9. 曳屋工法による短工期の厳守

社名：五洋建設㈱
氏名：公平　桂右

事 例 概 要

項　　目	内　　容
1. 工事概要	
（1）工事名称	蒲郡競走場施設改善工事
（2）規模（延床面積・階数）	延床面積：25，241㎡、地上5階
（3）用途	競艇場（観覧場）
（4）主要構造	S造
（5）建設地	愛知県蒲郡市
（6）施工期間	2011年10月～2014年3月
（7）工事費	4，320 （百万円）
（8）設計者	㈱松田平田設計
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）	・本工事は、老朽化した競艇場スタンドの西側半分を先行して解体し、その場所に新たなスタンドを構築した後に、残りの東側半分を解体する工事である。 ・西側スタンドの解体前に短期間で、審判機能と照明架台の代替施設として、仮設の副審判棟、照明棟（2棟）、審判棟を解体するスタンドの前に設置する必要がある。（phase2） ・東側スタンドの解体前に短期間で、仮設の副審判棟、照明棟 （2棟）、審判棟を撤去し、このうち3棟を解体する東側半分のスタンドの前に設置し、審判棟を撤去する必要がある。（phase5） ・通年ボートレースが開催され、レース開催中には当該工事はできないが、上記phase2及び5のため、各々20日間のレース開催休止期間が設けられた。
（2）改善の目的	・限られたレース開催休止期間、及び競走水面と解体工事に挟まれた護岸上での工事という条件下で、仮設鉄骨棟の設置を円滑に行い、工程を遵守すること。
（3）改善概要	【仮設鉄骨棟設置の改善概要】（phase2） ・短期間で4つの仮設棟を設置するため、敷地東側の工事資材ヤードにて、4つの仮設棟を先行組立し、レース開催休止期間に入ると同時に、レール上でそれぞれの仮設棟を所定の設置位置まで移動（曳屋）を採用した。 【仮設鉄骨棟移設の改善概要】（phase5） ・短期間で4つの仮設棟のうち3つを移動・設置するため、レース開催休止期間に入ると同時に、レール上で4つの仮設棟を所定の設置位置まで移動して設置し、残る1棟は敷地東側の工事資材ヤードまで移動（曳屋）を採用した。
（4）改善による効果	
・Q（品質）	―
・C（コスト）	―
・D（工期）	・phase2において、10日間の工程を遵守できた。 ・phase5において、10日間の工程を遵守できた。
・S（安全）	・工事資材ヤードでの余裕を持った先組みにより、安全に作業が進んだ。
・E（環境）	―
・その他の効果	―

曳屋工法による短工期の厳守

五洋建設㈱名古屋支店
公平　佳右

蒲郡競艇場は、全国 23 番目に開業した競艇場である。西側スタンドが 1976 年、東側スタンドが 1985 年にオープンして以来、長年の使用により施設及び設備の老朽化が進行したため、西側スタンド部分を解体し、新たなスタンドを構築する計画となった。また蒲郡競艇場は 2006 年から全てのレースをナイター競走で行うこととなり、売上高は住之江競艇場と全国１位を争っている。このような状況下で、長期のレース開催休止を伴わない建替工事が行われた。

１．工事概要

・工事名称　　蒲郡競走場施設改善工事
・規模　　地上５階、延床面積 25,241 ㎡
・主要構造　　Ｓ造
・用途　　競艇場（観覧場）
・建設地　　愛知県蒲郡市
・施工期間　　2011 年 10 月～2014 年 3 月
・設計者　　㈱松田平田設計

写真１　完成した西側新スタンド

２．施工上の背景・問題点

（１）全体概要

蒲郡競走場においては、競走水面の北側に東側スタンド及び西側スタンドが位置している。（図１参照）

本工事は、競走水面の北側に位置する二つの老朽化した競艇場スタンドにおいて、ボートレースを継続して開催するため、東側スタンドを運用しながら西側スタンドを先行して解体し、次にその解体した場所に新たなスタンドを構築した後に、残りの東側スタンドを解体して付帯棟を新築整備する工事である。（図２参照）

西側旧スタンドの解体、西側新スタンドの新築、東側旧スタンドの解体、付属棟新築の全体期間を通し、レースは年間を通して通常通り開催されるため、解体→新築→解体工事のための長期にわたる休業日は設定されていない。なお、各 phase の説明について図３に示す。

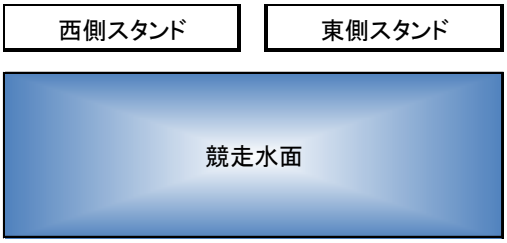


図１　スタンドと競争水面の配置

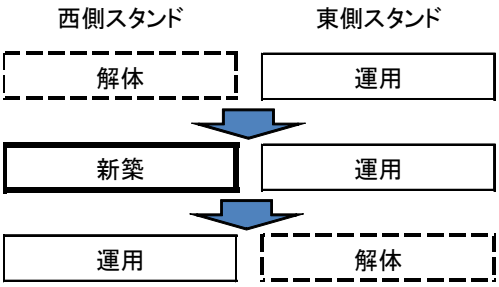
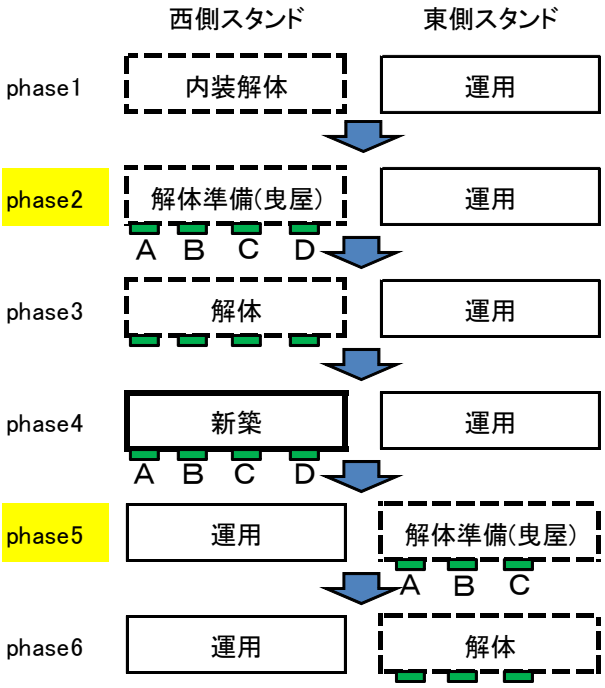


図２　スタンド全体の整備計画

（２）西側旧スタンド解体準備（曳屋：phase2）

このような条件の基、解体される西側旧スタンドに付帯する照明設備、審判設備の機能を解体期間中にも保持するため、西側旧スタンド解体工事着手前の短期間内に、西側スタンドと競走水面の間に、仮設の副審判棟、照明棟（２基）、審判棟の計４棟を設置する必要があった。

これら４棟の仮設鉄骨棟の設置から付帯諸設備の設置及び調整まで、与えられた日数は 20 日間であるが、この期間内に、鉄骨建方、必要な内外装、各種計器設置、各種配管、必要な計装、照明装置設置、照明配線、各種計器調整、照度確認及び調整等を全て行う必要があり、仮設鉄骨棟の設置に許容される期間は 10 日間であった。



A:副審判棟　B:照明棟①　C照明棟②　D:審判棟

図３　施工段階 phase 及び仮設棟の配置

（３）東側旧スタンド解体準備（曳屋：phase5）

また、西側新スタンド新築後には、東側旧スタンド解体前の短期間内に、同様に東側旧スタンド棟に付帯する照明設備を保持するため、仮設の副審判棟、照明棟（２棟）、審判棟を西側新スタンド前から撤去し、このうち副審判棟、照明棟（２棟）の計３棟を解体する東側旧スタンドの前に設置して照明棟として利用し、審判棟を撤去する必要があった。

これら３棟の仮設鉄骨棟の設置から付帯諸設備の設置、及び調整までに与えられた日数は 20 日間であり、３棟の仮設鉄骨棟の設置に許容される期間は、phase2 と同様に 10 日間であった。

３．施工計画の検討

（１）工事の与条件

・phase2、phase５とも、レース開催休止期間 20 日間のうち、10 日間で複数の仮設鉄骨棟を設置する必要があった。

・既存スタンドと競走水面との間は幅約 10mの細長い帯状の通路であり、仮設鉄骨棟を設置している場合には、その横の大型車両（資材運搬車両、揚重機等）のすれ違いは難しい。このため、設置位置での４棟同時建方は非常に難しい。本工法は現実的ではない。

・西側旧スタンド解体準備（曳屋：phase2）では、仮設鉄骨棟４棟の並びは、西から副審判棟、照明棟①、照明棟②、審判棟の順となっている。東側旧スタンド解体準備（曳屋：phase5）では、仮設３棟の並びは、西から副審判棟、照明棟①、照明棟②の順となっており、phase2 と phase5 では、phase5 で審判棟がないことを除いて同じ並び順序となっている。（図３参照）

（２）曳屋工法の採用（西側旧スタンド解体準備：phase2）

４棟の仮設鉄骨棟の現地設置期間を 10 日間以内で短期間に行うために、設置に与えられた期間以前の期間を活用することが有効な対策となる。仮設鉄骨棟を敷地内の別の場所で先行組立しておき、10 日間の設置期間に、これらを移動し設置できれば工程の大幅な短縮となる。

このため、敷地東側の工事資材ヤードを利用して４つの仮設鉄骨棟を先行組立し、レース開催休止期間に入ると同時に、それぞれの仮設鉄骨棟を所定の設置場所までレール上を移動する工法（曳屋移動）を採用することにした。

西側旧スタンド前では、４つの仮設鉄骨棟が西から、副審判棟、照明棟①、照明棟②、審判棟と、それぞれの設置位置が決まっているため、設置位置に移動する順序になるよう、４つの仮設鉄骨棟の先行組立位置を定め、同じレールで水平移動を行った。

