

14. 傾斜のある直線曲面型枠の施工

社名:佐藤工業(株)

氏名:真鍋 房裕

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	某大学研究所棟新営工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:4,973㎡、地下1階、地上3階
(3) 用途	大学
(4) 主要構造	RC造、一部SRC造
(5) 建設地	東京都
(6) 施工期間	2013年11月～2015年3月
(7) 工事費	1,234(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"> ・傾斜振れのある外壁(HPシェル)を特徴としており、打放し型枠の施工難易度が高い。 ・国内外の研究研究者が利用するメインの大学施設のため、大学教授や研究室の学生が意匠及び構造設計に携わり、独創性の高い建物である。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・曲面仕上げ、かつ耐力壁である構造体の設計からの具現化と品質確保。 ・仕上げコストの改善。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋の加工は直線で問題なく、一切の曲げ加工は不要とした。 ・型枠の詳細なパネル加工図を作成し、曲面躯体の精度確保を行った。 ・躯体振れ形状を具現化し、型枠鉄筋の施工方法の検討。(鉄筋、型枠加工図のデジタル化、工場加工化)
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・型枠の精度を±5mmで管理し、HPシェル面の品質確保ができた。
・C(コスト)	・外壁面の出来映えが良く、当初漆喰仕上げからランデックスクリアに変更が認められ、80%工事費がダウンした。
・D(工期)	・仕上げ変更により作業工程が9日短縮できた。
・S(安全)	・工場加工の省力化により、現場作業の安全性が向上した。
・E(環境)	—
・その他の効果	—

傾斜のある直線曲面型枠の施工

佐藤工業株式会社 東京支店
真鍋 房裕



図-1 外観パース



図-2 内観パース

1. はじめに

当工事は、東京都の某大学研究所新営工事において意匠、及び構造設計に大学教授と研究室の学生が携わっており、国内外の研究者が来所する施設であり、思い入れが強い施設である。その中で非常に苦労した外壁面(HPシェル面)の施工計画と施工状況について報告する。

2. 工事概要

- ・工事名称: 某大学研究所新営工事
- ・工事場所: 東京都
- ・工期: 2013年11月～2015年3月
- ・建物用途: 大学
- ・構造: RC造、一部SRC造
- ・敷地面積: 3,847㎡
- ・建築面積: 1,173㎡
- ・延床面積: 4,973㎡
- ・構造規模: 地上3階 地下1階
- ・工事金額: 1,234(百万円)

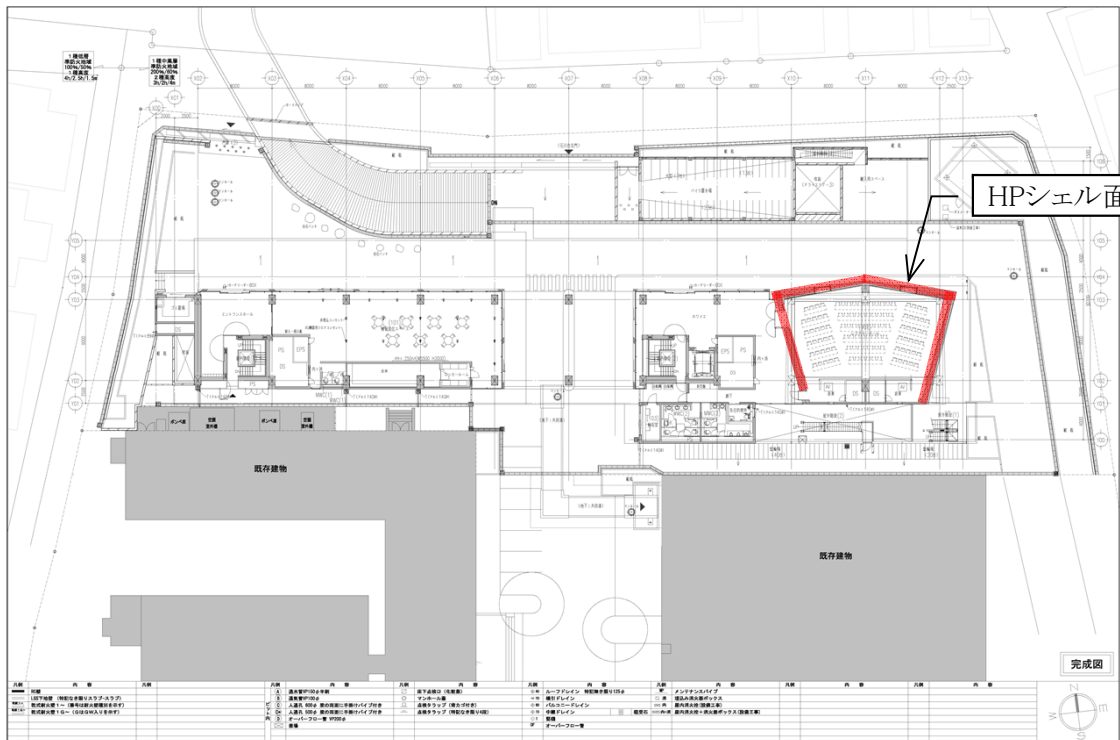


図-3 配置図

2.1 HPシェル

HPとはHP面(Hyperbolic Paraboloid:双曲放物線)のことを言い、2本の捩れ(ねじれ)2曲線を定平面に平行な直線群を結んで得た曲面のことを言う。要するに、直線が回転してできた直線曲面でる。(図-4)

シェルの著名な建築物として、東京カテドラル大聖堂、スカイハウス(共にHPシェル(直線曲面))、シドニーのオペラハウスや、サグラダファミリア、TWAターミナルビル(共にEPシェル((曲線曲面))など)があげられる。

本工事では、1階のレクチャーホールの外壁がHPシェルとなっていた。(図-5,6)

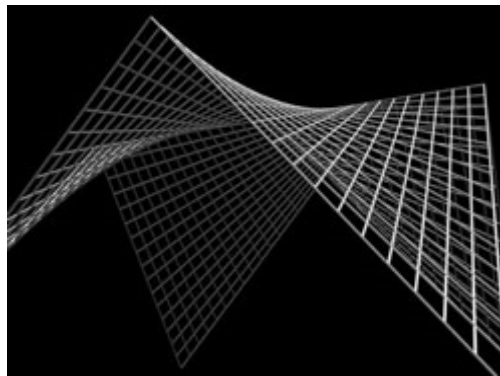


図-4 HPシェルのイメージ

2.2 地下躯体

地下躯体(柱・梁・壁)は、1FL上では赤ラインのように五角形の配置であり、2FL上では黒ラインのように、四角形になるような1FLから2FLにかけて、ねじれる構造となっていた。

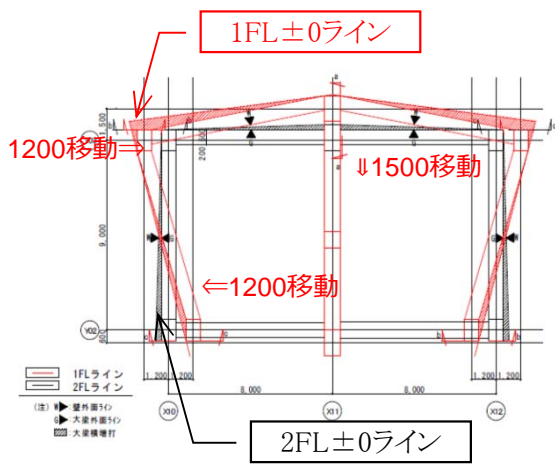


図-5 1F、2F平面 重ね図

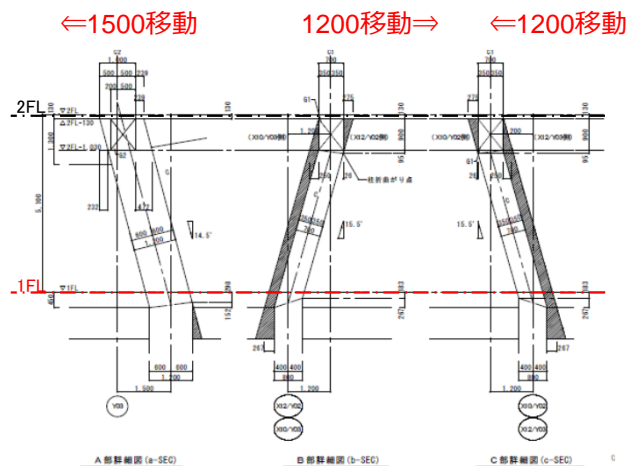


図-6 構造図(断面図)

3. HPシェル施工方針の検討

3.1 型枠形状の検討

設計図に記載されていたのは、3種類のレベル(1FL-450、2FL-1030、2FL-130)における平断面図であり、それぞれの図面上では、横の断面が直線であるが、実際に縦の断面が直線であるのかを検証するため、各平面における高さの座標を算出したところ、直線であることが確認された。

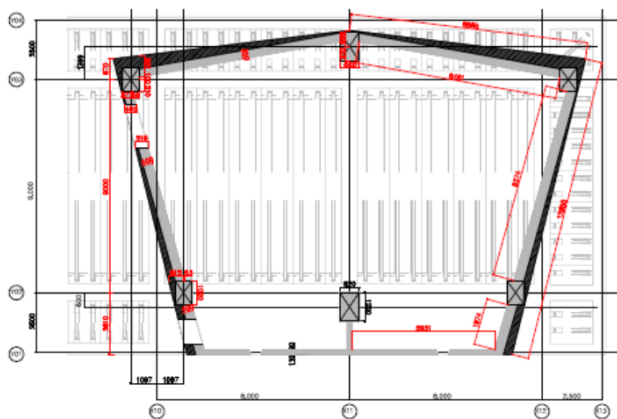


図-7 1FL-60平断面

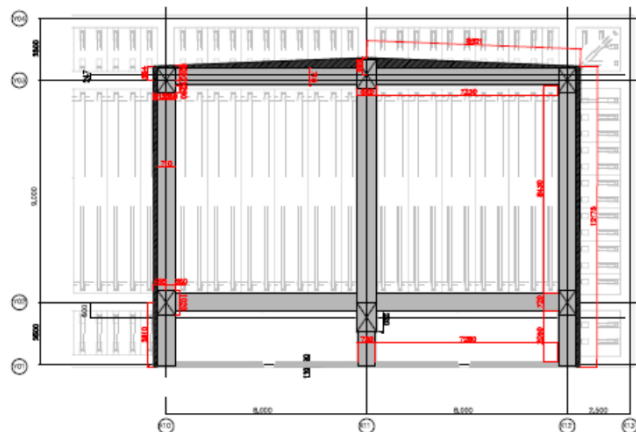


図-8 2FL-230平断面

次に、各平断面の構造体欠損の有無とフカシ寸法の確認をするために、各レベルのポイント図を作図した。その後、敷設レベルとPC床床板取り合いレベルを設定し、200mm毎のポイント図を30枚ほど作成した。(図-7,8) これらにより、型枠加工図の作成に取り掛かることができた。

3.2 加工図の検証

作成した基本加工図をもとに、梁の取り合いや、PCa床板の取合い、打放し面(柱梁)のパネル割、サッシ開口についてのチェックを重ね詰めていき、パネル加工図が完成した。

図-9、10の通り、パネルの高さ、幅は数センチずつ異なっていることが分かる。

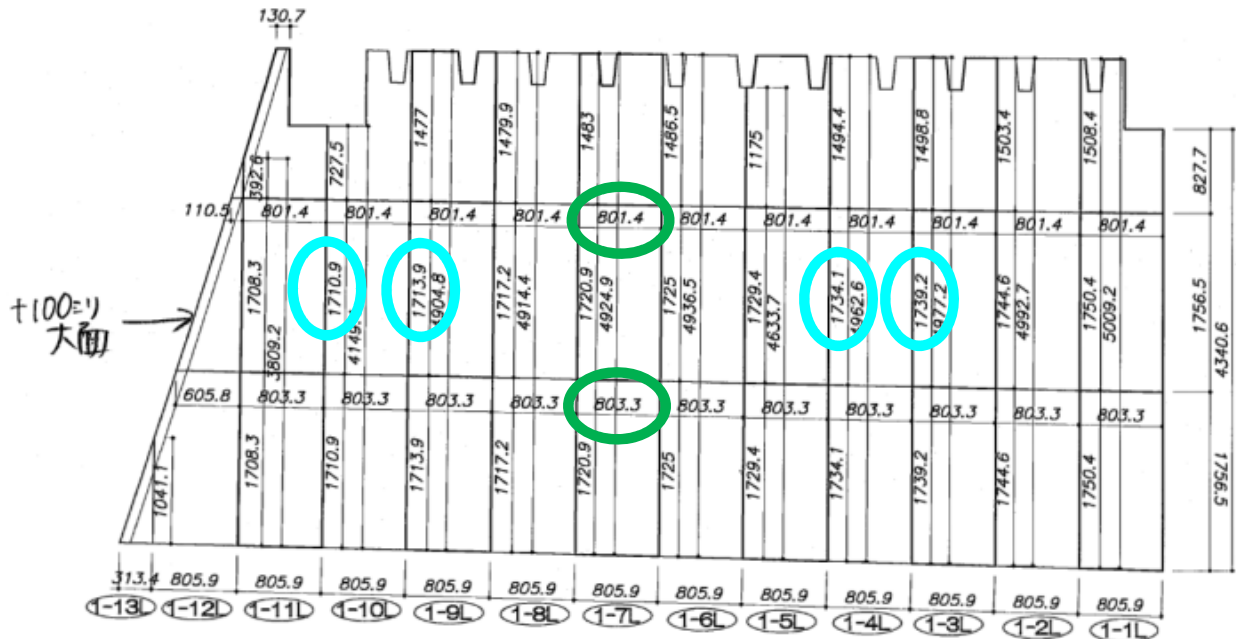


図-9 北面型枠加工図

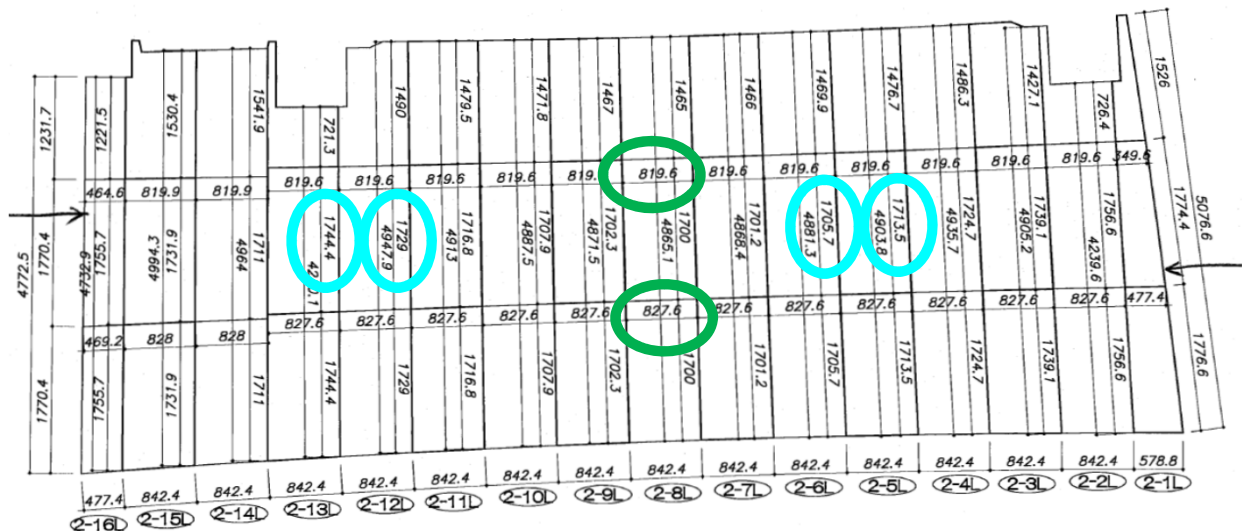


図-10 西面型枠加工図

3.3 発注者からの要望確認

原設計では外壁仕上げが漆喰であり、『和』を表現する仕上げとなっていた。

打合せ時にパネルの加工図を提出し、パネル割付け図を確認してもらった際に、「コンクリートの出来映えが良ければ打ち放しの上ランデックスコートクリアへの仕上げ変更」のVE提案をし、了解を得た。

4. 材料計画

4.1 型枠材

型枠材は大きく振れ、最大で高さ5.05m、幅0.85mもある。

パネル型枠が曲面に追従するか、モックアップを現場、製作工場それぞれ作成して検証した結果、追従が可能であると確認できた。

(写真-1)

締付け鋼管は(縦横とも、直線の集合体であるため鉄筋や塩ビパイプを使用せずに)、丸鋼管を使用しても問題ないと確認できた。



写真-1 型枠振れの確認

4.2 鉄筋材

当該壁が耐力壁(EW35及びEW40)であり、それぞれD19・D22@100縦横ダブル配筋、壁フカン筋縦横D13@100であったが、鉄筋の加工も直線加工でかぶり等にも問題ないと判断し、曲げ加工は行わなかった。

4.3 セパレーター

型枠工事の施工で最も苦勞したのがセパレーターであった。

打ち放し仕上げへの仕様変更を目標に加工図から割付基準を決め、平面の割付・高さの割付を検討した。

まず、パネル加工図をもとに平面上のセパ割付を行い、次にそのセパのポイントを基にした、平面ポイント図を活用して各縦断面図(49箇所)を作成した。

その断面に型枠水平目地を入れたものを基準に高さの割付を行い、また施工時には内側の型枠を先行するため、外のPコンレベルが水平になるように内側のレベルも決めた。

HP面の各部位に使用されるセパレーターの長さは計算により算出したが、線対称なので片側1本あったが、一本一本すべて異なり、たいへん手間が掛かった。

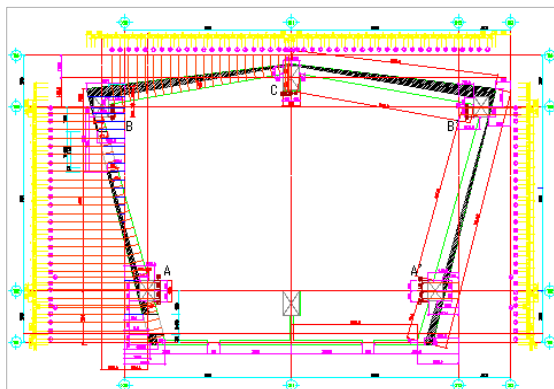


図-11 セパ検討図(平面割付)

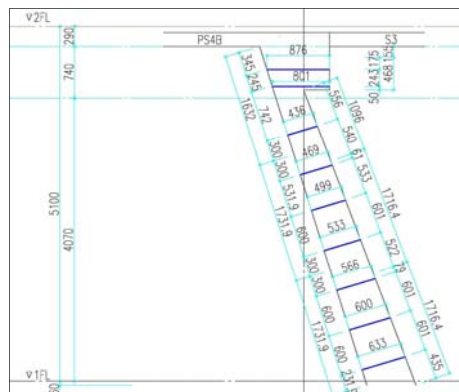


図-12 セパ検討図(縦断面)

5. 施工計画図と実施

5.1 型枠の建込み順序と配筋

施工順序は、墨出し→敷棧→柱型枠(部屋内)→梁架け→PCa受支保工組→柱配筋→壁型枠(部屋内)→壁配筋→壁返し→キャンティ梁架け→PCa床版→梁・スラブ配筋→腰壁配筋・型枠の順で行った。

セパ付けについては、平面の同一ポイントのセパを下から順番に番号を振った。

部屋内は仕上げがあるため、取り付け位置を間違えないように番号を型枠に書き入れた。

先に内側の型枠を建て込み、外部の打ち放し面のPコンのレベルを揃える必要があり、角度の急な壁面ではテーパコンを使用し調整した。

壁の配筋についても、組立てる際まで型枠を基準としたが、検証通り、かぶりも確保され、問題なく配筋できた。

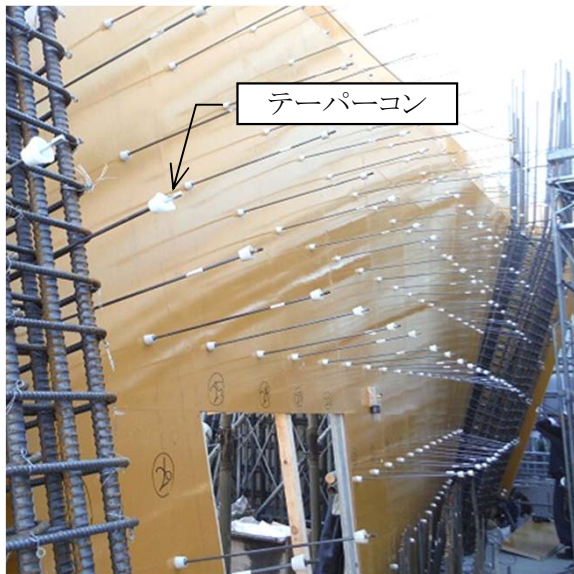


写真-2 型枠にナンバーリング



写真-3 丸窓



写真-4 壁配筋状況

5.2 建込み精度の管理

型枠の建て込み精度の管理では、梁架け完了時における梁型枠の平面上の位置精度の確保と固定に最重点を置き、柱の鉛直面の建て込み垂直度確認し、梁架け時の位置は地墨確認をポイント毎に行った。

