

ecomms

37

FEBRUARY 2014

— 特集 —

ecommsの基礎

SINCE 2002

13年目の **ecology & economy modular system**



ecomms

<http://ecomms.sus.co.jp>

建築を変える力に

軽く・強く・美しい。
それが「アルミ」です。

開発・設計・製造・施工の創意工夫。
それが、「技術力」です。

アルミの特性を活かした技術の結晶。
それが、「スタンダード（標準化）」です。

そして、私たちは標準化によって、
「短期間で、信頼性が高く、経済的」
といったメリットを提供します。

アルミ技術力でお客さまの課題を解決します。

リスタートとなる ecomsのビジョン。

SUS株式会社
代表取締役社長 石田保夫

れた部材を組み合わせたもの」という意味があります。アルミ建築および家具を扱う新事業の立ち上げにあり、事業部門の名称として名づけ、お客さまへの浸透を目指してPR誌のタイトルにも採用しました。(以下、事業を指す場合はエコムス事業、PR誌を指す場合はecoms誌と表記します)

■事業Jecoms誌の変遷

FA(ファクトリーオートメーション)向けの機械装置や設備を扱うSUSがアルミ建築および家具への取り組みを始めたのは2000年。関係者や外部のコンサルタントとディスカッションを重ねて構想を練り、2002年10月、アルミ家具の販売を目的とした「ecoms」は静岡・シールームのオープンとともに事業をスタートしました。そして翌年1月、ecoms誌が創刊されました。

その後、事業の進展に伴いecoms誌の役割も徐々に変容していきました。その内容は事業戦略によって以下のように分類できます。

1期(02〜07年)

アルミ家具・建築の可能性追求

1・1期(02〜04年)

□エコムス事業の告知

静岡市清水区(当時の本社)の工場でアルミ家具を製造し、静岡および東京・シールームで販売を開始しました。2003年5月にはSUSが初めて手掛けたオールアルミ建築「ecoms hall」が竣工し、ほかに数棟のアルミ建築を完成させています。ecoms誌ではシールームで開催された計23回のセミナー開催を告知し、家具・小物の販売を支援。まずはアルミに親しんでもらうため、アルミ・建築・家具をキーワードにそれらに関

わる「ひと」や「もの」を紹介し、併せて自社のアルミ建築も掲載しました。

1・2期(05〜07年)

□エコムス事業の認知度向上

2005年5月の福島事業所開設と同時に、建築として初めてのオリジナル製品である空間パッケージングシステム「subooni」を発表。さらに商業施設や海の家など多くのアルミ建築を建設し、ecoms誌で紹介しました。誌面では、各地の美しいアルミ建築を取り上げたほか、船舶・自動車など他分野の取材も実施。2004年からはアルミに関するデザインコンペを開催し、エコムス事業の認知度を着実に向上させました。

本誌のタイトルにもなっているecoms(エコムス)という言葉の成り立ちをご存知でしょうか?これは「ecology and economy modular system」を略したSUSの造語で、「環境面と経済性に優れた標準化さ

2期(08〜11年前半)

□アルミ建築の量産体制構築

2007年12月、タイに工場が完成し、翌年1月からはアルミハウスプロジェクトをスタートさせました。その一方、新たな需要を喚起した「subooni」はNECCOのアルミ製喫煙ブース第1号(養老SA・2008年4月完成)、JRアルミ製待合室第1号(桜木町駅・同年8月完成)の受注に結びつきました。その後、標準部材の量産化により、2013年までに喫煙ブース206棟、待合室74棟を建設しています。この間、ecoms誌ではアルミハウスプロジェクトを追跡し、多くの喫煙ブース・待合室を紹介。さまざまな建築家へのインタビュー連載からもアルミ建築の可能性を探りました。

3期(11年後半〜現在)

□エコムスブランドの構築

これまで培ってきた技術により、2011年10月にアルミテントハウスを、2012年6月にアルミハウスプロジェクトの成果である「*transfer technology unit*」を発表しました。同年11月には静岡事業所内にて鉄骨

構造体に12棟の π を挿入した実験棟を公開しています。ecoms誌ではこれらの製品を紹介する中で、エンジニアリングをベースとした新しいライフスタイルを提案。エコムスブランドの構築を図っています。

■これからのエコムス事業

さまざまな変遷を経てきたエコムス事業ですが、その目標は事業開始当初、「ecoms」という言葉に込めた思いと変わりはありません。流行の素材を使うのではなく、アルミの持つメリットを最大限に生かし建築のあるべき姿を追求するという姿勢をつらぬいています。長年の開発・研究の成果から導き出した事業戦略を以下に記します。

□戦略1 ハイブリッド化

アルミ建築・家具において、アルミとそれを補完する異素材の最適な組み合わせを追究します。これまでの経験から、アルミ建築にかかわる諸問題を解決し、素材の持つメリットを引き出すためには異素材とのコラボレーションが欠かせないという結論に達しました。木材など日本古来の

素材も活用し、互いの良さを高めていきたいと思っています。

□戦略2 オートメーション化

私が建築の素材にアルミを選んだ理由の1つはその精度の高さです。精密な機械装置にも用いられるアルミ材は、動くことに適しています。例えば、ベッドや机などの家具がボタン1つで出し入れできたらどうでしょう?限られた空間であっても、部屋が持つ機能は大きく拡大します。ITなどの先端技術と精度の高いアルミを用いた機械要素の融合で、新たな建築の可能性を探ります。

□戦略3 プロダクト化

静岡事業所の π 実験棟を発表する際、私は「これは建築ではない。住むためのプロダクトである」と述べました。建築・家具の部材を標準化し、それらをあらかじめ工場で組み上げておけば、現場での作業は最小限に抑えることができます。これにより短工期を実現し、特殊な技能を必要とせず、かつ限られた人員での作業も可能となるのです。

■ecoms誌の役割

37号からは、これからのエコムス事業の戦略を解説するとともに、アルミ建築・家具そして π にかかわる研究・開発を「冒険」として数号にわたり、紹介していきます。過去には「蔵考」で断熱・耐火の基本を、「五意達者」では木造の継手・仕口からアルミの嵌合の手掛かりを学びました。37号ではアルミ建築や π を不動産として定義する絶対条件である「基礎」に関してプレキャスト・コンクリートほかの報告、特集を掲載します。10年を超えるエコムス事業の取り組みで、日本でのアルミ建築の啓蒙・啓発は一応達成したと考えています。今後はアルミ建築の標準部材や、喫煙ブース・待合室などの小規模空間システム、そして π を基本とするアルミハウスをさまざまな方に活用いただくと思っています。建築だけに限らず、FA事業など多方面で培ってきた技術力をさらに磨き、アルミ建築・家具と融合させ新しい可能性を今後も追求していきます。





03 リスタートとなるecomysのビジョン。

SUS株式会社 代表取締役社長 石田保夫

[特集1]

07 ecomysの基礎

建築物、不動産における基礎

基礎に関する法律の記述

基礎の代名詞といえるコンクリートの成り立ち

基礎の種類とその選定条件

直接基礎の変遷とその種類

杭基礎の変遷とその種類

基礎を支えるコンクリート技術

プレキャストコンクリート100%の建築へ トヨタT&S建設株式会社

基礎をプロダクト化する技術

1. 見えない部分にもコスト、工期、環境の視点を 戸田建設株式会社

2. 地盤改良に高い効果を発揮する回転貫入銅管杭 株式会社 新生工務

3. 構築物の基礎から建築物の基礎へ 大津鉄工株式会社

小規模建築物における基礎と法制度の今 二木 幹夫

「ecomysの基礎」への挑戦

25 t² 増減動が可能なシステム その1

[連載]

29 テクノロジーの明日 第1回 三田彰

[連載]

33 動く建築

Vol.8 Kiosk m.poli

Vol.9 Containing Light

41 アルミを探る 1 「耐食性」がよい

43 納品実例

1. バス停留所待合室

2. 集合住宅付帯駐輪場屋根

3. スモール・ボリス・ボックス

4. 金子塔 覆い屋

5. 可動式受付ブース

6. 不二家 埼玉工場 守衛室改修

[連載]

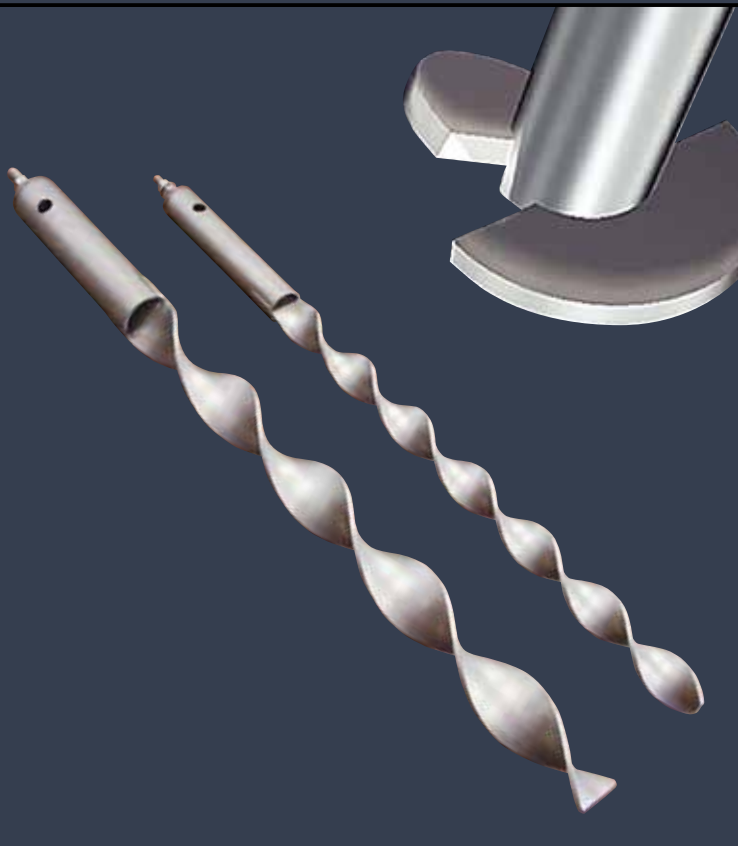
51 アルミ構造設計入門 Vol.33

接合部の設計 続き5「嵌め合い」による接合 その3 FEM解析

飯嶋俊比古

資料請求アンケートハガキ／次号予告／バックナンバーのご案内／ショールームのご案内





ecomsの基礎

軽薄短小の進む建築現場にて、「基礎」は相も変わらず重厚長大そのものです。

エコムス事業の目指すアルミ建築、

特に、t²「住むためのプロダクト」「増やせる。減らせる。動かせる。」において、「基礎」も相応しいものでなければなりません。

ECOlogy (→リユース可能) and ECONomy (→工場生産) Modular (→規格化) Systemである「ecomsの基礎」の開発に挑戦します。



基礎を考える前に、基礎が支えている「建築物」、基礎が不動にしている「不動産」、そして、現在、基礎の代名詞ともいえるコンクリートの成り立ちをまとめます。それらを踏まえ、基礎について考察し、「ecomsの基礎」への挑戦に言及します。

建築物、不動産における基礎

建築物の定義は、建築基準法・第二条二で「土地に定着する工作物のうち、屋根及び柱若しくは壁を有するもの(これに類する構造のものを含む。)」とされ、工作物とは、「材料を加工して組み立てたもの」(『大辞林』)の意であり、建築基準法、その施行令では、建築物をはじめ、煙突、広告塔、高架水槽、擁壁などを例示しています。また、建築物の主要構造部は、第二条五で「壁、柱、床、はり、屋根又は階段をいい、」と限定し、基礎という言葉はありません。

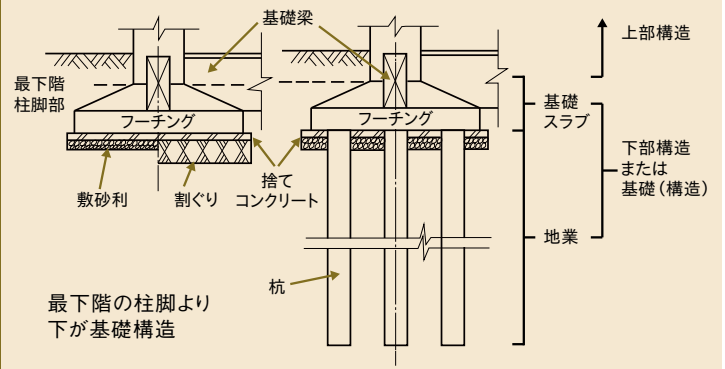
一方、不動産の定義は、民法・第八十六条に「土地及びその定着物は、不動産とする」とあります。定着物は、明治時代からの判例にて「土地に付着して分離しにくい建物、立木、石垣、そして、土地又は建物に造り付けた機械類」とされています。建物は不動産であり、その条件は土地に付着して分離しにくいことですが、ここでも基礎の記述はありません。また、固定資産という言葉があります。東京都の固定資産税概要では土地、家屋、償却資産と定義し、固定の意味するところは「長期」的に所有するという時間を示しています。結果、建築物(不動産としての建築物に関する法律の定義は、

「土地に定着する」「土地に付着して分離しにくい」とあるのみで、基礎の記述はありません。また、建築基準法・第二条五「建築物の主要構造部とは」にも同様に基礎の記述はありません。「主要な」ではないのか、はたまた「構造物」ではないのか。建築物、不動産において、地上部分が「主」であり、基礎は文字通り「縁の下の力持ち」なのでしょうか。

基礎に関する法律の記述

建築基準法において、基礎に関する記述は8カ所ありますが、建築物の基礎に関しては1カ所のみ、第三十七条(注1)であり、ほかの7カ所は「算定の基礎」のような用い方となっています。ここで、基礎の材料は、木材、鋼材、コンクリートその他の建築材料として国土交通大臣が定めるものと指定されます。現在、基礎というと鉄筋コンクリート造を思い浮かべますが、鉄筋コンクリートの基礎が法制化されたのは、95年の阪神・淡路大震災より5年を経た2000年の建設省告示・第1347号です。そこには、

基礎の一般図



に伝え、かつ、地盤の沈下又は変形に対して構造耐力上安全なものとしなければならぬ」としています。それに続き、木造、組積造、補強コンクリートブロック造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造などに関して、それぞれに基礎の形態などを記述し、その中で、t²の鉄骨構造体に当たる鉄骨造では、第六十六条(注2)となっています。

建築基準法施行令において、基礎は、建築物と地盤との仲立ちであり、鉄骨造では柱と緊結することと定め、基礎が建築物(上部構造)を支え、不動産を不動にすることを明記しています。

鉄筋コンクリート造の基礎として、地中梁を設けること、その規準、特にベタ基礎は「一体の鉄筋コンクリート造とすること」が記述されています。

次に、建築基準法施行令をみると、基礎の記述は51カ所で、その48カ所が建築物の基礎に関するものとなっています。まず、第一条三で、「基礎、基礎ぐい」を、壁、柱、小屋組、土台、斜材、床版、屋根版、横架材とともに、「構造耐力上主要な部分」と定義し、第三十八条で「建築物の基礎」を「建築物に作用する荷重及び外力を安全に地盤

注1

第三十七条 建築物の基礎、主要構造部その他安全上、防火上又は衛生上重要である政令で定める部分に使用する木材、鋼材、コンクリートその他の建築材料として国土交通大臣が定めるもの(以下この条において「指定建築材料」という。)

一、その品質が、指定建築材料ごとに国土交通大臣の指定する日本工業規格又は日本農林規格に適合するもの

二、前号に掲げるもののほか、指定建築材料ごとに国土交通大臣が定める安全上、防火上又は衛生上必要な品質に関する技術的基準に適合するものであることについて国土交通大臣の認定を受けたもの

注2

第六十六条 構造耐力上主要な部分である柱の脚部は、国土交通大臣が定める基準に従ったアンカーボルトによる緊結その他の構造方法により基礎に緊結しなければならない。ただし、滑節構造である場合においては、この限りでない。

基礎の代名詞といえる コンクリートの成り立ち

最古のコンクリートは、紀元前7000年ごろのイスラエル・ガリラヤ地方のイフタフで発掘された住居の、石灰質の結合材、骨材と水を練り固めた床、壁です。また、中国・西安付近の大地湾では、炭酸カルシウムと粘土を主成分とする岩石を焼成、粉碎し、水で固めた床を持つ紀元前3000年ごろの住居が発掘されました。紀元前2700年ごろのエジプトでは、ピラミッドの目地材に焼成した石膏と粘土を練り混ぜたモルタルが使用されています。これらは、空気中で硬化する気硬性セメントで、耐水性がなく、使用場所が限定されます。

ギリシア文明では消石灰の利用が始まり、紀元前2世紀ごろの古代ローマでは、消石灰と砂(セメント)に、ナポリ近郊のボツォーリで採取できる火山灰を加え、水を混ぜると固まる水硬性セメント、ローマンセメントが使用されました。パンテオンでは、木製の型枠に充填、硬化させたコンクリートの屋根版が直径43・2mのドームを形づくり、そのドームを、石材、レンガで囲みその間に凝灰岩、レンガ片などの割石とモルタルを流し込み、突き混ぜ、それを繰り返して製造した柱、壁が支えました。古代ローマ帝国の数々の大規模建築物はローマンセメントで築されました。

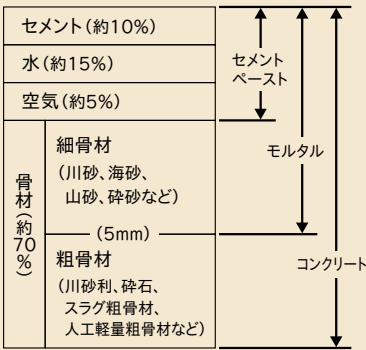
中世になると、その技術は埋もれ、弱いセメントを石壁、石柱の芯に充填する程度となります。再びセメントを使用するのは、1670年ごろに構築されたフランスのミディ運河の護岸です。建築物では1759年にイギリスのジョン・スミートンが、4代目のエディントン灯台を、水硬性石灰で花崗岩を積み重ねて完成させました。

その後、またも忘れ去られ、1800年代になり、イギリス、フランスで独自に、セメントが再発明されます。1824年に、ジョゼフ・アスプディングが「人造石製造法の改良」で英国特許を取得し、その人造石がイギリス南西部ドーセットのポートルランド島から産出するポートルランド石(石灰岩)に似ているため、ポートルランドセメントと名付けられました。現在のセメントと比べると、強度が低く、耐火ではなく、名ばかりであり、ポートルランドセメントの製造法は、化学的基盤の確立(17年)がルイ・ヴィカー、焼成技術(35年)がアイザック・ジョynsonによるとされ、それは、世界中に普及しました。日本初の工場は75年の官営・深川セメント製造所で、生コンクリート工場ができたのは戦後復興期の1949年です。

一方、鉄筋コンクリートは、サディアス・ハイ

コンクリート、モルタル、セメントの違い

「セメントが固まる」、「モルタルも固まる」、そして「コンクリートも固まる」。これらの区別がはっきりとは分かりません。右図を見ると、セメントが、モルタルとコンクリートの素であることが分かります。現在は水硬性セメントで、ポートルランドセメントがもともと用いられています。コンクリートの強度はセメント(ペースト)の強度で決まりますが、セメント(ペースト)を適度に少なくした方がコンクリートの強度、耐久性、水密性、そして経済性において有利になります。



基礎の種類とその選定条件

現在、セメントと言えばポルトランドセメントですが、最近、古代ローマの無筋建築物にひび割れや劣化が見られないこと、そして、非炭酸化などの環境配慮から、ローマンセメントが見直されています。コンクリートが敷地に合わせ二品生産的に現場でつくる建築物には最適な材料であるため、21世紀の初頭は、建築物、その基礎、杭もコンクリート造でした。

建築物の基礎は、図表のように直接基礎と杭基礎に大別され、建築基準法施行令にあるように、建築物に作用する荷重および外力を、直接基礎は直接的に、杭基礎は杭によつて地盤に伝えます。

基礎構造の選定には、上部構造、地盤の条件、そして、敷地の与件、施工方法、および経済性などを総合的に判断しなければなりません。に關してそれらの条件を検討すると、左記となります。

1 上部構造の条件

上部構造の条件は規模、重量、構造、用途などであり、特に、建築物の重量は基礎構造にもつとも影響し、不同沈下の要因となります。に輕いため不同沈下に有利であり、鉄骨造も剛性が低いため有効です。

2 地盤の条件

ににおいても、一般的な建築物と同様に、地耐力、支持層の深さ、凍結深度、地下水位などを適切に判定しなければなりません。

3 敷地の与件

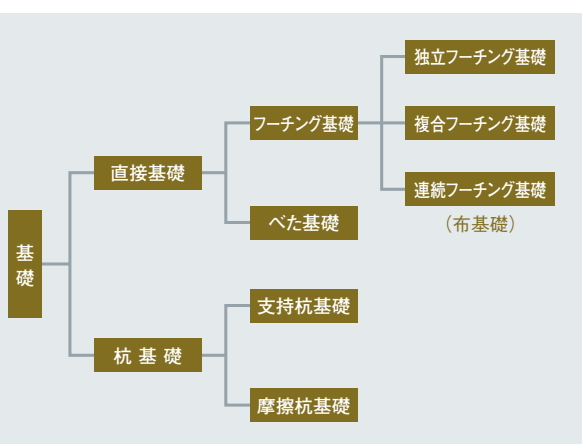
に都心から山間地までさまざまな土地で建設され、基礎も多様な与件に対応しなければなりません。に「住むためのプロダクト」においては、基礎も規格化し、工場生産を目指します。

4 施工方法

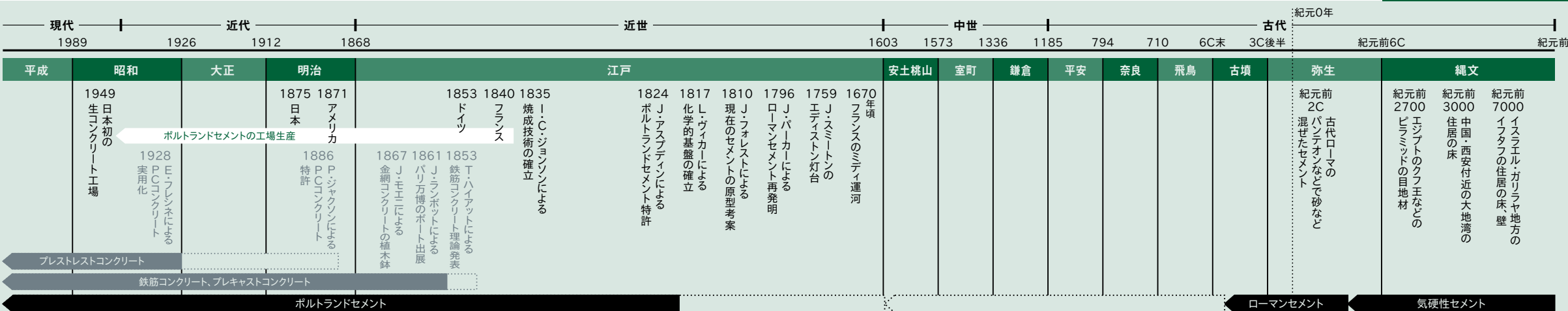
基礎の施工には、まず、騒音、振動に配慮することが必要です。加えて、にの建設においては、より短い工期の実現のため、基礎工事でも工期短縮を目標とします。

5 経済性など

に、アルミが高価であるため、工期短縮による総建築費の抑制も含め、経済性をより追求しなければなりません。にの建設においてプロダクト化、短工期などの優位性を発展させるため、基礎の選定には、その材料、施工方法などに関して新たな解答を見出さなければなりません。



基礎の歴史



PCというと?