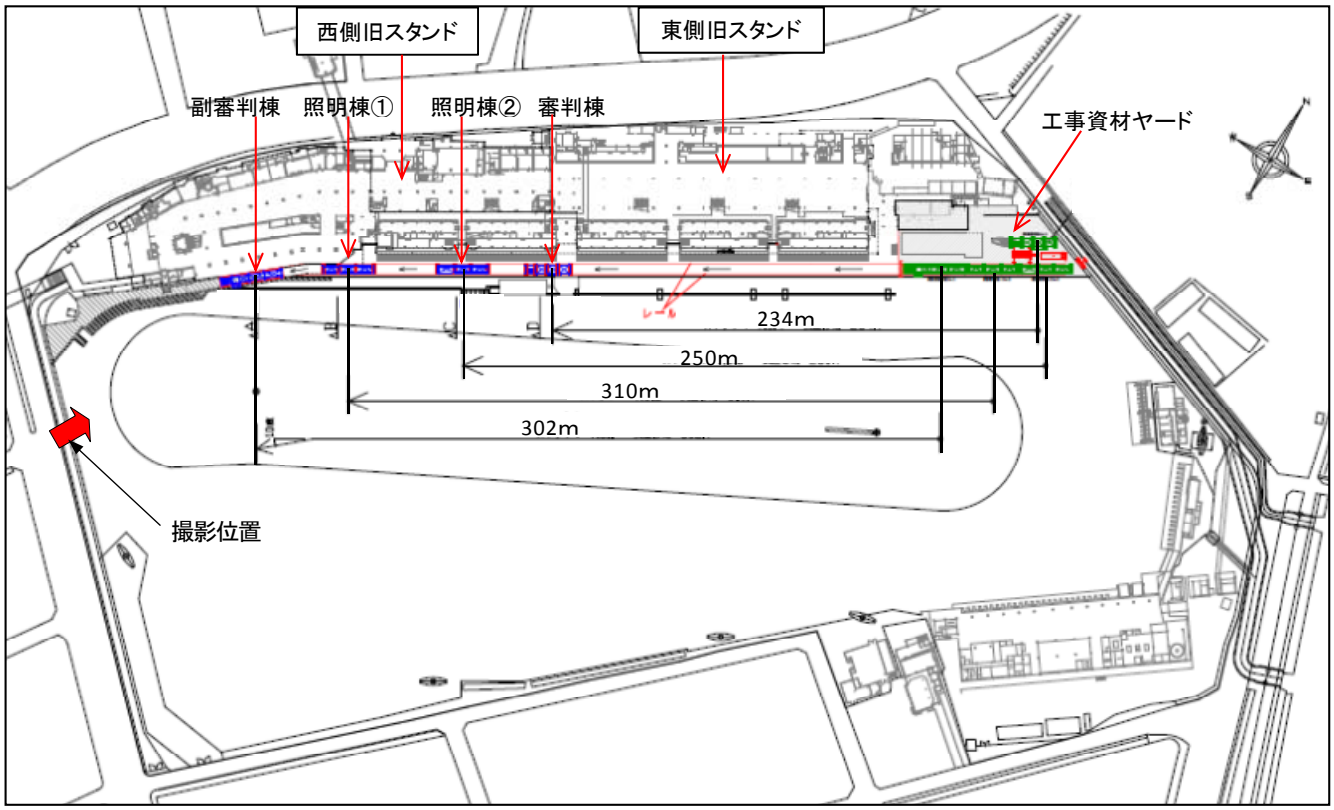


図４　phase2 における曳屋計画

工事資材ヤードで組立中　　副審判棟　　副審判棟

写真２　phase2 における仮設各棟の移動状況

（３）曳屋工法の採用（東側旧スタンド解体準備：phase5）

４棟の仮設鉄骨棟を西側スタンド前から撤去し、このうち３棟を東側スタンド前へ、移設期間を 10 日間以内の短期間に行うためには、仮設鉄骨棟を西側スタンド前に設置したときに使用したレールを再度設置して、東方向に移動させるのが最も効果的である。このため、二度目のレース開催休止期間に入ると同時に、それぞれの仮設鉄骨棟を東側スタンドの所定の設置場所までレール上を移動する工法（曳屋移動）を採用するに至った。

西側旧スタンド解体準備（phase2）の仮設４棟の並びは、西から副審判棟、照明棟①、照明棟②、審判棟の順であり、東側旧スタンド解体準備（phase5）の仮設３棟の並びは、西から副審判棟、照明棟①、照明棟②と同じ並びとなっていることから、使用しない審判棟を先行して東側資材ヤードに移動するのと同時に、使用する３棟を所定の場所に移動して設置を行った。

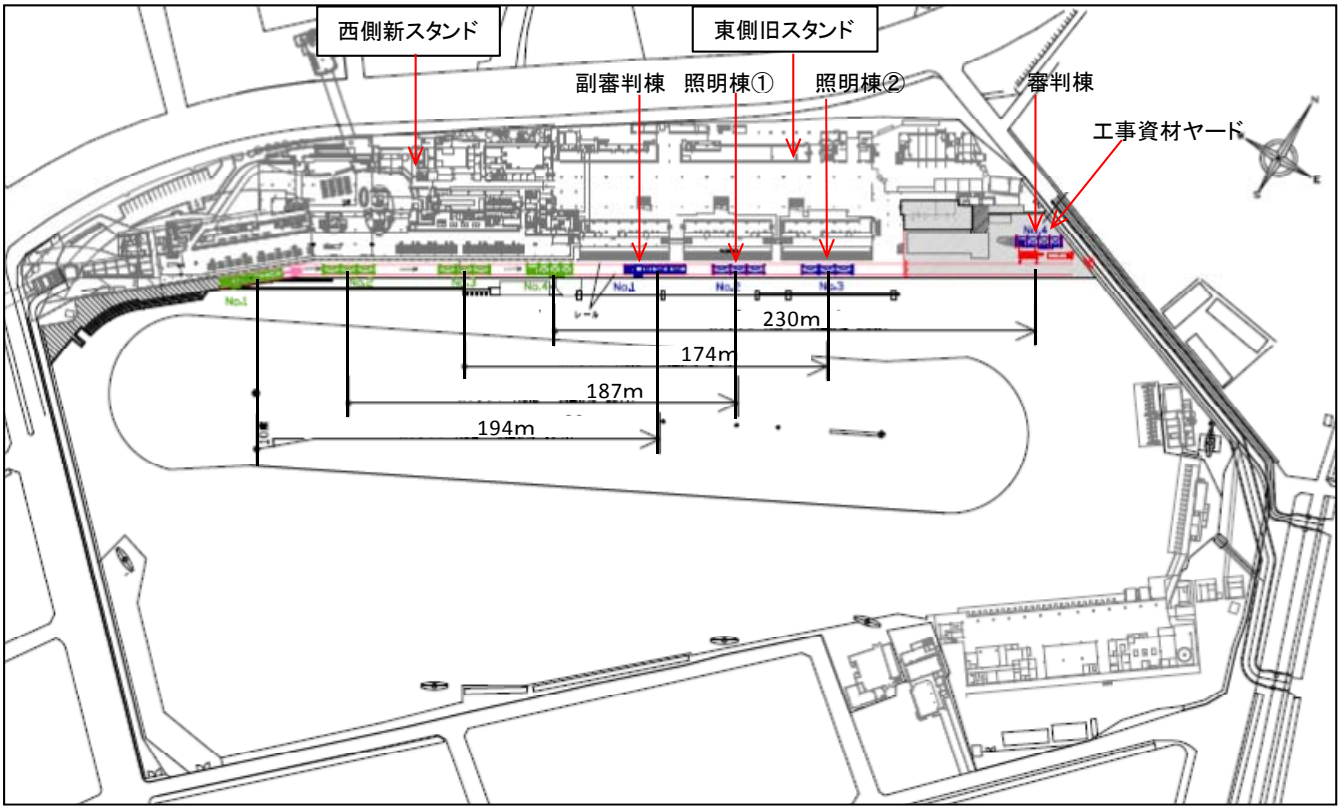


図５　phase5 における曳屋計画

写真３　phase5 における仮設各棟の移動状況

４．施工計画

（１）曳屋装置の計画

①各棟の重量算出

・副審判棟　　総重量　869kN　　各柱下部垂直応力　50～165kN
・仮設照明棟１　　総重量　733kN　　各柱下部垂直応力　66～119kN
・仮設照明棟２　　総重量　733kN　　各柱下部垂直応力　66～119kN
・審判棟　　総重量 1698kN　　各柱下部垂直応力 136～285kN

②移動用ローラーの数量設定

・移動用ローラー１基当りの垂直耐力は 180 kN である。
・副審判棟、仮設照明棟１、仮設照明棟２の各柱下部には移動用ローラー各１基設置。
・審判棟の各柱下部には移動用ローラーを各２基設置。

③ウィンチの設定

・摩擦係数を垂直抗力の 5%と仮定し、最大重量の審判棟に対応する８ｔウィンチとする。

（２）留意点

①施工上の留意点

・審判棟及び副審判棟に付帯する外部階段の荷重を本体で受けるため、階段を斜めに吊りながら移動する。
・西側旧スタンド西端部分では回転移動工法を採用し、回転移動部分はレールをダブルとしてコロローラーを使用する。回転時には、コロローラーをわずかに傾けながら牽引する。
・審判棟は、南側に偏心している重心を中央部に戻すために、カウンターウェイトを設置する。
・大型ウィンチが使用できない場合に、部分的に小型ウィンチ、手動ウィンチ、油圧ジャッキを使用する。

②工程管理上の留意点

・毎日複数の施工班がそれぞれ時間を追って異なる作業を行い、毎日、時間単位の班別作業工程を作成する。

③安全管理上の留意点

・毎日の休憩時、昼食時及び作業終了時には、レール上の各仮設棟の移動を拘束する。
・水面際での作業時には、救命胴衣を着用する。

５．改善結果

今回の工事において、phase2 での命題は、西側旧スタンド前へ仮設鉄骨棟４棟をわずか 10 日間で設置すること、phase5 での命題は、西側新スタンド前から仮設鉄骨棟４棟を撤去し、東側旧スタンド前にこのうち３棟をわずか 10 日間で設置することであった。曳屋工法の採用によりこの命題を克服することができ、全体工程を遵守できたことに加え、競艇場の運営に支障をきたすことがなかった。

６．おわりに

重機の使用、資機材の運搬等の作業条件が制限される場合、直線状のレールが設置できること、レール下部の地盤が強固であること、レール位置の延長上に先行組立ヤードが確保できること等の条件が整えば、本工法は短工期の施工に有効な手段の一つとして考えられる。

①仮設棟鉄骨の先行組立（東側組立ヤード）

②移動用レール設置

③各棟移動中

④審判棟横移動

⑤各棟移動中

⑥所定位置に固定

⑦４棟設置終了

⑧照明点灯試験

写真４　施工手順（phase2）

①移動用ローラー

②ジャッキアップ･ダウン用油圧ポンプ＋モニタリング

③ローラーを設置（ジャッキアップ後）

④8ｔウィンチ（本線移動牽引用）

⑤審判棟のカウンターウェイト

⑥審判棟横移動（油圧ジャッキ併用）

⑦コロローラー移動部分

⑧ジャッキダウン＋所定位置で固定

写真５　移動装置

10. 複雑な形状の大型体育館施設の施工合理化

社名：㈱フジタ
氏名：茂川　和生

事 例 概 要

項　　目	内　　容
1. 工事概要	
（1）工事名称	大田区総合体育館改築工事
（2）規模（延床面積・階数）	延床面積：13，970㎡、地下2階、地上2階
（3）用途	体育施設
（4）主要構造	地下RC造　地上SRC造　一部S造
（5）建設地	東京都大田区
（6）施工期間	2009年6月～2012年3月
（7）工事費	5，094（百万円）
（8）設計者	㈱石本建築事務所
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）	・曲面及び球面で構成されているSRC及びRC外壁の構築。 ・複雑な屋根形状のトラス鉄骨建て方、精度管理と複雑な作業工程。 ・体育館内部の大空間での作業床の確保。
（2）改善の目的	・曲面及び球面躯体の鉄骨、鉄筋、型枠製作と労務の省力化。 ・複雑な形状のトラス鉄骨建て方の安全性と品質の確保。 ・体育館内部の仕上げと仕上用足場の省力化。
（3）改善概要	・曲面及び球面形状に平面型枠を活用した。 ・3次元CADを用いて鉄骨・鉄筋加工形状を決定した。 ・トラス鉄骨の建て方にベント支柱工法を採用した。 ・トラス鉄骨の錆止め塗装を工場塗装とした。
（4）改善による効果	
・Q（品質）	・3次元CAD及び3次元モデルを活用することで品質を確保した。
・C（コスト）	・球面型枠の資材費を約70％削減、鉄骨錆止め塗装費40％削減、体育館内部空間足場を約70％省力化した。
・D（工期）	・トラス鉄骨錆止め塗装を工場塗装のみとすることで現場工程を短縮した。
・S（安全）	・体育館内部足場を省力化し、かつ足場の下を重機作業できる様にしたことで労務を低減し、安全性を確保した。
・E（環境）	・錆止め塗装を工場塗装のみとしたことで、現場周辺への環境を配慮した。 ・足場材（約60t）の運搬・架設・解体で排出されるCO_2の排出量を低減した。
・その他の効果	―

