

VE等施工改善事例発表会 資料

平成25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

VE等施工改善事例発表会は本年で17回目を迎えます。第1回は1997年に開催されましたが、この年は政府が公共事業の減少とコスト削減を打ち出した年でもありました。これ以降現在まで建設投資はほぼ毎年減り続け、VEはコスト削減の有効な手段として認識されてきました。

VEとは価値向上のための技術であり、その価値(V)は $V = F / C$ として機能(F)とコスト(C)の2つの変数により評価されます。しかしながら、発注者の最大ニーズであるコスト削減の要請に応えるために、 $V = F / C$ のCを削減する努力が多く積み重ねられてきたのも当然のことだと思われま

近年、建設業界はコスト削減だけでなく、工期短縮、環境問題、技能労働者不足など幅広い課題への対応が求められています。また公共工事においては2005年に「公共工事の品質確保の促進に関する法律」が施行されて以降、総合評価方式入札が急速に普及し、民間工事においても提案型入札が拡大しています。

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。

本年は会員各社から14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。

2013年11月

技術提案制度専門部会主査

宮川 宏

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14事例を、東京会場と大阪会場それぞれで7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。

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. 超高層建築物の仕上げ・設備工事における物流の効率化	1
(株)大林組	浜田 耕史
2. 既存天井の調査・診断・提案業務の効率化	8
大成建設(株)	尾方 大輔
3. BIMを利用した設備工事の概算見積り精度向上	16
鹿島建設(株)	上堀 真
4. 掘削工事ともなう地盤改良のコストダウン	21
(株)浅沼組	山田 勝也
5. 仮設遮水層による地下水排水量の低減とコストダウン	27
清水建設(株)	斉藤 直樹
6. 地下油槽埋設時における山留工法の改善	33
共立建設(株)	牟田 達八
7. 大深度掘削における山留工法の改善	37
(株)鴻池組	中山 貴
8. 宮水流域での地下掘削工法の最適化	44
西松建設(株)	仲野 晋介
9. 地下躯体工事における工期短縮	52
戸田建設(株)	大河内祥志
10. 型枠工事のCAD/CAM活用による生産性向上	59
(株)竹中工務店	大田川滋裕
11. 営業線直上部に新設する駅舎の鉄骨建方工法の改善	65
前田建設工業(株)	久金 徹哉
12. 杭頭半剛接合法における逆打ち工法の採用と工期短縮	76
(株)フジタ	吉田 哲朗
13. 化粧屋根の納まりと意匠性の改善	85
松井建設(株)	原田 修
14. 体育館屋根耐震補強工事における改善	92
日本国土開発(株)	米田 和彦

専門部会の活動の経緯

1. 超高層建物の仕上げ・設備工事における物流の効率化

社名：(株)大林組

氏名：浜田 耕史

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	(仮称)環状第二号線新橋・虎ノ門地区 第二種市街地再開発Ⅲ街区新築工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積:2244, 305㎡、地下5階・地上52階・塔屋1階
(3) 用途	事務所・店舗・カンファレンス・住宅・ホテル・駐車場
(4) 主要構造	地下RC・SRC造、地上S造
(5) 建設地	東京都港区
(6) 施工期間	2011年4月 ~ 2014年3月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	—
2. 改善概要	
(1) 狙い・目的	<ul style="list-style-type: none"> ・建築仕上げ、設備工事における揚重作業を見える化することで、揚重の効率化を図ると共に、高額なリース機材(高所作業車など)を管理する。 ・作業員が行う水平搬送作業を自動化機械で代替することで、関連作業の省力化を図る。
(2) 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"> ・対象工事が超高層建物であり、仕上設備資機材の物量が多く、揚重作業が隘路になる。 ・逆打ち工法を採用しており、1階の搬入スペースに制約がある。建物の構造上の制約から、直接高層階へアプローチできるEVシャフトがない。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ICタグを利用した揚重管理システムを開発し、工事用EV(4台)に設置した。これにより、資機材の動きをリアルタイムに把握できた。 ・低層工事用EVから高層工事用EVへ資機材を乗せ換えるためのストックヤード階を建物の中間階(33、34階)に設けた。フレキシブル水平搬送システムを開発し、ストックヤード階での搬送作業の省力化を図った。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	—
・C(コスト)	・ストックヤード階の搬送に関わる人件費を約30%削減、不要な仮設機材の削減。
・D(工期)	・隘路となる高層階への揚重作業を効率化。
・S(安全)	・資機材搬送作業の省力化により安全性を向上。
・E(環境)	—
・その他の効果	—

超高層建物の仕上げ・設備工事における物流の効率化

株式会社 大林組 技術研究所
浜田 耕史

1. はじめに

超高層建物などの大規模建築工事において、特に仕上げ設備工事の施工段階には、多くの作業員・資機材の移動や揚重が集中する。このため、それら物流業務の良否が、工事工程に大きな影響を与えることも多い。そこで、当社では、工事現場全体の物流を集約・効率化する専門組織（物流センター）が1996年より発足し、大きな効果を挙げてきている。

東京都内の超高層建物の新築工事における仕上げ設備工事の施工において、新たな技術開発も含めた物流の効率化を実施した。本稿では新築工事の概要と新たに開発した揚重管理システム、および内装資材の水平搬送作業を省力化する水平搬送システムについて言及する。

2. 対象工事の概要と開発の目標

2. 1 工事概要

対象工事のプロジェクトは、新橋～虎ノ門間の環状二号線とその周辺区域の整備を総合的に行うもので、東京都が施行する第二種市街地再開発事業である。プロジェクトのシンボルとなる超高層建物は、環状二号線が地下部分で貫通し、地上52階（最高高さ247m）で延床面積が約244,000㎡（約17,000㎡の敷地）の事務所・店舗・住宅・ホテル等の多用途に供される。建物は、高層棟途中階で用途が大きく変わるため、低層用と高層用の工事用エレベータ（以下、工事用EVと略す）が分離され、資材の移し替えが生じるという制約条件があった。

そこで、図1のように、中間階にストックヤードを設け、物流センターが工事用EV間の水平搬送作業を効率的に行う計画とした。

2. 2 開発の目標

物流センターは、低層工事用EVで揚重した資材をストックヤード階へ効率よく仮置きし、それ以外の

空いた時間帯に必要資材を高層工事用EV前へ並び替える必要がある。つまり、計5台に及ぶ工事用EVの稼働状況を把握して日々の揚重計画と照らし合わせて管理することが求められる。また、高所作業車等の大量の機材の利用状況を把握して、それらを効率的に盛替える必要もあった。

一方、ストックヤード階では、資材の移し替えのための搬送作業が定常的に生じるため、作業員の省力化も求められた。既開発の自動化搬送システムは完全自動化を目指していたため、導入の際には搬送機材や揚重機の改造が必要となった。また、自動化機器を工事現場に対応して特注で製作していたため高額なものとなり、本工事では容易に採用できなかった。

以上から、資機材の流れを把握する工事用EV揚重管理システムと、建設現場特有の状況変化に柔軟に対応できるフレキシブル水平搬送システムを低コストで開発することを目標とした。

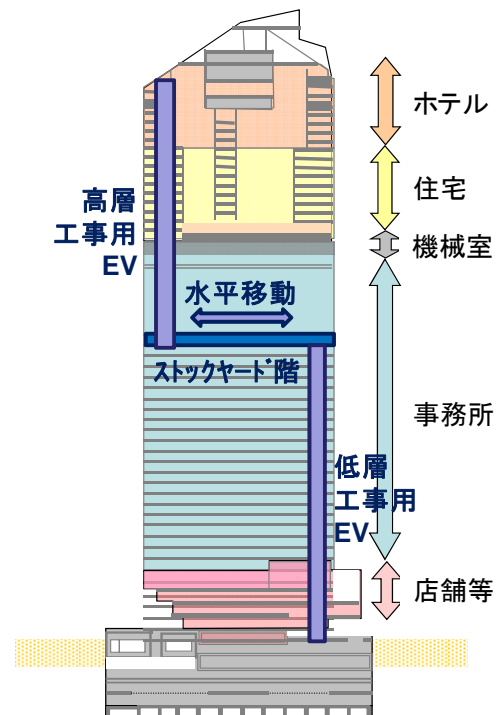


図1 対象工事の揚重条件

3. 工所用EV揚重管理システムの開発

3. 1 システムの概要

躯体工事完了後、仕上げ設備工事に用いる資機材は工所用EVで揚重される。工所用EV揚重管理システムは、無線認識技術であるICタグを用いた既存のシステムをベースに開発した。図2のように、工所用EVを利用して階数、会社、一部機材の情報入力をICタグによって自動化し、現地でデジタルの実績情報を記録する。このため、後のデータ管理が容易になると共に、これまで見えなかった資機材の流れを容易に確認できるようになり、工事工程の進捗把握にも役立つ。また、所在把握が困難な機材（高額リース品等）の在庫管理も可能となる。

システム構成は、図2に示したように、工所用EV搬機内に設置した堅牢型ノートパソコン（タッチパネルによる入力）・ICタグリーダーと、前述の階数・専門工事会社・機材ID等と紐づいたアクティブ型のICタグである。

工所用EV搬機内の状況を写真1に示す。堅牢型ノートパソコンは、搬機に取り付けた専用のラックに格納した。専門工事会社の職長がICタグをEVオペレータに渡して運用した。搬機内パソコンに集積されたデータは人手を介して工事現場内データサーバにアップロードし、関係者間で情報共有した。

3. 2 システムの特徴

システムの特徴を以下に列記する。

(1) 管理者の作業を大幅に効率化

- ・データを取込むだけで実績一覧を確認できる
- ・専門工事会社ごとの揚重実績を算出できる
- ・現地を見なくても機材の利用階を確認できる
- ・機材の停滞期間が分かり、遊休を推定できる

(2) シンプルな入力操作

- ・パソコンに不慣れでも短期間で利用できる
- ・従来と同じ時間で正確で詳細なデータを得る
- ・ICタグを付けた機材の情報は自動取得できる

(3) 高い応用性

- ・高所作業車、ごみコンテナ、特殊な資材等、あらゆる資機材を個体管理できる
- ・工事途中でもICタグを容易に付与できる

3. 3 システムの適用結果

作業員の移動のみに利用した工所用EV以外の4台にシステムを導入した。ICタグの総数は約450個に及んだ。EVオペレータにはシステムの操作についての教育を3日間程度で終えた。ICタグによってタッチパネルの操作が簡略化し、初めて操作する者でも容易に運用できた。

図3は、管理システムで把握された最終的な高

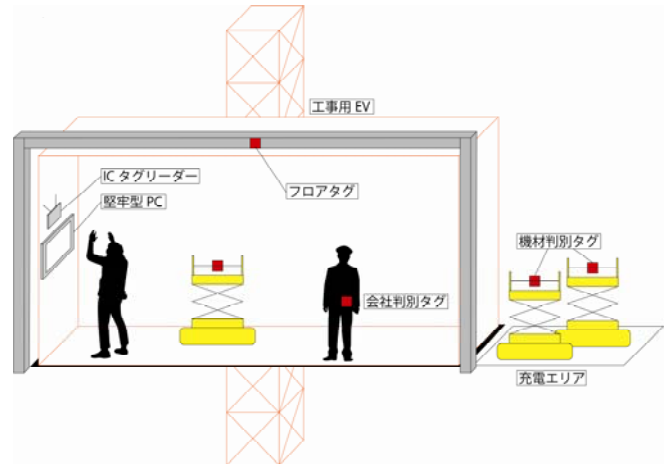


図2 工所用EV揚重管理システムの構成



写真1 工所用EV搬機の状況

階数	作業車ID	作業車名	使用階	使用業者名	積出車	積出車ID	積出日	積出量
24F	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	2012/06/24	2台
23F	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	2012/06/24	4台
22F	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	2012/06/24	6台
21F	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	2012/06/24	2台
19F	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	2012/06/24	7台
18F	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	2012/06/24	3台
17F	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	2012/06/24	3台
16F	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	TK-10	2012/06/24	3台

図3 高所作業車の運行状況確認画面

所作業車の盛替階を機材 ID、利用者名、最終盛替日付と共に示している画面である。利用可能な機材や長期間盛替えられていない機材等は他と識別できるように欄を着色して示している。これによって、機材の在庫管理が容易に実施できた。

4. フレキシブル水平搬送システムの開発

4. 1 開発の概要

システムの導入対象工事現場の条件を基に、走行条件・対象資機材・開発コストや期間を設定した。これらより、現状で採用可能な技術から信頼性の高い磁気テープ誘導を用いた Automated Guided Vehicle (以下、AGV) キットをシステムの移動機構として採用した。

一般製造業の工場内に導入する場合と異なり、建設現場では以下の課題を解決する必要がある。

- ①作業員との協働のため二重三重の安全対策
- ②非稼働時の磁気テープの養生対策
- ③資材の荷崩れ防止等の配慮
- ④容易な盛替えや跡の残らないテープの固定
- ⑤雨がかりや粉塵等への対応

そこで、技術研究所内の実験施設や工事現場の環境下で、事前に性能確認のための基礎実験を実施した。基礎実験より、AGV キットの走行特性の把握、資材の昇降動作範囲の詳細な設計仕様の決定、走行路となる磁気テープの施工法の選定等を実施した。

4. 2 フレキシブル水平搬送システムの概要

システムの基本構成を図4に示す。待機位置・荷取位置・ストックエリアで構成される磁気テープの走行経路を、潜込み式AGVがICタグによる行先の指示に従い搬送作業を行う。システムの中核となるAGVの仕様・外観を、表1と写真2に示す。以下、AGVを構成する3要素ごとに詳述する。

4. 2. 1 AGVキット

採用したAGVキットは、機械・食品・医薬品など様々な業種の工場や物流センターで広く普及しており、信頼性が高い。また、積載重量や走行方式によって複数種類のものが用意されており、利用者が自由に低価格でAGVを組み上げることができる。

走行制御には磁気テープを用いているため、工事の進捗状況に合わせて、配置・盛替を簡易に自由に行うことができる。また、停止場所や搬送経路の分岐の指示のために、磁気マーカーを利用することもできる。これによって、特定の位置でAGVを減速させるといった制御も自由に設定できる。さらに、利用者が作成したプログラムでAGVを制御できるため、フレキシブルな資機材搬送を可能とする。

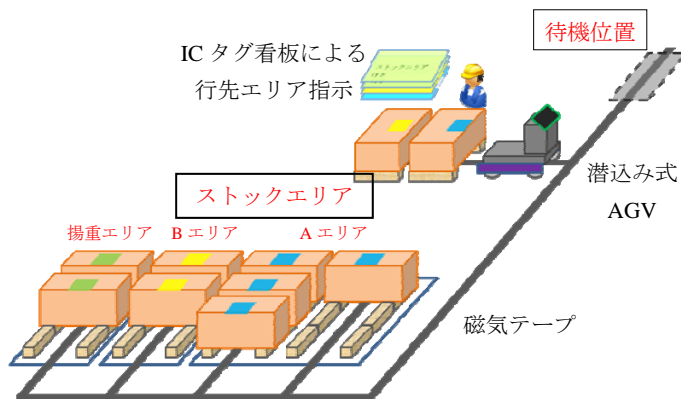


図4 水平搬送システムの基本構成

表1 潜込み式AGVの仕様

サイズ(mm)	L2,030×W1,250×H1,600
最高速度 (m/min)	30
積載荷重(kg)	900
本体重量(kg)	350

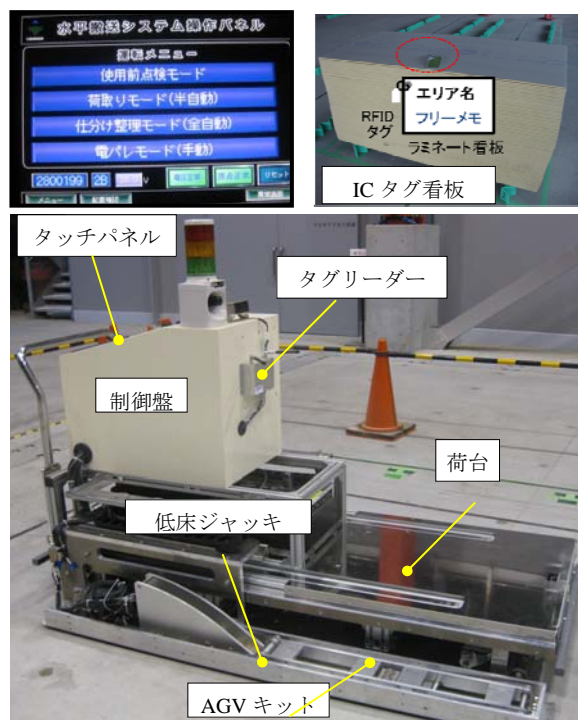


写真2 水平搬送システムの基本構成

4. 2. 2 IC タグ看板を用いた制御部

資材上に IC タグを置くことで、搬送したい場所を自由に指定できる。工事用 EV 揚重管理システムで用いた非接触式アクティブ型の IC タグを採用した。資材の積載時に AGV 搭載のリーダーでタグを読み込むことで行先を把握して搬送を行う。

電子機器の操作が不得手な作業員でも直感的に搬送先を指示できるので、臨機応変な対応が必要となる工事現場での運用には有効である。ストックヤードのレイアウト変更等には、タッチパネルで管理者やオペレータが対応する。また、作業員は写真 2 に示したタッチパネルから、以下の 3 種類の運転モードを自由に設定できる。

1) 荷取運転（半自動モード）：詳細は後述

2) 仕分け・整理運転（完全自動モード）

揚重作業時以外に、ストックエリア内と揚重エリアとを高層 EV の揚重計画に合わせて整理する。

3) 手動運転（電動パレットモード）

磁気テープによる走行経路は不要で、無軌道上を作業員が手動で自由に AGV を操作する。

4. 2. 3 低床ジャッキ機構

AGV は、荷台の左右に低床ジャッキ機構を備えている。これらのジャッキをスライドさせることで、資材の下に潜り込んで積載することが可能である。そのため、フォークリフトのようなカウンターウェイトが不要となり、本体を 350kg と軽量化できた。通常、上層階にて搬送にフォークリフトを使用する場合は、床補強等の工事が必要になるが、本システムの場合は不要である。

ジャッキのストロークは 90mm から 350mm であり、100 角の輪木が利用できる。このため、現在、現場内の資材搬送として最も使用されている電動パレットなどの機器との併用が可能である。

4. 2. 4 積載動作フロー

AGV による積載動作フローを写真 3 に示す。

- 1) 積載位置に近づくと AGV 前方に搭載された赤外線センサにて積載対象を検知し停止する。
- 2) 低床ジャッキを資材下部にスライドさせる。
- 3) ジャッキを上昇し資材を持ち上げる。
- 4) 持ち上げた資材の下に AGV 本体部が潜り込み、荷台に資材を積載する。

4. 3 工事現場への適用計画

4. 3. 1 スtockヤードの配置

対象工事現場の 34F でシステムを運用するにあたり、図 5 のようにレイアウトを計画した。自動搬送領域は関係者以外立入禁止とし、安全を確保した。また、本領域を、以下の 4 種類に分類した。

1)AGV の運転を開始する「待機位置」

2)低層 EV で揚重された資材を置く「荷取位置」

3)資材用途別にストックする「ストックエリア」

4) 3)の高層 EV への揚重を「揚重エリア」

ただし、これらの経路配置は工事の進捗に合わせて磁気テープを貼り替えることにより柔軟に変更した。ボード山の配置は、長期保管しても躯体に影響が無いことを構造計算により確認した。

