

7. 清掃工場建替えにおける地下工事の合理化

社名:(株)鴻池組

氏名:小川 雅史

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	光が丘清掃工場建替工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:22,112m ² 、地下2階、地上4階
(3)用途	ごみ焼却所
(4)主要構造	SRC造、一部S造
(5)建設地	東京都練馬区
(6)施工期間	2018年3月～2021年3月
(7)工事費	一
(8)設計者	タクマ・鴻池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"> 解体工事着手前調査に於いて、予期せぬアスベスト残留が確認されたため、新たに2か月の除去工事工程を組込む必要が生じ、厳しい全体工程となった。 病院・住宅に近接した既存のごみ焼却施設の解体と同じ場所に新設する工事のため、近隣環境の影響低減対策が重点的に求められている。 焼却ピット等大深度掘削部と一般地下躯体に段差が多く、地下躯体の施工にあたって解体工事・山留工事・基礎工事等の輻輳作業が懸念された。
(2)改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> 厳しい工期設定の中で、環境に配慮しつつ複雑な地下工事の工期短縮を図るために、施工手順の見直しと合理化工法の採用で対応した。
(3)改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 既存工場全体を覆う負圧密閉型の大型テントによる養生で周辺環境対策とし、解体作業と山留め杭、基礎杭工事までをテント内での併行作業とした。 大深度掘削部分の山留壁に大口径ソイルセメント壁を採用し、山留め支保工には「地盤アンカー工法」を採用し、工区毎の並行作業を可能とした。 地下階の柱、大梁および壁をPCa化し、地下躯体の構築にあたって、先行工区を設け作業の効率化を図った。
(4)改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> PCa化により、RC部の精度向上と密実性における不具合発生を低減した。
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> —
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> 現在地上躯体工事中につき全体工期における短縮効果は未定であるが、地上躯体工事着手を約120日早めることができた。
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> 雨天、強風時における作業性が向上し、危険要素の低減が図れた。
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> 近接する病院、マンション等への防音、防塵や飛散物低減に大きな効果が図れた。
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none"> —

清掃工場建替えにおける地下工事の合理化

株式会社鴻池組 東京本店
小川 雅史

1. はじめに

本件は、清掃工場の老朽化に伴う建替え事業である。

写真-1に2016年に撮影された旧工場解体前の全景を示すが、地域のシンボルである光が丘公園や商業施設、病院、また、多くの集合住宅に囲まれた都市型の清掃工場である。

施工は、解体（土木）・新築（建築）工事を担当するゼネコンと、プラントエンジニアリングメーカーとの異業種JVによって進められている。

工事に際しては、周辺環境に最大限に配慮した施工法が求められたが、過去の東京都における同種案件のなかで、最も短工期の条件で発注された難工事でもあり、受注前の計画段階より、土木・建築・プラント、それぞれの設計・施工担当者により定期的に打合せを行い、環境面や省力化に配慮した構工法を立案した。本報は、それらのなかでも特に注力した、解体と建築工事の取り合い、および地下工事の合理化策について報告する。

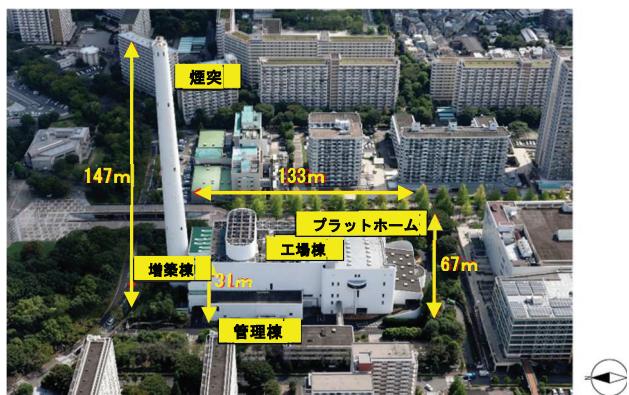


写真-1 解体前の旧工場全景（2016）

2. 工事概要

工事名称 光が丘清掃工場建替え工事
工事場所 東京都練馬区
発注者 東京二十三区清掃一部組合
設計施工 タクマ・鴻池特定建設工事共同企業体
施工形態 分割施工 解体工事：株鴻池組（土木）
新築工事：株鴻池組（建築）
プラント：株タクマ

全体工期 2016年6月～2021年3月

主要用途 ごみ焼却場（焼却能力 300t/日）
建築工事 [工場棟] 地下2階、地上4階/高さ約27m
地下：RC造、地上：SRC造・S造
[煙突] 高さ約150m
RC造外筒・ステンレス製内筒型
[付属施設]
計量棟、洗浄棟ほか
敷地面積：約23,000 m²
建築面積：約7,850 m²
延床面積：約22,000 m²

3. 建物概要

3.1 平面配置

図-1に建物配置図を示す。敷地の北東部分に出入り口を1箇所設け、時計回りに「計量棟」→「プラットフォーム」→「洗車棟」と一方通行で運行する動線で、混雑、場内での交通事故の低減を図っている。

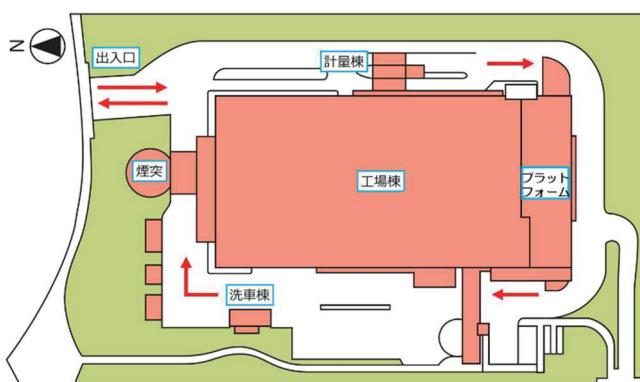


図-1 建物配置

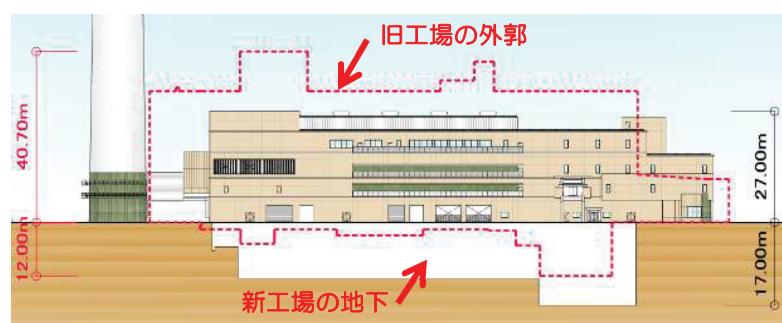


図-2 旧工場との高さ比較

3.2 地域環境へ配慮した外観

図-2に旧工場棟と新工場棟の高さ比較を示す。

新工場棟の高さを、旧工場棟より約10m低く抑えることで、近隣への圧迫感を低減している。

また、周辺環境と調和したデザインや、積極的な緑化などにより地域環境へ配慮した外観となっている（図-3）。

しかし、建物の高さを低く抑えた分、地下の容積が大幅に増大し、工事工程に大きく影響することとなった。



図-3 完成予想パース

3.3 構造形式

新築建物の構造形式（断面図）を図-4に示す。

構造種別は、地下部がRC造（青色）、地上部は大部分がS造だが、清掃工場特有の粉塵・臭気が外部に影響を与える恐れがある部分についてはSRC造としている。煙突高さは約150mで、旧工場の煙突を基礎まで解体した後、新たに杭を打設しRC造の煙突（外筒）を構築する。

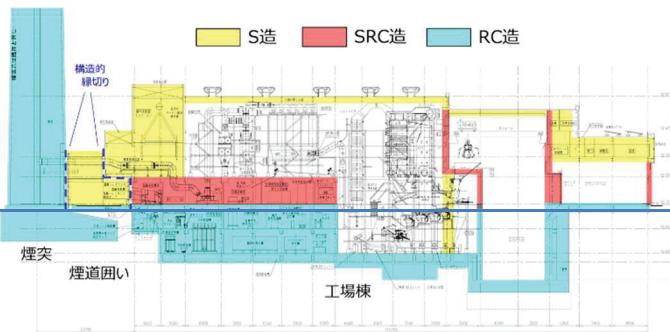


図-4 構造種別（断面図）

4. 工事の背景と問題点

4.1 工事の背景

清掃工場の建替え計画における、近隣施設への粉塵の飛散防止及び騒音・振動の低減対策は、設計段階から重要な課題とされており、特に粉塵の発生が多い、既存の解体工事及び地下躯体工事において、内部を負圧にできる全面を

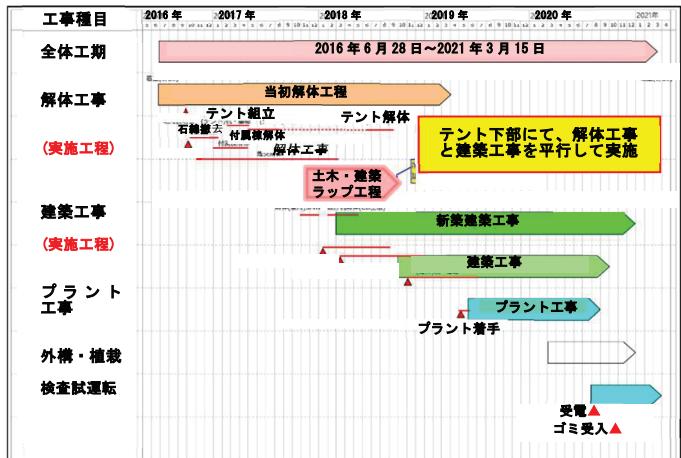


図-5 全体工程表

覆う養生が絶対条件となっていた。

当工事の全体工期は2016年6月着工～2021年3月竣工で、解体からプラントの試運転まで含めて56.5ヶ月になる（図-5）。非常に長い工期ではあるが、解体工事において、建物全体を覆う養生を行う施工条件の場合、全面を覆うテント架設から撤去までに20.5ヶ月の工程が必要となる。

また、竣工・引き渡し前にはプラント施設の試運転に7ヶ月を要するため、2020年7月の受電に向けた建築工程は、厳守しなければならない。以上から建築工事の実質的な工程は約28ヶ月しかなく、非常にタイトな状況となった。

【周辺環境への配慮の背景】

解体工事は、図-6に示す「全覆いテント」で既存工場をすっぽりと覆う工法とする必要がある。テントの仕様は、スパンが約75m、高さが約45mで当時（2018年）、ギネス記録に認定された。内部は大型集じん機で負圧管理を行い、粉塵の飛散抑制・騒音の低減に大きな効果を発揮するが、テントの組立・解体に多くの時間がかかることへの対策が課題となった。

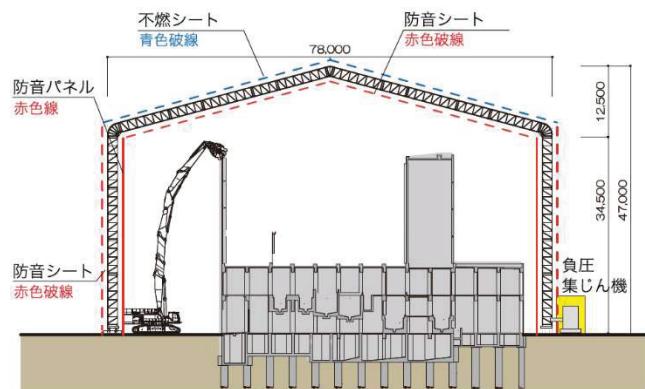


図-6 全覆い大型仮設テント

一般的な清掃工場建屋の解体では、プラント機器を先に搬出し、空っぽになった状態で、躯体解体作業を開始する。

しかし、今回は、全覆いテント内での解体が施工条件であったため、国内最大級（200t）の大型圧碎機をテント内

に配置することができ、プラント機器と旧建屋の一括解体が可能となった(写真-2)。



写真-2 大型圧碎機による解体状況

4.2 解体撤去工事と地下躯体工事における問題点

今回の工事は、全体工期を短縮するだけでなく、プラント機器類の搬入日をマイルストーンとした地下新築躯体の早期構築が必須であり、先行解体の範囲や手順や並行作業の可否および山留工事も含めた合理化工法の採用等を検討し、養生仮設テントの撤去までに、いかに地下工事の工期短縮を図るかに着目した。

地下工事における工程計画上の問題点を以下に挙げる。

- ① 解体工事着手前の調査で、事前想定外のアスベストの残留が発覚し、その除去工事に新たに2ヶ月の工程を要することとなった。
- ② 解体工事にあたっては、既存建物全体を防音・防塵のシートで覆う、自立する大型の仮設テントによる全面養生が施工条件であるため、テントの組立・解体期間を含め、既存棟の地下解体完了までに20ヶ月以上の工程が必要となる。
- ③ 地下工事の躯体のボリュームが大きく、多くの躯体工事技能工を集中的に確保しなければならない。
- ④ 新工場のオープン時期は延ばすことができず、施設の試運転に向けて、地下諸室の機器搬入・プラント工事の日程が確定しているため、地上躯体における建築工期短縮だけでは対応ができない。

5. 地下工事における工期短縮方針

5.1 解体・建築工事のラップ工程による工期短縮

全覆いテントは、周辺環境への影響抑制に効果が大きいものの、欠点は組立・解体に多くの日数を要する点である。

今回の規模では、杭・基礎の施工から始まり、スライド工法によるフレームの建方、屋根・防音壁の完成までに約10ヶ月かかり、本設の工場建設並みの日数が必要となった。また、テントの上屋解体にも約3ヶ月を要した。

