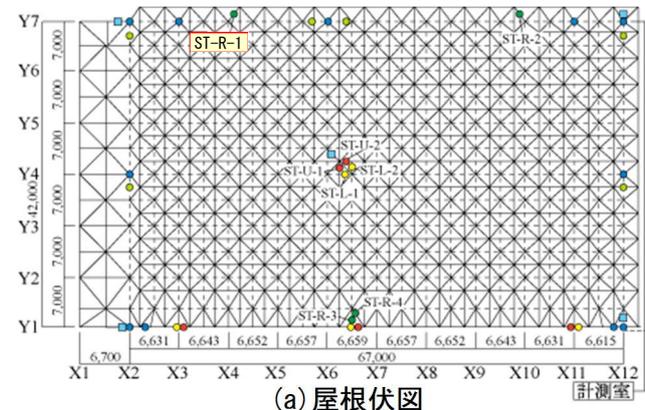


図10 形状計測結果最終



(c) 外周架構 (X2, X12 通り)

図11 ひずみ計測部材

(c). ひずみ計測結果

図12はシステムトラスの端部斜材 (ST-R-1) について、図12(a)ジャッキアップ中と図12(b)曳家工事中のひずみ計測値を応力度レベルで表示したものである。

ジャッキアップ、曳家工事中ともに、ジャッキアップ揚程差、曳家ルールレベル差による応力度レベルの変動が見られたものの、いずれも管理値内の変動であることから、施工中も常に架構の品質を維持できていたと判断した。

4-3. Y1 通りトラス架構の形状と応力状態

図13はY1トラスのひずみ計測・三次元測量点の一部である。

また図14は、図13に示す計測点の工事期間中の施工フェーズ毎の計測結果の推移である。

図14(b)~(d)を見ると、仮設柱軸力による図13A点の変位  $A\delta_u$  の推移に相応した応力度の推移が、柱および梁の上下弦材に見受けられ、スラスト力処理後の架構に不自然な挙動が生じていなかったことが分かる。

鉄骨架構を嵩上げ基礎躯体に定着させた後に、スラスト力処理のために施工した仮設柱の軸力とタイロッドの緊張力を解放することで、鉄骨架構と嵩上げ基礎躯体を構造的に一体化させた (以下、一体化作業と呼ぶ)。

図14(b)~(d)の施工フェーズ12~14は一体化作業時の計測結果である。一体化作業時の気温と、仮設柱軸力およびタイロッド緊張力の導入時期の気温差は+15.5°Cである。

まず、図14(b)の  $A\delta_u$  に着目すると、仮設柱の軸力とタイロッドの緊張力を解放し、仮設補強材を解体してもなお、 $A\delta_u$  に 12.7mm の変位が残留していることが分かるが、この残留変位の主要因は気温差であると考えられる。すなわち、気温差を考慮すると、解析上は+15.5°Cの気温差で  $A\delta_u$  は+7.7mm となる。したがって、気温差の要因を排除した場合の  $A\delta_u$  の残留値は、12.7mm から 7.7mm を減じて 5.0mm となる。

