

## 解説

### 技術研究所再整備と適用技術

### Improvement of Technical Research Institute and Applied Technologies

勝俣英雄 Hideo Katsumata

#### 1. はじめに

大林組技術研究所は 1965 年に開設された。当時の本館は現在、材料実験棟と呼ばれる鉄筋コンクリート造の平屋の建物で、研究所敷地の中央にある。外装にプレキャスト版を用いるなど先進的な技術が取り入れられていた。実験施設を増設するとともに、徐々に増加した研究員は当時の本館に収容できなくなり、実験施設に併設された小部屋「分室」でも執務するようになった。

そこで、全研究員を 1 つの建物に収容することを計画し、旧本館が 1982 年に研究所の東側のエリアに建設された。直近のオイルショックの経験から世界一の超省エネルギービルとして徹底的に省エネ技術が盛り込まれた。一方で、各種の実験施設は、その時々最新の技術や要求される技術、例えば免震や梁 S 柱 RC 工法、などの実証を兼ねて引き続いて建設され、敷地の西側に向かって延びていった。同時にバブル景気が到来し、技研職員が増加して本館に収容できなくなり、これらの実験施設で執務することとなった。敷地東端の遠い本館から実験室に移動する手間が省けることも理由とされ、研究分野ごとに実験棟があり、そこに研究員が分散配置される状況となった。

しかし、2 章でも説明するように優れた技術開発は多様な能力を持つ多様な人材が相互に刺激し合って総合力を發揮してのみ達成できる、という立場からは研究員の分散配置は非効率である。そこで、本館や実験棟のあり方を抜本的に見直し、技術研究所の諸施設の再整備を行った。その手始めとして、研究員が一堂に会して執務でき、かつこれまでと同様に最新の技術を盛り込んだ新本館「テクノステーション」を建設した。同時に研究の重点分野の変化に対応できるように種々の実験が実施できるオープンラボを竣工させた。

また、この再整備工事を利用してさまざまな施工技術の検証や解体建物を利用した試験も同時に行い、貴重な資料を収集・整備することができた。今回の所報の特集では新本館「テクノステーション」に採用されたさまざまな技術に関しての報告・論文・技術紹介を行うとともに、一般論文でも再整備工事を利用した実験の一部も紹介している。この解説ではそれらの技術的な位置づけを簡単に紹介する。

#### 2. 技研再整備計画

##### 2.1 最新の研究施設の動向

最近の研究開発は複雑・大規模化しており、個人の力に加えて集団の知恵と経験の統合が必須であることと新たな知として事業の推進源となることが期待されている。知識社会への移行に伴い、研究所のワークスタイルにも、またその活動のためのワークプレイスにも変化が生じており、知的創造を育む環境づくりのために、オフィス空間はコミュニケーションによる集団の相互作用を期待して、オープンに、アクティブになっていく傾向にある。公式（フォーマル）なミーティングだけでなく、偶発的な非公式（インフォーマル）な「出会い」を促して互いが触発しあえるように、知識変換のプロセスに応じた様々な場づくりが求められている。

また、研究所の役割は「革新的技術の創出」だけでなく「実証」や「発信」もある。発信には開放的な来客空間や展示スペースが必要であるが、実証には別途の実験施設・実験ヤードが不可欠で

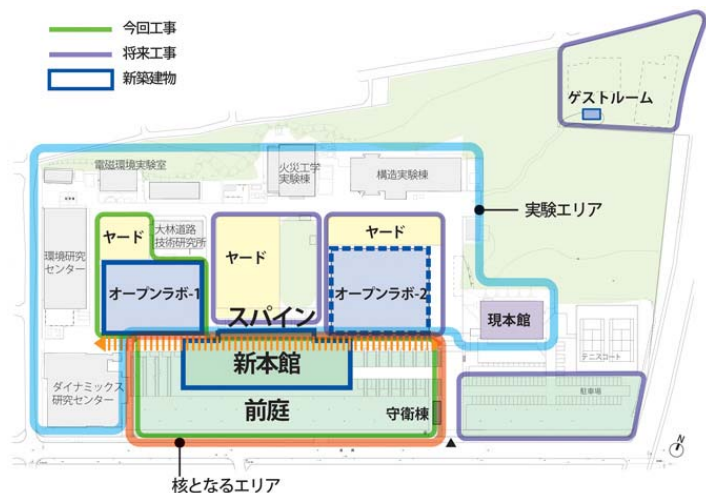


Fig. 1 技研再整備計画の建物配置図  
Site Plan

ある。さらに、動線が交錯することなくすぐに実験施設にアクセスできるような施設配置計画が必要である。また、重点的な研究分野は時代による変化が激しくなっており、実験施設も固定的な目的を持ったものではなく、必要に応じて組み換えられるスケルトンインフィル型のものが望まれるようになった。

## 2.2 技術研究所再整備計画

大林組は技術を重視し、特に技術本部を設立して技術開発体制の充実に努めてきた。技術開発の重要拠点である技術研究所も2008年に組織を改変したが、施設については老朽化が進んでいた。また、2009年時点の大林組の技術研究所は本館が敷地の東に位置し、実験棟が敷地中央から西側に広がり、それぞれの建物に研究員が執務していた。核となるものがなく、来客動線と実験関係動線が交錯していた。すなわち、前節でも述べた知的生産執務スペースや研究施設の理想像からは遠い状況であった。