型枠組立後の精度は、誤差5mm以内で納まっており、その梁に内側型枠の上下を結ぶように固定した。返し型枠については、計算されたセパの長さに頼るしかなく、取付箇所を間違えることの無いよう所定の位置に施工した。

結果として、返し型枠も問題なく進み、セパにあわせて締め付けることでHP面が形成した。

また、開口枠は、4箇所ある内の3箇所は隙間無く納ったが一部修正程度であった。

型枠のジョイント部はノロ止めテープ、栈クランプを使用し、鋼管締め付けでは出隅の締め固め、壁の倒れに気を配り施工した。

5.3 コンクリート打設

コンクリート打設計画は、敷地条件からポンプ1台での打設しかできないため、HPシェル以外の工区では1フロアを5工区に分けた。

柱・梁が全て打放し仕上げのため、HPシェル以外の工区の1回の打設は150～200㎡以内で計画した。

HPシェルの工区については、打設数量が260㎡と多く、打継ぎが困難であり、ポンプ車の配置をブーム旋回範囲内に計画した。

また、壁は梁下まで2回、梁で1回、スラブで1回の計4回で廻り、午前中で壁130㎡を打ち上げ、コールドジョイントを避けるように打設した。(結果、開始8:30～終了18:00、時間30.6㎡/h)

その後、3日間養生し脱型した。



写真-5 HPシェル部 型枠・配筋状況



写真-6 型枠建込み状況

6. まとめ

型枠脱型されたコンクリートは、HP面も滑らかな状況で精度もよく、コールドジョイントやあばたもない大変出来映えがよいものになり、監理者の評価もよく、コンクリート打放しが認められた。(写真-7,8)

外壁の仕様変更が認められた結果、漆喰仕上げからランデックスコートクリアへ変更で80%のコストダウンが出来た。

また、工期では9日間の作業工程短縮ができた。



写真-7 外壁仕上げ状況①



写真-8 外壁仕上げ状況②

15. 処分場の覆蓋施設の品質向上と工期短縮

社名:大成建設(株)

氏名:井瀬 弘志

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	エコパークかごしま(仮称)整備工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:46,560㎡、地上1階
(3) 用途	産業廃棄物管理型最終処分場
(4) 主要構造	S造
(5) 建設地	鹿児島県薩摩川内市
(6) 施工期間	2010年10月～2014年12月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	大成・植村・田島・クボタ特定建設工事共同企業体
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"> ・基本計画案では、南北327m×東西176mの屋根を17本の柱で支えており、全ての柱が遮水シートを貫通し、漏水のリスクがある。 ・底盤(作業場所)への進入路が1か所しか無い、また屋根鉄骨の地組とクレーンヤードが必要で、土木工事と輻輳することで工程的な問題があった。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・遮水シートの貫通部を減らし、漏水のリスクを減らす。 ・底盤(作業場所)での屋根建方作業を減らし、覆蓋施設と下部の土木工事を並行して作業する。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根構造を見直し、柱の本数を17本から5本とし、遮水シートの貫通箇所を削減した。 ・屋根仕上げまで行った横引工法と大型地組による建方工法の採用により、底盤(作業場所)での作業とベントの架設数を削減した。これにより、底盤(作業場所)での作業量が減り、土木工事への工程的な影響を回避した。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・基本計画案より、柱の遮水シート貫通箇所を70%削減した。(17本→5本)
・C(コスト)	・工期短縮分の経費の削減した。(▲8%)
・D(工期)	・従来の地組建方工法と比較して、工期を8%(4.5ヶ月)短縮した。
・S(安全)	・高さ40mを超える屋根面の高所作業を58%削減した。
・E(環境)	—
・その他の効果	—

処分場の覆蓋施設の品質向上と工期短縮

大成建設(株) 建築本部
井瀬 弘志

1. はじめに

近年、産業廃棄物の排出量は、約3億8千万トンで緩やかではありますが、減少傾向にあり、その内訳は、全体の55%が再生利用、42%が中間処理等での減量化、3%が最終処分と推計されています。(2012年度 公益財団法人 日本産業廃棄物処理振興センター広報資料より)

産業廃棄物の最終処分は、有害とまらないものは焼却処分となるが、それ以外は埋立て処分となる。この埋立てを行う場所の確保は、狭い日本国土であるに加えて、施設の性格上、近隣住民には受け入れ難い状況で容易ではない。そのような背景から、候補地が選定されると埋立て容量の多い大規模な最終処分場を計画される傾向になっている。

また、従来の産業廃棄物の最終処分場は、屋根無しのオープンな状態であったが、今では屋根付き(覆蓋施設)の最終処分場が増えてきている。これは、浸出水量が降雨量に左右されないため管理がやり易いこと、適正な散水量に調整できるので、有機物の分解を促進させることと廃棄物の飛散、流出、臭気の拡散を防止でき、周辺の景観を損なうことがないといった利点があるためである。

本報告は、このような背景から計画された広大な砕石場の跡地(写真-1)に屋根付きの最終処分場の建設にあたり、品質向上と短工期を実現した事例を紹介する。



写真-1 着工前の建設地

2. 工事概要

工事名称 エコパークかごしま(仮称)
整備工事
建設地 鹿児島県薩摩川内市
用途 産業廃棄物管理型最終処分場
主要構造 S造
発注者 公益財団法人
鹿児島県環境整備公社
設計監理 大成・植村・田島・クボタ
特定建設工事共同企業体
規模 延床面積46,560㎡
地上1階
埋立容量約84万m³
施工期間 2010年10月～2014年12月(51か月)

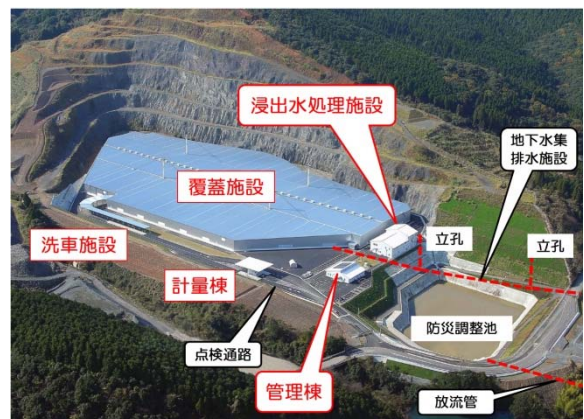


写真-2 処分場の施設

3. 改善概要

(1) 問題点・背景

3-(1)-a. 背景

覆蓋施設の屋根面積は、南北327m×東西176mもあり、基本計画ではその屋根を17本の柱で支えられており、南北方向にボックストラスが配置され、ボックストラス間に屋根が渡された架構形式となっていた(図-1)。また施工期間は30か月で擁壁構築や遮水工事他の土木工事と建築工事共に完成というものであった。



図-1 基本計画案

3-(1)-b. 問題点

浸出水を防ぐため、遮水層に貫通するものを極力少なくすることが、処分場施設の品質確保の上では重要な項目の一つになる。

基本計画では、柱による遮水層の貫通・接続部が17か所あったが、浸出水の漏水リスクを小さくする目的で、柱の本数を減少させる架構を検討する必要がある。

また、施工期間についても従来の工事手順では、土木工事の擁壁工事を行い、処分場の底盤の遮水シート施工前の段階で土木工事より引渡しを受け、覆蓋施設の建築工事を行い、最後に遮水シートを貼り付けて遮水工事を完了させる工事の流れとなる。

今回の工事場所では、処分場底盤へのアクセス道路が1本しか無く、土木・建築工事が調整しながら搬出入しなければならない条件も加えると、従来の工事手順では30か月という施工期間内の完成は厳しく、施工期間を短縮する構工法の検討が必要となった。

(2) 改善概要

3-(2)-a. 改善1: 柱の本数の削減

遮水シートを貫通する柱を極力減らす架構検討の結果、南北方向には基本計画案同様に、ボックストラス(以下、キール梁)を2列配置して、そのサイズをB×D=2.0m×3.5mとした。キール梁は4本の間中柱から構造ケーブルによる吊構造として支持されている。東西方向には、キール梁間にスパン61.5mのトラス小梁を設けた。これにより遮水層を貫通する柱の本数を17本から5本とする架構が実現した。(図2～5)



図-2 架構形式の改善

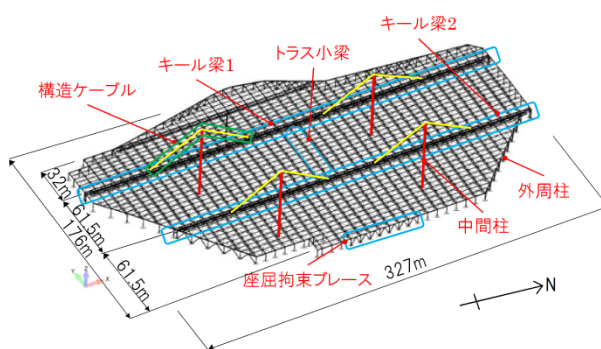


図-3 構造架構パース

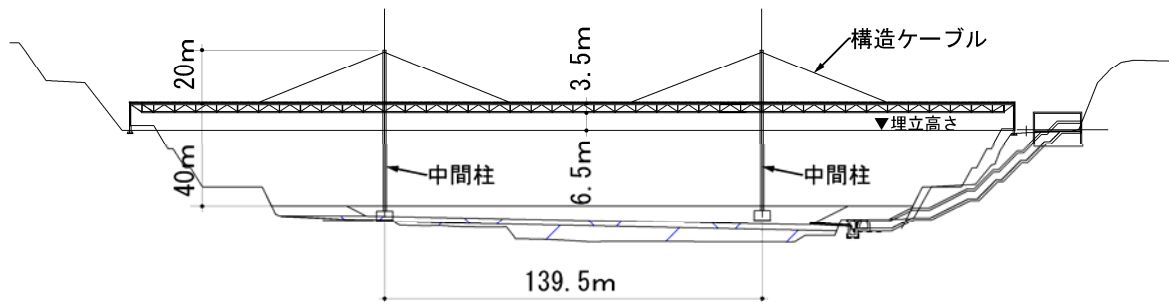


図-4 南北方向軸組図

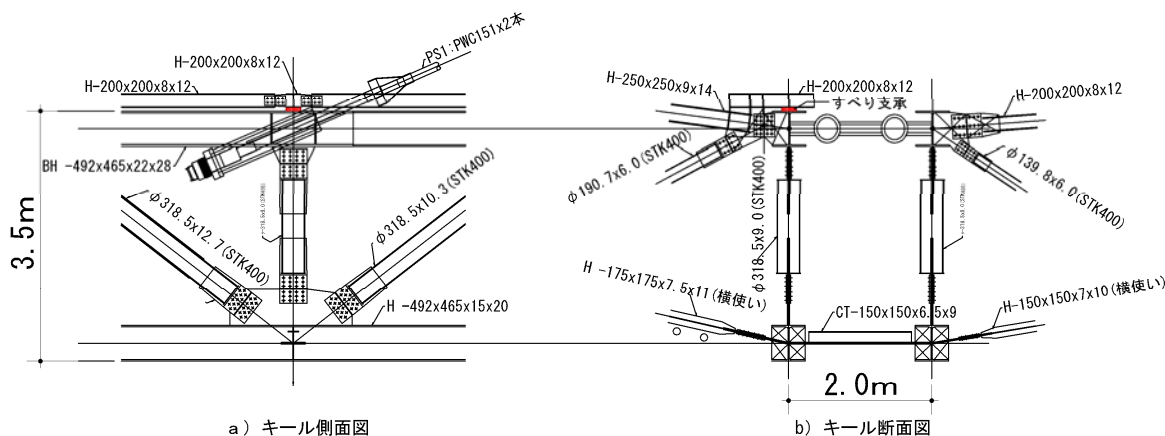


図-5 キール梁の構造

3-(2)-b. 改善 2: 工期短縮を実現する施工

南北327m×東西176mの規模であり、支える柱が少ない屋根の建方は、一般的にベントを設置してキール梁とトラス小梁の建方を行い、鉄骨工事完了後にジャッキダウンを行うという方法となる。しかし、ベントを多く設置すると、土木工事を中心とする下部工事がやりにくくなることと十分な工事動線が確保できないリスクが考えられる。

ベントの設置数を削減する方法の一つとして、屋根鉄骨の地組ブロック範囲を大きくする方法もあるが、地組ヤードとして処分場底盤を占用し、地組ブロックを揚重するために大きなクレーンを設置することになる。ベントを削減できたとしても、屋根工事で作業エリアの殆どを占めてしまい、下部工事ができないということになる。

そこで、鉄骨建方後、折板の屋根仕上げを行ったユニットを本体のキール梁を利用して横引きすることでベント設置を削減する方法を考えた。

南北にエリア分けを行って、南側から擁壁工事を着手する。南半分の擁壁工事が完了した時点より、南側からキール梁建方用のベントを設置しながら、擁壁工事を追いかける形で建方を進めていく。(図-6)

北側の擁壁工事とキール梁の建方が完了すると、北側に横引きユニットを組立てる地組架台を設置して地組を行い、北側から南側へユニットの横引きを行った。

横引きユニットは全体を6分割した。1ユニットは5スパン分(@7.75m×5=38.75m)で、キール梁間は61.5mで重量約200tであった。(図-7)

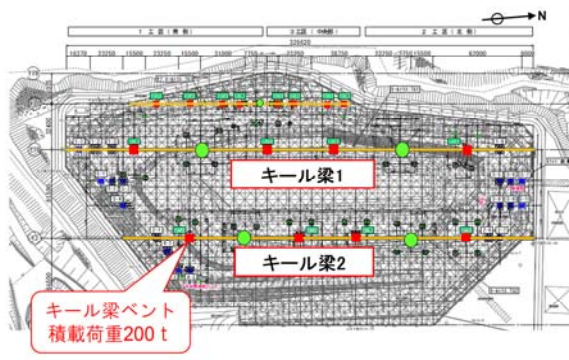


図-6 キール梁ベント配置図

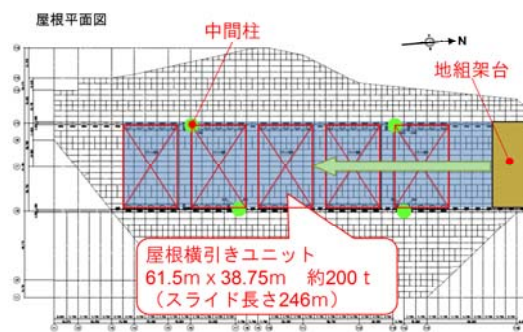


図-7 横引き工法計画図

南半分の横引きが完了すると南側2本の間中柱からキール梁を吊っている構造ケーブルの緊張を行い、所定の張力導入後、キール梁のベントを解体し、下部工事の遮水工事を着手する。

北側では屋根ユニットの横引きは継続され、横引き完了後、北側2本の間中柱からキール梁を吊っている構造ケーブルを緊張する。その後、キール梁のベントと横引きユニットの地組架台を解体し、遮水工事に着手する。尚、横引きユニットの地組には、東側上部の点検通路をクレーンヤード・鉄骨のストックや仮組スペースとし、処分場底盤において極力スペースを空ける計画とした。

ユニットの横引きの実績は、横引きスピードが1時間あたり7m程度として、1日あたり50m程度となる。牽引力は6～10t程度で0.03～0.05の摩擦係数であった。(写真-3～8)



写真-3 北側擁壁工事と南側の屋根工事着手



写真-4 南側キール梁建方と北側擁壁工事



写真-5 外周屋根建方と横引き地組架台設置



写真-6 横引きの開始



写真-7 南側の構造ケーブルの緊張



写真-8 屋根の完成

(3) 改善による効果

Q(品質) 基本計画では、屋根面積約43,000㎡を17本の柱で支持されていたものを、キール梁と構造ケーブルによる吊構造にしたことで、柱を5本に削減させることができた。これは遮水層の貫通部分からの漏水リスクを低減することができた。(17本→5本 ▲70%)

D(工期) 従来のベント工法によると、屋根の建方を行っている間、処分場底盤へのアクセス道路や、地組とクレーン用のヤードで処分場底盤を建築工事で占有してしまう。

本改善により遮水工事が早期に着手でき、工事工期を4.5か月短くすることができた。これは実質工事期間の約8%に相当する。(55.5か月→51.0か月 ▲8%)

C(コスト) 工事工期が約8%削減できたことは同時に経費も削減できたと言える。

S(安全) 処分場底盤から屋根面の高さは最高で40mにもなる。横引工法の採用により、屋根全体面積の58%について、高所作業を減らし工事の安全性を高めた。

4. まとめ

遮水層を貫通する箇所を減らす目的で、南北327m×東西176mもの屋根を支える柱を17本から5本の柱に削減した構造形式のものを施工することは、施工時の安全性の確保や地震や風による水平力対策等、多くの新たな課題が生じるが、その対策を行った結果、無事に遮水性能の高い処分場を建設することができた。横引工法の採用によって、広々とした処分場底盤の作業環境が提供できた。そのことによって、工事動線が1本ながらも下部工事と覆蓋施設の並行作業が実現できたことにより、短工期での大型施設の建設を実現できた。

16. 大規模病院建設工事における生産性向上の取組み

社名: 戸田建設(株)

氏名: 藤本 正洋

事例概要

項 目	内 容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	九州がんセンター新築工事
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積34,540㎡ 地上7階
(3) 用途	病院
(4) 主要構造	RC造
(5) 建設地	福岡県福岡市
(6) 施工期間	2013年9月～2016年8月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	(株)日建設計
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	・躯体工事における労務不足が課題となっており、また工期も厳しく生産性の向上が求められた。
(2) 改善の目的	・労務不足を改善するため、省力化や躯体工事施工の分業化、施工性の向上等により生産性の向上を図り、工程の遅延を防止する。
(3) 改善概要	・サイトPCaの採用(マリオン・小梁・庇)により、労務の分業化と平準化を図った。 ・ST枠支保工の採用により、サポートを低減し、動線の確保を図った。 ・鉄筋先組み工法の採用(基礎・耐圧スラブ・仕口部)により、労務の平準化や作業効率の向上を図った。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・サイトPCa、鉄筋先組みにより、品質が向上した。
・C(コスト)	—
・D(工期)	・各省力化により、4か月工期が短縮した。
・S(安全)	・ST支保工、支保工特殊工法により、施工性が向上した。
・E(環境)	・サイトPCa化での鋼製型枠採用により、一般型枠を削減した。
・その他の効果	—

大規模病院建設工事における生産性向上の取り組み

—Evidence Based Construction plan—

戸田建設(株) 藤本 正洋

1. はじめに

当病院の特徴として、九州で唯一の「がん専門病院」として、一般総合病院等では担うことのできない「進行性がん」「難治性がん」の診療に力を入れている急性期病院であり、福岡県がん診療連携拠点病院（県内2施設）の指定も受けている。現在の建物は1972年に竣工しており、今回はその建替え工事となるものである。

設計の概要は、既存病棟と同じ病床数を確保した基礎免震の病院であり、合計146台の免震装置が配置されている。病院機能としては、1～3階は診療部門、3～7階は病棟で、全室に採光が取れるように配慮したレイアウトである。

2. 工事概要

工事名称：独立行政法人国立病院機構
九州がんセンター新築工事（建築）
工事場所：福岡県福岡市南区野多目3丁目1番1号
発注者：独立行政法人国立病院機構九州がんセンター
院長 藤 也寸志
設計監理：株式会社日建設計
施工者：戸田建設株式会社九州支店（設備工事別途）
工期：2013年9月13日～2016年8月31日
（新棟引渡し：2015年11月20日）
敷地面積：86,715.44 m²
構造規模：地上RC造（一部S造）基礎免震
階数：地上7階 地下0階 搭屋1階
建物用途：病院
病床数：411床

3. 作業所スローガン

『Evidence Based Construction plan』

さまざまな角度からの検討や検証による根拠（Evidence）に基づいた施工計画を行い、お客様にとってより安全で、より最適な効果をもたらす「ものづくり」を行う。

※スローガンは、『Evidence Based Medicine』という医療業界の言葉を参考にしたものです。

3.1 仮設計画における Evidence

総合施工計画を立てるにあたり、近隣住民に対する配慮はもとより、病院敷地内における工事であること、病院からの要望、周辺の交通事情、既存レイアウト、近隣からの要望など、多くの要因による制約があり、これらの制約・要望に対して、一つずつエビデンスを持って計画立案を行った。

3.2 工程計画における Evidence

工程計画の立案にあたり、省力化工法を積極的に取り入れる計画とした。今回は、躯体工事に関して型枠工・鉄筋工の労務不足を補うため、積極的に生産性の向上を図り、工程の遅延を防止する計画とした。

4. 労務不足に対する生産性向上の提案

以降に記載する生産性向上に向けた各種システムや工法の採用に関しても、エビデンスに基づいて計画立案を行った。

4.1 地盤改良山留め工法の採用

地盤改良山留め工法を採用した。この工法は、深層混合処理工法による止水壁の自立山留めである。通常は複列の施工により改良幅を確保し、仮設の重力式擁壁を構築するものであるが、今回は単列での施工としている。（写真－1）