4. 3. 2 作業員の配置

システム運用時には、従来と同様に各工事用 EV のオペレータに 1 人ずつ、搬送システムのオペレータ要員として、1 人を図 5 に示すように配置した。

4. 4 システムの運用方法

システムの運用方法の中心となった、荷取運転について詳述する。低層工事用 EV で 34F に揚げられ、荷取位置に荷降ろしされたボードをストックエリアに内装業者別・ボードの種類別に順次仮保管する。

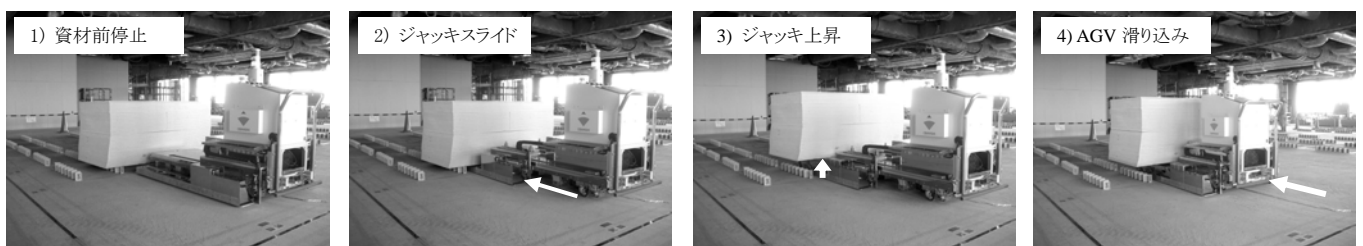


写真 3 資材の積載フロー

システムの動作を次に示す。

- 1) 管理者は、AGV の自動運転開始の待機位置で、当日の揚重内容に合わせて業者やボードの種類ごとにストックエリア内の搬送先を設定する。
- 2) 荷降ろし作業員は、低層 EV 到着後、ボードを EV から荷取位置まで搬送し（写真4）、ボード上に各エリアへの行先のタグ看板を置く。
- 3) 管理者がスタート指示を出すと AGV は荷取位置に向かって走行を開始する。
- 4) 荷取位置において、ボードがあることを認識すると、停止し、積載・タグ認識を行う（写真5）。
- 5) ストックエリア内の指示エリアに搬送を開始し、最も揚重エリアに近い位置から詰めて、順次ボードを仮置する（写真6）。
- 6) 4)、5) の動作を揚重が終了するまで繰り返す。揚重作業中でも荷取位置にボードが無い場合は、待機位置に戻り、停止・待機する。



写真4 低層用EVからの荷降ろし



写真5 荷取位置での資材の積載



写真6 資材の仮置

4. 5 システムの適用結果

4. 5. 1 導入準備作業について

工事現場へのシステム導入には、AGV 搬入作業、磁気テープの敷設、AGV 調整作業および作業員への教育といった準備作業が必要となった。

2013年3月中旬にAGVの搬入を行った。搬入作業にあわせて、充電設備の設置、および磁気テープの敷設作業も行ったが、ほぼ一日で作業を終えることができた。現場の作業工程にはほとんど影響を与えず、効率よく導入・施工を完了できた。

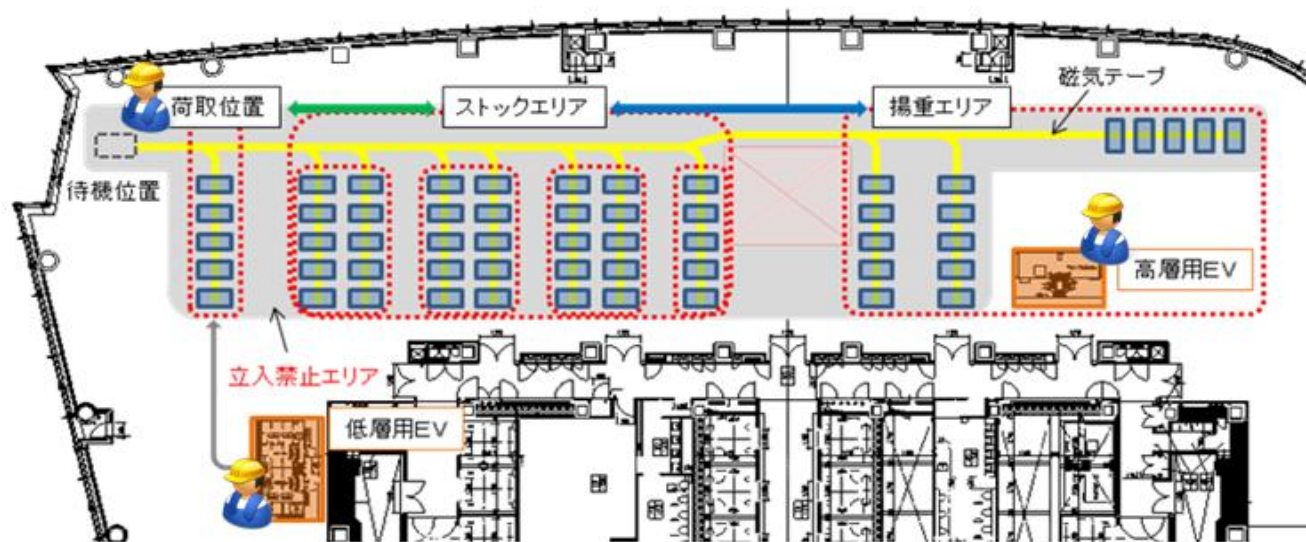


図5 スtockヤード階のレイアウト

また、AGV のオペレータや作業員への操作指導が必要であったため、操作マニュアルを作成して対応した。上述の調整作業の期間内を教育期間としたが、この期間短縮についても今後の課題である。

4. 5. 2 AGVの稼働状況

現場適用した AGV の稼働状況の実績データを収集するため、作業日報を作成した。2013 年 4 月より、AGV のオペレータがシステム稼働時に、稼働時間、搬送場所および搬送対象等を日報に記入した。

日報記録を開始した 2013 年 4 月から、AGV を工事現場から撤去した 7 月上旬までの約 3 ヶ月間の稼働状況の概要を表 2 に示す。工事現場の休日やストックヤード階の工事等で資材の搬入がなかった日数を除き 3 ヶ月間で 63 日となった。この間に、主要な搬送対象とした内装ボードの総揚重量は 2,208 山となった。しかし、AGV の可搬重量の制約から、900kg/山 (3×6 尺サイズの石膏ボード) のみ搬送したため、システムが実稼働した日数は 21 日間 (67.5 時間) にとどまった。この結果、システムが扱った物量は、内装ボード全体の約 3 割の 660 山となった。今後、システムの取り扱える資材を増やすために、可搬重量の増大は不可欠である。

システムが扱った物量の内、107 山は仕分け・整理運転によってストックヤード内で自動整理された。このような前日夕方の自動整理により、内装ボードの搬入が無い日でも朝から高層工事用 EV で揚重を行えた。この結果、工事用 EV の効率的な運用ができるという効果も得た。

4. 5. 3 省力化効果

従来、EV からの資材搬送には 3 名の作業員が必要であったが、システムの導入によりオペレータ 1 人となり、搬送作業員が 2 名削減される。つまり、揚重作業時の荷取運転では 4 人 (EV オペレータ 1 人と搬送作業員 3 人) を 2 人 (EV オペレータ 1 人とシステムオペレータ 1 人) に省力化した。この結果、図 6 に示すように、搬送作業の関連コストは従来と比較して約 30% の削減が可能となった。また、水平運搬のみの整理運転時は 3 人 (搬送作業員 3 人) をオペレータ 1 人に省力化できた。

4. 5. 4 工事進捗に伴う変更への対応

工事の進捗状況にあわせて、図 5 に示したストックヤードのレイアウト変更が求められた。高層用 EV への揚重量が増加したため、揚重エリアへのストック量を増やした。これには、磁気テープの貼替えによる搬送経路の変更、IC タグ看板の作成およびタッチパネルによるレイアウト変更などの作業を管理者 1 名が半日で実施することができた。

表 2 搬送システムの適用実績

システムの稼働可能日数	63 日
システムの実稼働日数	21 日
内装ボードの総揚重量	2,208 山
システムが扱った搬送量	660 山
システムの総稼働時間	67.5h
荷取運転モードの時間	57.2h
仕分け・整理運転モードの時間	10.3h

5 おわりに

超高層建物の物流効率化を目指し、IC タグを利用した工事用 EV 揚重管理システムとフレキシブル水平搬送システムを開発した。その結果、揚重実績の見える化、搬送人員の削減、作業効率の向上といった効果を確認した。

労務事情が好転しない中、倉庫や大型商業施設等の工事現場からも搬送作業の省力化に対する要請は多い。他の資材への適用の要求もある。システムへの機能追加を進め、物流の効率化に資する開発を今後も行っていく予定である。

2. 既存天井の調査・診断・提案業務の効率化

社名：大成建設㈱

氏名：尾方 大輔

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	某市民会館 既存天井耐震化に関する調査
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積9400m ² 、地上4階、地下1階
(3) 用途	ホール他
(4) 主要構造	RC造、一部S造
(5) 建設地	中国地方
(6) 施工期間	2013年6月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	大成建設一級建築士事務所
2. 改善概要	
(1) 狙い・目的	<ul style="list-style-type: none"> ・調査員の主観や熟練度に因らない、客観的な天井内調査・記録・保存。 ・客先の担当者や意思決定者が臨場感を持って調査結果を確認できるようにする。
(2) 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"> ・既存天井の耐震性能調査・劣化度調査を実施する場合、調査員が目視可能な範囲で記録する。この場合、調査員の主観的な観点での調査になるため、空間的・時間的制約の中では、設備機器などが障害となり、天井点検口近傍の限られたものとなる。 ・報告書に書かれる内容も断片的で、報告者と発注者の意思疎通が必ずしも十分であるとは言い難い。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・360° パノラマカメラは違和感のない画像処理(継ぎ目での画像角・ズレの調整)を行っており、ストレスを感じることのない視認を可能とした(臨場感のある記録)。 ・パノラマを構成する1枚の写真は高解像度で保存され、当該写真は文字を読み取ることも可能なほどの視認性を有する(客観性を持った記録)。 ・撮影(20分程度)後の画像処理(10分程度)をその場(調査場所)で行うことを可能とした(画像不良はその場で再撮影)。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> ・調査員と対策を講じる社員の意思疎通に齟齬が少なくなり、また客先への調査結果の報告、対策案の提示などでは臨場感を持ったプレゼンテーションを行うことができる(客観性を持った記録、プレゼンテーション能力の向上などが図られる)。撮影不良などによる取りこぼしが無くなる。
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影業務に係る時間が短縮され、また撮影業務に係る作業員も削減できることにより、調査費用が圧縮できる(Ex. 2名/1調査 → 1名/1調査)。
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影業務に係る時間が短縮されることにより、工程も短縮される。(Ex. 4h/1調査 → 1h/1調査)
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> ・三脚を用いての半自動撮影のため、無理な姿勢での撮影などが無くなる。
・E(環境)	—
・その他の効果	—

既存天井の調査・診断・提案業務の効率化

大成建設(株) 建築技術部

尾方 大輔

1 はじめに

平成23年3月11日の東日本大震災において、吊り天井や天井内設備の落下が数多く発生した。日本建設業連合会の報告によると、被害件数は2000件以上、天井・設備の落下による死者は5名、負傷者70名以上とされている。写真1および写真2からも、東日本大震災における吊り天井・天井設備の罹災状況が、いかに甚大なものであったかが分かる。

地震による天井・設備の落下被害は東日本大震災が最初ではなく、平成13年の芸予地震、平成15年の十勝沖地震、平成17年の宮城県沖地震においても天井・設備の落下被害が発生しており、その都度、国土交通省（もしくは建設省）は技術的助言やガイドラインを提示し危険性を周知してきた。ただその時は、天井・設備に対する危険性を認識し、耐震化対策を施した発注者・設計者・建設会社は少なかった。

しかし東日本大震災の甚大なる天井・設備の落下被害を受け、国土交通省は天井に関する建築基準法施行令の改正と、新たな告示の公布により、法的拘束力を有する厳格な技術基準を定めた。一定の条件に適合する天井（「特定天井」）に関しては、告示等で示す耐震化が義務となり、それは新築・増改築工事だけでなく、既存建物についても一部遡及を受けることとなる。



写真1 天井の罹災状況



写真2 天井・設備の罹災状況

このような社会の動向を受け、建物所有者において天井の安全性に対する認知度も高まり、本年に入って既存建物の天井調査依頼が急増している。ただ従来型の調査手法は、調査員が天井点検口内に体を潜り込ませ、時間をかけて目視できる範囲で劣化度を確認し、断片的な静止画で報告することしかできなかった。そこで弊社は、既存天井内の調査・診断・提案業務を効率的に、また建物所有者に説明し、直感的に理解していただけるように、デジタルカメラ画像による連続内観システム「T-Siteview」を使ったプレゼンテーションツールを開発し運用しているのでここに報告する。

図1は、調査から施工に至る一連の作業において、T-Siteviewをどのように活用しているかを示したフローである。

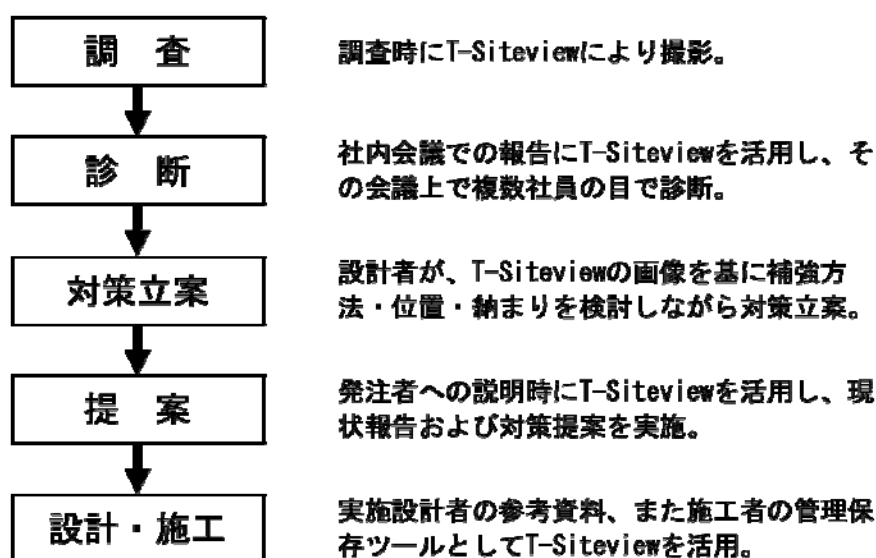


図1 T-Siteview の活用フロー

2 工事概要

本年に入って実施した調査のうち、代表的な建物概要を以下に記す。

工事名称：某市民会館における既存天井耐震化に関する調査

規 模：延床面積 9400m²、地上4階・地下1階

用 途：ホール他

主要構造：鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造

建 設 地：中国地方

調査期間：2013年6月中の2日間

設 計 者：大成建設一級建築士事務所他

3 背景と課題

はじめにでも述べたとおり、本年に入り既存天井の耐震化調査依頼が急増している。

既存天井の耐震性能調査・劣化度調査を実施する場合、一般的には、調査員が既存の天井点検口、もしくは天井ボードが一枚張りの場合はビス固定を外し、内部に潜り込んで目視可能な範囲で調査し記録する。この場合、多分に調査員の主観的な観点での調査・記録が行われ、空間的・時間的な制約の中では、細部にわたっての十分な確認が為されているとは言い難い。

また、基本的に設備機器のメンテナンスや更新のために設けられている天井点検口からの目視調査は、近傍の設備機器が障害となり、奥部まで目視確認することができず、調査は天井点検口近傍の非常に限られた範囲で実施せざるを得ない。

最終的に報告書として提出される書類の内容や静止画も断片的であり、報告者である調査員と受け取る発注者の意思疎通が必ずしも十分であるとは言い難い。図 2 は一般的な調査報告書の例であるが、コメントに書かれている内容が静止画のどの部分を指しているのかが分からず、記載内容が事実であっても報告書としては不十分と考えられる。また、代表的な位置で撮影された静止画とされるが、他の部分も共通であるか当然ながら判断することはできず、客観的な資料として満足いくものではない。

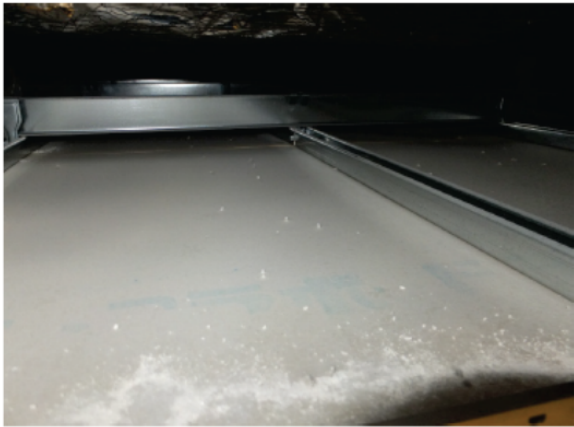
	No.	■■■■
	階	■■■■
	部屋名	■■■■
	部位	天井下地
	コメント	天井懐:675mm、吊りピッチ@900mm 前後 野縁と野縁受けを繋ぐクリップがビス留め仕様になっていません。 また、下地構成部材の軽量鉄骨に、JISの刻印が確認出来ませんでした。 開口補強がありません。

図 2 一般的な調査報告書の例

4 技術概要と改善方法

T-Siteview とは、撮影場所からの全周囲方向を高解像度デジタルカメラで撮影し、独自のパノラマ自動作成ソフトにより 360° パノラマ化した画像を、専用のビューアで視認することのできる一連のシステムを指す。図 3 に T-Siteview のシステムの概念を示す。

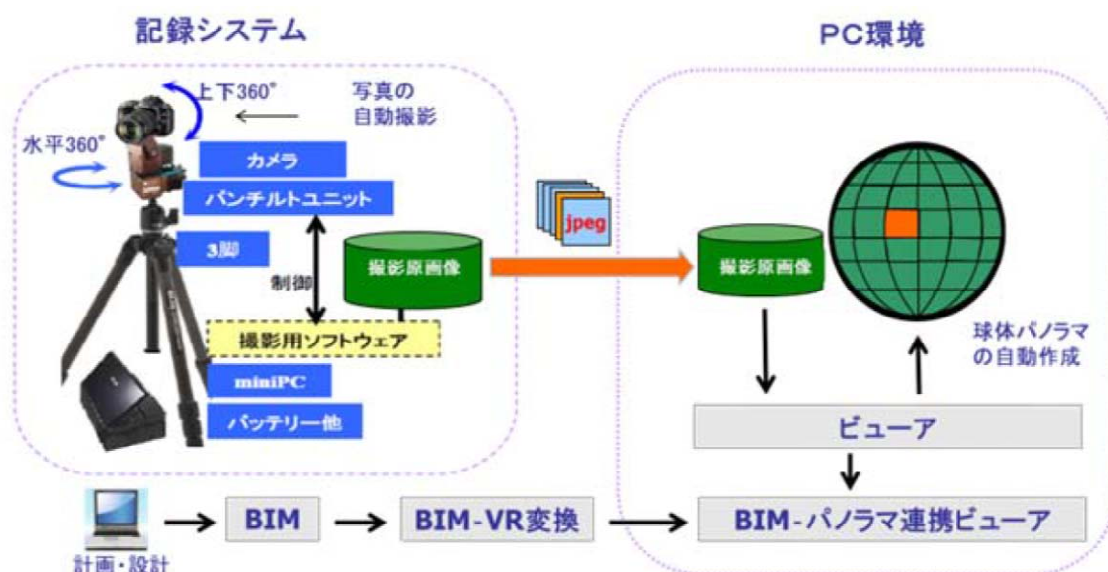


図3 システム概念

作業時間は、撮影に約 20 分、パノラマ化に約 10 分程度とスピーディで、調査員が撮影した直後にパノラマ化して、ピントがずれていないかや露出が適正であるか、撮影ポイントとして適当かの判断が可能であり、不十分である場合、再度撮影を行えば良い。