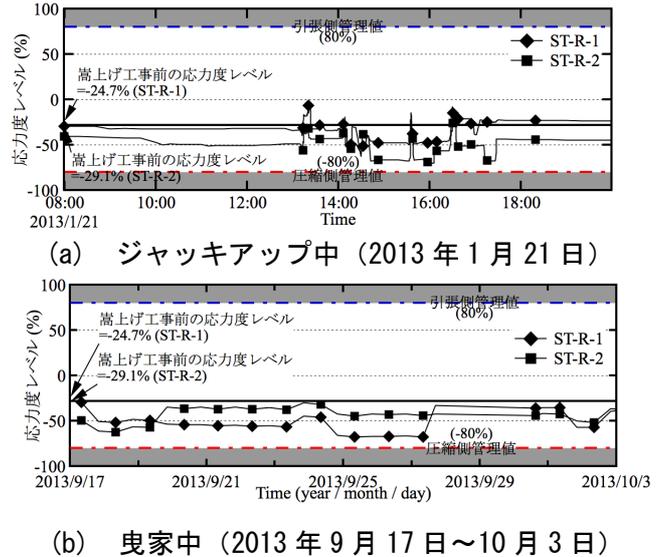


図12 施工中のひずみ計測結果

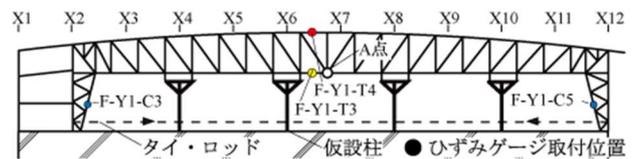


図13 Y1 トラス計測点

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1. 計測開始～仮設柱軸力導入直前    | 8. 係留開始              |
| 2. 仮設柱軸力導入後～翌朝       | 9. 係留終了(曳家前)         |
| 3. タイ・ロッド緊張力導入直後     | 10. 曳家完了             |
| 4. 翌々日               | 11. 嵩上げ基礎へのジャッキダウン完了 |
| 5. ジャッキアップ開始前        | 12. タイ・ロッド緊張力解放      |
| 6. ジャッキアップ完了後        | 13. 仮設柱軸力解放          |
| 7. 曳家 (既存基礎上→盛土) 完了後 | 14. 仮設補強材解体          |

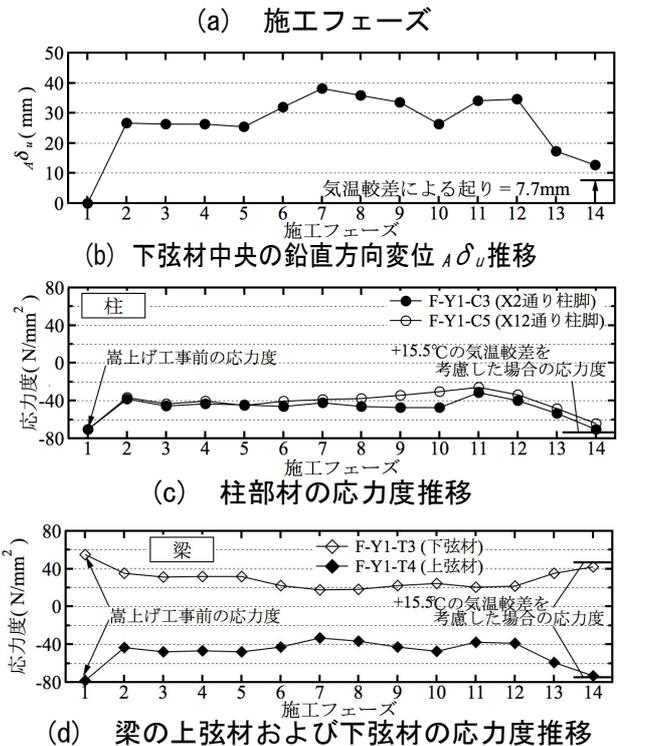


図14 各施工フェーズ推移

さらに、図 14(c)(d)には+15.5°Cの気温差を考慮した場合の部材応力度の解析値も示しているが、これらの結果からも嵩上げ工事後の $\Delta\delta_u$ の+12.7mmの残留変位の要因は、気温差が支配的であることがあらためて確認できる。

以上の計測結果および解析結果から、 $\Delta\delta_u$ に+5.0mmの残留変位があるものの、柱梁の応力度推移および気温差による温度応力に加え、本格納庫が間口約 70m の大スパン構造であることを総合的に考慮して、本格納庫の架構形状と応力状態は嵩上げ工事前後で、ほぼ同等であると判断した。

## 5. 改善による効果

### 5-1. Q (品質)

施工中の部材応力度を、短期許容応力度の 80%以内とし、係留中の部材応力度を、係留開始時の応力度レベル±15%以内の変動に管理することで、鉄骨架構の品質確保に努めた。

### 5-2. C (コスト)

Y1 通りのトラス下弦材の 4 点を仮設柱で支持することで、大スパン架構の柱鉛直反力およびスラスト力を軽減し、ジャッキアップおよび曳家工事に必要な設備コストを約 5%縮減した。

## 6. まとめ

本工事は、鉄骨架構をジャッキアップして、さらに曳家するという過去の建設業界に類を見ない事例であった。

工事の安全かつ確実な遂行のためには、本報告で紹介したような技術的な検討および計測に加えて、全社の技術力を結集し、毎日の検証と対策、そして実践の繰返しによるものが大きかった。