建築に携わる者にとって、PCとは、一昔前、Precast Concreteのことでしたが、近頃は、やはり、Personal Computerです。最近、建築業界では、応力をあらかじめ加えたコンクリート、Prestressed Concrete、プレストレス、あるいはプレストレスト・コンクリートと指すようになっていきます。土木では、プレストレスト・コンクリートを橋梁などに多く用いるため、以前よりPCはプレストレスト・コンクリートです。この特集の資料収集のために、PCと記される書名で購入した本の頁を捲ると、プレキャスト・コンクリートはPCaと記されています。しかし、プレストレストとプレキャストは同義語として使われるケースも多いようです。

直接基礎の変遷とその種類

直接基礎の始まりは、縄文時代前期以降の三内丸山遺跡などに代表される掘立柱です。三内丸山遺跡は、柱の下部を2mほど地中に埋め、柱と一体化した基礎であり、現在の電柱と同様で杭の一種とも言えます。同時代の住居は竪穴式であり、平安時代末まで続きます。一方、縄文時代後期と重なるギリシア文明を代表するパルテノン神殿は、石灰岩の基盤を2、3段重ねたもので、今で言う布基礎を用いています。

飛鳥時代以降、寺院を中心として、礎石建築（柱を礎石の上に固定せず据え置く）が主流となり、飛鳥寺（596年）、現存する世界最古の木造建築物である法隆寺（607年）も礎石です。礎石建築、そして土台建て（日本では近世の城郭に用いられ、現在の住居の大半を占める）は、中国から伝来しました。中国では、紀元前17〜11世紀の殷墟（古代中国殷王朝後期の遺構）にみられ、住居も、朝鮮半島を含め、古くから礎石や土台建てでありました。

中世では、礎石建築が寺社建築から城、上級武士の屋敷に拡がり、その他の住居は、竪穴式から掘立柱へと替わりました。近世になり、武士、豪商の住居にも礎石建築が普及するものの、庶民の住居は18世紀後半からとなります。



旧丸ビルの松杭 (提供:三菱地所設計)

明治時代以降は、石材の流通が広がり、西洋建築の建設には、レンガやコンクリートも多く使用されるようになりました。建物の高層化によって、杭基礎（後述）が主流となります。住居でも、大正時代ごろから、無筋コンクリートの基礎が採用され始め、当時はフーチングなしでしたが、60年代からフーチング付きの独立基礎・布基礎が普及します。そして、78年の宮城沖地震を契機とする81年の建築基準法大改正で、基礎の仕様に鉄筋コンクリート造が追記され、住宅建設での採用が促進。前述のように、2000年の建設省告示にて、義務付けられました。現在の住宅は、鉄筋コンクリートの布基礎か、ベタ基礎です。阪神・淡路大震災、東日本大震災で大きな被害を受けた地震国・日本にあつて、上部構造だけでなく、免震、制振構造とともに、基礎構造への関心がより高まっています。

杭基礎の変遷とその種類

杭基礎は、前述の三内丸山遺跡と同様の形態である、紀元前5000年のアルプス周辺に建設された杭上住居の木杭が始まりとされています。木材資源の豊かな日本では、千本杭と言われる木杭が、城郭、井堰などに多用されました。欧米でも木杭の時代が続き、例えば、15〜16世紀に栄えたヴェネチアの木杭基礎が有名です。すべての建築物を含む構造物は、カラント層（圧縮され固まった砂と粘土の層）に無数の木杭長さ5〜10m）を打ち、その上にイストリア石（石灰質の石）を何層も重ね積んだ基礎に建設されています。欧米における木杭からの転機は、1740年にクリストファ・ポールヘン（スウェーデン）が杭打ち機を発明したこと、それに、1830年にフランスで木杭を地盤に打込み、引抜き、そこに砂を詰め突固めた、最古の現場打ち杭です。

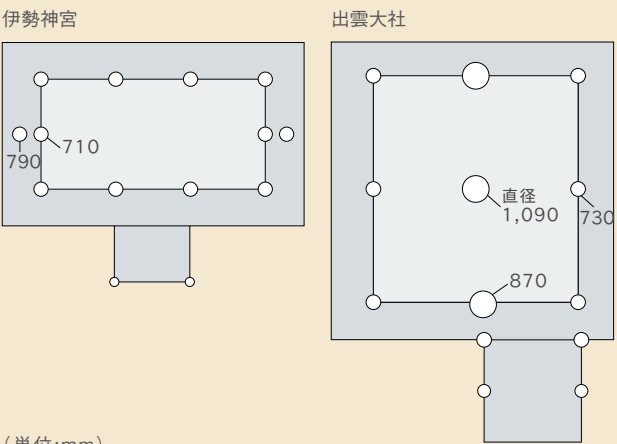
19世紀になり、欧米は、ケーソン（基礎を構築するための鋼鉄製の箱）の考案から鋼杭の時代となります。1833年に、アイルランドの技師であるアレキサンダー・ミッチェルがスクリュー杭の特許を取得しました。その後、スクリュー杭は、ヨーロッパで棧橋、橋梁などに多く採用され、日本でも明治時代初期の大阪の高麗橋から始まり、多くの事例があります。けれども、20世紀は、欧米では経済性の高いコンクリート杭の時代となります。

旧丸ビルの松杭

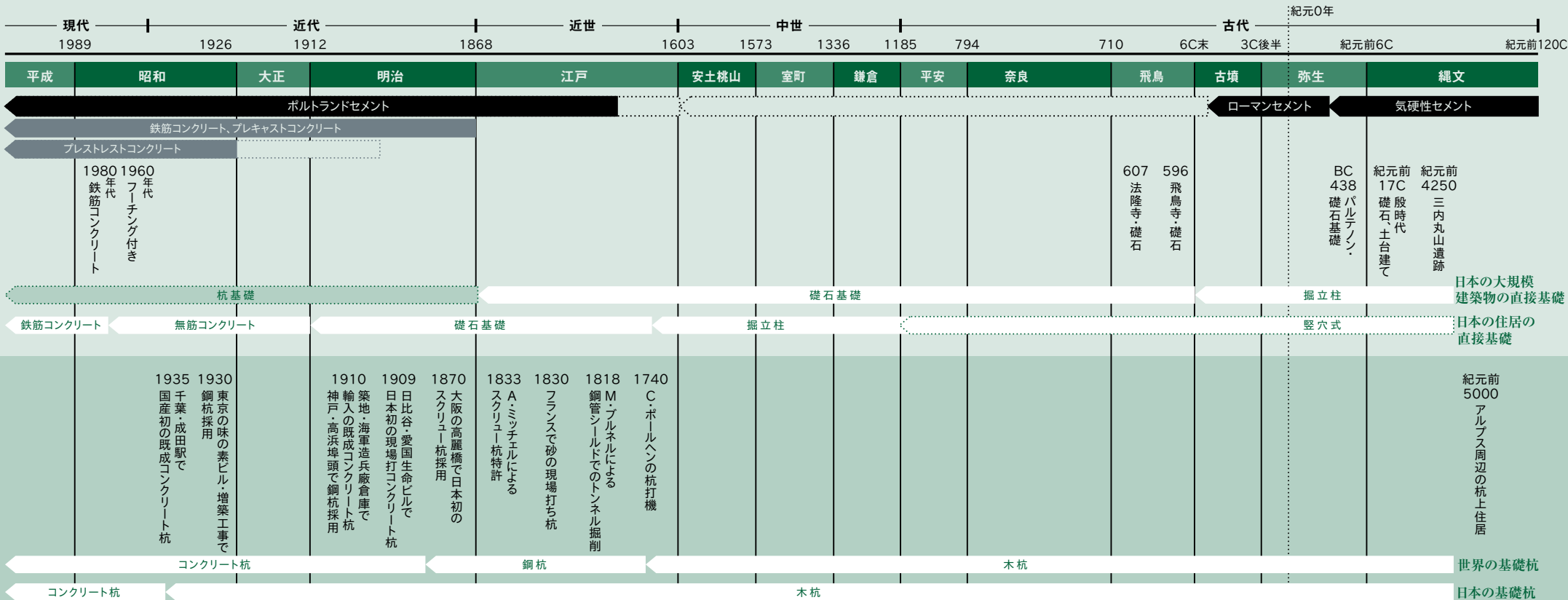
1998年に解体された旧丸ビルのフーチング独立基礎の下から、長さ13.4〜14.1m、太さ300、250、200mmの米松杭5,443本（アメリカより輸入）の杭頭が現れました。1920年の起工より79年間を経ても、松杭は地下水位以下に常時あったため、腐食の進展がほとんどなく、木口に松ヤニも見られました。旧丸ビルの敷地1haから換算すると、約1.8㎡、ほぼ1畳に1本です。旧丸ビル・13m強の松杭は、地下階の基盤より深度20mの東京礫層に達していました。また日比谷界隈に昭和初期までに建設された三信ビルなどの9階建てビルも、地下2階を設け、10m以下の杭で東京礫層を支持層としています。木杭は、その長さの限界（5〜6m）から摩擦杭と考えられてきましたが、近代日本の木杭の多くは常識を覆し、支持杭であったようです。

出雲大社と伊勢神宮の基礎

2013年、同じ年に遷宮した出雲大社と伊勢神宮ですが、その縁起は大きく異なります。そして、その建築構造も異なります。出雲大社は、大社造、妻入りで、田の字に9本の柱が配置され、中心の「心御柱」と2本の宇豆柱（棟持柱）で棟木（高さ17m）を支えています。伊勢神宮は、神明造、平入りで、4×3の10本の柱と、その両側面中央の柱の外側それぞれに棟持柱（棟木の高さ10m）で計12本です。それらの柱は、昔は、ともに掘立柱でありましたが、出雲大社は、1744年の造営から礎石基礎になりました。伊勢神宮は20年ごとの式年遷宮ですが、出雲大社が約60年ごとであり、基礎の違いにその原因の1つがあると考えられます。



(単位:mm)



プレキャストコンクリート100%の建築へ

トヨタT&S建設株式会社



取締役 設計部長
鈴木 洋一氏



工場管理部 開発室 課長
早川 紀之氏

<http://www.toyota-ts.co.jp/>

トヨタ自動車工業株式会社元社長・豊田喜一郎氏の発意により発足してから今年で64年。プレキャストコンクリート工法の先駆者として業界の先頭を走り続けてきたトヨタT&S建設株式会社。取締役で設計部長の鈴木洋一氏と開発室課長の早川紀之氏にプレキャストコンクリートの基礎知識から今後の課題までをお聞きしました。

現場打ちコンクリートと何が違うのか

▼プレキャストコンクリート（以下PCa）で使うコンクリートと現場打ちコンクリートとは、材料や成分が異なるのでしょうか。

現場打ちコンクリートと同じく、砂、砂利、セメントでできています。鉄筋も現場で使うものと同じです。ただしPCaは、現場打ちコンクリートと比べてセメントが多く含まれています。現場打ちコンクリートの水セメント比が50から55%であるのに対して、PCa

は45%くらい。スランプの小さい硬いコンクリートを使います。もう1つ異なる点が養生です。1日1サイクル。つまり打設したら翌日にはもう脱型してしまふのです。

▼蒸気養生を行うと聞きましたが、どのようなものですか。

脱型した後、製品はクレーンで運ばれます。そのことは、たった1日で運搬に耐える強度を出さなくてはいけないことを意味します。短時間で強度を出すためにはある程度の温度と、クラックが発生しないための湿度が必要となります。そこで考え出されたのが蒸気養生です。ちなみにこれを使うのは冬場だけで、気温も湿度も高い夏には行いません。工場にはボイラーが設置されており、そこから生産ラインそれぞれに個別に蒸気が排出されます。温度や時間についても各ラインに併設される装置で自動制御しています。温度は60℃～65℃、積算温度で約400～500℃です。この温度で7～8時間養生を行えば、15N程度の脱型強度を得ることができます。

ちなみに最低12Nまで出さないと持ち上げることができません。

▼型枠にはどういった素材を用いますか。

基本的に鋼製型枠（メタルフォーム）を使います。繰り返し使うことを考えると、鋼製型枠に勝るものはありません。1回しか使用しない型枠には、コストを考慮しコンパネを使ったりします。FRP製の型枠は曲面など特殊な形状を出すときに使います。

▼型枠はどのくらい使うのですか。

標準的なものは3年間継続的に使用し、特殊なものは物件単位での製作・償却となります。

▼軽量コンクリートやGRCを使ったりすることはあるのですか。

重量を軽くするために、軽量コンクリートを用いることはあります。軽量コンクリート（第1種）を用いれば、重量を15～20%軽減す

PCaだからできること

▼PCaというと、高い製品精度や工期短縮といったことが真っ先に思い浮かびますが、ほかにメリットを挙げるとすると、どんなことがあるのでしょうか。

品質管理面でのメリットがあると思います。工場製作ですので、コンクリートのみならず鉄筋や外装材も含め厳重な品質管理が可能です。また、耐震・耐火といった面でも大変有利です。環境への配慮といった点でも優れています。型枠に木材ではなく鋼材を用いますので森林資源の保護にもつながります。現場での騒音や振動を低減できます。近年は現場作業者の不足も問題となっており、PCaの使用率は増加する傾向にあります。

▼PCaの1つの部材の適正な重量や大きさはあるのでしょうか。

標準的な重さはありません。20～30tするものもあれば、数kg程度のものもあります。近年では壁で7～8tするものも多くあります。大きさについていえば、工数を減らすためには部材を大きくする必要がありますが、生産設備や輸送を考えると大きさは制限されます。そのため現場ごとに適正な大きさ、重さを検討することが必要でしょう。あえて指標にするとすれば、一般的なトラックないしトレーラーで運べる重さ、大きさです。

▼PCaはどのくらい強く、またどのくらい薄くできるものなのでしょうか。

弊社では海老名工場の80N、豊田工場の60Nという強度実績があります。超高層ビルに使用する建材であっても、それ以上の需要は少なく、薄さについてはハーフPCa床で75mm厚という実績があります。中層壁式PCa工法の場合、耐力壁の厚みが現場打ちコンクリートの18cmに対して15cmと3cm薄くできます。

▼外壁材として最初からタイルを打ち込んだPCa版がありますが、そのメリットを教えてください。

型枠の中にあらかじめタイルを敷き詰め

▼打ち込み以外にはどういった手法があるのでしょうか。

磨きや洗い出しは、よく使われる手法です。本社エントランス脇に展示してある石の入ったPCaには磨きという技術が使われています。磨ガラスを白セメントに混ぜて、出来上がったものを後から磨いています。洗い出しは現場打ちコンクリートでも用いる手法で、職人さんが表面を水で洗って中の骨材が見えるようにする技術です。PCaの場合は遅延剤といってコンクリートが固まるのを遅くする材料をあらかじめ底に塗っており、その上からコンクリートを打設します。そうすると脱型しても表面だけは固まっていますので、洗ってやればすぐに骨材が浮き出てきます。

歴史が証明するプレキャストコンクリートの高い品質

トヨタT&S建設株式会社は、戦後間もない1946（昭和21）年にプレキャストコンクリート（以下PCa）の研究開発に着手しました。トヨタ自動車工業株式会社の創設者である豊田喜一郎氏が空襲で焼け野原となった住宅地を見て、燃えない住宅をつくらなければいけないという使命感を持ったことがきっかけです。東京工業大学の田辺平学教授、後藤一雄助教授（ともに当時）と共同で研究を開始。トヨタ自動車工業施設部プレコン工場としてPCaの生産を始め、1950（昭和

25）年にユタカプレコン株式会社として現在の会社の前身が設立されました。その後、住宅を中心に学校建築や土木製品にも取り組んできましたが、昭和30年代後半から50年代半ばにかけては公営住宅に壁式のPCa工法が採用され、大きく需要を伸ばしていきました。現在も高い製品精度やPCaを使うことで工期短縮が図られるといった特徴が評価され、高層建築の構造材や外壁材として盛んに使用されています。また、タイルや石を打ち込んだ付加価値の高い製品に対する需

要も高まっています。

創立60周年を迎えた2010年には、本社社屋を建設しました（写真左）。併せて前庭にはPCaを使った住宅第1号として建てられた豊田章一郎・トヨタ自動車株式会社名誉会長の住まいの構造体を復元しています（写真右）。1952（昭和27）年につくったものですが、そのディテールには技術者の創意工夫が見て取ることができます。なお、柱梁はもとより外壁材、ブレースに至るまでほとんど劣化がなく、解体時には驚かされました。（談）



▼金物をあらかじめ埋め込んでおくこと、部
品を先に付けておくことはあるのでしょうか。

鉄骨に取り付けるための荷重受けや各
インサート、ドレン（水抜き）、避難ハッチ、電
気ボックス配管などを取り付けることがあ
ります。最近、工場の構内通路の床をPC
a版でつくったのですが、どうしても端部が
欠けやすいので、保護する意味でアングル
を打ち込みました。

高い品質をどう生かすか

▼PCaでは部材と部材をどのように接合
しているのですか。

かつては溶接が主流だったのですが、溶
接は熱の影響が出ます。しかも耐火の問
題から溶接した部分はコンクリートなどで
被覆しなくてはならず、大変手間がかか
ります。建設現場での工数を少なくでき
るPCaであるにもかかわらず、接合部の
現地工事が多くては本末転倒ですから、
われわれとしてもさまざまな方法を考案
し、実践しています。溶接部分が少なく
なるような仕組み、鉛直部分であればスリ
ーブ継手のような方法があります。

▼PCaの施工には専門的な技術が必要
なのでしょうか。

システム建築ですから、多能工でつくる
ことができればいけないのかもしれないま
せん。しかし、ある程度の技量がないとき
んとしたものがつくれないのが実情です。
誤差を目地で吸収する技術1つをとって
も「朝一夕に会得できることではありません。
そのためには現場で勉強会を行うなどし
て、技術者の育成に努めています。

▼法規的な制約などはありますか。

PCaに関する設計指針があるのですが、
これが現場打ちコンクリートの設計指針を
ベースにできているためにさまざまな制約
が生じています。先ほど挙げた接合部に
関しても、現場打ちコンクリートは鉄筋の
溶接でつながっていますので、それ以外の接
合方法を採用しようとすると、ハードルは
結構高いのです。2000年4月に施行さ
れた「住宅の品質確保の促進等に関する
法律（品確法）」でも同様に現場打ちコン
クリートがベースになってしまっていますので、
PCaの有利なところを生かすことができ
ません。カブリ厚1つとっても指針ほど厚い
必要はありませんし、劣化や中性化にして

も現場打ちコンクリートと比べてはるかに
遅いのです。品確法ではコンクリートの空
気量も定められています。PCaは工場の
安定した環境でつくることができまので、
空気が少ない密なコンクリートをつくるこ
とが可能です。しかし、指針は現場で打つ
コンクリートに沿ったものであるため、わざ
わざ余分に空気を入れて対応しています。

▼基礎のPCa化は可能性はあるのでしょうか。

地面は生ものであり、画一的にとらえる
のがきわめて難しいだけに、基礎のPCa化
は実現できていませんでした。真つ平らで
耐力のある地盤であればよいのですが、そ
うはいきません。せつかく工業化認定をとつ
ても、基礎が在来工法ではつまらない。やる
限り100%工業化でいきたいという思いが
あります。現在でも布基礎の立ち上がり
部分のみをPCaで行っているケースは多々
ありますから、地中梁のみ、独立基礎の一部
のみということであればできそうですし、
大いに可能性はあります。重さがネックに
なりそうなので、現場の空き地で量産化す
るサイトPCaの考え方を取り入れること
も考えなくてははいけません。また、いかにし
て量産できるものを開発するかが普及の
鍵になっていくだろうと思われます。