全体工程上、テントの解体を待つて建築工事を開始する工程ではプラント機器の搬入に対応できなことが判明したため、解体・建築の担当者間で工程調整を行い、対策を立案した。

以下に主な工期短縮策を示す。

- ① 既存工場の基礎解体後は、埋戻しを行わない。
⇒スロープを設けることで、建築工事の施工地盤を GL-2.1m に設定。
- ② 既存ごみバンカなど、地下解体に使用する山留めは、新築工事と兼用する。
⇒解体工事単独で鋼矢板壁の施工・引抜きを行う場合 別途 60 日の工程が必要となる。
- ③ 大型圧碎機による上屋および基礎解体の手順は、次工程である建築工事に配慮した手順とする。
⇒工区毎にテントが架設された状態で建築へのエリア引き渡しを行い、解体工事と並行して建築工事を開始する。(山留め・既存杭引抜き・杭・土工事)

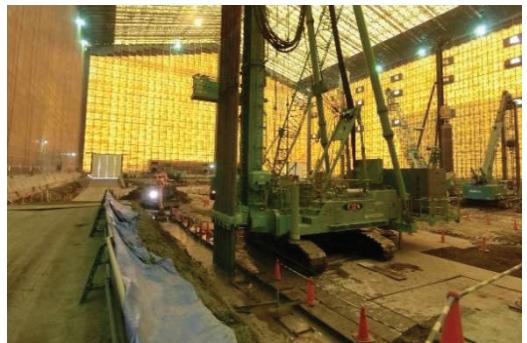


写真-3 山留め工事施工状況

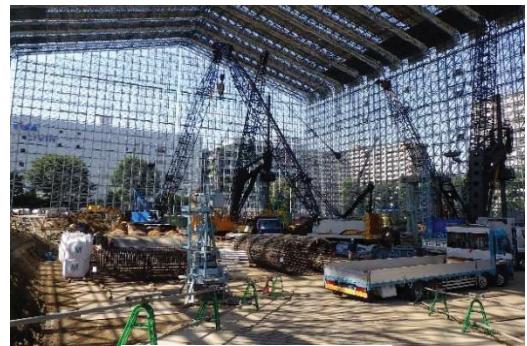


写真-4 杭工事施工状況

写真-3 は既存基礎（一部地下解体）解体と並行して施工した山留め工事（ソイルセメント壁）の施工状況、写真-4 は危険な上下作業を排除した、テント解体と並行した、杭工事（現場造成杭）の施工状況を示す。

5.2 ラップ工程による工期短縮効果

解体工事と建築工事のラップ工程を採用することで、約120日、建築工事を前倒しで開始することが可能となった(図-7)。



図-7 解体と新築のラップ工程

5.3 山留め計画における工期短縮策

図-8に山留め計画（平面）を示す。

掘削深さは最深部のごみバンカ部がGL-21.5m、新設の焼却炉などの諸室はB2Fの配置となりGL-13.7m。その他、建屋外周のB1F部分と煙突部がGL-8.7m、灰バンカ部がGL-18.8mなど、部位ごとに異なっている（図-9）。

山留め壁の仕様は、地下水など周辺環境へ与える影響を最小限に抑えるために、環境アセスメントにおいて、ソイルセメント壁の採用が条件となっている。

本計画では大深度となるごみバンカ周囲には大口径（900Φ）のソイルセメント壁（L=32.0m）を採用し、H-700×300の応力材を使用した。煙突部を含むその他の外周壁には650Φのソイルセメント壁（L=20.0m～27.0m）を採用し、断面に応じてH-500×200～H-440×300の応力材を使用する計画とした。

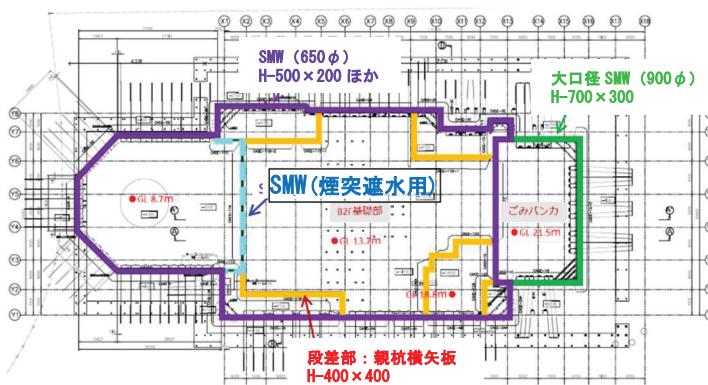


図-8 山留め計画（平面）



図-9 山留め計画（断面）

建屋外周（B1F）と内部（B2F）で、段差が生じる部分の山留め（内壁）には親杭横矢板壁を採用した。

図-10に示すように、外壁と内壁の離れは、相互の山留めに影響を与えない距離として7.0m以上、内壁の自立高さの限界を5.0m以下に設定し、設計担当者と協議のうえ、この条件を満足する設計とした。

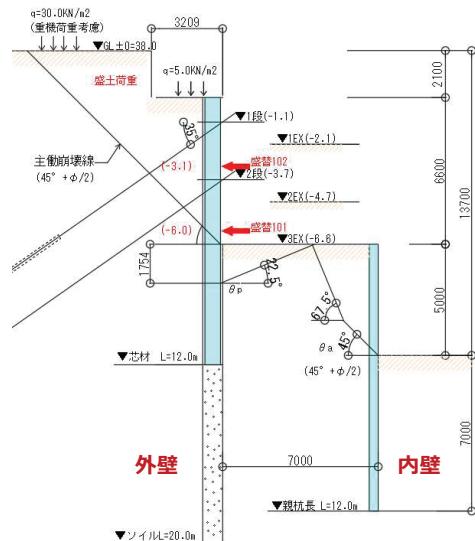


図-10 外周部の2段山留め（断面）

新設のごみバンカ部には、ほぼ同位置に既存のごみバンカが存在し、既存杭（写真-5）を含めて解体しながらの掘削となり、作業空間が必要となる。

また、プラント機器の搬入や施工時期に配慮して、炉室などB2F部分の基礎躯体は、ごみバンカの掘削と並行して構築する必要がある。そのため山留め支保工には「地盤アンカー工法」を採用し、工区毎に並行作業が可能となるよう計画した。



写真-5 ゴミバンカ掘削状況

【山留め工事の合理化項目】

- ◆解体山留めと新築山留めの兼用。
- ◆山留め支保工には地盤アンカー工法を採用し、工区毎の

並行作業を可能とした（写真-6）。

◆外周部の2段山留めには、外壁・内壁相互に影響を受けない距離として7.0m以上の間隔をとり、それぞれ単独の山留め壁として設計した。

◆外周部山留めで、内壁の自立高さの限界を5.0m以下と設定し、上記の外壁・内壁の間隔を確保したうえで、地盤アンカーが不要な設計とした。

◆親杭の打設には超高周波パイプロを用いた圧入工法を採用し、削孔時のセメントミルクや残土の発生を不要とした。



写真-6 B2F部の基礎先行施工状況

6. 地下躯体工事の省力化施工

6.1 地下構造躯体のPCa化

当建物の地下構造は階高がH=5.5mと高く、面積も広いため、多くの工区に分割して作業する必要があった。

プラント工事の着手に間に合わせるために、型枠工が1日あたり120～130名、鉄筋工が90～100名必要であり、ほぼ毎日コンクリートを打設しなければならない。工程だけではなく安全面・品質面も含めて課題が残る計画であった。

また、東京オリンピックに向けての技能工不足も想定され、2年半後の手配状況は不透明であった。

その打開策として、地下構造躯体の省力化・工期短縮を目的に「PCa工法」を検討し、採用に至った。

PCa化した部位は「柱」、「大梁」および「壁」で、鉄骨小梁の採用や、床版型枠のデッキ化も含めて省力化を図った。

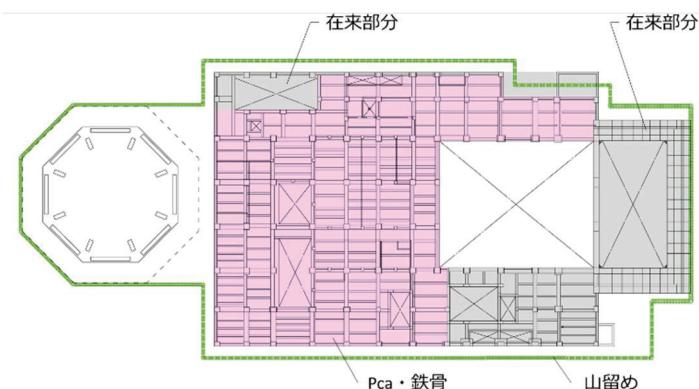


図-11 地下構造躯体のPCa化範囲

図-11のピンク色に着色した部分がPCa化した範囲となり、地下躯体のPCa化率は67%となる。図-12～図-14に柱、壁、大梁PCa部材の取り付け状況を示す。ピース数は全体で414ピース。部材の架設には、120tクローラークレーン2台を用いた。

なお、PCa化にあたっては、納まりの検討、貫通開口の位置や配管等の干渉検討、構造ジョイントの処理方法の決定・承認など、様々な問題があり、設計部門及び監理部門も含め、綿密な事前調整による早期決定が必要となった。

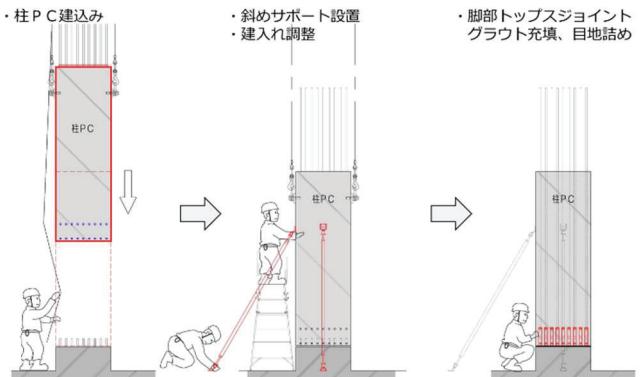


図-12 柱PCa取り付け状況

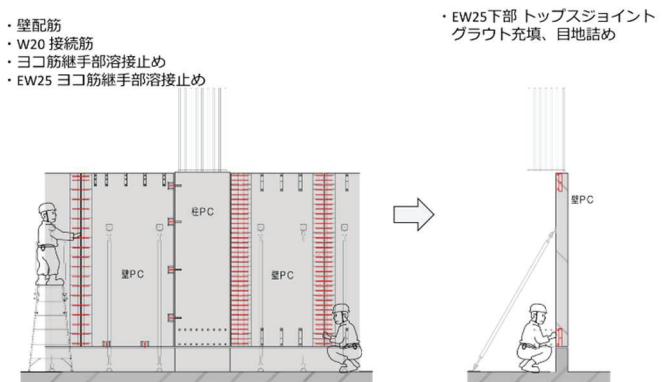


図-13 壁PCa取り付け状況

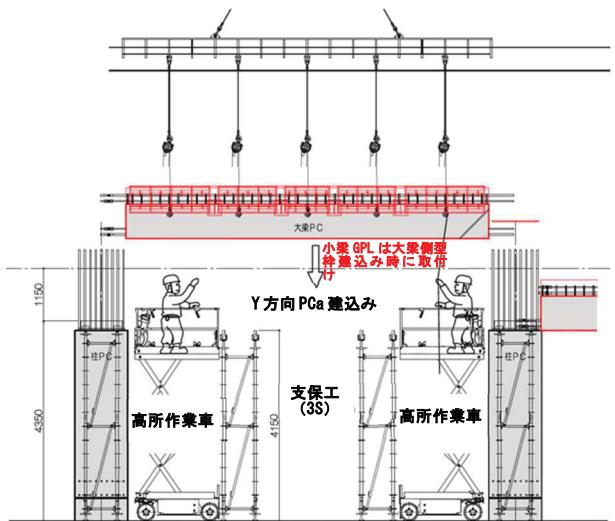


図-14 梁PCa取り付け状況

写真-7に梁PCa部材の取り付け状況を示す。

部材分割にあたって、揚重機(120tクローラークレーン)と構台の関係から、1部材の最大質量を15.0tと設定した。

大梁の側面に見えている鋼材は、小梁接合用のガセットプレートで、PCa部材に打ち込まれている。小梁を鉄骨化した関係で支保工を少なくすることが可能となった。



写真-7 梁PCa部材の取り付け状況

6.2 ごみバンカ躯体の省力化

当建物のごみバンカ外周部躯体は、地下外壁からの漏水対策とバンカ内部からのごみ汁流出を防止するために、発注者の仕様で点検スペースを有した二重壁の構造となっている(図-15~16、写真-8)。

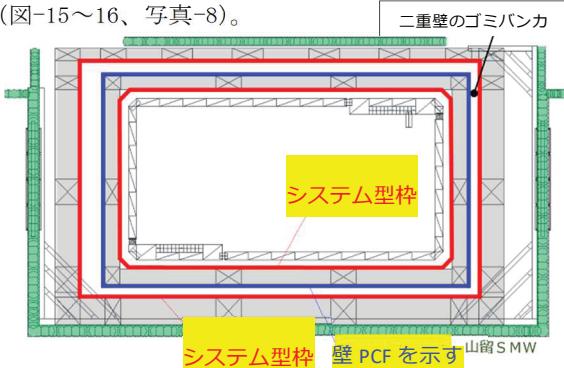


図-15 ごみバンカ (平面)

