

既存の実験棟を覆う新設研究施設の施工

Construction of New Research Facility Covering Existing Laboratory

松本 重和*1

Shigekazu Matsumoto

柿本 実*1

Minoru Kakimoto

要旨

本建物は、1977年に竣工した既存の実験棟を内包するような形の研究施設である。建物を有効に機能させるためには長スパンの架構が求められ、これを可能にする技術としてプレブーム工法や小径CFT柱を採用している。また、床剛性を確保するためSC梁やTMD(床制振装置)を採用している。

本報告では、建築計画の概要を紹介するとともに、これらの採用した構造技術と施工上の工夫について述べる。また、既存棟と新設建物の取り合いの検討を詳細に行うべく、3Dスキャナーを用いて既存棟の躯体や設備配管類を計測し、BIMデータへ取り込んだ。これらの事前調査やシミュレーションの実施状況についても述べる。

キーワード：リユース 3Dスキャナー BIM 長スパン梁 CFT SC梁 TMD

1. はじめに

建設地は、名古屋市東部の名古屋大学東山キャンパス内の理学部エリアにあり、周辺には研究施設が多数立ち並んでいる。新設する建物は、文部科学省の世界トップレベル拠点プログラム(WPI)として採択された事業の研究施設で、革新的機能分子「トランスフォーマティブ生命分子」を生み出す研究拠点となる施設である。敷地中央には1977年竣工の旧実験施設(既存棟)があり、新施設計画の大きな制約となっていた。計画当初は、既存棟を囲ったL型6階建て案、コの字5階建て案、およびL型6階建て+既存棟の増築案が検討されたが、最終的に既存棟に構造負担をさせない方法で新設建物によって包み込む案に決定された。また、既存棟の構造強度不足により耐震改修が必要となった。

本報告では、建築計画の概要を紹介するとともに、新設建物が有効に機能するために採用した以下の構造技術と、その施工上の工夫について報告する。また、既存棟の現況を詳細に把握するため、3Dスキャナーを用いて躯体や設備配管類を計測しBIMデータへ取り込むことで、既存棟と新設建物の取り合い部の干渉チェックを事前に行った。これについても実施状況を報告する。

- ① プレブーム工法：階高を抑え、長スパン架構が可能
- ② 小径CFT柱：開放感のある空間の実現
- ③ CFT柱とSC梁：建物剛性、床剛性を確保
- ④ 床制振装置TMD：居住性能の向上

2. 工事概要

工事概要を表1に、竣工時の正面外観を写真1に示す。

表1 工事概要

建物名称	I T b M(トランスフォーマティブ生命分子研究所)
工事場所	名古屋市千種区不老町 名古屋大学東山団地構内
発注	国立大学法人 名古屋大学
設計	名古屋大学 施設管理部、(株)久米設計 名古屋支社
監理	名古屋大学 施設管理部
施工	(株)鴻池組 名古屋支店
工期	2013年12月～2015年3月
用途	研究施設
構造規模	鉄骨造 地上6階 建築面積…1,559㎡ 延床面積…7,471㎡

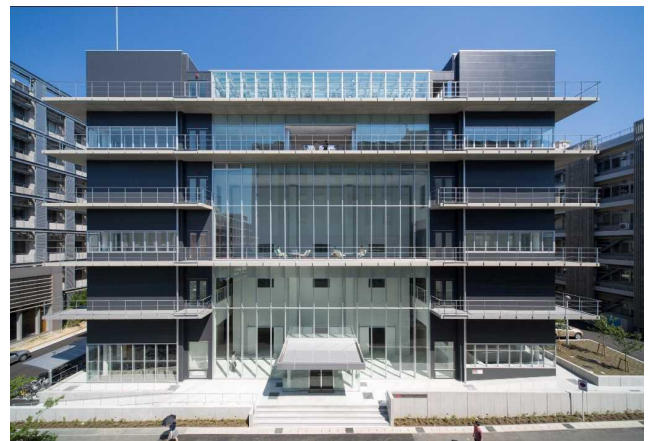


写真1 正面外観(中央奥に既設棟)