プロダクト化するコンクリート=PCa

PCa製造のポイント

ポイント1:水セメント比

45% (現場打ちコンクリートは50~55%)

ポイント2:養生

期間は1日 (打設の翌日に脱型)
冬期のみ蒸気養生 / 積算温度400~500℃
60~65℃で7~8時間養生することで
脱型強度15Nを確保

ポイント3:型枠

基本的に鋼製型枠を使用 (反復利用が可能)
コンパネ / 1回のみ使用の場合
FRP / 曲面など特殊な形状に利用

工場製作が生む付加価値

付加価値1:タイル打ち込みPCa版

精度の高い仕上げ
剥離強度は通常の3倍程度
石やテラコッタも打ち込み可能



タイルを敷きつめたベッド。

付加価値2:表面処理

磨き / 表面を磨きあげる手法
洗い出し / 骨材を浮かびあがらせる手法



「磨き」を用いた壁面。

付加価値3:金物ほかの取り付け

例 / インサート・ドレン・避難ハッチ・電気ボックス・
配管・端部の保護金物

PCaの優位性

工場製作による品質管理→高い精度と品質、高い耐火・耐震性能
超高層建築にも対応する高強度 (60N~80N / トヨタT&S建設実績)
鋼製型枠を繰り返し使用する→高い環境性能
現場での騒音、振動の抑制

PCaとはいえ1つの建築単位での一品生産
工期短縮の実現には熟練した多能工必要

PCaと現場打ちコンクリートはまったく異質な(建築)材料である

現場打ちコンクリートに基づく法的規制
特に接合部、鉄筋量、カブリ厚などに影響



脱型された部材はトラックでこのストックヤードに運ばれる。1つ1つが比較的大きいのでかなりの面積を必要とする。10~15トンのクレーンが5基ならぶ。



蒸気養生のための配管。短時間で強度を出し、かつクラックを発生させないために冬場のみ行う。



バイブレータでコンクリートを締め固める。



ホッパーから型枠にコンクリートを流し込む。



柱の鉄筋を組む。



床部材の鋼製型枠と配筋。ベッド(平らな部分)の上に物件ごとに型枠が製作される。

見えない部分にもコスト、工期、環境の視点を

戸田建設の地盤・基礎構造技術の取り組み

戸田建設株式会社
建築設計統轄部
構造設計部 部長
堀 亨 氏
技術研究所
基礎構造チーム 主管
金子 治 氏
http://www.toda.co.jp

建築物にとって重要な役目を果たす杭や基礎。この人目に触れることの少ない、文字通り縁の下の力持ちについて、戸田建設の2人のエキスパートにお話を伺いました。

杭の現状と潮流

▼最近の杭の傾向を教えてください。

高強度化が進んでいます。プレキャストコンクリート（以下、PCa）杭では、杭そのものが製造しやすい形状であるため、密度の高いコンクリートを打つことができるからです。高層建築は150Nを必要としますが、その要求を満たす既製杭もあります。ちなみに10年ほど前は85Nが限界でした。高強度が進み、径も細くなりますので、施工性も上がっていると言えるでしょう。

▼鋼管杭はよく使われるものですか。

性能が高いので、土木、橋梁などでは鋼

管杭が使われますが、コストが高いので建築の世界ではあまり使いません。コンクリートがほとんどです。

▼現場打ちのコンクリート杭が多いのですか。

超高層建築以外ではPCa杭が多くなっています。7対3、あるいは8対2くらいでPCa杭が多いのではないのでしょうか。

▼環境対応という意味での新しい傾向はありませんか。

現場打ちコンクリート杭ですと、穴を掘るわけですから、その分、土が出ます。土であれば、ほかで利用すればよいと思われがちですが、掘るときに穴が崩れないようにセメント系の水を入れるのです。そのため土が通常の土ではなく、出た土は廃棄せざるを得ません。これでは環境的に問題があります。そこで、出す土の量を減らすという試みも生まれています。穴をつくるときに、土を掘るのではなく、押し広げるような

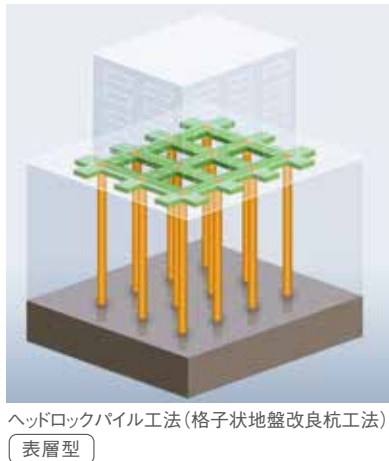
感じで穴を開ける工法がそれです。鋼管杭には、まったく残土を出さないことを売りにしたものもあります。先ほど、コンクリート杭は高強度化、スリム化が進んでいるとお話ししましたが、このことは環境対策としても有効です。

新しい杭の発想と工法

▼最近取り組まれた工法で特徴的なものを教えてください。

悪い地盤を少しでも改良しようと開発したのがヘッドロックパイル（格子状地盤改良杭）工法です。杭頭部分の変位、応力を抑えるため、杭頭部を格子状につなぐことで地盤を改良します。ほかにはキャブテンパイル工法があります。これは杭と基礎を半剛接合とし、建物と杭とを柔らかくつなぐことを特徴としています。こうすることで地震時における上部建物の挙動が杭頭に及ぼす負荷が少なくなり、杭の設計が単純

になるのです。それまで、建物と杭はなるべくがっちりつなぐべきだと考えられていましたから、大いなる発想の転換です。調査した地盤をそのまま受け入れるのではなく、能動的に考えるようになってきたのが近年の傾向です。



▼先ほど杭のスリム化というお話がありましたが、細くすると耐力が落ちるのではないですか。

そのため杭に節をつけて耐力を上げる試みも行っています。本来、地中で複雑な形状

のコンクリートを打つことは難しいのですが、近年は技術力の向上により、こういった形状の杭を打つことが可能になりました。当初は杭の口径と節の口径の差が小さかったのですが（写真は1対1.5）、最近では1対2.2程度まで広げられるようになりました。耐力は面積に比例しますで、ちょっと広がっただけでも効果は断然違います。また、当初は下だけに節をつけていたのですが、最近では中間部にも節をつけ、より耐力の向上を目指しています。



節のある基礎

▼杭の本数を減らすことはできませんか。

地盤を掘削するとき、周辺の地盤が崩壊しないように防ぐことを山留めといいます。この山留めを杭として利用する工法があります。これを用いれば杭の本数もさることながら、コスト低減や工期短縮にもつながります。山留めと建物の支持、従来はそれぞれに対応していたものを1つに負担させる工法です。

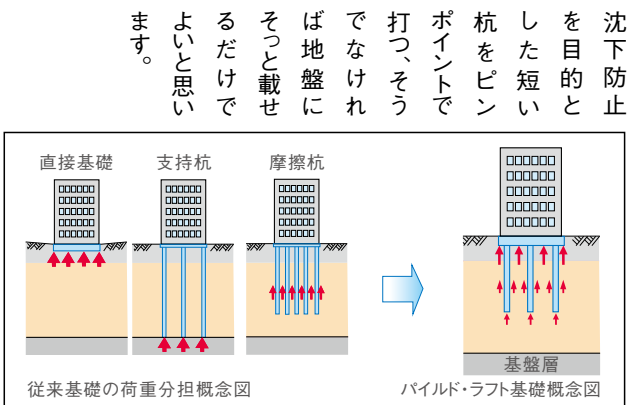
▼杭と基礎を併用するケースはありませんか。

杭基礎（パイル）と直接基礎（ラフト）を

併用したパイルド・ラフト工法があります。原則として全荷重を直接基礎で支持しますが、沈下抑止のために杭基礎にも鉛直力を分担させ、基礎の合理化を目指します。そうすることで、杭のみの基礎に比べコストダウンも図れます。

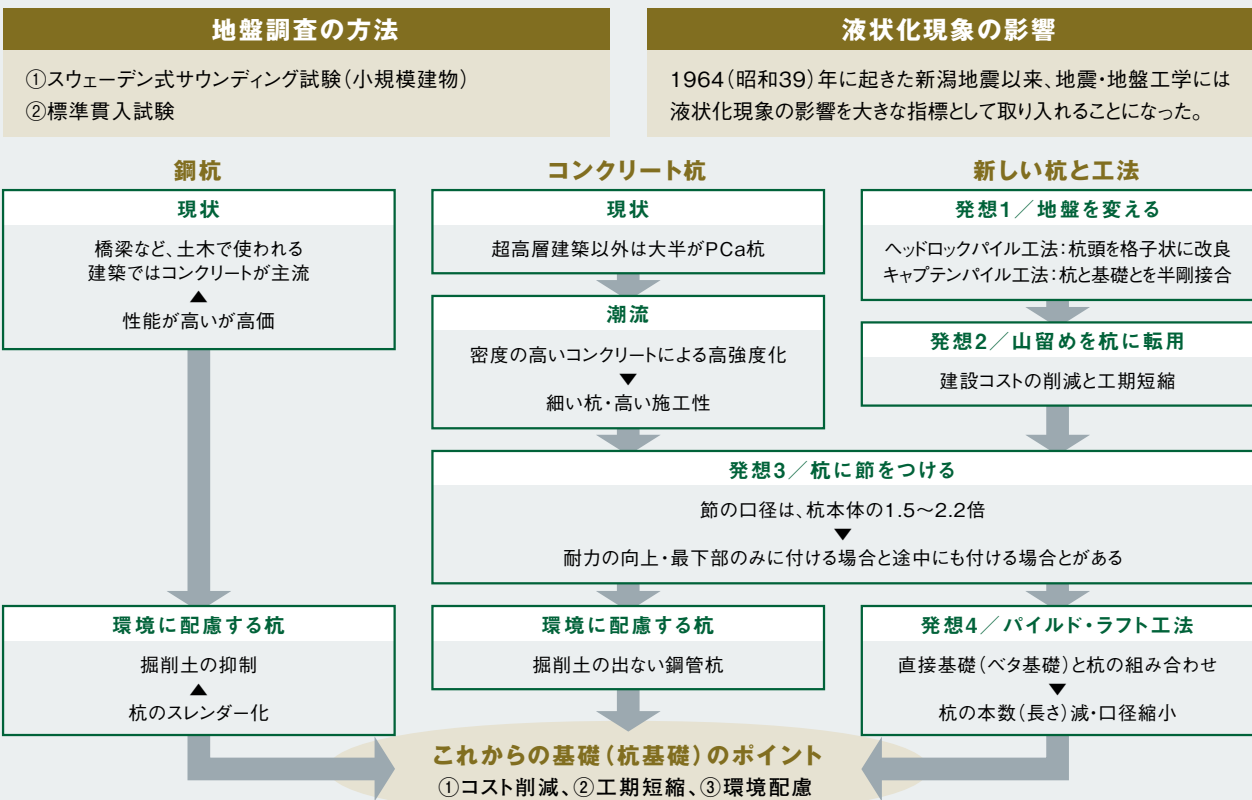
▼アルミ建築の基礎について、どんなことが考えられますか。

アルミ建築は軽いので地盤の沈下が少なくなるわけですから、支持層まで杭を打つ必要はありません。パイルド・ラフト工法であるとか、地盤改良の上に載せるとか、杭を打たなくてもよい基礎の可能性を探るべきです。地盤がかなり悪い時にのみ支持はさせる、軽いといっても沈みそうな場合には沈下防止を目的とした短い杭をピンポイントで打つ、そう



パイルド・ラフト基礎工法

基礎・杭の現状と今後



これからの基礎（杭基礎）のポイント
①コスト削減、②工期短縮、③環境配慮

地盤改良に高い効果を発揮する回転貫入鋼管杭

小規模建築で実績を伸ばす新生工務の試み

橋梁など土木分野で広く用いられてきた鋼管杭。しかし、現在では住宅など小規模建築でも使うケースが増えてきているといえます。特に回転貫入杭は、簡便な施工で高い支持力が得られるため評価が高く、多くのメーカーが参入しています。今回は一般住宅を中心に、月に約100件もの実績がある株式会社 新生工務の石原哲哉氏に回転貫入鋼管杭の実力と今後について、お話しをお聞きしました。

住宅にも求められる高い品質の地盤改良

▼御社のニューバースシリーズの開発経緯を教えてください。

ニューバースシリーズは、一般的には回転貫入鋼管杭といわれる杭です。先端に羽根のようなものがついていて、回転することで打設することができる鋼管杭を指します。橋梁など土木分野で使われることが多いタイ

プの杭ですが、弊社では戸建て住宅に用いる杭として開発しました。戸建て住宅ですと、杭1本当たり5tくらいの重量ですから、それを支持するという観点から開発を進めました。

▼鋼管杭を戸建て住宅に使うことは一般的なのでしょうか。

これまで戸建て住宅に杭などはあまり使われませんでした。布基礎が主流でベタ基礎にすれば十分、杭などはよほどなことがない限り使われませんでした。しかし、今は状況が変わりました。その原因は地盤および安全の確保です。地盤があまりよくないところでも安心して住めるようにしなくてはならないという観点から、地盤改良をすることが多くなったのです。背景には2000年に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）」もあります。ここには「売り主の瑕疵担保責任」が明記されていますから、万が一でも傾くようなことがあれば、販売した側が責任を負うことになります。

そのため、より信頼性の高い工法が使われるようになったのです。

▼コンクリート杭（柱状改良）と比較してメリットはどこにあると考えますか。

1つは環境に対する配慮です。コンクリート杭はオーガで土をほぐしながら、そこにセメントミルクを入れて固めて柱状に地盤改良したものです。地盤や土壌に対する悪影響が避けられません。その点、回転貫入杭は水質汚染や土壌汚染の心配がなく残土も出ないほか、施工機械はコンパクトで低騒音、低振動です。2つ目は、建柱車という電信柱を立てるのに使う車で施工が可能である点です。キャタピラーがついた重機を使えば大きな力を出せますし、位置に対しても正確ですが、戸建て住宅程度であれば建柱車に間に合います。専用の機械ではなく汎用の装備を用いて、押しながら回転させ貫入させていきます。都心の狭小地であるうとも、建柱車が入るようなところであれば施工することができます。

高い環境性能と施工性で信頼を獲得

▼杭の長さや太さはどのように決まってくるのでしょうか。

住宅が建つ地盤で四隅と中央の計5ポイントでスウェーデン式サウンディング試験（以下SS試験）を行い、その結果から判断します。SS試験が可能なのは10mくらいまで、杭も10m程度が限度です。それくらいのところまでにN値20くらいの地層があれば、比較的細い径の杭ですみますが、N値5



株式会社 新生工務

開発
石原 哲哉 氏

<http://www.shinseikomu.co.jp/>

や6といった地層が続くような場合は、羽根の部分で400mmとか500mmの径が必要になってきます。長さについては6m以下なら一度に打設できますが、それより長くなる場合は溶接でつないでいきます。

▼戸建て住宅1件につき何本くらいの杭を必要としますか。

建築基準法では、地耐力が20kN/m²以上あればベタ基礎にしていという基準があります。逆に20kN/m²を下回る場合に、杭を用いますから、1m当たりの地耐力を20kNと仮定して、それに建築面積をかければ建物と基礎の重量が算出できます。一方でこの地盤の場合、1本の杭がどのくらいの支持力を得られるかは別途求められますので、建物の重量を杭1本当たりの支持力で割れば本数が導き出されます。その数字をベースとし、あとは柱の直下に杭がくるようにし、スパンが飛んでいるところにはその間に入れるなどして決めていきます。結果、一般住宅であれば30本前後になります。1日に打てる杭の数も30本くらいだと考えてください。

▼建物と杭はどのように接続されているのでしょうか。

わかりやすく言えば剛接合とピン接合の2種類があります。まず剛接合ですが、杭の先端をコンクリートの基礎に埋め込んでしまいます。杭頭固定ともいいます。この場

合、鉛直方向の支持力はSS試験から導き出します。支持力算定は開発した杭ごとに、大阪にある日本建築総合試験所という機関が第3者認定を出してくれます。水平方向に関しては杭ごとの独自の認定は出ません。しかし、一般に「周（チャン）の式」と言われる設計式を用いて、変形によるモーメントを導き出すことから求められます。この式を使って設計はできてしまいます。一方で戸建て住宅はピン接合で考えることが一般的で、いわゆる「杭」ではなく地盤補強として扱われることになります。底面の摩擦などで地盤に十分、水平力が伝わるから、それでよしということ です。

▼今後の杭や基礎の設計に関してお考えをお聞かせください。

いわゆる4号建築は特例がありますので、きちんとした構造計算はしません。しかし、仕様規定から性能規定へといった時代の趨勢を考えると、今後はきちんと構造計算しなくてはいけなくなりそうです。しかし、単にきちんと計算しなさいではすまない側面もあります。例えば現在の建築基準法には、種類の異なる基礎を併用してはいけないという文がありますが、杭と直接基礎を併用しても構わないなど、現実に即した考え方を取り入れないといけないのではないかと思います。

回転貫入鋼管杭の新しい試み

1. 拡翼

フラットな2枚の拡翼 らせん状の1枚の拡翼

推進力が増すことにより
施工性が向上

2. 拡軸

軸鋼管に直接、拡翼を付けていた 軸鋼管の先に拡軸を付け、そこに拡翼を付ける

従来 新しい試み

1. 幅が狭くなることで拡翼の板厚を薄くできる（従来の1/2）
= 2. 鋼管軸を細くできる
1. 高い経済性
= 2. 支持力は従来の1.7倍

3. 砕石と杭を併用した地盤補強工法

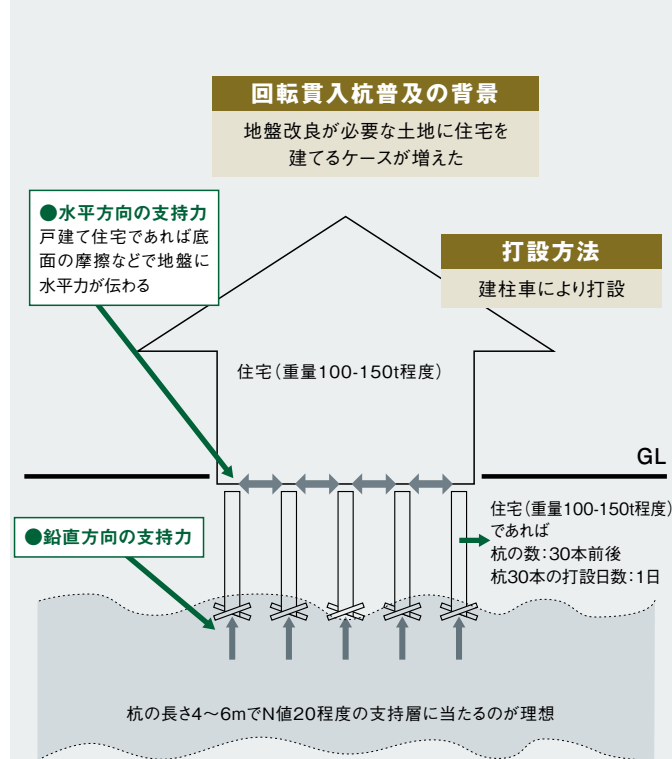
鋼管杭+地表面に近い部分を砕石で補強

1. 複合効果で高い支持力
2. 不同沈下の抑制

鋼管杭の負担が圧倒的に少ないため、
= 安価な鋼管肉厚（3mmより）を使用することができる

施工後の地表面 断面、地上部に近い部分を砕石で補強する

戸建て住宅と回転貫入杭



構築物の基礎から建築物の基礎へ

OTスクリー基礎杭に見る摩擦杭の可能性

大津鉄工株式会社は、アンカーボルトやタインバックルといった土木建築用金物の開発、製造、販売を行う1923（大正12）年創業の老舗メーカーです。現在は、PV（太陽光発電）事業を立ち上げ、太陽光パネル架台にも取り組んでいます。今回はこの架台のために開発したOTスクリー基礎杭について、お話を伺いました。

PV事業にオリジナリティあふれる製品で挑みたい

▼杭基礎開発の背景にはどのようなことがあったのでしょうか。

今後、大規模な太陽光発電が増える中で、架台の基礎はコンクリートで本当によいのか、弊社としてできることはないだろうかと考えの中で、弊社独自の鋼製基礎杭に取り組んでみようという機運が生まれたのです。当初はGTSパイラル社と提携していましたが、現在は独自の技術を取り入れたOTスク

リー基礎杭を開発し、パテントも取得しています。

▼ねじり形状のメリットは何でしょうか。

地盤を乱すことがほとんどなく、地崩れなどを起こしにくいほか、地盤の環境負荷も最小限に留めることができます。また工場で生産され、かつ施工性がよいので、工期を短くすることが可能です。

▼どうしてステンレスを採用したのですか。

腐食や土壌への影響が心配だったからです。「安心・安全を提供する」ことを理念とする会社として、鋼材を保証期間である20年間、地中に埋めたままにしておくことには不安がありました。

