

特集 新耐火実験棟 New Fire-resistant Laboratory

長岡 勉 Tsutomu Nagaoka^{*1}

1 はじめに

当社の創立110周年を記念して、8月18日に技術研究所に新耐火実験棟が竣工した。1993年に技術研究所が現在の千葉ニュータウン（千葉県印西市）に移転してから、はじめての新実験棟である。この新耐火実験棟には載荷能力30MNという日本最大の耐火実験装置が設置されている。以下に建物概要、耐火実験装置概要、および今後の活用法について述べる。

2 建物概要

耐火実験棟は、技術研究所の東南端に独立した建屋として建設された。ファサード全面に機能フレームを設置して、遮光・防汚など庇としての機能や開発した多くの環境配慮技術を実装することにより、サステナブルな研究施設を具現化している。現在、太陽光パネルや壁面緑化などの実証実験が進められており、効果の確認と今後のためのデータの蓄積を図って行く予定である。

建築概要

建 築 地：千葉県印西市大塚1-5-1

建築面積：805m²

延床面積：1,304m²

構造/階数：S, RC/B1, F3

工 期：2008.5～2009.8



Photo 1 新耐火実験棟のファサード
New Fire-resistant Laboratory

^{*1} 技術研究所 主任研究員 Chief Researcher & Development Institute

3 耐火実験装置

耐火実験装置は、加熱を行う「耐火炉」と力を掛ける「載荷装置」によって構成されている。

「耐火炉」は、全長6m・幅3.3m・高さ4.5mで、最高で1400℃まで熱するため、厚さ500mmのセラミックファイバーと耐火コンクリート（キャストブル）で覆われ、その壁に40個のガスバーナーが設置されている。建築物に対する耐火試験の標準加熱曲線で8時間の加熱が可能であり、国内の耐火実験装置としては最長の加熱時間である。また、海外や土木分野で使われる加熱条件「RABT（ドイツで開発されたトンネル火災を模擬した加熱曲線）」などにも対応している。更にこの「耐火炉」は、高さ方向に2段、幅方向に1段の間仕切りが可能で、試験体の大きさに合わせて炉の大きさを変えることが出来る。これにより、加熱のための燃料を減らしてCO₂の排出量を削減出来るという、環境にも配慮した装置になっている。

「載荷装置」は、1辺1mの4本の柱と高さ2mの2本の梁、断面直径800mmのジャッキで構成され、30MN（約3,000t）の力を掛けることが出来る。30MNの載荷能力は、耐火実験装置としては国内最大で群を抜いており、純粋な載荷装置としても国内最大級である。この載荷装置は試験体の高さに合わせて上下することが出来、更に試験体の設置時に効率良く作業が行えるように、自走して耐火炉の上から退避出来るようになっている（Fig.1）。Table 1に耐火実験装置の仕様を示す。

Table 1 耐火実験装置の仕様
Specifications of the device

載荷能力	鉛直方向：（下向き）最大30MN，（上向き）3MN 水平方法：最大3MN
耐火炉の大きさ	W3,300×L6,000×H4,500mm
加熱曲線	ISO834，RABT他
加熱時間	最大8時間
試験体の種類	柱，梁，床
柱試験体の寸法	柱：最大断面寸法1,000mm，最大高さ9,000mm 梁：最大幅800mm，長さ7,500（支点間距離） 床：最大幅6,000mm，長さ4,800（支点間距離）
付帯装置	耐熱ハイビジョンカメラシステム 冷却式球面座