作成されたパノラマ画像は、3 次的にリアルな空間を提示することができ、見る者は視覚的・直感的に天井内を認知できるため、臨場感を持ったプレゼンテーションが可能となる。当該システムにはズームアップ機能の他、テキスト書き込み機能、多地点撮影で構造体や設備などの死角をなくしたウォークスルー機能および BIM と連携する機能が付加されている。

天井内の撮影方法は、**写真 3** に示す架台伸縮型と**写真 4** に示す天井内据置型があり、天井内の撮影条件により使い分けが可能である。架台伸縮型は、階高 3m～4m（天井高さ 2.5m～3m、天井懐高さ 1m以下）の場合に有効となる。天井内据置型は天井懐高さ 1 mを超える場合に有効で、点検口近傍だけでなく調査員が足を載せることのできない天井ボードや設備機器上など設置場所・方法は多岐にわたる。

写真 5 および**写真 6** は、それぞれ同じ点検口から撮影した状況である。本報では静止画での掲載となってしまうが、実際には両パノラマ画像は 360° 展開させることができ、天井内の状況を臨場感をもって視認することができる。また**写真 5** は天井から 500 mm程度上部の画像であり、調査員が通常目視可能なレベルであるが、**写真 6** のようにデジタルカメラの視点を高く配置することで、設備機器やダクトの背面を撮影し、状況を細かく観察することもできる。

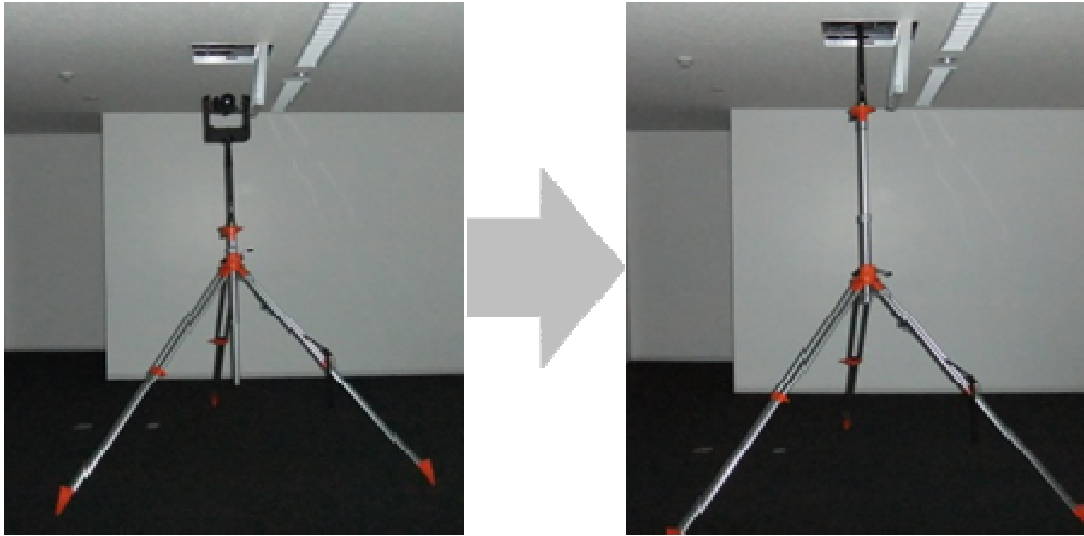


写真3 撮影方法1 架台伸縮型



写真4 撮影方法2 天井内据置型



写真5 点検口からの撮影状況 (CL+500 mm程度)



写真6 点検口からの撮影状況 (CL+1500 mm程度)

5 改善による効果

T-Siteview のパノラマ画像を使ったプレゼンテーションを行うことにより、発注者に対する調査報告をより具体的に、また詳細かつ客観的に説明することができるようになった。写真7および写真8は、パノラマ画像に国交省告示に従ったブレースを配置した場合のイメージである。ブレースの固定位置やピッチ、設備機器や配管との納まりなどを視覚的に捉えることが可能となる。



写真7 パノラマ画像に耐震対策案を合成 (ブレース工法)



写真8 パノラマ画像に耐震対策案を合成（ブレース工法）

このように対策案を提示する場合でも、パノラマ画像に対策画像を合成し、3次元的に視認していただくことで、発注者との意思の疎通を図り、計画内容の齟齬を減らすことができるようになった。

6 まとめ

本報では、パノラマ画像技術を用いることにより、客観的な既存天井内の調査が可能となり、また効率的に調査業務が遂行できることを報告した。

現在、さらに機能を拡充する改良を施している。

3. BIMを利用した設備工事の概算見積り精度向上

社名： 鹿島建設(株)

氏名： 上堀 真

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	—
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積:2,800㎡(計画時)、地上2階
(3) 用途	工場
(4) 主要構造	S造
(5) 建設地	広島県東広島市
(6) 施工期間	—
(7) 工事費	—
(8) 設計者	鹿島建設(株)中国支店
2. 改善概要	
(1) 狙い・目的	<ul style="list-style-type: none"> ・(狙い)計画段階での概算見積り精度向上を図る。 ・(目的)施主に概算段階で精度の高い見積りを提示する。
(2) 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"> ・設備工事の概算見積り精度確保が難しい。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・実施設計前の計画段階で、概算見積りを歩掛りや過去の経験を基にして算定するのではなく、設備CADを利用したBIMの積算機能を用いて数量を算定し、概算見積書を作成した。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> ・実施設計前の計画段階で精度の高い数量を把握した。
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> ・設計、積算に必要とされる経費を削減した。
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> ・実施設計前の計画に要する時間を短縮した。
・S(安全)	—
・E(環境)	—
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・概算見積り精度が向上する

B I Mを利用した設備工事の概算見積り精度向上

鹿島建設(株)
上堀 真

I はじめに

B I M (Building Information Modeling) とは、3 D - C A D によって作成された建物の三次元データに数量・コスト・材質など多種多様な情報を入力した建築の三次元データベースのことを表す。

このB I Mデータをあらゆるフェーズで情報活用することで、設計・施工・施設管理とあらゆる業務の効率化が可能になると考えられている。

このB I Mの概念は2005年より設計分野で普及され始め、ハード・ソフトウェアの充実及びデータ互換性の向上とともに、徐々に施工分野にも広がりつつある。

弊社では現在本社に推進チームを設置、全社方針としてこのB I Mの導入を進めており、多くのプロジェクトで取り組んでいる。

当報告ではこの背景から従来の設備C A Dを利用し、B I Mの特徴を活かした方法として、概算見積りに用いた例を紹介し、B I Mは身近で容易であることを紹介する。

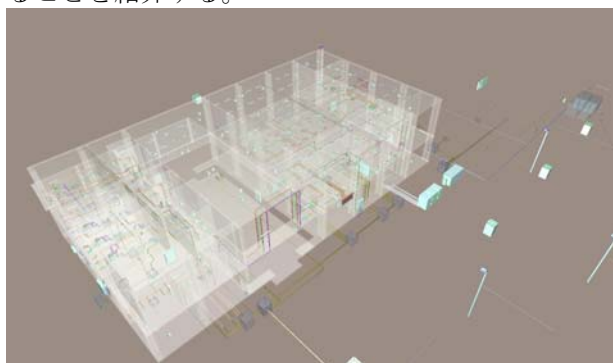


図-1 B I Mデータによる三次元モデル

II 取組の概要と経緯

設備工事の概算見積りは、類似物件の単価スライドや設備協力会社の見積り参照などの方法がとられる。

しかし、類似物件と言っても全く同じ物件はなく、根拠が不明確な見積りとなる。また、設備協力会社も概算の手法は同じである上に、その見積りに責任がない。以上のことから、概算見積りで的確な入手判断を下すことは難しい。

そこで弊社中国支店設備工事では、従来の手法による概算見積りは行わない方針とし、図面を作成し積算を行う「精概算」を実施してきた。しかしなが

ら、当然通常の実設計・積算に近い労力が必要であった。

実施設計前の計画段階であることから多くは守秘義務を果たせられ、外部への委託が制限され、時間も限られることも多い等、対応に苦勞してきた。

この「精概算」を短期間で効率的に、そして精度よく実施するためにB I M技術を活用することとした。

今回採用したシステム及び工事計画概要は以下の通りである。

採用ソフト：ダイテック社 統合設備C A D
CADWe'll TfasIV

規模：延床面積 2,800㎡ (計画時)、地上2階

用途：工場

主要構造：S造

建設予定地：広島県東広島市



図-2 採用C A D

IV 効果

今回の効果を説明する。

1. 時間

設計資料を受領してから、他の業務の合間を見て、ひとりで約実働4日で集計表まで終了。もう1日で見積書を作成した。積算だけを目的とすれば、更なる時間短縮も可能。

後述するが、もし設計段階でBIMを採用すれば初めの4日は不要となる。

2. 守秘

メーカー以外の社外への外部委託をしなかったため、守秘義務を果たせた。

3. 費用

内部作業だけで済むので、高い外注費を支払う必要がない。作業時間が短縮されたため、通常の概算作業の50%で完了できた。

CADも汎用ソフトのため常に改善が重ねられている。一社単独でシステム開発に費用を投じなくてもソフトは市場で成長をする。8割の設備協働会社が採用しているためそちらからのフィードバックも期待される。現時点で十分すぎる機能は有している。改善ができない、維持に費用が嵩むシステムは長続きしない。

4. 数量

図面という根拠があるので、「〇〇は見積りに含まれているのか？」との問いにも明確な回答が可能である。CADで数量を確認できるため、拾い忘れがない。ルートなどを変更した場合でも拾い直しが容易である。

5. 技術の蓄積

図面を書くことにより詳細に検討ができる。何気なく空調機の図を書いていると、周囲に必要な部品は何かを考えるようになる。部品はなくてもCADは書けるが、見積落ちをなくそうと思えば、必然的に必要な部品をプロットすることになる。

正確な数量を持てば、純粋な比較も可能。なぜこんなにケーブルが多いのか、どうやったら減らすことができるのかといった検討につながる。

また「発見」も多い。図面をかくことにより、図面検討も平行して行える。これを外注してしまえばその「発見」はされることなく、のちに大きな問題となって返ってくるのである。

他物件の参考図があれば、それをコピーしCAD化することにより、概算見積り対応は可能。条件により2次側設備の変更を行えばよい。

図面作成時に必要な部材を選定できれば施工にも役立つ技術を得ることができる。

6. 3次元データ

作成したCADは二次元だけではなく三次元でも確認が可能なので細かい納まりには注力していないが、大きなイメージをつかむのには十分である。

三次元空間を自由に動くがごとく図面を確認できることから、顧客への説明にも使用可能とは考える。ただし、説明だけを最終目的としては勿体ない。断面図も簡単に表示可能。

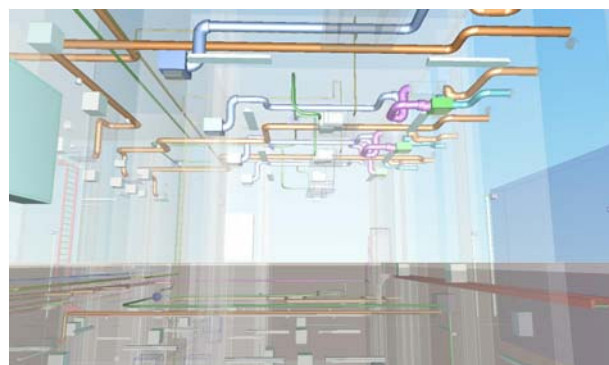


図-5 3次元イメージ（見下げと見上げ）

V 今後の展開

今回の取組を通じて、さらなる効率化に向けての提案を以下に記す。

- ・設計資料作成時にBIMを採用する。(CADデータの引継ぎ活用、計画から実施設計、見積、施工とつながる)
- ・BIMと見積りシステムの連携、部材とCIネットコードのリンク(現在は手入力が必要)
- ・システム比較に利用する。病院の換気システムの比較も1日で作成した。(図-6参照)
- ・一般的な設備BIMデータを蓄積して活用する。たとえば、空調機廻りの図面は他物件に簡単に適用できる。(図-7参照)

マンションなどは一般図をレイアウトに合わせて変更、データを反復コピーすればよい。蓄積されたデータを活用すれば、大型物件の作業時間短縮も望める。

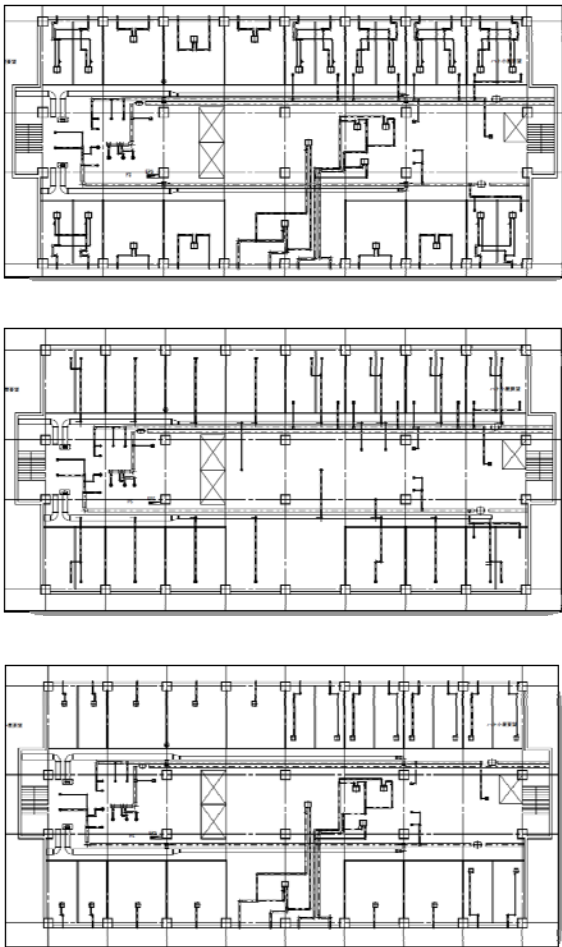


図-6 病院換気システムの比較
(上から全熱交換機案、
外調機+排風機案、外調機+天井扇案)

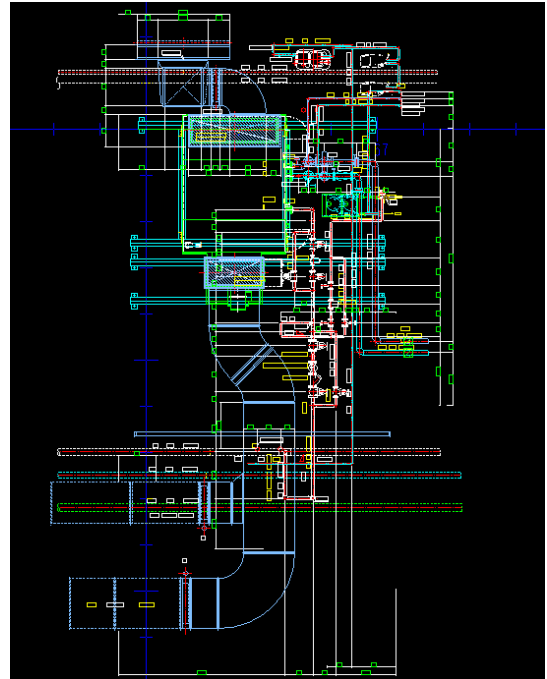


図-7 空調機廻りの一般図例

VI おわりに

BIMでは三次元の表現に注目が集まっているが、BIMデータベース本来の活用が望まれる。

三次元のパースなどを見せられると、新たに取り組む人は抵抗を感じるであろうが、設備工事においては、設備協力会社で使用しているソフトが進化したものであり、利便性・拡張性は高い。

BIMは今までの知識で十分に活用が可能であるので、新たなツールとしてではなく管理ツールの進化形として活用していくべきと考える。

4. 掘削工事にもなう地盤改良のコストダウン

社名： (株)浅沼組

氏名： 山田 勝也

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	某プラント新築工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積:約3,000m ²
(3) 用途	ごみ処理施設
(4) 主要構造	RC造
(5) 建設地	—
(6) 施工期間	2011年4月～2013年4月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	—
2. 改善概要	
(1) 狙い・目的	<ul style="list-style-type: none"> ・(狙い)掘削工事のコストダウンを図る。 ・(目的)掘削底面の安定化対策である噴射式地盤改良工事のコストダウンを図る。
(2) 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"> ・湾岸埋立地に計画されたごみ処理施設において、深さ約14mのごみ処理ピットがあり、その掘削工事にあたり、掘削底面の盤ぶくれが懸念されていた。 ・掘削底面の安定化を目的として、掘削底面に噴射式地盤改良を講じる計画であったが、その工事費が非常に高額であった。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削底面の安定化を図りつつ、非常に高額な底盤改良の工事費を抑えるために、盤ぶくれ抑止杭を計画した。 ・盤ぶくれ抑止杭とは、先端を堅固な地盤に定着させ、杭と地盤の周面摩擦により、底盤改良体の底面に作用している揚圧力に抵抗する仮設の杭である。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・掘削底面の安定向上、及び付加価値として建物支持力の向上
・C(コスト)	・当初計画に対し、約25%のコストダウン
・D(工期)	・当初計画に対し、約10%の工期短縮
・S(安全)	—
・E(環境)	・産業廃棄物(汚泥)を約60%発生抑制
・その他の効果	・山留め壁根入れ部の安定

掘削工事にもなう地盤改良のコストダウン

(株)浅沼組 大阪本店建築部 品質管理室
山田 勝也

対象となる工事は、湾岸埋立地での深度約14mの掘削工事である。湾岸埋立地は、超軟弱地盤であることに加え、掘削底面の盤ぶくれが懸念された。盤ぶくれ対策には噴射式地盤改良を講じる計画であったが、噴射式地盤改良工事費が高額であった。そこで、地盤改良のコストダウンを図るために、盤ぶくれ抑止杭を併用する計画を立案した。

1. はじめに

超軟弱地盤における深度約 14m の掘削工事を行うために、SMW 工法の山留め壁、4段切梁支保工の設置、山留め壁の補助工法として噴射式地盤改良による先行地中梁の設置を計画した。

そのほか、掘削底面で盤ぶくれが懸念され、その安定化を図る目的で、掘削底面に噴射式地盤改良工事を講じる計画であったが、その工事費が非常に高額であり、盤ぶくれ対策についてコストダウンが図れるよう検討した。

2. 盤ぶくれとその対策工

盤ぶくれとは、掘削面の下に、粘性土や細粒分の多い細砂層のような難透水層、さらにその下に被圧帯水層が存在し、被圧地下水の揚圧力が土被り圧より大きい場合に、掘削底面が持ち上がる現象である(図-1)。

盤ぶくれが発生すると、掘削底面が破壊し、山留め全体の崩壊につながるおそれがある。

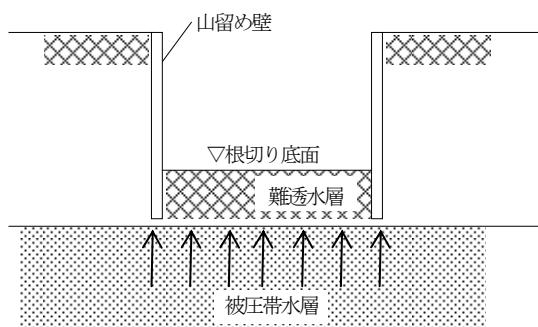


図-1 被圧地下水による盤ぶくれ模式図

現地の地盤構成を図-2 に示す。難透水層であるAc層(沖積粘土層)が、被圧帯水層であるDg層(洪積礫層)の被圧水により揚圧され、盤ぶくれが生じる構成であることが分かる。