▼具体的にはどのようなステンレスなのですか。

SUS410Lというステンレスを使っています。フレイト系ステンレスといわれるも

ので、成形加工性および耐食性が優れており、溶接性も比較的良好です。

▼耐食性が気になるとのことですが、あらかじめ土壌の酸性、アルカリ性は調べるのですか。

土壌の酸性度までは調べません。調べるのは土の強さ、いわゆるN値のみです。基礎杭がその土地でどのくらいの力を発揮するかを調べ提示します。私たちにしても、お客さまにしても安心がほしいわけですから、そこを目で見えるかたちにします。

独自の形状で施工性が向上

▼製品化に関してご苦労された点などあれば教えてください。

ステンレスをねじるということが大変でした。鋼材でできたものでも、ステンレスで同じようにできるかというところではありません。理想的な形にするためには、どの

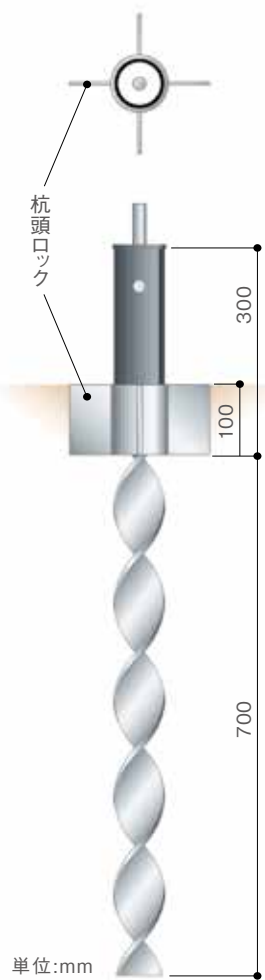
くらいのスピードがよいのか、こういった力をかければよいのかといったことがわからず開発に時間がかかりました。

▼どのようなサイズのものがありますか。

太さは65mmと50mmの2種類を用意しています。ステンレス自体の厚さは6mm。地盤の調査をして、どちらが必要な引抜耐力を得られるかを計算して選択します。長さは、ねじり部分の全長で700mmです。基本的にはすべてこの長さです。深さ700mmのところに支持層がない場合もありますが、そういった場合には、1000mmまでつくることもあります。しかし、これまでの経験上700mmあれば問題はありません。

▼先端部のテーバー加工について教えてください。

フラットバーを単にねじるのではなく、フラットバーの片側、杭の先端になる側にテーバーをつけているのです。簡単に言えば先端



部の角を切つてからねじるのです。そのことで先端が尖り、施工性が増します。ただしあまり尖らせようとすると、ねじることができなくなります。さまざまな形状で検証した結果、現在の形になりました。

ハンドリングのよさが最大の武器

▼どのような機械を使って打設するのでしょうか。

手で持つことができる機械でも打設することができます。そのため、たとえ重機が入れない場所でも、あるいは重機が手に入らないときでも工事を進めることができるのです。具体的にはエアが電動のインパクトを使います。さらに硬い地盤になりますと、「はつり機」を使います。杭の上に独自のソケットを付けて、上から叩くだけです。杭がねじり形状であるため、真っ直ぐ叩けば自然にまわりながら入っていくのです。ハンドリングがよいので、施工性と施工日数に関しては他社さんに負けません。

▼打設時間は1本当たりどの程度かかるのでしょうか。

施工しやすいN値4程度の地盤で30〜40秒です。2を下回るようなところでは杭が沈んでしまいます。N値が4以上になると硬さに応じて引抜強度が上がります。10、20になつても打てることは打てますが、20くらいになると10分かけても杭が全部は入り切りません。

▼生産性はいかがでしょうか。

5日間で2000本を生産することが可能です。納期としてはメガソーラーで1ヵ月半、500〜700kwで1ヵ月程度をいただいています。

▼太陽光パネル架台の施工で苦労することは何でしょうか。

架台の下部、水平の鋼材にあらかじめ穴を開けておき、杭頭のボルトをそこにはめ込んでいきます。そのため杭の位置の精度が問われます。鋼材はすでに穴の空いた状態で現場にきますので、少しでもずれると大

変です。熟練工といいますが、経験の豊富な人でないとこの仕事はできません。しかし、接合場所さえちゃんと合っていれば楽ですし、余分なものがなく、シンプルできれいな杭だといえるでしょう。

用途の拡大が今後に向けた最大の課題

▼改良を考えている点などありますか。

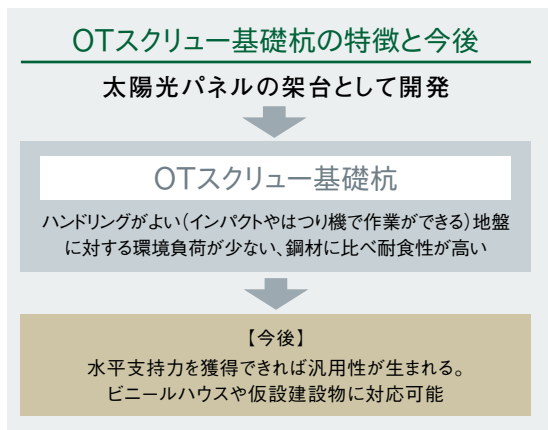
架台や上部の構築物との取り合いに関して、改良の必要があるのではないかと考えています。杭の上に出ている1本のボルトで架台に取り付けるのですが、これだけですと接合の仕方に限りがあります。

▼杭頭ロックという商品も開発されているそうですね。

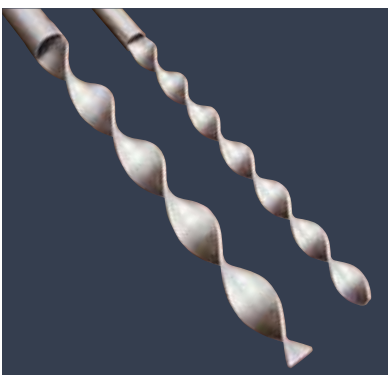
水平力を確保するため、ねじり部分の上部に取り付ける羽根のようなものです。

▼ビニールハウスに適用できませんか。

今後、農地の仮設建築などに転用できるようにしたいという意図はありますが、現実的には実現できていません。社内でも次なる用途を模索しており、一過性のもので終わらせず、今後の大津鉄工の売上の1つの柱になるようにしたいと考えています。



OTスクリー基礎杭と太陽光パネル架台の取り付け。ボルト1本で固定される。



2種類のOTスクリー基礎杭（左が幅65mm、右が幅50mm）

小規模建築物における基礎と法制度の今

一般財団法人ベターリビング 理事
つくば建築試験研究センター 所長 二木 幹夫

比較的小規模な建築であっても、明確に性能表示のできる基礎や杭を使用するケースが増えてきました。併せて評定や技術評価を取得した工法を採用するケースも増えています。この背景にはいわゆる4号特例の問題や仕様規定から性能規定への移行が大きく影響をしているといえます。

4号特例がもたらした弊害

東日本大震災の際、千葉県浦安市で大規模な液状化現象が起き、多くの建物が傾きました。傾いた建物を調べると住宅が圧倒的に多いことに気付かれます。なぜ住宅が多いのでしょうか。それは4号特例により構造を第三者が確認していないことが影響していると思われます。4号特例とは、いわゆる4号建築物においてのみ適用される、建築士が設計・工事監理を行った場合には構造耐力等に関する規定の審査を行わなくても構わないという特例です。もちろん建築士も液状化については把握していたのでしょう。しかし、起きるか起きないかわからない大地震に備え、基礎にお金をかけることを決断できなかったのだと思います。とはいえ、4号特例については見直しが行われることが期待されます。

床が斜めでも違反建築とはいえない

さらに言えば、液状化によって床が傾いたとしても、建築基準法に違反していることにはなりません。生活が不便になり、住む人

精神的な影響を及ぼしたとしても、構造的な問題が生じないかぎり違法ではないのです。しかし近年、基礎をめぐる環境は変わってきました。2000年に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）」で住宅性能表示制度と耐震等級が誕生し、2009年に施行された「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」では、耐震等級2以上を長期優良住宅と決めました。法的に整理し切れていないとはいえ、品質あるいは長期優良といったテーマの下、床が傾いたのは地盤のせいだから設計者・施工者に責任はないといえなくなっているのです。

仕様規定から性能規定へ

このような状況を受け、基礎や杭の世界でも性能を明示できる製品や工法を使うという機運が高まっています。加えて第3者性能評価機関により審査・証明を受けた工法を採用するケースも増えています。現状、品確法に液状化に対する指針はありませんが、今後の改正では何らかの方向性を示すべく国も検討をしています。ただし完璧に液状化の影響を食い止めることは難しいわけですから、建物を技術的に保証するというよりも、地震保険を適用するなど、リスク管理の問題としてとらえる方が現実的なのではないかと考えています。いずれにしても税制上の優遇もありますし、品確法に即した基礎の採用が増えていくことに間違いはありません。

震災から学ぶ耐震補強

阪神・淡路大震災では多くの住宅が倒壊しました。震災を契機に「建築物の耐震改修の促進に関する法律（耐震改修促進法）」が制定されましたが、そこでは人命を守ることが第一義とされたため地盤部分の補強が最優先されました。しかし、液状化でわかったことは、倒壊せずとも床が傾けば生活に大きな支障をきたしてしまふということです。つまり、一般の建築物でも建物は倒壊・崩壊はもちろんのこと、傾かないようにしなくてはならず、そのためには地盤部分だけでなく基礎に関しても耐震補強が必要な場合があるということです。建物はいったん斜めになってしまつたら不陸調整するのが難いため、そうなる前に補強することが望まれます。しかし、直接基礎が多い既存の小規模建築物には、有効な対策がありません。事前に沈下修正を行いやすい補強や工夫をしておくことや、費用がかさみますが、住宅外周での地盤補強などが考えられるほか、次善の策として地震保険も選択肢としてあり得ます。

アルミ建築の基礎

アルミ建築であればあえて基礎をつくらず、掘立柱にする方法も考えられます。認定が必要かもしれませんが、例がないわけではありません。線路をまたいで駅舎などを建てる際は、基礎などつくつていられますから掘つた立です。新しい試みですから、基礎についても新しい視点が必要であるように感じます。（談）

小規模建築物における基礎と法制度の今

これまで 4号特例により基礎は設計者・施工者に任されていた

原因①4号特例の利用 ▶構造に関する確認を取らずに施工
→ 例：液状化で床が斜め（床が傾くこと自体は違法でない）
原因②仕様規定から性能規定への移行

現在 1.性能の明確な基礎や杭を使う傾向が強くなった
2.第3者性能評価機関による審査・証明を受けた工法を採用するケースが増えた

■実際に現在使われる基礎・杭の工法
①評定や建設技術審査証明を取得したもの
②小規模建築物に適用される以下の法律をクリアしたもの
国土交通省告示1113号（地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を求めるための方法等を定める件）
建築基準法施行令38条（建築物の基礎に関する最低限の基準を規定）
建築基準法施行令93条（地盤及び基礎ぐいの許容支持力）

「ecomsの基礎」への挑戦

12年11月末に完成したSUS静岡事業所実験棟は、地上4階スキップフロアの鉄骨構造体と12ユニットのt²で構成される仮設建築物で、その基礎は鉄筋コンクリートベタ基礎です。工期は約2カ月間でしたが、基礎工事がその半分、1カ月間を占

めました。基礎工事は、短工期を目指すアルミ建築、特に、t²にとつて大きな障害であるといえます。そこで、t²の目指す優位性から、これまでの調査研究を踏まえ、基礎を再考すると、左記となります。

1 t²「住むためのプロダクト」=Standard Units Supply「標準化された製品をユニット化して供給する」の実現

SUS静岡事業所実験棟において、鉄筋コンクリートベタ基礎は、根切から型枠組み、配筋、コンクリート打ち、養生まで約1カ月を要しました。t²の基礎では、鉄筋コンクリート基礎といえども、標準化し工場生産のPCa基礎に、さらに鋼杭の採用にも取り組みます。

2 スケルトン・インフィルという合理的な構法

静岡事業所実験棟は、鉄骨構造体にt²アルミ・ユニットを挿入、設置する新たな構法です。簡便な構法という発想を基礎にも展開し、工場で生産された直接基礎を根切りされた地盤に設置し埋め戻すことや、杭基礎を騒音、振動なく地盤に打つことを考えています。

3 t²「増やせる。減らせる。動かせる。」によるメタボリズムの具現化

建築物の解体の際、基礎は手作業、機械作業で撤去されます。特殊な場合には放置され、これでは環境配慮に乏しいと言わざるを得ません。t²の基礎は、エコロジーで、「増やせる。減らせる。動かせる。」べきであるため、リサイクルではなく、リユースを目指します。

4 高度な専門知識、技術なしでの短工期

4階建て、12戸の集合住宅はSRC造であれば、通常5、6カ月の工期となります。静岡事業所実験棟は2カ月という短工期でしたが、工場で製造するPCaの基礎や鋼杭を採用することで、より短縮でき、工期2カ月を1カ月にすることも可能です。工期短縮は、現場で数種の職能を減らせることも併せ、総建築費の抑制となり、経済性のあるアルミ建築の実現となります。

t²の基礎は、PCa直接基礎か、あるいは新たな技術に基づく鋼杭かが相応しいと結論付けられます。ECOlogy（→リユース可能）and ECONomy（→工場生産）Modular（→規格化）Systemである「ecomsの基礎」への挑戦です。



三内丸山遺跡の復元された大型掘立柱建物

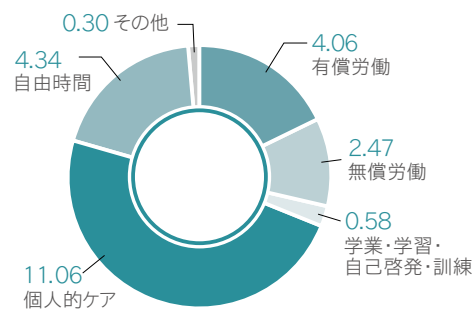


SUS静岡事業所実験棟

「個人的ケア」と「有償労働」「自由時間」を中心とするそれ以外の行動との比率は約1対1で、方丈の間取り、「食う・寝る」生活の場と「修行」の場、「風流」の場との比率1対1に合致します。

社会生活の大半が職住分離されている現代において、「住むためのプロダクト」t²の主な機能は、「有償労働」以外です。また、t²は成人単身居住が対象であるため、そこで想定される行動は「個人的ケア」、「学業・学習・自己啓発・訓練」のうちの「学業」以外の「学習・自己啓発・訓練」、「自由時間」の3つが主となります。その中でも「個人的ケア」は1日の約半分を占めることから、t²は、睡眠関連（7・59時間）、身体的なケア（1・13時間）、食事（1・54時間）（以上、中分類）で構成される

社会生活における人間の行動
1日24時間とした場合の週間平均（時間）



「個人的ケア」をミニマルに果たすことを基本としました。すなわち、生活の基本的行動である①食事、②排泄、③着脱衣、④清潔、⑤睡眠・休養をミニマルに果たすということです。空調・換気、照明、給湯水、インターネットの完備された9・18㎡(2240mm×4100mm)のt²において、この5つの基本行動が問題なく遂行され、加えて、「学習・自己啓発・訓練」、「自由時間」という「活動」が最低限に展開できること(下図表参照)を目指したのです。ただし、現代の消費社会でモノがあふれ、モノ余りである状況下、t²は、成人単身者がシンプルに、言い換えるとストイックに暮らす、あるいは工夫して暮らすことを強いられるミニマルハウスなのかも知れません。しかし、図表にあるように、周辺に存在する都市機能、あるいは共用機能で補完されれば、t²における人間1人の暮らしは、普通なものとして完結するのではないのでしょうか。

t²のもつ生活の基本的行動からの機能と標準装備の機器・家具1
(総務省統計局「社会生活基本調査」より)

通勤	ペットの世話	買い物	ボランティア活動	主な仕事	社会参加活動
仕事上の休憩	副業中の移動	副: 着脱衣	排泄 等	ドライブ	食事の管理
求職活動	建築・修繕	仕: 食事	清潔	乗り物の手入れ	公的サービスの利用
園芸	礼拝・読経	業: 睡眠休息	活動	通学	冠婚葬祭
趣味としての菓子作り	衣類等の手入れ	世: 睡眠休息	活動	学校の宿題	受診
趣味	家族の介護・看護	療養のための世話	エアロビクス系スポーツ	球技	身の回りの用事

t²増減動が可能なシステム

その1

前回のeoms36号では、一昨年6月に行われた宮城県仙台市での初公開から、11月のSUS静岡事業所実験棟のメディア公開までを追いながらt²を紹介しました。本号では、今後、t²が目指す方向をまとめてみたいと思います。



t²の範とした鴨長明の方丈とは

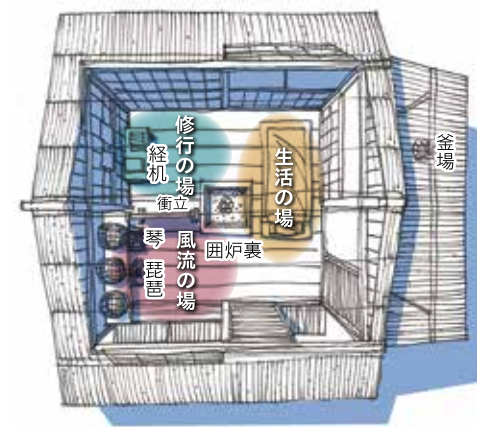
t²は、同33号で「ミニマルハウスの提案」、34号で「tsubomi 6年目の挑戦」「不完全燃焼だったtsubomiのリベンジです」と、開発経緯を発表しました。t²が鴨長明の方丈や茶室から発想を得ていることについては、同33号に掲載しました。「日本建築史を俯瞰して見ると、そこにはミニマルハウスの伝統が脈々と息づいています。その代表として挙げる事ができるのが、鴨長明の方丈です。1丈四方(3・03m四方)の庵で1208年に京都山科の日野山に建てられました」。方丈は、寢殿造り、武家造りではなく、自然発生的にできた庶民の住居でもなく、もちろん社寺仏閣とも異なります。あえて説明するならば、後の数寄屋造りの原型といえるでしょう。「いはゞ旅人の一夜の宿をつくり、老いたる蚕の繭を営むがごとし」(方丈記第3段)をそのまま実践したかのごとく、材料は荷車2台に載る杉皮の屋根、薄板の壁、建具のみ。これを礎石の上に組み立てることで完成するものです。33号で「あるところで使い、それが終わると解体して違う場所に移して生活をしていました」と記したように、今で言う「移設

可能なプレファブ建築」であったのです。

使われ方について言えば、一丈四方の半分の空間は食事、就寝の場です。そして残り半分を衝立て二分して、片方には経机を置き、修行の場とし、もう片方は琵琶や琴を弾じる風流の場としていました。日野山は京のはずれの人里離れた地。鴨長明は、掛樋で引いた水を飲み、木の実を採り、集めた薪で調理し食しました。よって方丈での暮らしは、取り囲む自然の季節ごとの趣を得、その恵みによって営まれたということが出来ます。

これらのことから導き出されるのは、鴨長明の方丈はこれまでにない新しい建築様式であったということです。数寄屋造りの走りともいえるべきものであり、かつ現在にも通じる「移設可能なプレファブ建築」を具現化しています。「方丈」というミニマルハウスは、また、そこでの出家遁世、数寄者の暮らしも、独立性とまわりとの共存が調和していたということもできるでしょう。

「住むためのプロダクト」t²の「住むため」とは



方丈などの発想を範としたtrans-ter technology unit / t²は、「住むためのプロダクト」という新しい建築様式を目指しています。

まず、「人間が社会生活を営むこと」をその行動から考えました。総務省統計局の「社会生活基本調査」では、社会生活における人間の行動を「有償労働」、「無償労働」、「学業・学習・自己啓発・訓練」、「個人的ケア」、「自由時間」、「その他」の6つに大分類しています。週間平均で考えた場合、1日24時間のうち、これら6つに費やされる時間の平均は、次の図のとおりです。

t²のもつ生活の基本的行動からの機能と標準装備の機器・家具2

居住者が用意する生活財		t ² のまわりで入手できる 補完機能	非装備の設備機器、 造作家具	t ² ・標準タイプ のもつ機能	t ² 標準装備の 設備機器、造作家具
消耗品	耐久品				
食品	食器・料理機器	外食・配食・ケータリング 調理済み食品	流し台・調理台	食 事	冷蔵庫・棚
トイレ用品・ティッシュ	トイレ清掃用品			排 泄	温水洗浄便座・便器
玄関用品	衣類・下着・靴			着 脱 衣	衣類棚・戸棚・下駄箱
洗面・歯磨き用品 入浴用品・洗濯用品	洗面・歯磨き道具 入浴道具・アイロン等	銭湯・温浴施設・スポーツクラブの浴室 クリーニング業・コインランドリー	バスタブ・洗濯機	清 潔	シャワー・洗面器
	寝衣・寝具			睡 眠・休 息	ベッド・マット
	PC・本 書類・資料			活 動	ディスプレイ 椅子・本棚

機能的につなぎ一体化させることで、「住むためのプロダクト」に相應しい低層二戸建て住宅を形成し、新しいライフスタイルを提供するのです。

さらに、複数の個室とリビングダイニングルーム、予備室は分離・配置され、独立性の高い個室→半屋外空間としての中庭、坪庭→開放的な屋外空間という緩やかな空間のヒエラルキーが生まれるのです。また、それぞれが密度の高いミニマムな空間であることから、限られた敷地に余裕ができ、郊外立地の低層二戸建て住宅の暮らしに本来望まれる土との触れ合いや植栽による緑の豊かさを演出します。

