

AF Forum【第14回】 わかりやすい木構造の魅力

日時: 2016年8月30日 17:00-19:00
場所: A-Forum レモンパートⅡビル5階
フォーラム終了後懇親会

コーディネーター: 神田 順
パネリスト : 山辺豊彦(構造設計事務所)
山田憲明(構造設計事務所)

第6回フォーラムで「伝統木構造を生かす道」と題して、いくつか気になるテーマを掲げて議論した。社会制度上の問題点も多く、簡単に答えがみつからないことは、予想していた通りであり、やや理念的な議論に偏した。我が国が多くの森林を抱えていることを思うと、いろいろな意味で、わかりやすさが普及にとって必要ではないかと考え、今回は、より具体的な形で議論が交わされることを企画した。

木の家に住もうと思う人に対して、どこが魅力と考えるか。その魅力に、職人が答えるための動機づけは何か。構造的な利点をどのように語るができるか。金物を用いないことが、どう良いのか。自然素材へのこだわり、集成材でなく自然の木を使うことが、どう良いのか。などについて、具体的にわかりやすく語れることは、専門家にとっても大切な視点である。

話題のきっかけとして、釜石市唐丹小白浜における具体的なプロジェクト、120m²階建ての木造、事務所兼住宅を紹介する。設計は、(株)唐丹小白浜まちづくりセンターの神田順+西一治+鈴木久子、施工は、鶴岡市の棟梁、剣持猛雄が担当しており、6月に着工し、まもなく現地において建て方に入る。耐震の主要素としては、板倉工法(落とし板壁)を、また室内に見えるように格子壁を設置している。柱梁の組み方は、基本的に棟梁の判断によっているが、貫構造としての水平抵抗力もある程度は期待できると考えている。

パネリストとしては、長年にわたり木構造の設計に従事されてきたお二人に、「魅力」と「わかりやすさ」を木構造建築のキーワードとして話題提供いただく。持続可能性という意味での利点はあげられるが、一方で、地域の木の活用、自然乾燥、大工による仕口加工、コストなど現実の問題点も少なくなく、需要の減少は、すでに深刻な状況にある。これからも、自然な形で、大工職人による、大量生産品でない木の架構が、ある程度の供給を確保できるようにするための共通の知見とそれに基づく戦略を、見出すことをねらいとしたい。

神田 順

木構造のコンセプトとデザイン

はじめに

構造物をつくることは、目的とする「かたち」や「性質」を実現するために、「素材」同士を「接合」していくことに他ならない。例えば、高く聳えることで電波をより遠くまで円滑に飛ばす鉄骨造の電波塔は、鋼材という「素材」同士をボルトや溶接によって「接合」してつくられるし、人や車を支えながら障害物を越えていくための鉄筋コンクリート造の橋は、コンクリートと鉄筋という「素材」を一体打ちやプレストレスによる圧着によって「接合」してつくられる。

様々な構造物の中でも、木構造は「素材」と「接合」の種類が他の構造に比べて圧倒的に多いことをご存じだろうか。スギ・ヒノキ・カラマツなどの多様な樹種の本木を、皮剥ぎ・製材・桂剥き・接着といった多様な方法によって加工し、丸太、製材、集成材、構造用合板、LVL、CLTなどの多様な「素材」が製造される。「接合」も、「縛る」「締める」「埋める」などの原始的な方法、木材を工具で切削加工して嵌め合わせる「嵌合」接合、接合具（釘、ねじ、ボルト、木ダボ等）や金物を使った接合、接着剤を用いた接着接合、事例は少ないがプレストレスを用いた圧着接合と多様な方法がある。

木は自然素材であるがゆえに、個体間の性質のばらつきが大きいだけでなく、水を多く含むために乾燥が必要で、得られる太さと長さ寸法も限られるといった構造材料としての短所を持つ。一方で、軽いために運搬がしやすく、適度な軟らかさによって加工しやすいという長所を持つ。古代から現代に至るまで、このような材料としての長短所を持つ木材を使って大きな構造物をつくるには素材と接合への苦慮と創意工夫が必要であったために、木構造の多様性が生み出されてきたことは想像に難くない。

素材と接合が多様であれば、必然的にそれらによって生み出される「架構」も多様になる。それは千差万別の構造でつくられた古今東西の木造建築を見れば明らかであろう。古代から現代に至るまで、同じ「木」という素材を使っている時代背景（社会的要求、技術、宗教、森林状況、生産システム、法令等）により、様々な木構造の建築が生み出されてきた。特に現代は百花繚乱の相を呈しており、一見木構造をつくりやすい環境が揃っているようにも考えられる。

しかし果たして実際にそうであろうか。選択肢が多ければ多いほど適切な取捨選択は難しくなり、多様化した要素技術を単に形式的に使っていただけでは、木構造の本質的な発展にはならないのは明らかである。現代こそ、生産環境や計画条件を見据えた然るべきコンセプトを設け、適切な「素材」「接合」を用いた「架構」のデザインが求められている。そしてこの要求には、個々の建設プロジェクトにおいて課題や目的を持って木構造デザインを追求し続けることによってのみ応えることができるのだろう。そこで現代の我々が考えるべき木構造についての4つのテーマ、①「伝統」を見直す ②「地域性」を活かす ③「つくり方」を考える ④「大空間」への挑戦、を設け、関連したプロジェクトを紹介しながら、今後の木構造を考えていきたい。

1. 「伝統」を見直す

日本では古代から木構造の建物が多く建てられてきた。それらは現代では「伝統木構造」と呼ばれ、現存し価値の高いものは文化財建造物として大切に保護されている。これらの伝統木構造をつくりあげてきた日本の大工棟梁は、木の特性や建設環境を踏まえつつ高度な技術を持って建築工事を統括し、日本の建築文化を継承する者として尊敬されてきた。多様化した現代の木構造においても伝統木構造の考え方や技術が礎となっている。しかしながら、近年は生産システムの変化や経済的な理由から大工の知見や技術が発揮される機会が少なくなり、その数を急激に減らしつつある。

このような状況の中、現代に取り組むべき課題は、伝統木構造の特性を工学的に捉えて伝統建築の保存や新築に生かすこと、更にこれらの要素技術を活かして現代建築へ展開し、生きた技術にしていくことである。これらのテーマに関係する2つのプロジェクトを紹介する。

1.1 大洲城天守「伝統木構造の接合部を評価する」

設計者：三宿工房、竹林舎、前川建築研究室 竣工：2004年

四層の城天守（高さ19.15m）を木造で復元した事例である。当初のものは明治維新後、1888年（明治21年）に解体されたが、奇跡的に天守の雛形模型と外観写真が残っていたため、原型に忠実な復元が可能となった。天守の骨組は、巨大な柱と梁を嵌合接合することで剛接合でもピン接合でもない「半剛節ラーメン」を構成して耐震性を発揮すると考えられている。構造設計では嵌合接合の構造特性を評価していくことが最大の課題であった。

針金を強く曲げても元に戻るが、割箸は折れて元に戻らないことから想像できるように、木材は鋼材に比べると脆い材料である。だが、ひとつだけ脆性破壊しない部分がある。それは木材繊維直交方向の圧縮特性である「めり込み特性」と呼ばれるものである。木材を横にして強く押すと軟らかく、どんどんめり込んでいくが破壊に至らないという木材特有の特性である。嵌合接合の評価には、このめり込み特性の評価が不可欠である。設計当時、既往の研究がほとんどなく困っていたところ、唯一体系的に研究されていた現東京大学農学部の稲山正弘教授の知見を得ることができた。これによってはじめて各接合部のモデル化が可能になり、本天守の構造設計が実現した。モデル化の整合性を確認するために実験も行っている。