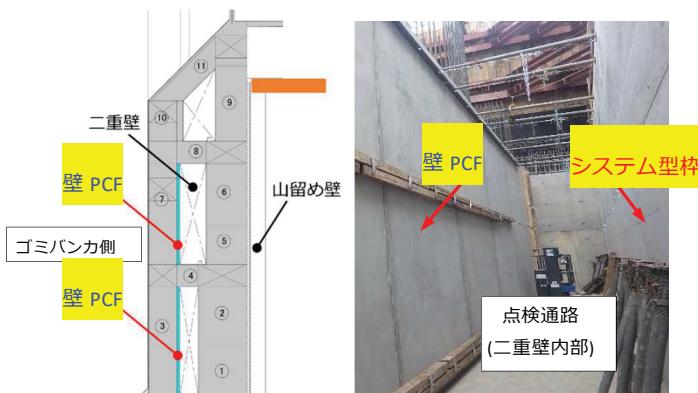


図-16 二重壁 (断面)

写真-8 点検通路

ごみバンカの地下外壁は、最下部で厚さ2.15mと大きな断面であり、さらに内壁がある部分は、工程上非常にネックとなる。

特に二重壁内部は幅員が狭いうえ階高が高く、型枠の組立・解体や搬出作業などが困難となる。

二重壁の「外壁」は、システム型枠を用いて先行してコンクリートを打設する。型枠脱型後「内壁」の点検通路側にPCF版(外殻プレキャスト版)を建て込み、中間スラブにはフラットデッキを用いることで、二重壁内部(点検通路内)の型枠解体作業を無くした(図-17)。

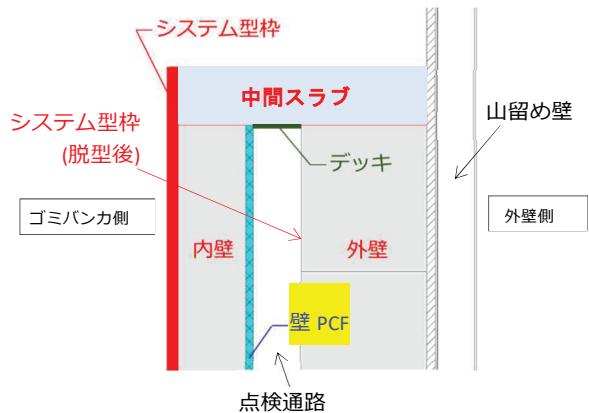


図-17 ごみバンカの二重壁施工

【地下躯体工事の省力化効果】

◆地下構造躯体の67%をPCa化することで、型枠工・鉄筋工などの人工を大幅に削減することができ、技能工不足を回避することができた。

◆RC造である地下躯体小梁の鉄骨化や、床版型枠のデッキ化により、支保工・足場などの仮設材を最大限削減することができた。(高所作業車の使用・安全通路の確保)

◆ボリュームがあり、非常に厳しい地下工事工程であったが、目標通り完了し、プラント工事に1ヶ月前倒しで着手することができた。

7. おわりに

大規模な解体・地下工事を、周辺環境に配慮しながら短工期で施工する難易度の高い工事であったが、関係者の協力により目標通り地下躯体を完成し、プラント工事に着手することができた。2021年春の竣工まで、まだ先は長く、これまで以上に輻輳作業も多くなるが、安全・品質を確保しながら今後とも合理的な施工法を追及していきたい。

最後に、本報文の作成に多大なる協力を頂いた、本社技術統括部・工事事務所すべての関係者に感謝申しあげます。

10. 在来工法でつくる高層マンションにおける改善

社名:鹿島建設(株)

氏名:野見山 芳崇

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	(仮称)海老名IVブロック計画新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:43,843m ² 、地上25階、塔屋1階(2棟)
(3)用途	共同住宅
(4)主要構造	RC造
(5)建設地	神奈川県海老名市
(6)施工期間	2017年5月~2020年3月
(7)工事費	14,000(百万円)
(8)設計者	鹿島建設(株)
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"> 事業予算との乖離を埋めるべく、設計施工のメリットを生かしたローコストを前提に建設コスト削減を提案し受注。コスト比較の結果、躯体在来工法を選定。 躯体在来工法ではプレキャスト工法に比べ施工日数がかかり、週休2日が難しく工程遵守を見据えた施工の工夫が必要であった。
(2)改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> 見積段階からの狙い通りの建設コストの実現(設計への施工要望の反映)。 働き方改革(週休2日)を見据えた計画工程とその実現。
(3)改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ローコストを見据えた施工要望を設計に盛り込んだ。 型枠・鉄筋のユニット化、仮設せりあげ養生ユニットの大型化、支保工配置の効率化。 資材の削減や簡略化により、省力化と安全性の向上を図った。
(4)改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> ・Q(品質) ・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> ・D(工期) ・S(安全) ・E(環境) ・その他の効果 ・ ・比較したプレキャスト工法に比べ、躯体工事費を約20%削減。 ・躯体サイクル7日/フロアを実現し、実働約25%の工程短縮。 週休2日の実現。 ・部材数量の削減による、災害リスクの低減。 地組による高所作業の排除、リスク低減。 ・資材(型枠、仮設材等)の転用による運搬車両の削減、CO₂:4.2t削減 ・同上に伴う、建設廃材の削減、約50t削減。 ・週休2日による働き方改革の実現。 ・繰り返し作業による習熟効果からの労務削減。

在来工法でつくる高層マンションにおける改善

—簡単により安く！躯体サイクル7日実現への軌跡—



鹿島建設株式会社 横浜支店

野見山 芳崇

図-1 完成予想パース

要 約

当工事は、相鉄不動産が海老名駅西口にツインタワーの高層分譲マンションを建設するものである（図-1）。2013年に基本計画に着手したが、建設費高騰により計画が延期となっていた。2016年に景気好転による予算の積み増しが行われ、建設予算の提示を受け、設計施工のメリットを最大限に生かした様々な工夫から目標コストをクリアし、2017年4月に契約に至った。安く簡単につくることを目指し、併せて4週8閉所を目標に掲げ、全体工程の見直し、在来工法における躯体サイクル7日の実現に向けたその取組と結果を紹介する。

目 次

- I はじめに
- II 工事概要
- III 在来工法における躯体構築計画
- IV ものの数を減らす
- V 作業効率の向上
- VI おわりに

I はじめに

当工事の敷地は、海老名駅西口開発の土地区画整理事業により整備された一画にあり、相鉄線・小田急線海老名駅より徒歩5分、JR相模線海老名駅より徒歩3分の場所に位置している。敷地の東側上空には特別高压線が通り、また、JR相模線が近接している為、工事では風散物等による停電や列車停止のリスクを抱えていた。

高層マンションにおいては、躯体サイクルと仕上げタクトによりその工程がほぼ決定する。工事の諸条件からは、工事車両台数や現場での作業量の削減、躯体工程を短縮できるPCa化が理想的であったが、コスト最優先の条件から在来工法による躯体構築を選択せざるを得なかつた。設計段階から様々な工夫を取り入れ、安く簡単につくる為の理想的な躯体構築の基盤づくりに取り組んできた。施工合理化を取り入れた設計を確実に実行し、いかに理想通りの施工に近づけるかが当施工での課題であつた。

II 工事概要

事業名称：（仮称）海老名IVブロック計画
 所在地：神奈川県海老名市扇町14-4、12、13、14
 事業主：相鉄不動産（株）、
 伊藤忠都市開発㈱、
 鹿島建設㈱開発事業本部
 基本設計：鹿島建設㈱建築設計本部
 実施設計：鹿島建設㈱横浜支店
 監理：鹿島建設㈱横浜支店建築設計部
 施工：鹿島建設㈱横浜支店建築品質管理部
 工期：2017年5月～2020年3月（35ヵ月）
 用途：共同住宅（東棟239戸、西棟238戸）
 敷地面積：4,683.23m²
 建築面積：2,884.86m²
 法延床面積：43,842.60m²
 最高高さ：91.70m
 階数：東棟：地上25階、塔屋1階
 西棟：地上25階、塔屋1階
 構造：東棟：RC造（免震構造）
 西棟：RC造（免震構造）
 基礎：現場打アースドリル杭拡底工法

以下は東棟・西棟の配棟計画図である（図-2）。



図-2 配棟計画

表-1 全体工程

	2017年												2018年												2019年												2020年			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
棟	工事期間(27ヵ月)												工事期間(35ヵ月)												工事期間(27ヵ月)												8ヵ月			
東棟	山留・杭工事	基礎躯体	掘削工事	地上躯体工事	内装工事	外構工事	検査・内覧会																																	
西棟	山留・杭工事	基礎躯体	掘削工事	地上躯体工事	内装工事	外構工事	検査・内覧会																																	

III 在来工法における躯体構築サイクル計画

先ず当現場の全体工程について説明する。作業員の山崩しを狙い、東棟を先に着手し、西棟の竣工を東棟の竣工から8ヵ月後ろにすることで躯体工事と内装工事が東棟から西棟へ連続して作業できるようにした（表-1）。

次に簡単に当工事における躯体構築時の総合仮設計画を以下に示す。コストを抑える意味では、仮設をいかに削減するかが1つのポイントであった。

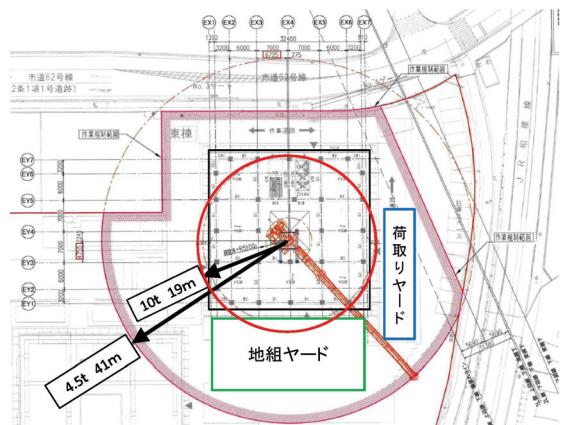


図-3 タワークレーン配置

1フロアの床面積は約1,150m²で、25フロアの躯体を繰り返し構築するにあたり、総合仮設計画では仮設削減の観点から、タワークレーン1台の作業半径ですべての作業がまかなえる様、建物の中心にある吹抜部へタワークレーンOTA-270HN（最大荷重10t・19m、最大作業半径41m・4.5t）を配置した（図-3）。

このタワークレーンの機種選定は、仕口部のコンクリートの強度分けがあることから3m³ホッパーによる打設が可能であること、また、ブーム長は最大揚重能力を落とさず建屋外のヤードができるだけ広くカバーできる様に決定した。

在来工法における基準階の躯体構築手順は、以下の表となる（表-2）。

表-2 基準階躯体構築サイクル

躯体構築サイクル	1	2	3	4	5
	墨出し柱配筋	柱型枠	梁配筋	梁継手	配筋まとめ床支保工組
6	7	8	9	10	11
バルコニー支保工組	床FR板	バルコニーPca 部位CON	スラブ配筋	床段差型枠	梁・床CON

これを基に基準階躯体工程を作成すると、その歩掛から、1サイクル11日を要する結果となった。

これでは工期内にフル稼働しても全体工程に納まらない。また、上記躯体サイクルでは、タワークレーンの稼働は日毎に偏りがあった。機械を効率良く活用することで、建設コスト削減に大きな効果が生まれる。そこで、タワークレーンの稼働率向上や最大限の能力を生かすべく、計画を見直した。

IV ものの数を減らす

1. ユニット化による部材数の削減

まずは、構成部材を最小限にし、材料、部材のユニット化に着目した。地組できるかの有無を検討し、現地での作業量を減らしてサイクル工程を短縮することとした。

(1) 柱鉄筋の地組

1フロア28本の柱を地上で地組する計画とした。これにより柱組立の工程はサイクルから外れ、1日分の労務量であった柱配筋作業は約半日短縮することができた。

(2) 柱型枠の地組

柱型枠についても地組の検討を行った。しかし、セット時に柱筋をくぐらせる必要があった為、そのガイドをするのに足場が必要となり、セットの時間を考慮すると地組の効果は薄く、クレーン使用回数を押さえ、組立効率を上げる方が最善という結論に至った。

柱型枠は、約3日で解体可能である為、n-2階からの転用とし、25フロア×2棟で24回転用する計画とした。

(3) 梁鉄筋の地組

梁鉄筋も地組を計画した。梁鉄筋の地組にあたっては、クレーンの能力を最大限に利用でき、かつユニット数を極力少なくできるよう、継手位置について入念に計画した。

結果、当初見込んでいた1フロア72箇所の継手は32箇所まで削減した（図-4、図-5）。地組梁のユニット数は64ピースだったものが24ピースとなり、梁配筋作業もサイクル外とすることで、2日かかる梁配筋作業は約1日で施工可能となった。