*1 名古屋支店 建築部

2.1 工事全体の流れ

鉄骨架設状況の推移を写真2に示す。工事は既存棟の耐震改修工事後に、既存棟を囲み、覆うように新設建物の鉄骨を架設することで進めた。



写真2 新設建物の鉄骨架設状況の推移
(名古屋大学提供)

3. 建築計画概要

既存棟は高さ15mの吹抜け空間を有する建物で、この空間はエントランスホールとしてリユースし、平面計画の中心に位置している。世界トップレベルの研究者を招き入れる場所ともなり、研究発表の際には展示コーナーとして活用される(図1、2、写真3)。なお、リユースした延床面積は約460㎡である。

新設建物は地上6階建てで、2～3階と4～5階が研究室と2層吹抜けの実験室を組み合わせた階構成となっている。研究室の交流スペースからガラス越しに実験室が見渡せるとともに、実験室吹抜けに設けた螺旋階段を使って研究室と実験室の間を速やかに移動できる(写真4、5)。

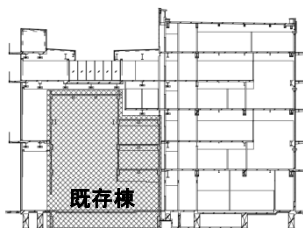
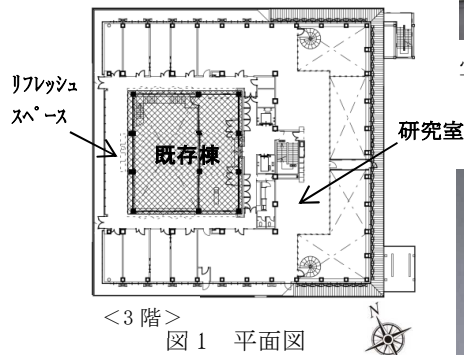
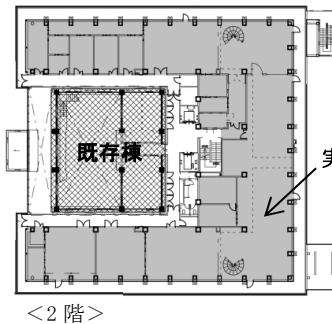
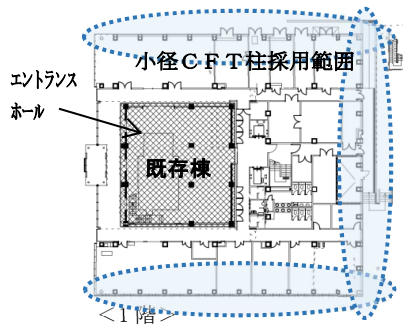


写真3 既存棟を改修したエントランスホール



写真4 実験室(手前)と研究室(上奥)



写真5 3階リフレッシュスペース

4. 既存棟の現況調査

4.1 3D スキャナーによる実測

既存棟の躯体および設備配管等の位置や経路は、施工時の精度誤差や改修工事等により、竣工図や設計図書と異なる場合が多く、新設建物との取り合いで支障をきたす恐れがあった。そのため、工事着工段階において既存棟を3次元レーザースキャナーによって計測し、3次元の正確なデータとして記録した。

計測に用いた機器は、FARO社製のFocus3D-120モデルで1箇所当たりのスキャニング所要時間は10分程度であった。レベルやトランシットを用いた通常の計測に比べ、早く正確(±2mm程度)に実測することが可能で、建物全体を約半日で計測することができた。計測によって得られた点群データをCAD用データに変換することで、BIMソフトへの取り込みが可能となる。現場での実施状況を写真6に示す。