その後このめり込み特性は更に研究が進んで設計式がまとめられ、近年は実務に使いやすい環境となっている。



写真 1-1-1 大洲城天守外観



写真 1-1-2 大洲城天守内観

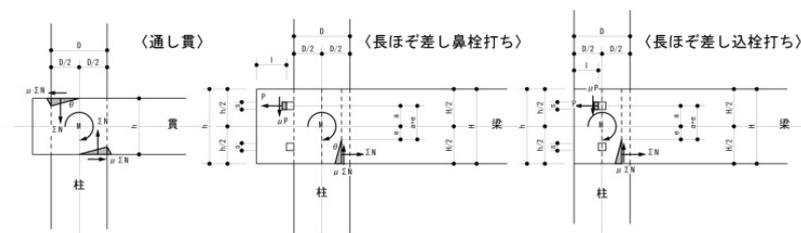


図 1-1-1 めり込み特性を用いた嵌合接合部のモデル化

1.2 国際教養大学図書館棟「木と鉄と伝統的大工技術でつくる」

設計者：仙田満+環境デザイン・コスモス設計共同企業体 竣工：2008年

半円形平面・段状断面を有する 24 時間オープンの本図書館は、国際教養大学の中枢施設として 2008 年に建設された。構造計画上の主要条件は、プロポーザル要項にあった秋田県産木材多用と、図書館としての遮音性と水密性、広大なフラットルーフの 150cm 滞雪性能、ルーフ段差・外周部の水平スリット状ハイサイドライトの開放性、半円筒形大空間のバランスであった。地域材の有効利用を考え、秋田杉の 150~180mm 角、長さ 4m の芯持材を組み合わせる設計であったが、いくつかの柱部材は、業者の好意で最大 12m 長のを調達してもらい、空間のシンボルとなっている。これらの与件に対し、まず外周を RC 壁とし、入れ子状に秋田杉製材による放射状二重組立梁を配置した。二重組立梁は、又首（さす）梁と重ね透かし梁という適応スパンの異なる 2 種類の組立梁を縦に重ねたもので、大荷重・長スパンに対しても小径木の使用を可能としつつ軽快な架構を実現できるものとして考案した。二重組立梁は接合箇所が多くなるため、製作金物を用いるとコストアップや美観の問題があったが、伝統的要素技術である継手・仕口を用いて解決した。幸いにも大勢の大工の協力が得られ、ほとんど全ての接合部を手加工でつくることのできた。

放射梁が集まる円弧中心部では、混雑を解消しつつ梁スパンを短縮する目的で、中心から 2.5m 離れた位置に鉄骨円弧梁を配置して放射梁を受け、これを基礎レベルの円弧中心から傾けて建てた 6 本の杉 300 mm φ の柱で支持した。ルーフ段差・外周部では鉄骨フィーレンゲル梁と片持ち柱を配置することでハイサイドライトの開放性を獲得し、ルーフ段差部では 6 本の杉 360 mm 角の柱でフィーレンゲル梁を支持した。以上の構造のみでは積雪荷重時に生じるスラストによる変形が大きくなるため、屋根面に構造用合板を貼って構面をつくり、立体的に安定させている。



写真 1.2-1 国際教養大学図書館棟の内観
 (撮影：藤塚光政)

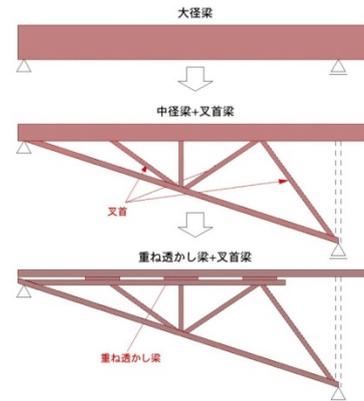


図 1.2-1 二重組立梁のスタディ

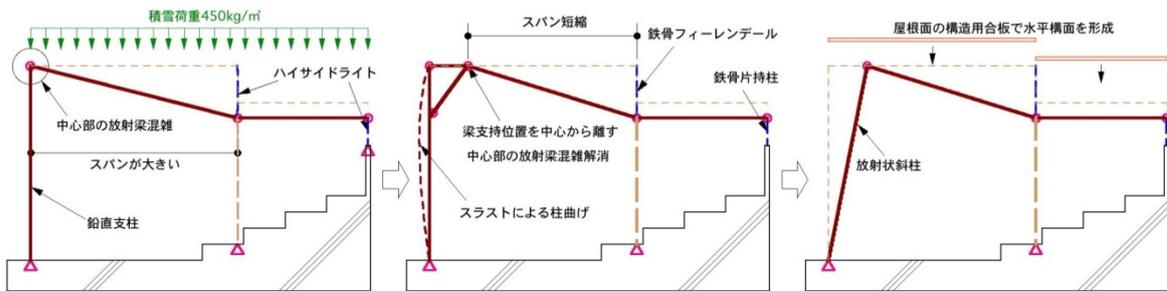


図 1.2-2 架構決定のプロセス

2. 「地域性」を活かす

RC 造や S 造建築とは違い、木造建築の生産環境（木材や加工方法）には大きな地域差がみられる。極端な例では、同じ県内の A 町では定尺製材と住宅用プレカット加工しかできないが、B 町では長大材の供給と大工手加工により自由度の高い木構造をつくれるような場合がある。更に木材は、森林の立木を伐採してから製品になるまでに乾燥等の多くの工程を経るために、納品まで膨大な時間がかかる。それゆえ木造のプロジェクトでは、まず地域の生産環境を把握して設計に取り込んでいくことが何より重要である。建物の規模が大きくなればなるほど短期間により大量の木材が必要になるため、生産者との対話の重要性は増す。これらの生産環境は、設計上の制約になるが、設計者が想定もしなかった地域の良質の木材や技術を掘り起こせることもあり、地域性を活かした木構造実現の要にもなる。

2.1 東北大学大学院環境科学研究科エコラボ「大学の木でつくる組立式ラーメン」

設計者：ササキ設計 竣工：2010 年

エコラボは「環境省エコハウスプロジェクト」を推進すべく、環境科学研究科のシンボルとして建設された木造 2 階建ての研究・教育施設である。1 階は中央エントランスホールの両側に講

義室、2階は中央ホールの周囲に10室の研究室が配置される。大学の演習林の杉を構造材に使うことになり、この木材で8m スパンの床、1階階高4.2mを有する延床約1000㎡規模の開放的な木造施設を実現するために、平角柱・ダブル梁・方杖・掘立柱による組立式ラーメン構造を考案した。150×360mmの平角柱を梁間方向8m、桁行方向2m間隔に建てて105×390mmのダブル梁で挟み、隅部に方杖を入れたシンプルな門型ラーメン構造で梁間方向の水平耐力を確保している。梁をダブルにすることで柱や方杖との接合を簡易にでき、隣接スパンへの連続梁や跳ね出しが可能になるとともに、梁継手を設けやすくしている。更に、4.2mもの階高を有する1階の水平荷重時応力・変形を低減するとともに、柱の座屈条件を改善するために、柱を基礎に埋め込む「掘立柱」にしている。桁行方向は、方杖の本数や高さ等入れ方を調整し、剛性をコントロールすることで水平力に対するバランスを確保している。