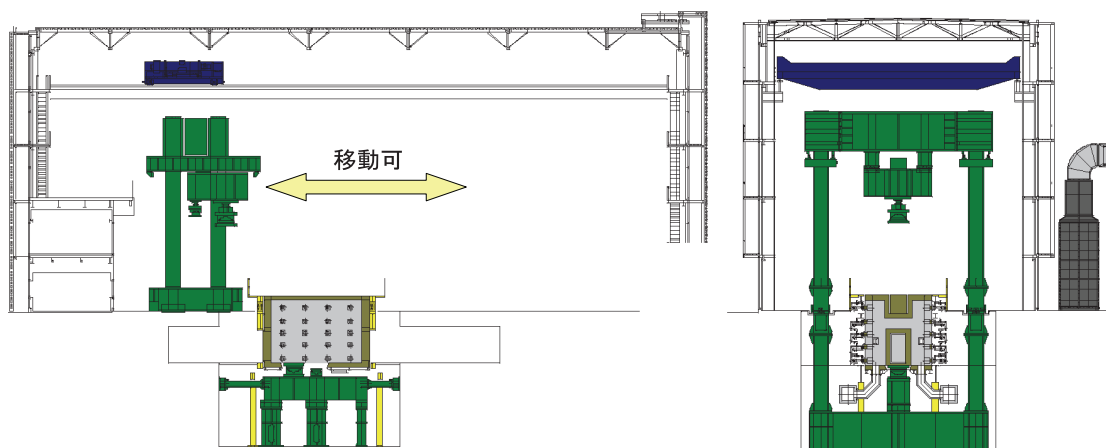


Fig.1 断面図
Sectional View

「耐火炉」は多目的耐火試験炉と呼ばれるものであり、建築の主要構造部材である柱・梁・床（スラブ）の耐火実験が実施できる。柱は「耐火炉」の蓋（ふた）を貫通するように立て、上から載荷しながら蓋から下の部分を加熱する。また、梁や床は耐火炉の上部に架け渡し、上から載荷若しくは上に引っ張りながら加熱する。また、鉛直方向の荷重と同時に水平方向にも力を掛けることができ、建物の重さ（鉛直荷重）を支えながら火災で変形する梁からの横力を受ける柱といった複雑な実験も可能な最新鋭の装置である。試験体の設置方法をFig.2に示す。



Photo 2 内観写真
View of interior

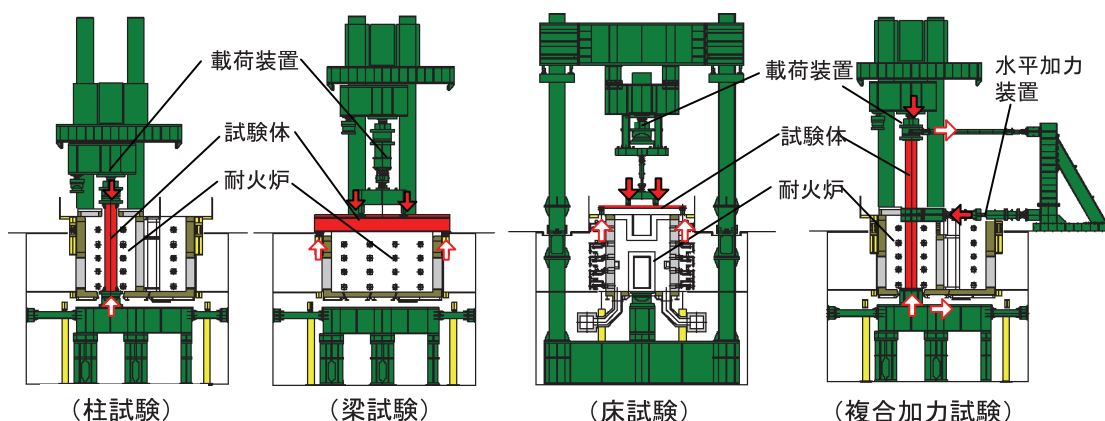


Fig.2 試験体の設置方法
Setting up the specimens to the device

4 研究開発への活用

1990年代の後半から、相次いで超高層建物が建設された。また、超高強度コンクリートの開発が進み、現在はFc200を越えるものも試用段階に入った。こういったより高くより強い建物の耐火技術開発のために、今回の耐火実験装置が期待されている。

Table 2に建物構造種別ごとの階数と柱軸力の関係を示すが、これまで当社が保有していた耐火実験装置は10MNの载荷能力であり、S造（CFT柱）でおよそ15階建ての柱の軸力に相当する。新しい耐火実験装置は30MNであり、およそ40階建ての柱の耐火実験が実施できる。CFT柱は、当社の得意とする分野である。この耐火技術にますます磨きを掛けていけるものと期待している。