そこで、技術研究所の再整備を行うこととし、既存の実験施設の有効活用も考慮しながら、中心的施設として新本館を敷地中央に建設することとした。新本館には研究員を集めて互いに交流を深めながら技術開発の質とスピードを向上させるとともに、来客者に研究開発成果に触れていただくことを目指した。また、新本館を貫くスパインにより大きく2分し、北側を実証フィールドとして実験棟や実験ヤードを配置し、来客空間との分離を図った。また、大きな空間を持ち、種々の分野の実験が可能な多目的な実験施設も建設した。これにより技術開発の生産性を高めるだけでなく、大林組が考える研究施設の理想像を世に示すこととした。なお、今後、旧本館を執務スペースから実験棟へ用途変更（コンバージョン）し、将来計画としてさらに実験棟やゲストハウスなどの整備を行う予定である。

## 2.3 建物概要と特長

2010年に新本館「テクノステーション」（鉄骨造3階、延べ面積5535m<sup>2</sup>）とオープンラボ（鉄骨造2階、延べ面積5868m<sup>2</sup>）が竣工した。ここでは新本館（Fig. 2）に絞って説明する。

新本館は先述の3つの機能、すなわち革新技術を「創出、実証、発信」するために以下の3つの設計目標と設計テーマを掲げ、具現化した。

**2.3.1 最先端研究施設** 高い知的生産性をサポートし、交流・連携を誘発する創造的ワークプレイスを構築することを目標とした。

このため、2階は2層吹き抜けのワンボックス型の執務空間とし、研究員が最大で200名、一堂に会する計画とした。さらに、その周囲に交流を誘発する打ち合わせ・リフレッシュ・コピー、などのコーナーを配置するという仕掛けを施した。高強度材料を用いて部材を細くし、この開放的大空間構造を実現した。1階は講堂、食堂、展示コーナーなどパブリックスペース、3階には会議室・個人の集中スペース（研究員が1人になって考えるためのブース）を配置した。

**2.3.2 最先端環境配慮施設** 地球環境に最大限配慮しながら、快適な研究空間を創出することを目標とした。より具体的には最高水準のCO<sub>2</sub>削減率を達成するとともに各種の環境性能を確保することとした。

ただし、最高水準のCO<sub>2</sub>削減は単一の技術ではなく、各種の技術を最適に組み合わせることで実現できる。ここではパッシブ（自然エネルギーを活用：日光利用、自然風利用、など）・アクティブ（高効率な設備機械）・マネジメント（BEMSおよび執務者の環境活動を促進）の各種手法を組み合わせ、CO<sub>2</sub>排出量を55%削減した。さらに、残りの45%分のカーボンクレジットを購入してカーボンニュートラル（CO<sub>2</sub>排出量=0）を達成した。

**2.3.3 最先端安全安心施設** 最高の耐震安全性を持ち、安定的に使用できる施設を目指した。これにより、快適で安全安心な施設を提供できる。具体的にはアクティブ制震技術を採用するとともに、各種のセキュリティシステムを導入した。



Fig. 2 技研新本館  
New Main Building

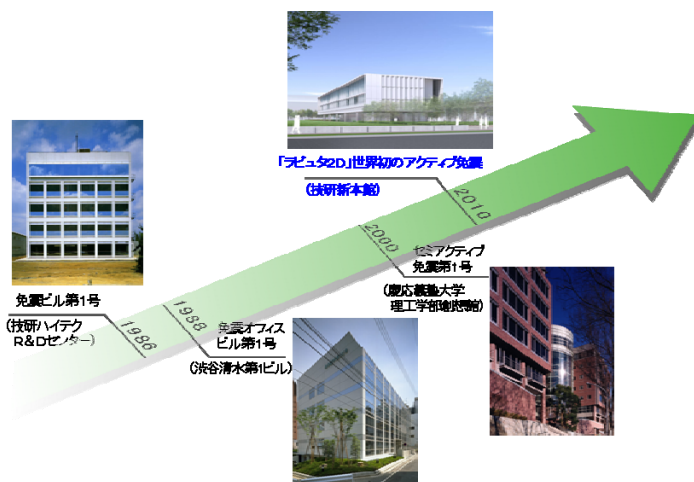


Fig. 3 大林組の免震技術開発  
Base Isolation R & D History of Obayashi

## 3. 適用技術の解説

### 3.1 免震・制振技術

**3.1.1 概要** 免震建物では建物下部に免震装置（積層ゴムやダンパーなど）を組み込むことで建物を長周期化かつ高減衰化し、耐震ビルと比較して大地震時の揺れを1/3~1/5に低減し、建物と建物内

部の安全を守る。多くの地震動は短周期の揺れが卓越するので、建物が長周期化していれば地震動の卓越周期に共振しない。建物を長周期化するというアイデアは古くからあったが、本格的な免震技術の開発は1980年代前半に積層ゴムが実用化されてから始まった。

大林組は免震技術開発では常に最先端技術で業界をリードしてきた (Fig. 3)。積層ゴム支承と独自開発の鋼棒ダンパーを組み合わせ (Photo 1)、1986年には我が国で初の実用化免震ビル「ハイテクR&Dセンター」を技術研究所敷地内に完成させた。2000年には免震オイルダンパーの減衰係数を時々刻々変化させ応答の更なる低減を図ったセミアクティブ免震ビル第1号「慶応義塾大学理工学部創想館」を建設した。



Photo 1 技研免震ビルの免震装置  
Isolator and Damper Installed in the First Base Isolation Building of Obayashi

しかし、建物をどんなに長周期化（高減衰化）しても地震による建物の揺れを免れることはできない。最先端精密生産施設などを僅かな揺れをも嫌う施設を対象とする場合、従来免震技術の高度化だけでは対応不可能な領域が存在している。また、都市直下の活断層地震や海溝型巨大地震の発生に伴う長周期地震動（あるいは長周期パルス地震動）によって免震建物が擁壁に衝突し、建物が損傷する可能性が2000年代に入って議論されている。