写真 2.1-1 東北大学エコラボの内観



写真 2.1-2 組立式ラーメンの建方

2.2 南小国町役場「地域材で庁舎をつくる」

設計者：仙田満+環境デザイン研究所 竣工：2015年

熊本県でも屈指の林業地域である南小国町で調達される太く長い杉材を素材のまま活かした構造を旨としている。このため、1000㎡以内にRC造防火壁を設け、構造材を化粧あらわしにしやすい一般木造にしている。

執務棟の屋根構造には太い製材を用い、梁間方向に2.7m間隔に配置した和小屋と洋小屋を融合させた三角トラス梁を、桁行方向に流した平行弦トラス梁で支える構成にすることで柱位置を限定させて、平面のフレキシビリティを確保している。更に現地の技術を活かして直径30～40cmの磨き丸太を柱として用い、柱脚部の掘立柱、頭部の貫・挿肘木とでモーメント抵抗させる木造ラーメンで地震力を負担させ、耐力壁のない開放的な執務空間を実現している。

対角約16mの半八角形平面を持つ議場棟では、元口径40cm、長さ12mもの磨き丸太を下弦材に使った登りトラス梁を放射配置し、別棟区画のRC造から持ち出した棟部トプライト部の細い三角管状鉄骨立体トラスでその中心部を支えることで、採光と融合した構造空間を実現している。



写真 2. 2-1 南小国町庁舎執務棟



写真 2. 2-2 南小国町庁舎議場棟



写真 2. 2-3 町内で調達された 12m の磨き丸太

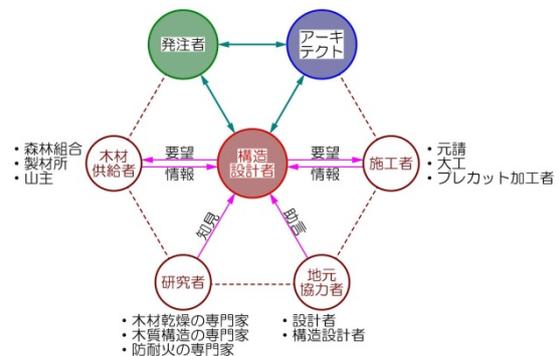


図 2. 2-1 地域性を活かすためのネットワーク

3. 「つくり方」を考える

上述のように、木構造には様々な木質材料や接合部があり、それらを用いて構成される構法も無限に考えられるはずであるが、大量に生産される戸建住宅等の小規模建築では、その都度、多様な素材と接合方法から特性を理解した上で最適なものを選ぶのが難しいため、素材や接合法を含めてシステムが体系化された構法（在来・伝統・2×4・丸太組等）が用いられることがほとんどである。

これら既往の構法を超えた構造を実践するには、一般的に新しい知見や技術等が必要になるが、新しい発想のもと、ちょっとした工夫で既往の技術の積み重ねで新しい仕組みをつくることも考えられる。

3.1 GFU「無柱無壁空間を実現する大屋根構造」

設計：NIIZEKI STUDIO 竣工：2012年

敷地は、狭い間口と深い奥行きを有する伝統的な長屋が立ち並ぶ歴史的な景観エリアにある。その一角に建てられた本住宅は、周囲の瓦屋根の建物に馴染むよう、通りに平を持つつ瓦葺きの切妻大屋根が5寸勾配で緩やかに架け渡されている。桁行3間×梁間10間

(5.46m × 18.2 m) の長方形平面の2階建だが、基本的に平屋の構造になっていて、大きな山形のワンルーム空間の中に1階の諸室が入子状におさまられている。室内に屋根まで到達する壁や柱はなく、大屋根の勾配天井面が梁間方向に18.2m連続している。

構造計画における最大の課題は、この無柱無壁の空間をいかに成立させるか、特に耐力壁の全く存在しない2階において水平力に耐える仕組みをどうつくるかである。そこで大屋根形状を生かして解決することを考えた。つまり、大屋根面に構造用合板(t=24mm)を貼り、基礎から立ち上げたRC独立壁と交錯する軒部分で強固にジョイントすることで、大屋根面を介して全てRC独立壁まで水平力を伝達させることとした。瓦屋根による鉛直力に対しては、柱60×120と母屋60×270で構成する薄い門型フレームを303mm間隔にして支えることで、造作と見まがうような連子格子状の軸組を実現している。柱は棟付近で細長比が過大になるが、サッシ継目位置でL-30×30×3を桁行方向に流して軒桁付近の短柱に繋ぎ、更に柱脚部に合板足固めを入れることによって座屈を抑えている。



写真 3.1-1 GFU 外観 (撮影：西川公朗)



写真 3.1-2 GFU 内観 (撮影：西川公朗)



写真 3.1-3 GFU 建方

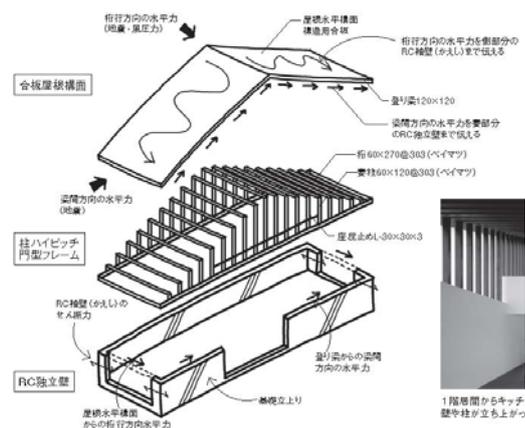


図 3.1-1 GFU 構造システム

3.2 竹林寺納骨堂 「105 角定尺材を並置・積層してつくる」

設計：堀部安嗣建築設計事務所 竣工：2013年

高知・五台山の頂上付近に広がる竹林寺の境内に建てられた納骨堂である。東側から樹木が生い茂る境内の道を歩いていくと、105mm角のスギ柱が林立する開放的なポーチがあらわれる。ポーチの先は2連のRC造打放しの細長い納骨室とその間の細い通路が続く。越屋根の水平連続窓から淡い自然光に照らされる静謐な通路を歩いていくと、終端の美しい水庭に辿り着く。

五台山の強烈な風雨に耐えられるよう、耐火性・耐水性・防犯性等が要求される2連の細長い納骨室を剛強なRC造の箱でつくり、その上に架け渡される木造の屋根架構にかかる荷重は全てRC部まで伝達される構造にしている。柱・横架材・板倉腰壁・木スラブ等で構成される木造部の各部材には、1995mmグリッドと柱位置の芯継によって、最も標準的な戸建住宅用木材であるスギ3.5寸正角2~4m定尺材を用いている。垂木と化粧野地板の役割を持つ木スラブは水平力を確実にRC造部に伝達する水平構面要素で、正角材を敷き並べてビスやボルトで一体化している。木スラブを支える桁と柱は丸鋼履ホゾとドリフトピンで接合され、最終的にRC部にアンカーすることで風吹上げに備えている。小屋根部水平連続窓は束柱を板倉腰壁で足固めをした独立柱構造である。



写真 3.2-1 竹林寺納骨堂 外観 (撮影: 堀部安嗣)



写真 3.2-3 竹林寺納骨堂 建方 (撮影: 堀部安嗣)