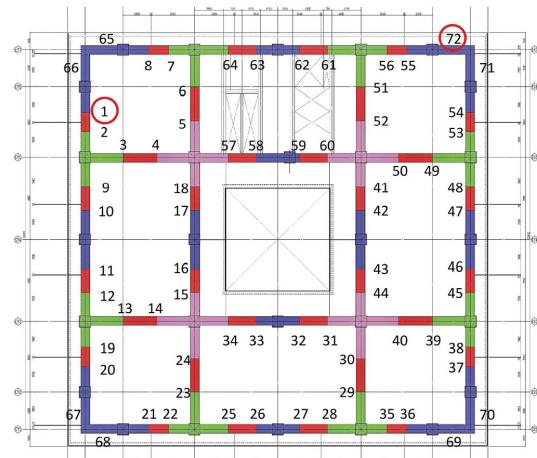


図-4 梁継手位置（当初計画）

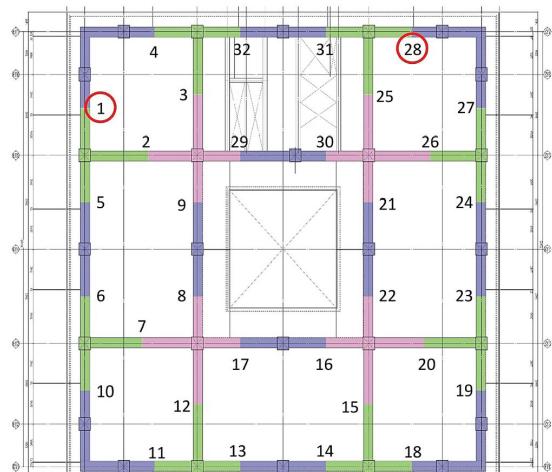


図-5 梁継手位置（実施段階）

(4) 梁型枠の地組計画

鉄筋を地組揚重してもクレーンの稼働時間にはまだ余裕があった。そこで梁型枠についても地組ができるか検討することとした。当工事では設計段階での合理化により、柱・梁形状がすべてのフロアで統一されていた為、梁の型枠は2棟のすべてのフロアで転用が可能であった。

梁型枠地組の問題点として、転用を可能にするには、地上からではなく脱型したフロアから揚重する必要があった。支保工解体の条件から、梁底型枠の脱型は、梁コンクリート強度100%の発現まで2層受けが必要であった。実際にコンクリートの圧縮試験を行うと11日の養生期間が必要との見解に至った。

以上から、梁型枠は少なくとも3フロア分が必要である。しかし、地組するとなると解体後に型枠組立の工程も必要で、梁型枠については、4フロア分を用意することとした。2棟での転用が可能であった為、48回の転用ができ、4セットでも約12回の転用が可能であった。

結果、梁型枠の組立はスラブ支保工が搬出されて、片付いたN-3階のフロアにて行うこととした。

支保工がなくなったフロアでの梁型枠の地組は、スペースも大きく取れ、効率良く作業ができた(写真-1)。

地組した梁型枠は、階段室横の在来スラブ部分に揚重用のダメ開口を設け、揚重する計画とした(図-6)。



写真-1 型枠地組状況

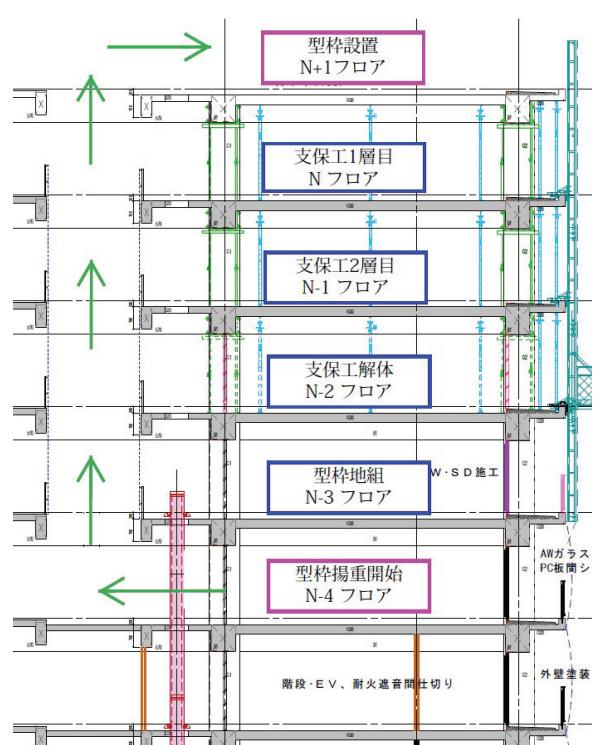


図-6 フロア転用計画

(5) せり上げ養生

せり上げ養生は、外周部と吹抜け部に計34ユニットを要する計画であった。各面で連続しているユニットは2連での同時揚重を見据え、専用治具を製作しユニット数を34ユニットから約半分の18ユニットへ削減することとした(図-7)。

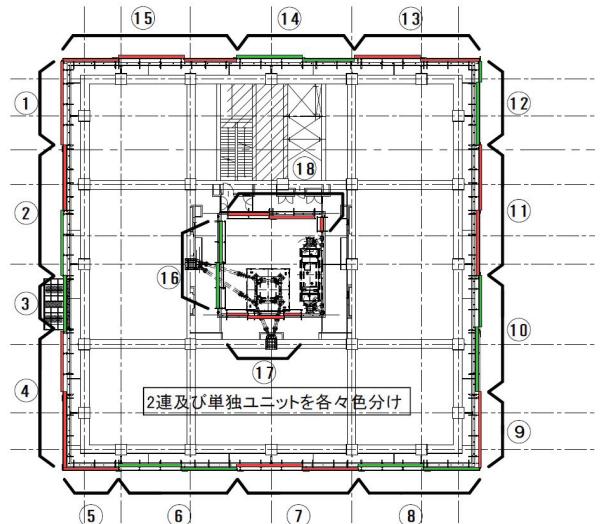


図-7 せり上げ養生ユニット計画

(6) 小梁のサイトPCa

躯体で堅穴となるEVシャフト並びに階段部分は、小梁があり、その部分の施工は工程がかかることが計画当初より懸念されていた。設計段階では、小梁や階段の鉄骨化も検討したが、その保持やコンクリート強度発現等の条件から躯体サイクル内での同時施工は難しく、最終的に在来工法での施工を選択した。

この部分をいかに簡単に作れるか試行錯誤した結果、階段は工場PCaとし、小梁はサイトPCa化を試みた(写真-2)。在来小梁は1フロアに4本、階段受けの孫梁が1本あったが、それぞれをPCa化したのでは、継手の処理が困難であった為、階段受けの孫梁と2本の小梁を合わせてH型にしてPCa化することで継手箇所を減らし、階段との納まりを簡略化した。



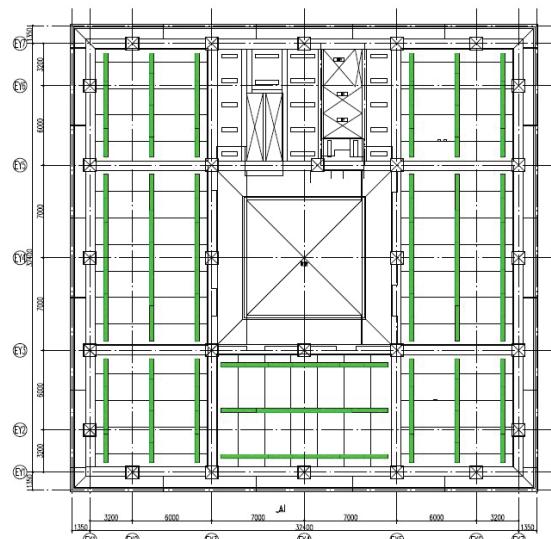
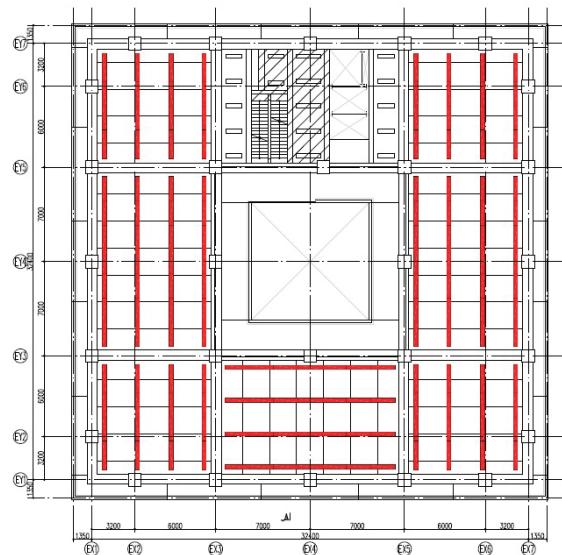
写真-2 小梁サイトPCa



EVシャフト部の単独小梁もそれぞれサイトPCa化を試みたが、梁鉄筋継手部の処理には型枠が必要であり、施工メリットが少なく、周辺も在来スラブである為、最終的には在来工法にて施工することを選択した(写真-3)。

(7) ハーフPCa板サポート

床ハーフPCa板は、メーカー仕様では支保工が4列受けであったが、段差のない1枚板であった為、支保工位置を工夫し条件付けすることで3列での支保工配列が可能という見解をメーカーより得ることができ、支保工材料を4分の3に削減した(図-8、9)。



以上の検討から、1フロアにおける部材の揚重回数は、表-3に示す通り当初の見込みであった398回から328回まで削減することができた。

表-3 施工数量

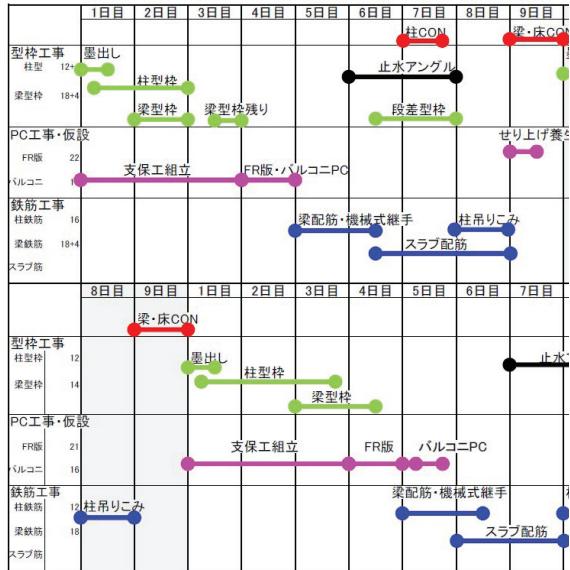
1フロア施工数量

当初計画 数量		実施 数量	
鉄筋	柱鉄筋 28 P 梁鉄筋 64 P	鉄筋	柱鉄筋 28 P 梁鉄筋 24 P
PC	小梁 6 P 床FR板 41 P バルコニー 28 P 階段 2 P	PC	小梁 3 P 床FR板 41 P バルコニー 28 P 階段 2 P
鉄骨	EV 2 P	鉄骨	EV 2 P
仮設	せり上げ 養生 34 P	仮設	せり上げ 養生 18 P
小計		小計	
型枠	柱型枠 28 回 (300 m) 梁型枠 40 回 (500 m)	型枠	柱型枠 28 回 (300 m) 梁型枠 40 回 (500 m)
支保工	FR板 10 回 (620 m) バルコニー 4 回 (255 m)	支保工	FR板 8 回 (620 m) バルコニー 3 回 (255 m)
鉄筋	スラブ 8 回 (1100 m)	鉄筋	スラブ 8 回 (1100 m)
柱	CON 28 回 (60 m)	柱	CON 28 回 (60 m)
先行 揚重	ALC 30 回 NST 15 回 アルミ 手摺 12 回	先行 揚重	ALC 30 回 NST 15 回 アルミ 手摺 12 回
小計		小計	
合計フック数		合計フック数	
380 回		318 回	

1フロア328回の揚重を、1回平均15分とすると9時間稼働では、1日36ピースとなり、軸体サイクルを9日まで短縮できた(表-4)。

表-4 サイクルモデル9日

海老名IVブロック計画【9日】サイクル工程(案)



しかし、24フロアで実働216日、全体工程では軸体工事は1棟9ヶ月、1ヶ月の平均稼働は24日が必要との計算になる。これでは長期休暇を除くと土曜日稼働が必須であった。週休2日（土日閉所）の目標では、工期9ヶ月、38.5週から稼働日は190日、2回の長期休暇を含む為、トータル180日となり、軸体上棟を目指すには7.5日以下のサイクルにしなければ目標に至らなかった。

1フロア7日サイクルとすると、1日の揚重回数は46～47ピースで、1ピースあたり平均10分程度としなくてはならなかつた。15分かかる計算だと、1日約12時間の稼働となってしまう。更なる揚重回数の低減だけでなくセット時間の短縮並びにクレーン稼働の平均化が次の課題となつた。

スラブ上での作業が、コンクリート打設を1フロア全体で行うと揚重作業ができず、平均化には大きなネックであった。そこで全体工区を2分割し、クレーンの稼働が平均的になる様に計画を見直した。工区を2つに分けることでコンクリート打設日のクレーンの稼働も可能となり、7日想定のサイクル工程が出来上がつた(表-5)。

IV 作業効率の向上

更なる工程の短縮に際し、課題となつたのは、揚重作業効率の向上であった。1日約50回の揚重を行うには時間的に無理があつた。そこで、出来る限りまとめて揚重できなかつた、1回で2つ以上揚重できるものはないか、更には作業を簡略化しセット時間を短縮できなかつたかを考えた。

1. 鉄筋工事

先ず着目したのは、柱・梁鉄筋のセットについてであつた。地組した梁鉄筋は、柱を中心に梁中央でのジョイントとした為、継手部分の鉄筋位置や長さの精度確保が必要であつた。継手部分の鉄筋の精度を確保しつつ、柱主筋を貫通させて取付けする為、セットに時間がかかつた。そこで仕口部の配筋詳細図を作成し、柱主筋位置精度を確保できる様に、配筋時に使用する柱脚テンプレートと柱頭の治具を製作した(写真-4、5、6)。