一方、t²の大きな特徴は、「増やせる。減らせる。動かせる。」ため、家族のライフステージの進行、変化、そして家族人員の増減に簡単に対応できることです。さらに、t²から始まり、鉄骨構造体リビングダイニングルーム、そのまわりに付帯する屋外階段などが規格化、標準化されているため、その増減が可能であり、かつ改築も容易なシステムとなりました。よって、「住むためのプロダクト」t²システムによる低層二戸建て住宅はメタボリズム住宅と言っても過言ではありません。

SUSは、現在、今年前半、t²システムによる郊外立地型の低層二戸建て住宅を完成させる予定です。ご期待ください。

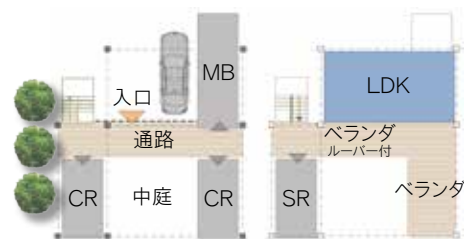
郊外立地の4人家族向け低層一戸建住宅・ケーススタディ

MB:主寝室 CR:子ども室 SR:収納

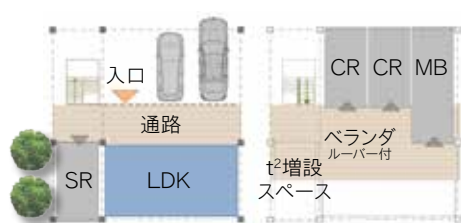
ケーススタディ・プラン 1



ケーススタディ・プラン 2



ケーススタディ・プラン 3



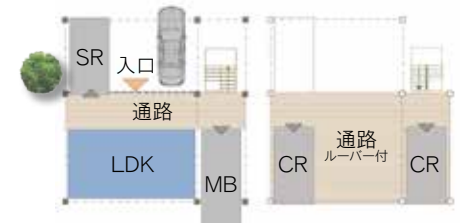
ケーススタディ・プラン 4



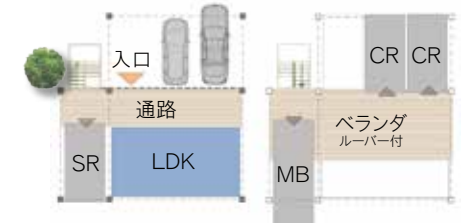
ケーススタディ・プラン 5



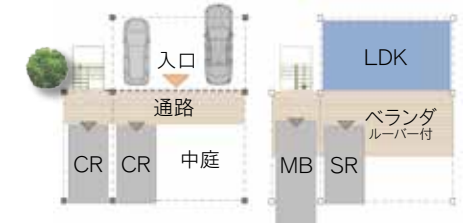
ケーススタディ・プラン 6



ケーススタディ・プラン 7



ケーススタディ・プラン 8



「住むためのプロダクト」
t²としての展開とは

先述したとおり、「住むためのプロダクト」t²に関しては、昨年、ユニットの原型とその集合体を発表しましたが、ユニットの原型については、現在、改良を施しています。

t²は、電気、ガス、上下水道、通信の供給が受けられるならば、コンパクトで断熱性能の高い空間であるため、単独の居住空間として、いかなる環境下にも設置することが可能です。昨年6月以降、東日本大震災復興事業に携わる人たちの宿舎として、はたまた南極観測基地・観測員宿舎として照会されたことからわかるとおり、t²は南極のような極地、辺境地から都心まで設置可能なプロダクトなのです。

また、t²はSUS静岡事業所実験棟のように、鉄骨構造体に複数を積層集合させることができ、コンパクトなワンルームのマンション、あるいはアパートメントとすることも可能です。また、ミニマルであるがゆえに、短期滞在の部屋、すなわちホテルの1客室としても機能します。

一方、t²を家族各自の個室として考える場合、小規模な鉄骨構造体に数個を設置し、家族の共用空間を加える

ことで二戸建て住宅となります。さらに、間口の狭い都心の狭小地であるならば、t²を縦に積層して二戸建て住宅とすることもできます。これらの一戸建て住宅には、家族、複数名が暮すため、リビングダイニングルームといった共用の空間はもとより、設備、例えばt²に標準装備されていない流し台、調理台、バスタブ、洗濯機などを設置する空間も必要となります。それに伴い、t²はいくつかのバリエーションを持ち、共用の空間と併せ、システムとして機能することになるのです。

「住むためのプロダクト」t²は、このようにシステムとして広く展開することをイメージとしています。加えて、t²の持つ特性である「増やせる。減らせる。動かせる。」すなわちメタボリズムの具現化に従い、鉄骨構造体をはじめとして、リビングダイニングルームなど付帯するすべての部位が、t²と同様に規格化、標準化され、容易に組立・解体できるものでなければなりません。それによって、t²の機能と付帯する部位の機能、そして立地する場所の周辺から補完される機能が合わさることで、たとえ増えたり、減らしたり、動かしなくても、そこで営まれる生活の「個性」や「共同性」、そして「地域性」にも十分対応することができるとのことです。

t²の生み出す
低層二戸建て住宅とは

t²を改良した後、t²システムを展開させる手始めとして、郊外立地の低層二戸建て住宅の開発を目指します。

郊外立地の低層二戸建て住宅の居住者、あるいは同様な住宅に住みたいと希望する人は、緑や土などの自然、そしてそれらを象徴する庭への強い憧憬をもっており、その実現を第1に考えます。しかし、それだけではなく、居住者の地縁・地域資源、地域イメージなど「地域性」も同様に重視します。そのため、利便性を優先し「地域性」を二の次にする都心居住に対する指向とは根本的に異なるのです。さらに、その住宅には経済力に応じた居住空間の余裕や個性を求めます。t²は、このような居住者、希望者の要望に対して、新しい居住スタイルを提案します。

まず、低層二戸建て住宅におけるt²の個室は、高い断熱性、遮音性はもちろんのこと、トイレ、シャワー、標準装備の電気機器や造り付け家具により、性能、機能面で既成の空間が確保し得なかったより高い独立性を有します。複数の個室と、開放感のあるリビングダイニングルーム、利便性の高い予備室を、軽快なデザインの屋外階段、屋根やルーバーをもつテラス、ベランダが有

三田 彰 (みた あきら)

1979年東北大学工学部建築学科卒業(B.S.)/1981年京都大学大学院工学研究科建築学専攻修了(M.S.)/1981~2000年清水建設技術研究所/1986年カリフォルニア大学サンディエゴ校大学院工学研究科応用力学専攻修了(Ph.D.)/2000年慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科助教授/2004年同大学理工学部システムデザイン工学科 教授(大学院理工学研究科開放環境科学専攻)



Akira Mita

三田 彰 慶應義塾大学 理工学部システムデザイン工学科 教授

新連載「テクノロジーの明日」。第1回にご登場いただくのは、生命化建築を唱える慶應義塾大学の三田彰教授です。生命化建築とは、生命の本質ともいえる物質、情報、エネルギーの代謝の仕組みを建築に組み込むことで、安心・安全・快適な空間を提供すること。近年、生物の適応機能の解明が格段に進み、かつセンシング技術やロボット技術が急速に発達したことで、建築の生命化が可能となってきました。現在の取り組みと今後の展望についてお聞きました。



意識の奥にある無意識の部分で行われる インタラクションを建築に応用したい

生命化建築とは何か

—生命化建築とは、簡単に言うと、どのようなものなのでしょうか。

これまでも建築は生物からさまざまなことを学んできましたが、そのほとんどが形態的な模倣でした。最近よく耳にするアルゴリズム建築も、形態レベルで自然の摂理を建築に取り込むという試みといえます。それに対して生命化建築は、生命体の持つ適応機能を空間に応用して居住者と建築空間の顕在的・潜在的対話を可能にし、安心・安全・快適な空間を提供することをその使命としています。色即是空などと言うとかえって混乱させてしまうかもしれませんが、先ほど申し上げた「顕在的」が色即是空の色、「潜在的」が空になります。生命化建築において特に重点を置いているのが空です。意識の奥にある無意識の部分で行われるインタラクション(相互作用)

を建築に応用したいと考えています。

—生命体の持つ適応機能とは具体的にどのようなものですか。

生物には4つの適応機能があります。

- ① 感覚的適応
(例：明るさに対する瞳孔の変化)
- ② 学習による適応
(例：えさ場や最適なすみかの学習)
- ③ 生理的適応
(例：発汗作用)
- ④ 進化的適応
(例：昆虫の身体の色の変化)

① 感覚的適応、② 学習による適応は、先ほどお話しした顕在的対話の部分に当たります。エアコンに対して、人が来たら人数に応じて適切な風量の冷気を出すようプログラムすることなどがこれに該当します。それに対して③ 生理的適応や、④ 進化的適応が潜在

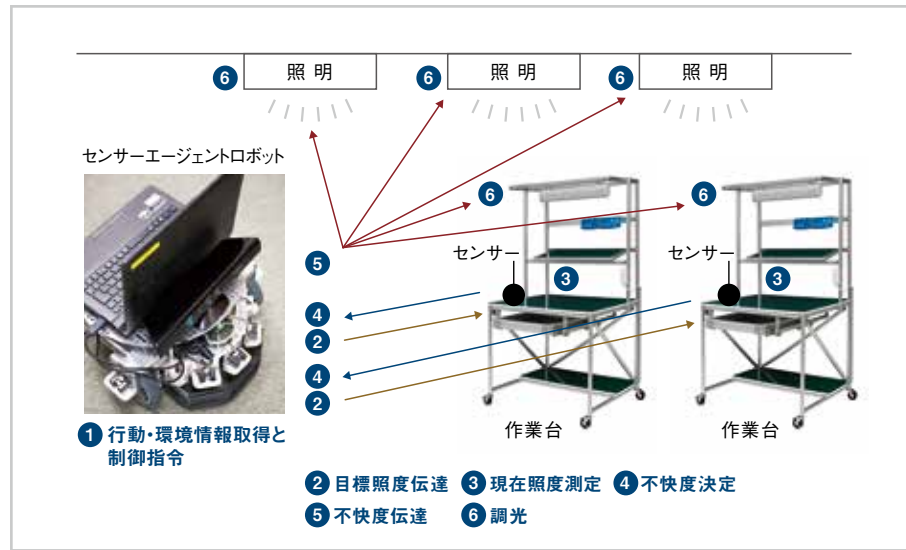


最初期のセンサーエージェントロボット。

的「空」の部分です。具体的には、ホメオスタシスや免疫機能が③ 生理的適応に該当します。ホメオスタシスとは恒常性と訳されますが、外部環境によらず体内の状態を一定に保つことをいいます。深部体温というものがありません。外部環境の変化によらず、36.9℃を保ち続けますが、意識してコントロールできるものではありません。こういったものがホメオスタシスの代表です。食事で栄養を摂取する行為についても、意識的に食べ物を口に入れますが、消化については意識していません。

ワークスペースにおける ホメオスタシス照明制御の流れ

実際のワークスペースは外光が入ったり、天井照明から離れていたり、場合によっては照明が壊れているなどさまざまな状況が考えられる。こうした照度情報をセンサーエージェントロボットが解析し、照明を制御する。



そう考えると人間の身体を維持している機能は、無意識というか、意志とは異なるところから発信される情報に基づいていることがたくさんあるのです。これからは、そういったものを考えていかないと建築はよくならないと思っています。

快適と感じる状態に空間を維持するために、ホメオスタシスに基づく制御を空調や照明で適用するところから研究をスタートしました。例えば、ウイルスが体内に入ってくると免疫がウイルスを攻撃します。しかし、免疫の影響は全体には出ずにウイルスを認識した部分にのみ出ます。つまり局所的に情報が伝わりますから、デスクライトなど個人が特定の作業にだけ使うようなものには免疫系のシステムを応用するとよいものができるのではないかと考えているのです。一方、ホルモンなどは、同じように与えてもそれを受ける体内細胞など受容体それぞれの性質に応じて反応は変わってきます。つまり一様に流れてくる情報に対して、受け手それぞれが最適なとらえ方をするといいことです。連続した空間にさまざまな照明器具があるような場合は、内分泌系のシステムが応用できるのです。

スマートハウスは、①感覚的適応と②学習による適応に重点が置かれています。センサーで集めた情報に対して反応し、集めた情報を蓄積・分析して学習することに主眼が置かれているといえるでしょう。スマートハウスに限らず認識できる情報の処理と制御は、建築でも始終行われています。空調による温度管理や、照明やブラインドによる照度管理がこれに当たります。しかし、この空間にいて気持ちがよいというとき、要因となるのは温度や照度だけではありません。色のバランス、テクスチャー、におい、そこはかとなく見えている向こうの景色など、いろいろなものが関係しています。そういった漠然としていて数字や言葉にならない部分、あるいは本人が無意識のうちに感じている部分とも対話を行い、安心・安全・快適な空間を提供することが生命化建築の目的です。

「生命化建築の具体的な試みとしてどのようなことを行っているのですか。」
快適と感じる状態に空間を維持するために、ホメオスタシスに基づく制御を空調や照明で適用するところから研究をスタートしました。例えば、ウイルスが体内に入ってくると免疫がウイルスを攻撃します。しかし、免疫の影響は全体には出ずにウイルスを認識した部分にのみ出ます。つまり局所的に情報が伝わりますから、デスクライトなど個人が特定の作業にだけ使うようなものには免疫系のシステムを応用するとよいものができるのではないかと考えているのです。一方、ホルモンなどは、同じように与えてもそれを受ける体内細胞など受容体それぞれの性質に応じて反応は変わってきます。つまり一様に流れてくる情報に対して、受け手それぞれが最適なとらえ方をするといいことです。連続した空間にさまざまな照明器具があるような場合は、内分泌系のシステムが応用できるのです。

無意識のレベルの制御だけに与してあげて、意識の部分に関しては手を出さないという仕組みづくりがよいのではないかと思います。レベルをどこに置くのかも変わってきます。お年寄りの場合には、空間の側が少し筋肉を動かすようにレベルを設定してあげるのがよいのかもしれません。居住者にとってよいことと、建築空間にとってよいことをうまくバランスさせないといけませんし、それを個々の人の事情によってカスタマイズできるようにしておくことが重要です。

センサーエージェントロボット

「制御を行う上ではいくつものセンサーが必要になってきます。生命化建築とはセンサーからなる建築をイメージすればよいのでしょうか。」

そうではありません。スマートハウスなどは、建物にたくさんセンサーを設置して、情報を収集しようとするものです。しかし、そういったスマートハウスは改変するのがとても大変です。最先端の電脳住宅も、全体を一気につくってしまうと細かな更新がなかなかできず、すぐに古く見えるようになってしまいます。IT系のデバイスは進化しますから、変えないと陳腐なものになってしまうのです。そのため私は建物

切りや可動家具と組み合わせれば、変わってくるのかもしれない。

「これまでとはまったく違った方法で建築にアプローチされていますが、それに伴う困難などはありませんか。」

大きな困難はありません。ただ、従来の建築教育では学ばなかったようなことも勉強しないと、こういった新しい研究はできません。データ処理ひとつとっても、情報工学的な素養がないとできないのです。美しいといった感性の世界と、積み上げることのできる理論の部分とを結びつけないけません。その意味でも、建築教育でカバーすべき領域が増えてきていると思います。（慶應義塾大学矢上キャンパスの創想館にある研究室にて）



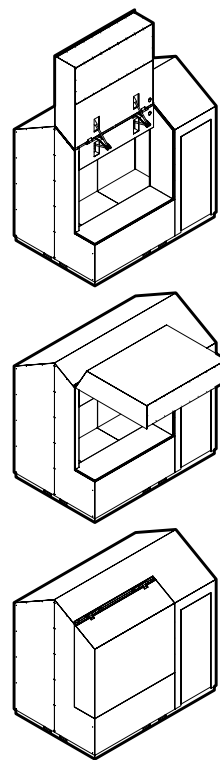
生命化建築のほかに、構造物にセンサーを設置し、振動などの物理量の分析から建物の健全性を判断する「構造ヘルスマモニタリング」の研究などにも取り組んでいる。

「生命化建築という視点で見たときに、アルミが有効に機能する点はあるのでしょうか。」
アルミは軽く強度がありますので、

住宅にはいくつもの部屋があります。すべてを常時使っているわけではありません。ならば使っていない部屋は小さくして、その分、使っている部屋を広くできれば、それに越したことはありません。いま自分がある空間を最大限に充実させたいと考えるとき、壁や天井が動けば快適性が変わると思いますが、ほんの少しだけでも間仕切りが動いたり、家具の位置や大きさが変わるだけで空間のクオリティが変化します。建築空間は床、壁、天井から構成されるという当たり前の定義も、可動間仕



聞き手
畔柳昭雄
日本大学理工学部
海洋建築工学科教授



ハッチの大きさは、幅1.96m、高さ1.75m、厚さ0.5m。



外壁は、錆びたコールテン鋼、磨かれたステンレス鋼、つや消しのステンレス鋼、ブラックラッカー仕上げのスチール、の全4種類。

Kiosk m.poli

設計者	Brut Deluxe (www.brutdeluxe.com)
担当	ben busche, isabel barbas team: alonso frolich
製作	Primur, S.A.
寸法	D2.0m × W3.0m × H2.4m
制作年	2006年

オープン・ハッチが広告塔として機能

Kiosk m.poliを特徴づけているのが、オープン・ハッチと飛ばれる可動屋根です。屋根の一部が上部に回転することで、垂直方向に印象的な外観を持つ建築へと変容します。特大の広告塔ともいべきもので、夜には電光掲示板として働きます。その意味で、Kiosk m.poliは、変容によって表出する驚きを内包しているといえるでしょう。

このオープン・ハッチには、3つの可変ポジションがあります。1つ目は閉じた状態であり、2つ目は雨や太陽光からカウンターを守るよう庇状に90度で止まった状態、3つ目は180度完全に開いた状態です。なお電光掲示板は90度でも180度の位置でも表示できるよつになつています。

屋根が回転して広告塔に

Kiosk m.poliは、展示会や催しなどで使う仮設店舗として設計されました。1つでも成立するオブジェとして構想されましたが、それが集まることで、街の中に独自の小さな世界が展開されます。デザインは勾配屋根を持つ、いわゆる家型と呼ばれる形態に基づいています。余分なものを排除した最小限の家の基本形です。マドリッド市はストリートフェアのために275台を購入しました。



オープン・ハッチが180°開いた状態。

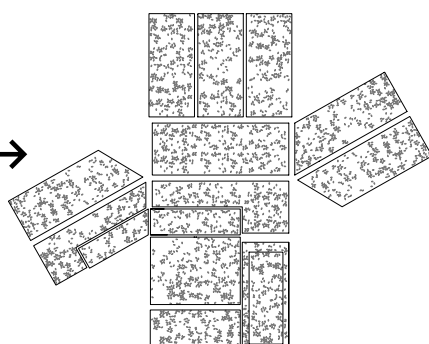
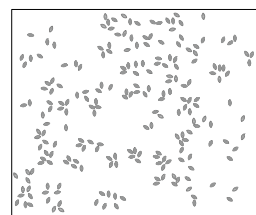


4つの油圧シリンダーが380kgのハッチを持ち上げる。



ストリートフェア会場夕景。

撮影:Miguel de Guzman



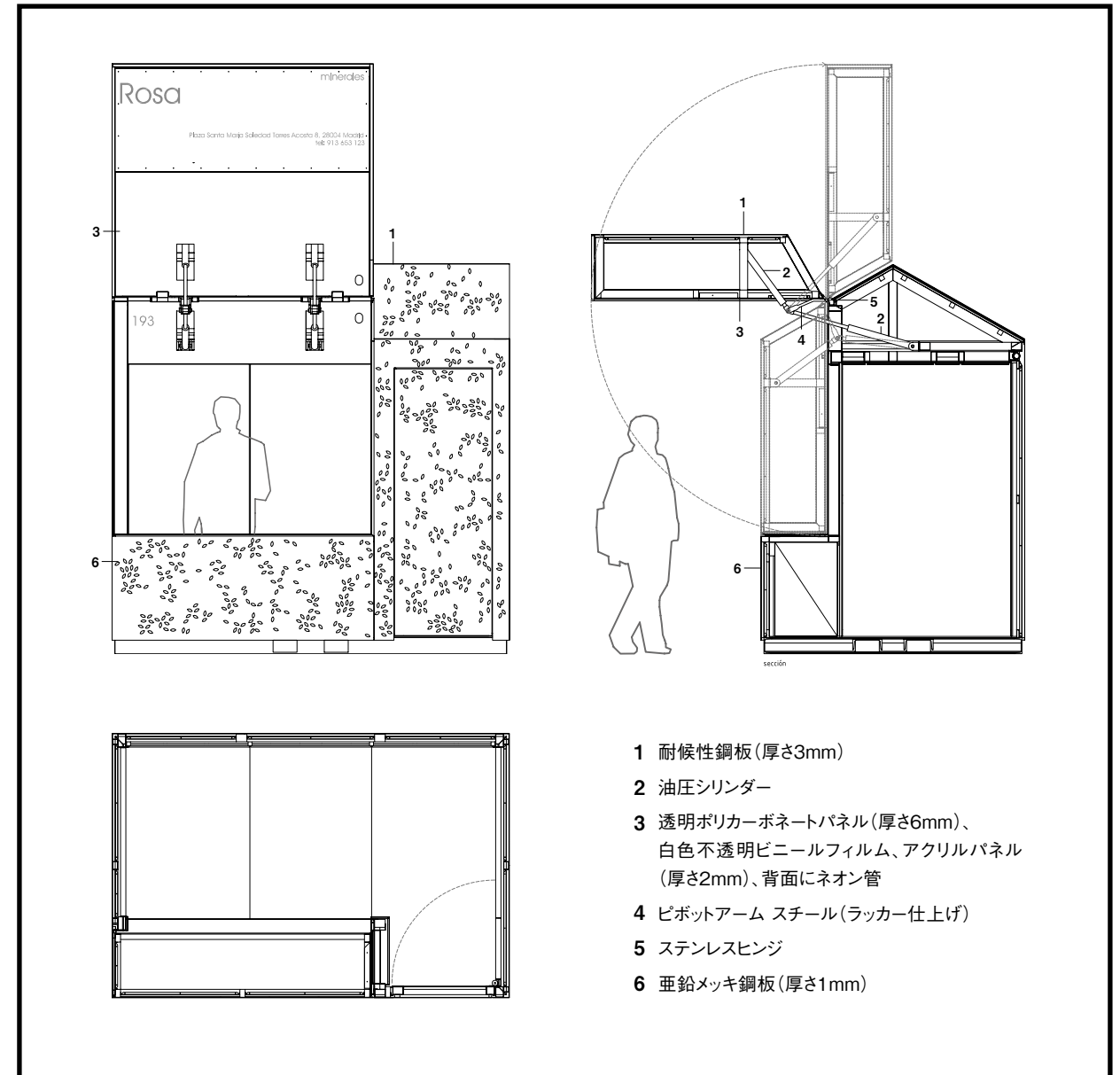
植物をモチーフにしたエンボス加工が施されている。

Kiosk m.poliの特徴は、完全に自立したユニットであり、運搬可能であることです。トラックで運び設置するだけです。重機などは必要ありません。撤去してほかの場所に移動させることも容易です。建設にはコストも時間もほとんどかかりません。設置において障害となるのは唯一、置けるか置けないか、つまり寸法の問題だけになります。なお、総重量の95%以上は、さまざまな鉄からできていますが、その43%はリサイクル金属です。