写真6 3Dスキャナーによる計測状況

4.2 BIM活用による干渉チェック

新設建物は、既存棟との干渉チェックを目的にオートデスク社のRevitで3Dモデルを作成した(図3)。このモデルに前述の3次元スキャニングデータを取り込むことで、3次元の納まり検討図により工事に先立った干渉チェックを行うことができた(図4、5)。これにより問題点への事前対応が可能となり、手戻り等の防止に役立った。



図3 新設建物の3Dモデル



図4 既存棟データを取り込んだ3Dモデル

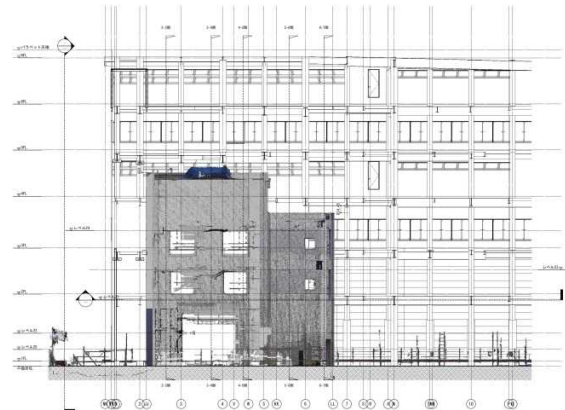


図5 既存棟を取り込んだ2次元断面図

5. 採用された構造技術と施工上の工夫

5.1 構造計画概要

既存棟は、鉄筋コンクリート造3階建ての耐震壁付キラーメン構造である。東西方向については強度が不足しているため、耐震補強工事を実施した。また、既存棟と新設建物はEXP.Jでつなぐことで構造上別棟となっている。

新設建物は鉄骨造で、実験室として必要な剛性を確保するため、柱にCFT(コンクリート充填鋼管)、梁にSC(コンクリート被覆鉄骨)を採用した。また、既存棟の上部に配置される床組の下には柱を設けられないため、長スパン架構で梁せいを抑えられるプレビーム工法を採用した。この長スパン床は居住性能の低下が懸念されたため、床制振装置であるTMDを併せて採用している(図6)。

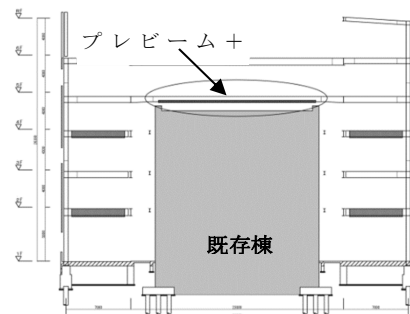


図6 プレビーム・TMD設置場所

5.2 プレベーム工法

既存棟を包み込むためには、23mの梁長さが必要となる。今回の条件下においては、23mの長スパン鉄骨梁は梁せいが900mm程度となるが、プレベーム梁の採用により梁せいを650mmに抑えた設計が可能となった。

長スパン工法に用いられる代表的な工法であるPC工法では、コンクリート桁に高張力鋼線や鋼棒の引張力でプレストレスを与えるのに対し、プレベーム工法は高張力鋼で作られた桁の曲げ剛性を利用して、下フランジコンクリートにプレストレスを導入する工法である。

梁の架設に関しては、設計図書「プレベーム工事特記仕様書」の中で、「プレベームへ支保工等によるサポートは、設計上想定しない。」と明記されており、通常の鉄骨建方と同様な施工が可能であった。実際の工事においては、内柱から伸びるブラケット（約3m×2）を除く17mをプレベームとして架設した。

部材の製作工程を以下に示す（図7、写真7）。

(Step1) 所定のキャンパーを与えた鉄骨梁の製作

- ・鉄骨材種はSN490N。鉄骨自重による変形を見込んだ製作時のむくり（キャンパー）は75～99mmとした。
- ・製作時にかけた荷重を解いた際の残留たわみは、プレベームの長さに応じて設定した。

($L < 20m \rightarrow 5mm$, $L \geq 20m \rightarrow 10mm$)