写真 3.2-2 竹林寺納骨堂 独立柱が林立するポーチ (撮影: 堀部安嗣)

3.3 ベラビスタ スパ&マリーナ尾道 メインダイニング エレテギア

「極小断面木材で屋根をつくる」

設計：中村拓志+NAP建築設計事務所 竣工：2015年

西側に瀬戸内海の美しい島々を見渡せる高台に建つ、尾道市のリゾートホテルに付属するレストランである。建物の大きさは東西方向3.6m×南北方向32.4mの平屋で、海岸に対して平行に細長く配置されている。屋根は5.5寸勾配の入母屋形式で採光のための越屋根がついており、木の乱尺葺きである。この美しい風景への眺望を室内になるべく取り込めるよう、外壁はすべてガラスカーテンウォールにしている。屋根を支える下部構造は、ガラスを通しての眺望を構造体が阻害することがないように極力細い部材でつくることが要求された。そのため、44mm角鋼を主にした溶接組立材によるフィーレンディールの柱と桁部材で架構を構成した。

一方、この下部構造が支える屋根構造は、梁間方向のスペンが2間と小さいため、構造用の流通木材で最も小さな90角や105角の木材で構成しても、下部構造の部材スケールからするとアンバランスになることが懸念された。そこで、一般には主要な構造材として利用されないほどの極小断面木材を組み合わせた繊細なトラスで屋根を架け渡すことを提案した。使用木材として想定したのは、根太や垂木などの羽柄材として使われる45mm角材及びその半割の22.5mm×45mmである。流通量の多い木材断面を選択することにより、大量の木材から良質な木材を安価に調達しやすくするという狙いもあった。また、上部構造の木材の部材断面寸法を下部構造の鋼材と揃えることで寸法体系を統一し、接合部ディテールの簡素化と構造空間の均質化を目指した。トラス形状は、越屋根の位置や屋根勾配との整合に配慮しながら、部材配置が美しくなるよう何度もスタディして決定した。トラスは力学的に効率のよい構造である一方、1点で多数の部材が交差するため接合部の混雑が懸念される。このような極小断面木材を美しく組むには、部材構成と接合ディテールが要である。そこで、合わせ材や嵌合、飼木といった接合方法を駆使し、細いビスで留めるだけの簡素なディテールを実現している。

主なトラスの構成部材は、束と水平材45×45mm、下弦材22.5×45mmダブル、上弦材22.5×60mmダブルである。22.5mm幅のダブル材で45mm幅のシングル材と飼木を、お互い5mmずつ切削して挟むように嵌め合わせ、どの方向の部材も通しつつ応力がバランスよく伝達されるように工夫している。各接合部では構造用ビスを補助的に使用しているが、基本的に木材同士の支圧で応力伝達をさせている。この加工精度が確保されるよう、家具用のNC加工機によりプレカットしている。



写真 3.3-1 エレテギア 外観



写真 3.3-2 エレテギア 内観



写真 3.3-3 エレテギア 家具用 NC 加工機により
高精度にプレカットされた接合部

4. 「大空間」への挑戦

2010年に公共建築物等木材利用促進法（木促法）が施行され、住宅規模を超える中大規模や大空間の木構造が社会から求められ始めている。木材は鋼材に較べて短所も多く、決して万能な構造材料ではないが、木材の長所（軽さや圧縮強度の高さ等）を生かし、合理的な構造形態やハイブリッド構造等を追求することによって大空間を実現することも可能である。また現代は生産環境が整えられたおかげで、大断面集成材や LVL のような太く、長く、かつ性能が安定している接着系木質材料を入手しやすく、木質構造による大空間をつくりやすい状況にある。

その一方で、接着系木質材料ほどの設備を必要としない製材を用いて大空間をつくることは、その品質管理には特に配慮が求められるものの、様々な製材所が木材供給に参加できる点において汎用性を持ち、林産業の活性化に対しても有益なものである。

ここでは、小中断面の製材を用いて大空間を試みた2つのプロジェクトを紹介する。

4.1 須賀川市立小塩江中学校体育館「小さなトラスを連ねてアーチをつくる」

設計：保坂陽一郎建築研究所 竣工：2015年

延床面積約 1031 m²、RC 造の下部構造の上に木造の腰折れ屋根を架け渡した平屋の中学校体育館である。無柱空間となるアリーナの大きさは南北方向 22.7m×東西方向 32.8m、主構造部材には木造住宅用として流通している定尺のスギ製材を使っており、最大の部材でも 120 mm×180 mm×6m というサイズである。

木造屋根の中学校体育館では、次の室内外 2 つの厳しい高さ条件である、球技のための天井高 7m 確保と、基準法の耐火要件にかからないために最高高さ 13m 以下、軒高さ 9m 以下をどうクリアするかがポイントである。上からも下からも厳しい高さの制約を受ける中で、大空間の屋根構造をつくらねばならないことに、体育館木造屋根の構造計画の難しさがある。

大空間構造では、外力に強い構造の「かたち」をつくるのが特に重要で、アーチ、トラス、ドーム形状等の構造が採用される。アーチ構造は、軒高さを抑えやすく天井高を確保しやすいため体育館の空間条件には合っている上、力学的にも固定荷重などの等分布荷重に対して有利であるが、積雪や風圧等の偏分布荷重に対しては曲げ性能の高い大断面材を用いないと不安定になりやすい上に、鉛直荷重時に発生するスラストを抑えるような構造が必要になる。またアーチ形状をつくるために湾曲集成材を用いると材料費がアップする。一方、トラス構造は、軒高さが高くなりやすく室内の天井高を確保しにくいいため空間条件には合いにくく、力学的にも等分布荷重に対してはアーチ構造に較べると不利であるが、偏分布荷重に対して安定しやすくスラストも発生しないといった利点を持つ。構成部材が全て直線となるため、通直材が使えるメリットもある。本体育館では、アーチとトラスの長所を生かし短所をなくすために、これらを組み合わせたトラスアーチ構造とした。

トラスアーチの構成方法は色々考えられるが、ここでは部材角度の統一や接合部混雑解消の目的で、同一形状の小さい三角形の単位トラスをつくり、この単位トラスを連結していくことで大きなアーチを描かせている。これによって、架構をかたちづくる屋根の折点や束等の位置が一点を中心に持つ放射・円弧のかたちに整理され、架構の見た目もすっきりするようになった。スラストは、基礎から立ち上げた RC 造独立柱とキャットウォークのスラブで抑えている。

圧縮力を生じる部材をシングルに、主に引張力を生じる部材をダブルにすることで、接合部で部材を交差させやすくしている。シングル材とダブル材の交差部では、部材を少しだけ切削して部材同士を嵌め合わせ、支圧によって直接的に応力伝達させている。離れ止めとして構造用ビスを用いて部材の欠損を抑えている。

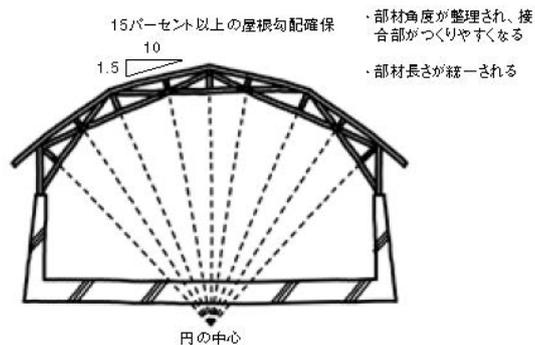
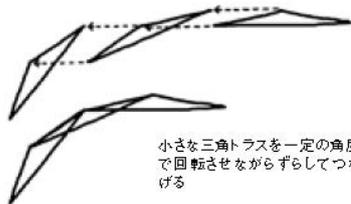