写真－1 地盤改良山留め状況

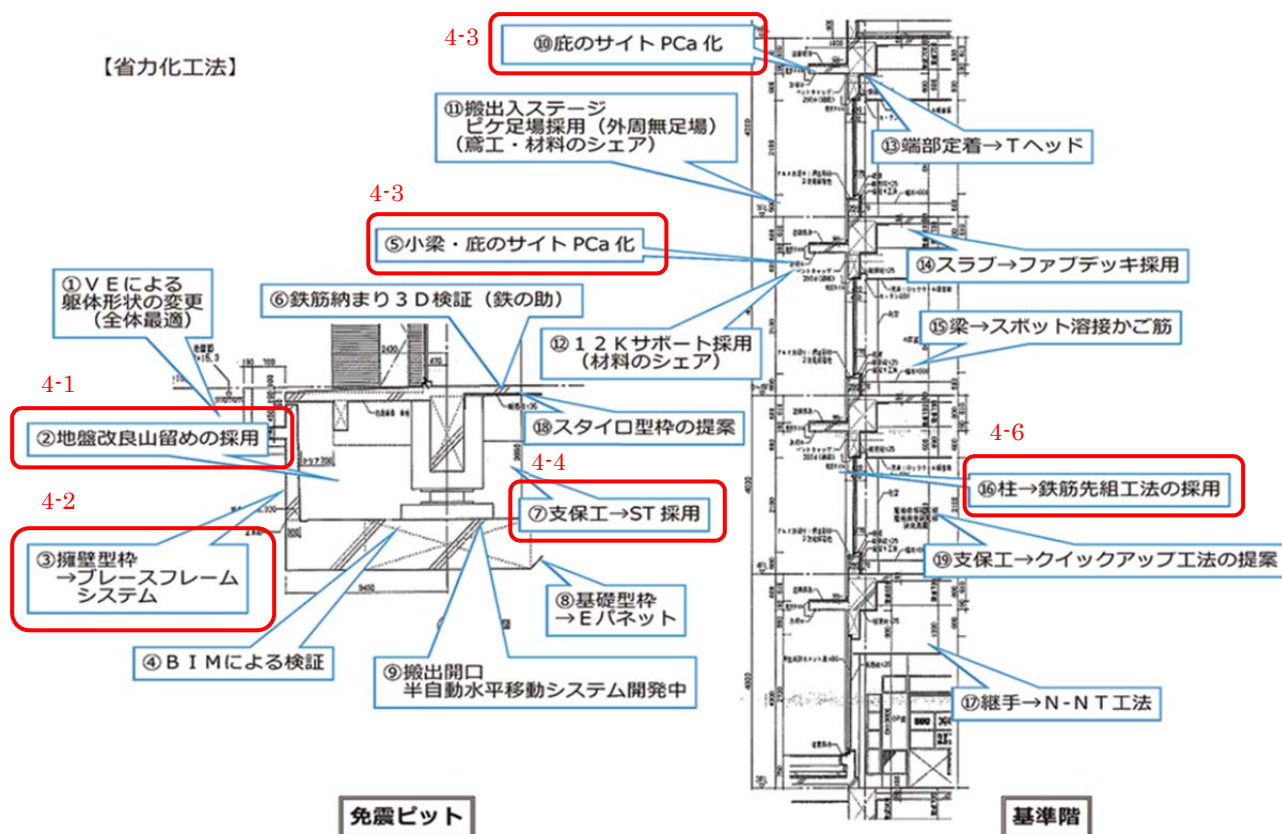


図-1 省力化工法提案図

4.2 ブレースフレームシステムの採用

前述の地盤改良山留め工法の採用により、山留めを躯体擁壁の外周型枠兼用とすることで、建物側の型枠にはセパレータを使用せずに施工が可能なブレースシステムを採用した。この工法を採用することで、型枠労務を約 5% の生産性向上目標に対し、目標通り実現することが出来た。

(写真-2)



写真-2 ブレースフレーム設置状況

4.3 サイトPCaの採用 (小梁・底・マリオン)

型枠工・鉄筋工の労務の低減を目的としてサイトPCaを採用した。これにより躯体工事の分業化が可能となり、鉄筋、型枠労務を約 25% の生産性向上目標に対し、約 20% を実現することが出来た。マリオンと底の型枠は既成の鋼製型枠パネルと、今回用に製作した役物パネルを組み合わせて使用した。(写真-3、4)



写真-3 小梁PCa製作状況



写真-4 マリオンPCa製作状況

4.4 ST枠の採用

1階～3階は階高が4.8mと高いので、従来のパイプサートを使用しての支保工計画とすると、作業動線の確保が難しい。大梁下のST枠と、スラブへのファブデッキ採用をすることで、十分な動線の確保が可能となった。これにより、型枠労務約10%の生産性向上目標に対し、約5%を実現することが出来た。(写真-5)



写真-5 ST枠設置状況

4.5 支保工兼用足場の採用

庇をPCa化する範囲については、支保工兼用足場を採用した。支保工兼用足場を採用することで、鳶工の労務を低減することとした。この工法は、従来のクサビ式足場のジョイント部にロック機能を追加させることで、型枠支保工としての補強が不要となり、支保工と足場の兼用を可能とした工法である。

4.6 柱梁鉄筋先組み工法(Tヘッド工法併用)の採用

鉄筋工事では、この建物は経済的な構造とするために、大梁端部にハンチが付けられている(大梁端部の梁せいが

中央部よりも大きい)。その為、接合部は主筋が水平に取合う梁の中央部に限定され、通常行われる梁単体での先組では、建物位置で柱筋に対して先組した梁筋をセットして位置調整する手間が多くなる。当作業所ではこの点を考慮して、XY方向の梁筋と柱筋を含めたパネルゾーンを一体で先組することで施工効率を向上させた。この工法は、先組鉄筋の加工とストックヤードが必要となる為、現場の進捗と同調した先組計画が必要である。また、先組工法の実施と同時にTヘッド工法も併用した。(写真-6、7、8)

これにより、鉄筋労務約70%の生産性向上目標に対し、約65%を実現することが出来た。



写真-6 大梁鉄筋先組み状況(免震階)



写真-7 大梁鉄筋先組み状況(上部階)



写真-8 Tヘッド工法施工状況

4.7 断熱型枠の採用

免震ピット天井部は、工期短縮を実現するために型枠兼用断熱型枠を採用することで、スラブ合板型枠の敷込み、解体工事での工程の短縮が可能となった。

これにより、型枠労務約15%の生産性向上目標に対し、目標通り実現することが出来た。

5. BIMの取り組み紹介

Building Information Model（以下 BIM）の活用は、着工後、概ね3か月程度にてコア・シェルに限定してモデリングを行い（プレコンストラクション）、建築・電気・衛生空調の整合を図るという趣旨のものである。当作業所では着工と同時に設計者・施工者（建築・別途設備）においてBIM マネージメント会議を開き、進捗スケジュールを決定し取組んだ。（図-2）



図-2 BIM作成例

5.1 計画段階での活用

計画段階では実施躯体図の作図に先立ち、作業フロー・モデル作成フローを立案し、スケジュール管理することが大切である。求める成果・活用方法又、モデル作成フローの問題のありそうな部位と事前に確認したい場所等の認識の統一を図ることが大切となる。

5.2 実施（成果）

実施段階では、BIM マネージメント会議・BIM 定例を実施した。これにより、設計者・施工者間での共通理解や意思の疎通をはかることができ、建築・意匠・構造・設備等の整合がとれた精度の高い施工図を作成することが出来た。

また、設計納まりや空間構成の確認を意匠パースとして提案することで、病院関係者にも分かりやすく提案することが可能となった。

6. 実績の検証とまとめ

当作業所で採用した各種工法の効果を確認するため、重回帰分析での検証を実施した。

今回は約80通りの解析における分析を行ったが、その中で、特に効果が得られたものは、鉄筋先組工法とファブデッキの採用であることが検証出来た。鉄筋先組は、梁だけでなく耐圧盤、柱でも採用し効果を得た。また、その他の工法についても省力化工法採用による一定の効果が見られた。

当作業所では、先に述べたBIMを始め、情報端末の活用、職長会活動への取り組み、厚生労働省の「あんぜんプロジェクト」などを積極的に行った。しかし、これらの取り組みの効果（生産性向上）を評価するためには、定量的なデータを収集し解析することが必要であり、これが出来なかったことが今後の課題である。

17. 無足場化、制震壁PCa化による品質向上及び工期短縮

社名: 戸田建設(株)

氏名: 工藤 祐介

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	(仮称) 獨協医科大学教職員宿舎新築工事(1期)
(2) 規模(延床面積・階数)	延床面積: 8,556㎡、地下2階、地上12階
(3) 用途	寄宿舍
(4) 主要構造	RC造
(5) 建設地	栃木県下都賀郡
(6) 施工期間	2012年4月～2013年11月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	(株)久米設計
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"> ・バルコニーが曲線形状で、外部足場の架設や足場上での作業について施工性、安全性の懸念がある。 ・制震壁は柱際と下部に構造スリットを入れ、制震デバイス鉄骨を埋め込んだ仕様となっており、打設中の鉄骨の固定方法等において問題がある。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・PCa工場での吹付タイル先行吹きを可能にして、外部足場を無くす。 ・制震デバイス鉄骨等の固定方法、施工精度の確保を解決する。 ・サイクル中での制震デバイス廻りの施工を無くし、工期を短縮する。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> ・目地をみせない仕様を、目地を現わす仕様に変更することで、PCa工場での吹付タイル先行吹きが可能となり、無足場での施工が可能となった。 ・バルコニーの取付けは、専用金物を使用することで短時間で精度の高い調整が可能となった。 ・制震デバイス鉄骨等の固定方法、施工精度の確保を制震壁をPCa化することで解決した。
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> ・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> ・曲線形状のバルコニーは精度の高い施工が可能となり、制震壁はPCa化により施工精度が向上した。 ・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> ・外部足場を無くすことで、コスト低減できた。 ・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> ・労務が平準化され、工期が1.5か月程度短縮できた。 ・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> ・外部足場上での作業が無くなったことで、作業安全性が向上した。 ・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> ・制震壁のPCa化により、型枠使用量が減少した。 ・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> —

無足場化、制震壁PCa化による品質向上及び工期短縮

－(仮称)獨協医科大学教職員宿舎新築工事(1期)－

戸田建設(株) 工藤 祐介

1. はじめに

本工事は、獨協医科大学教職員宿舎新築工事における、A棟の新築(1期工事)、東側の既存看護宿舎を解体して、B棟C棟を建設する(2期工事)2期にわたる工事の1期工事である。

本建物は、バルコニーになめらかな曲線で構成されたファサード、界壁にシアパネル型ダンパーを埋め込んだ制震壁を構造体に持つ、意匠的にも構造的にも特徴がある建物である。

本稿では、施工効率を上げるために採用した工法について、施工実験や施工計画検討などの実施事例を報告する。

2. 工事概要

工 事 名 (仮称)獨協医科大学教職員宿舎新築工事
工事場所 栃木県下都賀郡壬生町大字北小林 880 番地
施 主 学校法人 獨協学園
施 工 戸田建設株式会社関東支店
設計監理 株式会社 久米設計
構造規模 RC造 地上12階 地下2階 直接基礎
建築面積 1269.72 m²(1期工事のみ)
延床面積 8,556.42 m²(1期工事のみ)
工 期 2012年4月～2013年11月(1期工事)



写真-2 外観写真(1期竣工)

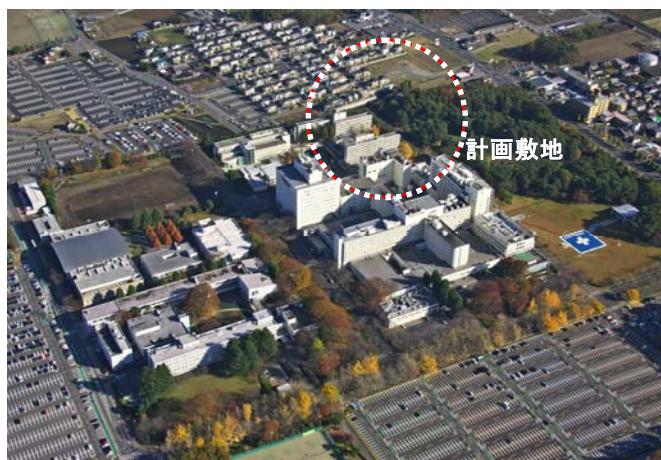


写真-1 敷地全体(着工前)

3. 全体工程及び仮設計画

工事エリアのすぐ北側と東側には、既存の看護師寮、北西の角には、看護学校がある為、仮囲いの四方を第三者が常に通行する状態であり、第三者災害には留意した。

クレーンは西側に配置して、主に西側から揚重する計画とした。地下躯体工事は切梁・構台を設けず、地盤アンカー工法を採用し、揚重には100tトラッククレーンを使用した。地上躯体工事は、120tクローラクレーンを使用し、補助機として50tラフタークレーンを使用する計画とした。

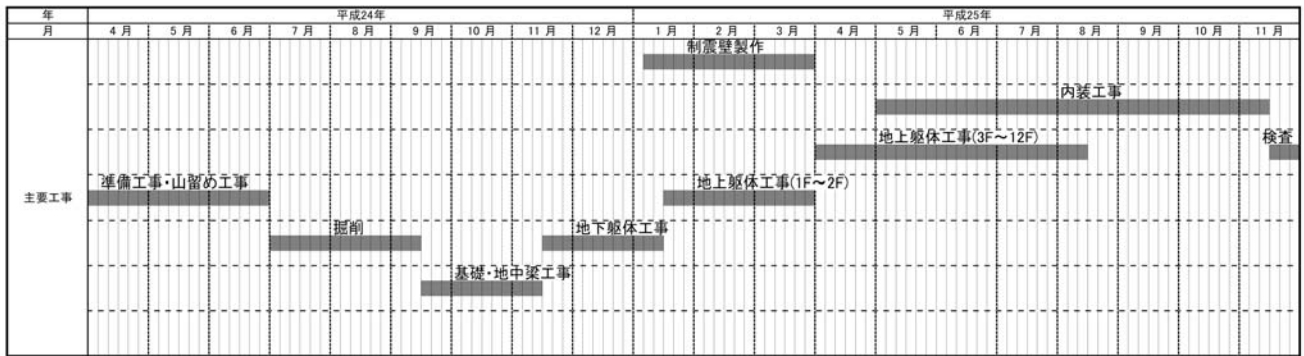


図-1 全体工程(1期工事)

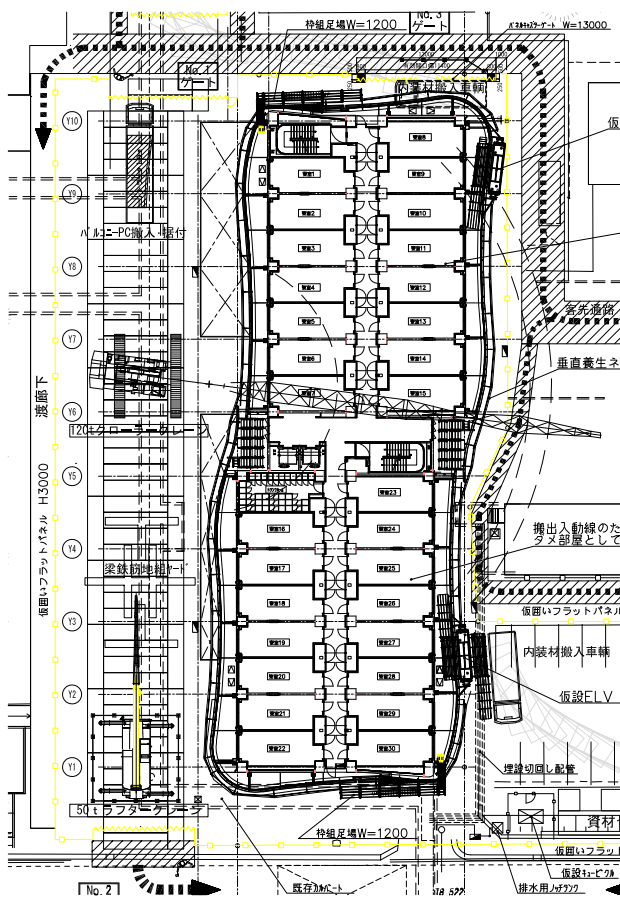


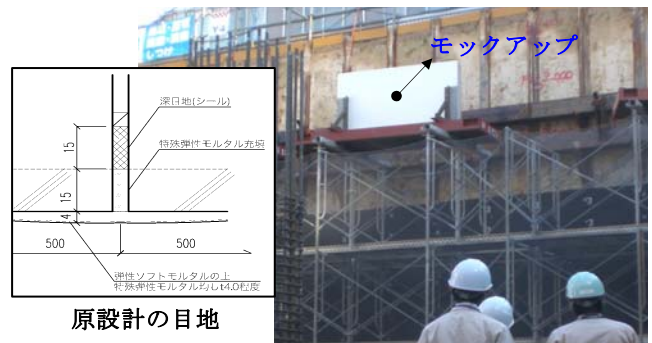
図-2 仮設計画図

4. 曲面バルコニーの改善

4.1 目地仕様の変更と無足場化

PCaバルコニーの無足場化に向けて、問題となったのが、原設計における目地の仕様であった。

目地を見せない(写真-3)一体感のあるなめらかな曲線をファサードとした設計であったが、モックアップによる検討を行い、目地シーンを現す納まりに変更した事により、PCa工場での吹付タイル先行吹きが可能となり、当初より懸念されていた曲面に合わせて架設する外部足場をなくし、垂直養生のみとする事が出来た。



原設計の目地

写真-3 モックアップ

4.2 バルコニー施工計画

バルコニーPCaの揚重は、西側のクローラークレーンを使用し、すべて西側から取り付けを行った。

バルコニーPCaの1ピース当りの最大重量は7tで、基準階で26ピースに分割した。

外周部が曲線を描いている為、取り付けには高い施工精度が要求されたが、取り付け精度調整用の専用金物を使用し、時間をかけずに入出りの調整が可能となった。

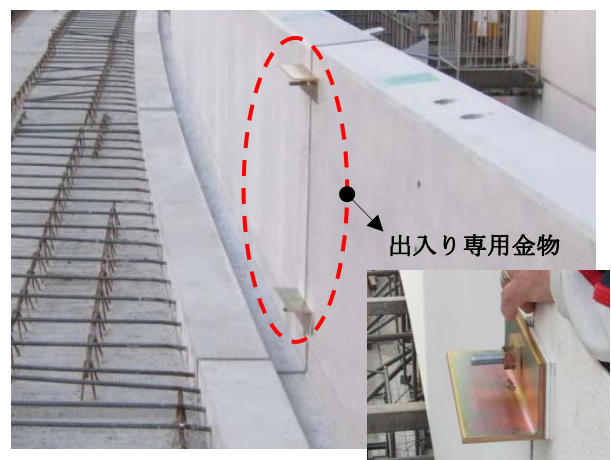


写真-4 出入り調整専用金物



写真-5 取り付け状況

外部側を、PCa 工場で先行吹きとする事により、現場取り付け後の外部作業は、目地シーリングのみとする事ができた。外部垂直養生は、以下の条件を考慮して計画した。

- ・曲線に合わせなければならない。
- ・バルコニー天端に、トップレールがある。
- ・できるだけ、後施工を無くする。

検討の結果、物干金物用のインサートを利用した専用のブラケットを製作して、PCa 取り付け後すぐに垂直養生ネット架設する事を可能とした。



写真-7 垂直養生用ブラケット

4.3 その他の改善と反省点

原設計では、バルコニーの中央部に側溝を設ける形状であったが、側溝位置を先端に変更し、PCa 工場で製作する事で、現場の型枠作業を無くすことが出来た。

反省点としては、PCa 取り付け時の傷や施工中についた汚れ等はタッチアップ塗装を見込んでいたが、部分補修では色ムラとなるため、全面トップコートを塗り直した事が挙げられる。

5. 制震壁の工業化

5.1 PCa 化検討

本建物の2つ目の特徴である制震壁は、界壁の梁下部に吊り下げられ、柱際と下部に構造スリットを入れたRC壁に「シアパネル型ダンパー」と呼ばれる制震デバイス鉄骨を埋め込んだものである。

この壁を設計図通りに在来工法で施工するには、以下の問題点があった。

- ・制震デバイス鉄骨や周囲スリットの固定方法、及び施工精度の確保が難しい
- ・コンクリート打設中の鉄骨の保持ができない
- ・補強筋が多い鉄骨まわりのコンクリート充填不良が懸念される。
- ・型枠工・鉄筋工の歩掛りの低下

これらを総合的に解決するために、PCa 化する事とした。PCa 化の変更提案は、構造の計画変更としない事が条件であったため、コンクリートの打設方法の変更のみとした。PCa 製作は、コスト削減のため、作業所近傍にあるコンクリート2次製品工場において鋼製型枠を製作し、鉄筋は作業所の鉄筋工が組立て、コンクリートも現場打設と同じプラントより出荷する「サイトPCa製作」を採用した。