通常の建物では揺れは自然に収まるのを待つしかないが、制振とは揺れを人為的・積極的に抑えることを意味する。一般的な古い超高層建物は制振されていないため、揺れが長く続くが、最近の超高層建物は制振されているため揺れが比較的早く止まる。なお、「制震」と記載する場合は主たる対象が地震の揺れの場合である。制振技術は免震技術にやや遅れて開発が始まった。

制振技術には様々なタイプがあり、目的や条件（揺れを発生させる外力とその大きさ、など）に応じて使い分ける必要があるが、一般的には制振装置を建物の内部に取り付けることが多い。

また、制振技術は大林組を始めとして今も開発が継続されている。その結果、最近の超高層事務所建物では何らかの制振装置が付けられ、中高層建物にも普及し、制振が困難とされてきた中低層の鉄筋コンクリート建物の耐震補強にも制振技術が適用され始めている。

**3.1.2 技研再整備計画への適用** 大林組は「究極の免震」を目指して1980年代後半より、免震装置に並設したアクチュエータを地震の揺れに追従して駆動させて、地面から免震装置を介して建物に伝わる地震力を打ち消し、地震時に建物が絶対空間上に静止するように制御する「絶対制振システム」を提案し実用化検討を進めてきた。近年、Table 1に示す実用化に必要な技術的課題を解決し、「絶対制振システム」を技術研究所新本館でスーパーアクティブ制震「ラピュタ2D」(Fig. 4およびPhoto 2)として世に送り出すことができた。

「ラピュタ2D」では、前述の従来免震技術の高度化だけでは対応不可能な領域においても地震応答を限りなく0に近づけることができ、地震でも活動・機能を停止させることが許されない施設への適用が期待される。

一方、技術研究所再整備計画に伴い解体が予定された初の実用化免震ビル「ハイテクR&Dセンター」を用い、世界初の実大免震ビルの擁壁への衝突実験を2009年7月に実施した。現在、衝突現象の解明、対策技術の立案に向け詳細分析・検討を進めている。

技術研究所再整備計画では、大林組が開発した制振技術のうち、オープンラボにダンパーブレースが、新守衛所にガラス制振壁が採用された。

ダンパーブレースは鋼製せん断パネルをX型ブレースの交点にリング状に4つ配置し、せん断パネルを建物の損傷に

Table 1 「ラピュタ2D」実現における課題と対策技術  
Technical Issues and Solution for the Actual Application of “Laputa 2D”

技術的課題	対策技術（考案した技術・近年進歩した技術）
地震力低減によるアクチュエータの低容量化・低コスト化	低剛性積層ゴムの開発
地動センサ情報からアクチュエータへの指令信号を高精度かつ瞬時に演算	デジタル信号処理技術の発達
地動の高振動数成分による発振現象の回避	アクチュエータと建物間を接続する装置バネ
大地震等に対応するフェールセーフ機構	ブレーキダンパーを応用したトリガー機構
狭隘箇所におけるアクチュエータ自重支持装置	ディスクダンパーを応用したアクチュエータ自重支持装置
実大アクチュエータの作動性確認	大型三次元振動台による検証実験技術
縮小モデルによるシステム検証の必要性	



スーパーアクティブ制震システム「ラピュタ2D」（地震の揺れを打ち消す技術）の採用

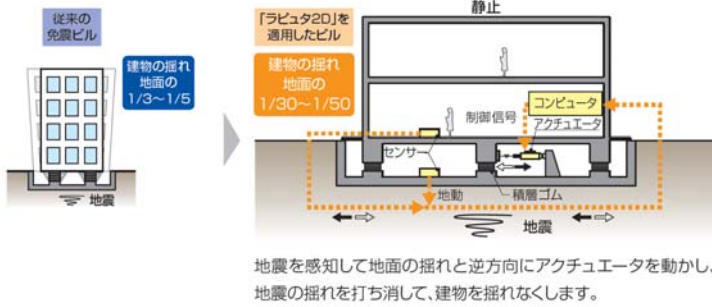


Fig. 4 ラピュタ 2 D による制震の基本原則  
Vibration Control Concept of “Laputa 2D”



Photo 2 ラピュタ 2 D のアクチュエータ  
Actuator for “Laputa 2D”

先行して降伏させ地震エネルギーを吸収させることで、建物の損傷を低減する技術である。大林組は鋼製せん断パネルを降伏させる制振ダンパーとして、建物向けに開発した偏心ブレース・ダンパー（Y形ブレース・ダンパー）技術を保有しており、ダンパーブレースは偏心ブレース・ダンパーの技術を鉄道高架橋などの耐震対策技術に応用したもので、建物に初めて適用した。

ガラス制振壁は透明なガラスとエネルギー吸収能力の高い粘弾性体を組み合わせた制振部材である。視覚的に美しく透明なガラスを用いる意匠上のメリット（視界を遮らない、など）と、地震時や強風時に建物の揺れのエネルギーを吸収するダンパーとしての機能を兼ね備えている。

### 3.2 高強度材料

3.2.1 概要 高強度部材を用いると、部材断面の縮小化が可能となり、次のメリットが生じる。

- 1) 利用空間が広がる
- 2) 意匠の自由度が高まる
- 3) 軽量化や施工数量の低減に伴い施工性が向上する

また、コンクリートを高強度化することにより耐久性の向上も図ることができる。このような背景のもと、建設材料に対する高強度化の動きは活発である。

鋼材は、現在、JISにおいて、最高で引張強さ 570N/mm<sup>2</sup> までが規定されているが、実際に使用されている鋼材のほとんどは 490N/mm<sup>2</sup> 以下である。これに対し、大林組も参画した国家プロジェクトでは、780N/mm<sup>2</sup> の新鋼材「H-SA700」が開発されており、高強度化が進んでいる。溶接性が悪い、塑性変形能力が低いなどのデメリットはあるが、高い強度を活用して「震度7の地震にも建物が無損傷である設計」を目指して実プロジェクトへの適用が検討されている。