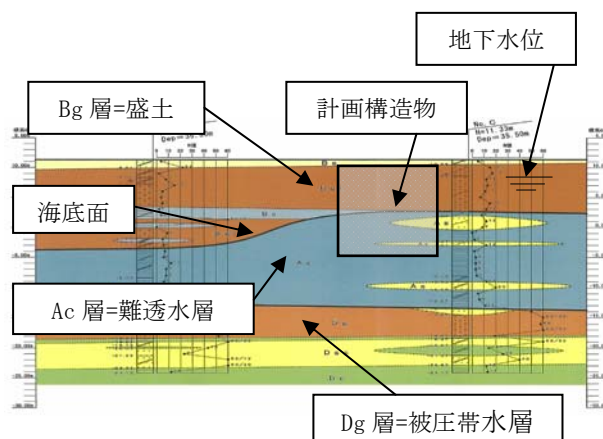


図-2 現地の地盤構成

したがって、本工事においては盤ぶくれ対策の検討が必要であると判断した。

盤ぶくれの対策工法として、日本建築学会の「建築技術者のための JASS3 山留め工事 Q&A」に①掘削底面(難透水層)下の被圧水頭をディープウェル等によって低下させる方法、②止水性の山留め壁を延長し、難透水層に根入れする方法、③掘削場内を地盤改良し、地下水を遮断し土被り圧を増加させる方法が記載されている。また、地盤工学会の「山留めの創意工夫となるほど納得 Q&A」に上記①～③と同様の方法の他、④地下室を分割して施工し残った土の増分応力を期待する方法が記載されている。それら4つの盤ぶくれ対策工法の模式図を図-3 に示す。

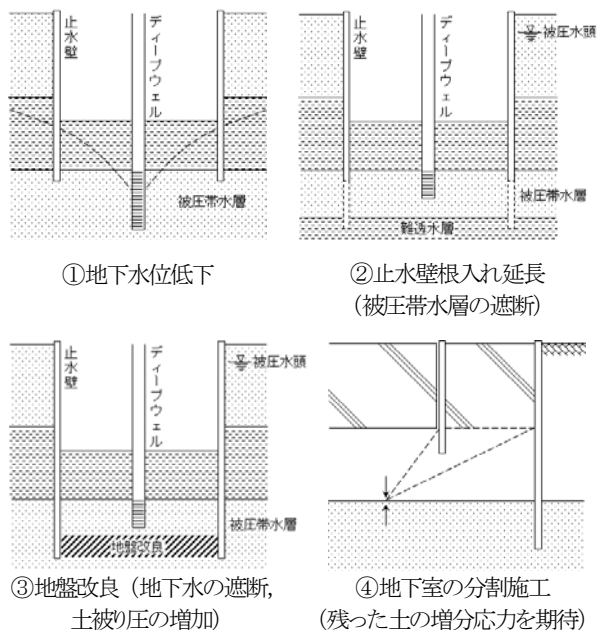


図-3 盤ぶくれ対策工法例

次に、各盤ぶくれ対策工法の特徴について、表-1 に示す。

表-1 盤ぶくれ対策工法の特徴

盤ぶくれ対策工法	各工法の特徴
① ディープウェルによる地下水位を低下させる方法	長所 ・実績が多く、計画しやすい。 ・他の工法に比べ、工期が短くなる。
	短所 ・地下水位低下により、周辺地盤の圧密沈下のおそれがある。
② 止水壁の根入れを延長し被圧帯水層を遮断する方法	長所 ・周辺地域への影響が少ない。 ・完全に締切りが出来れば盤ぶくれの危険は少ない。
	短所 ・難透水層を正確に想定した締切りが難しい。 ・工事費が高くなる。
③ 地盤改良により地下水を遮断し土被り圧を増加させる方法	長所 ・周辺地域への影響が少ない。 ・完全に締切りが出来れば盤ぶくれの危険は少ない。
	短所 ・工事費が高くなる。 ・信頼性の高い地盤改良が必要。
④ 地下室を分割して施工する方法	長所 ・周辺地域への影響が少ない。 ・他の工法に比べ、経済的。
	短所 ・躯体の打継箇所が増える。 ・分割施工のため、工期が長くなる。

盤ぶくれ対策工法選定のために、現地の諸条件を整理すると以下のとおりである。

- 1) 湾岸埋立地に立地すること
工事場所が海から直近に位置し、ディープウェルによる地下水低下工法によると、多大な排水処理量が予測され、排水処理設備の能力等の関係上、排水処理が不可能である。
- 2) 被圧帯水層下部の難透水層までが深いこと
被圧帯水層下部の難透水層の地上からの深さは、30m以上であるため、SMWの施工に不連続部分（アンラップ）が生じる可能性が高く、その際には排水処理が必要とされ、リスクが大きい。
- 3) 本設鋼管杭周囲のパイピングが懸念されること
計画構造物には本設鋼管杭があり、地下室を分割して施工する方法の場合、本設鋼管杭周囲のパイピングの問題を解決できない。

以上の諸条件から、本工事における盤ぶくれ対策工法の比較を行った。その内容を表-2 に示す。

表-2 盤ぶくれ対策工法の比較

盤ぶくれ対策工法	実績	工期	工事費	排水処理	全体評価
①ディープウェル	○	○	○	×	×
②止水壁の根入れ延長	○	△	×	×	×
③地盤改良	△	△	△	○	△
④地下室を分割	△	△	○	×	×

以上の結果から、去法により、「③地盤改良により地下水を遮断し土被り圧を増加させる方法（底盤改良工法）」を選定し、詳細な検討を行うこととした。

3. 底盤改良工法の詳細検討

底盤改良となる噴射式地盤改良工法は、SG工法とコラムジェットグラウト工法の比較の結果、地盤条件をみ、より改良能力の高いコラムジェット工法を採用することとした。噴射式地盤改良の各工法の概要を表-3 に示す。

表-3 噴射式地盤改良工法の概要¹⁾

	JSG工法	コラムジェットグラウト工法
切削法	超高压硬化材液と空気	超高压水と空気
管径	二重管	三重管
工法概要	空気を伴った超高压硬化材液を地盤中に回転して噴射させ地盤を切削し、スライムを地表に排出させると同時に円柱状の固結体を造成する。	空気を伴った超高压水を地盤中に回転して噴射させて地盤を切削し、そのスライムを地表に排出させるとともに硬化材を同時充填させ、円柱状の固結体を造成する。
概略図	<p>スライムビット、バキューム車、スライム、二重管φ60.5mm、圧縮空気 0.7MPa、羽根ビット、超高压硬化材 20MPa</p>	<p>スライムビット、サンドポンプ又はバキューム車、ガイドホールφ140mm以上、スライム、三重管φ90mm、圧縮空気 0.7MPa、超高压水 40MPa、硬化材 2~5MPa</p>
諸元	切削圧力：20MPa 硬化材噴射吐出量：60ℓ/分	切削圧力：40MPa 水噴射吐出量：70ℓ/分 硬化材吐出量：140,180ℓ/分

コラムジェットグラウト工法の改良厚みについて、下記の検討を行った。

- ① しき抵抗からの必要厚さ
- ② せん断応力からの必要厚さ
- ③ 曲げ応力からの必要厚さ

これらの計算の結果すべてを満足することとし、10.5mの厚みが必要であった。

噴射式地盤改良の工事費用は、厚みが10.5mも必要なことから非常に高額になり、さらに汚水の排出をとまなうことで産廃処理の費用が加算され、コストが増大する。よって、底盤改良体の厚みを小さくし、コストを抑える方法を模索することが求められ、その結果、盤ぶくれ抑止杭を設ける検討方針となった。

4. 盤ぶくれ抑止杭の検討

盤ぶくれ抑止杭とは、先端を堅固な地盤に定着させ、杭と地盤の周面により、底盤改良体の底面に作用している揚圧力に抵抗する仮設の杭である。

盤ぶくれ抑止杭の検討を進めるにあたり、必要条件を整理した。

条件1

盤ぶくれ抑止杭を下層のDg層に定着させ、Dg層と盤ぶくれ抑止杭の付着力で揚圧力に抵抗させる。

条件2

底盤改良体と盤ぶくれ抑止杭を一体化させ、底盤改良体と盤ぶくれ抑止杭との付着力で揚圧力に抵抗させる。

条件3

底盤改良体の許容応力度は、揚圧力によって生じる底盤改良体のせん断応力、及び曲げ応力以上とする。

以上の条件を満たすよう、盤ぶくれ抑止杭の配置及び本数、長さ等を検討した。具体的な内容は下記のとおり。

- ① 手計算での全体的な荷重バランスによる底盤改良体の盤ぶくれの検討(表-4)
- ② 部分的な底盤改良体のモデルによる構造解プログラム(midas/Gen)での底盤改良体に生じるせん断・曲げ応力の検討(図-5)
- ③ 手計算での底盤改良体と盤ぶくれ抑止杭の付着力の検討
- ④ 盤ぶくれ抑止杭の芯材と杭体との付着力の検討
- ⑤ 杭体と定着地盤の力の検討

以上の計算の結果、底盤改良体及び盤ぶくれ抑止杭を図-4のとおり計画した。

底盤改良体について、当初の計画では10.5mの厚みが必要とされたが、盤ぶくれ抑止杭と併用することにより、2.5mの厚みとすることができた(図-6)。

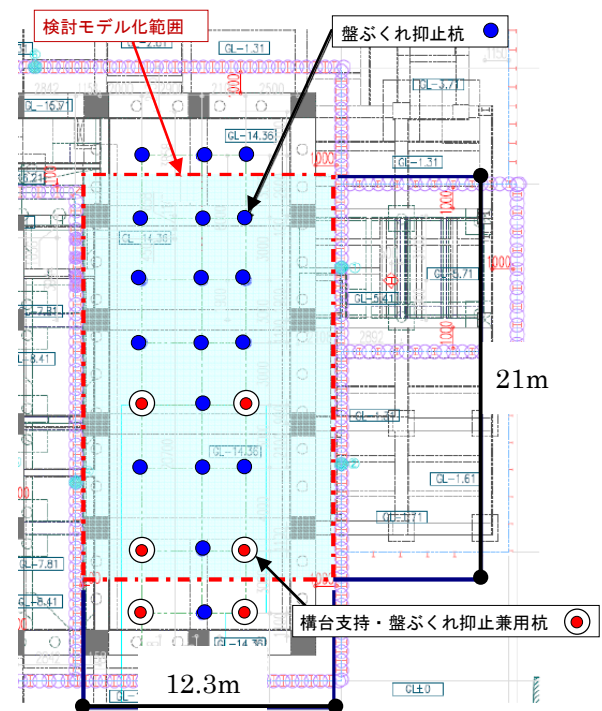


図-4 盤ぶくれ抑止杭検討平面図

表-4 荷重/バランスによる底盤改良体の盤ぶくれの検討

【ごみビット内No4ホーリング準拠】 GL-18.96より水圧作用		限界抵抗力	安全率	設計抵抗力
土の重量(改良体含)	$((6.9*5.5)*2.8+(4.5*7.7)*4.6+(12.3*21.3)*4.6+(6.3*7.7)*4.6)*17$	28797	1.1	26179
根入れ部摩擦抵抗	$((6.9+5.5+5.5+2.1)*2+(21.3+12.3+29+6.3)*2.5+4.5*3.7)*100$	22890	1.5	15260
粘土層摩擦抵抗	$((6.9+5.5+5.5+2.1)*0.45+(21.3+12.3+29+6.3)*1.3+4.5*0.45)*50$	5030	3	1677
抑止杭摩擦抵抗	$0.8*3.14*2.5*100*22+0.8*3.14*3.85*100*2$	15750	1.5	10500
つばさ杭摩擦抵抗	$350*43$	15050	1.5	10033
計		87517		63649
浮力	$15.96*(17.8*29-5.5*21.3)*10$	63688		63688
浮力に対する安全率		1.37		1.00

【改良体下面に水圧作用】		限界抵抗力	安全率	設計抵抗力
改良体の重量(天端の土重量含)	$((6.9*5.5)*2.3+(4.5*7.7)*4.15+(12.3*21.3)*2.8+(6.3*7.7)*2.8)*17$	18708	1.1	17007
根入れ部摩擦抵抗	$((6.9+5.5+5.5+2.1)*2+(21.3+12.3+29+6.3)*2.5+4.5*3.7)*100$	22890	1.5	15260
粘土層摩擦抵抗		0	3	0
抑止杭摩擦抵抗	$0.8*3.14*2.5*100*22+0.8*3.14*3.85*100*2$	15750	1.5	10500
つばさ杭摩擦抵抗	$350*43$	15050	1.5	10033
計		72398		52801
浮力	$((6.9*5.5)*15.5+(2.1*1.4)*15.5+(4.5*7.8)*15.5+(12.3*21.3)*14.7+(6.3*7.7)*14.7)*10$	57422		57422
浮力に対する安全率		1.26		0.920

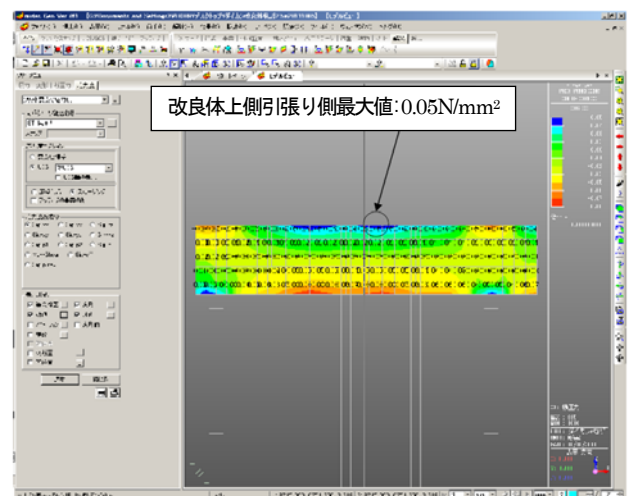
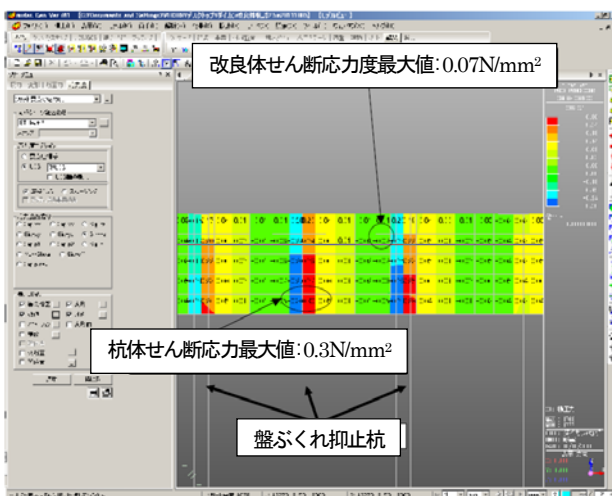
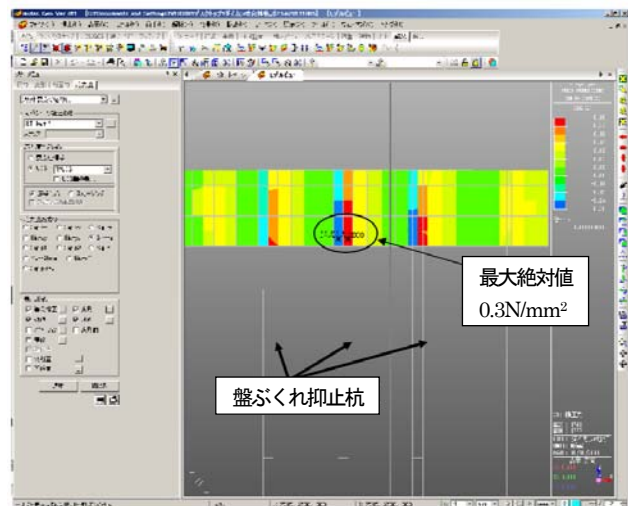
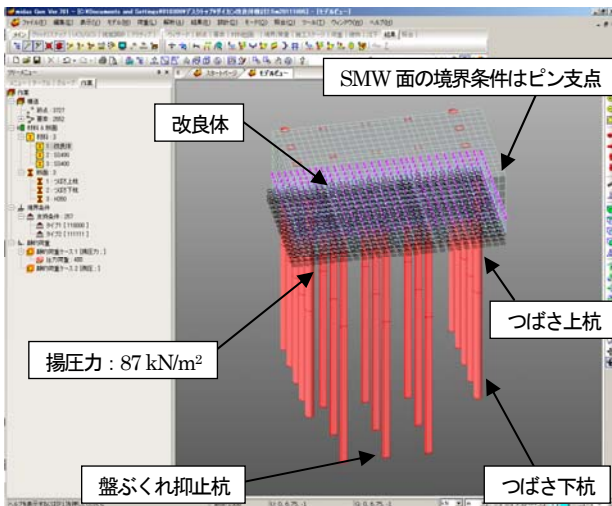


図-5 構造解析プログラム (midas/Gen) による底盤改良体に生じるせん断・曲げ応力の検討

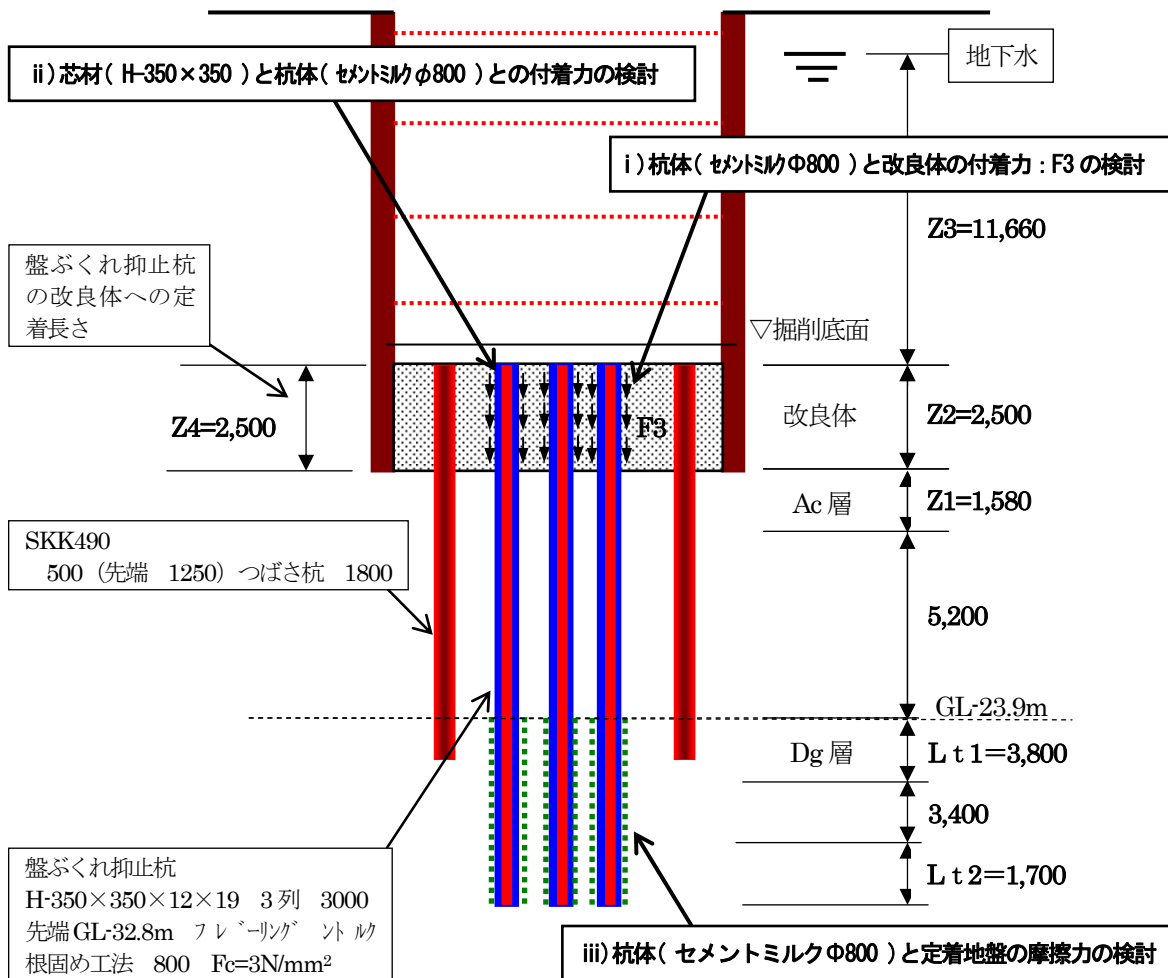


図-6 盤ぶくれ抑止杭検討図

5. 結果

実施工は高精度の施工管理により、盤ぶくれ抑止杭と改良体との付着切れや根切り底面の異状等も無く、問題なく進められた。

盤ぶくれ抑止杭の軸力計測結果においては設計軸力を10%程度上回る結果となったが、耐力の余力内であったため、安全に施工を進めることができた。

コストにおいては、盤ぶくれ抑止杭と底盤改良体（厚み2.5m）を合わせた施工費と、底盤改良体（厚み10.5m）の施工費を比較した結果、約25%のコストダウンとなった。