写真-6 曲面バルコニーの垂直養生

また、原設計は現場打ちコンクリートであるため、PCa化に伴いコンクリート打設後に、移動する事を考慮していないため、脱型後の移動する際に、有害なひび割れを発生させない等の検討が必要であり、施工方法について以下の項目の検討を行った。

- ・ 建起し時のひび割れ防止対策
- ・ 脱型用及び揚重用インサートの位置
- ・ ストック時の枕木の位置
- ・ PCa 建て起し方法

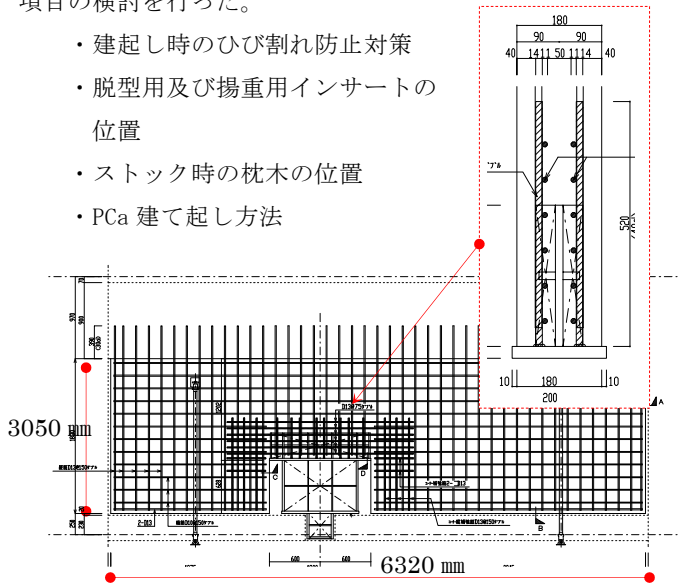


図-3 制震壁製作図

5.2 制震壁試験施工

制震壁製作にあたっては、制震デバイス鉄骨まわりの補強筋が多く、製作工場です平打ちに変更したとしても、鉄骨ウェブ下にはコンクリート充填不良の発生が予測された。

懸念される不具合の改善方法を検討し、実施製作の前に、実大の試験体による打設実験を行い、ワイヤーソーで切断して、以下の改善項目について効果を確認した。

- ・ 鉄筋の位置
- ・ 空気抜き孔の位置
- ・ コンクリート打設手順・方法
- ・ 充填率の確認



写真-8 試験体

実大実験に使用したコンクリートは、設計基準強度 33N/mm² スランプ 18cm として充填性が悪いと思われる配合で行った。打設要領によりホッパーの位置、コンクリート打設スピード、バイブレータのかける方向、かけ方等の項目を、担当社員が、1つ1つ指示を行いながら実施した。

試験後には、試験施工で確認した手順を工場作業員に周知させるため、打設の注意点を細かく記載したマニュアルを作成し工場に掲示する事で、製品の品質確保を図った。

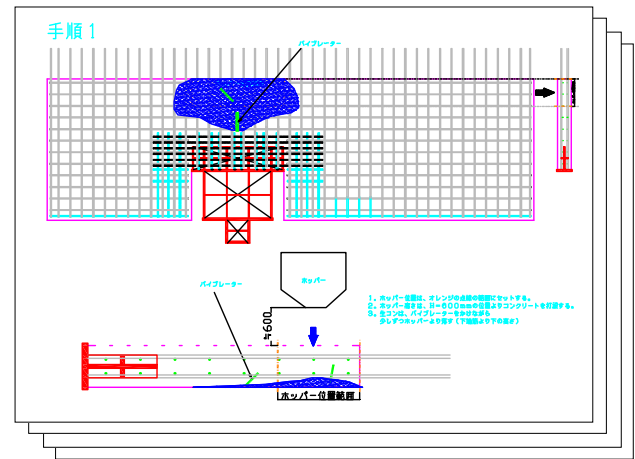


図-4 打設手順図マニュアル

脱型後に充填率の確認を行うため、試験体を XY 方向に 1列ずつワイヤーソーにより切断し(図-3)、断面を目視確認した。いずれも大きな空隙はなく、充填率は 95%を上回っており、良好な結果が得られた。



写真-9 切断面

5.3 制震壁 PCa 製作

試験の結果から、いくつかの改善を加えて構造設計者の承認を得て製作要領を決定した。

- ① デバイス鉄骨まわりの定着筋を除き、メッシュ筋を鉄筋工の加工場で製作し、壁配筋の簡略化を図った。
- ② 毎日現場担当社員が工場にてコンクリート打設前に、

配筋検査・型枠検査とフレッシュコンクリート検査を実施した。

- ③ コンクリート打設は、担当社員が立会指導した。
製作は、1ピース/日 合計56ピース 延3か月で完了した。



写真-10 デバイス設置前

5.4 建て方計画

PCaの建て方は120tクローラークレーンを使用し、専用吊治具を使用して相番機なしで、建起しを行う計画とした。

制震壁PCa取り付け前に、あらかじめPCaの立ち上がりのコンクリートを打設し、固定用金物をセットした。

PCaの取り付け手順は、以下の通りである。

- ① PCa壁建て起し(車上)
天秤・チェーンブロックを併用し相番機なし
- ② PCa壁揚重
- ③ セット
- ④ PCa壁出入り調整
調整用金物のボルトを使用して、出入りの調整、ボルト締め
- ⑤ PCa壁建て入れ調整
下げ振りを使用しインクサポートで建て入れを調整
- ⑥ PCa壁レベル調整
最後に躯体と鉄骨のクリアランスを調整



写真-11 建起し状況



写真-12 揚重



写真-13 調整用金物



写真-14 セット状況



写真-15 出入り確認



写真-16 建て入れ確認



写真-17 レベル調整



写真-18 取付け完了



写真-19 後施工状況



写真-20 梁型枠内定着筋

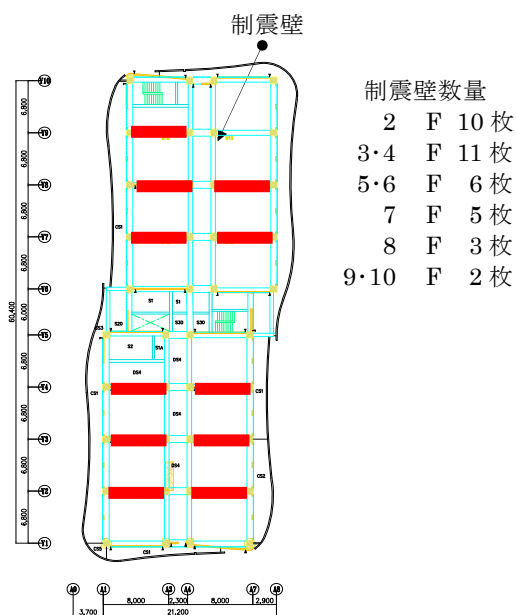


図-5 3F制震壁KEYプラン

5.5 工業化による効果

在来工法では、施工時間がかかる制震壁設置箇所が階数や工区により異なるため、工区により施工日数の変動が考えられた。そのため、躯体サイクル工程の計画が難しかったが、PCa化する事で施工時間の短縮と、労務の偏りを改善し、躯体工事を円滑に進める事が可能となった。

1日の最大取り付け枚数は6枚/1工区であり、1ピース当りの取り付けの所要時間は、約20分程度であった。制震壁取り付け後は、梁型枠を行うだけでよく、2.5日/工区の工期短縮が可能なり、12日/フロアで施工が出来た。

また、制震デバイス鉄骨と壁の接続部分のコンクリート充填が確実にいへ、施工精度も向上した。

6. その他の生産性向上のための改善策例

その他にも、生産性向上のため現場で以下の様々な取組を行った。

- ・地盤アンカー工法を採用
- ・乗り入れ構台無しの地下躯体工事
- ・地下外壁防水をゴムアスファルト防水からシート防水に変更
- ・ピット床型枠に型枠兼用断熱材使用
- ・ファブデッキの段差筋部分をメッシュ筋化
- ・大梁鉄筋ユニットを鉄筋工加工場にて先組み
- ・柱、梁先行地組
- ・柱、梁筋専用吊治具製作
- ・段差、立ち上がりに鋼製枠を使用
- ・鉄骨階段先行建て方



写真-25 柱・梁地組



写真-26 段差メッシュ筋



写真-27 段差鋼製型枠

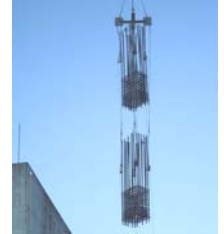


写真-28 柱筋吊治具



写真-29 梁筋吊治具



写真-30 鉄骨階段先行建方

地下工事では、切梁と構台がなかった為、掘削と躯体工事の歩掛が向上した。

柱と梁鉄筋地組や、段差鋼製型枠を使用する事で、鉄筋工と型枠工の労務の平準化が図れた。

無足場化対応としては、内部鉄骨階段を先行建て方し、昇降階段として使用した。

7. 終わりに

当工事ではPCa化、鉄筋先組による省力化、その他改善による労務の平準化を積極的に実施した。労務不足の厳しい時期において、安定した人員の確保につながり、遅延なくサイクル工程を管理する事が出来た。

地上躯体工事では、ファブデッキ採用でありながら、型枠工 13.8 m²/人・日、鉄筋工 1.29t/人・日となり満足する結果を得られたと考える。



写真-21 山留壁シート防水



写真-22 地下躯体工事



写真-23 型枠検討断熱材



写真-24 大梁筋ユニット搬入

18. 居付き減築耐震改修工事における改善

社名: (株)浅沼組

氏名: 西島 庸裕

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	M団地耐震改修工事
(2) 規模(延床面積、階数)	12,385㎡、地上11階
(3) 用途	共同住宅+店舗
(4) 主要構造	SRC造
(5) 建設地	千葉県松戸市
(6) 施工期間	2013年3月～2014年3月
(7) 工事費	330 (百万円)
(8) 設計者	(独)都市再生機構千葉地域支社
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"> 『への字形状』の建物形状に対し、減築(住棟分割)に加えて、構造スリット及び鉄骨ブレースを設置する減築耐震改修であり、未経験の工事だった。 既存躯体の解体を伴う工事であるが、居付き施工であり、居住者に対し、安全や騒音低減への配慮が不可欠だった。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> 施工品質を確保しつつ、居付き居住者の生活環境を著しく損なうことなく無事に工事を終えることを目的として改善に取り組んだ。
(3) 改善概要	<ul style="list-style-type: none"> 入居者の動線を確保するため、既存廊下躯体と既存住戸・バルコニー躯体の減築時期をずらした施工計画を立案し、実施した。 ワイヤーソー、ウォールソーによる既存躯体切断時の大量な水の使用に対し住戸内への漏水が無いよう、仮防水等を施した。 大梁切断後の梁端部の主筋定着筋取り付けについて、研り削減による騒音・振動低減目的で溶接継手を採用した。 切断したコンクリート塊は、現地で小割りせず搬出し、騒音・振動を低減した。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> 居付き住戸内への漏水なく工事を終えることができた。
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> 大梁の研り低減でコストダウンができた。
・D(工期)	—
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> ワイヤーソーやコンクリート塊揚重の作業区画を明確にし、安全に工事を終えることができた。
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> 騒音・振動を低減し、居住者からの大きなクレームなく、工事を終えることができた。
・その他の効果	—

居付き減築耐震改修工事における改善

(株) 浅沼組 東京本店

西島 庸裕

1. はじめに

本工事は、建物中央で桁行方向に 45° 折れ曲がった「への字」の形状をした共同住宅に対する減築耐震改修工事である。

居付き状態の共同住宅において、住棟を二つに分割し、建物形状を整形にする施工事例の極めて少ない減築耐震改修工事であり、その施工上の改善事例について報告する。

2. 工事概要

工事名称	M団地耐震改修工事
工事場所	千葉県松戸市
工期	平成25年3月 ～ 平成26年3月
発注者	独立行政法人都市再生機構千葉地域支社
設計者	独立行政法人都市再生機構千葉地域支社
監理者	株式会社三衛建築設計事務所
用途	共同住宅（減築後190戸）+店舗
構造	SRC造（6階）+RC造
階数	地上11階+PH
建築面積	1,268.19 m ²
延床面積	12,385.40 m ²

- 1) 耐震改修工事 減築工事（住棟分割）、鉄骨ブレース設置工事、スリット工事（廊下側）
- 2) 外壁修繕工事 仮設足場組立・解体等、外壁修繕工事、外壁高圧洗浄工事、外壁・鉄部塗装工事、防水工事、床シート工事
- 3) 玄関扉改修工事
- 4) 住宅内部塗装工事 ほか

3. 建物概要、施工条件

- 1) 地上11階建ての内、1階～6階までがSRC造、7階～PH階がRC造
- 2) 1階が店舗及び駐輪場
- 3) 2階より上階は賃貸住宅
- 4) 建物平面形状は、エレベーターコア部を中心として45°折れ曲がった、への字型

- 5) 下階から上階までほぼ同一形状
- 6) 建物長さが117.4mあり、長大
- 7) 住棟を二つに分割するために、中央のエレベーターコアに隣接する縦一列の住戸を2階～11階にかけて改造(図-1, 写真-1)
- 8) 1階部分はエントランスとなっており、改修後も継続して利用

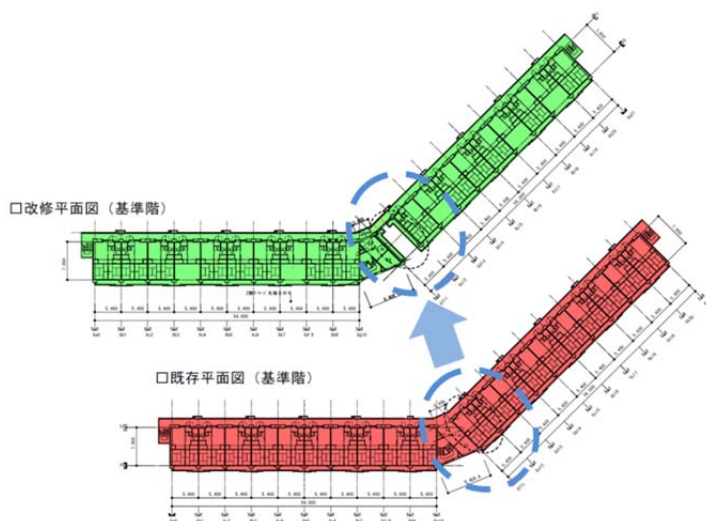


図-1 住棟平面図



写真-1 住棟分割前建物外観

4. 背景と課題

- 1) 減築部分が、2階～11階の既存建物中央のエレベーターコアに隣接する住戸部分であり、居付き改修であるため、入居者のエレベーターコアへの動線を確保する必要があった。
- 2) 居付きの減築耐震改修工事であり、さらに既存躯体解体部直近に住戸があるため、騒音・振動に配慮した施工が求められた。
- 3) 既存躯体解体工事において、ワイヤーソーやウォールソーを使用する場合、多量の水が使用されること、既存建物で屋内となっていた壁面が外壁に変わり、雨掛かりになることに配慮し、隣接住戸への漏水対策が必要であった。
- 4) 原設計における既存大梁解体後の端部処理は、主筋を研り出し、現場曲げ加工を行い、アンカー定着させる計画だった。しかし、そのための研り作業量が多く、騒音・振動が顕著となるため、居付き施工の円滑な工事進捗のためには、騒音・振動を抑制する施工方法の検討が必要であった。

5. 改善策

1) 入居者の動線を確保した工事区画(図-2)

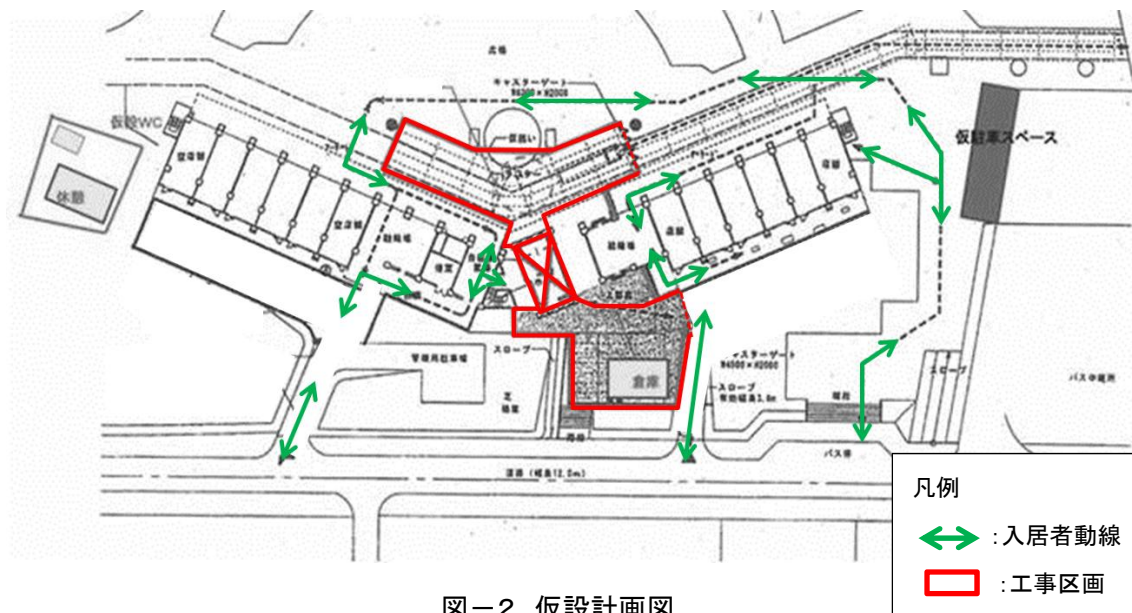


図-2 仮設計画図

2) 入居者の動線を確保したSTEP計画(図-3)

【STEP 1】

- ・ 仮設間仕切り設置、内装解体工事
- ・ 住戸内既存躯体の先行解体工事

【STEP 2】

- ・ 先行解体住戸内に入居者動線切り替え
- ・ 共用廊下床躯体等の解体工事
- ・ 共用廊下EXP. J工事

【STEP 3】

- ・ 新設共用廊下に入居者動線切り替え
- ・ 住戸内の梁床躯体及びバルコニー躯体解体工事

入居者に対し、上記施工段階毎、週毎、工事前に、施工手順と利用可能動線のアナウンスを行うと共に、共用廊下の仮設使用時には、車いす使用が可能なように安全対策の配慮を行った。

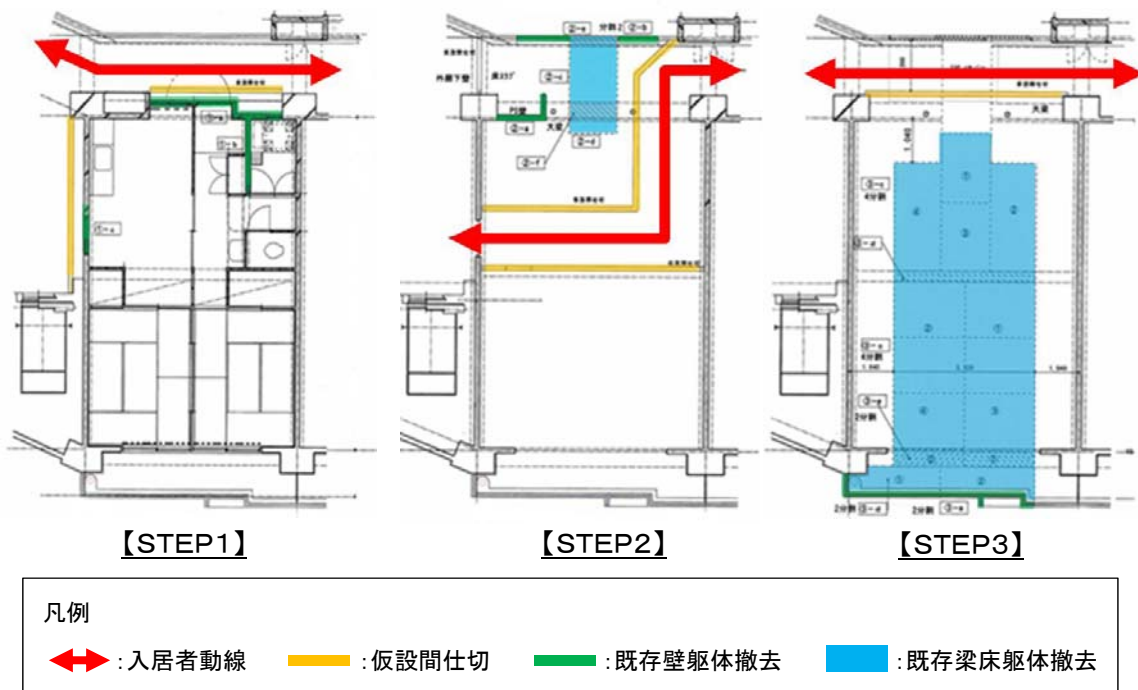


図-3 STEP 図

3) 騒音・振動に配慮した施工

居付き工事であり、さらに既存躯体解体部直近に住戸があるため、騒音・振動に配慮した施工が求められた。その低騒音・低振動のための解体工法として、ワイヤーソー、ウォールソーを選定した。(写真-2, 写真-3)