コンクリートにおいても、急速に高強度化が進んでいる。20年ほど前に高層建築や橋梁上部工に用いるコンクリートは、設計基準強度 36N/mm<sup>2</sup> 程度がほとんどであった。しかし、現在の高層建築では設計基準強度 60~80N/mm<sup>2</sup> のコンクリートが一般的に使われるようになり、橋梁上部工においても 60N/mm<sup>2</sup> 以上を採用することが増加している。建築物の構造体への適用には、大臣認定取得という手続きが必要であり、適用までに時間を要するにもかかわらず、適用されるコンクリートの高強度化は続いている。

高強度モルタルに鋼繊維を混入した高強度材料である「高じん性高強度モルタル」に関しては、2004年に土木学会より「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)<sup>1)</sup>(=UFC指針)」が発刊され、橋梁上部工や床板向けとして使用量が拡大しつつある。ただし、既存技術においては、打設後に高温・蒸気による養生が必要となっており、プレキャスト工場での製造に限定されていた。



Photo 3 超高強度 CFT 柱  
Ultra High Strength CFT Column



Photo 4 スリムクリートによるブリッジ  
Indoor Bridge Employing SLIM-crete

3.2.2 新本館への適用技術 技術研究所新本館は、大スパンや吹抜けを有するため、国内最高強度レベルの超高強度CFT(Concrete filled steel tube=コンクリート充填鋼管)柱を用いた。超高強度CFT柱は、上記の「H-SA700」鋼管の中に、設計基準強度160N/mm<sup>2</sup>の超高強度コンクリートを充填した構造であり、通常の強度で設計した場合に比して、2/3程度の柱径を実現し、非常に開放的な空間を構築した。(Photo 3)

3階フロアの渡り廊下「スリムクリートブリッジ」は、常温硬化型高じん性高強度モルタル「スリムクリート」を用いた(Photo 4)。スリムクリートはUFC指針<sup>1)</sup>に示されているものと同等以上の強度特性(圧縮強度180N/mm<sup>2</sup>、引張強度11N/mm<sup>2</sup>)を持ちながら特別な養生を不要としている。スリムクリートの採用により、鋼製部材とする場合に比較して桁高を1/2程度にすることができ、スタイリッシュな外観を実現した。

なお、高強度部材の適用は、火災時の爆裂などの耐火性が課題となることがある。これに対し、超高強度CFT柱では特殊耐火塗料の採用、スリムクリートにおいては有機繊維の混入という対策を執っており、それぞれ載荷加熱実験を実施して耐火性能の確認を行っている。

### 3.3 省エネルギー

3.3.1 概要 省エネルギーはいつの時代にも取り組まれてきた課題である。例えば、1970年代のオイルショックの際にも省エネルギーが叫ばれ、大林組でも1982年に「超省エネルギービル」として建設した技術研究所旧本館で先進的かつ徹底的な超省エネルギーに取り組んできた。

さらに、近年は地球温暖化防止活動の社会的な広まりに合わせ、建物における運用時のCO<sub>2</sub>の削減への取り組みも広がりを見せている。国の補助金制度整備や条例整備などの後押しもあり、建築では太陽光発電パネルの設置や屋上緑化などの取り組み、設備では高効率機器の設置などの取り組み、また利用者によるクールビズや消灯などの取り組み、と実に様々な拡がりを見せている。しかしながらこのような取り組みも実質的なCO<sub>2</sub>削減に結びついていないことがしばしば見受けられる。実際、建物の運用に伴うCO<sub>2</sub>排出量は90年比で40%も増大しているのが実状である。

3.3.2 技研再整備計画への適用 新本館では、CO<sub>2</sub>排出量の削減に照準を絞り、削減フローとそれぞれにおける手法を整理し統合的に組み合わせ、大幅な削減を図るよう設計を進めた。大幅な省エネルギーは1つの手法だけで実現できず、複数の手法を積み上げて使用する必要があった。

CO<sub>2</sub>排出量の削減は大別して、パッシブシステム・アクティブシステムの採用およびマネジメントシステムの整備により、建物運用時のCO<sub>2</sub>削減を図った(Fig. 5)。

(1) パッシブシステム 外界の自然エネルギーを最大限に利用する。または建物外部から受ける負荷を最大限に抑制する。次に示すものを代表として様々な工夫を凝らした。

a) エコロジカルーフシステム：昼間の照明として天井ハイサイドライト(一般に、のこぎり状屋根の鉛直面に窓を設ける)より北側昼光を取り入れ、人工照明の使用を抑制する。一般的なオフィスでは照明がエネルギー消費の30%を占めており、これを減らすことは重要と考えた。また、天井に滞留する暖気を夏季は排出し、冬季は暖房用に回収し、それぞれ空調負荷を低減する。また、南に傾斜させた面に太陽電池を設置し、発電効率を高めた。

b) ペリバッファシステム：建物外周部に滞在時間が短いコピーコーナーなどの空間を配して、空調負荷を削減する。また、南面はLow-Eガラスとして熱線が入る量を削減するとともに、長い庇で夏季日中の高角度の直射日光を遮り、朝夕の低角度の日光に対してはセラミックプリントパターンが施された外部縦型ガラスリブで遮蔽する。