写真 4.1-1 小塩江中学校体育館 内観
 (提供：保坂陽一郎建築研究所)



写真 4.1-2 小塩江中学校体育館 モックアップによる
 接合部の確認

放射・円弧近似によるトラスアーチの整理



4.2 レストラン アーティチョーク「クセの強いカラマツで籠のような構造をつくる」

設計：柳澤孝彦+TAK 建築研究所 竣工：2004年

軽井沢プリンスショッピングプラザ内、池の畔に建つ2階建てレストランである。平面はおおむね回転対称形・同心形をしていて、中心部には円形の暖炉付きラウンジ、その外周に正八角形の客席、さらに外側に星形に張り出した屋外テラスがある。緑と水に恵まれたこの軽井沢の地に建てるレストランであることから、地元の木材を用いて、内から外への透過性が高い繊細な構造を目指すことになった。そのため主体構造は長野県産カラマツの小断面材を用いている。カラマツは強度や耐久性が高いものの、乾燥に伴い繊維傾斜によるねじれや、反りなどの狂いが生じやすい。そのため、製材よりも集成材にして用いられるのが一般的だ。これに対し、同レストランでは小断面カラマツ材をかご状に組むことで、素材の狂いを打ち消しながら繊細な構造を実現することを基本コンセプトにした。

まず構造体の配置可能なプラン中心部のラウンジ廻りと外周部に、小断面カラマツ材(90mm角、90mmφ)による2つのレース状のラチス架構(中央ラチス、外周ラチス)を立てる

ことにした。このラチス構造は双曲面状に組まれることで細い材の座屈を抑えている。中央ラチスは、ラウンジ空間をつくりつつ、屋根を支える大黒柱の役割を持つ。外周ラチスは、屋根からの鉛直力と水平力を基壇から立ち上がった RC 独立柱まで伝達するトラスとブレースとしての役割を持つ。これによって、外周部のサッシをフルオープンにし、客席と屋外テラスの一体的利用を可能にしている。

中央ラチス柱頂部の直径は約 4m、円形の外周ラチスの直径は約 26m である。この 2 つの支持構造のスパン約 11m を架け渡し、客席の無柱空間を実現することが屋根の構造計画上の課題である。円形のような整形プランにおいて、細い部材を使って大空間をつくるには、曲面構造が有効である。そこで、曲げやすいよう薄く挽いたカラマツの挽き板を重ねて曲面構造をつくることを考えた。挽き板を曲げながら 2 方向に重ねることで、かごのように透過性が高く、かつ強固な構造をつくるイメージである。屋根面が斜交格子状になるため、屋根面の円周方向に配置されている母屋と一体になることで、屋根の水平構面性能も確保することができる。しかし、挽き板をただ重ねただけでは、重力や風による曲げや圧縮応力によって座屈や曲げ変形が生じてしまう。そこで大変な作業ではあるが、随所にダボやビス留めすることで重ねられた挽き板どうしが少しでも一体化するように努めた。

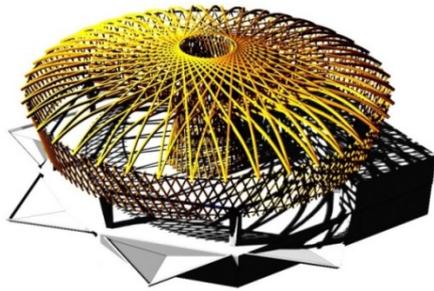


図 4.2-1 小径カラマツ材で編んだ籠のような構造

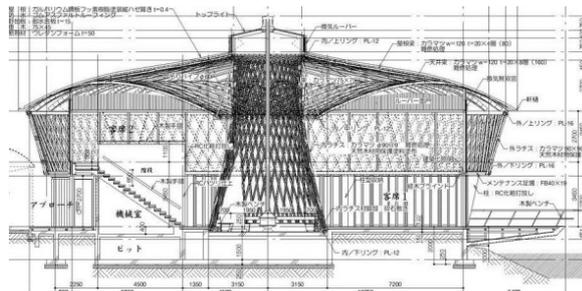


図 4.2-2 アーティチョーク 断面図



写真 4.2-1 屋根ラチスと中央ラチスを丸パイプで接合する



写真 4.2-2 アーティチョーク内観
 (撮影：村井修)



写真 4.2-3 ラウンジ内部
(撮影：村井修)

おわりに

日本の木構造は多様化が非常に進んでいるが、多様化した要素技術を形式的に使っていただくだけでは本質的な発展に繋がらない。どんなに優れた建築であっても、過去の形式をそのまま踏襲するだけでは知恵と技術は形骸化することは歴史が証明している。現代まで残る偉大な古今東西の木造建築も、その時代の最高の技術、知恵が注ぎ込まれて金字塔となったことは疑う余地がない。だからこそ、過去の偉大な建築に学びながら、個々のプロジェクトで課題や目的を追求し、構想やデザインを深めることで次の世代に少しでも何かをつなげていくべく今後も取り組んでいきたい。



大工塾 講義内容

- | | |
|-----------|--|
| 2009年 1月 | 大工塾のあゆみと「素人の参」について |
| 2009年 2月 | 木造住宅の状況と大工塾の姿勢、講義方針・構造講義方針 |
| 2009年 3月 | 伐採現場と原木市場の見学(大河原木材製材所・フォレスト西川) 林業地の特色ー埼玉と徳島の林業、杉の話 |
| 2009年 4月 | 編纂者から見た木造住宅の変遷 日本住宅造りを考える、土壁について |
| 2009年 5月 | 梁通し型木造住宅を用いた一連の実験で分かったこと 構造システム論 木の強度・荷重、ヤング率の測定、梁の断面計算演習 |
| 2009年 6月 | 実大構造実験 仕口・継手の引張試験 N値計算の演習 |
| 2009年 7月 | 実大構造実験 耐力壁の水平加力試験 環境を考える(1)中間処理場見学(ハンパキン・デポ) 接合部実験の結果報告、N値計算・壁量計算の演習 |
| 2009年 8月 | 伏図の描き方と梁断面リストの使い方 スウェーデン式サウンディング試験の演習と基礎の設計 |
| 2009年 9月 | 実大構造実験 土壁の水平加力試験 |
| 2009年 10月 | 耐力壁の水平加力試験結果報告 環境を考える(2)水の循環について、合併浄化槽の見学 |
| 2009年 11月 | 室内環境を考える |
| 2009年 12月 | 大工生き残り論 |

山辺構造設計事務所

四号特例廃止に伴う検討

- | | |
|---------------|-------|
| 1. 壁量の確保 | 壁量計算 |
| 2. 壁配置のバランス | 四分割法 |
| 3. 柱頭・柱脚の接合方法 | N値計算法 |

十

- | | |
|--------------|---|
| 4. 基礎の仕様 | <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> 11. 部材の品質と耐久性の確認 12. 鉛直荷重の支持能力の確保 (横架材の断面設計) 13. 水平構面の先行破壊防止 </div> |
| 5. 屋根葺き材等の緊結 | |
| 6. 土台と基礎の緊結 | |
| 7. 柱の小径など | |
| 8. 横架材の欠込み | |
| 9. 筋かいの仕様 | |
| 10. 火打ち材等の設置 | |