表-5 サイクル工程7日

	1日目(NF)	2日目(NF)	3日目(NF)	4日目(NF)	5日目(NF)	6日目(NF)	7日目(NF)	1日目(N+1F)
【1工区】								
型枠工事	墨出し	柱型枠建込(20台)		柱CON打設(16台)			スラブCON打設	墨出し
PC工事・仮設								
FR版	迫り上げ養生		FR板敷設		在来スラブ型枠建込	段差金物取付	迫り上げ養生	
鉄筋工事		FR板支保工組	バルコニー・廊下PC敷設(14P)+EV鉄階段PC取付		梁ジョイント部型枠塞ぎ			
柱鉄筋						柱筋吊		
梁鉄筋				梁筋吊込 機械式継手取付～グラウスラブ配				
スラブ筋								
	7日目(NF)	1日目(NF)	2日目(NF)	3日目(NF)	4日目(NF)	5日目(NF)	6日目(NF)	7日目(NF)
【2工区】								
型枠工事	スラブCON打設	段差金物取付	柱型枠建込(8台)	梁型枠吊込	柱CON打設(12台)		スラブCON打設	段差金物取付
PC工事		逆り上げ養生						
FR版		FR板支保工組		FR板敷設 バルコニー・廊下PC				
鉄筋工事				AIC揚重		柱筋吊込		
柱鉄筋						梁筋吊込 機械式継手取付～グラウスラブ配		
梁鉄筋								
スラブ筋								



写真-4 柱鉄筋地組状況



写真-5 柱筋柱脚テンプレート

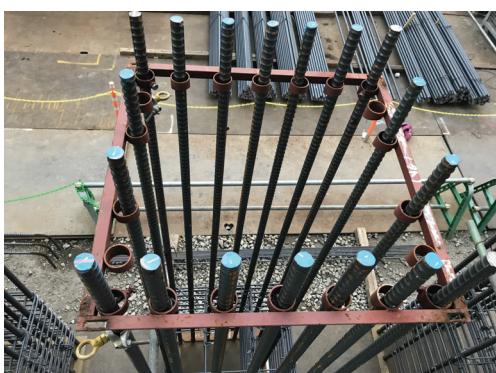


写真-6 柱筋柱頭治具

この治具は、20本の外周柱と8本の内周柱の2種類のみですべてをまかなえるような形とした。

結果、組立時の主筋位置精度が確保され、柱鉄筋の継手による接続をスムーズに行うことができ、セット時間は0.5日短縮できた。

更に梁筋セット時も、柱主筋がガイドとなり、梁筋位置の精度も向上した。梁筋セット時には柱筋を貫通するのに手間がかかることが予想された。これに対して柱主筋のトップにガイドとなる専用コーンを取り付けガイドとすることで作業を容易にし、梁鉄筋のセット時間は1日短縮出来た(写真-7)。

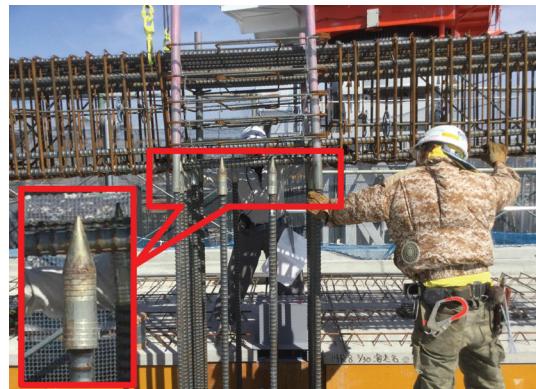


写真-7 柱主筋専用コーン使用状況

梁鉄筋のセット後の、継手の施工に問題が生じた。地組した梁鉄筋のセットには、梁底型枠が必要であったが、地組した梁型枠を先行すると梁下端主筋の継手処理に手が届かず困難であった。そこで、梁継手処理が出来る様に必要最低限の寸法にて梁側型枠を脱着することとした。

また、梁鉄筋継手の処理は、片側からの施工が可能との検証結果を得て、梁側型枠の脱着は片側のみとすることで作業を軽減させた(写真-8)。部分的な梁側型枠の脱着は、次工程の床ハーフPCa板セットにも影響なくスムーズに作業でき、後施工でも躯体サイクル工程への影響はなかった。



写真-8 梁側型枠脱着式

スラブ筋の地組についても検討を行ったが、細物のスラブ鉄筋では変形を押さえる為に、補強斜鉄筋等も必要で、大きなメリットが生まれなかつた為、採用には至らなかつた。

2. 型枠工事

柱の構造はすべての柱が950角であった為、寸法が固定された仮設材を使用することができた。そこで柱型枠組立については取付けと脱型が簡易なノンセパ工法の柱締め付け金具を使用し、仮設材も低減し作業効率を上げる計画とした(写真-9)。



写真-9 柱締め付け金具使用状況

梁型枠は、脱型したフロアにて地組し、直接施工階へ揚重することで揚重のストロークを短くし、更には2つの地組梁を連吊りして揚重することで更なる揚重回数の削減を行った(写真-10)。



写真-10 梁型枠連吊り状況

3. PCa工事

階段受けの小梁は、地上にてサイトPCa化することで孫梁を含めて3ピースを1ピースにまとめ、梁主筋継手箇所を減らし、作業の簡略化を行った。

また、PCa階段のセットを容易にする為に、サイトPCa小梁に階段受けのアゴを設けると共に、斜めとなるPCa階段の支保工は、底面に専用の枕木を製作のうえ取付け、PCa取付セットの短縮を図った(写真-11、12)。



写真-11 小梁PCa階段受け



写真-12 階段PCa受け状況

床ハーフPCa板のサポートは、労務効率を上げることを観点に、軽くて丈夫かつ、高荷重に耐えうるアルミサポートとストリンガービームの組合せにより、更なる使用材料の削減と労務の削減を計った(写真-13)。



写真-13 床ハーフPCa板支保工立状況

また、ハーフPCa板セット時に梁側の型枠天端がせつてしまふと位置合わせが困難になる為、あらかじめ梁側型枠レベルを10mm低く設定し、そこに発生する隙間はゴムホースにて埋める納まりとした。これによりハーフPCa板のセット後の玉掛けリリースまでの時間が削減でき、作業効率が上がった(写真-14)。



写真-14 梁型枠ゴムホース設置状況

コンクリート打設時のハーフPCa板からのノロ漏れは下階の資材や床を汚し、清掃や養生に多大な労力が掛かる為、揚重セットの合間に薦にて板間にシール処理を行った。これによりノロ漏れは全くなかった。

内外周の跳ね出しPCaバルコニーは、在来工法故に、周りに強固に固定されたものが無く、位置調整に時間を要した。これを改善する為に、単独支保工の支柱から枠組み支保工にすることで、下階床から支保工を固定し、ある程度の精度を確保しセットした後、最終的に上階の梁に固定することで、スムーズな施工が行える様になった(写真-15、16)。

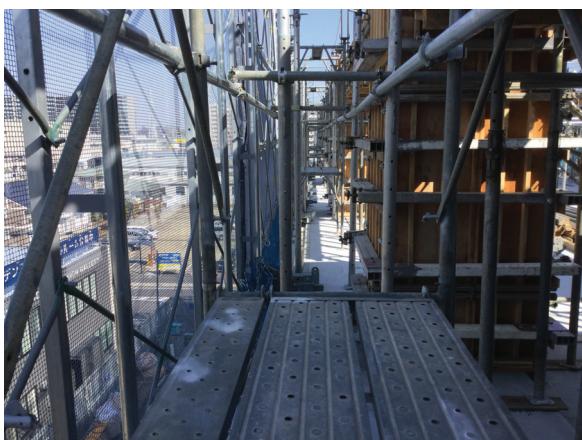


写真-15 バルコニー支保工状況（当初）

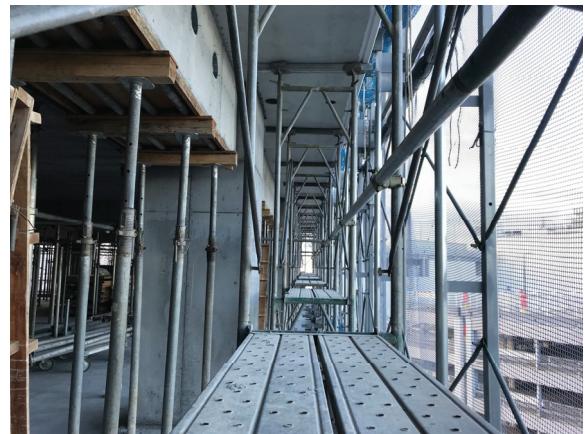


写真-16 バルコニー支保工状況（全て枠組み支保工）

4. 部位コンクリート

タワークレーンの選定理由でもあった強度の違う仕口部の部位コンクリートは、電動ホッパーにて施工する計画をしていたが、サイクル内に柱28本分の揚重回数を割り振る時間に苦悩した。そこで発想を変え、コストはアップするがポンプでの圧送とすることとした。これにより1回の打設数量が多くなった為、柱を先行して打設することで、床コンクリートの打設数量を減らした。更には、柱が固定されることで、バルコニーPCa設置時の精度確保、並びにセット時間の短縮ができた。結果として柱締め付け金具、柱型枠の早期転用にも寄与した。

5. 揚重開口

床のダメ開口を使って行う梁型枠の揚重も難航した。揚重開口の大きさが梁型枠サイズに対して余裕がなかった為、4フロア分の堅穴を通過する際に、荷が少しでも振れてしまうと、開口端部に引っ掛り、揚重にかなりの時間と労力を要した。そこで位置を保持して揚重できる様に、ガイドワイヤーを設置し、梁型枠と固定することで揚重時間とそれに掛かる労力を削減した(写真-17、18)。

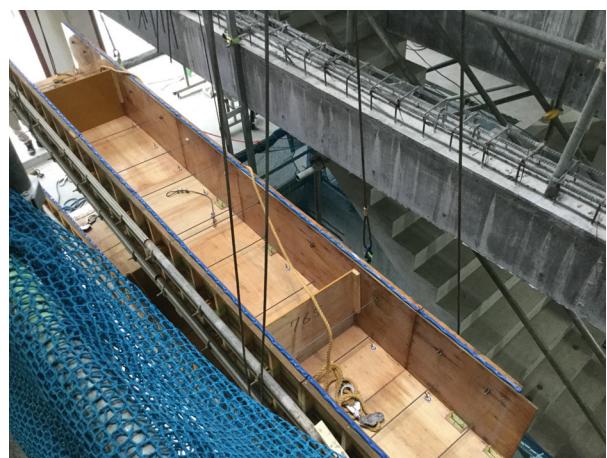


写真-17 梁型枠揚重状況（当初）

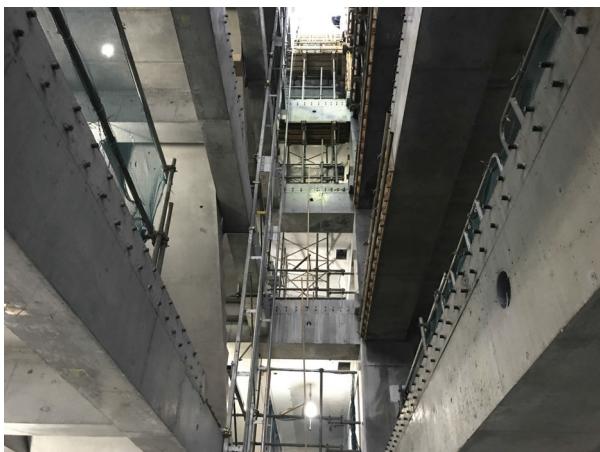


写真-18 揚重開口状況（ガイド設置）

以上の様々な工夫を展開し、躯体サイクル7日の目標に近づいた。しかしながら、スラブ配筋完了からコンクリート打設までの時間が少なく、床段差型枠に割ける時間が足りなかった。幸いにも床段差位置は、バルコニー部分のみであり、アウトフレームの為、柱で区切ることができた。

そこで転用も考慮し、簡易に取付けができる様に、柱主筋を利用して固定する鋼製型枠を製作した。併せて柱間は一体とした鋼製型枠を差し込むだけでセットできるように作業を簡略化し、短時間でまとめられる様にした(写真-19)。

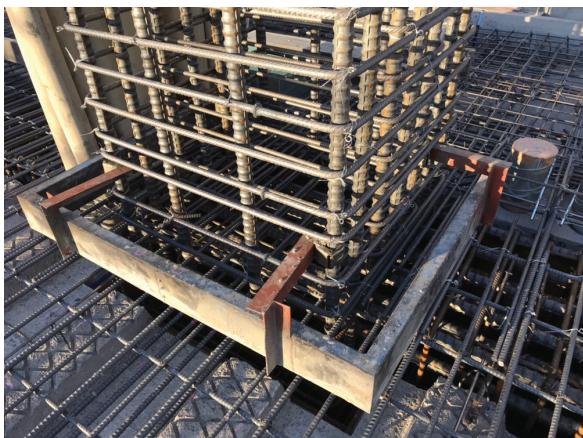


写真-19 鋼製型枠施工状況

その他、EVシャフトに面する梁の側型枠は、シャフトで吹抜けとなっている為、側型枠の解体用で足場が必要であったが、仮設デッキを敷き込み、足場として利用することで立ち馬を使用し組立・解体作業ができるようにした(写真-20)。上下作業の回避と足場上の危険作業を無くして安全性も向上した。また、足場組立て・解体の労務削減となった。更にはこの仮設デッキも取付け方法を工夫し、転用できる様に工夫している。



写真-20 EVシャフト仮設デッキ敷き完了状況

以上の結果、目標としていた7日サイクルの実現に至ることができた。

V おわりに

当現場におけるものの作り方は墨に合わせるのではなく、つくる順番にそこにあるものに合わせることを基本としている。

ものづくりの過程では、必ずつくり込む順序と管理すべき基準が存在し、それらを理解することで様々な工夫を取り入れることができ、より合理化できる可能性を秘めている。当現場での合言葉は、K・Y・D(こうやればできる)である。