また、工期の試算では約10%の工期短縮の結果となり、盤ぶくれ対策工のVEとして盤ぶくれ抑止杭が有効であることが証明できた。

【出】

- 1) 地盤工学会「山留めの創意工夫となるほど納得Q&A」（平成23年）

5. 仮設遮水層による地下水排水量の低減とコストダウン

社名： 清水建設(株)

氏名： 齋藤 直樹

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	建住第77号 新庁舎(第1期)建設工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積:31, 139㎡、地下1階、地上 15階、塔屋1階
(3) 用途	事務所(市庁舎)
(4) 主要構造	地下SRC造(基礎免震)、地上S造
(5) 建設地	愛知県
(6) 施工期間	2011年10月～2014年3月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	株式会社 石本建築事務所
2. 改善概要	
(1) 狙い・目的	<ul style="list-style-type: none"> ・地下工事における、地下水の下水への排水量の低減を図る。 ・山留工事における、コストダウンを図る。
(2) 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"> ・水位が浅く、不透水層が無い地盤のため地下水の排水量が懸念された。 ・2段切梁(参考仮設)では地下躯体工事の作業効率と止水性が悪い。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水をディープウェルで揚水し、リチャージウェルで地盤に注水する工法を見直し、山留範囲内全面(2, 500㎡)に薬液注入による仮設遮水層を設ける事で、山留範囲内の溜まり水だけを揚水する工法とした。 ・SMW山留への2段切梁を見直し、深層地盤改良による土質定数を見直す事で、外周全面に1段のアースアンカー工法とした。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・切梁と棚杭を無くし、地下底盤躯体等への仮設開口が構台杭だけになり、懸念されていた湧水による浸水不具合への予防となった。
・C(コスト)	・排水費用10%削減、山留工事20%削減。
・D(工期)	—
・S(安全)	—
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水の下水排水量を90%削減。 ・山留切梁部材の搬出入車両を50%削減。
・その他の効果	・同地域での類似施工案件に対して国交省が指定工法として採用した。

仮設遮水層による地下水排水量の低減とコストダウン

清水建設(株)名古屋支店
齋藤 直樹

1. 工事概要

本工事は、市庁舎建替え工事として前期工事(新庁舎新築工事)、後期工事(現庁舎取壊し及び外構工事(立体駐車場は別途))に分かれており、今回の報告は1期工事の地下工事に関するものである。

建設地は木曾川水系の影響により地下水位が高く、水量を多く含んだ砂礫層地盤となっている。地下はGL-9.3mの総掘りであり、マットスラブ構造かつ基礎免震構造の建物である。

表1 工事概要

工事名称	建住第77号 新庁舎(第1期)建設工事
延べ床面積	31,139㎡
階数	地下1F、地上15F、塔屋1F
用途	事務所(市庁舎)
主要構造	地下SRC造、地上S造
建設地	愛知県
施工期間	2011年10月～2014年3月
施工	清水建設株式会社名古屋支店

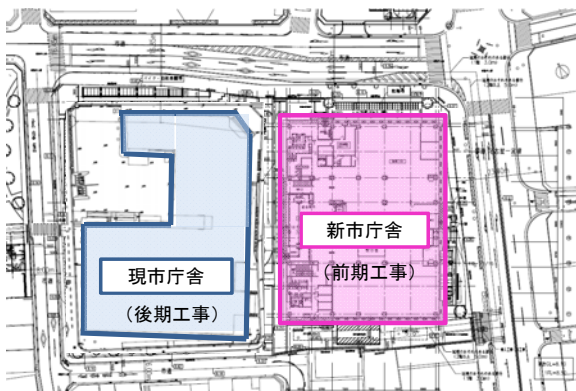


図1 敷地配置図



写真1 建物全景(完成予想図)

2. 参考仮設計画上の検討課題

入札時の施工条件として、地下工事中の地下水を場外の下水に放流しない条件があった。

設計図書「参考仮設計画」(図2)によると、本工事の地下工事計画はSMW(ソイル柱列止水壁)山留を全周に構築し、内部に9本のDW(ディープウェルL=約20m)を打設・揚水し、隣地駐車場敷地に5本のRW(リチャージウェルL=約50m)を打設・注水させる計画であった。

【主な検討課題】

- ・山留→不透水層に達しておらず遮水が不完全。
- ・RW→想定揚水量を注水しきれない。

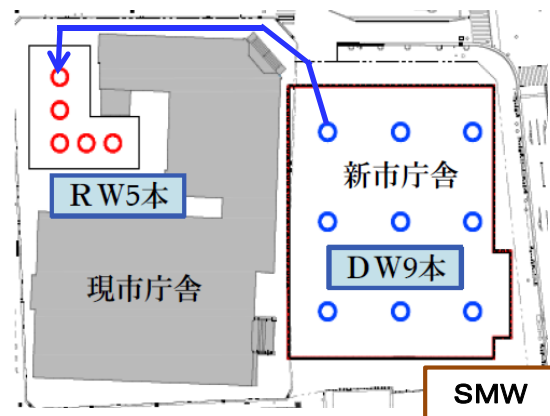


図2 参考仮設計画

3. 施工上の検討課題

①品質

山留、乗入構台杭等の仮設障害物があると、地下水に影響されて地下躯体貫通部からの漏水が懸念される。

②コスト

硬い砂礫層に50m程度のRWを掘削するのは技術的に難しく、排水性にも懸念があり、費用対効果が期待できない。

③工期

現市庁舎の駐車場が使えなくなるなど施主に不利な条件が重なり、施工までに様々な調整が必要となり、工程通り施工できない可能性が高い。

④環境

揚水した地下水を注水しきれない場合には、オーバーフロー分を下水に放流するなどの対応が必要となり、施主の要求を満たせない。

4. 社内組織の活用

当社では工事の特殊性に応じて「特定工事」認定制度があり、今回の工事でも認定した。山留や地下水に詳しい社内の技術スタッフ（建築、土木とも）と専門工事業者を交えて、今回の地下工事の仕様と施工方法について定期的に延11回の打合せを行い、施工計画を立案した。（写真2）



写真2 特定工事会議状況

5. 検討事項改善のための取組み

5-1. 仮設遮水層の構築（排水の見直し）

敷地内の柱状図を確認すると、GLから深さ37mまで含水量の多い砂、又は砂礫層となっており、排水を要する透水層である。

SMW山留壁を不透水層まで到達させるためには、GL-37m以深の不透水層まで貫入する必要があるが、GL-16m以深の砂礫層はN値が60を超える硬い地盤であり、SMW施工にはロックオーガーによる先行掘削が必要となる。

この場合、重機振動と騒音及び工程の遅延が懸念され、コスト的にも大きく影響する。そこで、今回は掘削面積全域に、地下水による盤ぶくれ現象を防げる深さに薬液注入による仮設遮水層を構築する工法を採用する事にした。（図3、図4）

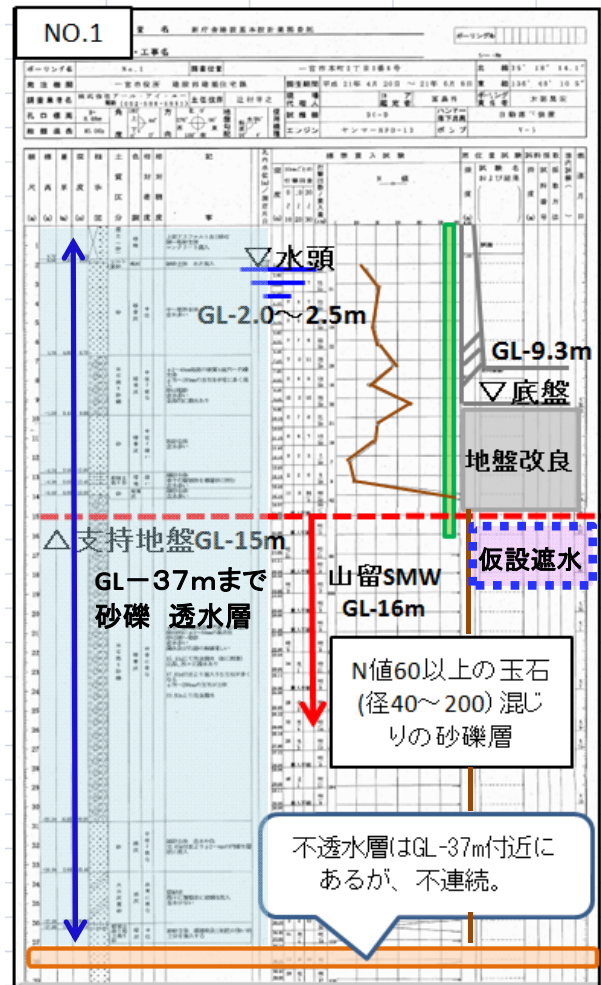


図3 柱状図と建物地下の関係

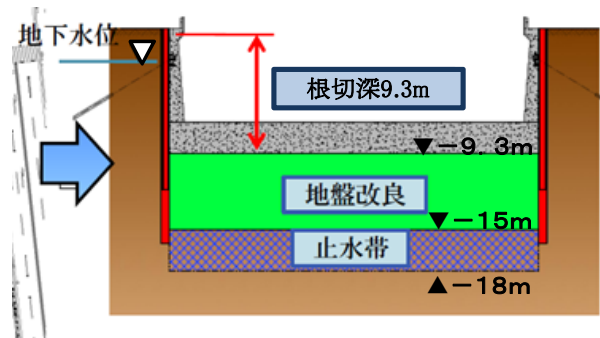


図4 仮設遮水層を取り入れた施工断面図

【施工数量】

- ・掘削土量: $2,500\text{m}^2 \times 9.3\text{m} \approx 23,000\text{m}^3$
- ・地盤改良: GL-9m~15m部分を柱状改良 $2,500\text{m}^2 \times 6\text{m} \approx 15,000\text{m}^3$
- ・仮設遮水: GL-15m~18m部分を薬液注入 $2,500\text{m}^2 \times 3\text{m} \approx 7,500\text{m}^3$

5-2.切梁工法の改善(山留の見直し)

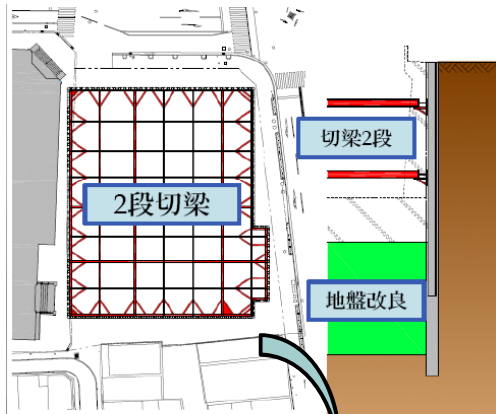
仮設遮水層を構築する工程を確保するためには、地下工事(掘削・躯体)を効率的に行い、工程短縮を行う必要がある。そこで、掘削面積≒2,500㎡、深さ9.3mの地下空間にはできるだけ仮設障害物の無い、オープンな空間を提供する必要があると考えた。

まず、水平切梁2段の参考仮設計画(図5上)に対して、4周とも1段のアースアンカー工法の採用を検討した。参考仮設計画では深層地盤改良による山留根入部分の受働抵抗増加分を見込んでいなかったため、効果を見込み、再計算する事で1段切梁が可能であると判断した。

これにより無数にあった切梁受けの中間棚杭が不要になった。(図5下)

実現に当たっては、市や道路管理者、近隣住民の方と折衝を重ね、山留の越境作業に対する了承をいただいた。また、工事に必要な乗入構台については、最低限の面積で済むように計画し、置き構台と併用する計画をし、貫通杭の数を減らした。

【参考仮設計画の山留計画】



【実施した山留計画】

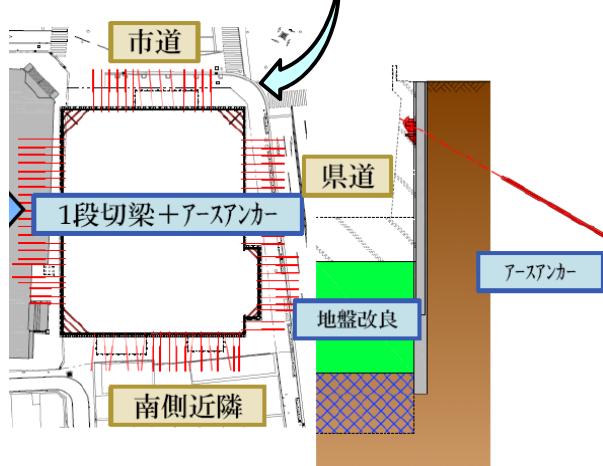


図5 山留計画図の比較

【乗入構台の計画】

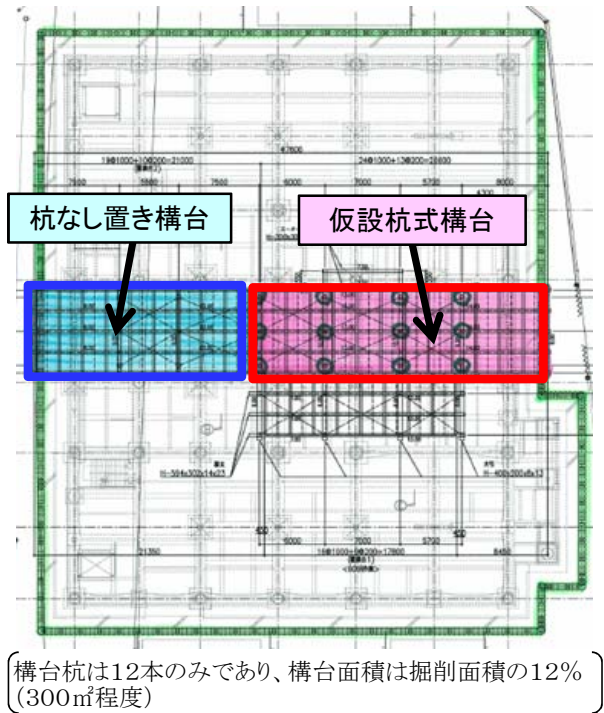


図6 乗入構台計画図

5-3.仮設遮水層の具体的な計画

建築工事としては施工例の少ない工事なので、土木技術スタッフと専門事業者を交えて施工詳細について協議を行った。使用材料は砂層に浸透性の良い無機系溶液型の薬剤(水ガラス)を採用し、1.2m間隔でチドリ配置とした。

注入工法は二重管スレーナー工法(複層式)を採用し、注入手順は①先行削孔②1次注入(瞬結材)③2次注入(緩結材)④ステップアップ(25cm/回)となる。(図7参照)

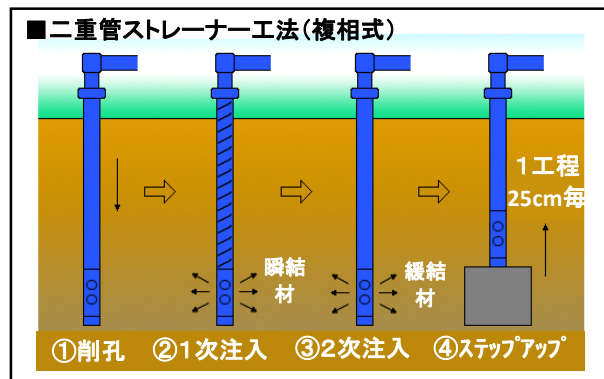


図7 二重管スレーナー工法の解説図

5-4.実施施工の状況

敷地を東西2工区とし、それぞれを8工区に分割。1工区当り先行削孔機1台、注入機3台とし、最盛期には同時に24台を稼働させることで工程の短縮を図った。

仮設遮水層工事完了後に約3ヶ月かけて深層地盤改良工事(エポコラム)の施工を行い、掘削工事へと推移した。(写真3～5)

掘削前に、仮設遮水層の透水性を簡易試験で確認した所、目標値($1.0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ 以下)であったため、釜場排水のみでの掘削工事を行った。

施工においては地下水の影響を全く受けずに、ドライワークが可能となり、切梁の無い広い空間で根切工事を進める事が出来た。(写真6～8)



写真3 2012年2月 SMWの構築状況



写真6 2012年7月 1次根切状況



写真4 2012年3月 仮設遮水先行削孔状況



写真7 2012年8月 2次根切状況



写真5 2012年4月 仮設遮水注入工事状況



写真8 2012年9月 全面床付状況

6.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

地下工事のドライワーク化を実現し、切梁、棚杭の無いオープンな空間と、乗入構台を最小化する事で、本体躯体への仮設貫通部分を最小限とすることができた。

また仮設遮水層は半永久的に効果があるため、工事完了後も被圧水による地下底盤からの漏水不具合に対する予防効果が期待できる。

②コスト

■排水費用 10%削減。

（増額： 仮設遮水層注入費。
減額： DW、RW施工費＋地下水の排水費。
* 予想排水量の3m³/分に対し、実績として90%削減できた。）

■山留工事 20%削減。

（増額： アースアンカー打設費。）
減額： 切梁運搬＋架設撤去費。）

上記の他に根切、地下躯体工事での作業効率が大幅に向上した。

③工期

受注後速やかに工法変更に関する協議を行い、施主の理解もあり、仮設遮水に関する工程を確保する事が出来た。

④環境

要求事項であった、工事中の地下水(雨水を除く)を下水放流しないことについては、仮設遮水層の効果により達成する事ができ、RW打設予定地とされていた、市の駐車場を継続利用できた。

⑤その他

今回の施工方法が国土交通省の目に止まり、同地域での類似施工案件の指定仮設として採用されるなど、今後の施工方法の一案として行政にも注目された。

地下油槽埋設時における山留工法の改善

社名： 共立建設(株)