また、ワイヤーソー、ウォールソーによる解体コンクリート塊は、最大重量が1 t程度になるよう、事前に切断位置を詳細に計画した。これにより、揚重機を小型化し、工事区画を最小化することで、建物外部の入居者動線確保に配慮した。(写真-4, 写真-5)



写真-2
ウォールソー工法による壁解体



写真-3
ワイヤーソー工法による床解体



写真-4
小分割による壁コンクリート塊揚重



写真-5
小分割による床コンクリート塊揚重

4) 隣接住戸への漏水対策

騒音・振動低減の目的から、ワイヤーソー、ウォールソーによる解体工法を選定したものの、既存躯体切断時に多量の水を使用することから、隣接住戸への漏水対策が必要であった。

幸い、最上階の解体スパンの隣接住戸が空き住戸であったことから、ウォールソーによる解体の試験施工を行うことが出来た。その結果、戸境壁躯体切付部に仮防水を施すことで、隣接住戸に対し、切付部からの漏水は防止できたが、アスファルト防水を施してある浴室部分からの水の浸み出しが確認できた。(写真-6)

そこで、浴室廻りの躯体雑壁の解体については、水を使わないハンドクラッシャー工法に変更した。(写真-7)

また、既存床躯体解体後、新規外壁のひび割れ部等からの雨水の漏水が懸念されたため、屋上に仮設屋根を設置し、雨掛かりの養生を行った。(写真-8)

これらの施策により、隣接住戸への漏水を防止した。



写真-6
戸境壁切付部への仮防水



写真-7
**ハンドクラッシャー工法
による雑壁解体**



写真-8
**屋上への仮設屋根設置
(1階からの見上げ)**

5) 大梁端部処理による騒音・振動の低減

既存大梁解体後の端部処理について、低騒音・低振動の主筋研り出しの方法として、コアドリル工法を検討したが、既存鉄筋切断等の品質上の懸念、施工費用の増加の問題からさらに別の施工方法を模索した。

その中で、低騒音・低振動工法による主筋研り出しでなく、研り量を減らすことによる騒音・振動の低減方法として、主筋の溶接継手を検討した。

既存主筋を研り出し、加工済みアンカー筋との溶接継手とすることで、既存主筋の研り出し量が大幅に低減できる。監理者及び構造設計者に承諾を得て、採用することが出来た。(写真-9)

これにより、大梁端部の研り出しの作業量をおよそ1/4に低減し、その作業に伴う時間、居住者への影響を大幅に削減することができた。(図-4)



写真-9
主筋アンカー部の溶接継手

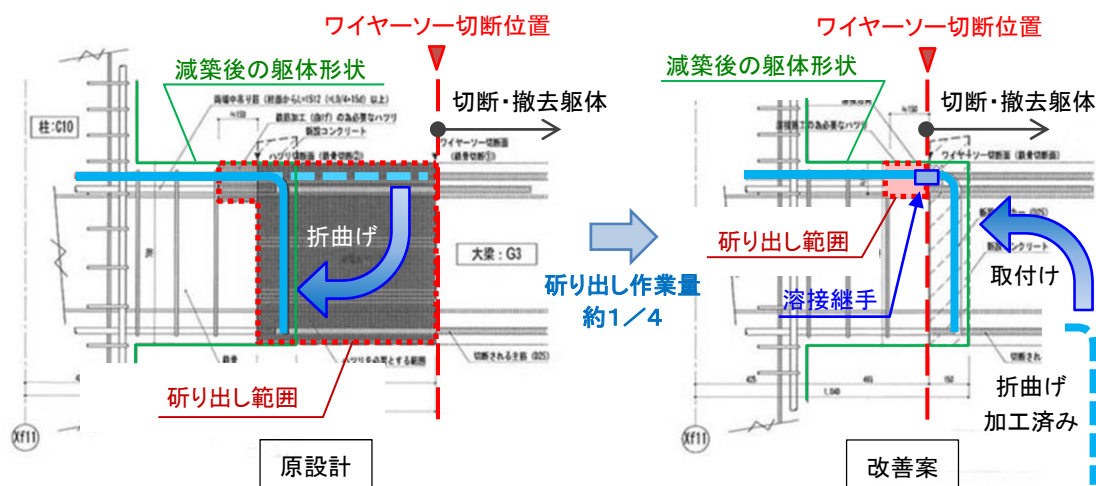


図-4 ワイヤソー切断後の大梁端部の研り出し量の比較

6. まとめ

極めて施工事例の少ない居付き状態の共同住宅における減築耐震改修工事であり、暗中模索で施工上の諸課題への対策案を検討した。それらの計画に対し、試験施工や改善を繰り返し、居付きの入居者への負担及びクレームをなくし、発注者に満足して頂ける商品を提供することができた。(写真-10)



写真-10
減築後の分割部外観

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	東京大学(本郷)総合研究棟(工学部新3号館)施設整備事業
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:26,469㎡、地下1階、地上9階、塔屋1階
(3) 用途	学校校舎(大学)
(4) 主要構造	RC造、一部S造
(5) 建設地	東京都文京区
(6) 施工期間	2011年8月 ~ 2013年8月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	基本設計/実施設計・監理監修:東京大学キャンパス計画室(千葉学)、同施設部 基本設計:(株)佐藤総合計画 基本設計見直し・実施設計/監理:(株)類設計室
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)	・これまでの東京大学キャンパス内の歴史的建物の施設整備は、既存建物に耐震補強をし、外壁を残存する方法で保存されていたが、今回は初めて解体復元する手法をとった。復元の肝となるタイルの製法、施工方法、サッシの材質等は、建設当時のままの復元が困難ため、現代の手法・材質に置き換える必要があった。
(2) 改善の目的	・外装タイル、サッシ等を現代の手法、材質で置き換える手法で「内田ゴシック」を復元し、安田講堂周辺の歴史的景観を保全する。
(3) 改善概要	・3Dスキャナを活用して既存建物外観の各部寸法を記録し、実施設計の検証に活用した。 ・既存建物のタイルを洗浄した状態を見本とすることで、最適なタイル色調を復元した。 ・タイル表面のスクラッチの不均一性を再現できた。 ・サッシ各部の寸法とガラスを見直し、既存建物に近い外観を確保した。 ・サッシ各部の部材及びウインドウラッチを改善し、操作性と安全性を確保した。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・外装タイルは、オリジナルに近い色調(混合率)、模様(ワラビ)を再現できた。 ・窓は既存のデザインを継承しつつ、法規制、強度、使い勝手等の性能を満足させることができた。 ・ウインドラッチ及びピッチの改善により、上げ下げ窓の安全性を確保できた。
・C(コスト)	—
・D(工期)	・3Dスキャナーの活用により、既存建物の図面化が短期間で実施できた。
・S(安全)	—
・E(環境)	—
・その他の効果	・学内に残る「内田ゴシック」を中心とした建築物等の景観がもたらすキャンパスの歴史性を継承する手法として選択肢の一つを示せた。

東京大学「内田ゴシック」の外装復元における品質確保

(株) 安藤・間
山崎 和彦

1. まえがき

東京都文京区。東京大学本郷キャンパス内の工学部3号館は、昭和14年に当時の建築学科教授(営繕課長兼任)で、後に第14代総長となる内田祥三(うちだよしかず)氏の設計により建設された。鉄筋コンクリート造の細いマリオンを生かしたフォルムと、黄土色系を主に、多色のスクラッチタイルで覆われたキャンパス内の建築は「内田ゴシック様式」と呼ばれ、安田講堂を中心に建ち並び、それらが創る景観は歴史経過と独自の意匠により、「東大らしさ」を感じさせる価値を有している。

今回、工学部3号館を建て替えるにあたり、景観による価値を維持・継承するため、外観意匠を復元しつつ、施設規模の拡大と、より高度な研究施設の建設を図ることとなった。キャンパス内でのこれまでの増改築工事は、耐震補強等を行った上で既存建物の一部(主として外壁面)を残す方法が主に採用されてきた経緯があり、解体後に復元するのは今回が初めての試みとなった。

この報告では、今回の復元工事の主要着目点であった外装タイルとアルミサッシについて、主に計画・仕様決定・製作の経緯を記す。

2. 工事概要

工事名称：東京大学(本郷)総合研究棟
(工学部新3号館)施設整備事業
発注者：東京大学
事業者：東大インタラクトPFI株式会社
基本設計/実施設計/監理監修：
東京大学キャンパス計画室(千葉学)、同施設部
基本設計：(株)佐藤総合計画
基本設計見直し・実施設計/監理：(株)類設計室
工期：2011年8月～2013年8月
構造規模：鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)
基礎形式：地盤改良による直接基礎(布基礎)
建築面積：3,933.54㎡
延床面積：26,469.70㎡
最高高さ：39.50m
外装仕上 復元部：せっき質スクラッチタイル
上層部：コンクリート打放し
有孔折板ルーバー

写真-1に新棟完成時の航空写真を、図-1～2に新旧の設計図を抜粋して示す。



写真-1 完成航空写真

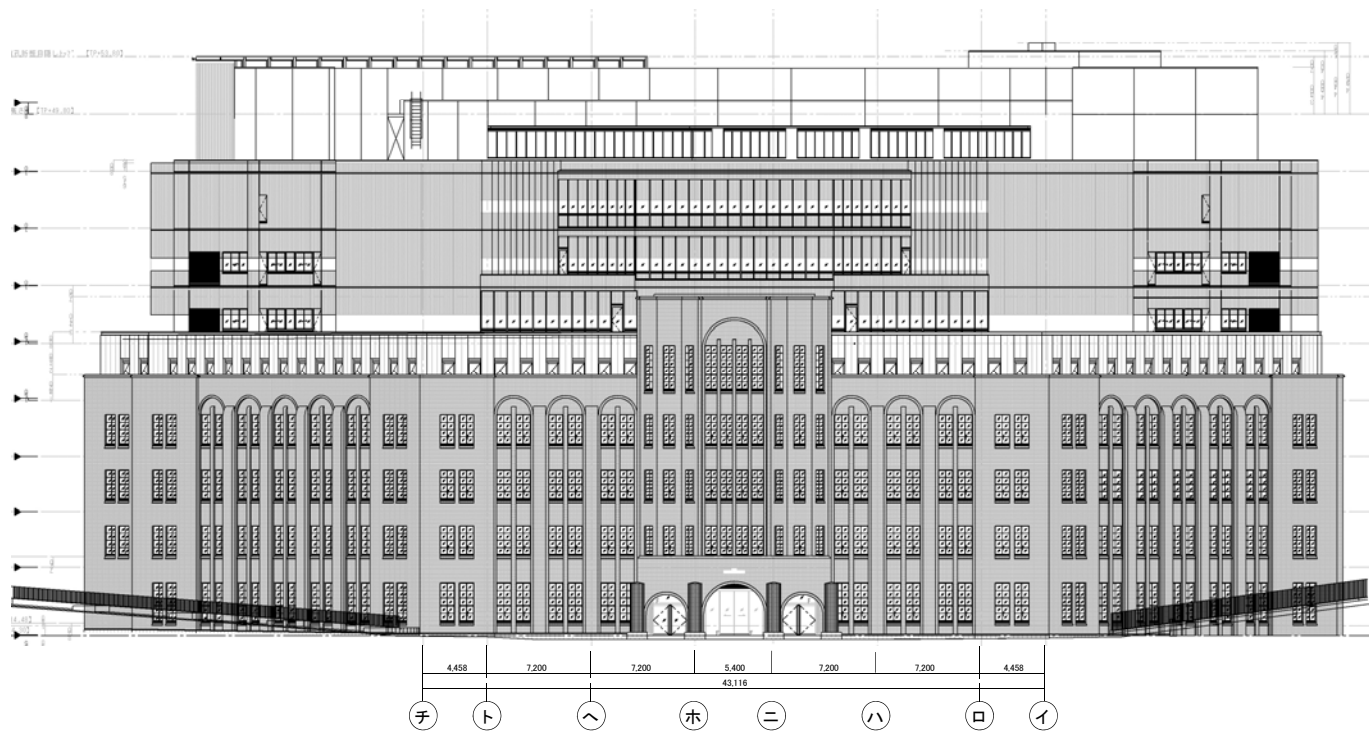
3. 復元の範囲について

復元は旧3号館の外観のみとし、内装全般と中庭に面する外装は含まない。規模の拡大に伴う端部スパンの拡張をはじめ、避難用の外部鉄骨階段の設置、隣接建物連絡部分の形状など、復元からの逸脱は少々ある。また、タイルの製法、施工方法、サッシ等の材質など、建設当時のままの復元が困難なものについては現代の手法・材質で置き換えた。

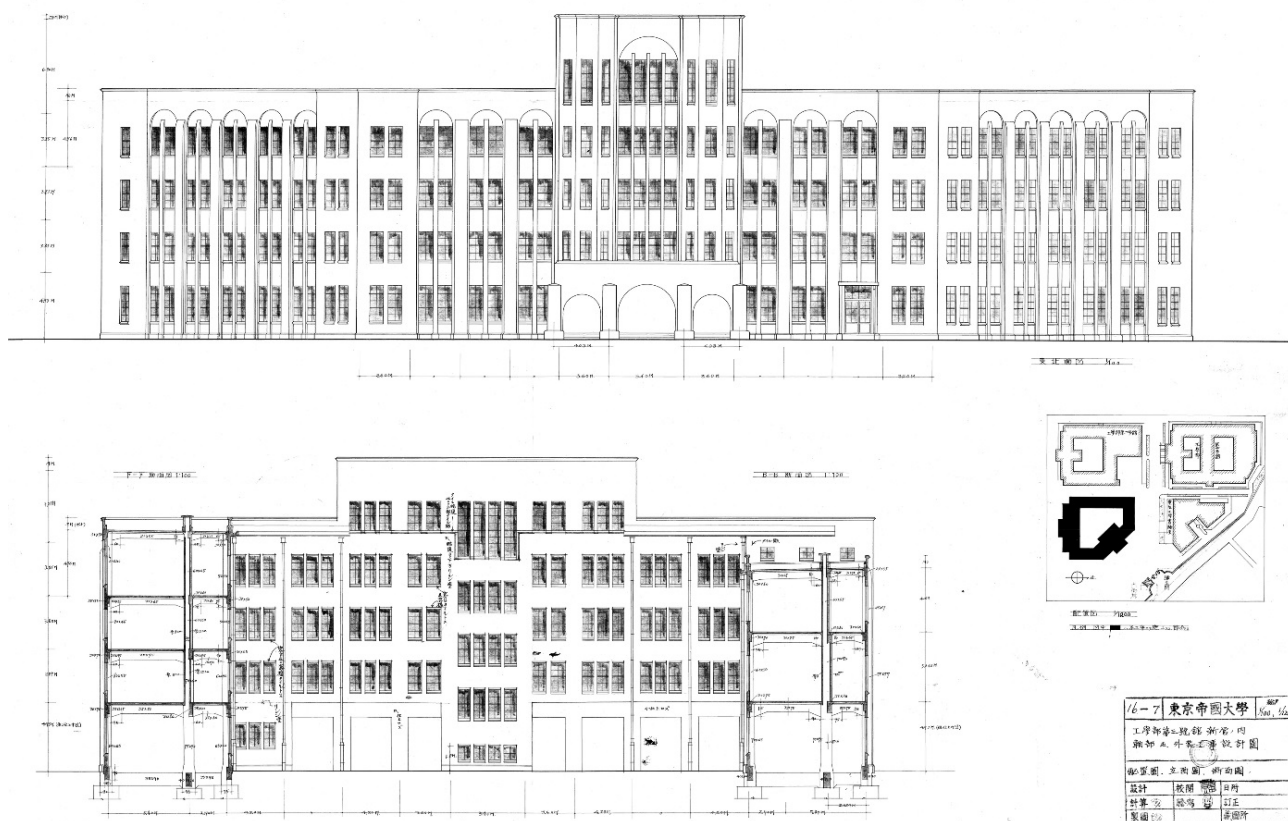
建物規模の拡大に伴い、1階から5階までは既存形状を復元、6階から9階までの上層階は目立たない(出来得る限り空に同化する)素材で形成する必要があった。これは、安田講堂を正面から見た時などに、工学部3号館の上層階の一部が視野に入って歴史的景観を損ねることがないようにするためである。上層階の外装は、打放しコンクリートを有孔折板ルーバーで囲った。ルーバー折板は溶融亜鉛メッキの上、りん酸処理を行い、メッキ仕上のように輝かず、且つ中間色を狙うことで発生する良い色むらで、自然な感じを出そうとするものであった。



写真-2 安田講堂横の通路より



图一 新3号館北東面立面图



图二 旧3号館立面・断面图

写真-2に、正門から安田講堂に向かって左手に足を進めたときに見える新3号館の状況を示す。奥が今回工事の新3号館。手前に並ぶのは工学部2号館で、安田講堂側の一部を残した部分に覆い被さるように建つ12階建ての研究棟。

4. 既存外観のデータ化

旧3号館の解体前に、3Dスキャナを活用して外壁全体をスキャンした。取り込んだデータから正確な立面図を作成し、外観の各部寸法を記録に残すとともに、実施設計の検証に役立てた。

図-3に、データ化された3D図を示す。



図-3 スキャナ点群データ

5. 外装タイルの復元

【タイル工事概要】

材 質：無ゆう外装壁タイルⅡ類
 色 調：特注色
 サイズ：基本平タイル 100×60×15 (mm)
 面 状：スクラッチ面・ワラビ有り
 形 状：長方形
 工 法：密着張り（ビブラート併用）
 下 地：モルヒットエコ 厚塗用 t=9mm

5.1 色調と混合率の決定

タイルの色を決定するに際してターゲットの色をどのように決めるかの議論があった。

- A. 解体直前の色を見本とする。
- B. 割った小口の色などから竣工当時の色を推定、追及する。
- C. 洗浄により可能な限り汚れを落とした状態を見本とする。

A、Bは復元という意味合いでその両極端の選択肢だったが、景観の保護と、10年後20年後のエイジングによる色の変化を体感できる両面を持ち合わせることから、Cの方法で色見本を作成することとなった。洗浄方法は下記の要領を順次試行した。

- ① 高压洗浄のみ
- ② 中性洗剤を使用した高压洗浄
- ③ 塩酸30倍希釈洗浄後に高压洗浄
- ④ 強アルカリ薬品洗浄後に高压洗浄

結果は①、②、③のクリーニングでは、ほとんど効果は見られず、④によって初めて洗浄効果が確認できたため、数箇所の洗浄を行い色見本とした。ま

た、解体時には壁などを部分的に切断して新棟完成まで保存することとした。写真-3に、④による既存タイルの洗浄の状況を示す。



写真-3 既存タイルの洗浄

前項の洗浄作業で得られた色見本を分析し、タイルの色と、各色の構成比を検討。モックアップ見本を数種類作成し、隣接2号館屋上に掲示の上で関係者の了解を得て復元タイルの色調・配色を決定した。

作成したモックアップの掲示状況を写真-4に示す。

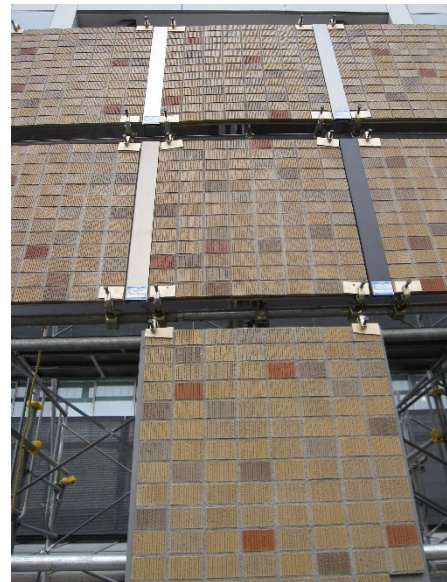


写真-4 タイルモックアップ

タイルの色調は復元の重要な要素であり、見本の決定は時間をかけて慎重に行った。

創建当時の旧3号館のタイルは、メーカーの記録では炭火単窯での酸化焼成だったらしい。当時のターゲットの色は赤、黄土色、灰色、中間色の4色であったが、石炭焼成特有の石炭ガスや硫黄ガスの影響と、単窯であったことでのロット毎の色むらが程よく出ている。

数回に渡る試し焼きの後に決定した色は9色。各色の割合は見本を数種類製作して決定し、各梱包あたりの枚数を決めてタイル製作要領書に反映させた。決定した色は5色であるが、赤いタイル以外の4色は、色むらが出やすい中間色のため、選別工程内でさらに2段階の濃淡に分類してロット毎に偏らないように管理した。なお、現場でランダムに色を散りばめる為に、箱詰めは手作業で無作為に行い、

現場で開封して張り付ける順も箱から無作為に取り出してタイル張りした。

表-1に計画時の各色の生産割合と梱包ごとの各色の枚数、色調を示す。

表-1 タイル色識別表

工程内 品番	原料 品番	比率 (%)	予定数 (枚)	1箱入 数(枚) 計画値	色調	調合イメージ
GB74X GB74Y	GB74	49.0%	263,484	47	黄・灰	GB73から 彩度を落とす
GB73X GB73Y	GB73	34.6%	185,988	33	黄土	基本の黄土色
GB75X GB75Y	GB75	7.7%	41,331	7	黄・濃灰	GB74から 赤みを増す
GB76X GB76Y	GB76	4.8%	25,832	5	茶・灰	GB74から 彩度を落とし濃く
GB71Z	GB71	3.8%	20,665	4	赤	煉瓦色
計	-	100.0%	537,300	96	-	