(Step2) 鉄骨梁の下フランジが引張域となる正の曲げモーメント荷重を載荷 ($P_t=240\sim 310KN$)

(Step3) Step2の状態を維持したまま、下フランジにコンクリート打設 ($F_c=40N/mm^2$)

(Step4) コンクリートが所定の強度となった時点で荷重を除去（下フランジにプレストレスが導入）

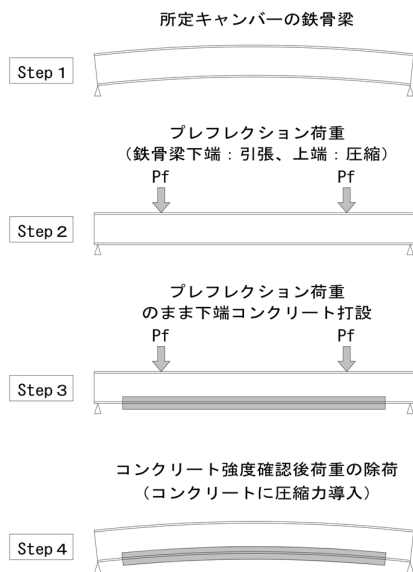


図7 プレベーム製作手順

以上の手順によって製作されたプレベームは、現場に運ばれ端部を接合後に床コンクリートが打設され、プレベームとスラブの合成断面となる（図8）。なお、床コンクリートの強度は $F_c=24N/mm^2$ である。

今回のプレベームは17mと長いため、製作工場（富山県南砺市）から現場（名古屋市）までを夜間輸送とした。プレベームの架設は図9の建方計画図に示すとおり、他の鉄骨部材と同様にトラッククレーン（200tm級）を用いて行った。最大部材重量は12t弱となっている。



①製作された鉄骨梁

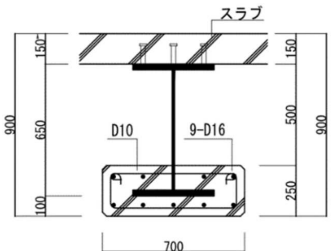


図8 プレベーム断面図



②下フランジコンクリート部の製作



③製作完了



④現場搬入

写真7 プレベームの製造と搬入

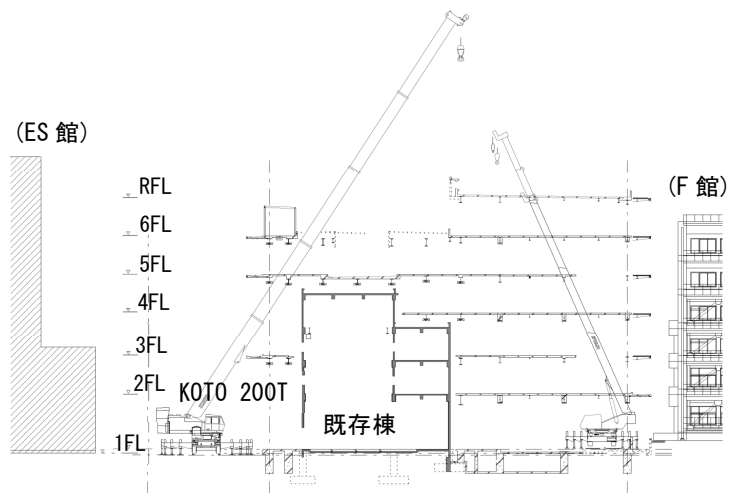


図9 建方計画図（断面）

5.3 小径 CFT 柱

平面図（図 1）に示すとおり、新設建物の外周部 3 辺には 3.5m~4.0m ピッチで 450mm 角の小径断面の CFT 柱が配置され、ベアリングウォール効果により水平変形性能を向上させる計画となっている。また、実験室 2 層吹抜け空間の剛性低下を防ぎ、建物全体の偏心を抑えている。以下では充填コンクリートの施工について概要を述べる。