(2) アクティブシステム 建物内部ではCO<sub>2</sub>排出量の削減効果が高い設備システムにより、消費エネルギーを最大限に抑制する。代表的なものを次に示す。

a) 潜熱・顕熱分離型パーソナル放射新空調システム：空調の制御を全体(アンビエント域)とデスク周り(タスク域)に分け、空調負荷が高い温度制御領域を狭くして省エネルギーを図る。夏季は、デスク周辺を準タスク域としてパーソナル床吹き出し空調で除湿された(潜熱処理)外気を導いておき、デスク上のパーティションに取り付けたパーソナルタスクパネルの放射と自然対流によって人体発熱(顕熱)に対応する。冬季はパーソナルタスクパネルをデスク下に付け替え、顕熱足熱を実現する。

b) 中温水によるヒートポンプシステム：上述の空調システムの冷水は比較的温度が高くても利用できるため、ヒートポンプの効率は高く、省エネルギーが実現できる。また、蓄熱槽として中温水に適した潜熱蓄熱材を開発し、夜間電力でヒートポンプを動かしてこの蓄熱槽に効率よく蓄熱/放熱してCO<sub>2</sub>排出量の削減を図った。

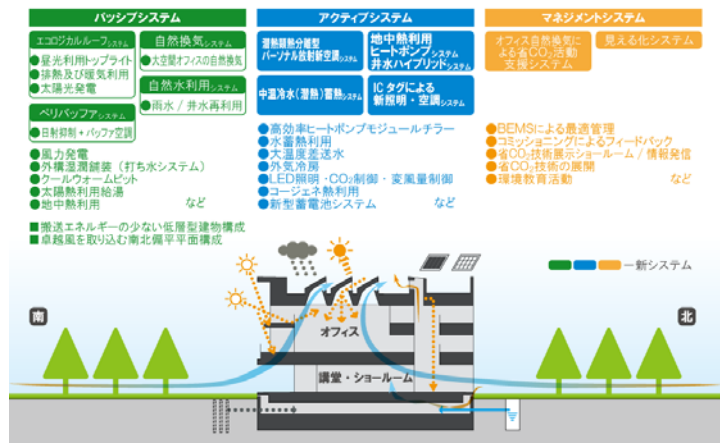


Fig. 5 CO<sub>2</sub>削減マップ  
Methods of Reducing CO<sub>2</sub>

(3) マネジメントシステム 運用時においては最適運転制御による管理システム（BEMS）により、運用エネルギーを最大限に抑制する。

またハード面だけでなく、利用者の省エネ活動を支援するソフト面での仕組みを整備し、さらなる CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を狙った。

### 3.4 環境配慮技術

3.4.1 概要 我が国は、明治期以降に生活の近代化を求め、工業技術によって経済的な豊かさを実現したが、地球温暖化、廃棄物、化学物質、生態系保全などの環境負荷に対応すべき課題を負っている。大林組は、企業理念に「自然との調和」を掲げ、行動規範に「より良い環境の創造と保全」を示し、環境方針を定めて全社が連動して環境配慮に努めている。技術研究所では、複雑な環境問題に対応するため、各要素技術の専門家が集まり、専門領域を超えた議論を行いながら研究開発を進めている。

環境負荷への対応としては、省エネルギー・省資源、CO<sub>2</sub> 排出量の削減、リサイクルの推進、廃棄物の発生抑制、有害化学物質の発生抑制、自然生態系の保全など多岐に渡る技術開発が望まれている。特に、(1) 温熱環境、(2) 新エネルギー、(3) 省資源、(4) 生態系の4つの課題は、顧客からの具体的な解決策を求めるニーズが高いため、建設分野で係わるものを重点化し、研究開発の対象を選択して、集中的に取り組んでいる。その成果は、徐々に新技術の開発に結びついている。

(1) 温熱環境では、特にヒートアイランド問題に関わる屋外温熱環境に着目して「ものの表面を熱くさせない技術」に着目した結果、材料塗装、建物緑化、路面舗装の各分野で新技術が開発された。(2) 新エネルギーでは、「未利用資源の利用、および先端材料の利用」に着目した結果、地中熱を効率的に利用するシステム、太陽電池を効果的に取り付ける部材の分野で新技術が開発された。(3) 省資源では、「CO<sub>2</sub> の発生抑制」に着目した結果、リサイクル材料の分野で新システム・新技術が開発された。(4) 生態系では、「人と自然との共生」に着目した結果、地域の生態系に配慮したランドスケープデザインとそれに必要なビオトープ設計の発想が生まれた。

### 3.4.2 技研再整備計画への適用

(1) 屋外温熱環境 遮熱塗料は、建材表面の反射効果で建物外部からの熱伝導を抑制し、手軽に省エネルギー対策ができる。大林組では、カラーバリエーションが多く、長期間の性能劣化が進みにくい遮熱塗装技術を実用化して、工場やマンションなどで適用している。技研再整備計画では、最も日射反射率の高い白色系で、重金属のクロムを含まない特殊な高反射率顔料を選定した「サンバリア」を採用した。

湿潤舗装は、ヒートアイランド化した都市の熱的環境緩和に役立つため、再開発事業に欠かせない。大林組は、水の蒸発による効果で地面を冷やす技術「打ち水シリーズ」を実用化している。新本館では、インターロッキング型「打ち水ペープ」(Photo 5) と植物と共存する緑化ブロック型「打ち水グラスパーク」(Photo 6) を採用した。