また、当社はこれまで超高強度コンクリートの開発を継続的に進めてきた。Fc60N/mm²を超える超高強度コンクリートが火災加熱を受けると、爆裂を生じることが知られており（Photo 3右）、建物に採用するには爆裂防止技術を適用し、その有効性を実験により確認する必要がある。Fig.3から分かるように、超高強度RC柱の3時間耐火（高

Table 2 建物の高層化と载荷加重
Comparison between Compression of Column and number of stories in building

	S造		RC造	
柱軸力	階数	柱種	階数	柱種
30MN（新装置）	40階	CFT	50階	800角（Fc150）
20MN	28階	CFT	35階	700角（Fc150）
10MN（旧装置）	15階	CFT	18階	900角（Fc80）
5MN	8階	S	10階	700角（Fc80）

※階数、柱種は大まかな目安



(爆裂防止対策済み)
(the Explosion Prevention was done)



(爆裂防止未対策)
(the Explosion Prevention was not done)

Photo 3 超高強度コンクリートの爆裂の様子
Spalling of High-strength concrete

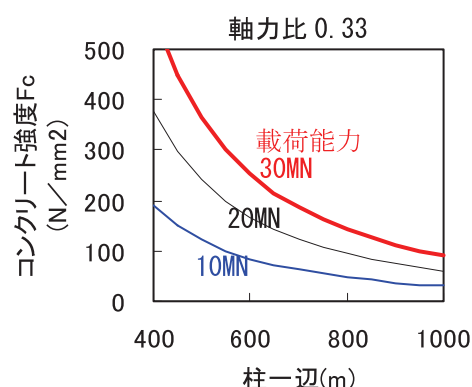


Fig.3 柱試験体の寸法とコンクリート強度・载荷能力の関係
Relationship between size of column, and strength of concrete, Load ability of device

強度RC柱を採用する建物は3時間耐火となるものが多い)の試験体としては最小寸法である400mm角の柱で、旧耐火実験装置(10MN)では軸力比(=軸力/(Fc×柱断面積))が0.33でFc150の実験が限界であったが、新しい耐火実験装置(30MN)では装置能力としてはFc500まで実験が可能である。また、同じFc150であれば775mm角の柱まで可能となる。

5 まとめ

当社の耐火実験装置は、東陽町の技術研究所に初代が、1993年の千葉ニュータウンへの移転を機に2代目が、そして今回、超高層建物の増加や超高強度コンクリートの開発など建築技術の進展に対応すべく3代目が完成した。それぞれの代で、CFTの先駆的研究開発やFc150までの超高強度コンクリートの開発など、耐火技術の進展に貢献してきた。新たな耐火実験装置は、現在考えられる技術の粋を集めて製作されており、特にその载荷能力は群を抜いている。これを活用して、我々建設に携わる者の願いのひとつである、より高くより強い建物を支える耐火技術の開発を精力的に推進して行きたい。なお、本装置は年内は検収を行い、来年より本格的に稼動する予定である。実験結果は折を見て本報告集にて報告していきたい。

風力発電 Wind Turbine

1 梗概

風力発電は視認性が高いため、設置された際には他の新エネ機器に比べ環境貢献活動としてのPR効果が大きい。本風力発電はメーカーと共同で当社設計部によりデザインされたもので、避雷針との一体化やモータリング機能を新たに取り入れている。発電機の定格出力は10kWで、ブレード（翼）直径は7.0mである。約1.0m/sの風速よりブレードは回転し、風速2.5m/sより発電を開始する。風速が20m/s以上になると安全のために自動的に停止する。

2 期待される効果

近傍の建物や地形を考慮して技術研究所周辺の風速分布をシミュレーションした結果を用いて、本風力発電が地上約20mに設置された場合の年間発電量分布を予測した結果を右図に示す。本風力発電により年間約15,000kWhの発電が予想され、その結果、買電量の削減により年間約5,600kgのCO₂の削減が見込まれる。

3 今後の活用予定

本風力発電には発電機とは別にモーターを内蔵しており、ブレードを最高180rpmで回転させることができる。この機能を用いて建築物に風力発電を設置する際に予想される振動や騒音の計測、及びその対策のための実験が行われる予定である。