移動可能な自立したユニット

Kiosk m.poliには、外壁の種類によって4つのタイプがあります。1つ目は錆びたコルテン鋼、2つ目は磨かれたステンレス鋼、3つ目はつや消しのステンレス鋼、4つ目はブラックラッカー仕上げのスチールです。なお、基礎と構造は、構造用プロファイルと亜鉛メッキ鋼管から、床は、MDF（段ボールを圧縮して固めたボード）の上に滑り止めのアルミシートを貼ったものからできています。なお、オープンハッチ開閉のための制御ボックスは、ほかの電気機器の制御ボックスとともに内壁に組み込まれています。

形態は1種類、外装は4種類



- 1 耐候性銅板(厚さ3mm)
- 2 油圧シリンダー
- 3 透明ポリカーボネートパネル(厚さ6mm)、白色不透明ビニールフィルム、アクリルパネル(厚さ2mm)、背面にネオン管
- 4 ピボットアーム スチール(ラッカー仕上げ)
- 5 ステンレスヒンジ
- 6 亜鉛メッキ銅板(厚さ1mm)



ストリートフェアの会場に設置されたKiosk m.poli。

Containing Light

動く建築 vol.9

設計者 eer (www.eerdesign.com)
 担当 Geert Buelens and Veerle Vanderlinden
 エンジニア Dwen, Ney and partners
 製造 Budé
 制御技術 AIB Vinçotte
 油圧 HCT
 電気機器オートメーションシステム Cenlec, Xinix
 照明制御オートメーションシステム Vantage
 家具 De Noordboom
 鉄骨製品 PMR
 照明 Kreon
 金属天井 Vektron
 音楽・音響 Hans De Ley



完成した状態を俯瞰する。

光と影による空間を創造するための装置

Containing Lightは、ベルギーの照明器具メーカークレオン(Kreon)のために設計された移動可能な展示施設です。照明器具メーカーと書きましたが、実際には器具の販売よりも空間デザインに主眼が置かれています。空間をデザインする上で適切な照明器具がなかったため、やむを得ず自分たちでデザイン・開発したといった方が正確かもしれません。このような企業ですから、1982年の創業時より自社製品を展示する空間に対しては、並々ならぬこだわりを持っていました。製品は自分たちが納得する空間で見せたい。しかし、ショールームを数多くつくるのは、企業として負担が大きい。そう思った思いから生まれたのが、この移動可能な展示施設Containing Lightなのです。

建築へと展開する箱

Containing Lightは40フィートコンテナからできています。トラックで搬送され、目的地に降ろされたコンテナは、まずコンテナの底辺であるベース部分とそれを覆うカバー部に切り離されます。カバー部はコンピュータ制御の油圧シリンダー4基によりジャッキアップされ、5メートルの高さまで持ち上げられます。コンテナ内部に格納されていた9つの展示キャビネットは、蝶が羽根

を広げるようにその身体から放出され、単なる箱から建築へと展開するのです。カバー部は内部を保護するためのシェルとして設計されているので、高い剛性が求められました。そのため構造体には鋼管が採用されています。一方、内装は対照的に洗練された細部を持つフェミニンな空間です。素材としては、ステンレス鋼や白い革などが選択されています。

移動可能な箱

このプロジェクトに携わった人たちは、皆、世界のあらゆるところにアイデアの詰まった空間を移動させるという概念に大変興味を持ったといえます。ミニマレーシヨントールの急激な進歩に伴い、ますますポードラレス化する社会において、ノマド(遊牧民)と呼ばれる人たちが増えてきています。一定の場所に固執することなく、働く場所を



トラックにより搬送され、さまざまな場所で展示会が開催される。



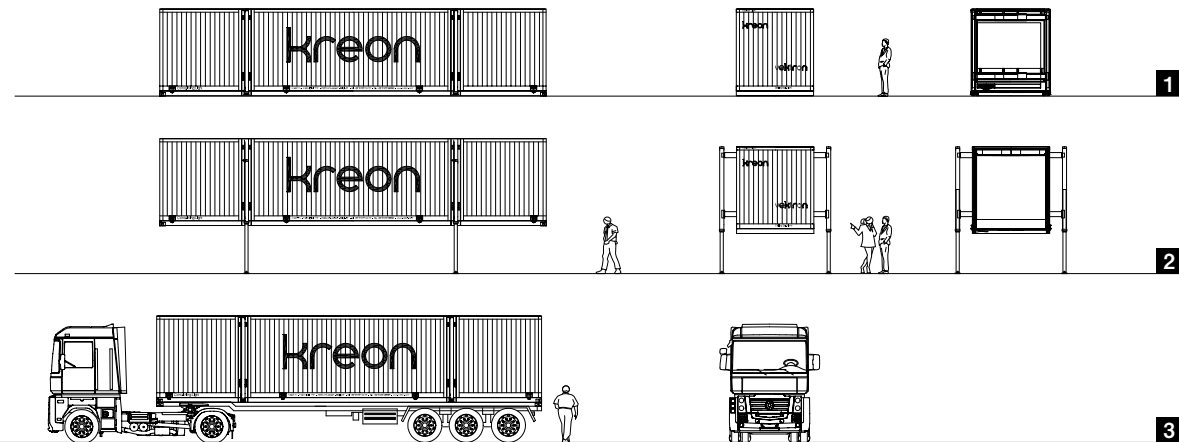
端部より内側を見通す。インテリアにはステンレスや皮革などが用いられている。

撮影:Serge Brison

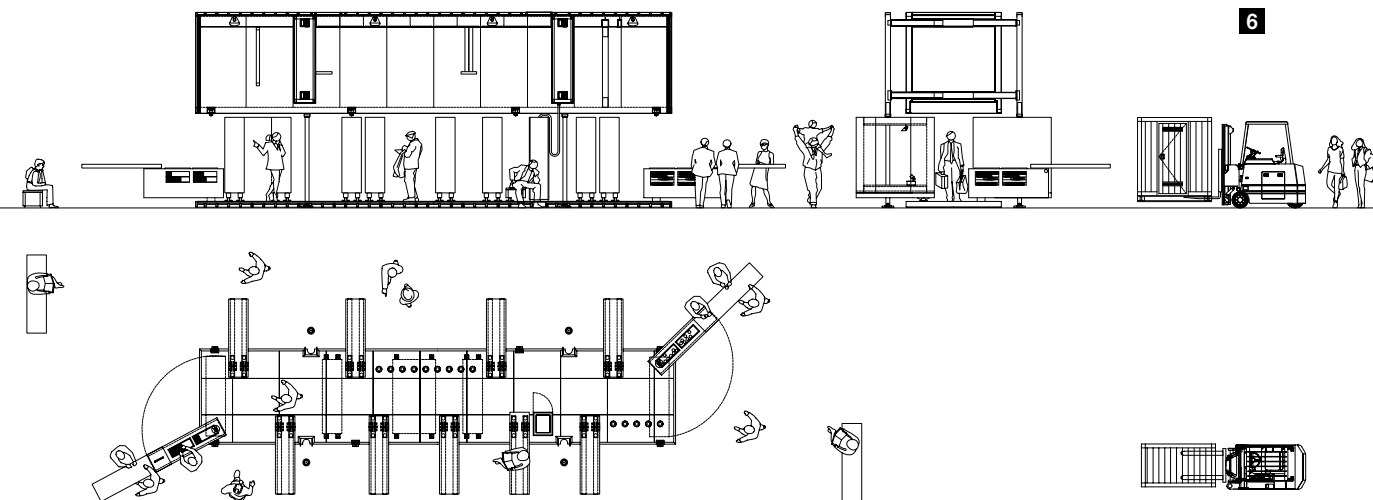
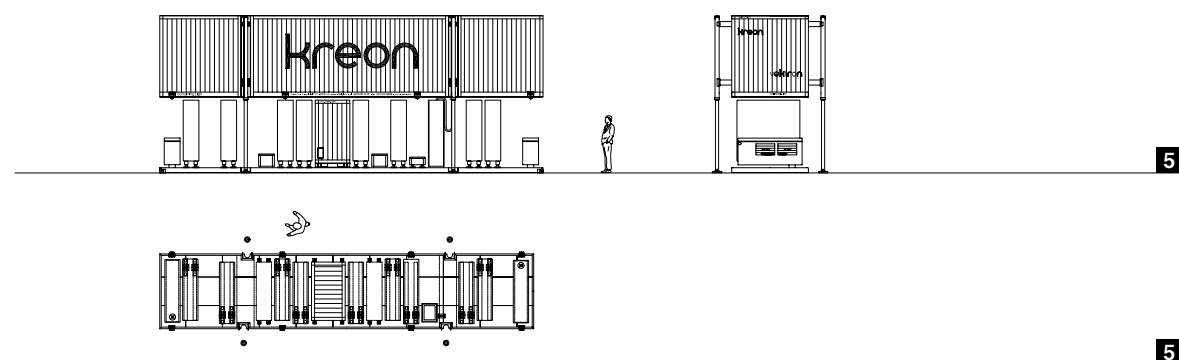


外側に広げられた展示キャビネット。キャビネットごとに異なる光の演出ができるようプログラムが組まれている。





- 1 9つの展示キャビネットが格納された40フィートコンテナ
- 2 油圧シリンダー4基によりジャッキアップされトラックに載せられる
- 3 トラックによる搬送
- 4 コンテナの底辺であるベース部とカバー部に切り離される
- 5 5mの高さまでジャッキアップされる
- 6 格納されていた展示キャビネットやキッチンを外側に広げる

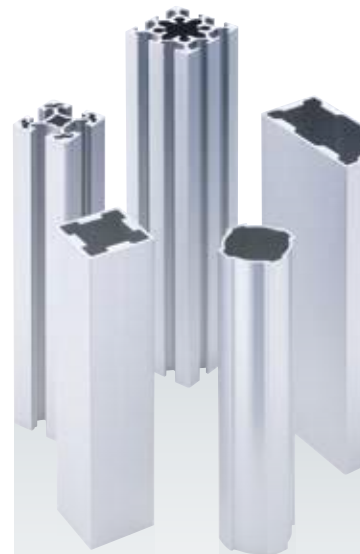


実際このContaining Lightを用いるのは展示会ですから、9つのキャビネットには製品が展示され、訪れた人はそれらを十分に体験できるようになっています。そのため、光制御システムによってその製品が生み出す光の空間が体験できるようプログラムが組まれました。時間や音楽、詩の朗読とともに光は変化し、9つのキャビネットそれぞれに異なる風景が生まれるのです。Containing Lightのおもしろさの1つは、これまでの建築とは異なる光と影という限られた材料によってのみ成り立つ空間を創造したことです。そしてもう1つは、その空間がコンテナというパッケージに収納され、世界のさまざまな場所に移動するという動く建築であることにほかなりません。

光の制御による空間の創造

変える人たちのことですが、こういった人たちが同様、さまざまな場所に移動することが可能な建築の持つ意味は今後大きくなっていくだろうと考えたからです。さらに言えば、いろいろな仕掛けを1つの箱に組み込んで相手に驚きを与えるプログラムにも魅了されたことでした。

アル	ミ		
を	探		
	1		



義からすれば、アルミに生じるのは腐食生成物であって錆ではありません。またアルミは腐食しないかというと、酸化皮膜という腐食生成物は生じますので、大きな意味では腐食するといつて構わないのです。

なぜ耐食性がよいのか

アルミもほかの金属と同じように安定した状態に移行しようとしています。アルミの場合は、表面に酸化皮膜が発生し、その膜がそれ以上の酸化を防ぎます。このことでアルミは、安定した状態となります。ほかの金属にも酸化皮膜は生じるのですが、アルミの酸化皮膜は他の金属の酸化皮膜に比べ格段に絶縁性、安定性、物理的整合性が優れています。このことがアルミの高い耐食性に結びついているのです。

アルマイト処理

この酸化皮膜をアルミの表面に人工的につくることをアルマイト処理といい、できた膜のことをアルマイト（陽極酸化皮膜）と言います。改めて処理をしないと自然に酸化皮膜は形成されるのですが、適度に厚く均質な皮膜をつくるためには人工的な処理が必要です。ちなみにSUSは厚さ9μmのアルマイトを施しています。

電食と実証試験

アルマイトだけでも耐食性に優れるアルミですが、アルマイトの上にさらなる表面処理を施すことで、より優れた耐食性を得ることが可能になります。一方、金属は異なる金属と接触することで腐食します。それぞれの金属が持つ電位には差がありますので、接触することで電流が流れ腐食が生じるのです。この現象を電食といい、いかに耐食性のよいアルミでも、これから逃れることはできません。そこでSUSでは表面処理の方法によって耐食性がどのように変わるのか、異種金属との接点にどういった変化が現れるのかを調べるため塩水噴霧試験を行いました。その結果は左ページにある通りです。SUSはこの結果を、今後のものづくりに積極的に生かしていきます。

試験方法

試験体を、人工海水を用いた噴霧サイクル試験機にかけ、1000時間ごとの抜き取り調査を3回行い、計3000時間観察しました。また、アルミと比較するため溶融亜鉛メッキ鋼板についても同様の試験を行いました。

金属の腐食とは何か

アルミニウムは空気中では、緻密で、安定な酸化皮膜を生成し、この皮膜が腐食を自然に防止します。

日本アルミニウム協会のWEBサイトでは、アルミの特徴の1つ「耐食性のよさ」をこのような文章で説明しています。ここにある酸化皮膜が腐食を自然に防止するということをもう少し詳しく見ていきましょう。

通常、自然状態の金属元素は酸化物や硫化物の鉱石として存在しています。つまり通常、私たちがアルミや鉄と言っているものは、安定した自然の状態にあるものではなく、鉱石から

「アルミは錆びない」と書かれた文章を見かけることがあります。厳密にいうと正確ではありません。腐食防食学の分野では、鉄や鉄合金の腐食生成物のうち水に溶けないモノを錆といい、非鉄金属の場合は単に腐食生成物という言い方をします。この定

アルミは錆びないか

3.無処理
ボルトなし:白色斑点2mmが点在。
ステンレスボルト:接触部周囲に孔食(1mm以上)が10点発生。白色、灰色の流れあり。
スチールボルト:接触部周囲に孔食(0.05mm以上)が1点発生。



2.電解着色皮膜
ボルトなし:2〜3mmの黒斑シミが点在。
ステンレスボルト:接触部周囲に孔食(白点0.2〜2mm)が発生。白色腐食生成物が付着。
スチールボルト:変化なし。



1.アルマイト(陽極酸化皮膜)
ボルトなし:変化なし。
ステンレスボルト:接触部周囲に孔食(0.5〜3mm)が8点発生。
スチールボルト:変化なし。



6.溶融亜鉛メッキ鋼板
ボルトなし:白錆、赤錆が発生。
ステンレスボルト:白錆、赤錆が発生。
スチールボルト:白錆、赤錆が発生。接触部に灰色および赤錆が発生。



5.粉体塗装
ボルトなし:変化なし。
ステンレスボルト:接触部周囲に赤錆が発生
スチールボルト:変化なし。



4.複合皮膜
ボルトなし:変化なし。
ステンレスボルト:接触部周囲に孔食(0.5mm)が2点発生。ふくれ6mmが発生
スチールボルト:変化なし。



塩水噴霧サイクル試験の試験体

アルミニウム	溶融亜鉛めっき鋼板	ボルト、ナットおよびワッシャー
材質および形状 材質: A6063S-T5(JIS H 4100) 形状: 180mm×70mm×4mm	材質および形状 材質: SS400(JIS G 3101) 形状: 150mm×70mm×4mm	材質および形状 ①ステンレス SUS304無処理 M12 ②スチール ジオメット処理 M12

●ディスゴ処理 鱗片状亜鉛を主成分とするベース塗料と、有機(エポキシ)または無機(珪酸塩)の樹脂を主成分とするトップ塗料を被処理物に浸漬またはスプレーで塗布後180℃から300℃で加熱処理するもの。●ジオメット処理 金属フレークが層状に重なり特殊無機バインダーにより結合された金属防錆表面処理。

3,000時間後の試験体本体の表面

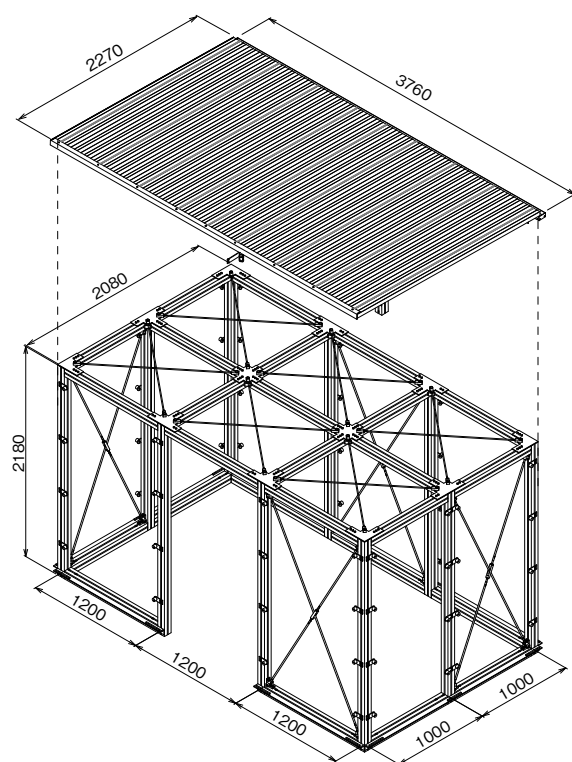
2007年3月に竣工したオールアルミ建築の浜離宮恩賜庭園内船着場・棧橋について、2012年、目視による実態調査が行われました。棧橋上部はもとより、海水に接する棧橋下部についても、腐食などの劣化は見られませんでした。また、ディスゴ処理を施したステンレス製ボルトとの接触部分にも電食は見られませんでした。





2

- 1／複数の路線バスがここを経由するため、2棟の待合室が設置された。
2／病院北側に駐車場と一体化して計画された。左が病院のエントランス。



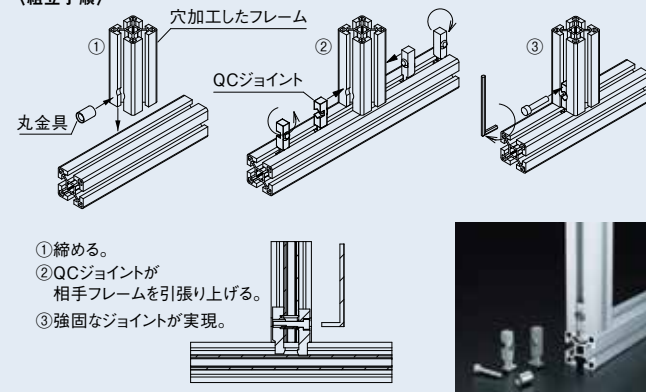
DATA

●設計／久米設計 ●施工／大林・戸塚・丸明
特定建設工事共同企業体 ●所在地／静岡県
掛川市 ●納期／2012年11月 ●作業日数／
躯体1日、ガラス1日 ●寸法／W3.6m×D2.0m×
H2.5m(2棟)



1

〈組立手順〉



締結部を軽やかに見えるQCジョイント

アルミ構造材の締結に用いられているQCジョイントは、①金具がフレームの溝に隠れるため、結合部がすっきりした外観となります。②あらかじめナットを入れておく必要がなく、ボルト1本で固定することが可能のため、組み立て工数が削減できます。③直角を出しやすく、隙間も生じません。