Photo 5 打ち水ペープ  
Uchimizu Pave



Photo 6 駐車場の打ち水グラスパーク  
Uchimizu Grass Park

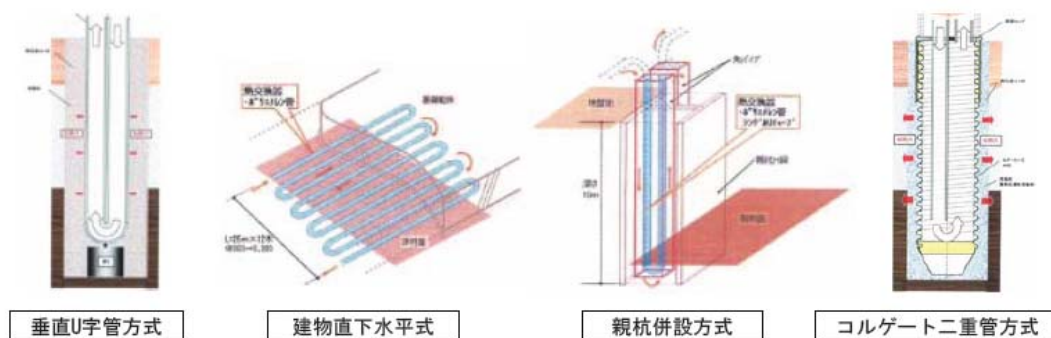


Fig. 6 新本館に適用した地中熱利用方式  
Ground Heat Exchange Systems for New Main Building



(2) 新エネルギー 夏冷たく冬暖かい地熱エネルギーは、ヒートポンプを介して冷暖房などに利用すれば建物の省エネルギーに役立つ。大林組では、様々なケースの現場に対応するため、高効率化、かつ施工コスト低減を実現する新しい地中熱利用システムを実用化した。新本館「テクノステーション」には、1) 高熱伝導性充填材を用いた垂直U字管方式、2) 建物直下水平管方式、3) 親杭併設方式、4) コルゲート管を用いた二重管方式の4方式が導入されている (Fig. 6)。

太陽電池は、使用時に CO<sub>2</sub> を排出しない新エネルギー装置として普及が期待されている。当社では、太陽電池の設置場所の自由度を高め、かつ設置コストも低減するパネル固定金物を開発・実用化した。新本館には、太陽電池の取り付けが容易で、メーカーごとに異なる形状にも対応する方式を採用した (Photo 7)。



Photo 7 クロスポイントホルダー  
Cross Point Holder

フィルム状太陽電池は、軽くて薄いため、ファサードなどの荷重制限がある建築部材や管理が難しい屋上への利用が期待される。大林組では、フィルム状太陽電池の簡単な取り付け、取り外しを可能にした着脱技術を実用化した。新本館には、フィルム状太陽電池の裏面側と下地表面に構造用マジックファスナーを接着し、両者を咬み合わせることで機械的に固定する方式を採用した (Photo 8)。



Photo 8 着脱可能なフィルム状太陽電池  
Removable Solar Power System

(3) 省資源 解体建築物から発生するコンクリート塊は主に路盤材として再利用されている。しかし、将来的には都心部を中心としてさらなる利用先の開発が望まれている。大林組では、コンクリート塊から高品質の粗骨材だけでなく、細骨材も製造し、構造体コンクリートとして再生するとともに、副産される再生微粉を陶磁器タイルに再生し、コンクリート塊を全量再利用するリサイクルシステムを確立した。新守衛所には、敷地内の解体建物から発生したコンクリート塊を原料とした再生コンクリートと陶磁器タイルを適用した。



Photo 9 低炭素型コンクリート  
Low Carbon Concrete

また、コンクリートは多くの資源が消費されており、特にコンクリート材料のセメント製造時には化石燃料を使うので CO<sub>2</sub> が多量に排出されている。大林組では、コンクリート中のポルトランドセメントの使用量を極力低減し、製鉄過程で生じる副産物の高炉スラグ微粉末をはじめ幾つかの混和材料を使用した「低炭素型のコンクリート」の製造技術を開発した。再整備計画では外構の擁壁の一部に適用し、CO<sub>2</sub> 排出抑制に貢献した (Photo 9)。

(4) 生態系 (緑化とビオトープ) 技研再整備計画では生態系に関して緑化とビオトープの整備に注力した。

技術研究所内には、約 1.8 ヘクタールの雑木林 (コナラ二次林) が保全されている。この雑木林には、キンランをはじめ、貴重な動植物が確認されており、自然環境の保全に関する調査研究を進めている (Photo 10)。新本館の緑化計画では、雑木林の構成樹種を参考にして、スパインの南側にコナラ、クヌギ、イヌシデ、エゴノキ、ヤマザクラなどの落葉樹を植栽した。これは、構内の北側に位置する雑木林の要素を、新本館の玄関周りに配することで、雑木林の景観を顕在化させることを、デザインとして意図している。また、東側スパインの脇に生育していた樹高 10m のヤマザクラと敷地南面に生育していた樹高 8m のヤマザクラを保全し、ランドスケープ計画に取り込んだ。



Photo 10 雑木林の調査  
Inside of Preserved Woods



Photo 11 ビオトープのトンボ  
Insect at Biotope

西側スパインの南側には、開放的なビオトープ池を設置した。今回、雑木林に隣接した場所にもビオトープ池を整備し (Photo 11)、誘致対象とするトンボ相を棲み分けた 2 つの池の効果を、今後調査していく。

### 3.5 設計・施工技術

3.5.1 概要 これまでは建物そのものの技術を紹介したが、技研再整備工事においては建物を作る技術についても様々な実験的な適用が行われた。

建設工事に求められる管理は近年、非常に緻密になるとともにその結果を記録に残さなければならないため、現場の管理職員の作業は膨大なものとなっている。しかし、これらの管理作業を分析すると、実は管理情報を集計・伝達するだけのものも多く、人間の高度な判断を要しないものも多い。したがって、IT化により管理情報を自動化・合理化処理し、現場の管理職員が本来の施工管理に集中できるための技術開発が進められている。最近の携帯電話を始めとする情報端末の進歩が施工管理のIT化を実用化の域に到達させている場合も多く、将来の発展が期待される。一方で、施工器具から施工ロボットまで段階は様々であるが、建設作業の合理化・生産性や品質の向上を目指したハードの開発も引き続いて行われている。新しい施工ハードとソフトを融合させたシステムを開発し、施工の改善を目指すこともある。