*1 エンジニアリング本部 原子力火力部門
Manager, Power Facilities Engineering Department

羽場崎 淳 Atsushi Habasaki*1



Photo 風力発電
Wind turbine

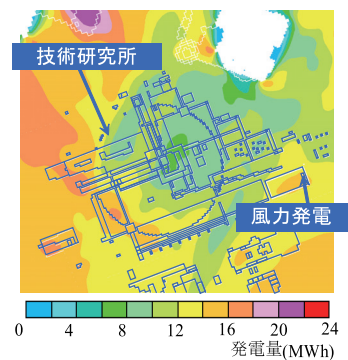


Fig. 年間発電量分布
Distribution of annual electric power

太陽光発電一体型屋外ルーバー External Louvers Integrated Photovoltaic System

1 梗概

太陽光発電パネルは従来、建物の屋根や屋上等に設置されることが多かったが、建物外装と一体化させることで意匠性の向上や、外皮負荷の低減に寄与する可能性がある。本建物の南側には、太陽光発電パネル一体型の屋外ルーバーが設置されており、季節や時刻に応じてルーバーの傾斜角を変更することが可能となっている。

2 期待される効果

ルーバーの傾斜角を制御することで、①太陽光発電パネルへの入射日射量増加、②室内への適切な日光導入と日射遮蔽、③ルーバー内側通気層の通風によるパネル温度低減（発電効率向上）効果等が期待される。さらに冬期には、屋外ルーバーを閉鎖することで、ルーバー内側に密閉空気層が形成され、外装部の断熱性の向上が期待される。

3 今後の活用予定

日射量や外気温、風速といった外界条件および照度や輝度、温度といった室内環境を継続的に測定し、発電量・外皮負荷・屋内環境の3者に配慮した太陽光発電パネル一体型ルーバーの最適傾斜角制御の検討を行う予定である。また建物外装としての意匠性に配慮したデザインのありかたや、メンテナンスの容易性についても改善検討を考えている。

*1 技術研究所
Researcher, Research & Development Institute

徳村 朋子 Tomoko Tokumura*1



Photo 外観写真
External Appearance

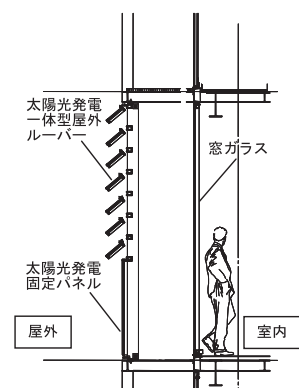


Fig. ルーバー設置箇所断面図
Section of External Louver

壁面緑化技術 Wall Greening Technology

1 梗概

建物外壁に面した開口部の外側に設置された縦ルーバーを、単に日射遮蔽装置としてだけでなく、落葉性ツル植物であるナツヅタの登はん補助装置としても機能させることにより、季節変化に整合して日射遮蔽率や景観が変化するパッシブで可変性のある外皮を実現した。

ナツヅタを金属に登はんさせた場合、十分な吸着力が得られないこともあるため、ルーバーは内部に空洞のある筒状として内側に吸着材(不織布)を充填し、ルーバーの側面に孔を開け吸着材を露出させることで、ナツヅタの登はんを補助したり、主枝を安定的に登はんさせるためにルーバー側面の中心部に面落ち部を設ける仕様としている。

2 期待される効果

春期から秋期は縦ルーバー表面にナツヅタの葉が茂ることにより、縦ルーバー単体よりも相対的に高い日射遮蔽効果と建物内外からの緑視環境が得られる。晩秋にはナツヅタの紅葉により、建物内外からの景観において四季の変化を演出できる。冬期は落葉により、日射遮蔽率が縦ルーバー単体と同等となり、採光と熱取得が促進される。

3 今後の活用予定

パッシブで美観性の高い環境共生建築を実現するファサード構成技術として、広く展開していきたい。

三輪 隆 Takashi Miwa*1



Photo 1 建物の外観
External Appearance



Photo 2 ルーバーの近景
Greened louver

*1 技術研究所 主任研究員
Chief Researcher, Research & Development Institute

カラー溶融亜鉛めっき Color Zink Plated Steel Materials

杉田 敬太郎 Keitarou Sugita*1 岡本 肇 Hajime Okamoto*2

1 梗概

溶融亜鉛めっきを特殊な表面処理剤で処理することにより、耐候性と意匠性を付与することができる技術を開発した。この意匠の種類としては、青、黄、緑などの有彩色の仕様と、無彩色の濃淡で色分けたスパングル模様の仕様の2種類があり、本件では前者を適用してメンテナンスデッキを着色した。表面処理剤は、従来金属表面処理剤に多用されていた有害性の高い6価クロムを使用しておらず、環境に優しい仕様である。