5.2 赤色タイル数の見直し

タイル張りを開始後、1ブロックを張り終えた時点で、赤色タイルが多い印象を受けたため赤いタイルの割合を再検討した。既存の写真を使用して赤いタイル(と思われるもの)をマーキングする作業は、プリントした紙ベースだと赤と茶の区別が難しく、PCモニター上で行った。検証結果は表-2の通り。

表-2 赤色タイル割合検証結果

再検証	2016枚中、赤60枚	2.85%
見本張り	104枚中、赤4枚	3.84%
箱詰め	96枚中、赤4枚	4.17%

赤色は見本張りを基準にしたため、全体の3.8%で計画していたが、梱包単位では4.17%で、更に多くなってしまっていたことがわかる。

この数字を2.85%に近づけるため、手間をかけて1箱ごとに赤いタイルを間引いた。3箱で8枚の赤が適正(8/3×96=2.78%)であったため、3枚間引きと2枚間引きの箱が1:2の割合となるように現場で梱包をし直し、張り終わっていた部分は同じ割合で赤を他色と張り替えた。小さなモックアップのみでの検証の落とし穴として、手間と手戻りが発生したことは反省すべき点である。

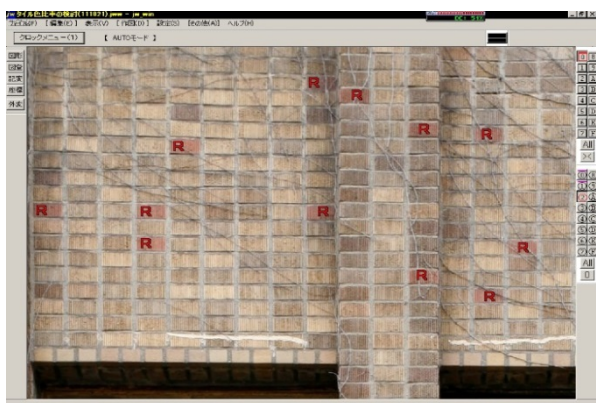


写真-5 作業状況



写真-6 赤色割合の検証2 (エクセルシート)

写真-5、6に、既存写真によるサンプリング作業状況を示す。

5.3 タイルの形状と面状

旧3号館のタイルの形状は w100×h60×t15 の長方形を基本とし、表面を釘で引っ搔いた直線的な模様(スクラッチ)と、引っ搔いた時に発生する“かす”が表面に付着してできる模様(ワラビ)で、独特の深みのある面状をしている。スクラッチも、ワラビも、当時と今の製法自体に大きな違いはないが、製品精度には両者に違いがあると思われる。見た目でもわかるほど歪んでいる当時の形状のバラつきを再現するには、JIS規格を大きく逸脱せねばならず、品質面に照らして製品精度は現在の規格に適応させた。

既存のスクラッチは100mmの幅に14本の溝が刻まれており、深さは1ミリ程度で、等間隔を狙っているようだが、溝一本ごとに間隔・深さのバラつきがあった。復元に当たっては溝本数(釘の数)のみを固定とし、傷をつける釘は意図して均等にしないように割り付けた。ロットごとのバラつきも表現するため、毎日、午前と午後の2回、針を緩めて割付を微妙に変えるよう、作業は工場の職人に一任した。

ワラビ形状についても既存の状態を観察し、針をセットする深さや角度など丁寧に調整して近づけるようにした。成形機から押出された生地は焼成時に歪まないように上下背中合わせの状態、上下両方向からスクラッチ傷を付ける。コンベアに乗る下面と開放される上面の双方のワラビ形状を整えるため、ゴムヘラで押える工程をラインに追加し、押える力を上下で微調整するなど試行を繰り返した。

タイル接着面の裏足形状については、既存のものは100mmの幅に、幅広の欠き込みが2本で、クサビ形状にはなっていなかった。復元タイルについては、100mm幅に5本の裏足(クサビ形状)を設けた。

写真-7、8に新旧の面状比較を、写真-9に成形状況(サンプル試行時)を、図-4に新旧の裏足形状の比較を示す。

5.4 役物タイル

既存解体時に、役物タイルを見本として保存した。役物タイルの詳細図を作る段階において、見本から採寸し、あるいはCAD上で写真をトレースして詳細な寸法を決めた。

役物タイルは一般的な“曲がり”、“まぐさ”、“長もの”をはじめ、特殊形状まで含めると種類は30種ほどとなった。中には型を作らずに手作業で成形したのではないかと思えるような大型の役物もあったが、復元に当たっては、すべて成形機による押出しとし、特殊役物については、接着加工、切断加工を駆使して再現をした。

5.5 目地

旧3号館のタイル目地は、10mm幅のモルタル目地で、当時の建物は皆同じであったと思われるが、伸縮目地、打継目地、サッシ取り合いの止水などの概念がなく、すべてモルタル目地で埋められていた。

構造スリットについては、構造設計時にスリットを設けない設定としており、検討から除外できた。

伸縮目地、打継目地等については、弾性目地材を使用した。サッシ廻りは止水に関する重要な部分という位置づけと、外観に大きな影響を及ぼさないと見なされることから、通常の変性シリコンシーลとした。

- ・タイル目地：ブリックモルタル（特注色）
- ・伸縮目地：弾性目地DS（特注色）
- ・枠廻り：2成分系変性シリコン

5.6 タイル施工

解体時の外壁の断面から、当時のタイルは積上げ張りで張られていたことが分かる。躯体とタイルのあき寸法（張り代）は20mm～40mmであった。工法の違いは外観に現れないため、タイルの施工にあたっては、小口タイルの密着張り（ビブラート併用）工法とした。（タイル張り代：25mm＝下地モルタル8mm＋張付けモルタル2mm＋タイル15mm）目地詰めはタイルのスクラッチに詰まらないように注意しつつチューブで詰めて丁寧に仕上げた。

タイルの引張り試験結果の強度は下記の通り。

【タイル引張り試験強度の新旧比較】

- ・旧3号館 3箇所平均 … 1.62 N/mm²
 - ・新3号館 9箇所平均 … 1.52 N/mm²
- 当時の職人の高度な技量がうかがえる。



写真-7 既存の面状

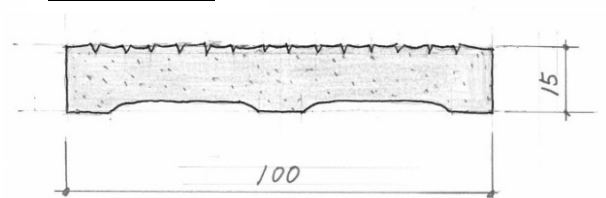


写真-8 復元の面状



写真-9 スクラッチ加工成形状況

既存タイル断面



復元タイル断面

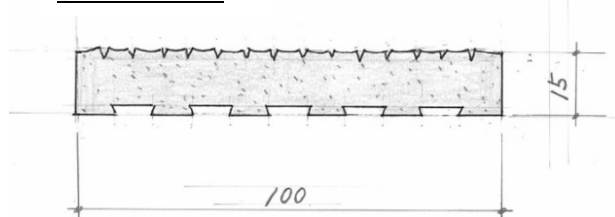


図-4 新旧タイル裏足比較

6. 外装サッシの復元

【復元上げ下げ窓概要】

形状：上げ下げ窓
 材質：アルミニウム合金押出型材 JIS H4100
 表面：陽極酸化塗装皮膜 アルマイトグレー色
 皮膜厚：7～9 μm
 性能：耐風圧：S-5 (2,400PA)
 気密：A-4 (2等級線)
 水密：W-5 (500PA)
 遮音：T-1
 断熱：H-1
 ガラス：複層ガラス 5+A6+5
 上げ下げバランス装置：Y社製
 ウィンドラッチ：A社製 C-838 サッシ同色塗装



写真-10 既存サッシ実測の部分詳細

6.1 上げ下げ窓

タイルと並んで外観の印象を左右する重要な部位が窓である。旧3号館はスチール製の上げ下げ窓で、枠や格子の見付寸法が小さく華奢で繊細な印象を受ける。タイル面から障子枠までの見付寸法は25mm、上下の障子の召し合せ部の見付も同じく25mmで統一されていた。

復元サッシでは、たて枠、上枠とも、だき部分のタイル面からの見付を5mmとし、障子までの寸法を35mmまで小さくした。また、外障子下枠の召し合せ部分の寸法は、気密・水密性確保のために45mmが限界であったが、下枠の内外でガラス押さえ部分の高さを変えることにより35mmまで近づけた。性能を落とさずにスリムな外観を持つ上げ下げ窓とすることができた。

写真-10に既存サッシ実測の部分詳細を、図-5に新旧サッシの断面比較検討図を示す。

6.2 格子形状の検討

既存の上げ下げ窓は、十文字の格子枠で障子を4分割に仕切り、4枚のガラスを入れていたが、今回の復元では、1つの障子に1枚のガラスとし、格子状のモールを後から両面に設置する構造とした。遮音性能と断熱性能向上の観点から、複層ガラスが要求されており、重量のある複層ガラスを細い格子で受けるのは不可能なためであった。

既存の格子枠はガラスから出張った部分で、底辺、高さ共に20mmの尖った三角形断面で、同じ寸法で格子を作ろうとすると、格子の干渉で上下開閉ができなくなる。そこで、よりエッジを強調して見せられるT型の型材を提案して格子の断面が決定した。既存の写真と比べても、細い骨格による繊細さが表現されている。上下可動する障子の重量は33kgある。

写真-11、12に新旧の格子形状、図-6に復元サッシの格子詳細図、写真-13、14にサッシ外観の新旧比較写真を示す。

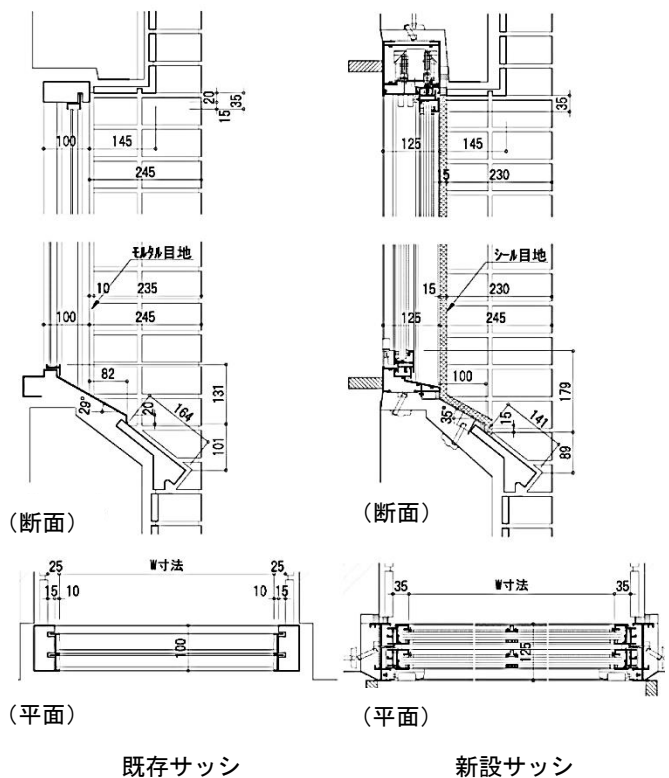


図-5 新旧断面比較

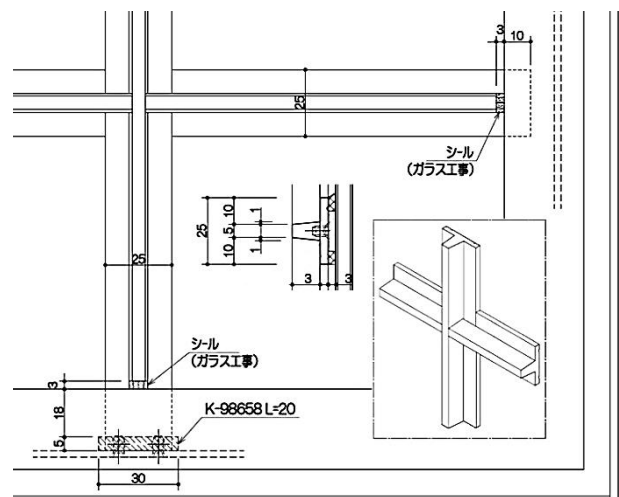


図-6 格子詳細図



写真-11 既存格子



写真-12 復元格子



写真-13 既存上げ下げ窓

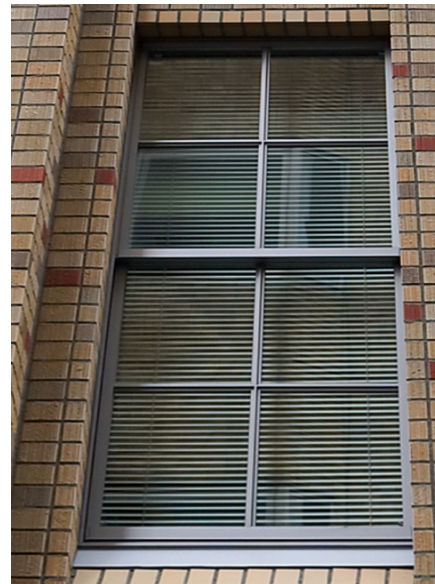


写真-14 復元上げ下げ窓

6.3 性能試験

復元サッシは、新たに型から製作された特注サッシで、製作に先立ち、性能試験を行い各種性能を確認した。三性能（耐風圧、気密、水密）をはじめ、上下可動の繰り返し動作試験、ウィンドラッチの耐衝撃試験を行った。下記に、個々の試験結果を記す。

【試験体】W=1,025、H=2,010、D=125

上げ下げ窓(ガラス入り)

複層ガラス入り (5 + A 6 + 5)

【気密性】JIS A 1515 : 1998 → A - 4 等級適合

【水密性】JIS A 1516 : 1998 → W - 5 等級適合

上下召合せ部より浸水あり。

枠外漏水なしにて合格。

【耐風圧性】JIS A 1517 : 1996 → S - 5 等級適合

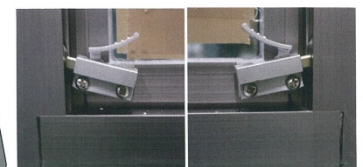
【開閉繰り返し】JIS A 1550 : 2000 → 異常なし (全開・半開) バランサー実装にてワイヤーの耐力も同時に確認。→ 半開試験で10,000回をパス後、16,214回目でワイヤー破断あり。

→ 全開試験途中の6,419回目でワイヤー破断あり。

→ 全開・半開とも想定内にて建物維持管理の引継ぎ事項とする。

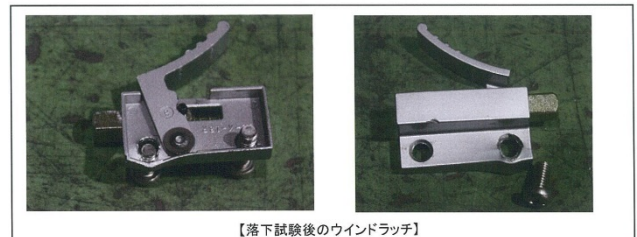
【ラッチ強度】ハーフストローク(H=450)より障子の落下で確認 → ラッチの取付ビスが破断。→ 不合格。要是正処置。

【その他】人力による開閉動作確認において、開閉が重い → 要改善。



落下試験後の様子

【障子落下試験結果】
ウィンドラッチが途中で受けに掛かる事なく最下部まで落下



【落下試験後のウィンドラッチ】

写真-15 ウィンドラッチの安全性確認テスト

以上が各種検査結果の概要であり、開閉が重く感じられる点と、ラッチ取付部分の強度不足の問題が指摘された。ウィンドラッチの安全性確認テストの状況を写真-15に示す。

6.4 開閉時負荷の改良

障子の上げ下げ時の負荷を低減させるために、まず負荷発生を要因を究明した。考えられる原因は下記の3点。

- A. 枠～障子間の摩擦抵抗によるもの。
- B. バランサーの調整不良によるもの。
- C. 障子自体の重量によるもの。

上記のうちCは、障子枠の構成（ガラスの仕様を含めて）を見直すため、現実的でないことから保留とし、A、Bの2点を検証した。

【A. 枠～障子間の摩擦抵抗に関する検証】

枠と障子の接触する部材は、①縦框の摺動片、②下框ガイドローラー、③縦枠AT材の3点があり、各部材をそれぞれ取り外した状態で開閉力を測定し、部品ごとの影響を確認した。（表-3参照）

測定結果から、検討した部品の中で①摺動片の有無が最も大きいと確認できたため、4箇所所の摺動片のうち、上部2箇所を取りやめ、下部2箇所を薄くしたものに変更し、枠との摩擦を少なくしようとした。改良案試作後に開閉力の測定を再度行ったところ、表-3の最下段に示す通り、約25%の低減（103N→77N）が見られた。また、77Nという数値の妥当性については「人間工学基準数値数式便覧（1991年1版）」を参照し、初期動作時の力で女性が出せる力の20%から58%であることが確認でき、スムーズに上下開閉ができることが分かった。

図-7に開閉力に影響する要因を、図-8に開閉力改善案を示す。

【B. バランサーの調整の検証】

巻きバネ式のバランサーの調整は、上げ時と下げ時両者のバランスを取る作業であり、メーカーの出荷時調整で確認済みとのことであったが、念のためにバネの巻き数を、メーカー推奨値である1.75巻きの前段で段階的に変化させてそれぞれの開閉力を測定した。結果は表-4に示すとおり、推奨値の状態が上げ下げのバランスが最も良いことが分かった。

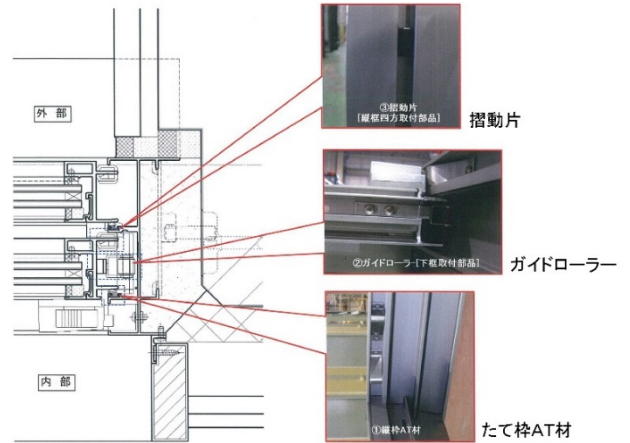


図-7 開閉力に影響する要因

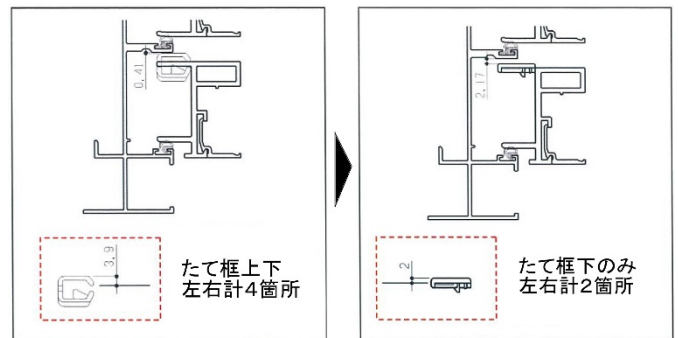


図-8 開閉力改善案

表-3 上げ下げ窓の開閉力測定（ストローク時）

（単位：N）

	1回目 (UP/DOWN)	2回目 (UP/DOWN)	3回目 (UP/DOWN)	4回目 (UP/DOWN)	5回目 (UP/DOWN)	平均値 (UP/DOWN)	備考
改良前 (性能試験時)	104/97	108/103	99/110	105/108	100/98	103/103	
改良案① AT材はずし	88/110	75/93	77/101	71/102	79/94	78/100	三性能に悪化の恐れ
改良案② ガイドローラーはずし	86/111	87/96	81/91	78/83	90/85	84/93	開閉時のガタ付き懸念
改良案③ 上摺動片はずし	88/96	71/81	74/90	75/78	74/77	76/84	
改良案④ 上下摺動片はずし	74/90	72/82	87/83	74/72	75/77	76/83	
採用 下摺動片改良&上部なし	85/73	81/70	76/75	72/79	73/81	77/76	約25%低減

表-4 バランサー巻き数による開閉力変化の測定

（単位：N）

	2.25巻 (UP/DOWN)	2.0巻 (UP/DOWN)	1.75巻 (UP/DOWN)	1.5巻 (UP/DOWN)	1.25巻 (UP/DOWN)
全開・全閉時	100/162	99/143	105/128	111/135	109/117
ストローク時	109/153	98/145	121/117	125/104	118/98

6.5 ウィンドラッチの改善

今回製作した上げ下げ窓においてウィンドラッチ取付の目的は、単に施錠や下がり止めの役割だけでなく、使用回数が増えることで懸念されるバランスワイヤーの切断による事故のリスク回避を、重要な目的のひとつとしていた。