最後に、今回あらゆる可能性を見出し、決してNo！と言わずにはいられない何事にも挑戦し、協力頂いた協力会社の方々に大いに感謝したい。

11. 大スパン木造構造物の施工方法検討

社名:前田建設工業(株)

氏名:西川 秀則

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	国際基督教大学 新体育施設建設工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積: 6, 011m ² 、地上2階
(3)用途	大学
(4)主要構造	RC造、木造(屋根部分)
(5)建設地	東京都三鷹市
(6)施工期間	2017年11月～2018年11月
(7)工事費	2, 462(百万円)
(8)設計者	基本設計: 日本設計、隈研吾建築都市設計事務所 実施設計: 前田建設工業(株) 一級建築士事務所
2. 改善概要	
(1)問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> ・事例が少ない大規模木造の建方の短工期での施工 : ① ・木軸は内部にも露出するので外観を含めた品質確保 : ② ・利用実績の少ない、CLT仕上兼用型枠の施工方法 : ③
(2)改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・木軸建方の工期短縮 : ① ・施工時(雨天)の木の雨染み対策、プールでの品質確保 : ② ・事例の少ないCLT仕上兼用型枠を実用化 : ③
(3)改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・工場での先行塗装や地組を行う : ① ・仕上段階での高所作業の縮減 : ① ・雨染み対策としてラッピング処理をして現場搬入を実施 : ② ・屋根施工前の構造用合板施工段階での仮設防水の実施 : ② ・CLT仕上兼用型枠内部側に、保護塗装を実施し、水染み防止 : ③ ・CLT仕上兼用型枠内面の、セパレーター、打込金物の取付工夫 : ③
(4)改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> ・Q(品質) ・C(コスト) ・D(工期) ・S(安全) ・E(環境) ・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> ・施工段階で、履行した雨染み防止効果を確認 ・工場先行塗装や地組により、15%コスト低減 ・吊り込み部材数縮減による0.7か月工期短縮 ・工場塗装により0.3月工期短縮 ・工場先行塗装、地組により高所作業削減 ・工場加工率を上げることによる、現場廃棄木材の削減 ・—

大スパン木造構造物の施工方法検討

前田建設工業株式会社

西川 秀則



写真-1 全景

1. はじめに

国際基督教大学は 2013 年に献学 60 周年を迎える、次の 60 年を見据えた施設の建替え計画を策定した。今回の新体育施設は建替え計画の内の一つである。基本設計は日本設計と隈研吾建築都市設計事務所が担当し、実施設計・監理と施工を前田建設工業が行った。本計画では地域に開かれた緑あふれる敷地の特性を生かし、樹林に溶け込む形態と、人と環境にやさしい木造の良さを取り入れた大規模木造建築を目指した。

建物の用途としては主に体育館（メインコート棟）と室内プール（プール棟）、エントランスロビー（エントランス棟）がある。前述の各棟の間に耐火建築物を挟み込むことにより、別棟扱いとすることでそれぞれを準耐火建築物として、特徴的な木架構の屋根を実現している（写真-1）（図-1、2）。

今回は大規模木造建築の施工方法について主に下記の 3 点の内容の報告を行う。

- ① 大規模木造建方の工期短縮の工夫
- ② 木軸が露出となる部分が多いため、外観を含めた品質の確保
- ③ 事例の少ない C L T 仕上兼用型枠の実用化

2. 工事概要

所 在 地 : 東京都三鷹市
発 注 者 : 国際基督教大学
主 要 用 途 : 大学
基本設計・監修 : 日本設計・隈研吾建築都市設計事務所
実施設計・監理 : 前田建設工業株式会社一級建築士事務所
構造実施設計のみ前田建設工業・日本設計
敷 地 面 積 : 659, 864. 58 m²
建 築 面 積 : 5, 775. 49 m²
延 床 面 積 : 6, 011. 61 m²
階 数 : 地上 2 階建
構 造 : 木造 (屋根のみ)、RC 造
工 期 : 2017 年 11 月～2018 年 11 月

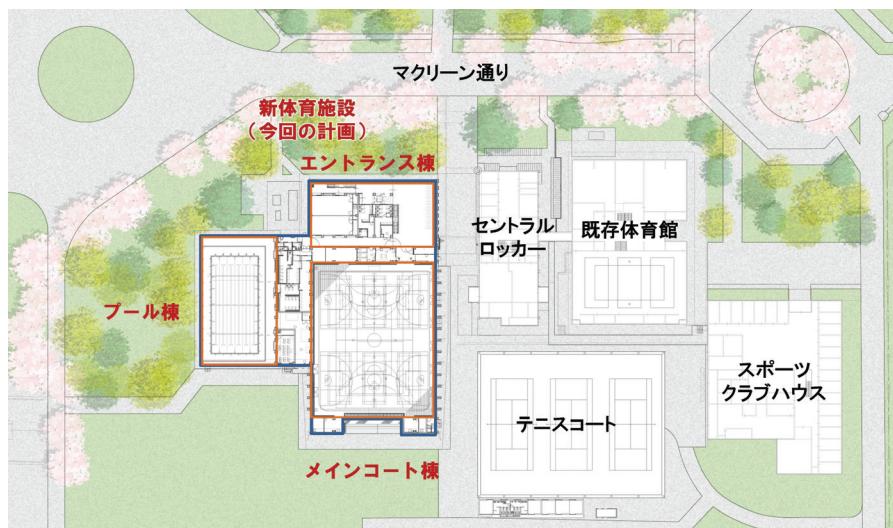


図-1 平面配置

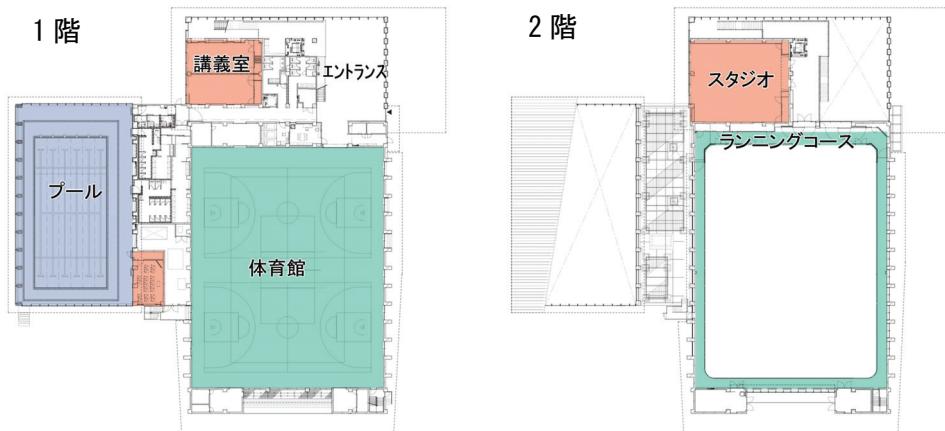


図-2 各階平面

3. 計画概要

本計画は体育館とプールを有する体育施設である。前述のとおり主に3種の用途があり、それぞれの空間にあった木構造を採用している(図-3)。複数の新しい取組みにも挑戦しており、大規模木造建築物の可能性の拡大に寄与することを期待している。

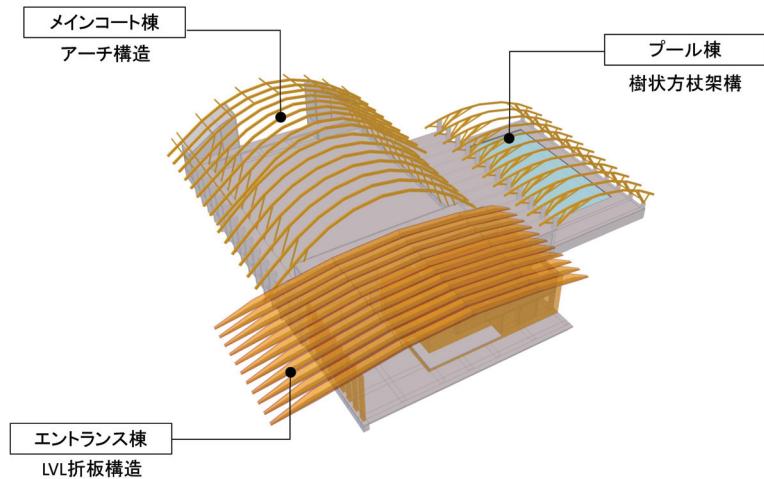


図-3 木軸屋根架構イメージ

【エントランス棟】

エントランス棟は用途としてエントランスロビーと講義室、スタジオを有する2階建ての建物となる。屋根はLVLと集成材によるV形断面複合梁を連続させた折板構造（以下LVL折板構造）を採用し約16mの大スパンの空間と片持ち約10mの玄関大庇を実現した。国内でも事例のない計画であったが、構造実験等を経て新しい空間を実現している。

V型断面複合梁を受けるRCの柱には型枠と仕上を兼用したCLTを採用している。施工手間の縮減だけでなく、意匠性の向上も考えている。

【プール棟】

プール棟は内部に25mの室内プールを有する建物であり、学内の通路に近い部分に位置することから圧迫感を与えないよう高さを抑える計画とした。樹上方枝架構と呼んでいる、アーチ構造を基本として、主材に複数の方枝を取り付けて構造的な補強を行うことで高さを抑えている。

【メインコート棟】

メインコート棟は体育館として使われる33mの無柱空間の実現及び球技に対応するために一定の高さが必要であった。単純アーチ構造としているが特徴としては、一般流通材のみを用いて大空間を実現している。今後の大規模建築物の普及を考え、大断面集成材にとらわれずに大空間を実現するモデルケースとなるように計画を進めた。

4. 大規模木造建方の工期短縮の工夫

先述した通り、短工期の工事であったため、工期短縮のための様々な試みを行った。

【プール棟】

プール棟はヴォールト（かまぼこ型）の屋根を短辺方向に傾かせた形状となっている。木造架構は樹状方杖架構と呼んでいる主架構の方杖から直行方向にも方杖がとりついた構造体である（写真-2）。

内部に 25m × 12m プールが入る空間を作るために 19m スパンを実現しつつ、周囲の樹木に隠す建物とするために最高高さを約 7.8m に抑えている。

建方は梁を 3 分割して、両端部の RC 軸体取合い部分から先行して設置し、最後に中央部分をつなげる手順で行った（写真-3）。部材数が多いことから、現場にてピースの地組を行うことで、継手作業の効率化、クレーン揚重回数の低減、支保工の削減を図った。



写真-2 プール棟内観



写真-3 プール棟建て方の様子

【エントランス棟】



写真-4 エントランス棟外観

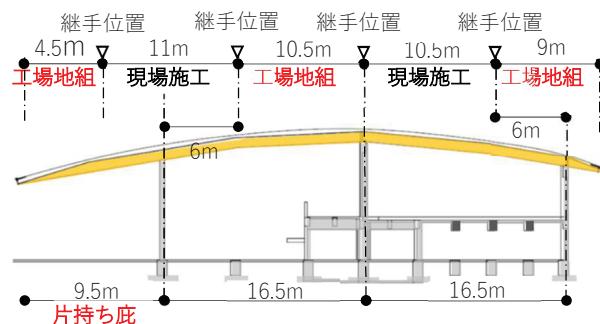


図-4 エントランス棟部材構成図



写真-5 工場地組みの様子



写真-6 工場地組部材 吊込みの様子

エントランス棟はLVLをV字型に配置し、中心に集成材の梁を通した1.8m幅のユニットを横に並べ、上部を構造用合板にて塞ぐことにより、巨大な折板屋根を構成している(写真-4)(図-4)。

本件で採用したLVLは国内最大寸法のもので、製造限界が幅約1.2m、長さ12.0mとなっていることから、この寸法で納まる最大限の折板構造を構成することにより、最大で16.5mスパン、9.5mの片持ち庇を実現した。

国内でも類似例のない構造計画であることから、構造破壊実験をあらかじめ行った。折板内部には集成材や補強リブ材と呼ばれる接合部材、接続部のプレートが複雑に構成されていることから、構造実験の部材の組み立ての際には実際の施工手順の確認も行うことでスムーズな建て方に寄与している。

LVL折板梁自体は、工場地組とノックダウンを組み合わせて工期の短縮を図った(写真-5、6)。

ユニット上部の構造用合板は、隣り合うLVL折板梁同士を跨いだ配置としたため、工場地組の部材も含めて全て現地で設置している。建方中、上部を構造用合板でふさぐ前まではV字の溝部分に雨水が滞留する可能性があることから、補強リブ部分に水抜き穴を設けるなどの工夫を行った。

【メインコート棟】

33mの大スパンを6m以下の一般流通材で構成された部材により実現させたアーチ構造となっている(写真-7)。屋根は2枚構成になっており、1枚は床面に平行なアーチ形状となっているがもう一枚はアーチを傾けた計画となっている。

当初は斜めのアーチ部分は3次元形状となっていたが、施工生産性、品質向上のために単純アーチを傾けた計画に変更した。この提案により当初のデザイン思想を保持しつつ、生産性を高めることに成功した。室内空間が連続した形状ではないことから全面足場組として適切なレベルにステージを配置した。