2 期待される効果

10年程度で塗り替えを必要とする塗装と比較して、カラー溶融亜鉛めっき鋼材は耐用年数が30年程度とメンテナンス性が優れており、LCCで有利になる。また、既往の溶融亜鉛めっきの表面処理としては、無彩色の低光沢処理しかないので、本技術により溶融亜鉛めっき部材の意匠選択の幅を広げることができる。

3 今後の活用予定

開発仕様については、本件適用をモデルとして設計者や建築主に紹介し、塗装メンテナンスが困難な意匠性部材に対しての適用拡大を図る。

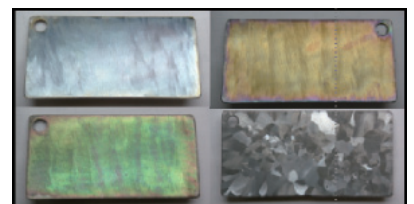


Photo 1 カラー溶融亜鉛めっきサンプル
Color zink plated steel material samples



Photo 2 着色したメンテナンスデッキ
Colored maintenance decks

*1 技術研究所
Research & Development Institute
*2 技術研究所 主任研究員
Chief Researcher, Research & Development Institute

可視光応答型光触媒塗装 Visible-light Photocatalyst Paint

池尾 陽作 Yousaku Ikeo*1

1 梗概

室内において、有害化学物質が原因となる臭いやシックハウスが問題となっており、これらの対策として光触媒の利用が検討されている。今回、紫外線強度が微弱な室内においても有害化学物質等を分解することができる可視光応答型光触媒を含有した塗料を開発、新耐火実験棟プレザールームに適用して、その効果を評価した。光触媒塗装は、従来の室内塗装にバリア層、光触媒層を重ねた構成になっており、バリア層は光触媒による従来室内塗装の劣化を防ぐために用いた。

2 期待される効果

室内（約120m³）に約3ppmのホルムアルデヒドを投入して蛍光灯照射時と非照射時の濃度変化を測定した結果、蛍光灯照射時の方が早く濃度が低下することが確認された。他の有害化学物質にも効果が期待でき、室内の臭いの低減を図ることが可能であると考えられる。

3 今後の活用予定

可視光応答型光触媒の室内での適用はまだ始まったばかりであり、塗装についても実際の室内環境条件における効果の確認を進め、適用箇所に応じた最適な塗装仕様・方法を見出すことで効果の向上を図る。また、塗装構成の改善や他材料との組み合わせにより、さらに効果を高めていくことで、快適で健康な空間を提供できる技術にしたい。

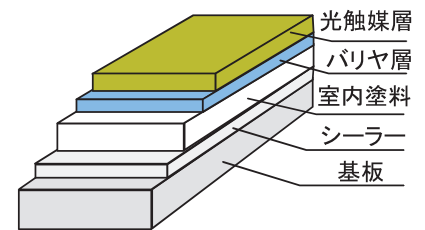


Fig.1 塗装の構成
Coating layer structure of visible-light photocatalyst paint

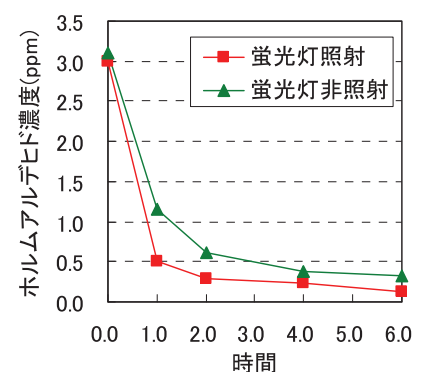


Fig.2 ホルムアルデヒドの濃度変化
Change of formaldehyde concentration

*1 技術研究所 主任研究員
Chief Researcher, Research & Development Institute

設計基準強度200N/mm²超高性能APCコンクリート® 200N/mm² Advanced Performance Composites Concrete

1 梗概

超高性能APCコンクリート® (APC: Advanced Performance Composites) は、世界最高クラスの設計基準強度200N/mm²の超高強度と現場施工可能な流動性を、シリカフェュームプレミックスセメントと超高性能減水剤の開発により実現している。また、コンクリートの超高強度化に伴い低下する耐火性や靱性を、有機繊維と無機繊維のハイブリッド化利用技術の開発により飛躍的に向上している。