ウィンドラッチの強度不足については、6.3 性能試験の項目で記したもので、**写真-15**に示す通り、400mmの高さから障子を自由落下させる試験を行った時に、ラッチを固定するボルト周囲の枠材、ラッチの双方が変形して安全機構が働かなかったものである。

破損したラッチはA社製の品番DC-K-13で、固定方法はφ4.3mmのボルト2本で取り付けるものだった。この製品に代わるものとしてB社製のC-383タイプへ変更した。前者のものに比べて1サイズ大きなφ5.3mmのボルト3本で固定するもので、高さ300mmからの同様の落下テストに合格した。

ラッチ受けの間隔を現状の400mmから300mm以下になるように数を増やして安全性確保に対応した。

図-9にウィンドラッチの改善概要を示す。

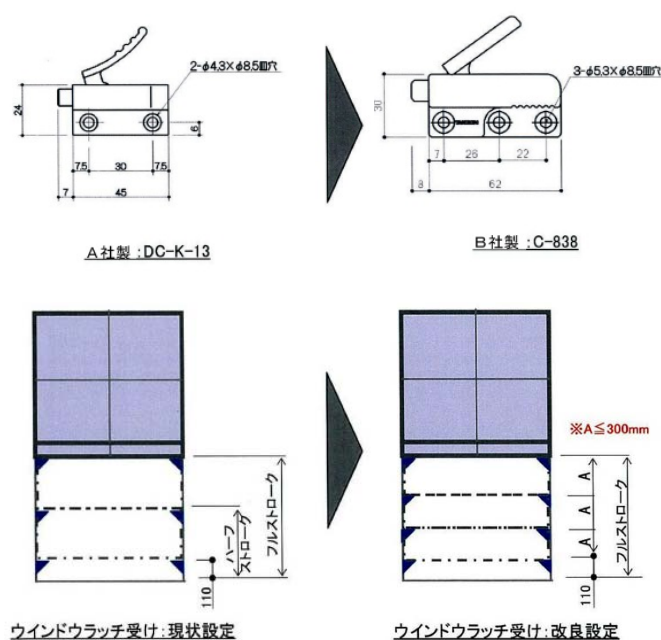


図-9 ウィンドラッチの改良

7. あとがき

タイル、サッシの復元のほかに、上層部のメッキりん酸仕上げの有孔折板の中間色出しや、工期短縮の為の地下躯体の工業化・PC化など、様々な試みを実践した物件でした。

足場がなくなって外装全体を眺めてみると、旧建物に比べて格段に面精度がよく、陽が当たると特に見た目の平滑度が増します。計画の通りとはいえ、旧外観の“程よくあばれた表面”は表現し得ませんでした。しかし、設計者の内田教授も、当時のタイル職人も、目指した仕上げは、きっとこれではなかったのか、現在の新3号館を見たら贅辞を送ってくれるのではないかと感じます。何を復元するのか、どこまで復元するのか、考えさせられたプロジェクトでした。

最後になりましたが、この工事に関して多大なお力添えをいただきました社内外の皆様には、この場を借りてお礼を申し上げます。



写真-16 既存外観



写真-17 復元外観

20. 免震レトロフィット施工時における 既存躯体への変形抑制対策

社名:西松建設(株)

氏名:藤原 哲彦

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	税務大学校東京研修所学寮棟建築改修その他工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:10,760㎡、地上7階
(3) 用途	学生寮
(4) 主要構造	RC造
(5) 建設地	千葉県船橋市
(6) 施工期間	2010年12月～2014年12月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	国土交通省 関東地方整備局 営繕部、(株)あい設計
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)	・既存建物の耐震性能を向上させる免震レトロフィット工事では、種類の異なる免震装置を組み合わせて使用した場合、免震装置の縮み量の違いから、ジャッキダウン後に各基礎間で相対変位が発生し、上部既存躯体に有害な変位が発生する。
(2) 改善の目的	・既存建物への有害な変位を抑制する。
(3) 改善概要	・上部アンカープレートと免震装置の間に各装置の縮み量の最も大きい装置を基準とした、縮み量の差に相当する隙間を設けて、上部免震基礎を構築後、上部既存躯体の沈下量を均等にし、ジャッキダウンを行った。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・目標の相対変位角以内でジャッキダウンすることができ、上部既存躯体への有害な変位を抑制できた。
・C(コスト)	—
・D(工期)	・ジャッキダウンの工事期間を約1ヵ月短縮した。
・S(安全)	・免震化切替期間が短くなり、切替期間中の地震発生時の安全性が向上した。
・E(環境)	—
・その他の効果	・ジャッキダウン時の作業性及び品質管理が簡素化された。

免震レトロフィット施工時における既存躯体への変形抑制対策

西松建設株式会社 関東建築支社
藤原 哲彦

要 約

既存建物の耐震性能を向上させる免震レトロフィット工事において、種類の異なる免震装置を組み合わせで使用した場合に、ジャッキダウン後の免震装置鉛直剛性の違いから各基礎間で相対変位が発生し、上部既存躯体に有害な影響を与える可能性がある。

当工事において、ジャッキダウン時に各免震装置上部既存躯体の沈下量を均等にして、相対変位を抑制し上部既存躯体への有害な変形発生を低減する手法を確立した。

具体的には上部アンカープレートと免震装置の間に各装置の縮み量の差に相当する隙間を設けて、上部免震基礎を構築後、ジャッキダウンすることで上記の問題を解決した。

本報告では、実際の工事に当該技術を採用した計画と実施結果を報告する。

§ 1. はじめに

税務大学校は、国家公務員として採用された税務職員に対して必要な研修を行う機関である。公共建築物の耐震化の促進が求められる昨今、ここ税務大学校東京研修所についても耐震診断が行われ、その結果耐震性が不足していると判断された。本建物は1年を通して研修生たちの宿泊・生活の場として使用されている。本工事は建物を使用しながら免震化させる、免震レトロフィット工事である。

本工事において課題となった鉛直剛性の異なる3種類の免震装置に既存建物の荷重を移行させるジャッキダウン完了後に、各基礎の相対鉛直変位の発生が懸念された。この課題を解決するために実施した免震装置種類毎の縮みの違いによる相対変位の発生抑制対策について報告するものである。



写真-1 建物全景

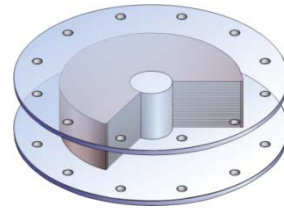


写真-2 免震層全景

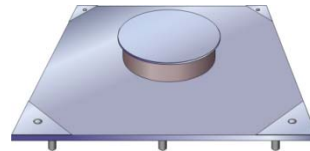
§ 2. 工事概要

対象建物は、地下階のない地上7階の鉄筋コンクリート造建物で、架構形式は、X方向がラーメン構造（B・D棟は耐震壁付）、Y方向が耐震壁付ラーメン構造である。1階床上部でEXP.Jを介して5棟に分かれているが、1階レベルで一体であるため、既存基礎梁下部に新たに耐圧版をもうけ、基礎とのあいだに免震装置を設置し、建物全体を免震化する基礎免震形式を採用している。

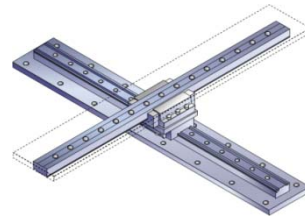
- ・ 工事名：税務大学校東京研修所学寮棟建築改修その他工事
- ・ 発注者：国土交通省 関東地方整備局
- ・ 設計者：国土交通省 関東地方整備局 営繕部
株式会社 あい設計
- ・ 工事監理：国土交通省 関東地方整備局 東京第二営繕事務所
株式会社 あい設計
- ・ 工事場所：千葉県船橋市
- ・ 工事工期：平成22年12月23日～平成26年12月25日
- ・ 用途：寄宿舍（学寮棟）
- ・ 延床面積：10,760㎡
- ・ 建物高さ：29.9m
- ・ 構造種別：鉄筋コンクリート造
- ・ 階数：地上7階PH2階
- ・ 竣工：昭和47年



鉛プラグ入り積層ゴム支承 (LRB)



弾性すべり支承 (SR)



十字型直動転がり支承 (CLB)

写真-3 免震装置

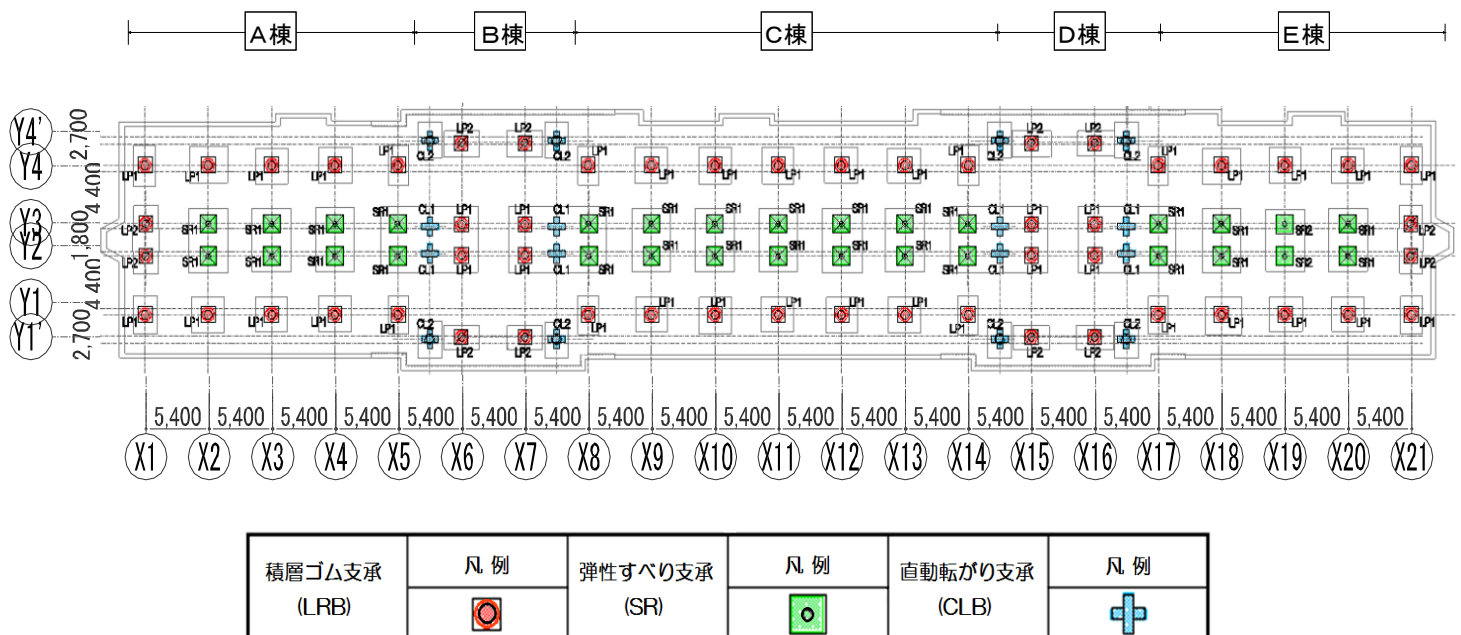


図-1 免震装置配置図

§ 3. 施工の課題及び相対変位抑制対策

3-1 施工の課題

免震装置には、上部構造と下部構造との縁を切る絶縁機能、上部構造を支える支持機能、揺れを減衰させる減衰機能、地震がおさまった後に上部構造を元の位置に戻す復元機能が求められる。これらの機能を備えるべく、免震建物は、一般的に種類が異なる2以上の免震装置を組み合わせで使用している。（表-1）

免震レトロフィット工事では、基礎下に設けられた仮受けジャッキにより建物荷重を保持した後、基礎下躯体構築、免震装置設置、既存基礎と免震装置間の躯体構築後、ジャッキダウンを行う。

そのなかで課題となるのが、上部構造による荷重を仮受けジャッキから免震装置へ移し変えていく際に、上部構造体に有害な変形を発生させないように、上部構造の鉛直方向への変位量（鉛直変位量）を均一に保つことである。

一方で、免震装置のもつ剛性の差や、免震装置が分担支持する上部構造の荷重の違い等が原因となり、ジャッキダウン後の免震装置の鉛直変位量を一様に保つことは簡単ではない。

3-2 従来技術

設置する免震装置によって予測される縮み量をもとに、免震装置の設置レベルを決めて免震キャピタルグラウトの厚みで調整する方法がある。（特開 2003-097087 号公報参照）

また、免震装置にプレストレスを加えた状態で設置し、上部構造と免震装置を連結した後に、プレストレスを解放する技術も提案されている。（特開平10-280705号公報参照）

しかし、すべり支承や転がり支承を免震装置として使用する場合、これらの装置は鉛直変位量が小さく、グラウトの厚みを増減して調整する方法や、プレストレスを加えて設置前に変形を与える方法を適用することが困難であった。

当現場でも当初は、抑制対策として、縮み量の大きい積層ゴムのみ先行して上部免震キャピタルを構築し、積層ゴムを基準とした場合の他、2種免震装置との縮み量の差分（1.0～1.4mm）を全体ジャッキダウンさせ、その後に弾性すべり、及び直動転がり支承の上部免震キャピタルを構築し、再び全体ジャッキダウンを計画をしていた。

3-3 免震装置の縮量

ゴムを使用している免震装置は性能にばらつきがあるため、鉛プラグ入り積層ゴム支承・弾性すべり支承については工場にて全数性能試験を実施した。（写真-4）

その結果をもとに各免震装置において設計鉛直荷重が載荷した場合の鉛直変位を算出して3種類の免震装置の予想縮量を設定した。（表-2）

表-1 免震装置性能表

		絶縁機能	支持機能	減衰機能	復元機能	引抜抵抗
	鉛プラグ入り積層ゴム支承	○	○	○	○	×
	弾性すべり支承	○	○	○	×	×
	十字型直動転がり支承	○	○	×	×	○



写真-4 免震装置性能試験状況

表-2 免震装置の予想縮量一覧表

		設定免震装置縮量 (mm)	予想なじみ量 (mm)	設定合計縮量 (mm)	積層ゴムを基準とした縮量の差 (mm)
	積層ゴム支承	2.5	0.5	3.0	
	弾性すべり支承	1.5	0.5	2.0	1.0
	直動転がり支承	1.1	0.5	1.6	1.4

3-4 相対変位抑制対策

免震装置設置時に上部アンカープレートと免震装置の間に鉛プラグ入り積層ゴム支承を基準とした免震部材の縮量の違いの差分（弾性すべり支承→1mm、直動転がり支承→14mm）を仮設プレートと仮設ボルトにて設け、免震上部キャピタルの躯体を構築した。鉛直変位量は、積層ゴムが最も大きく、弾性すべり支承と直動転がり支承と変位量が小さくなる。このため、鉛直変位量が最も大きい積層ゴムには仮設プレートは配置せず、弾性すべり支承、及び直動転がり支承に仮設プレート、及び仮設ボルトを設置する。そうすることで、ジャッキダウン完了後に、免震装置種類毎の縮量の違いによる相対変位の発生を抑制することができる。

(図-2、3、4、5・写真-5、6)

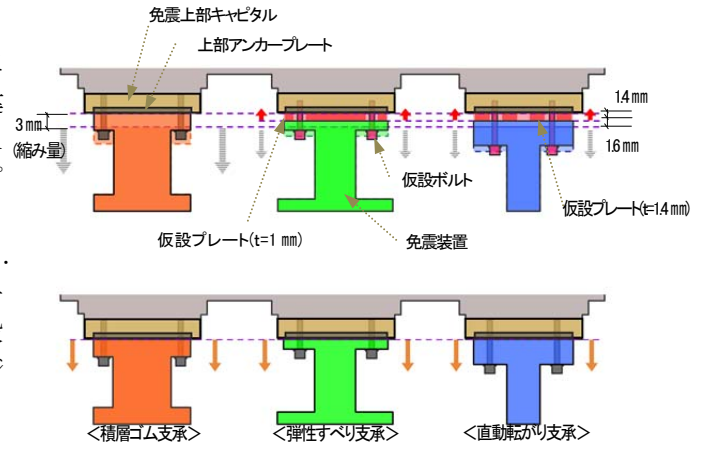


図-2 縮み量を制御する仮設プレートの効果

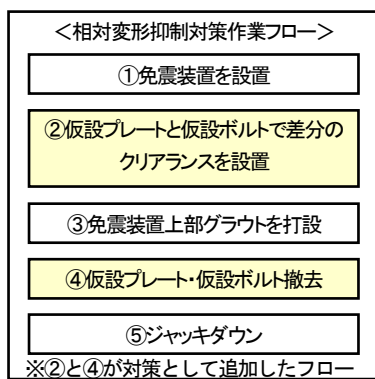


図-3 相対変位抑制対策作業フロー

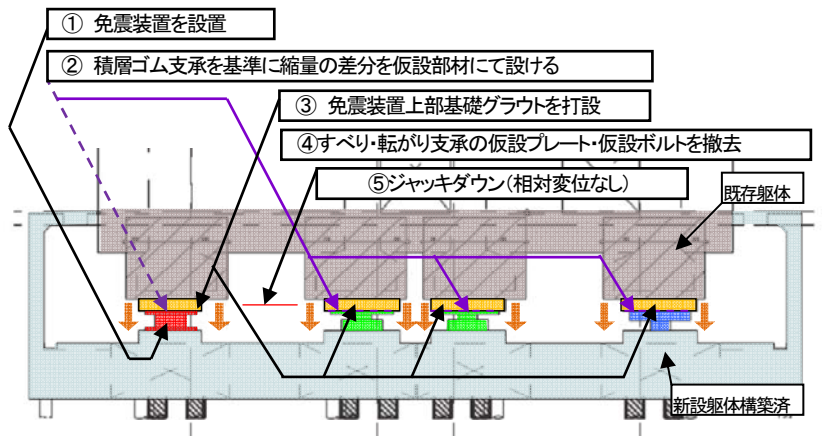


図-4 免震装置の種類による縮み差の制御概略図

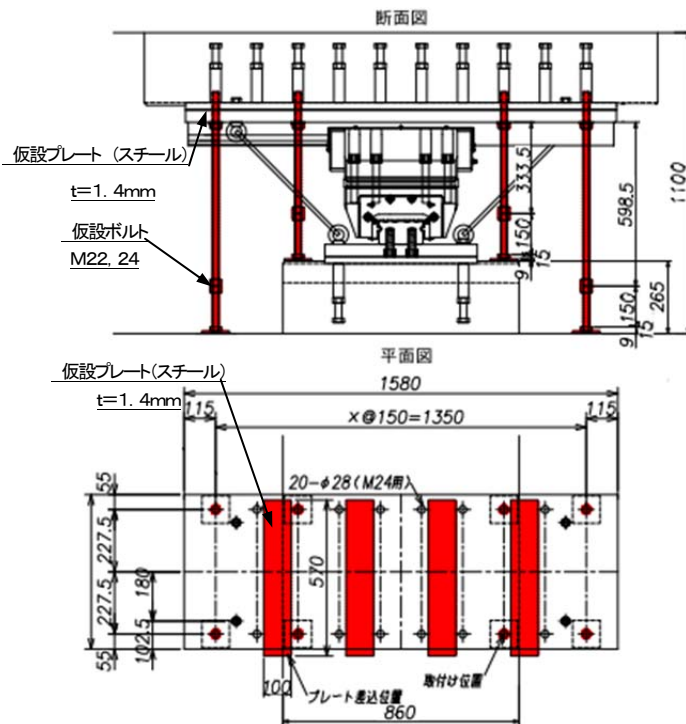


図-5 免震装置プレート設置図 (直動転がり支承)

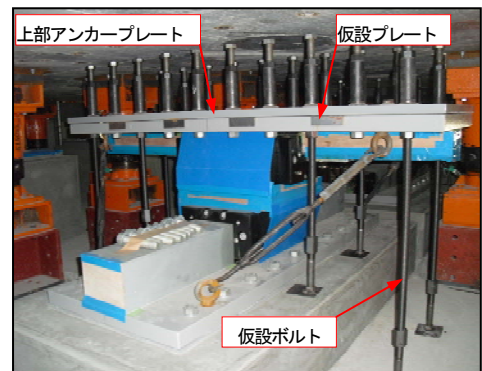


写真-5 直動転がり支承設置状況

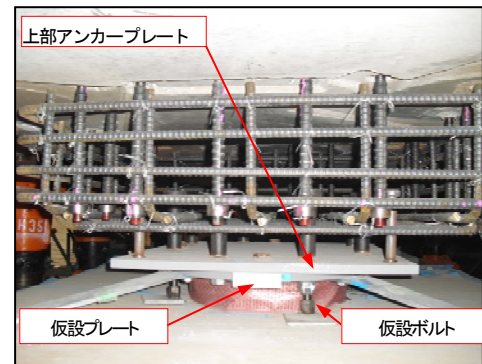


写真-6 弾性すべり支承設置状況

§ 4. ジャッキダウン計画及び施工結果

4-1 ジャッキダウン計画

ジャッキダウンはX通りを1ブロックとして1Stepを1mmとし、図-6のジャッキダウン順序グラフに従って行った。管理方法は免震基礎上下に鉛直変位計及び荷重計を設置して隣接する基礎の変位差の管理値を一次管理値1/4000、二次管理値1/3000（1/2000日本建築学会基準）とした。（表-3・図-6）