複雑な形状の大型体育館施設の施工合理化

株式会社フジタ　東京支店
茂川　和生

１．はじめに

大田区総合体育館は1965年に建設された区立体育館で、かつては日本プロレスの聖地として知られてきたが、建物の老朽化が進んだため、建替え工事を行うことになった。

旧体育館は最高高さが20m未満となっていたことから、改築する体育館も周辺環境に配慮した計画となっており、メインアリーナ、サブアリーナその他フィットネススタジオ、モールは地下に埋める形で配置され、建物の最高高さは20m未満で設計された。地上部分にはアリーナの上部空間、観客席、弓道場が配置され、その外観や内観はともに意匠的に複雑で凝ったデザインで設計されている。（写真－１，２参照）

改築建物の平面的形状は変形した楕円形で、ゆるい曲線ときつい曲線とで連続して構成されている。外壁の柱はＶ字型となっており、斜め方向にねじれながら上階につながっていく柱となっていた。

また、メインアリーナの屋根は立体トラス鉄骨で構成され、亀の甲羅のような形のデザインである。

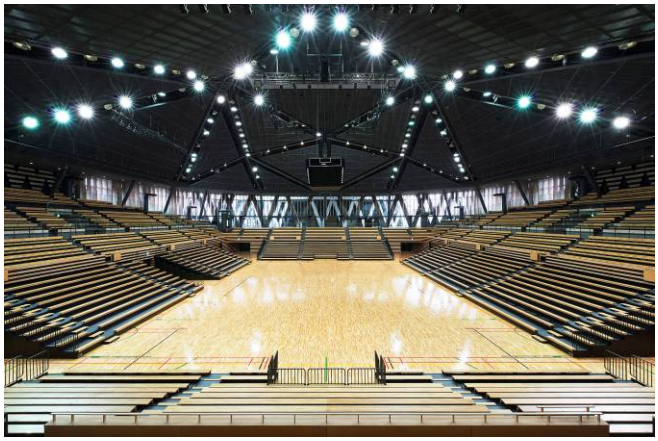
本論文は、大型で非常に複雑な形状の建物の構築にあたっての施工計画と実施の記録である。

２．工事概要

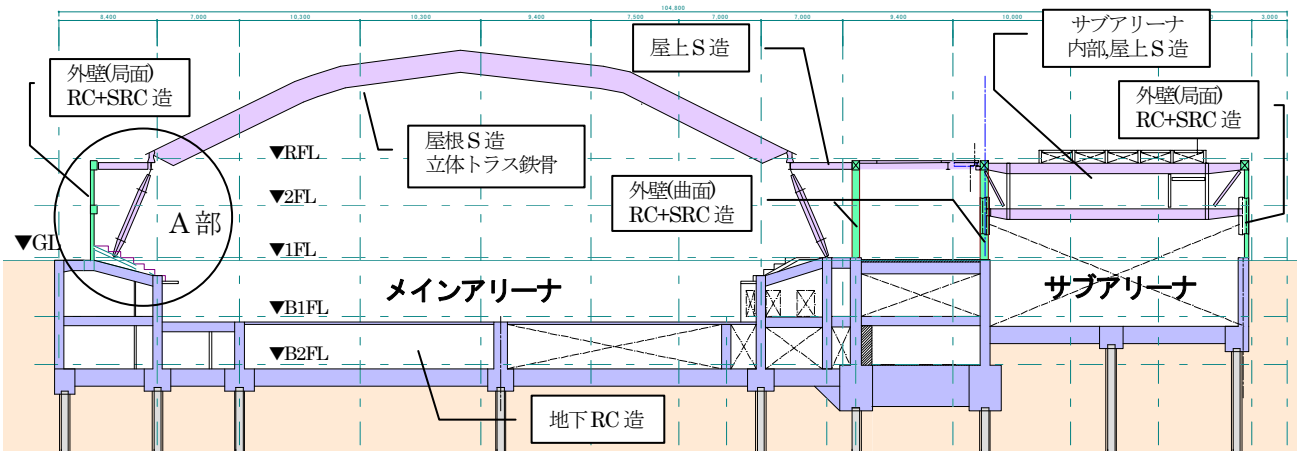
工事名称　大田区総合体育館改築工事
工事場所　東京都大田区蒲田１丁目１１番
施　　主　大田区長　松原　忠義
設計監理　株式会社　石本建築事務所
施　　工　フジタ･幸･河津・甲田建設工事共同企業体
工　　期　2009年6月16日～2012年3月16日
（延33ヶ月）

建物概要　構造規模　SRC＋RC＋S　地下２階　地上２階
用　　途　体育施設
敷地面積　8,588.83㎡（2,598.12坪）
建築面積　5,813.19㎡（1,758.49坪）
延床面積　13,970.03㎡（4,225.93坪）
基礎工法　既製コンクリート杭　209本
建物高さ　GL＋19.90m
基礎深さ　GL－12.90m
屋　　根　キールトラス構造屋根
（ボールジョイントトラス工法）
ステンレス溶接工法屋根
屋　　上　断熱アスファルト防水シンダー押え
外　　壁　曲面RCの上、菱形せっ器質タイル張り、化粧打放フッ素樹脂塗装
鋼製カーテンウォール(一部アルミ)

写真－1　改築体育館（竣工写真）



写真－2　メインアリーナ(竣工写真)



図－1　軸組図

3．構造の特徴

建替後の体育館は、その機能の殆どが地下に配置されている。地上部には、直径約68mのメインアリーナ上部および長辺径約45mのサブアリーナ上部とELV階段棟がある。それぞれの棟はR階レベルで鉄骨フレームで継がれ、屋上庭園・ランニングコースとなっている。

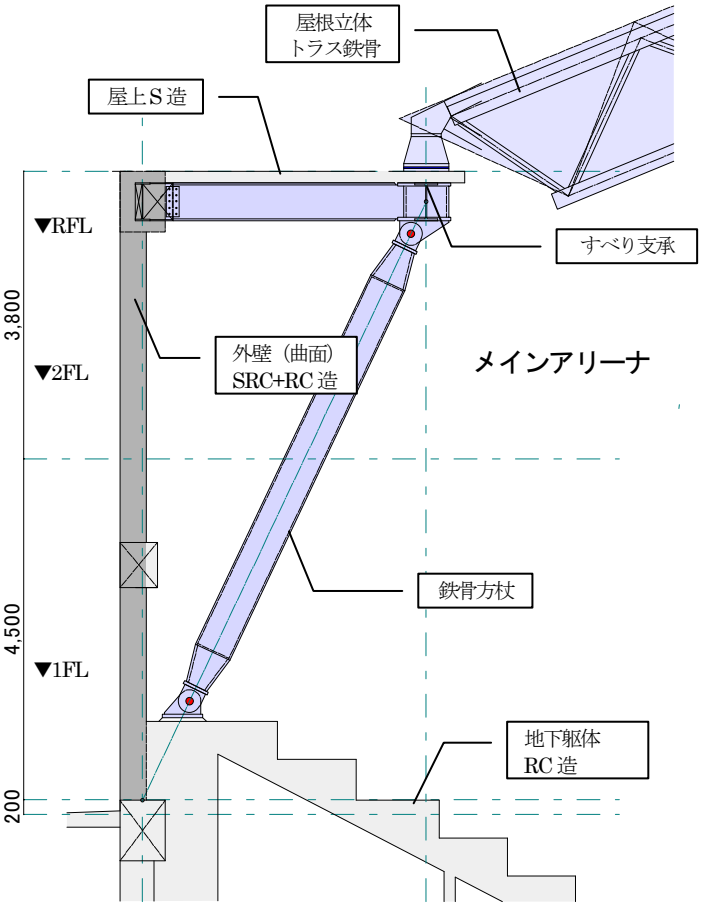
地下構造はRC造であったが、地上躯体はSRC+RC+S造で構成され、特にメインアリーナの屋根はボールジョイント式の立体トラスで構成されている。（図－１～３）

メインアリーナ・サブアリーナ及びELV階段棟地上部の外壁は、SRC造の柱梁とRC造の柱が曲面的に配置されている。梁は水平に配置されているため、２次元的な曲線形状であったが、柱はV字型を曲面にあわせるため、３次元的な曲線（捩じれた形状）となっている。

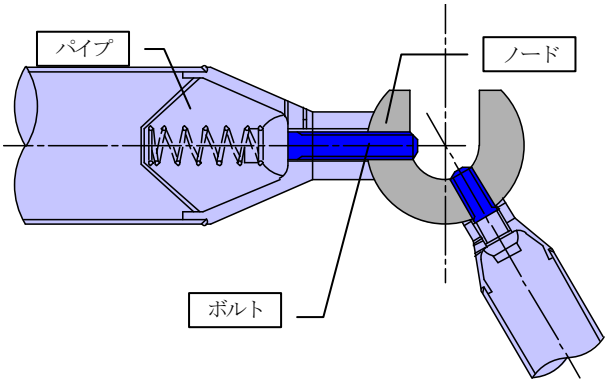
メインアリーナ屋根鉄骨の立体トラスは、キールトラス構造屋根とボールジョイントトラス工法となっている。ボールジョイントトラスは、一つの球体（ノード）にパイプを１本のボルトで接合し、立体トラス（システムトラス）を組立てる工法である。屋根の骨組みとなるキールトラスを接合して屋根の形状を形成している。（図－3,4 写真－3 参照）

屋根からの荷重は、メインアリーナ屋上のすべり支承を介してダイレクトに鉄骨方杖に伝達される構造になっている。（図－2）

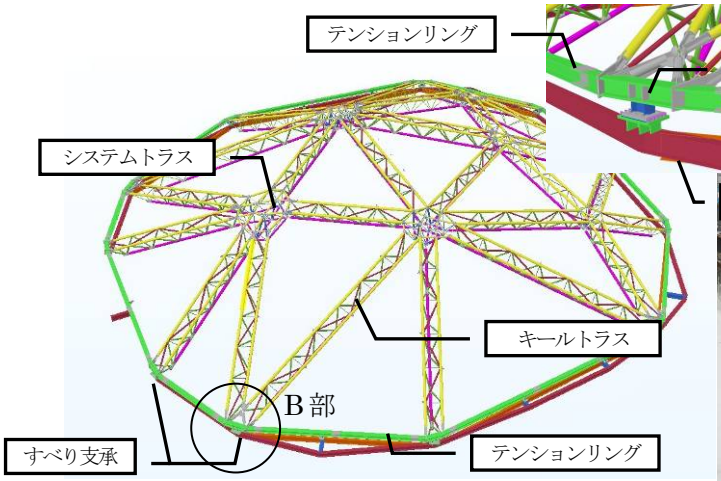
屋根の立体トラス鉄骨重量は約400tあり、11箇所のすべり支承、鉄骨方杖で支えられていた。最終的な設計の長期荷重は、すべり支承1箇所当たり鉛直荷重約120tで、11箇所の接点がバラバラにならないよう、アリーナ全周に配置されたテンションリングにより、1体接合されている。(図－4、写真－3)