工業製品でありながらカスタマイズが可能

バス停留所待合室に関して、設計段階では在来工法で検討していましたが、工期が厳しく、かつ減額の必要性が生じたことも踏まえ、工業製品化されているものを探すことになりました。遠州地域特有の強風を避けるため、防風性能と視認性のよさが求められていたこともあり、意匠的に優れ、かつ性能面でも期待できるエコムスを採用することになりました。意匠性、性能、短工期といった点に関して期待通りであったことはもちろん、工業製品でありながら、さまざまな要求に対しカスタマイズが可能なお点にも感じました。

久米設計 安藤知氏

一昨年末に竣工した静岡県掛川市および袋井市をはじめとする中東遠地域の基幹病院に付随するバス停です。730台が駐車可能な駐車場とともに、正面玄関および車寄せに面した病院北側に設けられています。工期が厳しいことから、喫煙ブースで実績のあるパッケージ商品をベースにお客さまの要望を取り入れ、設計を行いました。結果、作業日数2日(躯体工事1日、ガラス工事1日)で施工を完了することができました。

集合住宅付帯駐輪場屋根



DATA

●設計監理／清田育男計画設計工房 ●施工／
匠・成瀬特定建設工事共同体 ●所在地／神奈川県
逗子市 ●納期／2013年7月 ●作業日数／
3日間 ●寸法／W5.4m×D2.1m(屋根1枚)



1



2

1／梁背160mmと80mm、2種類のアルミ構造材を渡し、そこに屋根を載せている。2／住棟ごと計3つの駐輪場が設けられた。3／自転車は隠しながら視線は抜けるようになっている。

3

塩害地域の屋根材として最適なアルミ

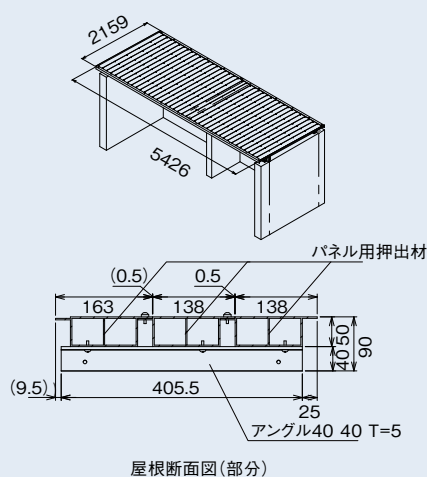
神奈川県逗子市に新しく建てられた集合住宅の駐輪場の屋根です。eComs 36号(57〜58頁)で紹介された高校の渡り廊下棟に引き続き、ここでもアルミの屋根を採用しました。ともに塩害を受けやすい場所であり、耐候性に優れたアルミは適材適所であると考えたからです。また、工場でユニット化されたものを現場に搬入し、それをボルトで締結するシステムであるため、効率的で、施工性に優れていることも採用理由となりました。渡り廊下と異なる点は、屋根を支える構造部分です。渡り廊下は開放性が重視されるのでコンクリートの柱の上にアングルを渡し、そこにアルミの屋根を掛け渡しました。それに対して今回は駐輪場ですから、住棟からは自転車が見えず、かつ駐輪場からは視線のみが抜けるよう周囲にはコンクリートの腰壁を回しています。これを支える壁柱の上に梁背160mmおよび80mm、厚さ40mmのアルミ構造材を渡し、そこに屋根を載せています。同じアルミ屋根でも施設が要求する機能

によって取り付け方が異なるということとを、この2つの施設で示すことができたのではないかと考えています。

清田育男計画設計工房 清田育男氏

アルミ押出材だからできる軽くて丈夫な屋根

アルミ押出材は、組み合わせることで面材として利用することも可能です。ここで使われた部材はSUSオリジナルのパネルを形成するための部材です。アルミならではの軽さと高い剛性が実現しました。



金子塔 覆い屋

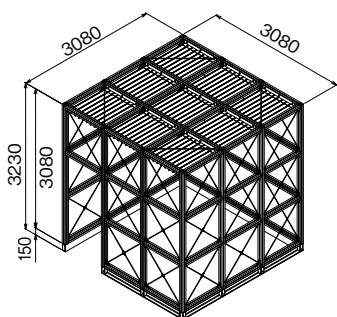


DATA

- 設計／(株)森緑地設計事務所 ●施工／(株)ロードサポート ●所在地／熊本県熊本市
- 納期／2013年3月 ●作業日数／搬入1日、躯体工事1日 ●寸法／W3.0m×D3.0m×H3.0m

金子塔の碑文には、9世紀に熊本市西部の斜面地に造営された池辺寺(国指定史跡)の来歴が記されている。倒木などから石塔婆を守ることが目的であるため、ガラスははめられていない。

山の中であっても人力で部材を運べる



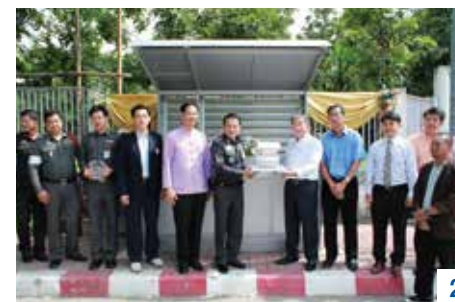
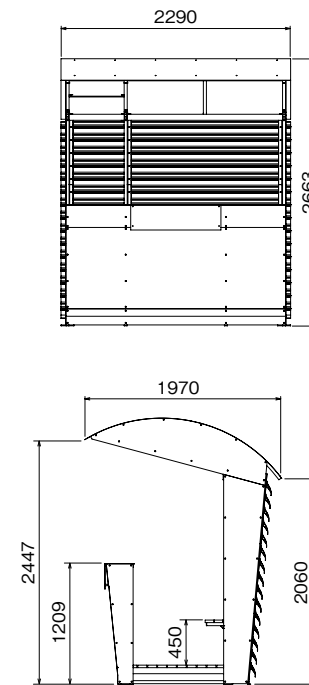
熊本市観光文化交流局文化振興課
本田 澄代氏

現場が山の中で建築部材の運搬、および建設を人力に頼らざるを得ないことから、軽量かつボルト・ナットで接合ができるアルミフレームを提案させていただきました。

1337年に建立された金子塔と呼ばれる石塔婆(市指定有形文化財)を保護する目的で計画されました。

①自然林の山中で車両が入らないため、人力運搬可能で現場作業およびメンテナンスが簡易である、②文化財である石塔婆と差別化が図れるデザイン、素材である、③保護するための強度がある、という3つの条件を満たすものとしてエコムスを採用しました。自然林の中で違和感があるかと心配していましたが、シンプルなデザインで何ら問題はありませんでした。また、さまざまな作業制限がある中で、問題なく短時間で作業が終了したことに満足しています。

スモール・ポリス・ボックス (タイ・チェンマイ)



1／ポリス・ボックス外観。2／8月30日のオープニングセレモニー。チェンマイ交通警察からSUSに記念のトロフィーが授与された。

DATA

- デザイン／Chiang Mai University
- 実施設計・製作／Standard Units Supply(Thailand) Co., Ltd.
- 所在地／Chiang Mai, Thailand
- 基礎施工／2013年8月7日
- 本体施工／2013年8月9日(2棟とも)
- 寸法／W2.29m×D1.97m×H2.663m(外寸)

アジアの街並みに一石を投じる公共デザイン

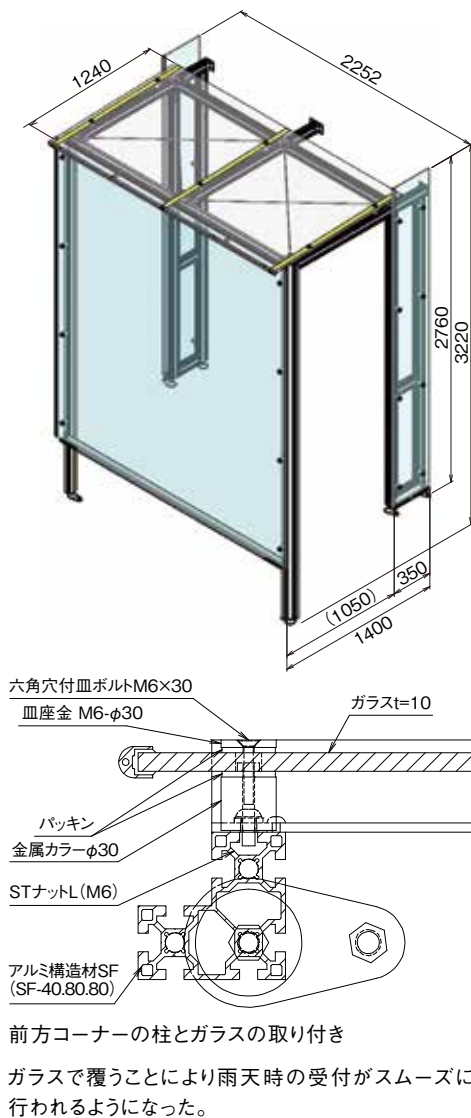
このスモール・ポリス・ボックスは、日本という交番とは異なり、道路に出て交通整理を行う警察官が待機するための施設です。

バンコクをはじめタイの主要都市には、このようなポリス・ボックスが設置されています。今回、設置された2棟のアルミ製ポリス・ボックスは、チェンマイ大学建築学部 of 学生を対象として2012年秋に行われたデザインコンペティションで選ばれた提案を元に、タイのSUSが設計、製作したものです。タイのシリキット王妃の誕生日が8月であることから、8月9日に設置、30日に式典が開催され、SUSよりチェンマイ交通警察に寄贈されました。

警察からは視界が良好で風通しもよく、デザインも美しいとの評価がありました。また、大学からは「このポリス・ボックスができたことで、街がきれいで住みやすくなった」との言葉もいただきました。

産(SUS)、学(大学)、官(交通警察)が一体となつて取り組む初めての機会であり、社会貢献という意味でも、SUSの製品が一般の人の目に触れる機会が増え、企業としての知名度が向上したという意味でも重要なプロジェクトとなりました。

不二家 埼玉工場 守衛室改修



工場のエントランスに清潔感



改修する前の守衛室。

守衛室の受付部分を機能的で清潔感あふれるものにしたことの意向から、アルミフレームとガラスによる風除室を提案させていただきました。

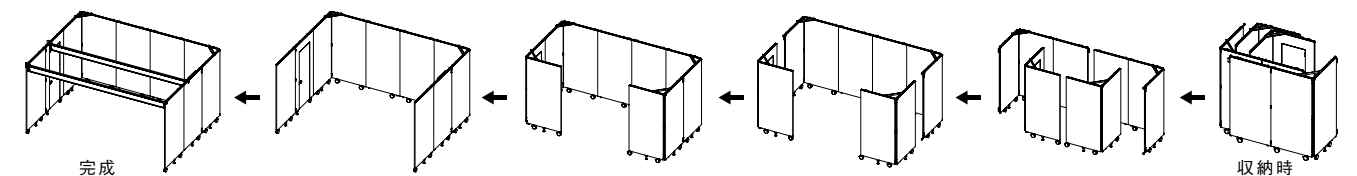
工場の顔として、お客さまや従業員の方々に好感を持っていただけの受付にしたいとの意向から守衛室を改修することになりました。雨・風への対応といった機能面はもちろんのこと、透明感のあるデザインとフォルムが求められたことからエコムスを採用しました。改善計画に初期段階から関わってもらうことで、既存建屋との取り合いなどの面で、きめの細かい処理ができたと感じています。

ヤマザキエンジニアリング 茅島高宏氏

可動式受付ブース 正覚寺別館たちばな



足元にはキャスターが取り付けられており、組み立ててからも移動が可能。



アルミの軽さで可動機構が実現



正面外観。梁にはアルミパイプ構造材GF(GFF-201)が使われている。

アルミ以外の選択肢はないといっても過言ではないように思います。

葬儀や年回法要など、仏教行事が行われる際の受付ブースです。東京都目黒区に建つ正覚寺に納入しました。仏教行事のたびにブースの出し入れを業者に依頼する手間を省きたい、という要望をいただき、製作しました。使用時には幅約4m、奥行き約3m、収納時には幅約2m、奥行き1mにまで小さくすることができ、組立可能なブースです。その仕組みを解く鍵は、幅1m、高さ2.1m、厚さ46mmのアルミパネルにあります。アルミパネル2枚でL字を構成するパーツが2つ、パネル3枚でL字を構成するパーツが2つの計4つのパーツに分解でき、バタパタと折り畳むことで、コンパクトな収納が可能になったのです。

設計者がアルミを希望されたのは、その軽さと可動機構が設計可能なためです。建物の外壁と庇に合わせたシャープなデザイン、かつ容易に移動できるということを考え合わせれば、アルミ以外の選択肢はないといっても過言ではないように思います。

1.はじめに

前回は、FEM解析の前段として、解析の基本知識、幾何学的線形・非線形、材料の線形・非線形について説明をしました。今回は、「嵌め合い」の解析をいきなりFEMで行うのは難しいので、その前に簡単な例題として梁のFEM解析を行い、FEM解析とはどのようなものであるか、イメージを理解していただくことにします。ついでに、梁理論の知識を深めます。

FEM解析はデータを入れれば何らかの答えが出ます。しかし、FEMの基本原理を知り、その上で適切にデータを入れなければ、当然、正しい結果は得られません。ですから、FEMの勉強から始めるのが本来です。しかし、それは大変です。そこで、FEMのイメージだけお伝えし、実際の使用で問題になる要素分割を中心に情報を提供します。

FEM解析の汎用プログラムは多数市販されていますので、それらを使用

します。まず、解析する構造物の形状データを入力する必要があります。最近のソフトはCADと連動していますから、入力は比較的簡単です。次に、解析するために要素分割するので、これも自動分割（自動メッシュ）ということもある機能がありますから、簡単に言うことができます。ここで言う簡単とは、昔に比べ簡単ということ、単純に簡単、能力を必要としないという意味ではありません。

なぜ、解析するために要素に分割するのかといえば、連続体を連続体のまま解析することが難しいからです。難しいことを単純にするため、連続体を、荷重と変形の関係がわかっている「ある大きさの要素」の集合体に置換するわけです。FEMは「Finite Element Method」の略語です。この日本語訳が有限要素法です。「ある大きさの要素」の集合体になると前述しましたが、「ある大きさの要素（有限要素）」が「Finite Element」の日本語で

す。このことを、連続体を離散系にすると言います。そうすることで、連続体全体を、変位を未知量とした連立方程式で表現できます。この連立方程式を解けば変位が求まる。変位がわかればその変位を用いて応力が求まる。と、このような理屈です。これで、連続体の変位と応力が求まることになります。

たような微妙な解析はできない、ということ。また、集中荷重は構造的に特異な状態です。解けば答えは出ますが、得意ではありません。応力集中の問題も同様で、解析結果をよく吟味する必要があります。ですから、何でも解けるといつても、実際には何も解けるわけではありません。解くためには工夫が必要です。アルミの押し出しと一緒に、日常的な会話としては「どんな形でも押し出せる」と言いますが、実際には何かと制限があることは皆さんがご存じの通りです。

2.梁理論の復習

梁の設計は日常的に行う設計で、きわめて簡単な作業です。この簡単な梁の設計を「いつもの方法」ではなく、あえてそれより高度なFEM解析を行うとどうなるかです。同じ結果になるのであれば、簡単な方がよいに決まっています。従って、あえてFEMで

解析する必要はありませんが、梁理論が正しいことを証明することができます。FEM解析等の解析を数値解析と呼びますが、数値実験という言い方をする場合もあります。ここであれば、梁理論を検証するための数値実験と位置付けられます。

日常的に行っている「いつもの方法」とは何か。梁は立体（連続体Ⅱ3次元）であるにもかかわらず、線材（1次元）として扱われます。立体がなぜ線材（材軸）で表現できるかといえば、仮定を設けているからです。どのような仮定かご存知ですか。線材にするための仮定は3つあります。

- ① 梁の幅方向に応力は一定
- ② 平面保持
- ③ 法線保持

①は幅方向の応力は一定と考えることで、幅方向の次元がなくなります。②は変形前に平面だった断面が変形後も平面である、という仮定です。すなわち、平面を保ったまま断面が回転するだけ、という意味です。③は、法線（材軸に直角な線）は、変形後も法線のまま、すなわち、変形前に材軸に直角だった断面は変形後も直角のまま、という意味です。②と③の仮定を採用することで、梁の高さ方向の応力分布

を材軸のたわみで表すことが可能になります。高さ方向の次元がなくなります。この結果、3次元である梁を1次元の線材として扱うことが可能になるのです。

これらの仮定を用いた梁理論をベルヌーイ・オイラーの梁といいます。それは、この仮定を用いない梁理論は存在するのかを知りたくなります。結論は、「たくさんあります」です。例えば、上記の③を外した梁理論があります。この理論をティモシェンコ梁といいます。ベルヌーイ・オイラーの梁は、曲げ変形だけを考慮した梁理論で、せん断変形を考慮していません。一方、せん断変形を考慮した梁理論が、ティモシェンコ梁で、曲げ変形とせん断変形を考慮した梁理論です。

①～③は仮定ですから、厳密には正しくありません。しかし、このような仮定を用いることで、たわみと応力度をおおむね正しく、かつ、簡単に求めることができますから、非常に便利です。

3.FEM解析

梁をFEM解析することで、前述の3つの仮定が妥当なのかどうかを評価します。図1に示す梁をFEM解析します。

断面は幅b×高さh=100mm×200mm

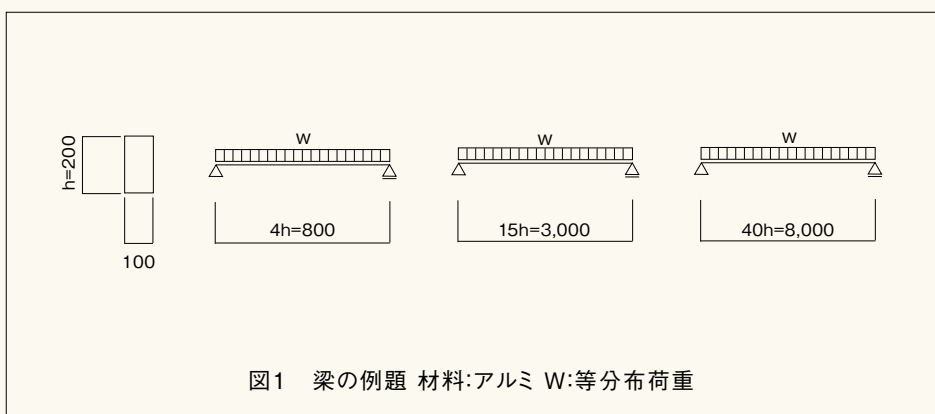


図1 梁の例題 材料:アルミ W:等分布荷重

のアルミの塊です。梁の長さは、梁背の4倍、15倍、40倍と3種類を考えました。これは、スパンの違いにより曲げ変形とせん断変形の割合が違う、すなわち梁の変形性状が違うことを見るためで、特に、4、15、40に意味はありません。スパンが小さければせん断変形の割合が大きく、スパンが大きければ

4.要素分割

FEM解析では、解析する部材を要素に分割します。分割すれば何でも解析できるのですが、問題はどの程度に分割すればいいのかです。粗い分割と細かい分割では答えが違います。ある一定以上に細かく分割すると答えは一定になってきます。ですから、適当に分割すればよいのではなく、この一定になった分割が妥当な分割となります。

FEM解析の実態は、要素の変位を未知数とした連立方程式を解くことです。これがパソコンでの計算時間を支配します。細かく分割することは正しい答えを得るためには正しい選択です。しかし、計算時間は長くなります。ですから、計算時間を短縮するためには、粗く分割することが正しい答えです。こうすることで、連立方程式のマトリクスを小さくできますので、計算時間は短くなります。

大きな構造物だと解析の所要時間

が24時間などということも生じます。こんなに時間がかかつては納期を守れない。解析時間を短縮しなければならぬ。そのためには粗い分割でもよいではないかと考えたときです。この時に、相手がまともな人であれば、解析結果を見ながら、「要素の大きさは妥当ですか？」と聞いてきます。本来は、要素分割の妥当性を検討してから本格的な解析に進まなければならないのですが、時間の制約からこの検討をサボる。そして、適当に分割したモデルの解析結果を提出し、この質問を受け、答えられない、となります。相手はこちらを出来の悪い信用するに値しないエンジニア

ニアであると評価し、気まずい雰囲気になります。こうならないために、こちらも知識と対策を身に付けておく必要があります。できることならば、分割について質問をされたら、よく聞いてくださいました、となりたいものです。

分割の大きさは均等である必要はないので、応力勾配が急なところを細かく分割し、なだらかなところは粗く分割することも可能です。こうすることで、未知数を少なくしながら必要箇所は細かく解析することができます。解析時間の短縮にもつながりますから、合理的な考えです。また、FEMは出力のデータ量が多いので、未

知量を減らすことはこの観点からも有意義です。

5. 分割の影響

図2は梁の分割数と梁中央たわみの関係を示したグラフです。これを見ると、梁のスパンに関係なく分割が細かく(多く)なるとたわみは一定になることがわかります。逆に言えば、分割によって答えが違う、分割が粗いと答えが正しく得られない、という事実を知ることができます。分割により答えが違うのですから、分割は適正に行わなければならない、どの程度に分割