他の2棟と異なり屋根が急勾配となっているため屋根上部に単管足場を組み立てて屋根の施工を行った(写真-8)。



写真-7 メインコート棟内観

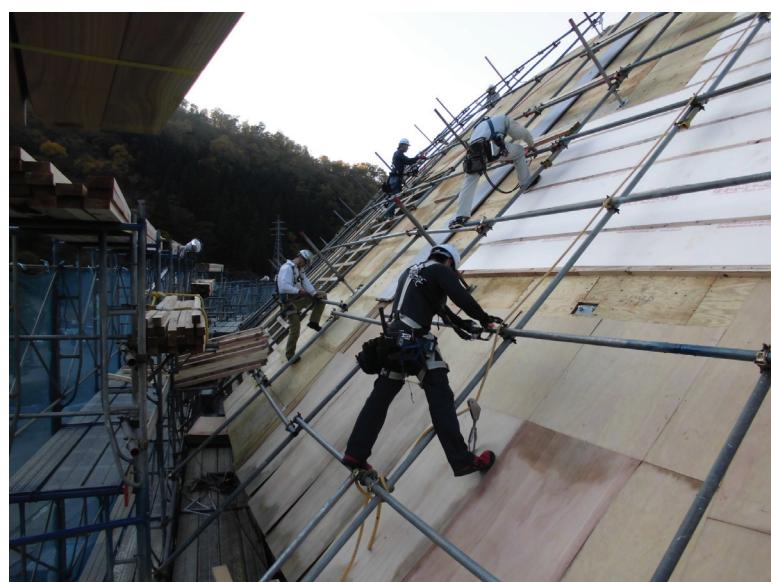


写真-8 単管足場の様子

5. 外観を含めた品質確保

今回の品質上のテーマとして建て方の精度の確保もあるが、そのまま仕上として使用される木軸の外観の保持がもうひとつのテーマとしてあげられる。

木材の弱点である水に対する対策と適切な樹種の選定により品質の確保を行っている内容を下記にまとめた。

a) 雨染み対策

比較的、屋根勾配の緩いプール棟とエントランス棟については木造屋根の建方を完了し、構造用合板を張り終えた段階で、一度全面にアスファルトルーフィングを施している(図-5)(写真-9)。

これは本設の屋根の防水ではなく、工事仮設用の雨養生として設置した。建方中においても、降雨の際はシートによる雨養生を適宜実施したが、特に木造屋根建方後から後工程の金属屋根施工完了までの間、降雨による木材の雨染みが生じる懸念があった。金属屋根下地として木毛セメント板を施工しており、雨に降られるとセメント分を含んだ雨水が木材を汚すことになる。木造架構はそのまま内部空間に表しとなることから、雨染みの防止対策として実施した。

また、木材は工場から輸送する際にビニールにてラッピング加工を行い、建方前の現場保管時の雨により濡れることが無いように配慮している(写真-10)。

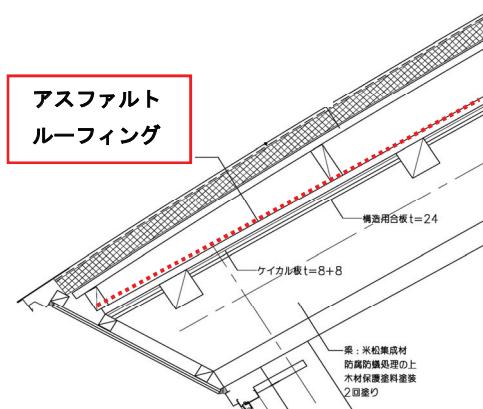


図-5 雨染み対策用防水



写真-9 雨染み対策用防水の様子



写真-10 木軸搬入時のビニール養生

b) 適切な樹種の選択

プール棟の木材はプールの湿気による木材の劣化対策を施しつつ意匠性を保つことが必要であった。

木材に関しては加圧注入式防腐防蟻処理を行った上で、外部用の保護塗装材を施した。6m以下の通直材を使用することで、加圧注入時の釜入れもしやすくなると言う効果も出た。

木部は室内に露出することから意匠性を考慮し、加圧注入の際にインサイジング処理の不要なサザンイエローパイン材を使用した。

接合金物と釘は全て溶融亜鉛メッキ処理を行い、金物やドリフトピンを施工した部分は全て木栓を施し、水や湿気の対策を図るとともに意匠性にも配慮した計画としている。

エントランス棟のL V Lは直線材であり、屋根が曲面であることからファサード面で屋根と木軸の間をルーバー状木材を用いることで形状をなじませている(写真-11)。ルーバー先端は屋根の軒先からはみ出さない様に計画することで維持管理上の配慮を行っているが、日射や雨水にさらされる可能性が高い場所になるため、耐候性の高い能登ヒバ材を使用した上で木材保護塗装を施している。

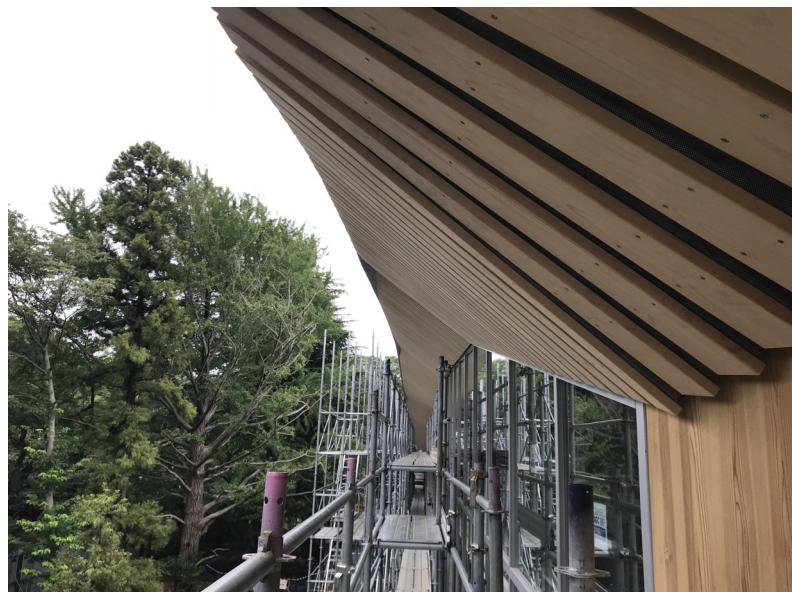


写真-11 ヒバ材のルーバーの様子

6. CLT仕上兼用型枠

エントランス棟の東側外壁面は柱とカーテンウォールを交互に連続させたファサードとなっており、それぞれの柱にLVLの折板が載っている計画となっている。柱自体はRC造であるが、ここではCLT（直行集成材）を仕上兼型枠として使用している。仕上と型枠の兼用により、木の意匠性を保ちつつ仕上の工程を省略することを狙っている。

コンクリート打設後、コンクリート中の水分がCLTに悪影響を与えないように、CLTには外部だけではなく打設面となる内部にも、木材保護塗装を施している。コンクリート面とCLT面での剥離の懸念があったため、CLT面に一定のピッチでビスを設置した上でステンレスワイヤーを取付け、剥離の防止を図った。

あらかじめ、実大試験体を製作し、打ち込んだコンクリートとの一体性、耐剥離性能の確認を行い実施工に望んだ。

高さ約7.8mの柱に対して、意匠上セパレータを用いないことが要求されたため、締固めにはコラムクランプを用い、CLTパネル1枚分の高さごとに地組みを行い、クレーンで積層する施工手順とした（図-6）。型枠の出隅はCLTを留加工とした上、内部にメッキアンダルを取り付けることで型枠精度の向上を図った。

コンクリートの充填の精度を高めるために打設は2度に分けて行い、CFT充填コンクリートの落とし込み打設の要領を応用しコンクリートポンプ車を用いて行った。打設の際は打ち上がり速度が1m以下/分となるように管理を徹底した（写真-12、13、14）。

カーテンウォールを取り付けるため4面をCLT型枠とするのではなく、外部に面する3面をCLT仕上兼用型枠とし、内部側はカーテンウォール取付後にCLTパネルを後貼りした。

型枠作成時には通常よりも手間を要したもの、複数の工種が錯綜する仕上工事段階での工事を削減することができた。工事完了段階やその後の経過観察でもCLTが大きく膨れた部分はなく、またコンクリートの含有水分による水染みの発生等もしていない。

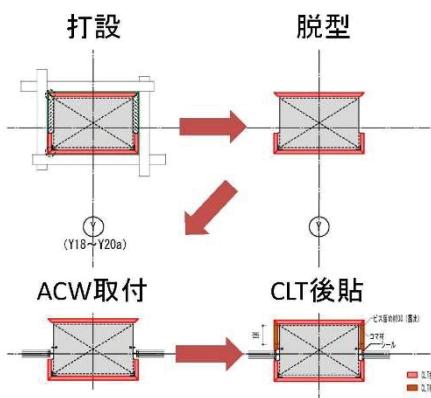


図-6 CLT型枠施工手順



写真-12 CLT型枠仮組状況



写真-13 コンクリート打設状況



写真-14 脱型後の状況

7.まとめ

今回の事例に関して施工上の工夫により得られた成果を下記にまとめる。

【品質】

施工段階で、履行した雨染み防止効果を確認した。

【コスト】

工場先行塗装や地組みにより、15%コスト低減した。

【工期】

吊り込み部材数縮減による0.7ヶ月工期短縮、工場塗装により0.3ヶ月工期短縮した。トータルで約1か月の工期短縮を実現した。

【安全】

工場先行塗装、地組みにより高所作業を削減し、作業員の安全性を向上させた。

【環境】

工場における加工率を上げることにより、現場での廃棄木材を削減した。

8.おわりに

異なる3種の木構造を有する大規模木造建築として、類似例が少ない案件を無事に引き渡すことができました。設計段階から様々な検討を行い、モックアップによる検証等を行うことで高品質な建物を提供することができました。竣工後は学生や教職員、その他関係者の皆様に頻繁に利用していただいており、学校内外の大きなイベントにも利用していただいております。

国際基督教大学教職員、学生の皆様をはじめ、関係者の方々に心より感謝申し上げます。

12. タブレット端末活用による現場運営の改善

社名:松井建設株

氏名:高森 奕平

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	某私立病院移転新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:24,457m ² 、地上6階
(3)用途	医療施設
(4)主要構造	RC造一部S造
(5)建設地	千葉県柏市
(6)施工期間	2017年11月～2019年10月
(7)工事費	一
(8)設計者	松井建設株式会社 東京支店 一級建築士事務所
2. 改善概要	
(1)問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none">現場社員が不足していた。情報共有不足による手待ち手戻り作業を削減する必要があった。現場のワークスタイルの変革を促進することが求められた。
(2)改善の目的	<ul style="list-style-type: none">現場情報共有の為の打合せ時間を短縮する。打合せや報告の為の現場と事務所の往復を削減する。現場社員の業務量を軽減し、効率化をする。
(3)改善実施内容	<ul style="list-style-type: none">タブレット端末(汎用ソフト)を利用した現場業務の効率化<ul style="list-style-type: none">①クラウド共有メモ利用による議事録の共有。②搬入揚重システム利用による搬入等のスケジュール共有。③検査用クラウドサービス利用での検査において、その場での調書、指示書の作成。④配筋写真用クラウドサービスを同期させることで、その場で配筋写真台帳を作成。
(4)改善による効果	<ul style="list-style-type: none">・Q(品質)<ul style="list-style-type: none">設計変更等、情報の共有化が迅速に行え、品質確保が出来た。管理要員を月あたり平均4.5人省人化できた。・C(コスト)<ul style="list-style-type: none">施工中の状況確認が迅速、かつ明確にできた為、手戻り作業が減り、工程管理が円滑に行えた。危険箇所、立入禁止箇所等の現場情報、工事手順の確認はタブレット端末と大型モニターを併用することで、迅速に周知でき事故を防止できた。・D(工期)<ul style="list-style-type: none">クラウドを活用したことにより、ペーパーレス化を行い無駄な印刷が削減できた。・S(安全)<ul style="list-style-type: none">現場管理要員は平均年齢29歳、総勢16名の若いメンバーで遂行できた。・E(環境)<ul style="list-style-type: none">(全社現場管理要員平均年齢37歳に対しマイナス8歳)・その他の効果

タブレット端末活用による現場運営の改善

松井建設株式会社 東京支店

高森 煙平

1. はじめに

建設業における働き方改革を推進するうえで、現場のワークスタイル変革の一貫として、タブレット端末を導入し、活用方法を模索した。本稿では、作業所で活用したタブレット端末の効果的活用状況と、現場運営の改善効果について報告する。

2. 工事概要

・工事名称	某私立病院移転新築工事	(図1・写真1)
・設計監理	松井建設株式会社東京支店一級建築士事務所	
・施工者	松井建設株式会社東京支店	・建物用途 医療施設
・工事場所	千葉県柏市	・建築面積 6,785m ²
・構造	RC造一部S造	・敷地面積 25,790m ²
・規模	地上6階	・延床面積 24,457m ²
・工期	2017年11月～2019年10月(24か月)	



図1. 建物パース



写真1. 敷地全景

3. 目的

今回のワークスタイルの変革を実践していくうえで、タブレット端末を効果的に活用するための方法を模索し、そのなかで現場運営の改善と併せて生産性向上を導くこととした。

また、若手中心の限られたメンバーで施工管理をいかに行うかについて、情報共有の方法と手順を見直すことで、作業の効率化と品質向上に繋げることを目的とした。

4. 現場運営改善の概要

タブレット端末を活用し、現場の膨大な情報量を正確にロスなく共有することで時短につなげていく。コミュニケーションの向上・時間短縮・書類作成の手間削減・業務効率化への進展などを目指した代表的な4つのツールについて述べる。