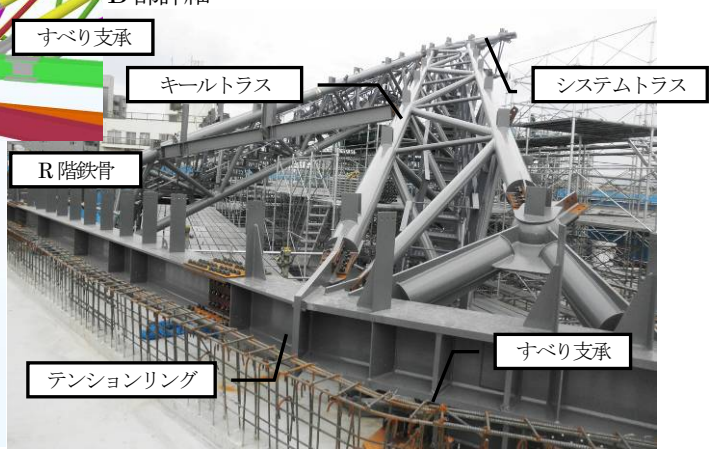
図－2　A部詳細



図－3　立体トラス接続部



図－4　屋根鉄骨３D 製作図



写真－3　屋根立体トラス鉄骨

４．外壁の施工計画

外壁は図－5 のように曲面のＶ字型SRC 柱が連続してつながっており、SRC 柱の間に曲面の RC 柱が配置された設計となっているため、柱筋接合部や交差部は柱主筋が非常に混み合っていて、配筋計画が重要なポイントであった。

開口部の側面形状は、外壁の曲面とＶ字柱が重なる部分なので、平面型の型枠で開口部側面の組み立ては困難と判断された。

４－１　鉄骨部の検討

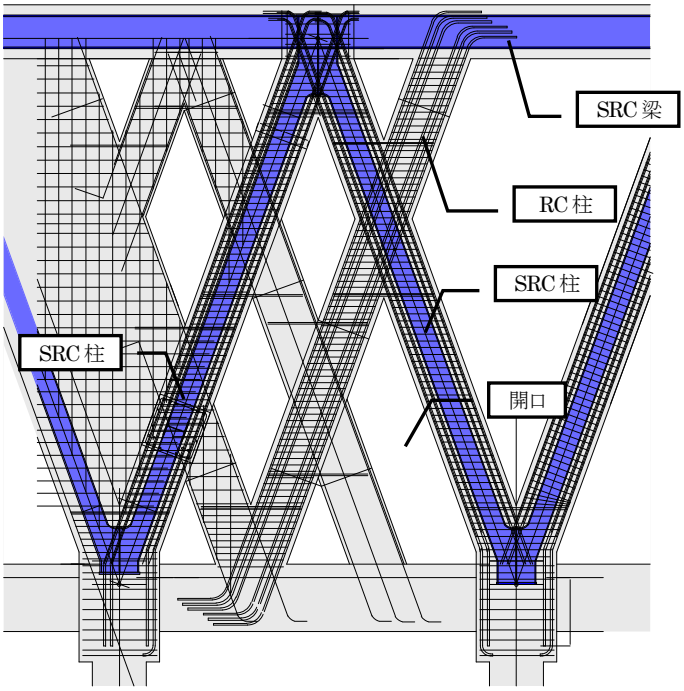
計画段階では、はじめに梁鉄骨は２次元的なＲ加工をすればよいが、柱鉄骨は３次元的なＲ加工が必要かどうか検討を行った。

外壁の形状から、２次元の平面図面だけでは鉄骨・鉄筋・開口の納まりの検証は、ほぼ不可能であった。そこで３次元 CAD で鉄骨製作図を描き、そこに柱主筋とコンクリートを肉付けして実際の納まりを検証することとした。（図－6）

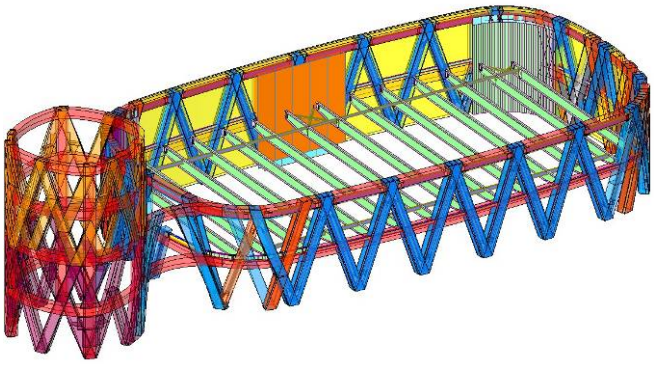
検証の結果、Ｖ字の柱鉄骨は、最も曲面半径がきつい部分でも、上下の仕口の位置・角度を変えることによって、直線形状でも柱芯から大きくずれる事はなく３次元のＲ加工は不要と判断された。さらに鉄筋とのあき、鉄筋のかぶりも確保でき、他の部位との干渉もなかったことから、構造設計者の承認を得てＶ字柱鉄骨を直線加工とすることにした。

４－２　鉄筋納まりの検討

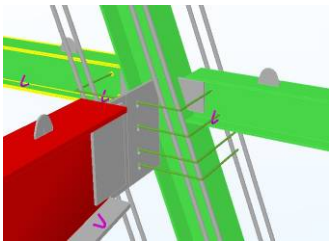
３次元 CAD では、時間的に全ての鉄筋の納まりを検証することが出来なかったので、柱梁主筋とパネルゾーンのみを３次元 CAD で作成した。３次元モデ



図－5　外壁詳細図



図－6　鉄骨とコンクリート構造の統合モデル
（サブアリーナと ELV 階段棟）



図－7　仕口部の切出

写真－4　主筋テンプレート

ルを用いることにより、パネルゾーンの鉄骨の鉄筋貫通孔の位置決めは容易に行うことができた。

主筋の位置は３次元 CAD により SRC 柱の断面を切り出し、２次元の図面に変換して配筋図を作成した。決定した柱主筋の位置情報を鉄骨ファブと共有し、工場では図面を元に一次ファスナーを取り付け、現場にてそれぞれの柱の鉄筋位置にテンプレートを取り付けられるようにした。(写真－4)

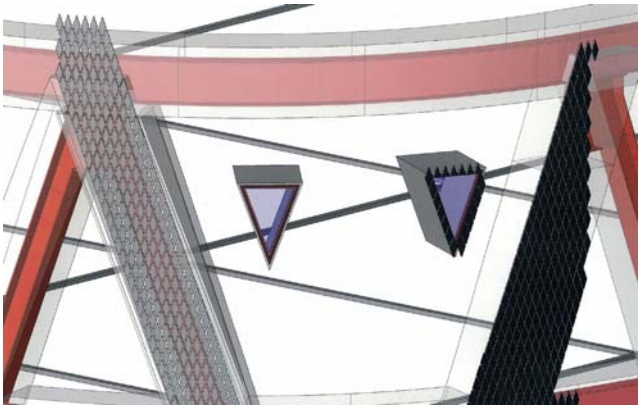
テンプレートは１本の柱で上部・中央・下部と取り付け、テンプレートにあわせて配筋をすれば自然に３次元曲線の柱主筋となるよう計画した。

４－３　型枠の検討

今回の建物の外壁は変形した楕円形であり、また壁厚は 850mm となっているため、各柱の外側と内側の型枠では曲率が違っていた。

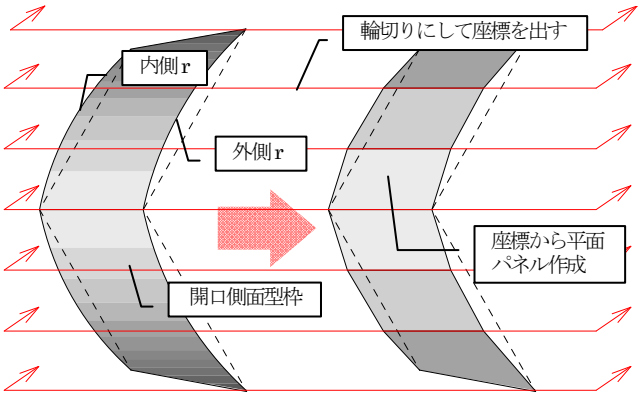
壁の外側内側の型枠は１枚の面であることから、２次元的な曲面で表すことが出来たので２次元曲面をパソコン上で押し広げ平面とし、得られた寸法から平面型枠を作成し、それぞれ曲面に合せて工場で曲げ加工を行った。

柱および開口寸法の詳細な躯体寸法は、３次元モデルでのタイル割りにより決定する予定であったが、微妙な目地割りまで３次元モデルで表すのは難しく、外壁全体１周を平面で表し、２次元の図面でタイル割を行った後、３次元モデルにその結果を反映した。（図－8）



図－8　３次元モデルによるタイル割（試行）

型枠の作成で最も難易度が高いものは内外の型枠をふさぐ開口部の側面型枠であった。側面型枠は曲率の異なる外側と内側の壁型枠に取り合い、かつ壁厚が厚いことから内側に向かってその開口寸法が小さくなっており、球面形状となっている。



図－9　側面型枠、球面→ポリゴンへのイメージ図

３次元モデルから側面型枠の形状を表現することは出来たが、その形の型枠を実際に作成することは非常に困難で、開口の数も非常に多いことから、製作・組立てに莫大な時間とコストがかかることが判明した。

そこで作業所で検討を重ね、３次元モデル CT スキャンのように開口頂点から 450mm ピッチで輪切りにし、断面から４点の座標を算出し、各点を結ぶ平面形状の側面型枠とした。（球面をポリゴンにするイメージ　図－9）

型枠の組み立てでは、最初に工場加工した壁の内外の型枠を組立て、開口の側面型枠は、現地で調整･加工した後、内外型枠に側面型枠を塞ぐ形で組立てを行うこととした。

外壁で曲率がきつくなる部分や小さな開口では、ねじれが大きくなり、側面型枠の幅が 450mm では納まらなくなってくるため、場所によっては側面型枠の幅寸法を小さくしたり、現場にて摺り合わせて対応した。壁型枠の外端太は曲率の小さい部分では丸パイプを R 加工して使い、曲率の大きな部位は塩ビパイプを用いた。

球面型枠に対する技術検討により、開口部側面型枠の工場加工を簡易なものとし、作業所にて調整加工できる形状としたため、工場加工費のコストと組立にかかる作業を約３０％省力化することが出来た。

４－４　３次元モデルから、２次元図面へ

複雑な建物を、３次元 CAD で作図することにより、各部の納まりや干渉チェックは容易となる。しかしながら実際に現場で作業を行う協力業者には、２次元の施工図で指示を行う必要があった。

２次元の施工図では、今回の建物のようにねじれた曲面が多い場合は、その奥行き方向の表現が難しい。そのため今回は３次元モデルから、部材の断面を何枚も切り取り２次元にして、さらに必要な情報を加筆し、表現が難しい場所は部分的に３次元モデルのイメージやアイソメ図を施工図に表記し、相手に情報を伝える工夫を行った。

５．外壁モックアップの作成

３次元モデルから、各部の納まり寸法や干渉部分を見つけることは可能であった。

しかし、柱梁主筋の定着部や、その定着部に入ってくる鉄骨のベースプレート、アンカーボルト部分、交差する柱（柱主筋が交差する）のフープの納まり、重ね継ぎ手となる部分などすべての部材の納まりまで描くことは非常に困難であった。

写真－5　外壁実物大モックアップ

そのため、３次元モデルの検証を行っていない鉄筋の定着部などの施工をどのようにすればできるかを検証するため、最も曲率の大きいサブアリーナの外壁部分の実物大モックアップを作成することとした。