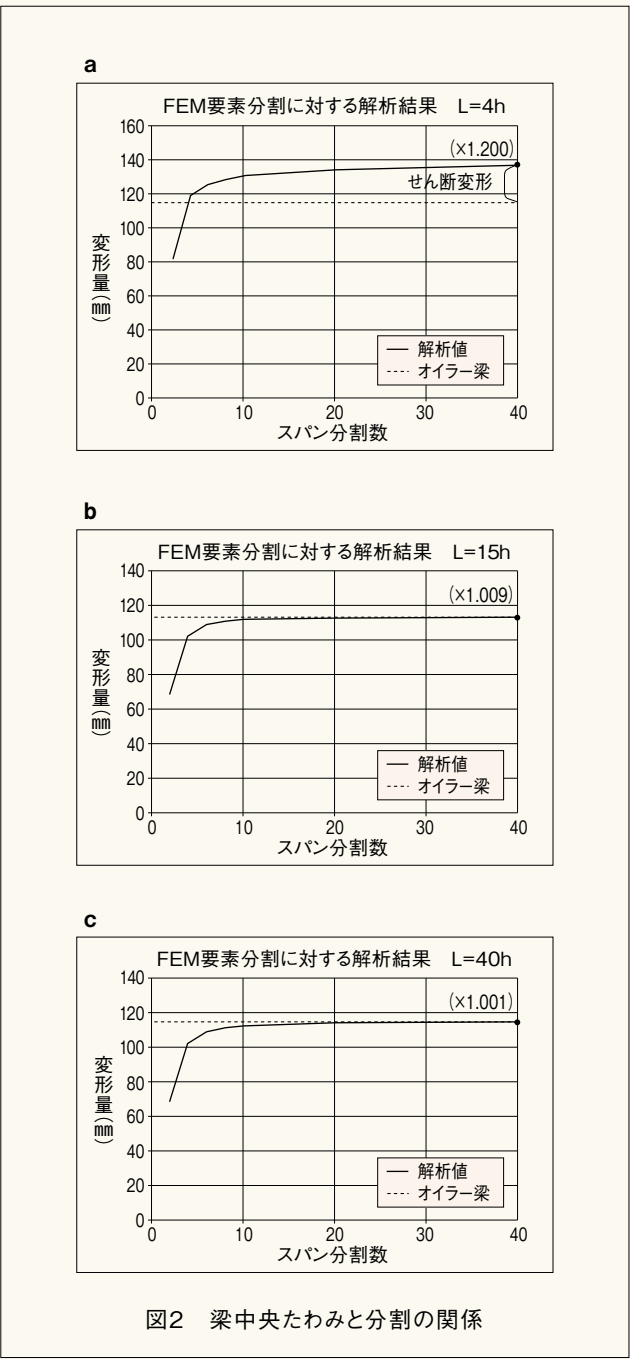


図2 梁中央たわみと分割の関係

すればよいのかは、図2に示すような検討を行えばわかります。以上の知識があれば、「分割は適正か？」との質問が適切な質問であることがわかり、かつ回答も可能になります。

分割が粗い方が変位は小さく、分割が細かくなると変位が大きくなり、収束しています。分割により変形が変わることはわかりましたが、なぜ分割が少ない(すなわち要素が大きい)と変位が小さくなるのです。また、なぜ分割を細かくすると収束するのかです。それらの理由は以下のとおりです。

FEMは、構造物全体の変形を要素の変形で表現することはすでに述べました。この要素の変形に問題があります。要素が考慮している変形が実際の変形をすべて網羅していない。すなわち、変形に漏れ(ズレ)があるのです。この漏れ(ズレ)の分だけ要素の変形の方が実際の変形より少なくなります。すなわち、要素の方が剛になっているのです。

別の言い方をすれば、実際の変形を要素が拘束していることになります。この拘束の程度は、要素が大きければ大きいほど大きくなります。従って、要素が大きいと実際の変形より小さく計算されることになります。要素を細かくすれば、近似が進みますので、このズレがゼロに向かいます。その結果、答

えは実際の変形にどんどん近づきます。当然のことながら、細かく分割すると、正解に近づくのであって、ほとんど変位が大きくなり続けるということではありません。

以上の理由で、細かく分割する方が変形は大きくなり、かつ、変形が収斂することになります。ちなみに、要素の変形が完全に正しければ、要素分割が粗くても正しい結果が得られることになります。従って、優秀な要素を使えば分割を粗くすることが可能で、素朴な要素を使えば、分割を細かくしなければ正解に近づかないことになります。さらにいえば、要素で考慮されていない変形は、そもそもその変形が存在しないので、分割を細かくしてもしなくてもしても、求めることはできません。

ですから、何を解くかによつて、分割も適切に行わなければならないし、使用する要素も適切に選択しなければならない、ということなのです。

6. スパンと変形の関係

スパンの違いによる変形性状の違いを見ることができます。ベルヌーイ・オイラーの梁とティモシェンコ梁の概念、すなわち、曲げ変形とせん断変形の概念を手掛かりに考察します。ベルヌー

イ・オイラーの梁は曲げ変形しか考えていませんが、ティモシェンコ梁はそれに加えてせん断変形も考えています。従って、ティモシェンコ梁の方が変形を余分に考えているので柔らかいモデルになります。その結果、ティモシェンコ梁で解いた方が変形は大きくなります。通常は、曲げ変形によるたわみを計算し、せん断変形によるたわみを考慮しません。それは、スパンが長くなると曲げ変形が卓越し、せん断変形を無視できるようになるからです。

この常識が正しいことは、図2を見ればわかります。破線がベルヌーイ・オイラーの梁理論によるたわみで、実線がFEM解析結果です。破線と実線の差がせん断変形によるたわみです。スパンが4h=800mmの場合は差が大きく、15h=3000mmの場合はほんの少

しで、40h=8000mmになると完全に一致しています。スパンが大きくなるとせん断変形が少なくなったり、なくなったりするわけではありません。せん断力が作用すればせん断変形するのですが、曲げ変形が卓越するので、相対的にせん断変形が小さくなって、無視できるほど小さくなる、ということです。

以上から、通常のスパンの梁であれば、せん断変形を無視して、ベルヌーイ・オイラーの梁としてたわみを計算

すれば妥当な答えが得られます。何も考えないで、機械的に梁のたわみの計算をしているのはエンジニアとしてよくない態度です。こまごま述べた思考プロセスがあり、その結果、せん断変形を無視することが可能であると判断し、梁のたわみをベルヌーイ・オイラーの梁として計算しているのですよ、と言いたいものです。

7. 平面保持の仮定

図3の梁の変形を眺めると、変形前に平面だった断面は変形後も平面のように見えます。こうであれば平面保持の仮定が成立しているようです。ただし、ここで使っている要素が素朴な要素なので、こうなったのかもしれないが。

8. 法線保持の仮定

法線保持の仮定が成立しているかどうか、解析結果の図を見てみます。論理的には梁にせん断力が作用しているのですから、必ずせん断変形は生じているはずですが。

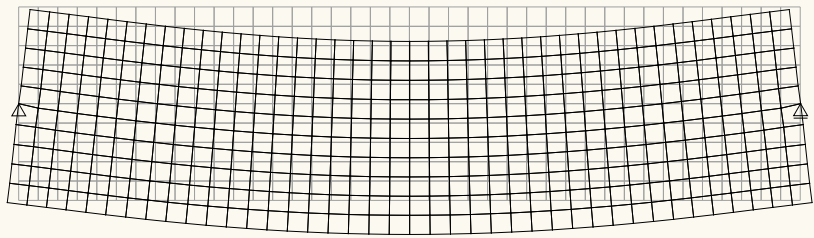


図3 梁の変形 スパン15h=3,000

PRESENT応募&資料請求アンケート

**Q3. 購入予定のあるアルミ建築システム・家具など
ありましたらご記入ください（記号でお選びください）。**

- A. tsubomi (ツボミ)
B. t² (ティーツー)
C. アルミテントハウス
D. ルーバーほか建築部材
E. グリッドシェルフ
F. 家具 (グリッドシェルフを除く)
G. その他 ()

Q4. エコムスの製品を使ってみるとしたら、
どのような使い方をお考えですか。

- A. 住宅・店舗ほか一般建築
B. 待合室・喫煙ブース
C. イベント・ディスプレイ
D. 外装材・エクステリア
E. 家具・インテリア
F. その他()

資料ご請求（ハガキに○印をお付けください）

- | | |
|------------------------|----------------|
| A. t ² カタログ | J. ecoms No.28 |
| B. Louver カタログ | K. ecoms No.29 |
| C. Furniture カタログ | L. ecoms No.30 |
| D. ecoms No.22 | M. ecoms No.31 |
| E. ecoms No.23 | N. ecoms No.32 |
| F. ecoms No.24 | O. ecoms No.33 |
| G. ecoms No.25 | P. ecoms No.34 |
| H. ecoms No.26 | Q. ecoms No.35 |
| I. ecoms No.27 | R. ecoms No.36 |

PRESENT応募&資料請求アンケートハガキ

Q1. 本誌をどのように入手しましたか？（ひとつお選びください）

- A.送られてくる B.イベント会場 C.知人より D.その他()

Q2. 本誌をご覧になったのは？

- A. はじめて B. 2 回目 C. 3 回目以上 D. すべて見ている

Q3. 購入予定のあるアルミ建築システム・家具などは？

- | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| A | B | C | D | E | F (|
|----------|----------|----------|----------|----------|------------|

Q5. ご意見・ご要望

--

資料ご請求	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

★必要事項をご記入ください

ふりがな		年齢	ご職業
お名前			A. 建築業 B. 設計事務所 C. 家具・インテリア D. 製造業 E. 広告・マスコミ F. その他の会社 G. 公務員 H. 主婦 I. 学生 J. その他
会社名	部署		
ご住所（会社・自宅）〒 -			
TEL（ ） -		FAX（ ） -	
E-mail：			

ecomS37号 ご協力ありがとうございます

プレゼント応募に限り 2014年4月25日 締め切り

ecoms 37

PRESENT応募&
資料請求アンケートハガキ

**ecom37号をご覧いただき、
ありがとうございました。**

いつも本誌をご覧いただき、ありがとうございます。

左記アンケートをお答えいただいた方の中から抽選で10名様に、弊社の代表的なアルミ構造材の1つ、SF2-60・60・2S(100mm)にフレームキャップを添えてお送りします。アルミの質感を手にとってお確かめください。利用方法はさまざま。オブジェとして、ペーパーウエイトとして、鉛筆立てとして、思い思いの楽しみ方を見つけてください。

皆さま奮ってご応募ください。当選者の発表は、商品の発送をもって代えさせていただきます。

現在、『eoms』21号以前の冊子は在庫がありません。

WEBよりバックナンバーをダウンロードいただけますので、
こちらをご利用ください。

WEB ecomsサイト

<http://ecom.sus.co.jp>

アンケートプレゼント



アルミ構造材 SF2-60・60・2S(100mm)

「接合部の設計」 | 続き5「嵌め合い」による接合 | その3 FEM解析

アルミ構造設計入門

9. 応力分布

次に断面の応力分布について考えます。図4に示すような直線分布になります。図4に示すような直線分布になっています。平面保持が成立していれば、応力分布が直線になるので図3からこのようなことは予測できます。

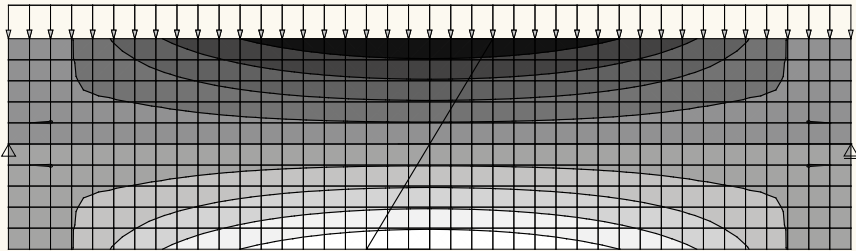
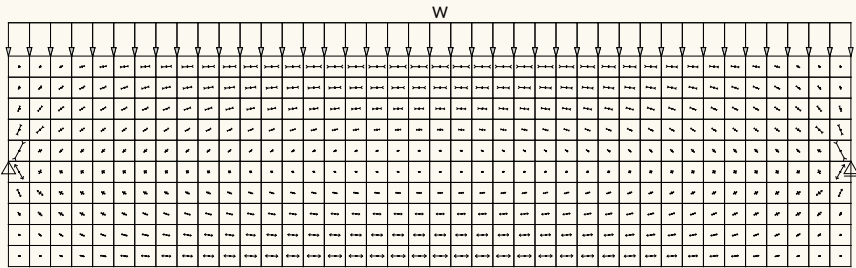


図4 材軸方向の応力図

10. 結び

このFEM解析の結果によれば、梁理論の仮定は妥当なものと評価できます。というより、FEM解析よりはるかに簡単に梁の変位と応力が求まりますので、梁理論のすばが改め



主応力図 荷重から支点に向かって流れていることがわかる

て理解できます。要素を変えたらどうなるか。H形断面のフランジでも応力分布は幅方向に定になるかなど知りたいことや、検証したいことはたくさんありますが割愛することになりました。

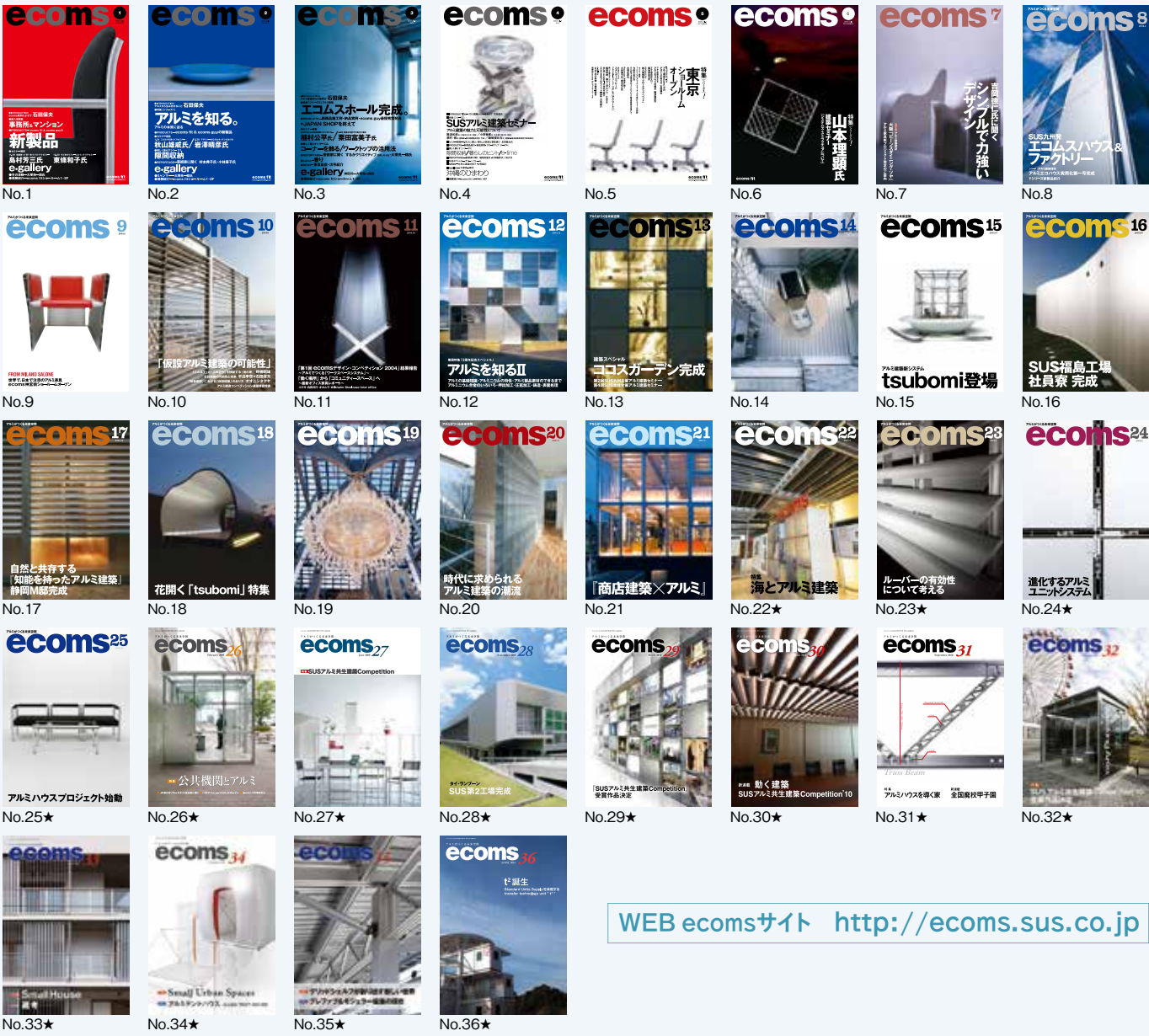
以上の説明でFEM解析の雰囲気は伝わったでしょうか。これら以外にも要素もいろいろありますので、どの場合にもどのような要素を使用するのか、境界条件をどのように考えるのかについても説明が必要なのですが、別の機会に譲ることにいたします。

正しいのかを説明できません。

F E M解析は便利なので日常的に汎用解析ソフト（今回はM A I D A Sを使用）を使用する機会も多いのですが、F E Mの中身を知らないで使うことは問題です。F E Mソフトの中身は完全にブラックボックス化され、何が何だかわかりません。とにかく、データを入れれば答えが出てきてしまっています。できることならば、要素とは何か、連立方程式をどのように解いているのか、境界条件、などなどについてF E Mの勉強をして、内容をわかって使用することが望ましいことは言うまでもありません。そうでないと、とんでもない間違いをする可能性が高まります。大きな誤解や間違い、大失敗をする前に勉強をすることをお勧めします。

今回のこのような簡単な解析でも、事務所内でなぜこんな結果が出るのか、こうなるはずではないか、などと議論になりました。例題を解析しているうちに、検証したいこと、解析したいことが出てきたのですが、制限時間もあることなので、この範囲であれば正しいのではないかというレベルで原稿をまとめました。ということ、解析結果に異論がある方もいらつしやるかと思いますが、FEM解析の雰囲気は伝わればいい程度とご理解いただければ幸いです。

SUS発行 情報誌シリーズ



★印はバックナンバーがごございます。

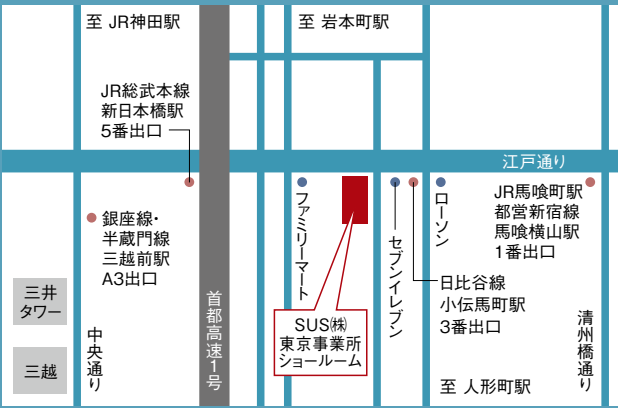
WEB ecomサイト <http://ecom.sus.co.jp>

エコムス・ショールームのご案内

「百聞は一見に如かず」。アルミの有効な活用術を発見するには、実際に「モノ」を見て、触れて、動かして、ご自身で確かめていただくのがもっとも早く確実な方法です。そのため、SUS東京事業所にはエコムス・ショールームを併設し、アルミ構造材シリーズ、建築システム、建築部材、家具といった「モノ」をリアルに体感いただける場をご用意いたしました。ご希望の方は、下記までご連絡(電話・メールとも可)いただき、ご相談の内容、ご都合の日時をお伝えください。ショールームご見学は予約制です。

SUS株式会社 東京事業所 ショールーム

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町1-7 スクエア日本橋3F
電話番号：03-5652-2393 メールアドレス：ecom@sus.co.jp
営業時間：月～金(9:00-17:00)
担当:エコムマーケティングチーム



NEXT ISSUE

次号予告

2014年5月発行予定

特集

ecomの考える鉄骨造

次号38号では「ecomの考える鉄骨造」を特集として取り上げます。2012年11月、「Standard Units Supply(標準化された製品をユニット化して供給する)」ことを目的に完成させた¹実験棟において、鉄骨は、本号特集で取り上げた基礎同様、工場生産、規格化、リユース可能、工期短縮といった側面での追求が徹底できなかった部分からです。²実験棟の鉄骨造を振り返ることで露わになった問題点を検証しながら、ecomが本当に望むべき鉄骨造のあり方を探ってみたいと思います。



ecom 37
PRESENT応募&
資料請求アンケートハガキ

ecom37号をご覧いただきまして、
ありがとうございました。
プレゼント応募に関する詳細は、
P56をご覧ください。

■個人情報の取り扱いについて
ご記入いただく情報は、「製品およびサービス並びにそれに関する情報の提供およびご提案」「統計資料の作成」「製品・サービスおよび利用に関する調査、アンケートのお願いおよびその後のご連絡」に使用させていただく場合がございます。

PRESENT応募

アンケートに答えて
「アルミ構造材SF2-60・60・2S」
をもらおう!



郵便はがき

1 0 3 8 7 9 0

9 5 2

日本橋局
承 認
8287

差出有効期限
平成27年2月
28日まで

一切手不要一

(受取人)
東京都中央区日本橋小伝馬町1-7
スクエア日本橋3F
SUS株式会社
「ecom 37号」
アンケート&プレゼント係行