表-3 基礎の相対変位差の管理目標と許容値

	一次管理値	二次管理値	許容値	備考
柱スパン	1/4000	1/3000	1/2000	
4400	1.10	1.46	2.20	Y方向
5400	1.35	1.80	2.70	X方向

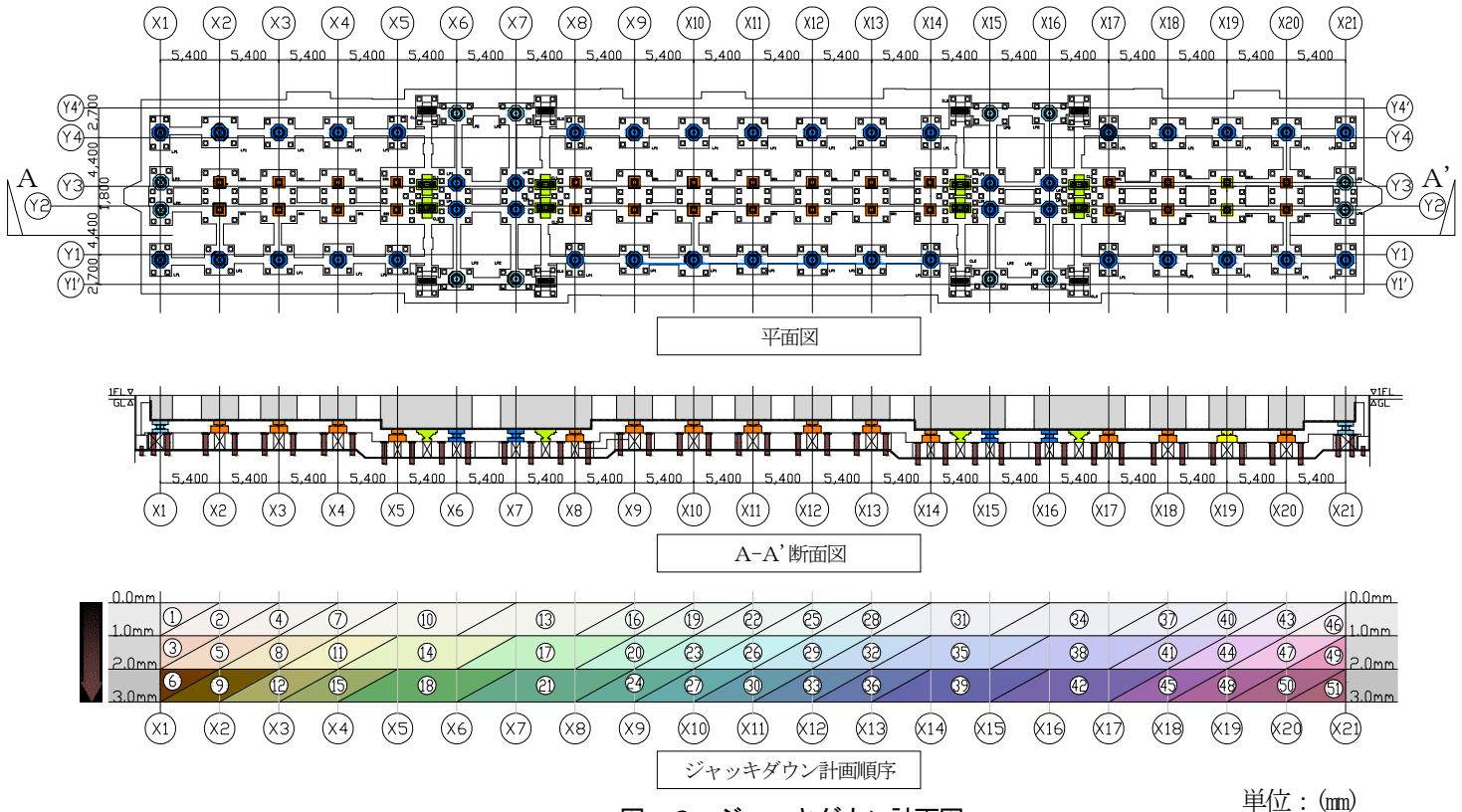


図-6 ジャッキダウン計画図

4-2 ジャッキダウン施工結果

ジャッキダウンはX通りを1ブロックとしてX1通りから行ったがX1～X7通りでは変位量（平均-1.48mm）が予想変位量（-3mm）より小さかったため、計画の3段階ジャッキダウンが1段階で終了した。また、X8～X21通りでは変位量（平均-2.17mm）となりジャッキダウンは2段階となった。（写真-7・図-7）

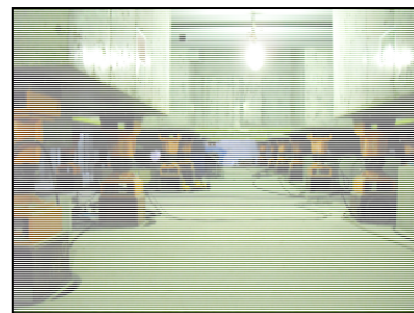


写真-7 ジャッキダウン状況

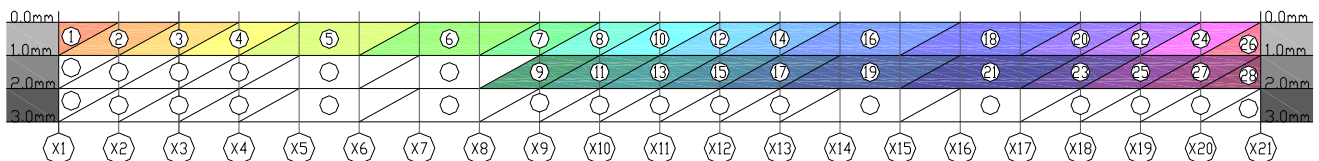


図-7 ジャッキダウン実施順序

X通り間の基礎の相対変位差は、平均で0.27mm(1/53262)となり目標値の一次管理値1.1mm(1/4000)以内で納めることが出来た。

実際の変位量が予想変位量より小さいのでジャッキダウン完了後もマイクロゲージにて積層ゴム支承の手動計測を行った。

その結果、図-8で示すようにジャッキダウン終了時は変位量が小さかったスパン(X1~7)ほど時間経過による変位量が大いことが分かった。全ジャッキダウン後、1~2週間で概ね変位がなくなり、完全に免震装置に移行したと考えられる。(表-5・図-8)

各免震装置の平均沈下量は表-4の通りで、積層ゴムを基準とした各沈下量の差は、0.4mmと0.3mmであり、対策の効果が確認出来た。(表-4)

表-4 沈下量表

		予想沈下量 (mm)	平均実測沈下量 (mm)	積層を基準とした沈下量の差 (mm)
	積層ゴム支承	3	1.8	
	弾性すべり支承	3	2.2	0.4(1.0)
	直動転がり支承	3	2.1	0.3(1.4)

※注 () 内は対策なしの時の予想値

表-5 ジャッキダウン終了時の変位表

	X1	X2	X3	X4	X5	X5-6	X6	X7	X7-8	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X14-15	X15	X16	X16-17	X17	X18	X19	X20	X21
Y4	-0.86	-1.36	-1.04	-1.61	-1.81	-1.69	-1.71	-1.83	-2.01	-1.80	-1.71	-2.18	-2.03	-2.12	-2.11	-2.12	-2.50	-2.45	-2.34	-2.39	-2.16	-2.39	-2.41	-2.31	-2.03
Y3	-0.85	-1.34	-1.31	-2.10	-2.08	-1.86	-1.25	-1.35	-1.78	-1.95	-2.09	-2.96	-2.37	-2.39	-2.38	-2.09	-2.18	-2.05	-2.15	-2.29	-2.22	-2.54	-2.57	-2.61	-2.26
Y2	-0.97	-1.35	-1.15	-2.13	-2.05	-1.75	-1.39	-1.34	-1.85	-1.66	-2.23	-2.76	-2.18	-2.42	-2.31	-2.18	-2.37	-2.06	-2.01	-2.25	-2.27	-2.48	-2.41	-2.53	-2.40
Y1	-1.01	-1.08	-0.85	-1.54	-1.76	-1.98	-1.63	-1.41	-1.68	-1.30	-1.47	-1.70	-1.70	-2.07	-1.61	-1.87	-2.35	-2.16	-2.30	-2.40	-2.18	-2.37	-2.22	-2.16	-2.26

スパン平均 -0.92 -1.28 -1.09 -1.85 -1.93 -1.82 -1.50 -1.48 -1.83 -1.68 -1.88 -2.40 -2.07 -2.25 -2.10 -2.07 -2.35 -2.18 -2.20 -2.33 -2.21 -2.45 -2.40 -2.40 -2.24

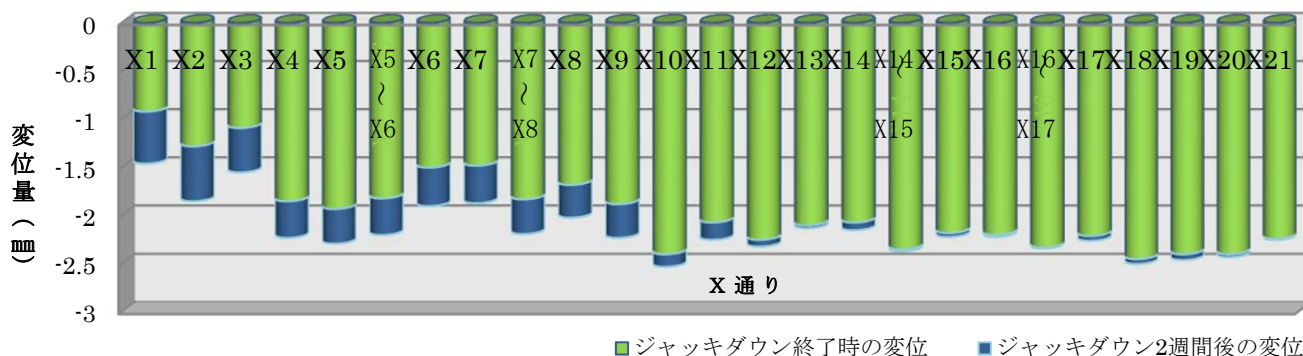


図-8 最終変位量グラフ

§ 5. まとめ

本工事において変位抑制対策をすることによって、下記の改善効果を得ることが出来た。

- ① 目標の相対変位角(1/4000)以内でジャッキダウンすることができ、上部既存躯体への変位発生を低減できた。
- ② 当初の変位抑制対策に比べて、約1ヶ月の工期短縮となった。
- ③ 当初の変位抑制対策に比べて免震化切替期間が短くなり、不安定期間時の安全性が向上した。

§ 6. おわりに

免震レトロフィット工事では、いかに上部既存建物に影響を与えず免震化するかということが重要である。本工事で試みた相対変位抑制対策方法は確実で、作業性もよく品質管理も簡単な汎用性の高い方法であったと考える。

しかしながら、建物の剛性や実際の上部荷重が異なることにより、ジャッキダウン後の変位が計画通りにならない場合もあるので、上部躯体に有害な変形が発生しないように変位計測値を確認しながら目標管理値の相対変形角以内になるよう状況に応じて制御しながらジャッキダウンすることも重要である。本工事で試みた相対変位抑制対策方法が今後の類似工事において一助となることを願っている。

本工事を施工するにあたり、御支援を頂いた皆様に厚く御礼を申し上げます。

技術提案制度専門部会の活動経緯

1.設置時期 : 1983年10月 (発足時名称: VE専門委員会)

2.活動目的 : **【現在】**①公共工事等における総合評価方式入札等の技術提案を伴う諸制度に対する調査・提言。
 ②技術提案活動におけるVE等の価値向上手法の有効活用促進。
【発足時】①公共工事におけるVE提案制度の導入の必要性和実現に伴う問題点の検討。
 ②公共工事におけるVE提案制度の調査・提言。

3.活動実績 : (1)情報の発信・報告書の作成

1984年	VE提案制度の公共工事への適用について
1985年	在日米軍VE提案制度に関する調査報告書 在日米軍基地(三沢)のVE提案制度の実態調査結果
1988年	BCS版VEについて コントラクターの所有する技術活用に関する法的検討(法的検討小委員会)
1989年	VE制度に関する実態調査報告書
1990年	VE特約条項の提案 VE提案活動の建設分野での活用について
1991年	VE提案ケーススタディ報告書
1992年	VE提案制度に関するアンケート報告書
1994年	VE提案制度と活動事例(講習会の実施: 東京・大阪・仙台・福岡・札幌)
1995年	同上 改定版 (同上)
1997年	VE提案に対する報奨制度について
1998年	専門工事業者のVE提案制度 VE提案制度の仕組みと活用
1999年	同上 改定版 BCS-VE情報(第1号)
2000年	公共工事VE提案制度の発注工事別要点集 BCS-VE情報(第2号・第3号) VEアウトソーシング業者名簿
2001年	VE発表事例集(1997年から1999年分の総集編)
)	BCS-VE情報('01:第4号・第5号)('02:第6号・第7号)('03:第8号・第9号)('04:第10号・第11号) ('05:第12号・第13号)('06:第14号・第15号)('07:第16号・第17号)('08:第18号・第19号・第20号) *2009年より、専門部会内部情報・資料とする(「BCS-総合評価方式関連情報」と改称)
	2010年
2011年	<u>日建連-総合評価方式関連情報('11:第1号・第2号・第3号... 2011年11月現在)</u>
1997年	BCS-VE発表会の実施(会場: 東京・大阪・仙台、2回/年実施) *2010年より「VE等施工改善事例発表会」と改称
2000年	第10回建築工事東北ブロック会議で契約後VE事例を紹介
2014年	<u>VE等施工改善事例発表会の実施(会場: 東京・大阪、2回/年実施... 2015年現在継続中)</u>

(2)意見交換した主な機関

- 1)米国政府機関 米国防総省 (建設技術局VE課 ・ 南太平洋区総局座間担当者)
- 2)中央官庁 国土交通省 (大臣官房技術調査課 ・ 大臣官房官庁営繕部営繕計画課 ・ 大臣官房地方厚生課 ・ 大臣官房研究学園都市施設管理企画室 ・ 関東地方整備局 ・ 北陸地方整備局 ・ 近畿地方整備局)
法務省 (大臣官房施設課)
文部科学省 (大臣官房文教施設企画部施設企画課契約情報室)
防衛省 (装備施設局装備施設本部施設計画課 ・ 中国四国防衛局調達部)
- 3)地方自治体 都・府・県 (東京都財務局 ・ 東京都住宅局 ・ 京都府土木建築部 ・ 大阪府住宅まちづくり部 ・ 和歌山県県土整備部)
市 (神戸市住宅局 ・ 福岡市建築局)
- 4)独立行政法人 都市再生機構 (技術・コスト管理室)
- 5)関連団体 日本バリューエンジニアリング協会 ・ 日本土木工業協会 ・ 日本建築家協会
- 6)その他 京都大学工学部建築学教室 ・ 赤坂VE研究所

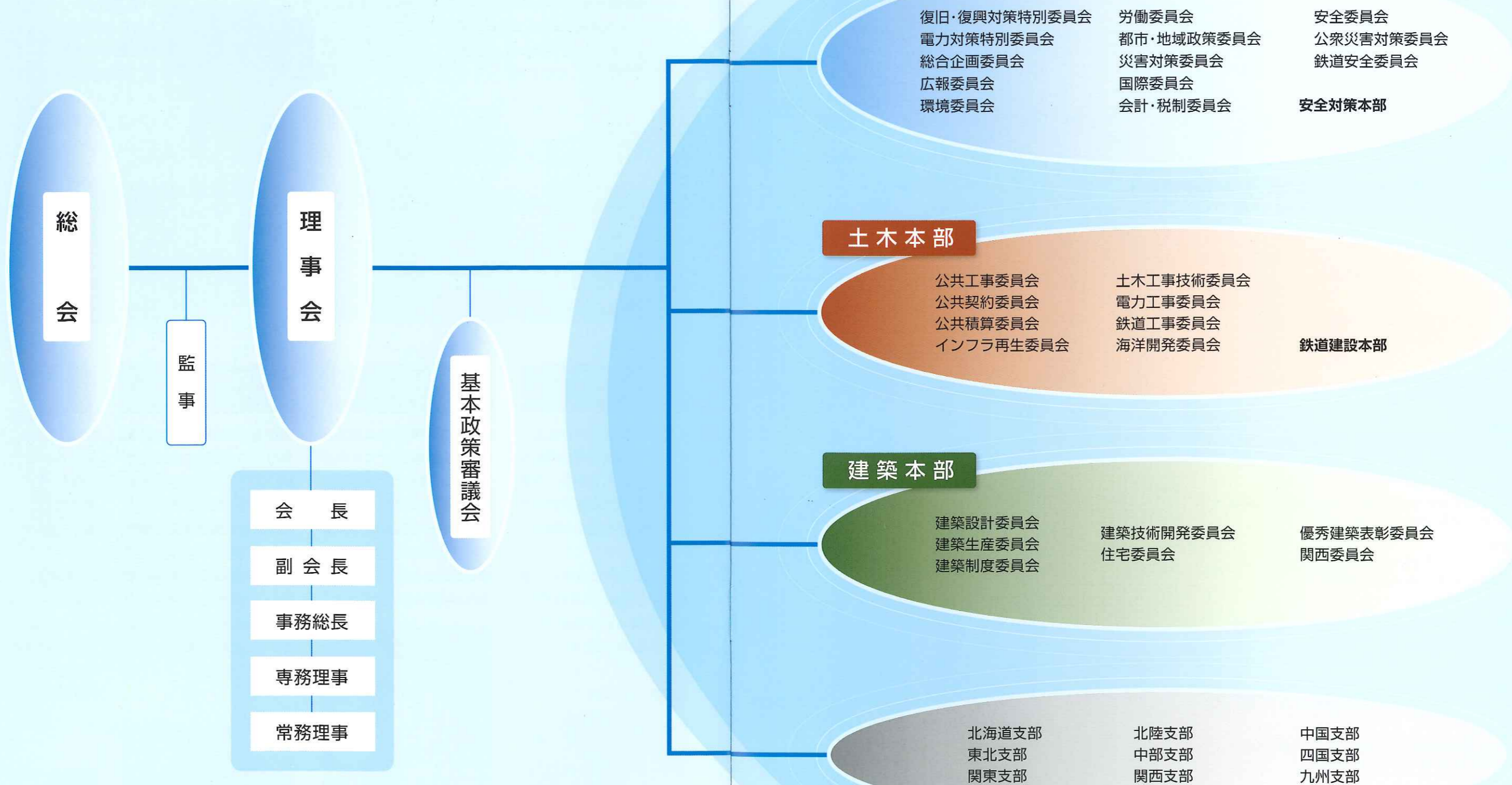
(3)参画・協力・受賞

- 1)神戸市建築コスト低減方策懇談会に参画(1990年～1993年)
- 2)神戸市のVE試行への協力(1990年)
- 3)欧州における公共建築生産方式に関する実態調査(旧建設省)に参加(1993年)
- 4)(財)日本建築センター「バリューエンジニアリングに関する検討委員会」に参加(1993年)
- 5)(財)建築コスト管理システム研究所「公共建築事業実施手法研究会」に参画(1993年)
- 6)(社)日本バリューエンジニアリング協会「VE全国大会フォーラム」への参画(1995年・1996年)
- 7)(財)建築コスト管理システム研究所「公共建築VEの手引き編集委員会」に参画(1998年)
- 8)(財)建築コスト管理システム研究所「公共建築VEの手引き改訂版編集委員会」に参画(2000年)
- 9)(社)日本バリューエンジニアリング協会より「VE特別功績賞」を受賞(2001年)

(4)調査・アンケート等

- 1)外国 在日米空軍三沢基地
- 2)官公庁 旧建設省 ・ 防衛施設庁 ・ 会計検査院
- 3)民間企業 トヨタ ・ JR東日本 ほか

組織 organization



技術提案制度専門部会委員一覧（敬称略・順不同）

[平成 27 年 10 月現在]

主査 加藤 亮一 鹿島建設(株)
副主査 宗永 芳 前田建設工業(株)

[第 1 分科会]

（総合評価制度 適用状況調査担当）

リーダー 本山 一弘 東急建設(株)
サブリーダー 中村 篤 (株)竹中工務店
委員 篠塚 眞樹 (株)安藤・間
中尾 和子 (株)大林組
荒 粂 稔 (株)熊谷組
寺内 康則 (株)鴻池組
高崎 哲哉 五洋建設(株)
新川 兼史 佐藤工業(株)
上中 憲治 大成建設(株)
川上 雄史 (株)フジタ

[第 2 分科会]

（VE等改善事例発表会 企画運営担当）

リーダー 奥山 信博 清水建設(株)
サブリーダー 西尾 浩治 日本国土開発(株)
委員 小林 宏充 (株)浅沼組
米川 隆志 共立建設(株)
野坂 比登志 戸田建設(株)
伊藤 広昭 西松建設(株)
河田 哲治 松井建設(株)
相川 威文 三井住友建設(株)

©一般社団法人 日本建設業連合会（2015 年）

本誌掲載内容の無断転載を禁じます