氏名： 牟田 達八

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	エンジン機械室他新設工事
(2) 規模(延床面積・階数)	エンジン機械室:116㎡ (油タンク:13, 500L)
(3) 用途	エンジン設置用建物、油タンク埋設
(4) 主要構造	RC造、直埋設式油タンク
(5) 建設地	広島県
(6) 施工期間	2013年5月 ~ 2014年2月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	—
2. 改善概要	
(1) 狙い・目的	・近隣への配慮として、掘削時に発生する騒音、振動を低減し、地盤沈下対策をとる。
(2) 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)	<p>・施工条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・敷地の水位はGL-1.2~1.5mである。 ・地中障害物がある(埋立て時に捨てられた1~2mの大きさの石がGL-5~6mの範囲にある) ・騒音、振動を低減できる工法とする。 ・水替えによる近隣の地盤沈下をなくしたい。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤改良を行い、柱列状に連続させることで、止水性と土留めの機能を持たせる。 ・底盤に薬液注入し、止水層を構築する。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	—
・C(コスト)	・鋼矢板工法に比べて、38%削減。
・D(工期)	・鋼矢板工法に比べて、14日間短縮。
・S(安全)	・地盤沈下による近隣家屋への影響、ゼロ
・E(環境)	—
・その他の効果	・技術力・提案力等を含め、信頼の構築が図れた。

地下油槽埋設時の山留工法の改善

共立建設(株) 中国支店
牟田 達八

工事名： エンジン機械室他新設工事
工事内容

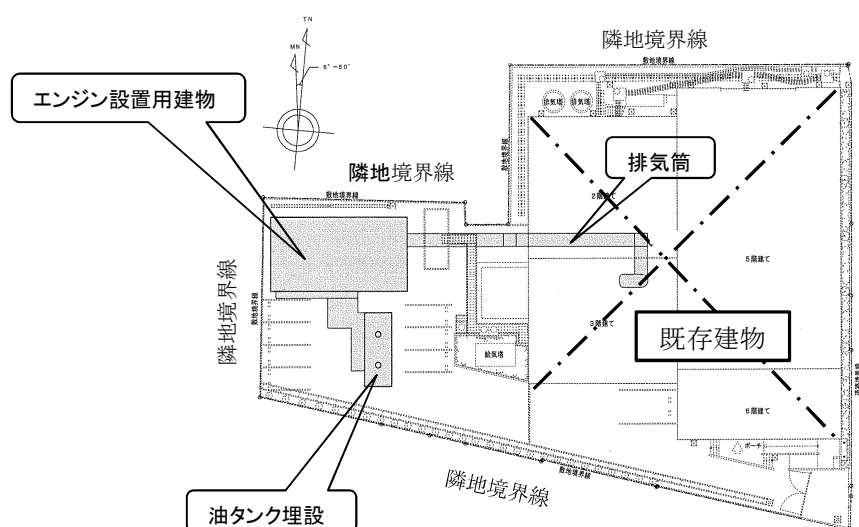
構造：RC造、直埋設式油タンク
用途：エンジン設置用建物、油タンク埋設
建築面積：エンジン室 116㎡ (油タンク13,500L)

1. はじめに

本工事は、エンジン設置用の建物と地下油槽、及び排気筒を新設する工事である。

2. 背景

計画段階で設計者より、直埋設式油タンク施工時の山留工法の検討依頼があった。



3. 条件

- ① 敷地の水位はGL-1.2~1.5mである。
- ② 広範囲に地中障害物(捨石)がある。
(埋立て時に捨てられた1~2mの大きさの石がGL-5~8mの範囲にある)
- ③ 騒音、振動を低減できる工法とする。
- ④ 近隣家屋への影響(地盤沈下)を考えて、水替(揚水)をなくす。

【敷地条件】

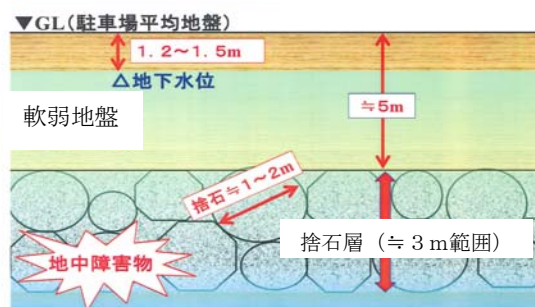
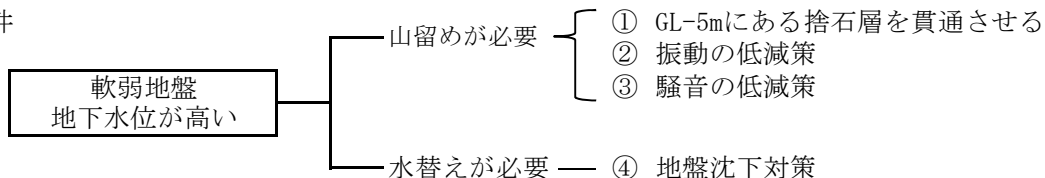


図-1 敷地条件断面図

4. 工法選択

a. 条件



b. 工法

- ① 「鋼矢板(シートパイル)工法による山留め」及び「底盤への薬液注入」
- ② 「潜函工法(コンクリート躯体)による山留め」及び「底盤への薬液注入」
- ③ 「地盤改良(テノコラム)工法による山留め」及び「底盤への薬液注入」

5. 工法の概要

①案 「鋼矢板工法による山留め」及び「底盤への薬液注入」

- ・ 全周回転工法で捨石層を貫通させ、ケーシング内の石をハイドログラブで穿孔掘削。
- ・ ハイドログラブの機材は全て油圧駆動のため、振動・騒音は抑えられる。
- ・ その後サイレントパイラーで鋼矢板を圧入する。
- ・ 山留め壁に囲まれた底盤部分に薬液注入し、止水層を構築し被圧水の侵入を防止する。
- ・ 山留め壁内の、溜まり水だけを揚水する。
- ・ 工程：31日
- ・ コスト：1.0・X（標準金額とする）

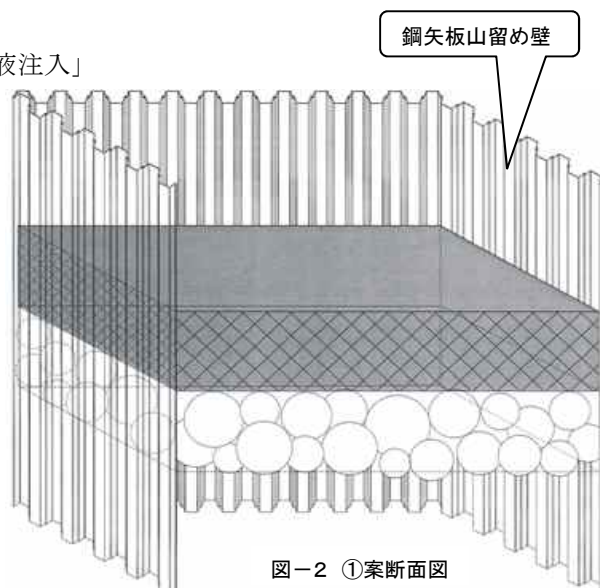


図-2 ①案断面図

②案 「潜函工法による山留め」及び「底盤への薬液注入」

- ・ 厚さ500mmの躯体を、バックホウを使用して潜函する。（潜函時に水替えが必要）
- ・ 潜函深さを地中障害物の上で止めることで振動や騒音を抑えられる。
- ・ 山留め壁に囲まれた底盤部分に薬液注入し、止水層を構築し被圧水の侵入を防止する。
- ・ 山留め壁内の溜まり水だけを揚水する。
- ・ 工程：35日
- ・ コスト：0.52・X

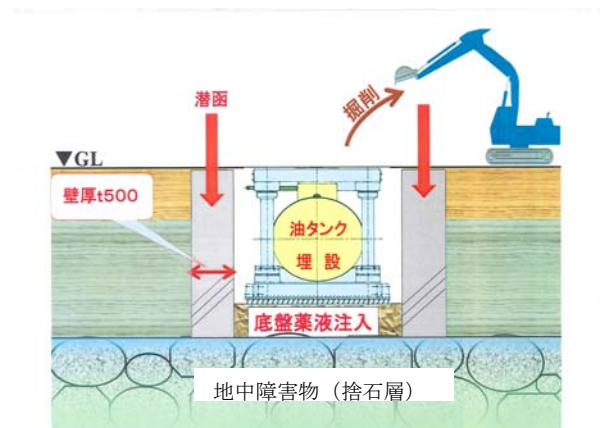


図-3 ②案断面図

③案 「地盤改良工法による山留め」及び「底盤への薬液注入」

- ・ 掘削部分の周囲を地盤改良の要領で連壁をつくり止水性をもたせる。
- ・ 地盤改良深さを地中障害物の上で止めることで振動や騒音を抑えられる。
- ・ 山留め壁に囲まれた底盤部分に薬液注入し、止水層を構築し被圧水の侵入を防止する。
- ・ 山留め壁内の溜まり水だけを揚水する。
- ・ 工程：17日
- ・ コスト：0.62・X

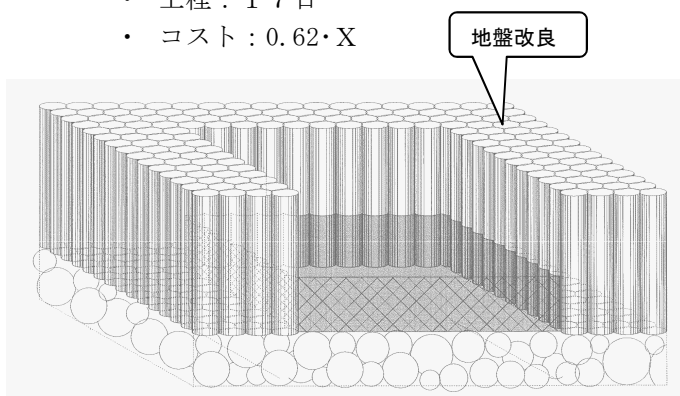


図-4 ③案-1断面図

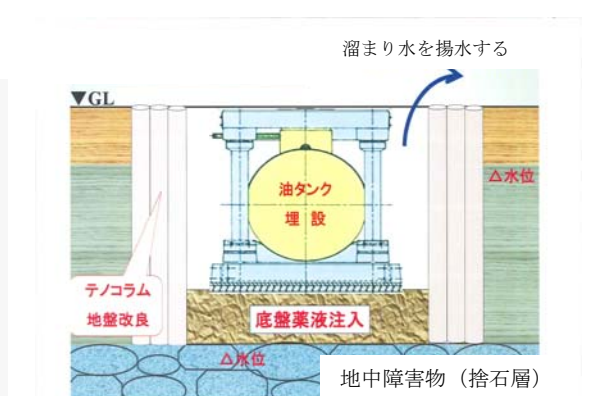


図-5 ③案-2断面図

6. 工法の比較

上記の3案を「水替」「騒音・振動」「工程」「コスト」の項目で比較する。

表-1 比較表

	水替	騒音 振動	工程	コスト	評価
①案（鋼矢板工法）	○	△	△	×	△
②案（潜函工法）	△	○	×	○	△
③案（地盤改良）	○	○	○	△	○

以上により、『③案 地盤改良工法』を採用する。

7. 実施報告

現在、施工中であるため、発表会にて報告する。

7. 掘削工事における山留工法の改善

社名：(株)鴻池組

氏名：中山 貴

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	京都産業大学 (仮称)新1号館新築工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積: 7,005 m ² 地下2階 地上4階
(3) 用途	学校
(4) 主要構造	地下RC造 地上SRC造
(5) 建設地	京都市
(6) 施工期間	2012年6月～2013年8月
(7) 工事費	2,180(百万円)
(8) 設計者	(株)日建設計
2. 改善概要	
(1) 狙い・目的	・山留及び土工事における工期短縮
(2) 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)	・短工期が求められる上、隣接校舎における授業時間や試験日等の作業制限があり、各工事の工程短縮が必須であった。 ・傾斜地盤の山側に地下2階が配置されており、一般部より長い山留親杭の削孔が必要となるが、深部における削孔(削岩)には多大な時間がかかることが判明したため、親杭に代わる山留の検討が必要となった。
(3) 改善概要	・地下2階に接する山留を、親杭の削孔が不要な「ソイルネイリング工法」に変更することで、杭の削孔工程とアースアンカーの設置工程を省き、山留及び土工事の工期を大幅に短縮した。 改善前: 親杭横矢板＋アースアンカー3段 改善後: 吹付モルタル＋ネイルボルト
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	—
・C(コスト)	・山留工事、土工事、型枠工事の合計において、約18%のコスト低減
・D(工期)	・当初計画に対し、山留及び土工事期間を約50%に短縮
・S(安全)	・岩盤掘削施工中の礫の崩落事故防止
・E(環境)	—
・その他の効果	・構内道路の通行制限不要、及び学生・職員の利便性を保持

掘削工事における山留工法の改善

(株)鴻池組 大阪本店
中山 貴

1. はじめに

本工事は、大学構内敷地の既設校舎等に囲まれた工事敷地において、周囲の施設を運営させながら施工した校舎新築工事です。本報告では、山留工法の改善策について、その方策と効果を報告します。

2. 工事概要

表-1 工事概要

工事名称	京都産業大学(仮称)新1号館新築工事
工事場所	京都市
建築主	京都産業大学 理事長 柿野 欽吾
設計監理	株式会社 日建設計
施工	株式会社 鴻池組
主要用途	教育施設
敷地面積	259,078 m ²
建築面積	1,730 m ²
延床面積	7,005 m ²
構造規模	地下2階RC造 地上4階SRC造



図-1 完成予想パース

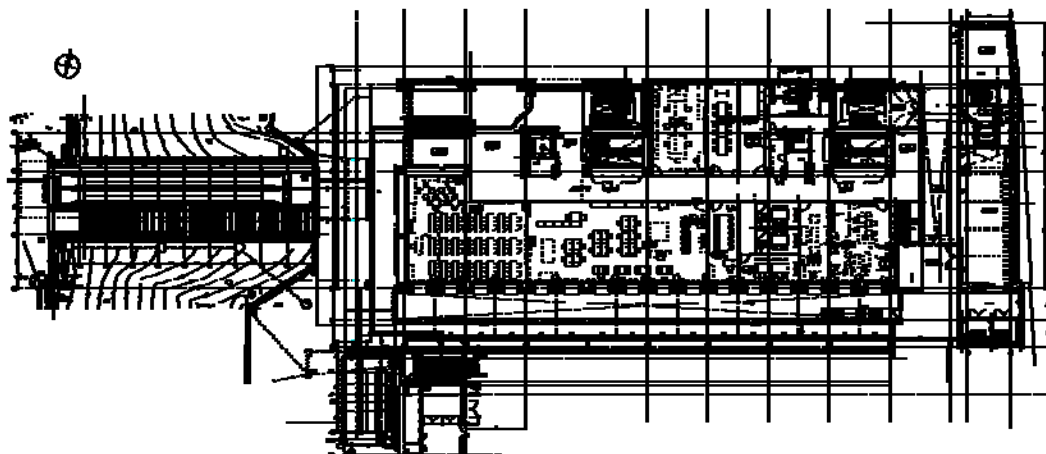
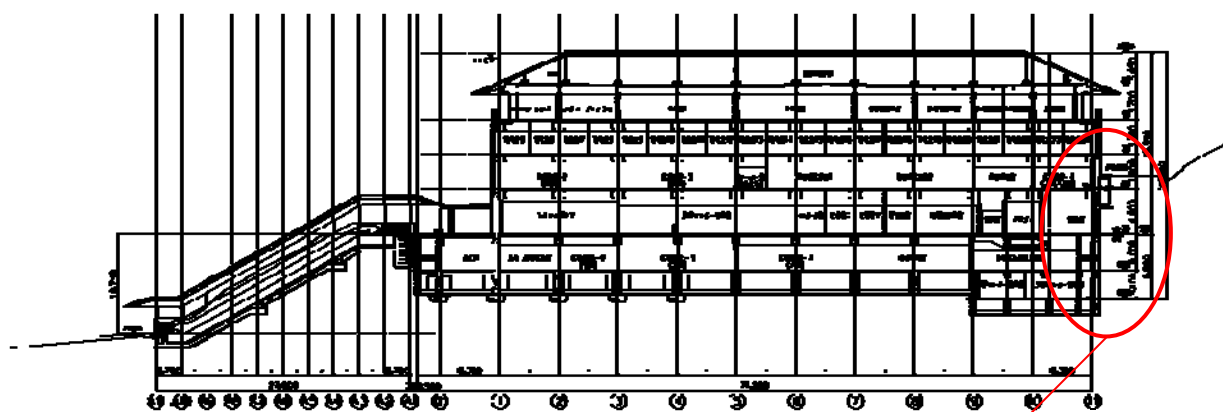


図-2 平面図



今回の山留改善箇所

図-3 断面図

3. 工事の特徴

建設地は、京都市北部にそびえる神山に連なる丘陵地に位置し、上賀茂神社から貴船に至る鞍馬街道に面した京都産業大学キャンパス内にあります。

当敷地は、旧国有林を切り開いた傾斜地であり、その高低差を生かしてキャンパス内には、30棟におよぶ教育施設および関連施設が配置されています。

(仮称)新1号館は、南北を既存校舎、東側を構内道路、西側を既設階段と四周を既存施設に囲まれた環境で施工を行いました。(写真-1、図-4)



写真-1 地下躯体施工時周辺状況

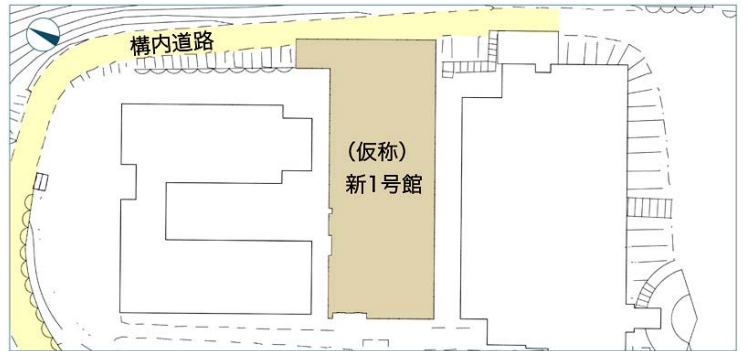


図-4 完成時周辺状況予定図

工事敷地内の高低差は東西方向で16m以上あり、東面においては15mの自立山留壁の構築が要求されました(写真-2参照)。山留壁の構築にあたって、構内の車両並びに歩行者の動線を遮断せず施工を行うことを求められ、加えて実工期も11.5ヶ月と非常に厳しい要件でした。

山留工事における工事敷地外への影響を最小限に留め、同時に“如何にして工期短縮を図るか”が重要な課題でした。

4. 当初計画における問題点

当初は、土質、地下水位、掘削深さを勘察し、四周全てに親杭横矢板工法による接近工法を採用し、東面山留壁には3段の腹起しと地盤アンカーにて支持する計画としていました。



写真-2 山留施工前の地盤状況

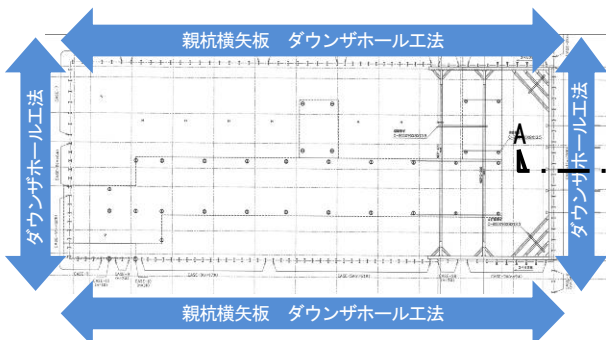


図-5 当初山留計画平面

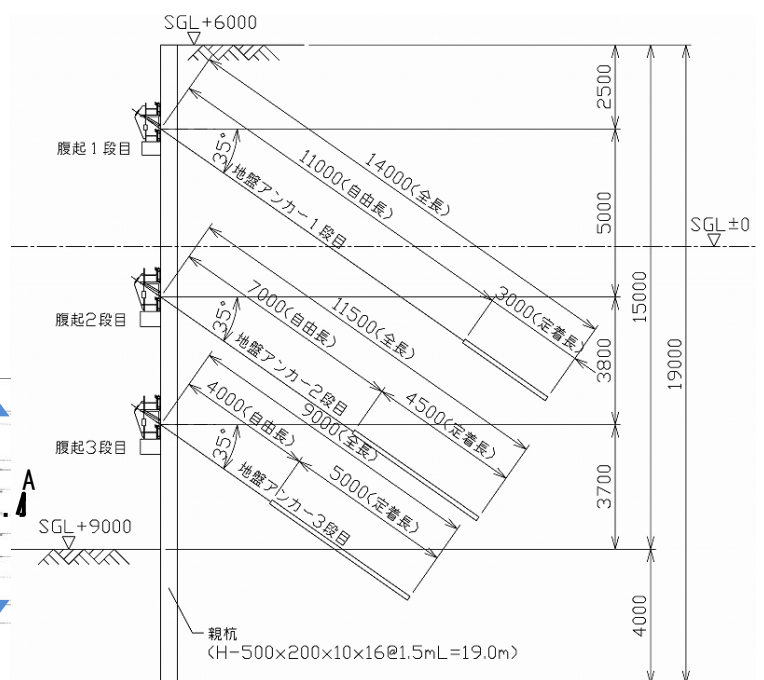


図-6 東面山留 当初計画断面(A-A)