実物大モックアップでは、鉄骨･鉄筋･型枠それぞれに対し施工方法の確認から始まった。型枠では一部透明型枠を使ってコンクリート打設時のコンクリート充填性も確認した。さらに、実際のサッシ・ガラスも取り付け、内側のコンクリート打放部分のフッ素塗料の色合いからタイルの色決めも行った。(写真－5)

６．外壁の実施工

外壁の施工は鉄骨柱に対し鉄筋の地組みを行い、さらに鉄筋を地組した柱鉄骨を逆Ｖ字型に組立ててから鉄骨の建て方を行った。（写真－6）

当初は斜め柱が建て方時に不安定になることが懸念されたが、逆Ｖ字型に地組みし、建入直し治具を使うことによって鉄骨の安定性を保つことができた。

外壁の柱主筋は直線加工とし、組立て時に曲率に合わせて組み立てられるような計画としたため、柱主筋の継ぎ手は曲線に合わせやすいネジ式継ぎ手を採用した。しかし、外壁の曲率が一定でないことから、外壁曲率の大きい箇所で、地下躯体から伸びている柱主筋と地上の柱主筋の位置合わせは、機械で曲げ加工を行うことが出来ないカーブだったため、地下と地上の柱筋の位置合わせに非常に苦労した。

写真－6　外壁鉄骨鉄筋地組状況

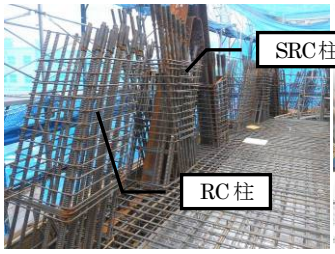
また、柱のフープは閉鎖型であったため、Ｖ字の柱が交差する部分や、柱が結合する箇所ではフープはコ型に加工し、両側から柱を挟み込んだあと、位置をあわせ現場溶接で閉鎖型とした。

このほか、曲率の大きい部分ではフープが柱筋より離れてしまい、鉄筋のかぶりがなくなる恐れがあったため、１箇所１箇所の調整に手間がかかった。柱が複雑に交差する部分では配筋も込み入った納まりとなり、柱交差部や結合部（ひし形の開口の上下部分)では、コンクリートの充填性が悪くなる恐れがあった。３次元モデルで鉄骨と鉄筋の干渉部をチェックしたり、実物大モックアップでその配筋納まりを確かめたが、実際には１箇所１箇所納まりや曲率が違うため、作業所では、さらに検討する必要があった。

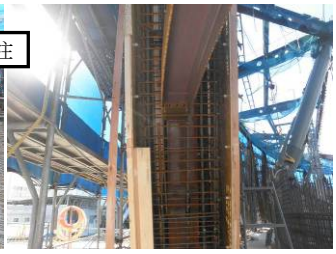
外壁は内外の型枠を、ほぼ全てを工場加工とし、組立て番号順に建て込み、細かいところを作業所で調整することにより精度良く施工することが出来た。

サブアリーナのSRC、S造の混合のパネルゾーンでは、鉄骨の製作図を3次元モデルで描いたため、鉄骨の製作は問題なく行えたが、そのパネルゾーンはほぼボックス状になっており、コンクリートの充填性に不安があった。（写真－10）

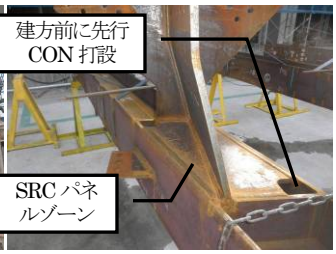
そのため、作業所に鉄骨納品後、急遽パネルゾーンの鉄骨内部のみ、建て方前に先行してコンクリートの打設を行うなど実施工を行いながら、一つ一つ問題を解決して工事を進めていった。



写真－7　SRC柱とRC柱


写真－8　型枠建込状況

写真－9　外壁ｺﾝｸﾘｰﾄ出来方



写真－10　SRC柱ﾊﾟﾈﾙｿﾞｰﾝ

7．屋根立体トラスの施工計画および施工

7－1　施工計画

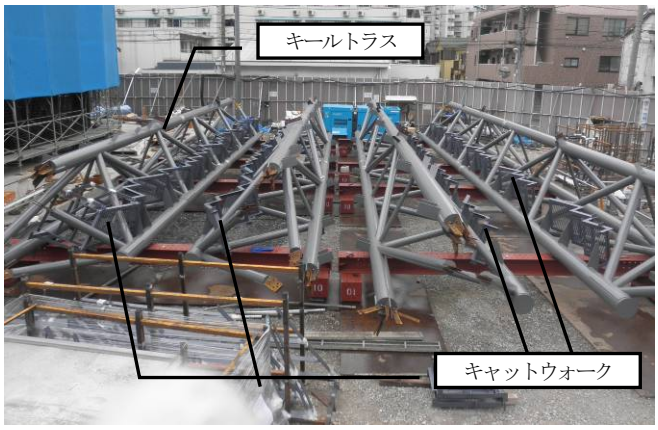
7－1－1　付帯設備

本建物の屋根立体トラスは6個のシステムトラスと26本のキールトラスとで構成されている。（図―4、写真－11,12）

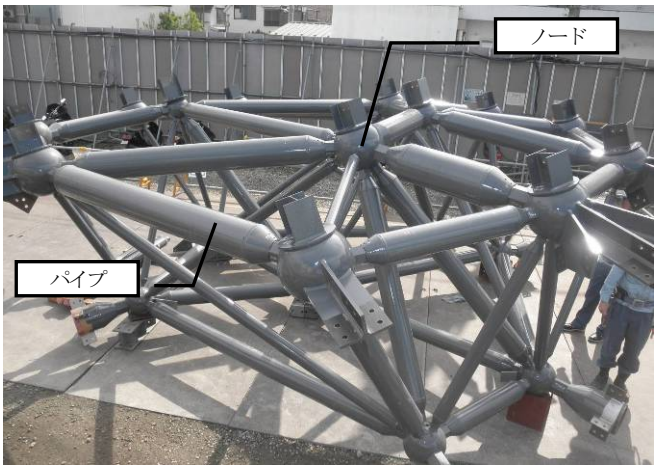
各キールトラスにはキャットウォーク、照明器具や放送設備および舞台装置、エキスパンドメタル天井下地が取り付くため、取付位置・干渉など、2次元の図面では、表現することが非常に困難だった。

このため、3次元モデルから形状・位置・干渉のチェックを行い、取付ピースの位置を決定し作成された3次元モデルを2次元化し、そのデータを各業者と共有し付帯設備の作図・製作を行った。

特にキャットウォークは、キールトラス内に組み込まれるため、位置・角度・段・形状などを3次元モデルを使って綿密な検討を行った。屋根立体トラスの3次元モデルは鉄骨ファブが設計協力段階ですでに作成していたため、そのモデルをそのまま採用した。



写真－11　キールトラスとキャットウォーク



写真－12　システムトラス

7－1－2　鉄骨塗装工事

今回の立体トラスの構造は、1社のみの大臣認定工法であったため、鉄骨ファブの競合相手が限られてしまい、コスト面では不利であった。そのためコスト低減することを目的として、屋根立体トラス鉄骨の錆止め塗装の仕様を変更する提案をし採用された。

屋根鉄骨の錆止め＋仕上げ塗装の仕様は「錆止めJIS5625 2回塗り＋仕上げJIS5516 2回塗り」の為、工場にて錆止め塗装をし、現場にて仕上げ塗装を行う必要があった。屋根裏にて溶剤系塗料の塗装が必要で、換気対策、塗装専用工程が必要であった。工場塗装を「ハイパフォーマンスエポキシ塗料2回塗り」の錆止め兼用仕上塗装に変更する事により、性能を下げることなく、現場塗装の労務の省力化、工程短縮を行うことができた。

７－１－３　屋根鉄骨建て方計画

屋根立体トラスの建方計画は、各システムトラスとキールトラスの接合部をベント支柱で受ける工法を採用した。(図－10　写真－13)

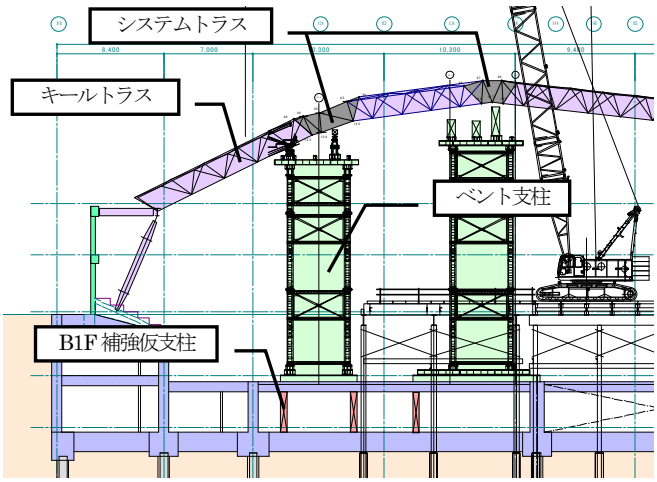
システムトラス重量は最大で 10t、キールトラスは最大 11t の重量があった。ベント 1 箇所に作用する荷重は最大で約 50t となり、ベント支柱自体も 1 基あたり 30t の重さであった。

ベント支柱は地下 1 階スラブから立ち上げたが、ベント支柱にかかる荷重は地震時を想定すると 100t を超える荷重であった。

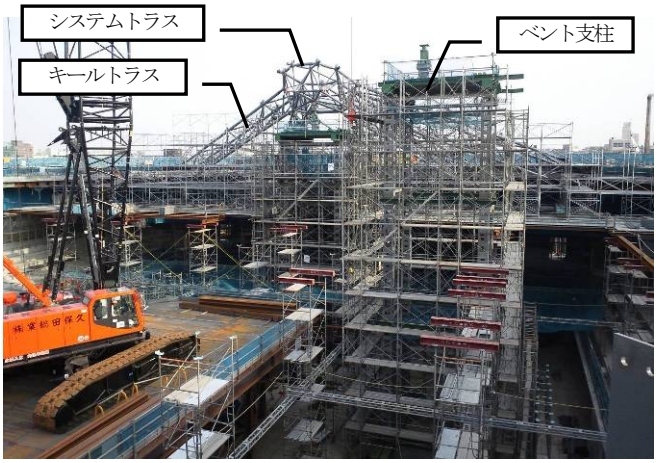
ベント支柱を支える地下 1 階構造体には、許容荷重を超えないようにするため、ベント脚部は地下 1 階の壁上や梁上に来るように設計した。さらに、ベント支柱の荷重を受ける地下 1 階梁には、仮支柱による補強を行う計画とした。(図－10)

また、屋根立体トラス鉄骨は温度によって伸び縮みするため、屋根の高さが最大で 50mm 上下しその最大高さによって建物高さが設計されていた。

そのため施工時のベント支柱の高さは、屋根鉄骨建て方時の外気温を考慮して高さを設定した。



図－10　ベント支柱計画図



写真－13　屋根鉄骨建方状況

７－２　施工

屋根立体トラス鉄骨の建て方は、アリーナ内の構台上に重機を配置して、ベント支柱を使用して各ブロックごとに建て方を行った。

準備工事として、構台に干渉しない範囲の棚足場＋ベント支柱 5 基（全 6 基）を先行で組立を行い、建て方は、外周テンションリング(図―4)を先行で組み立てたあと、キールトラス・システムトラス・母屋鉄骨の順で建て方を行った。(写真－14)