4-1 クラウド共有メモ「見える化、言える化を推進する」

これまでの手書きの議事録やメモはクラウド共有メモを利用して入力した(写真2)。

以前は、メモの紛失や書き忘れ・伝え忘れがあり、情報の共有に問題があった。

このツールは、タブレットからいつでもどこでも入力ができ、一度入力したメモは自動で保存される。また、招待したメンバーのみが閲覧できる設定もできる。



写真2. クラウドメモ打込み状況

4-2 搬入揚重システム「搬入予定はスマホで簡単予約、情報を集めて共有する」

搬入揚重システムは、搬入や揚重のスケジュール管理をクラウドで一元化し、共有するものである(図2)。

以前は、搬入の問い合わせや調整会議が多いことや手書の予定表の作成、「言った、言わない」などの問題があった。

このツールはタブレット・PCでいつでも・どこでも・誰でも予約ができる、全協力会社の搬入予定確認を一括で可能にするものである。

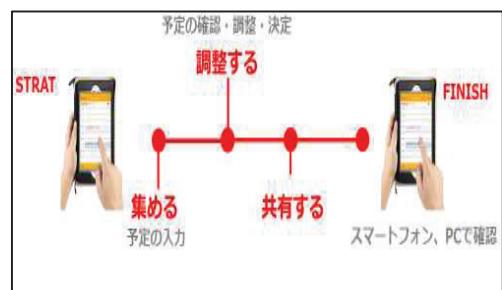


図2. 搬入揚重システム全体像

4-3 検査用クラウドサービス「現場すべてを終わらせる」

現場で行われる検査やパトロールにおいて、紙の検査調書ではなく、検査用クラウドサービスを使用し、タブレットに指摘事項や写真を入力した(写真3)。

紙の検査調書の場合、指摘事項と写真の整理の時間・検査調書の紛失の問題があった。

このツールは、タブレットに登録した画面に指摘事項・写真を入力するものである。また、ツール上で作成したものは、クラウドに保存される。



写真3. 検査用クラウドサービス使用状況

4-4 配筋写真用クラウドサービス「事務所で写真整理はしない」

配筋写真是カメラではなく、配筋写真用クラウドサービスを使用し、タブレットのカメラで撮影した(写真4)。

以前は構造図を持ち歩き、撮影した写真を事務所で整理していた。

このツールは構造図を登録でき、確認と撮影がタブレット1つで行える。また、撮影した写真は、PCソフトに同期することで、自動で配筋写真台帳が作成されるものである。



写真4. 配筋写真用クラウドサービス使用状況

5. 担当所員の1日のサイクル

各ツールを1日の流れに組み込んだ場合の短縮時間を(表1)に示す。

表1. タブレット端末活用による担当所員の1日のサイクル

これまでの通常業務	時間短縮効果	タブレット活用した場合	使用ツール
7:00 7:00 ~ 8:00 出社・朝礼準備		7:30 出社	
8:00 8:00 ~ 8:30 朝礼		7:45 ~ 8:00 スタンドアップミーティング	クラウド共有メモ
9:00 8:30 ~ 10:00 作業指示・現場巡視		8:00 ~ 8:30 朝礼	
10:00 10:00 ~ 11:00 業者打合せ 業者・資材手配		10:00 業者が入力した搬入予定の確認	搬入揚重システム
11:00 11:00 ~ 11:30 搬入予定の聞き取り 予定の調整	20分短縮	11:30 ~ 12:00 職長打合せ	
12:00 昼休憩		12:00 搬入内容の確認・確定	搬入揚重システム
13:00 13:00 ~ 13:30 搬入内容の清算 搬入予定の伝達	20分短縮	13:00 ~ 14:00 工事写真の撮影 (カメラ使用)	配筋写真用 クラウドサービス
14:00 14:30 ~ 15:00 打合せ書類の作成・印刷		14:30 ~ 15:00 所員打合せ	クラウド共有メモ
15:00 15:00 ~ 16:00 所員打合せ	30分短縮	16:00 ~ 17:00 現場巡回・進捗確認	
16:00 17:00 ~ 18:00 巡回内容の整理 翌日の作業指示書の作成	50分短縮	17:00 ~ 18:00 調査整理・業者自動振り分け	検査用 クラウドサービス
18:00 18:00 ~ 19:00 工事写真の整理 (写真の確認、写真PC取込 写真帳作成、写真帳の印刷)	30分短縮	19:00 ~ 20:00 その他事務書類整理	配筋写真用 クラウドサービス
20:00 19:00 ~ 21:00 その他事務書類整理	170分短縮		

6. 各ツールの効果

6-1 クラウド共有メモ

「利点」

- ・随時更新することで、共有設定された所員が常に更新情報にて確認できた(図3)。
- ・過去の情報を検索機能により、探し出すことが容易となり、時間を短縮できた。
- ・各グループでノートを作成することができるため、必要に応じて限られたメンバーのみ閲覧・記入することができた。
- ・現場でタブレットを使って写真やコメントを記入し、タイムリーに情報交換ができ、的確な指示を行うことができた。

通常の「事務所に確認のため戻る→現場に戻り指示を出す」といった往復時間が短縮できた。

「改善点」

- ・更新にラグが発生した際、新しく作成したノートを見ることができないメンバーが発生した。対策として、朝のスタンダップミーティングと15時の所員打合せで内容を確認する時間を設けた(写真5)。

情報発信したいメンバーが事前に配置図を更新し、「明日はポンプ車、生コン車の配置がここで、西面通路を登って、丘の上エリアで生コン車が往来するので、仕上げ搬入車両は東面の通路を専用で通して下さい。」と情報共有に漏れの無い様に発信するメンバーが絶対に必要になる。

上記の様に、クラウド共有メモを使用することで打合せに参加できないメンバーも共有メモを確認することにより交換がすぐに行える様にした。



図3. クラウド共有メモ画面



写真5. 所員打合せ状況

6-2 搬入揚重システム

「利点」

- ・搬入予定は各協力会社の職長が入力するため、担当所員による聞き取り・打込み時間が短縮できた(写真6)。
- ・「車両の大きさ・台数・搬入場所」等の入力必須事項を決めてることで、正確な情報が把握でき、作業形態の作成が容易になった。
- ・コンクリート打設等の特別な予定を事前に入れることで、職長への情報がタイムリーに周知できた。

「改善点」

- ・同じ時間帯に予定を入力できるため、搬入が重複した場合の調整が必要だった。

そのため、「明日は本館2工区3階立上4階床コンクリート打設に伴い、終日北面には仕上げの搬入車両は止められません。仕上材の搬入は南面に停車して下さい。」と搬入車両の優先度を決め、周知した。



写真6. 搬入揚重システム

6-3 検査用クラウドサービス

「利点」

- ・検査時の指摘と併せ協力会社を選択することで、協力会社ごとの指摘内容が自動で振分けされるので、指示書作成の時間が短縮できた(図 4)。
- ・スクロール機能により、指摘事項や協力会社の選択が容易になり、かつ素早くでき、調書の作成が短縮できた。
- ・プロット機能を用いて図面に指摘事項と写真を添付することで、分かりやすい調書作成を現場で完結できた(図 5)。
- ・クラウドに保存することで、調書の紛失がなくなった。

「改善点」

- ・事前に「検査図面・検査部位・指摘事項・会社名」を登録する必要があり、準備時間がかかった。
- ・検査図面を更新した場合の通知機能がないため、全体に周知する必要があった。
- ・今回、検査方法を 3 つに分けた(図 6)。

「トータル検査」のように検査範囲が広域になると、タブレットへの入力が追い付かず、手書きの方が早くなる結果となつた。その為、後でタブレットに入力し管理を行つた。



図 6. 検査方法

6-4 配筋写真用クラウドサービス

「利点」

- ・配筋要領を登録できるため、構造図を常に持ち歩く必要が無くなった(図 7)。
- ・写真を撮影しクラウドに登録することで、自動で写真台帳が作成されるため、事務所での作業が印刷だけとなり、時間を短縮できた。
- ・写真データーが隨時共有されるため、すでに撮った写真を重複して撮る手戻りが無くなった(図 8)。

「改善点」

- ・設計変更等で構造図に更新があった場合、誤って過去の配筋要領で撮影してしまう可能性があるため、図面変更の度に登録し、周知する必要があった。

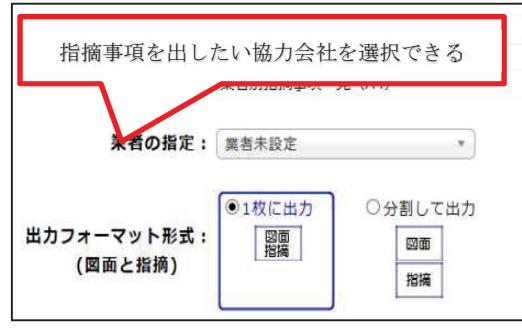


図 4. 検査調書印刷画面



図 5. 検査用クラウドサービスで作成した指示書



図 7. 配筋要領確認画面



図 8. 写真確認画面

7.まとめ

今回、延床面積 24,000m²を超える現場を限られた若いメンバーで、プロジェクトを成功させるため、タブレット端末を活用し工事を進めた結果、各ツールの「利点・改善点」が明確になり、これらを補うための情報共有が必要であると感じた。そのため、情報共有をする日々の所員打合せに加え、朝礼前にスタンドアップミーティングを設け、全員の顔を合わせる場を増やした。最終的に各作業の時間を短縮でき、ワークスタイルの改善ができた。

ツールを使用した場合としなかった場合を想定し、全所員に短縮した労働時間についてアンケートを行った。これらのツールを使用した際の短縮時間の合計を記載する(図9)。

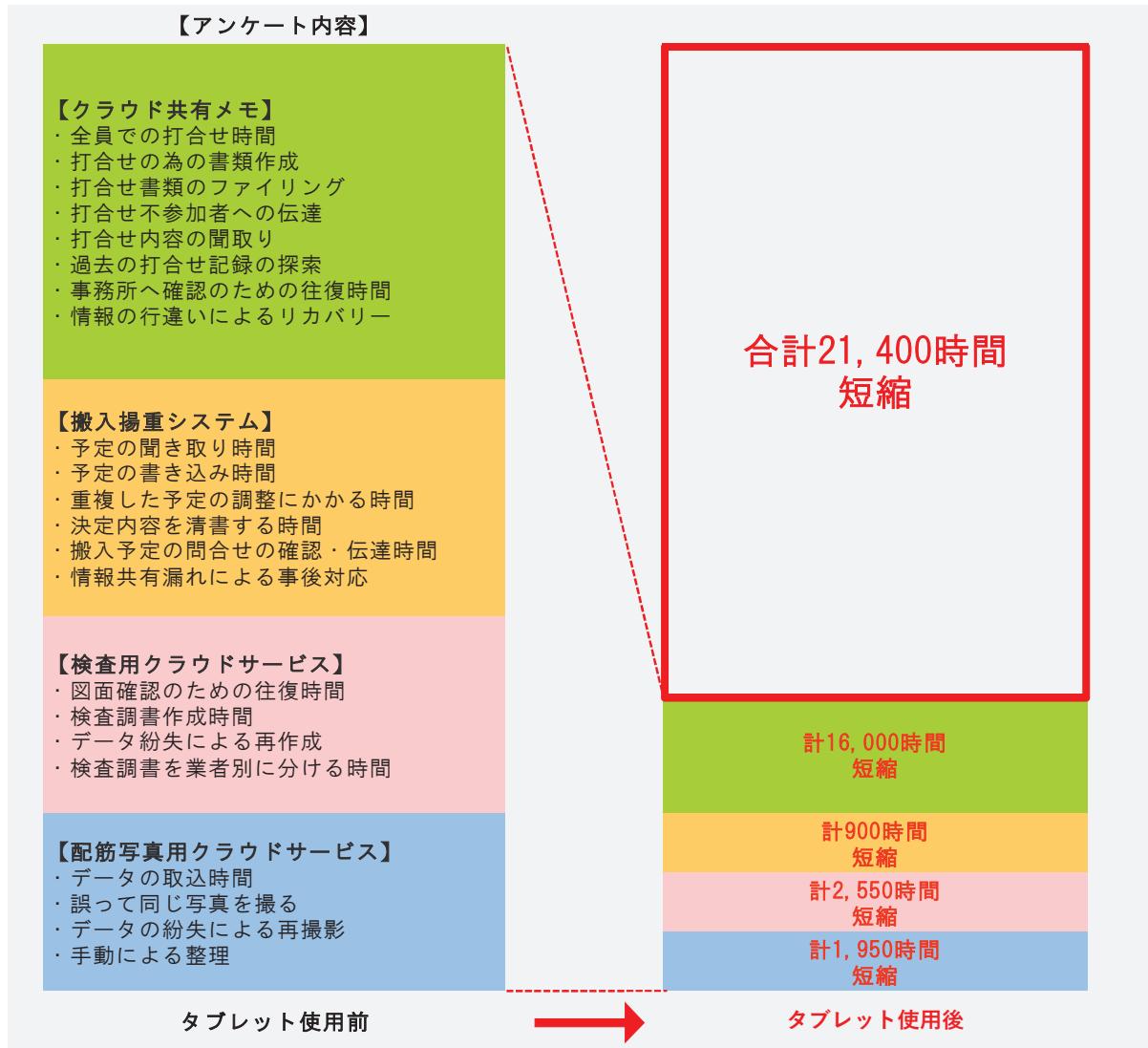


図9. タブレット端末活用による短縮労働時間アンケート結果

担当所員が短縮した労働時間は、全工程 24 か月(配筋写真用クラウドサービスのみ 13 か月)使用した場合の短縮時間の合計が 21,400 時間となり、担当所員 4.5 人分に該当する値となった。

最後に、近年の ICT の技術革新は大変素晴らしいことではあるが、便利なところだけでは、思考に柔軟性が不足し、考えない若手技術者が育ってしまう。時代の変化に対応する柔軟性と、先端技術を取り入れるという向上心を持って、試行錯誤を繰り返すことが大切である。「前より今、今より次」である。ICT 技術は「ヒト主導」で行うことで、その真価を発揮すると感じた。