当初計画案において解決すべき問題点として、以下の点が挙げられました。

1) 構内動線の確保

東面山留施工部の地盤は風化岩であり、芯材のH鋼打設にダウンザホール工法[※]を採用する必要がありました。この工法では、施工機械設置面からの打設可能高さや作業半径の制約が大きく、現状地盤から施工することができませんでした。

このため、構内道路上での作業が必要となりますが、当該道路においては日中の作業は許可されず、夜間作業 (21:00~7:00) のみ施工が可能という条件でした。毎作業日 7:00 には道路を開放する必要があり、作業日毎に施工機械を自走させ、工事敷地内から構内道路上の施工エリアまで移動させる計画としていました。

※：ダウンザホール工法とは、圧搾空気により短軸ドリルビットのピストン打撃で岩盤や転石層を砕きながら削孔する工法

2) 工期遅延の防止

ダウンザホール工法によるH鋼芯材の打設は、同一敷地内における同工法の施工実績から 10~15m/日程度と想定していました。これに前述の施工時間制限を加味すると、東面の山留芯材打設だけで実働 45 日程度を要し、当初計画の総合工程から 20 日程度遅延すると予想されました。

3) コストの抑制

上記の施工諸条件を勘案した場合、山留施工単価の著しい上昇が予想されました。また、風化岩掘削における横矢板設置作業についても施工性、生産性が悪く、施工単価の上昇が予想されました。

5. 改善策立案と実施

4 節で述べた問題点を改善すべく様々な工法を検討し、アースオーガー工法とダウンザホール工法、並びにソイルネイリング工法を併用する計画としました。

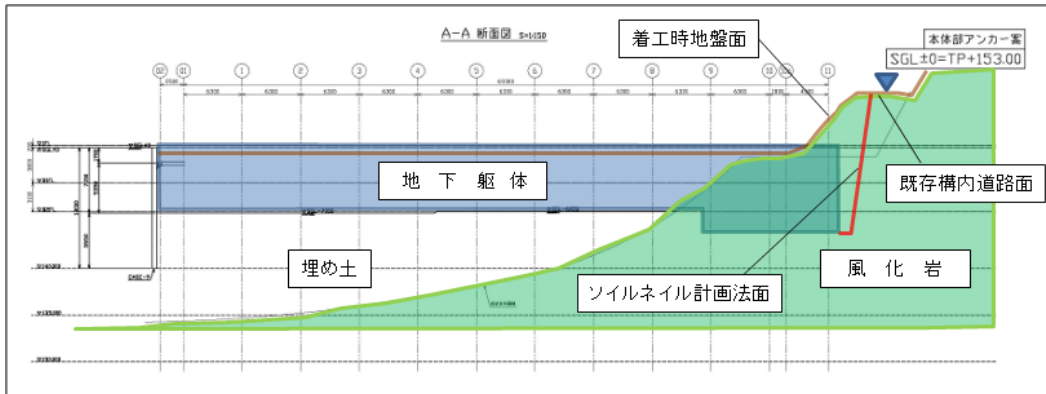


図-7 地下躯体と風化岩層の位置関係 断面図

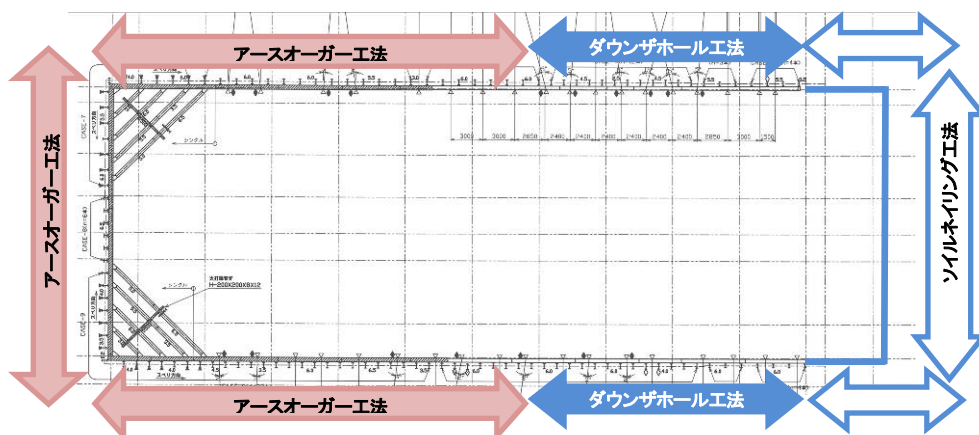


図-8 山留 改善計画平面

埋め土が大部分を占める敷地西寄りの部分をアースオーガー工法による親杭横矢板工法とし、風化岩が大部分を占める南北面の東寄りをダウンザホール工法、そして最も懸念材料の多い東面をソイルネイリング工法としました。

土木工事の法面安定などに用いられるソイルネイリング工法は、特殊加工した鋼棒（ネイル）を適正な間隔で地中に設置し、補強土塊を構成する工法です。

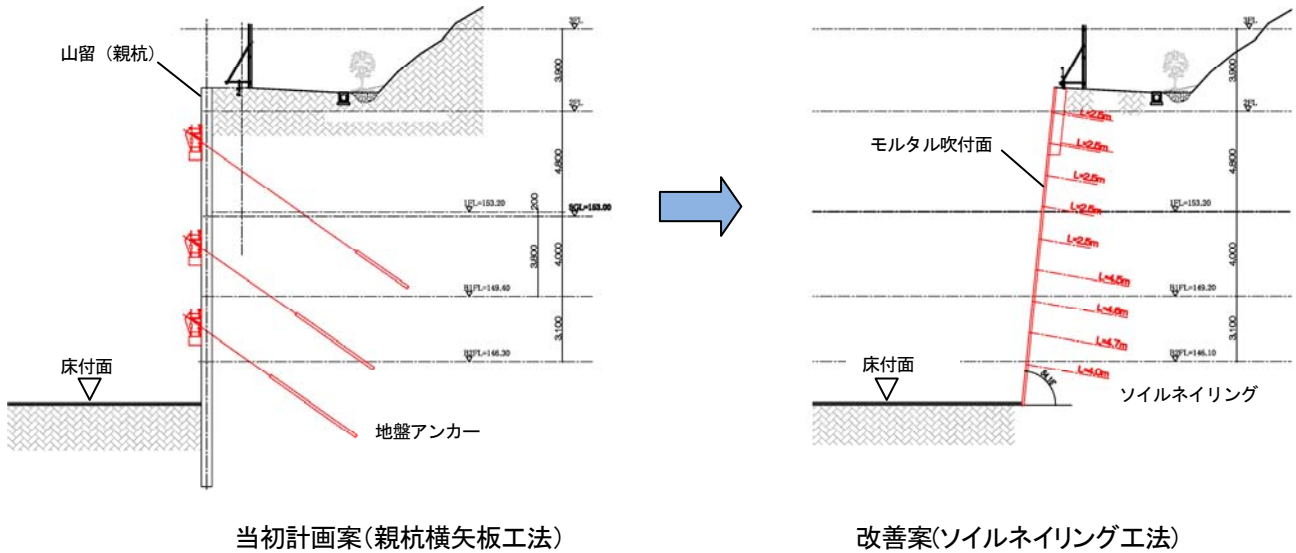


図-9 改善内容概要図

その施工手順は、

①掘削→②ワイヤーメッシュ張り→③削孔→④グラウト充填→⑤ネイル設置・養生・締付け→⑥モルタル吹付けを1サイクルとし、この施工手順を繰り返すことにより、山留壁を構築します。(写真-3～写真-8)



写真-3 ①掘削(1次掘削実施状況)

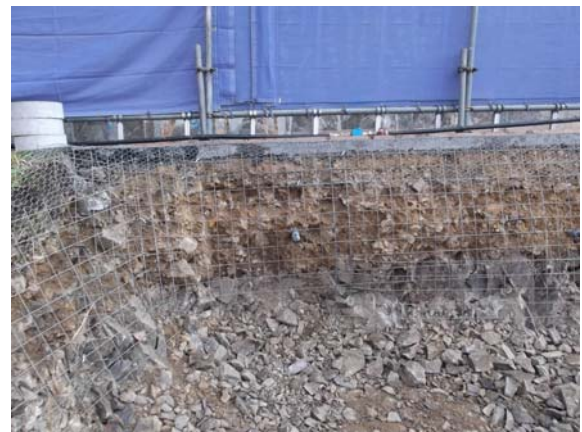


写真-4 ②ワイヤーメッシュ張り



写真-5 ③削孔



写真-6 ④グラウト充填



写真-7 ⑤ネイル設置・養生・締付け



写真-8 ⑥モルタル吹付け

また、5次掘削実施状況を写真-9に、全体掘削完了状況を写真-10に示します。



写真-9 5次掘削実施状況



写真-10 全体掘削完了状況

6. 改善による効果

【品質】

東面については当初、接近工法で躯体を施工する計画でした。ソイルネイリング工法の採用により、外部側に余掘りを行い型枠施工としたため、当初懸念された山留杭の鉛直精度が躯体に影響する可能性を排除できました。

【コスト】

当初案においては山留芯材打設、矢板入れ共に高コストとなっていました。それに比較しソイルネイリング工法においては、掘削土量、埋戻し土量は増加するものの、山留工事、土工事、型枠工事の合計金額の比較において約18%のコストダウン（当初案比）をすることができました。

【工期】

山留工事の所要工期短縮に加え、掘削工事も並行して進められたことから、山留および土工事の期間を約50%短縮できました。

【安全】

構内道路上での重機作業をなくすことで、通行者および通行車両との接触事故等の危険性を大きく低減できました。

【その他】

ソイルネイリング工法の採用により構内道路を使用せず、工事敷地内で施工可能となり、構内道路の通行制限をせずに工事を進めることができました。したがって、毎日通勤通学でこの構内道路を利用している学生・職員の利便性を損うことなく、地下工事を完了することができました。

7. おわりに

今回の改善内容は、自立性が高く硬質な地盤であることや、恒常的な湧水がみられないこと等が適用の前提条件となるため、全ての工事に適用できる訳ではありません。

しかし、適用できる場合においては、様々な面での改善効果が期待できます。特に、コストと工期において非常に高い改善効果が得られるため、山留工法選定時に検討する工法案の一つとして、今後も有用な選択肢になり得ると考えます。



写真-11 エスカレーター下からの西面全景写真



写真-12 東面外観写真

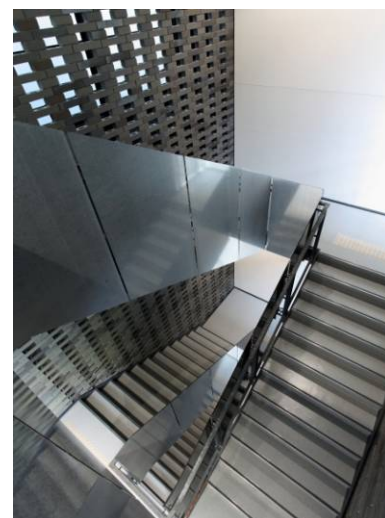


写真-13 内部階段



写真-14 西面外観写真



写真-15 エントランスホール

8. 宮水流域での地下掘削工法の最適化

社名： 西松建設(株)

氏名： 仲野 晋介

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	(仮称)西宮北口計画新築工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積:14, 291㎡、地下1階、地上10階
(3) 用途	共同住宅
(4) 主要構造	RC造、一部S造
(5) 建設地	兵庫県西宮市
(6) 施工期間	2011年6月 ~ 2012年9月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	浅井謙建築研究所株式会社
2. 改善概要	
(1) 狙い・目的	<ul style="list-style-type: none"> ・(狙い)地下掘削工事における地下水保護および建物完成時の地下水流動阻害防止。 ・(目的)地下掘削工事中及び建物完成時の周辺での地下水の水質、水量へ影響を与えない最適な工法を選定し実施する。
(2) 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"> ・酒造に使用されている宮水の流域上流部で地下掘削工事を行う。 ・建物完成時に宮水の流れを阻害するおそれのある建物配置。 ・掘削に伴う盤ぶくれ対策が必要。 ・周辺水位の低下を防ぐため揚水量の制限が設けられている。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・山留めと排水工法の工夫だけでは、宮水に対する影響を抑える事が難しかったため、構造変更により掘削深さを1.0m浅くすることで、掘削に伴う盤ぶくれの影響を無くし、揚水量を要求水準以下として施工を行った。 ・建物周りに透水管を設置することで、宮水の水みちを確保した。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	—
・C(コスト)	—
・D(工期)	—
・S(安全)	・盤ぶくれの可能性が無くなり、掘削時の安全性の向上につながった。
・E(環境)	・宮水の水質および水量の保全をしながら施工することができた。
・その他の効果	—

宮水流域での地下掘削工法の最適化

西松建設(株) 西日本支社
仲野 晋介

I はじめに

(仮称)西宮北口計画新築工事(以下、本工事)は、『宮水』流域の上流部となる阪急電鉄西宮北口駅南側での地下工事を有する民間共同住宅の施工であった。

『宮水』は六甲山から流下している浅層地下水であり、日本一の日本酒主産地である灘五郷の酒造に欠かせない名水として知られている。多くの酒造メーカーが使用しており、『宮水』流域での地下工事では宮水の水量・水質を保全する計画、検討および地下水の状況を確認しながらの施工が必要とされる。

また、現場近傍の施工実績においては、芸術文化センターの地下7.5mが最深であり、この地域では前例のない地下9.4mの計画であった。

本書では、『宮水』流域での地下水保護というテーマのもと、山留・揚水・地下水流動阻害防止対策の工法選定の検討や施工結果について報告する。

II 工事概要

工事名称： (仮称)西宮北口計画新築工事
工事場所： 兵庫県西宮市芦原町 107-2
発注者： 東急不動産株式会社 関西支店
設計者： 浅井謙建築研究所株式会社
工期： 平成23年6月7日～平成24年9月21日
施工： 西松建設(株) 西日本支社
敷地面積： 4,285.40m² 建築面積： 2,484.64m²
延床面積： 14,291.40m²
構造階数： RC造(一部S造) 地上10階、地下1階
建物用途： 共同住宅(128戸)、物販店舗



写真1 竣工写真(北側外観)

III 工事の課題およびその背景

兵庫県神戸市東部から西宮市の臨海部には灘五郷と呼ばれる日本酒の酒造地帯が存在している。これは、良質な酒造用地下水が分布していることに由来し、生産された日本酒は江戸時代から灘の生一本といわれ好評を博している。特に、西宮市に産出する地下水は西宮の水『宮水』と呼称され、酒造業者にとって欠かせない存在になっている。本工事の施工場所は、『宮水』流域の上流部にあたる阪急電鉄西宮北口駅の南側に位置した(図1)。

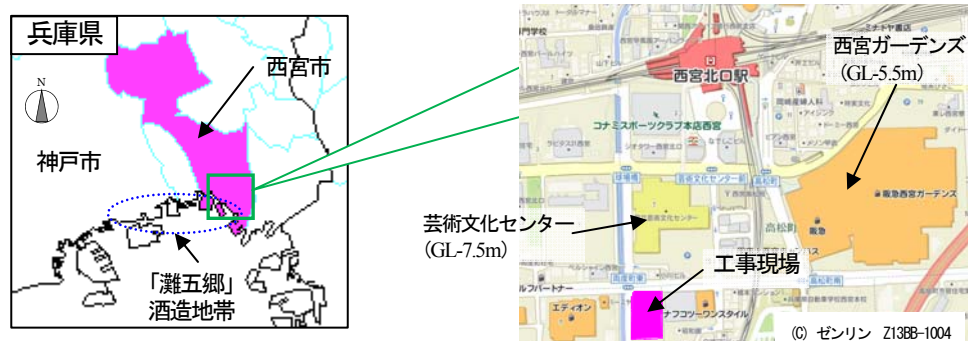


図1 現場周辺地図

西宮北口駅から西宮港にかけての地層は、主に六甲山系からの堆積層と武庫川の氾濫による堆積物で形成されている。上部の沖積層（宮水帯水層）と、難透水層に被圧されている低位置段丘層（伊丹礫層）の2つの帯水層を含んでいる。西宮北口駅北東部付近はこれらの帯水層の分岐点に該当し、本工事は両帯水層に影響を及ぼすおそれがある場所となっている。宮水には、戎伏流、札場筋伏流、法安寺伏流と呼ばれる3つの伏流があり、微妙なバランスでブレンドされることで酒造に理想的な水質を保っているため、いずれか1つの伏流に異常があっても水量、水質に影響がある（図2、図3）。



図2 『宮水』流域図

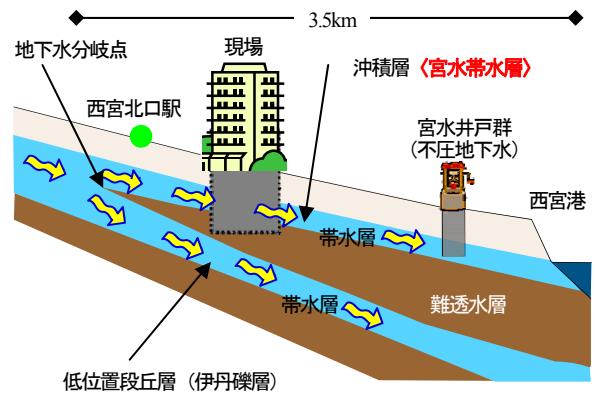


図3 『宮水』流域地層断面模式図

また、現場近傍においては、芸術文化センターのGL-7.5mが最深であり、この地域では前例のない地下9.4mの計画であった（図1）。

本工事は建物3棟で構成され、南棟の地下駐車場部分が最も深くなっている。この南棟が宮水の流れと直交しており、宮水の流れを阻害するおそれのある配置となっている（図4、図5）。