構台は、建て方に合わせ順次撤去を行い、撤去したエリアにはベント支柱及び棚足場を組立てた。

写真－14　屋根鉄骨建方状況

全ての屋根立体トラス鉄骨の建て方完了後、ベント支柱のジャッキダウンを行った。ジャッキダウン後の屋根鉄骨のたわみ量は、最大値で計画 23mm に対し 19mm で良好な結果となった。

８．メインアリーナ内部足場計画（棚足場）

メインアリーナは、その大きさと空間形状の複雑さから、内部仕上げ用の計画が課題であった。

計画当初は吊足場や移動式足場も検討に入れたが、天井の形状が複雑なため、移動式足場は移動する度に形状を変えなければならず、空間内に総棚足場を組むよりコスト高となった。

また、吊足場は天井の勾配がきついことから、安全性の確保に問題があった。

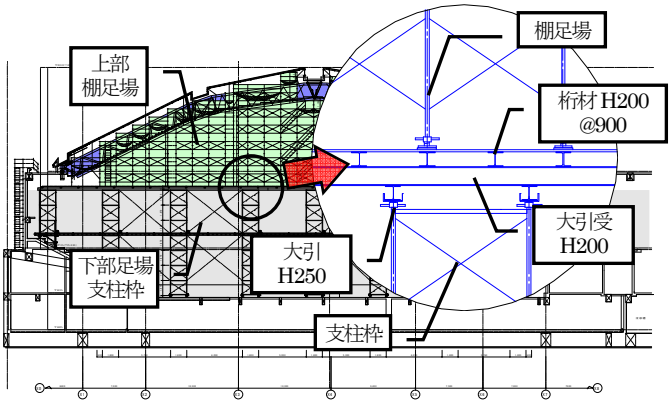
検討の結果、アリーナ平場の天井の作業が出来る位置に総ステージを組み、そのステージ上部のミレニウム足場で棚足場を組む２段足場計画とした。(図－11)

ステージを組むための足場は支柱のみとし、足場のボリュームを大幅に減らし、ステージ下の空間を確保する計画とした。(写真－15)

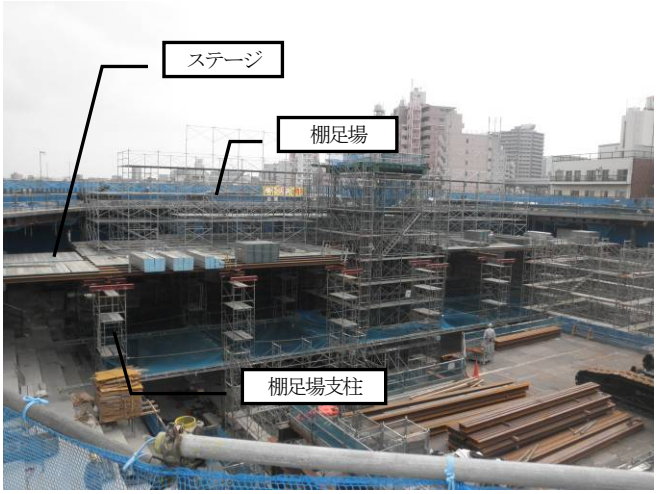
ステージ上の足場は立体トラス鉄骨の高さに合わせて足場を組み、鉄骨立て方後、屋根工事や他の工事用の高さまでせり上げ、仕上げ工事を行った。

ステージ上部のミレニウム足場は足場材料のみで重量は約 27t となり、さらに作業荷重を支えるステージが必要だった。そのため、ステージの仕様は大掛かりなものとなり、運搬費と組立て労務がかさみ、大きなコスト削減とはならなかった。しかし、ステージ下部に大きな空間を作ることができたため、観客席部分の金属工事、空調設備や消防設備が足場解体前に着手でき、工程の面で有利に働いた。

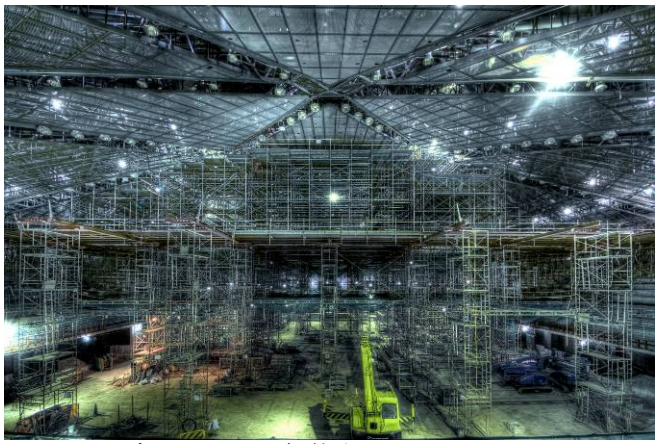
また、ステージ下の空間の地下１階のスラブ上には 5t 移動式クレーンを配置することができたため、1～2 階観客席部分への資材の投入や２段足場解体時に非常に有効であった。(写真－16)



図－11　メインアリーナ内部足場計画図



写真－15　メインアリーナ内部足場


写真－16　足場解体中のメインアリーナ

９．まとめ

今回のような複雑な形状・構造を持つ建物の施工は高難度であったが、安全・品質・工期を含め顧客に満足していただくことができ、当社の技術力を社会的にアピールできたものと思われる。

計画から施工段階において３次元モデルを多様に用いて、図面化し施工を行ったが、製作などの外注工事に対しては、３次元モデルがその威力をフルに発揮した。

逆に労務系の工事では、３次元モデルでその位置・形は理解したものの、図面で２次元に展開し、位置・形を相手にどのように伝えるかの工夫が必要であった。労務系の工事では、協力業者も３次元 CAD が習得できれば、今回のような建物の施工では大いに有効な手段と考えられる。

また今回の事例が、これから発展していくであろうと思われる BIM（ビルディング･インフォメーション･モデル）の施工の分野において、少しでも役立って頂けたら幸いである。

11. 狭隘な敷地でのユニットフロア工法の合理化

社名：㈱大林組
氏名：花園　祐二

事 例 概 要

項　　目	内　　容
1. 工事概要	
（1）工事名称	日本生命保険相互会社（仮称）本店新東館新築工事
（2）規模（延床面積・階数）	延床面積：60,579㎡、地下2階、地上15階、塔屋1階
（3）用途	事務所
（4）主要構造	SRC造
（5）建設地	大阪府大阪市
（6）施工期間	2012年6月～2015年1月
（7）工事費	―
（8）設計者	㈱日建設計
2. 改善概要	
（1）問題点・背景 （施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況）	・工期短縮、施工性向上、作業環境を改善させる工法として　ユニットフロア工法の採用が検討されたが、従来の敷地の余剰部に平面的にユニットを仮置する工法では、敷地が狭隘のため適用ができなかった。
（2）改善の目的	・狭隘な敷地条件下での省スペース型ユニットフロア工法を開発、採用することにより、工期短縮、施工性向上、作業環境の改善を図る。
（3）改善概要	・積層型のユニットフロア工法により、低層部は作業スペース、高層部は完成品のストックヤードとして、省スペースで施工サイクルに合わせたユニット製作タクト工程を確保し、各職種の作業量の平準化を図った。 ・設備工事の現場加工作業を1ヶ所に集約し、加工資材を積層型ユニットフロア機構への供給をタイムリーに行えることにより作業の効率化、各施工場所への資材運搬作業の削減を可能とした。
（4）改善による効果	
・Q（品質）	―
・C（コスト）	・ユニット化対象部の設備作業は固定された加工場や資材の揚重及び運搬の低減などにより施工効率が向上。
・D（工期）	・ユニット化対象部の鉄骨建方工事を含む躯体工事工程が8%の短縮。
・S（安全）	・ユニット化対象部作業床の早期構築により、墜落転落災害防止に寄与。 ・ユニット生産設備内で作業は、高所作業の削減により安全性向上。
・E（環境）	・足場や高所作業車使用削減に伴う、搬出入車両削減により$CO_2$17%削減。
・その他の効果	―

狭隘な敷地でのユニットフロア工法の合理化

㈱大林組　大阪本店　生産技術部
花園　祐二

１．はじめに

建設工事の工期短縮・施工性向上・作業環境の改善等の取り組みの一つとして、ユニットフロア工法がある。しかしながら、一般的にこの工法は広い地組ヤードを必要とするため、狭小な現場敷地での採用は困難であった。

本報告は、狭小な現場敷地の日本生命保険本店新東館新築工事における積層型のユニットフロア工法を適用した事例を報告する。

２．工事概要

・工　　事　　名：日本生命保険相互会社（仮称）本店新東館新築工事
・工 事　場 所：大阪市中央区今橋 3 丁目 1 番
・設 計・監 理：株式会社　日建設計
・施　　工　　者：日生新東館 JV 工事事務所（大林組・竹中工務店共同企業体）
・工　　期：2012 年 6 月 1 日～2015 年 1 月 31 日
・用　　途：事務所
・構 造・規 模：SRC 造　地下 2 階　地上 15 階　塔屋 1 階
・面　　積：敷地面積　6,162 ㎡　建築面積　3,984 ㎡　延面積　60,579 ㎡

図-1　工事場所

図-2 完成パース

３．　前提条件

(1) 従来のユニットフロア工法の概要

建物の床を構成する床材に、ダクトや配管などの設備機器を先行して組み立てた、一式のユニットを揚重して据え付けるユニットフロア工法が知られている。写真-1 に示す。

(a)ユニット　　(b)揚重　　(c)ユニットフロア据付状況

写真-1　従来のユニットフロア工法

(2) 従来のユニットフロア工法の問題点

従来のユニットフロア工法は、図-3 に示すようにユニットを平面的に仮置するため、敷地に広い施工ヤードが必要となる。

しかしながら、狭小な敷地では充分な仮置ヤードが確保できないため、ユニットフロア工法が採用出来ない。

(3) 従来のユニットフロア工法の課題

昨今の都市部での建設は、限られた敷地の中での建物の高層化が進んでいる。その一方で、建設業界の実情として工期短縮や省力化、労務の平準化などが要求されるため、狭小な敷地にも対応するユニットフロアの進化系の開発が急務となっている。

4. 積層型ユニットフロア工法の概要

本工法は狭小な敷地での工法確立の為、図-4 及び図-5 に示すようなユニットを縦積みする積層型とした。

大きな流れとして、①梁・デッキの組立、②移動、③上昇、④設備取り付け、⑤ストック、⑥揚重となる。なお、③の上昇は各段において作業完了後に適宜行われる。

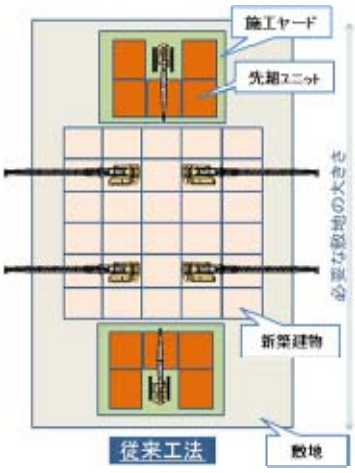


図-3　従来のユニットフロア工法

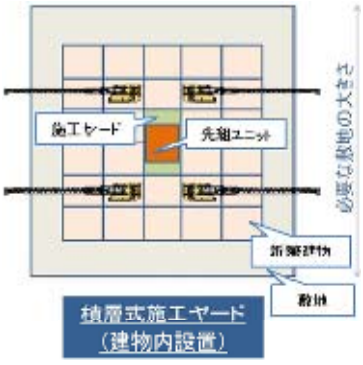


図-4　積層型ユニットフロア工法(平面)