簡易な計算

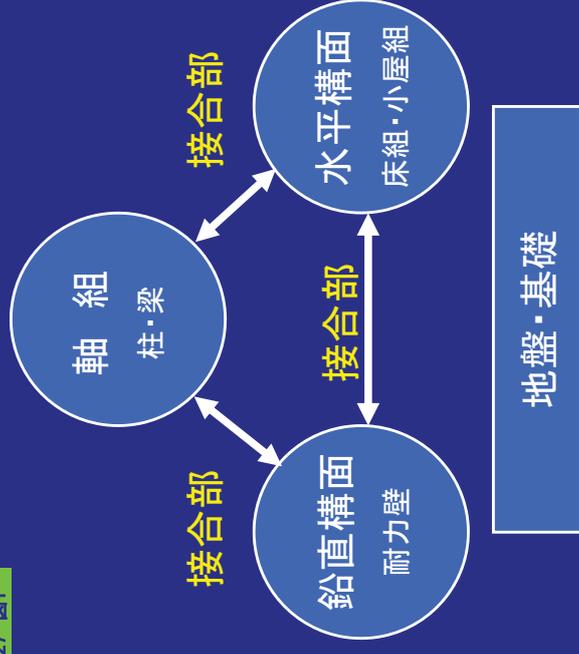
* 法律上は「構造計算」ではなく、「仕様規定」に位置づけられている。

仕様規定

注 上記の規定は、左記の前提条件のもとで成立している。

山辺構造設計事務所

木構造の基本構成



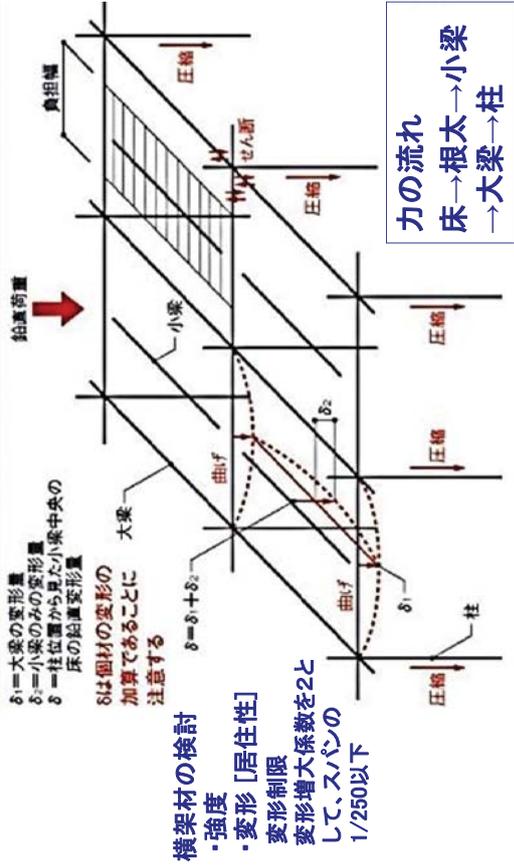
初版 P.025 図1△

増補版 P.027 図1

山辺構造設計事務所

建物に生じる応力と変形 ①鉛直荷重時

図11●建物に生じる応力と変形

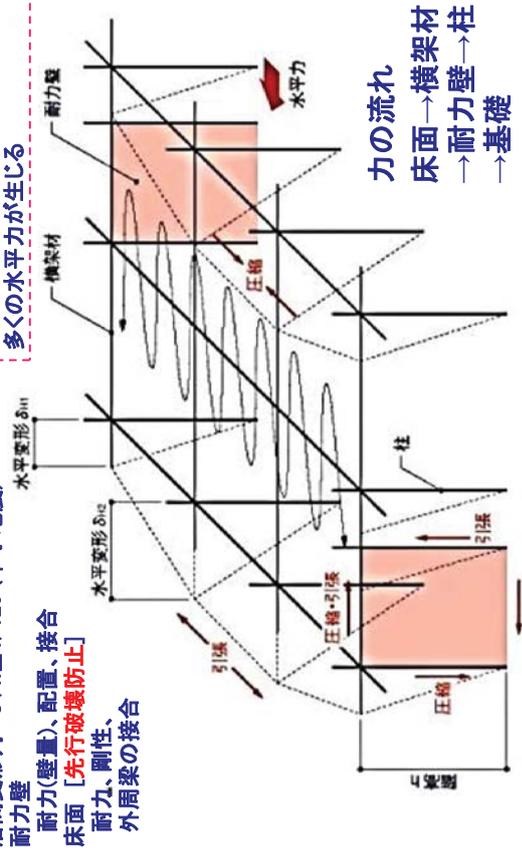


山辺構造設計事務所

建物に生じる応力と変形 ②水平荷重時

水平力 $F = \text{質量} m \times \text{加速度} a$
より、重量が集中する床面・屋根面に多くの水平力が生じる

層間変形角 $\delta/h \leq 1/120$ (中小地震)



山辺構造設計事務所

構造要素の性能と試験方法

①木造住宅の構造性能と試験方法

荷重ケース (建物に作用する外力)	検証耐力 (外力に抵抗する要素)	対応する試験方法	図
鉛直荷重	梁材の曲げ耐力	梁の曲げ試験	梁の曲げ耐力・せん断耐力 剛性(ヤング)
	仕口のせん断耐力	仕口のせん断試験	仕口のせん断耐力 柱の圧縮(座面)耐力
	継手の曲げ耐力	継手の曲げ試験	仕口のせん断耐力 (支持能力)
	継手のせん断耐力	継手のせん断試験	水平力→ 柱頭・柱脚 仕口のせん断耐力 柱のせん断耐力
水平荷重	耐力壁の水平耐力	面内せん断試験	耐力壁のせん断耐力 通し柱仕口の引張耐力
	柱頭柱脚の仕口の引張耐力	仕口の引張試験	柱頭・柱脚のせん断耐力 通し柱仕口の引張耐力
	床の水平耐力	面内せん断試験	床のせん断耐力 通し柱仕口の引張耐力
	水平構面の剛性	継手の引張試験 通し柱仕口の引張試験	継手のせん断耐力 通し柱仕口の引張耐力

山辺構造設計事務所

[地盤・基礎] スウェーデン式サウンディング試験の実習

スウェーデン式サウンディング試験の実習



データのまとめと基礎設計演習

①データの記入

層番号	土質	層厚	平均S値	標準偏差	標準偏差率	層別S値	層別標準偏差	層別標準偏差率	層別平均S値	層別標準偏差	層別標準偏差率
1	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
2	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
3	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
4	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
5	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
6	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
7	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
8	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
9	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
10	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
11	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
12	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
13	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
14	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
15	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
16	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
17	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
18	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
19	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
20	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
21	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
22	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
23	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
24	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
25	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
26	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
27	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
28	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
29	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
30	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
31	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
32	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
33	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
34	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
35	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
36	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
37	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
38	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
39	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
40	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
41	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
42	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
43	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
44	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
45	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
46	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
47	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
48	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
49	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
50	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
51	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
52	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
53	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
54	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
55	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
56	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
57	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
58	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
59	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
60	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
61	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
62	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
63	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
64	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
65	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
66	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
67	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
68	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
69	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
70	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
71	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
72	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
73	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
74	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
75	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
76	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
77	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
78	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
79	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
80	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
81	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
82	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
83	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
84	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
85	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
86	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
87	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
88	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
89	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
90	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%	1.0	0.2	20%
91	砂	0.5	1.0	0.2	20%	0.8	0.1	12.5%			