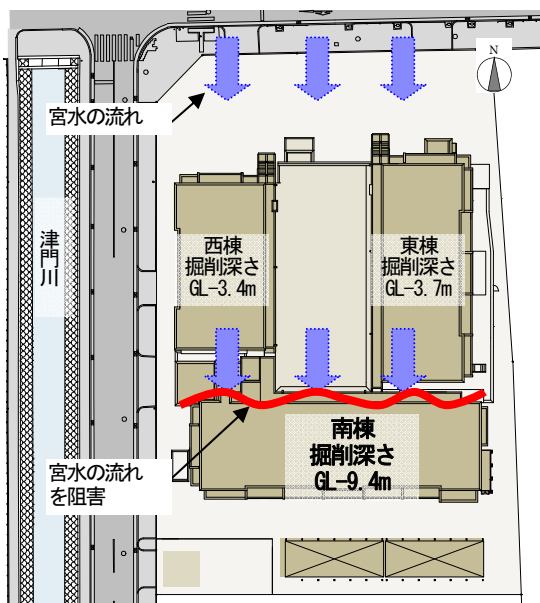


図4 建物配置図

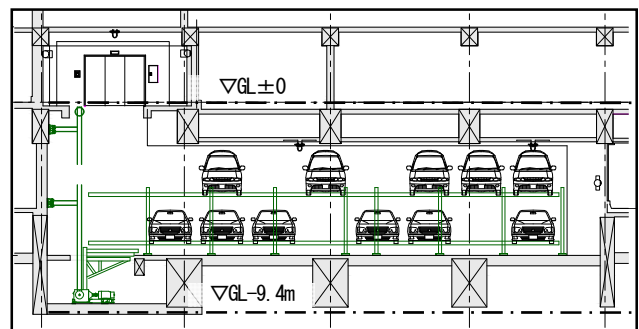


図5 南棟地下断面図

兵庫県西宮市では、阪急電鉄神戸本線以南における工事について、灘五郷酒造組合に設けられた宮水委員会との協議が着工の条件とされている。本工事はその要件に該当したため、建物形状、施工方法、地下の深さ、水を汚さない

方策等の資料をもとに協議を行った。宮水委員会からは『宮水』の保全のため、地下水位および水質に影響を及ぼさないよう配慮して施工することを求められた。

以下に、協議事項をまとめる。

- ①設計ボーリングデータでは、水位についての記述もなく情報不足であり、追加ボーリングを行い、宮水層を把握すること。
- ②工事期間中は、水位・水質の変化の有無を確認するために観測井戸を設置すること。
- ③山留については、以下の内容を検討すること。
 - ・セメントミルクの対策ができないSMWは、不可
 - ・薬液注入は、地下水汚染対策を実施すること。
 - ・シートパイルの場合は、地下工事完了後引き抜くこと。
- ④ディープウェルは基本的に使用しない計画とする。使用する場合は、周囲の水位低下を防ぐため、揚水量を4,000m³/日を目標とし、最大でも近隣実績（芸術文化センター）である7,000m³/日以下とすること。また、酒造期間にあたる10月から3月の揚水を控えること。
- ⑤地下構造物により宮水の流れを遮断することが懸念されるため、地下水流動阻害防止対策を検討すること。

IV 対策の検討と施工計画

(1) 当初山留計画

当初の山留計画は、以下の通りであった。

基礎、地下躯体部分および立体駐車場部分の山留工法はシートパイルを使用し、地下水位を下げるための揚水は行わない（図6）。掘削最大深度は、各棟以下の通りであった。

・南棟地下部 GL-9.40m ・東棟地下部 GL-3.70m ・西棟地下部 GL-3.40m ・立体駐車場部 GL-4.95m

現場内で3箇所を追加ボーリング調査、透水係数の測定により、宮水委員会からの要求事項である宮水帯水層、第2、第3帯水層および難透水層を把握した（図7）。設計ボーリングとの相違点を考慮すると、盤ぶくれの対策が必要であることも分かった。

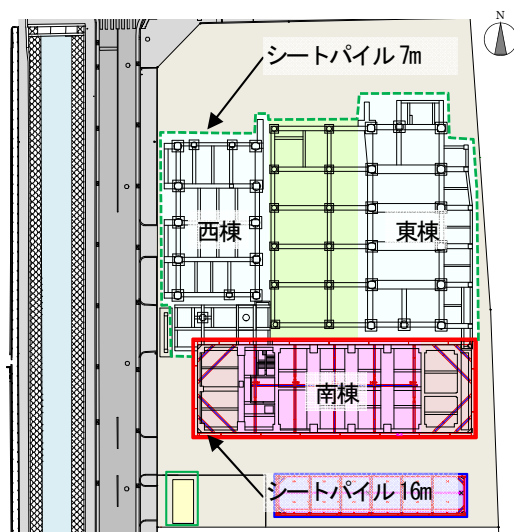


図6 山留計画図

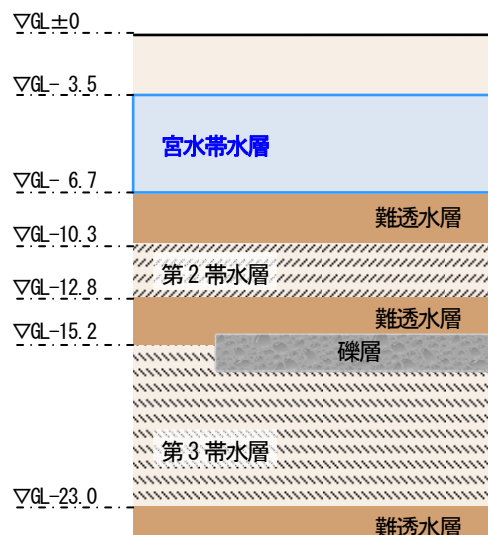


図7 追加ボーリング結果

これにより以下の点に留意し、南棟の山留工事の計画を行った。

- ①施工時の揚水量を可能な限り少なくし、周辺地盤の水位低下の影響をなくす。特に、水位低下に伴う宮水の塩害化が近年懸念されており、十分な配慮をする。
- ②第2、第3帯水層からの揚水に伴い、宮水帯水層から地下水の引き込みが懸念されるため、宮水井戸群における宮水の貯留量の減少を可能な限り抑える。

(2) 検討案1 【シートパイル (24m) +ディープウェル】

シートパイルにてGL-15.2m~23.0mの第3帯水層を遮水することで、排水量を少なくし、また、GL-23m以深からの浸透水を対象とすることで、宮水の水位低下への影響をほぼなくす計画とした。

しかし、シートパイルの工事費が多額となることと、GL-15m以深が礫層であるため施工が困難であると予想されたため、不採用とした。

(3) 検討案2 【シートパイル+薬液注入】

次に、シートパイルと薬液注入を併用し、第3帯水層を薬液注入で遮蔽する検討を行った。しかし、地下水の流れが早く、シートパイル遮蔽区域外での薬液注入の施工が困難であることが予想された。また、薬液注入の地下水汚染対策が実施できないため、不採用とした。

(4) 検討案3 【シートパイル (14m) +ディープウェル】

次に、比較的施工が容易であるシートパイル14mで検討を行った。しかし、掘削深さ9.4mで揚水量13,770m³/日(9.56m³/min)となり、宮水委員会に求められている7,000m³/日以下をクリアできなかった。また、現場から放流先までの既存の雨水排水管が300φであり動水勾配を1/100で考慮した場合に約7m³/min(10,080m³/日)の排水容量しかなく放流ができない揚水量であった。

そこで、計画揚水量を7,000m³/日まで削減する検討を行った。

山留め排水工法の比較検討案のまとめを表1に示す。

表1 山留排水工法の比較検討案まとめ

	検討案1	検討案2	検討案3
	シートパイル24m+ディープウェル	シートパイル+薬液注入	シートパイル14m+ディープウェル
山留工法概要			
盤ぶくれ対策	シートパイルにて被圧帯水層を遮水+GL-23m以深からの浸透水を揚水(排水量は少ない)	薬液注入にて被圧帯水層を遮水	ディープウェルにて被圧帯水層を減圧(排水量は多い)
問題点	シートパイルの施工費が多額 GL-15m以深が礫層であるため、 施工が困難	地下水の流れが強く、薬液注入 の施工が困難 薬液注入の地下水汚染対策が実 施できない	揚水量が13,770m ³ /日と多く、 宮水水位低下防止のため、 7,000m ³ /日以下としなければなら ない

(5) 掘削深さ変更の検討

計画揚水量を削減するため、掘削深さを変更する検討を行った。掘削深さを1m浅くすることで、揚水量が7,000m³/日以下にすることが可能であると分かった。また、既存雨水排水管の排水量もクリアすることが分かった(図8)。

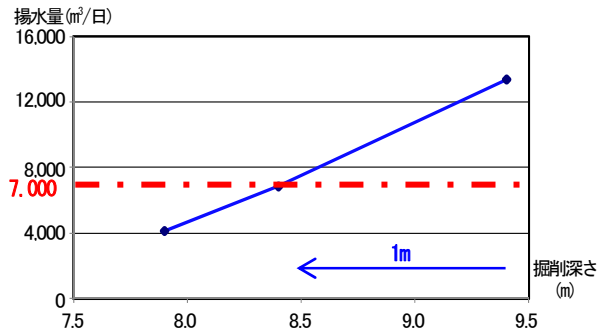


図8 掘削深さと計画揚水量の関係

(6) 構造変更による掘削深さの変更

構造変更により掘削深さを浅くする検討を行った。掘削深さを浅くするためには、基礎底と駐車場ピットレベルの両方を上げる必要があった。施主・設計者と協議し、①対象車両の見直し、②地中梁せいの変更、③ターンテーブル設置場所の見直しを行った。

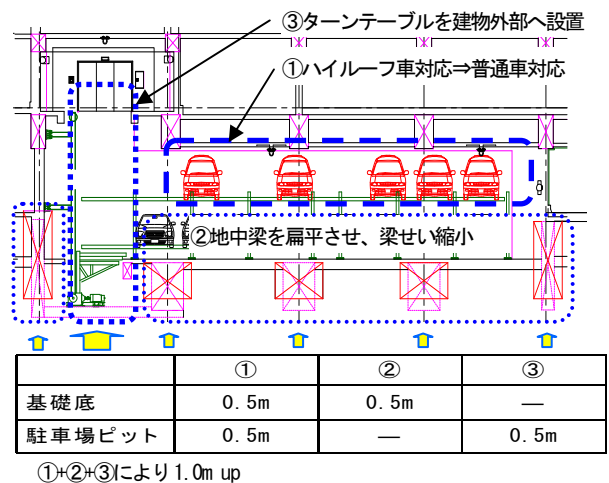


図9 構造変更内容

その結果、①ハイルーフ車対応から普通車対応へ変更、②地中梁を扁平させ構造的に梁底を上げる、③ターンテーブルを外部に設置することができ、掘削深さが1m浅くなり、GL-8.4mとなった(図9)。

以上の検討の結果、掘削前に揚水試験を行うことを条件に宮水委員会に工事着工の了承を得た。

しかし、酒造期間(10月~3月)中の揚水停止は工程上困難であった。その上、計画変更申請により、1.5カ月の遅延が生じたため、更なる工期短縮が必要となった。

V 効果の確認

(1) 地下工事における宮水対策

(1) - 1 工程

掘削深さを1m浅くし、GL-8.4mとした結果、計画変更申請による遅延を挽回するために工期を1.5カ月短縮する必要があったが、各棟の地下工事を併行することで、工期を短縮した。

また、宮水委員会からの要求である酒造期間中の揚水を停止する問題は、12月末で停止することで合意した。このため、揚水による盤ぶくれ対策をとり、掘削工事を行うことができた。

しかし、躯体の浮き上がりを考慮すると2階までの躯体重量が必要であり、工程的に間に合わないため、地下ピット内に800m³の水を溜めて不足分の重量を確保したのち、12月末に揚水を停止した(図10)。

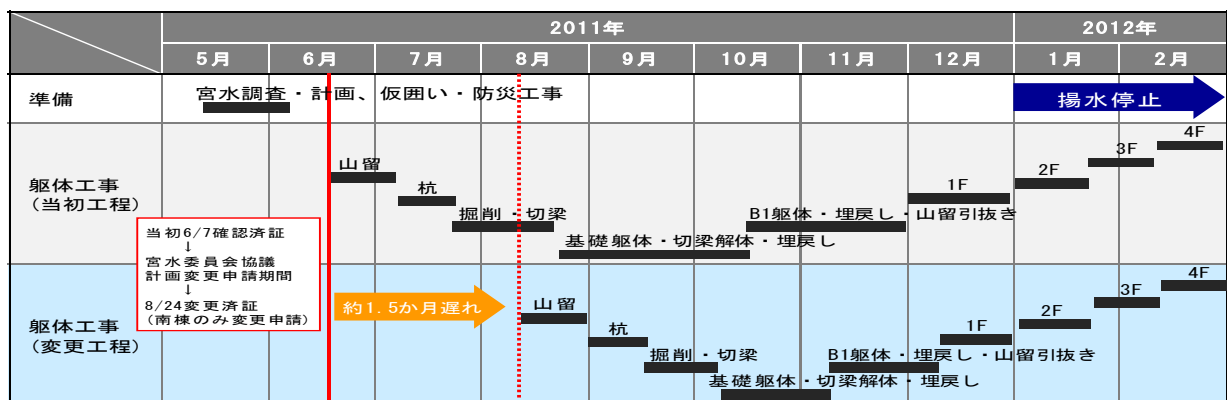


図10 南棟工程比較

(1) - 2 揚水量・水質

掘削前の揚水試験を実施し、透水係数、必要低下水位を測定した。その結果、揚水量が3,700m³/日必要であることを確認した。また、実施工において、平均で4,000m³/日程度の揚水量であったため、宮水への影響を最低限に抑え施工することができた。

水位については、追加ボーリング孔3箇所を観測井戸として使用し、フロート式自記水位計を用いて水頭レベルの変位を確認した（写真2）。

ディープウェルの稼働時期である平成23年9月下旬から12月下旬において、No3 深井戸では、水位低下が2m以上見られた。No1 浅井戸では、0.3m程度の水位低下が見られ、No2 浅井戸では、0.5m程度の水位低下が見られた。

揚水を停止した12月下旬以降は、各観測井戸とも水位は回復傾向を示し、降雨に対しても水位上昇が見られるようになった。宮水委員会による宮水井戸群での観測井戸の水位と現場での観測井戸の水位を比較すると、深井戸では若干の水位低下があった。しかし、浅井戸（宮水帯水層）ではほとんど水位低下はなかったため、本工事の揚水により宮水に影響を与えなかったことが確認できた（図11）。

また、水質の調査も行い問題がないことが確認できた。揚水した水はノッチタンクを経由して放流した（写真3、写真4）。

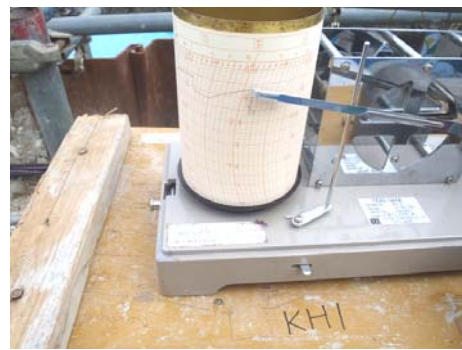


写真2 水位測定状況

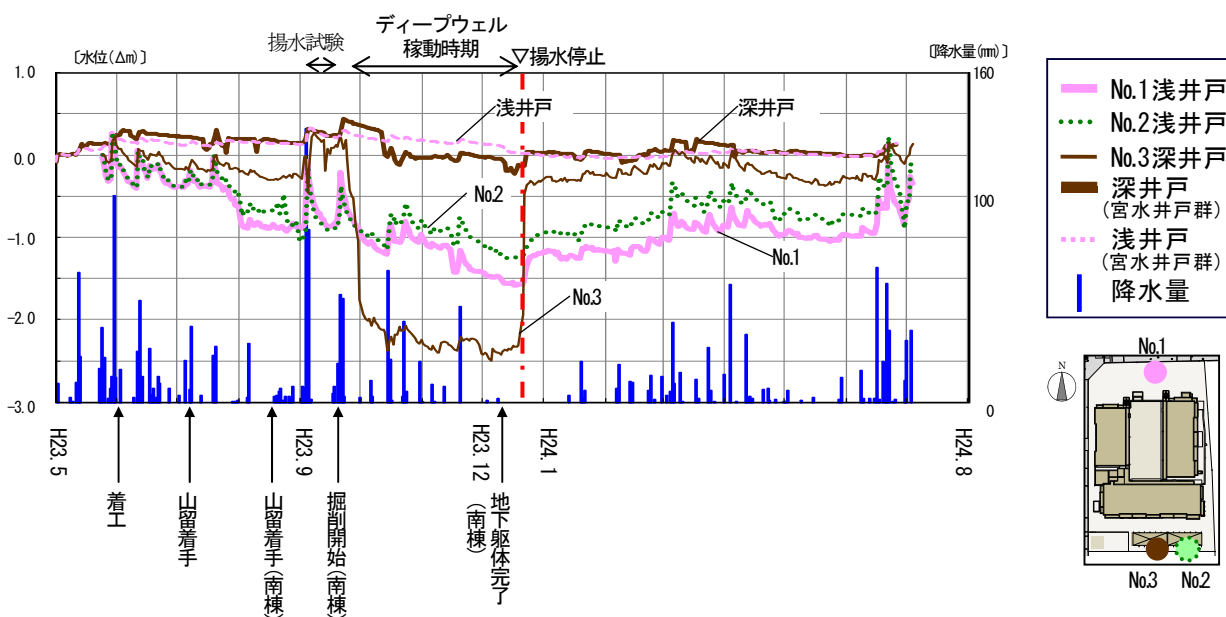


図11 井戸水位観測結果



写真3 ノッチタンク設置状況



写真4 ノッチタンク稼働状況

(2) 建物完成時の地下水流動阻害防止対策

南棟地下駐車場部分の掘削時（5～6m 掘削時）に、砂層（透水層）であることを確認した。建物周りに透水管を設置することで地下水流動に問題ないとの見解から、透水管（TAC パイプ（有孔管）φ150）を設置し宮水の水みちを確保した（写真5、写真6、図12）。



写真5 透水管 TAC パイプ（有孔管）φ150



写真6 透水管設置状況

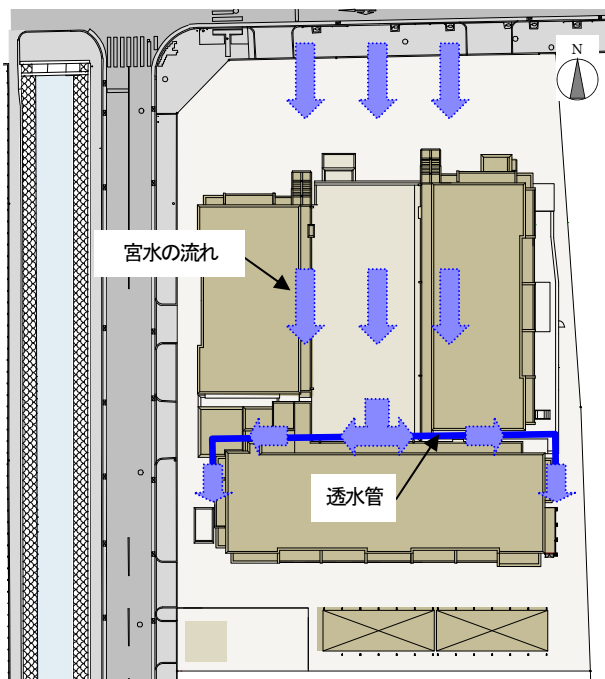


図12 透水管設置位置

VI まとめ

本工事において、以下の対策を行い、地下水保護に対する適切な地下掘削工法を選定し、『宮水』流域での地下工事を完了させることができた。

- ・地下掘削において、構造変更により掘削深さを浅くすることで、ディープウェルの揚水量の目標値を達成し、盤ぶくれの影響なく掘削することができた。地下工事施工中の水位・水質調査からも宮水の水量・水質を保全しながら施工することが確認でき、灘五郷酒造へ影響を与えずに地下工事を完了することができた。
- ・建物周りに透水管を設置し宮水の水みちを確保することで、建物完成後の地下水流動阻害防止対策を行うことができた。

謝辞. 本工事において数多くのご指導を頂きました灘五郷酒造組合、宮水委員会の皆様に感謝いたします。