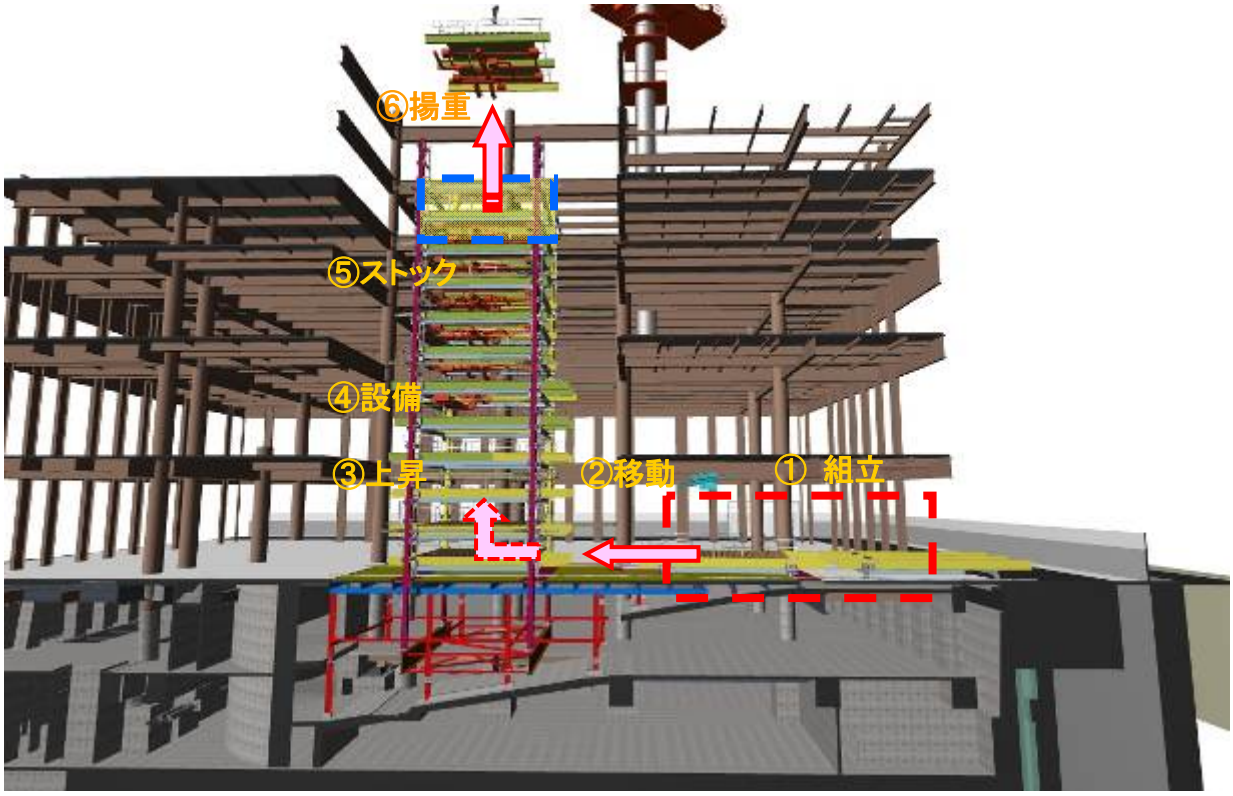


図-5　積層型ユニットフロア工法（断面）

5．計画及び実施

(1) 設備名称

積層型ユニットフロア工法のシステム各部について以下に説明する。

(a) ユニット

梁・デッキ・設備を組み立てたもの（図-6 参照）

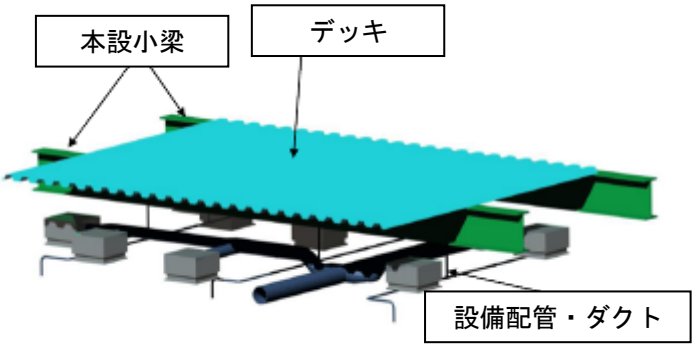


図-6　ユニット

(b) ユニットフレーム

ユニットを支持する移動柱と固定柱を組み合わせた柱を 4 組配置したフレームを指す。フレームは躯体を兼用する場合と仮設で製作する場合がある。「移動柱」はユニットを上昇させる役割を、「固定柱」はユニットを保持する役割を担う。（図-7 参照）

(c) キャリアフレーム

ユニットを載せる架台で、製作架台、平行移動台車、ユニットフレーム内上昇架台の 3 役を兼ねる。（写真-2 参照）

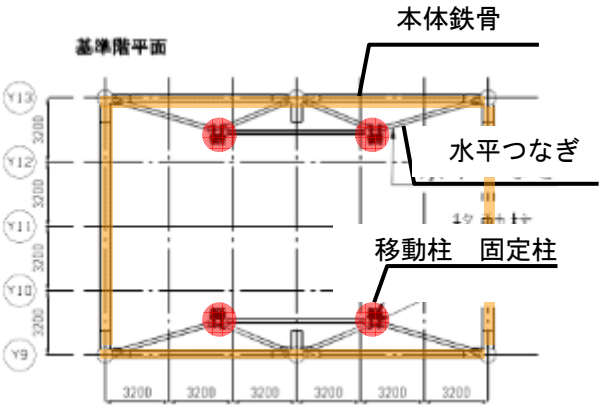


図-7　ユニットフレーム

写真-2　キャリアフレーム

(2) 施工計画

図-8 は日本生命保険本店新東館新築工事の施工計画で、ユニットフロア工法該当範囲を斜線部で示す。

積層型ユニットフロアは、通常であれば、建物外部に設置するのが理想であるが、敷地条件と仮設鉄骨設置のコストの問題があるため、今回は建物内部の本体鉄骨をユニットフレームの外枠として利用した。

その開口に積層型のユニットフロアのシステムを設置し、ユニットをタワークレーンにて揚重を行い、柱と大梁で構成された鉄骨躯体に設置していく。ユニットはスパン長の異なる 2 種類のパターン分けを行った。ユニットの総重量は、パターン 1 は約 10ton、パターン 2 は約 9ton であった。

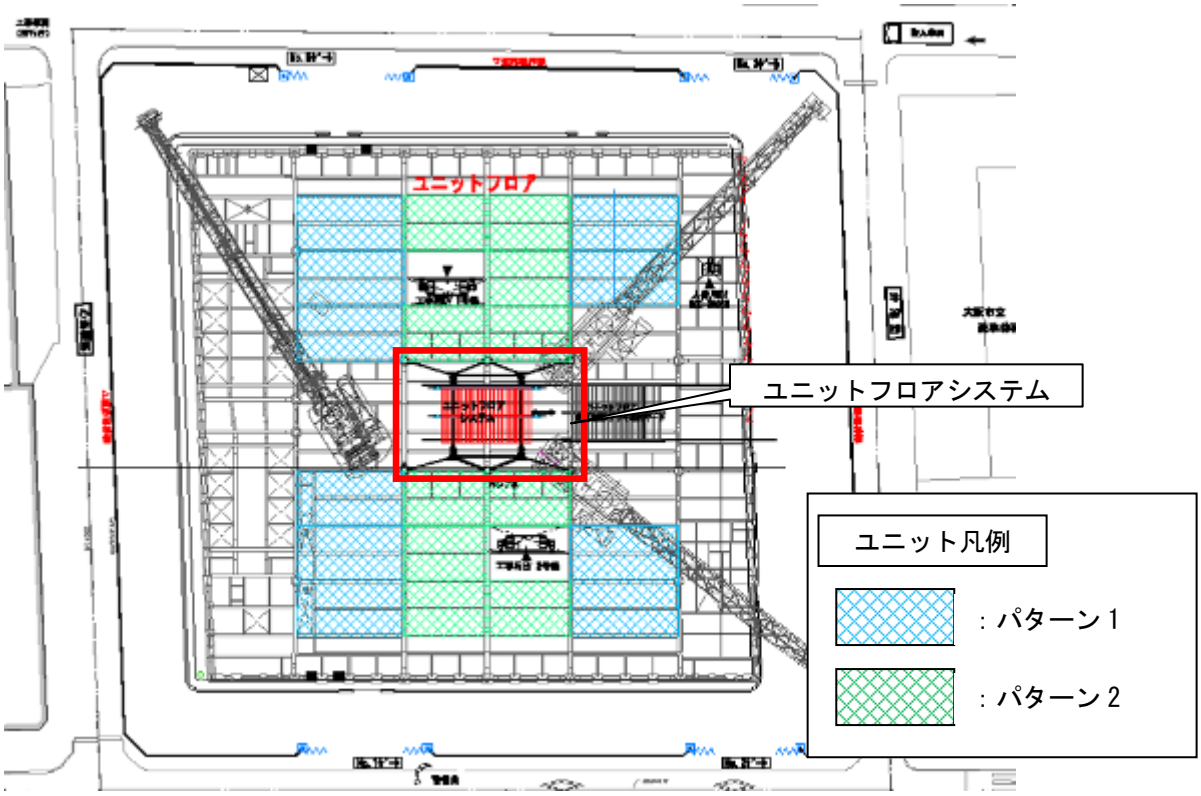


図-8　積層型ユニットフロア工法施工計画

ユニットフロアの枚数は 199 枚で、面積は 14,090m² となり、ユニットフロア対象階における延床面積 37,280m² に対して、38%の割合となる。

ユニットフロア採用面積が大きくならなかった理由として、建物外周部は設備関係の仕様で床段差が生じたことが挙げられる。表-1 にユニットフロアの面積の整理表を示す。

表-1　ユニットフロア面積表

施工階	床面積（m²）	ユニット部面積（m²）	非ユニット部面積（m²）	ユニット化率
4F	3,760	1,337	2,423	36%
5～8F	3,680	1,417	2,263	39%
9～13F	3,760	1,417	2,343	38%
合計（4～13F）	37,280	14,090	23,190	38%