2 期待される効果

これまで実現が難しかった80階クラスの経済性、居住性に優れたRC造超高層建築を実現することができる (RC造建物の国内最高階数59階: 武蔵小杉パークタウンに適用)。中層から超高層のRC造建築においては、柱の大スパン化や小断面化が可能となり、フレキシビリティが高く付加価値の高い建築空間が実現できる。

また、非常に緻密な組織構造をしており、1000年を超える超高耐久性や、微細なテクスチャーの転写など意匠性も期待できる。

3 今後の活用予定

これまで超高強度コンクリート技術は耐震構造を中心に適用されてきたが、免震構造や制振構造など最新の架構技術との組み合わせや、プレキャスト化による合理化施工により、経済的で付加価値の高い建築空間の実現に向けて活用展開してゆく予定である。



Fig.1 APCコンクリートのコンセプト
Concept of APC concrete



Fig.2 載荷加熱試験後の試験体外観
Appearance of specimens after loaded fire resistance test

*1 技術研究所 主任研究員
Chief Researcher, Research & Development Institute

微細ミスト噴霧技術 Spraying Mist Technique

三坂 育正 Ikusei Misaka^{*1}

1 梗概

本技術は、微細ミストを空気中に噴霧することにより、ミストの気化熱により熱を吸収し気温の低下をもたらし、暑熱環境化に快適な屋外（半屋外）空間を創出する技術である。新耐火実験棟エントランスに導入した本技術の特徴は、ミスト噴霧による冷却効果をより有効にするために、噴霧場所の建物形状や周辺発熱状況、および気象条件を考慮して最適な噴霧量を設計した点と、実際の環境条件をセンシングし、系統別に噴霧を制御する手法を取り入れた点にある。

2 期待される効果

今回のミスト噴霧システムでは、エントランス付近の気温を2℃低下させることを目標値として、人体負荷や気象条件を考慮して噴霧量を決定した。従来技術に比べ、系統を2つに分けることによりミスト噴霧量を変化させることを実現した。制御条件として設定した項目は、期間（季節）・時間、降雨、人（人感センサー）、気温、相対湿度、風向・風速である。気象条件の中でも風の条件に注目し、風向・風速によって噴霧量を制御することが可能としたため、強風や逆方向からの風による舞い上がりや弱風時の湿度上昇のリスクを軽減することが期待できる。また、ミスト噴霧に適合した条件時のみ噴霧することから、噴霧の無駄を無くすことによる水やエネルギーの有効活用を図ることも想定される。

3 今後の活用予定

今回導入したシステムの性能検証を行い、制御の有効性について確認を行う予定である。また、ミスト噴霧の最適設計手法に関しては、計算手法をまとめ、設計部門への水平展開を進めていきたい。その後、屋外や半屋外空間の快適な温熱環境創出するプロジェクトへの展開を進めていく予定である。

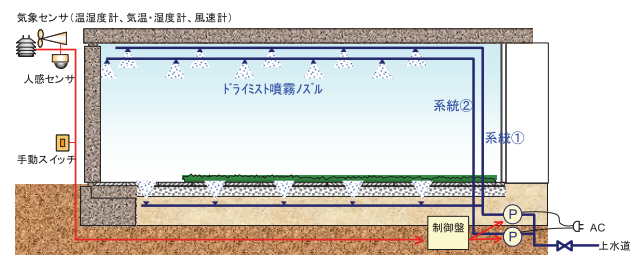


Fig. ミスト噴霧システム
Spraying mist system

^{*1} 技術研究所 主任研究員 博士(工学)
Chief Researcher, Research & Development Institute, Dr. Eng.