5.3.1 充填コンクリートの調合

建物外周部の柱は CFT 構造としては比較的サイズの小さな小径柱であることから、コンクリートの充填性を確保するために、W/C=34.2%、指定強度 57N/mm² の大臣認定品（MCON-0792、57-60-20N）を採用した。採用に際しては試験練りによるフレッシュ性状の確認（スランプフローの経時変化、沈降量、ブリーディング量）を実施している。なお、充填コンクリートの設計強度は Fc48N/mm² であり、鋼管柱への充填施工は、1 階から 6 階までの約 27m を圧入工法により実施している。

5.3.2 圧入施工管理

圧入施工管理には、「鴻池 CFT 充填コンクリート管理システム」を採用している。本システムは、鋼管上部からの「LED 照明付き CCD カメラによる充填監視」とコンクリート充填施工階における「ポンプ圧送配管の管内圧力の常時測定管理」とを併用した管理システムである。本システムの導入により、カメラによるダイアフラム部の通過状況の目視確認に加えて、圧送配管内の圧力を常時管理することで、配管閉塞や CFT 鋼管内での閉塞などを察知でき、配管や CFT 鋼管のはらみや破裂を事前に防ぐことができる。小径柱への圧入充填施工であることから、ポンプ車の吐出量が過大にならないよう、圧入速度 1m/分を目標とした管理を徹底した（写真 8）。



①小径 CFT 柱圧入口



②配管内圧力管理



③圧入速度管理状況



④コンクリート充填状況

写真 8 コンクリート圧入施工管理状況

5.4 SC 梁

2 階、4 階、6 階の化学実験室には、ドラフトチャンバーや計測機器等の実験機材があり、実験用の薬品も保管されている。一般の鉄骨造では梁と合成スラブを頭付きスタッドで接合し床剛性を確保しているが、通常以上の振動低減を求められるため、被覆コンクリートを打設した鉄骨梁（SC 梁）とスラブを接合させることで床剛性をさらに高めている。SC 梁の断面を図 10 に示す。現場作業を軽減するため工場製作のプレキャストコンクリートとした（写真 9、10）。

なお、1 ピースが約 16t となる大型の部材については、運搬や建方用クレーンの性能等を考慮し、梁部分も現場でコンクリートを打設することとした。実施に当たっては、支保工が不要となるノンサポート工法（写真 11）を採用すべく、鉄骨梁がコンクリート荷重や仮設荷重を負担できることを事前に検討・確認した。

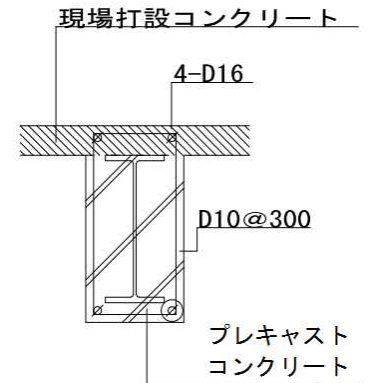


図 10 SC 梁断面図



写真 9 搬入された SC 梁



写真 10 架設された SC 梁



写真 11 ノンサポート工法

5.5 TMD

床制振装置であるTMD(チューンド・マス・ダンパー)が、居住性能の低下が懸念される長スパン部に採用されている。TMDはおもりが動くことでエネルギーを吸収し、構造物の振動を低減する機構をもっている(図11)。設置場所は3階リフレッシュスペース、4階化学実験室および5階テラス下部となっている(写真12)。鉄骨架設時に装置を設置するため、後に続く工事への影響や装置の破損が生じないように十分な養生対策を施した。