[軸組] ヤング係数の測定と梁の断面設計演習

①ヤング係数の測定



②梁断面の計算演習

仮定材料

部材のヤング係数 $E = 70 \text{ [N/cm}^2\text{]}$; スチール等線材
 断面積 $A = b \times d = 120 \times 240 \text{ (} 120 \times 210 \text{)}$
 断面積 $A = b \times d = 12 \times 24 = 288 \text{ [cm}^2\text{]}$
 断面係数 $Z = \frac{b \times d^2}{6} = \frac{12 \times 24^2}{6} = 1152 \text{ [cm}^3\text{]}$
 断面二次モーメント $I = \frac{b \times d^3}{12} = \frac{12 \times 24^3}{12} = 13824 \text{ [cm}^4\text{]}$

たわみ $\delta = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$
 $= \frac{300 \times 100^3}{48 \times 70 \times 13824}$
 $= 0.307 \text{ [cm]}$
 変形係数 $\alpha = \frac{\delta}{L} = \frac{0.307}{100} = 0.00307$
 変形係数 $\alpha = \frac{\delta}{L} = \frac{0.307}{100} = 0.00307$
 変形係数 $\alpha = \frac{\delta}{L} = \frac{0.307}{100} = 0.00307$

クランプを使用したときの測定 $\delta = 0.307 \text{ [cm]}$
 変形係数 $\alpha = \frac{\delta}{L} = \frac{0.307}{100} = 0.00307$
 変形係数 $\alpha = \frac{\delta}{L} = \frac{0.307}{100} = 0.00307$

※ () 内の数値は仮定材料を 120×210 (単位) に換算したときの値を示す (1/230 OK)

③スパンの使い方解説

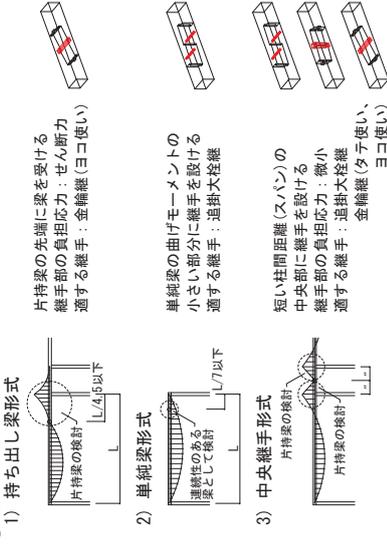
表1	梁の等分節	スパン L [m]	等分節数	等分節間隔 L/n [m]	等分節間隔 L/n [m]	等分節間隔 L/n [m]
1.800		1.800	10	0.180	0.180	0.180
		1.800	10	0.180	0.180	0.180
		1.800	10	0.180	0.180	0.180
		1.800	10	0.180	0.180	0.180
		1.800	10	0.180	0.180	0.180
		1.800	10	0.180	0.180	0.180
		1.800	10	0.180	0.180	0.180
		1.800	10	0.180	0.180	0.180
		1.800	10	0.180	0.180	0.180
		1.800	10	0.180	0.180	0.180
2.275		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
		2.275	10	0.2275	0.2275	0.2275
2.730		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
		2.730	10	0.2730	0.2730	0.2730
3.185		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185
		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185
		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185
		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185
		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185
		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185
		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185
		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185
		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185
		3.185	10	0.3185	0.3185	0.3185

[軸組・接合部] 継手の曲げ試験と継手の設け方の解説

①継手の曲げ試験

継手種類	樹種	断面 B x D	最大荷重 P (kg)	継手に占める割合 P/Po
金輪継(1)	杉	135 x 150	2,680	12.4%
金輪継(2)	杉	125 x 125	1,900	13.7%
金輪継(3)	杉	120 x 150	2,945	12.2%
金輪継(1)	杉	135 x 150	1,470	6.8%
金輪継(2)	杉	125 x 125	900	6.5%
金輪継(3)	杉	120 x 150	1,081	5.6%
追掛大栓①	米松	105 x 105	1,590	15.7%
追掛大栓②	杉	120 x 150	1,900	14.8%
追掛大栓③	杉	120 x 150	3,161	16.5%
鎌継①	米松	105 x 105	470	4.6%
鎌継②	杉	120 x 150	530	5.2%
鎌継③	杉	120 x 150	714	3.7%

②継手の設け方



[耐力壁] 耐力壁の実験と壁量計算の演習

①耐力壁の面内せん断試験



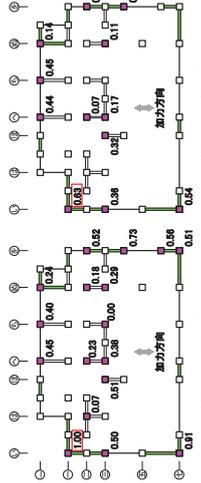
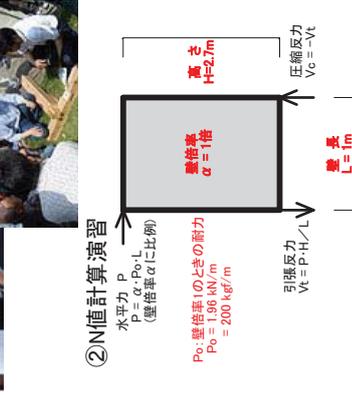
②壁量計算演習

瓦葺、土壁、平壁

建物重量 W
 = 屋根 (110kg/m²)
 + 壁 (床面積当り 90kg/m²)
 = (110 × 10.92 × 9.1) + (90 × 9.1 × 7.28)
 = 16898 [kg]
 地震力 Q = Co × W
 = 0.2 × 16898
 = 3379 [kg]
 (震度5以下の地震)
 壁倍率1倍のときの必要壁量 L
 = $\frac{Q}{1.0 \times 200}$
 = 16.90 [m]
 1.3倍の壁が必要 (XY両方向とも)

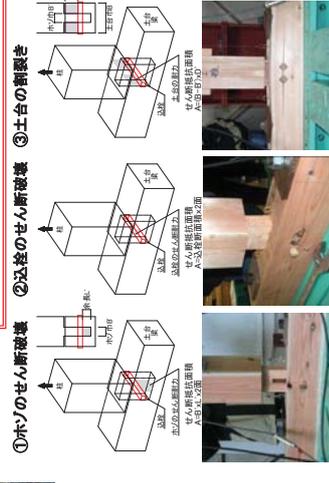
[耐力壁・接合部] 接合部の引張実験とN値計算の演習

①柱頭柱脚接合部の引張試験



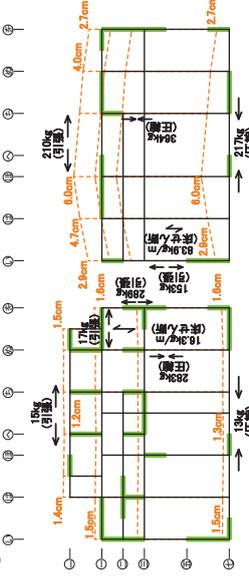
①ホゾのせん断破壊 ②込栓のせん断破壊 ③土台の割裂き

* 解析結果より、所要耐力を目指す
 * 補修を意図して接合形状を考える。



[水平構面] 水平構面および継手・仕口の引張実験と検証

① 解析結果の解説(必要耐力の目安)