また、根切り山留め工事は仮設工事という性質上、これまでも安全性と経済性の両立が要求されてきた。従来は大規模工事や軟弱地盤など、難易度の高い条件において計測管理が行われ、主にその結果が設計にフィードバックされてきた。近年は、関東ロームなどの自立性の高い地盤における浅い根切り工事のように、従来経験的に山留め壁の仕様や掘削深さを決定していた条件においても、十分な調査・実験などによって予測精度を高めることでさらなる合理化を試みている。関東ローム地盤は全国的に見れば特殊な地盤と言えるが、関東地方の工事量が多いことを考えると、関東ローム地盤における根切り山留め工事の合理化の効果は大きい。過去に数件の実工事場における親杭横矢板壁の計測値から側圧を逆算し、地盤条件によっては、側圧係数を従来指針での下限値0.2を下回る、0.1程度に低減できることを確認してきた (Photo 12)。

なお、紙図面に起因する様々な課題を解決する技術として欧米ではBIM (Building Information Modeling) が積極的に利用されている。BIMの明確な定義は難しいが、例えば「コンピュータ上に構築した仮想の建物モデルを、建設プロジェクトの関係者間で共有し、様々な分析に利用するプロセスとそのための技術<sup>2)</sup>」と定義されている。BIMは発展途上の技術であり万能ではないが、利用分野を限定すれば現時点でも明確な導入効果が期待でき、また将来、建設業における最も有望な開発技術のひとつと見なされている。そこで、大林組では2010年4月からBIM推進室を設置して積極的な本格的な普及展開を行っている。

#### 3.5.2 技研再整備計画への適用

(1) 躯体工事および工事管理 配筋検査支援システムは、携帯端末とメモ機能付きデジタルカメラを連携し、鉄筋の配筋状況の検査結果と工事写真を一元管理するツールである。すでに社内標準として広く利用されており、本工事でも免震層の鉄筋コンクリート部分を中心に利用した。

スパイラルパイプレータは、振動体の側面に螺旋状の凹凸を設けた小型・軽量の内部振動機である。鉄筋が高密度に配筋された箇所でも、コンクリートの締固めを効率よく確実に行うことが出来る。本工事でも試験適用を行った。

先送りモルタルの代替となる新規ポンプ先送り材の試験適用も行った。ポンプ先送り材料は、構造体に打ち込むことはできないため廃棄するが、新規ポンプ先送り材では、廃棄する量を1/10程度とすることができた。また、セメントを使わないため、CO<sub>2</sub>排出量はほぼゼロとなる。

建方精度管理システムは、パソコンで光波測量機 (トータル・ステーション) を制御して、鉄骨やプレキャスト・コンクリート部材の建方精度を効率よく計測するシステムである。東京スカイツリーの建設工事にも適用されている。本工事では、計測データと3次元CADを連携して、施工プロセスをアニメーション表示で再現する実験を行った。

車両入退場管理システムは、施工現場に資機材を搬入する車両を、携帯電話のインターネット機能を利用して誘導するシステム



Photo 12 親杭横矢板の計測  
Monitoring of Braced Wall with  
Solider Beam and Horizontal  
Board



Photo 13 親杭の水平載荷実験  
Horizontal Load Test of Solider Beam



Photo 14 ハイスペックネイリング工法  
の山留め支保工への適用  
Application of High-Spec-Nailing



である。施工現場周辺における待機車両の待ち行列発生を防ぐ効果がある。本工事では、入場車両の実績を収集する方法として、車両のナンバープレートを画像処理技術によって自動認識する方法と、警備員がナンバープレートを読上げて音声認識技術を利用して記録する方法の実証実験を行った。

日々の工事の作業日報は、専門工事会社の職長が工事事務所の打合せ室に設置したパソコンで入力している。本工事では作業日報を携帯電話のインターネット機能で入力する実験も行った。

(2) 山留め工事 技研再整備工事に伴い解体される既存研究棟の外壁を反力壁とし、関東ロームに根入れした親杭の水平載荷実験を実施した。根固め改良体を適切に配合することで、根入れ部の受働抵抗の割増が可能であることを確認した (Photo 13)。

技研再整備工事における山留めの支保工の一部に、ハイスペックネイリング工法を採用し、設計法の妥当性を検証した (Photo 14)。

(3) BIM 技研再整備計画においては、設計と施工の各段階で次のような用途に利用した。(1)採光計画、(2)意匠・構造・設備の整合性確認、(3)数量積算、(4)協力会社との連携、(5)施工プロセスの可視化、(6)生産設計。この結果から、設計者・施工者の立場から BIM の効果を確認したのみならず、自社建物工事であったので、発注者・利用者の立場からも効果を確認できた。またこの過程で制作したモデルは、建物の運用段階のファシリティー・マネージメントや維持補修への活用が期待できる。

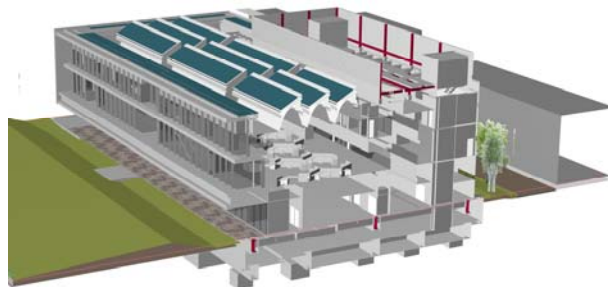


Fig. 7 新本館モデルによる断面  
Section of BIM Model

#### 4. おわりに

技研再整備計画の基本概念から個別建物（新本館）まで概要を述べるとともに、そこに適用された技術 (Table 2) あるいは実験された技術について紹介した。技術の完成度・実績は様々であるが、いずれも将来、有望と考えている。再整備計画の理念どおり、技術研究所という場で、省エネルギー技術やアクティブ制震技術、などを運転実績により性能を実証するとともに、広く公開して普及を図っていきたい。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)，コンクリートライブラリー113(2004)
- 2) Chuck Eastman, Paul Teicholz：BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors：BIM Handbook，2008