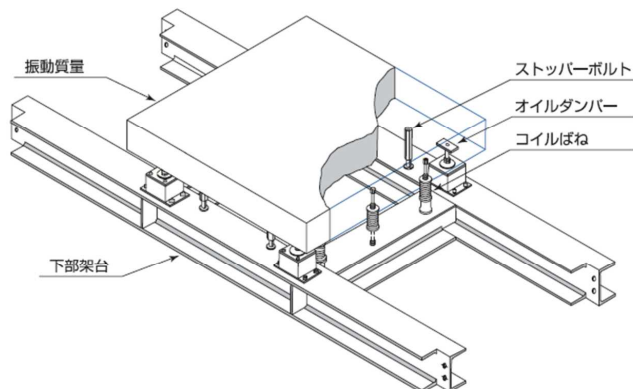


図11 TMDの構成

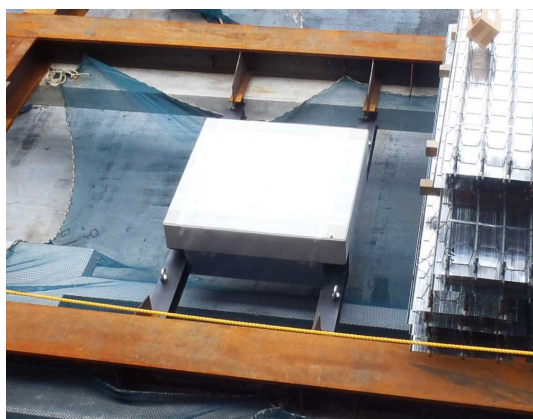


写真12 TMD設置状況

TMD設置後の振動低減効果を確認すべく、加速度センサーを床に取り付けて、かかと加振および2人歩行時の振動測定を行った。まず、TMD-OFF(非稼働)の状態にかかと加振によって床の固有振動数7.88Hzを得た後、厳しい加振条件として共振歩行を行った。歩行ピッチは床を共振させるために固有振動数の4分の1の1.97Hz(=118cpm)とした。

その結果、TMD-ON(稼働)にすることにより、各測定点とも歩行時の床の振動低減が確認できた。特に「3F-1」エリアでは、TMD-OFFの状態における鉛直振動性能評価V-90がTMD-ONの状態でV-50と大きく改善され、その体感的効果も明瞭であった(図12)。

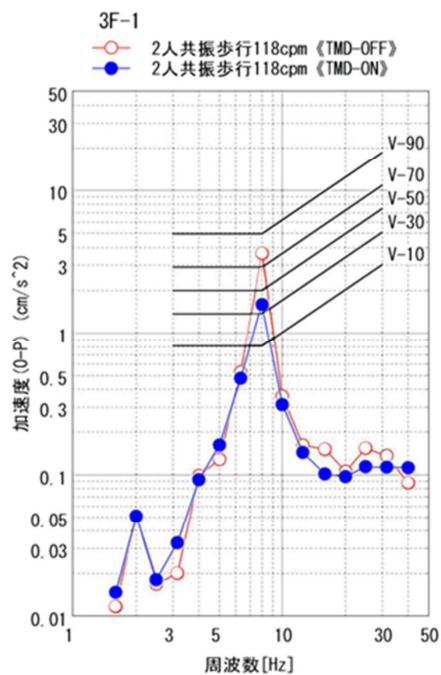


図12 居住性能評価

6. まとめ

既存の実験棟を包み込むように新設建物を構築するという特徴がある工事において、設計・施工上の問題を解決するために採用された長スパン架構および居住性能確保に関する技術、ならびに3Dスキャナーによる既存棟の実測とBIMデータとしての活用について紹介した。この施設が研究者をはじめとする施設利用者に愛され、世界に向けて成果が発信されることを願っている。

謝辞

本建物の施工にあたり、建築主であり、設計・監理者でもある国立大学法人名古屋大学様、および株式会社久米設計様には、多大なるご指導、ご協力を賜りました。関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 名古屋大学トランスフォーメティブ生命分子研究所ホームページ <http://www.itbm.nagoya-u.ac.jp/>
- 2) 伊藤卓哉、矢永勝美、小林正明、國眼一成：既存実験棟を覆う研究施設の計画、日本建築構造技術者協会 会誌 structure、No.137、pp.73、2016.1