(3) 施工ステップ

ユニットフロアの各段の作業内容のステップを図-9 の断面図に示す。詳細はステップ毎に説明する。

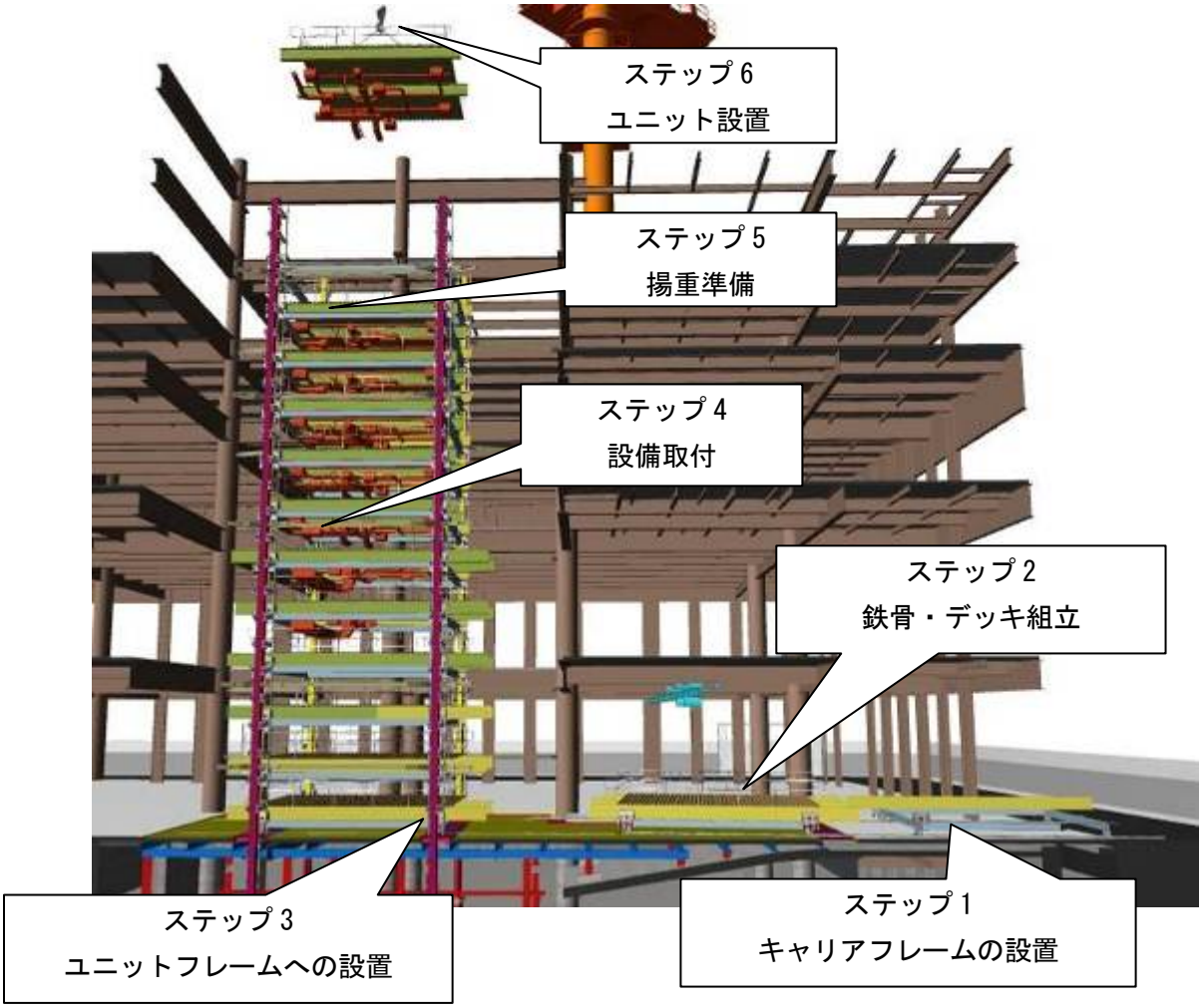


図-9　ステップ断面図

a) ステップ 1

① 材料搬入（写真-3）、②キャリアフレームの荷受け（写真-4）

③ キャリアフレーム車輪取り付け、④キャリアフレーム押し込み

写真-3　材料搬入

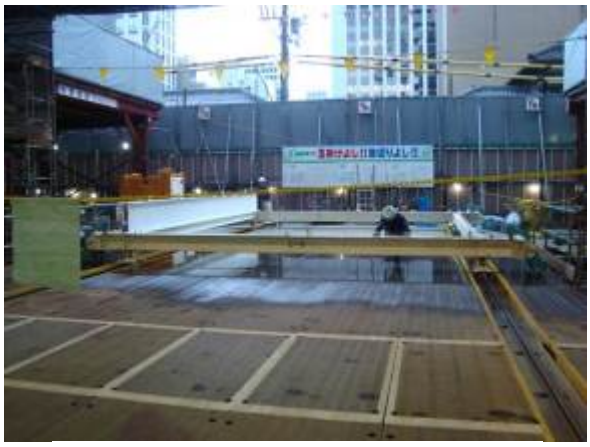


写真-4　キャリアフレーム荷受け

b) ステップ 2

① 鉄骨地組み（写真-5）、②デッキプレート取付（写真-6）

写真-5　鉄骨地組

写真-6　デッキプレート取付

c) ステップ 3

① 手摺取付（写真-7）、②キャリアフレーム押し込み（写真-8）、③車輪取り外し

写真-7　手摺取付

写真-8　押し込み

d)ステップ4

① 配管、ダクト他加工、②設備材料取込み（写真-9）

③ 設備取付（写真-10）、④設備完了

写真-9 設備材料取込

写真-10 設備取付

e)ステップ5

① トラバーサ取付（写真-11）、②キャリアフレーム切り離し、③揚重（写真-12）

写真-11 トラバーサー取付

写真－12 ユニット揚重

f)ステップ6

① ユニット設置（写真-13）、②キャリアフレーム荷卸し（写真-14）

※ジャッキアップは各作業の終了後、順次行う。

写真－13 ユニット設置

写真－14 キャリアフレーム荷

(4) 装置機構

(a) 上昇機構

本システムでは、積層したユニット12基を同時に上昇させることができる。

移動柱を支えるジャッキが、最下段で伸長と収縮を行う１ストロークの間に、キャリアフレーム先端フックの架け替えを移動柱～固定柱間にて行い、ユニットフロアを1,200mm上昇させる。１ストローク（st=1,550mm）を２回繰り返し、ユニットフロア積層間；2,400mmを上昇させる。（図-10）

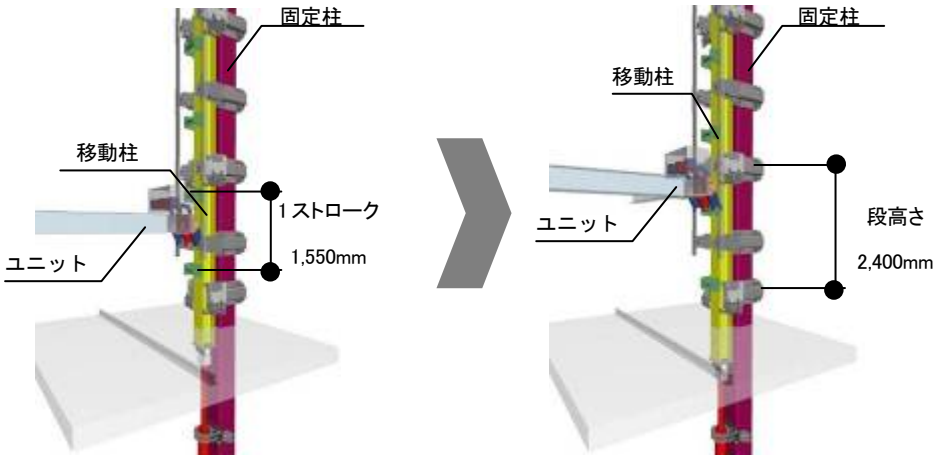


図-10　上昇機構

(b) キャリアフレームフック稼働機構

キャリアフレームフックは、移動柱ピンを把持するフック（赤色）が１枚、固定柱ピンを把持するフック（青色）が移動柱用フックの両端に2枚の計3枚配置されている。

ユニットフロア停止時（ユニットフロア内作業時）には、固定柱ピンにフック（青色）が把持された状態であり、移動柱用フック（赤色）はフリーの状態となっている。

ユニットフロア上昇時（油圧ジャッキによるリフトアップ）には、移動柱ピンにフック（赤色）が把持された状態であり、固定柱用フックはフリーの状態となっている。

図-11にキャリアフレームフック詳細図を示す。

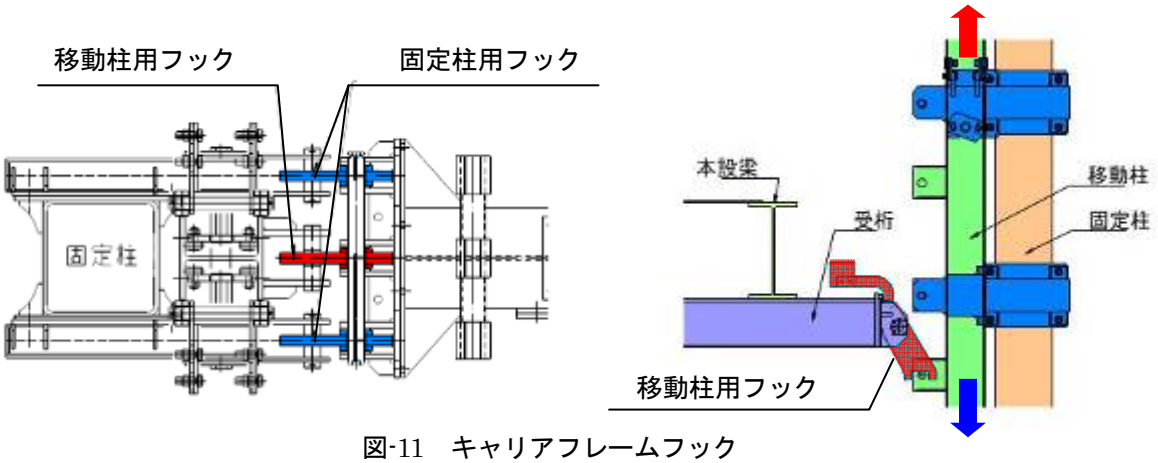


図-11　キャリアフレームフック

６． 施工の効果

平成26年2月初旬にユニットフロア施工を完了した。

鉄骨組立、デッキ敷設、設備加工等の作業を決められた場所で行うことにより、資材揚重や運搬の作業が最小限になり、作業効率は向上した。また、通常では施工場所で行う設備関連の加工を2Fに専用の加工場を設けることにより、他の職種との資材置き場や施工場所の調整が無くなり施工の効率化が図れた。

設備工事では作業足場を設置する手間及び材料費が低減され、作業効率が向上した。

今回は、設備取り付けまでをユニット化したが、習熟効果により予定していたタクトより早く完了したため、鉄骨の耐火被覆作業までが行えたのではないかとの意見があった。

以下に、ユニットフロア工法のまとめを記す。

・ユニットフロア部は鉄骨建て方やデッキスラブ敷設や設備工事の一部が同時に施工可能となるため、後工事の着手がスムーズである。また、資材置き場としてもすぐに利用できるため施工性が向上した。

・ユニットフロアを採用した場合、1 フロアあたりユニットフロア採用階の躯体工事は実働 20 日が 1.5 日短縮の 18.5 日になり、8%の工期短縮効果があった。

・天井内設備工事は、ユニットフロア内の階高 2,400㎜ の作業となるため、足場などの設備が不要で、高所作業の低減により安全性が向上した。

・天井内設備工事は、ユニット部においては固定された加工場や資材の揚重及び運搬の低減、高所作業低減による足場設備の設置解体手間及び材料費の低減により施工効率が飛躍的に向上した。

・設備工事の問題点としては、加工場から作業場へ加工物を運搬する際に、通路が狭いため大型ダクトなどは手間取った。また、据え付けられたユニットは、ユニット間のジョイント作業は生じるため、簡便なジョイント機構が求められている。

７． 今後の展開

(1) システム編

ユニット設置後のキャリアフレーム荷卸しに揚重機が必要となるため、キャリアフレーム無し機構の開発や、建物内部の仮設開口利用ではなく建物外部での設置機構の開発が必要となってくる。

(2) 設計編

適用案件を増加させる方策として、設計段階からの積層型ユニットフロア工法の提案が必要となる。その中で、ユニットフロア採用面積を大きく確保することが重要であり、そのために、単一グリッドの設計、床レベルの統一、耐火被覆の簡素化、設備貫通部の一貫性などの各用途別（事務所、商業、医療系など）の設計モデュールの確立が重要となる。