Table 2 技術研究所再整備計画に適用した技術の一覧  
Technology List Applied to Improvement Project of Technical Research Institute

適用分野／工事	技術の名称	特徴
免震・制振	スーパーアクティブ制震「ラピュタ2D」	建物基礎の制震層で地震力を打ち消し、建物を揺らさない。通常免震の1/10の揺れになる究極の免震技術。
	ガラス制振壁	ガラス壁の取り付け部分に制振装置を組み込んでいるので、意匠性に優れている。
	圧縮型鋼製ブレースダンパー	鋼製パネルによる制振装置。躯体取り付け部に引張力が発生しないため、既存構造物への設置が容易。
高強度材料	常温硬化型高じん性高強度モルタル「スリムクリート」	超高強度鋼繊維を常温硬化可能なモルタルに混入。高じん性・高強度を利用して部材のスリム化・軽量化が可能
	超高強度コンクリート充填鋼管（CFT）	超高強度鋼材（780N/mm <sup>2</sup> 級）と超高強度コンクリート（Fc160N/mm <sup>2</sup> ）を利用。耐火塗料により部材断面の縮減が可能。
省エネルギー 省CO <sub>2</sub>	エコルーフシステム	天井ハイサイドライトより北側日光を取り入れ、人工照明の使用を抑制する。天井に滞留する暖気を夏季は排出し、冬季は暖房用に回収し、それぞれ空調負荷を低減する。ほか。
	ペリパツファシステム	建物外周部に滞在時間が短い空間を配して、空調負荷を削減する。長い庇で夏季日中の高角度の直射日光を遮る。など
	自然換気システム	春秋など温度条件が揃った場合、オフィス床レベルから外気を取り入れ、天井から排気し、空調エネルギーを低減する。
	自然水利用システム	井水を空調ヒートポンプ熱源・屋外灌水・トイレ洗浄水として有効活用。雨水もトイレ洗浄水に利用。周辺に散水して外気を冷却。
	タスク・アンビエント空調「0-TASC」	アンビエント域は温度条件を緩和して空調。デスク周辺のタスク域は床吹き出し空調とパーソナル放射パネルを用いる。
	高効率なヒートポンプシステム 中温度潜熱蓄熱槽	高効率なヒートポンプシステムを採用。中温度の冷水を用い、この温度帯域で融解・凝結する潜熱蓄熱材による蓄熱槽を開発
	ICタグを利用した空調・照明制御システム	入退室のセキュリティ管理用ICタグを活用し、デスクの在席／不在を検知して空調・照明を制御
	ビルエネルギーマネジメントシステム 「BEMS」	室内・屋外のセンサからの各種情報を基に、設備機器の効率的な運転を管理
	太陽熱高反射率塗料「サンバリア」	夏季の熱負荷低減に有効であることを実証。既存の太陽熱高反射率塗料より高耐候、低汚染、などで優位。
	底面給水システムによる 「打ち水ペープ」・「打ち水グラスパーク」	舗装から水をしみ出させて蒸発させ、冷却。ヒートアイランド対策として有効。「打ち水グラスパーク」は緑化にも貢献
蒸発冷却スクリーン「アクアキャンパス」	塩ビ製などのスクリーンを水で濡らす、などして周辺を冷却する。スクリーンには広告等を印刷し、屋外看板としての機能もさせる。	
新エネルギー	コルゲート管を用いた二重管方式地中熱利用システム	高効率で地中熱を利用できるタイプと施工費用の縮減が可能なタイプを開発
	太陽電池汎用取り付けシステム 「クロスポイントホルダー」	メーカーごとに太陽電池の取り付け方式が異なっていたのを統一し、さらに施工性を改善
	構造用マジックファスナーを用いた太陽電池の着脱	設置場所の制約が少ないフィルム状太陽電池の活用を念頭に置いて構造用マジックファスナーによる着脱技術を開発
省資源	再生骨材Hを用いた再生コンクリート 再生微粉を用いた陶磁器タイル	解体コンクリートから高品位の骨材を取り出し、コンクリートの骨材として再利用。副産物の微粉はタイルの原料とする。
	低炭素型コンクリート	CO <sub>2</sub> 排出量の多いセメントを減らし、CO <sub>2</sub> 排出量の少ない材料をできるだけ用いたコンクリート
生物多様性	生物多様性に配慮したビオトープ	多様な生物の住家を提供し、維持管理。実験ビオトープの長期的調査に基づき整備する。
防火	ウォークスルー耐火スクリーン	車椅子の自力避難が可能であり、天井裏へコンパクトに収納可能な耐火ガラスクロス製の避難口付防火防煙スクリーン。
設計・施工	BIM (Building Information Modeling)	コンピュータ上に構築した仮想の建物モデルを、建設プロジェクトの関係者間で共有・利用・調整
	配筋検査支援システム	携帯端末とメモ機能付きデジタルカメラを連携し、鉄筋の配筋状況の検査結果と工事写真を一元管理するツール

注：工事の場を利用して試験したのみの施工技術は省略した。

※Table2 の各解析プログラム／システムの名称青文字部分をクリックすると詳細情報がご覧いただけます。