■ 耐力壁 <2階床面>

↑ 水平力 <屋根面>

② 水平構面の面内せん断試験

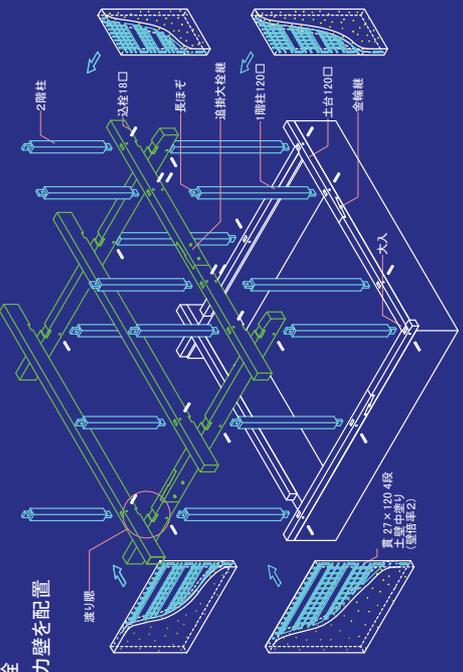


③ 継手・仕口の引張試験



渡り梁構法の基本架構

- ① 梁通しで柱はすべて管柱
- ② 梁どうしを渡り梁で組む
- ③ 梁材は長尺材とする
- ④ 梁の長期たわみはスパンの1/600以下
- ⑤ 接合部はすべて込柱
- ⑥ 壁倍率2倍として耐力壁を配置



- ・継手の鉛直支持能力
- ・継手の引張耐力
- 継手位置
- ・床の水平剛性: 低い
- ・仕口の引張耐力: 小
- 耐力壁配置
- ・上下階の柱の連続性

一大工塾 実験住宅一



一大工塾 実験住宅一



SWS試験による地盤調査



材料のヤング係数測定



遣り方



基礎コンクリート打設



木造住宅の実大実験

阪神・淡路大震災以降は、大地震（JMA神戸波）でも倒壊しないことを証明することが第一の目的となっている。

大工塾実験住宅の目的

- ① 損傷の内容を正確に把握
- ② 柱脚の引抜を検証
- ③ 損傷後に改修し、耐震改修の効果を検証
- ④ 加震を繰返し、余震に対する性能を検証
- ⑤ 偏心率を大きくして、ねじれ挙動を検証
- ⑥ 再築し、部材の再利用率を検証
- ⑦ 建物の復元力特性と減衰定数の検証

実験住宅の引張試験



実験住宅 土壁の損傷 1/15



主屋

下屋

実験住宅 土壁の損傷 1/15

主屋



下屋

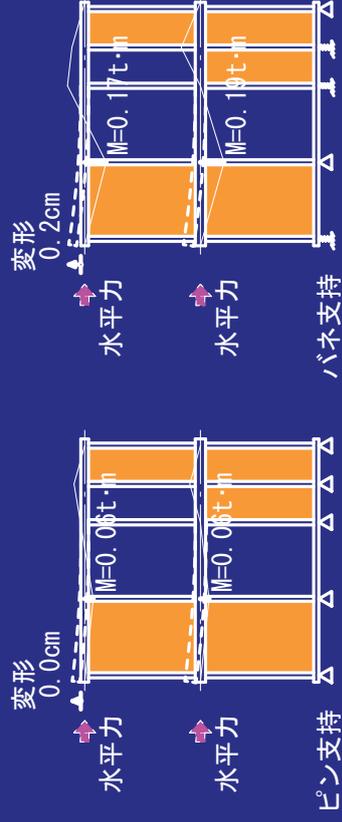


土壁のひび割れが先行するので、柱脚の浮上りはほとんど生じない

実験住宅 解体



梁の押え込み効果



バネ支持とすると柱が浮上り、梁に曲げ応力が生じる

実験住宅 再築後



耐震設計の基本理念

◆大規模時の損傷状況

損傷ランク	Ⅰ(軽微)	Ⅱ(小傷)	Ⅲ(中傷)	Ⅳ(大傷)	V(壊滅)
概念図					
損傷の程度	開口部ひび割れ 1/120以下 残存変形なし	開口部ひび割れ 1/120-1/60 残存変形なし	開口部ひび割れ 1/60-1/30 残存変形あり	開口部ひび割れ 1/30-1/10 残存変形あり	開口部ひび割れ 1/10以上 損壊
基礎	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
外壁	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
開口部	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
窓かみ	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
パネル	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
浮き板	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
壁	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
床	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
天井	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
柱	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
梁	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
土台	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
基礎	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小	開口部ひび割れ 微小
耐震診断書訂正目安	品評法 等級3	品評法 等級2	品評法 等級2	品評法 等級1.5	品評法 等級1.0
上部構造評点	1.5	1.25	1.0	0.75	0.5

◆耐震設計の基本理念

- ① 震に発生する震度5弱程度以下の中小地震に対しては、損傷しない
- ② 極めて稀に発生する震度6強程度の大地震に対しては、ある程度の損傷を許容するが倒壊せず、人命と財産を守る (1次設計)
(2次設計)

良質な社会ストックとしての木造住宅の実現に向けて

1. 構造要素の特性と建物性能の把握 ……説明責任
2. 造る技術と解体する技術の保持 ……大工技術の活用
3. 建物の長寿命化を図る ……省資源化
4. 自然素材の活用 ……健全な室内環境
5. 地域材・国産材の活用 ……環境保全

○ 分別解体 × ミンチ解体

3. 建物の長寿命化を図る

4. 自然素材の活用

ゴミにならない造り方

5. 地域材・国産材の活用

第 14 回 A-Forum フォーラム特別資料

元巴コーポレーションの太田統士氏が、去る 7 月 28 日に急逝された。木構造についてもご経験豊富で、第 6 回フォーラムにもご参加いただき、貴重なコメントをお送りいただいている。改めて、お便りと共に、ここにご紹介させていただき、ご冥福をお祈りしたい。

神田先生

先般の A-Forum「伝統木造構法を生かす道」は大変有意義なフォーラムだったと存じます。長い間、建築の実務に携わってきた者として、伝統木造構法は日本の建築の原点で、多くの事柄をそれから学んできています。ただし、古ければ何でも「保存」とか、何が何でも「伝統木造候補でなければ」とする風潮にはちょっと抵抗があります。先日の発言で意を尽くせなかった事柄を、稚拙ながらまとめてみました。ご笑覧下されば幸甚に存じます。ますますのご活躍をお祈りいたしています。

NPO 建築技術支援協会（サーツ）

太田統士 e-mail:tohshi@psats.or.jp

伝統木造構法について考える

サーツ 太田統士

1) 伝統木造構法の基本的考え

一般に我が国において伝統木造構法といえば、寺社建築の堂塔伽藍、宮殿などの寝殿造り或いは書院造りなどの重要文化財建築を思い浮かべる。一方住まいに限ってみれば江戸時代からの萱葺きなどの骨太造りの古民家や伝統的建造物保存地区などに見られる街道筋の古い商家などに思い当たる。また明治・大正・昭和時代に建てられた贅を尽くした数寄屋建築などもこれに当たるだろう。

これに対してここ 100 年来、ごく一般の民家はこれらと又違った造りとなっている。つまり歴史的かつ伝統木造構法の前者の建物と違い、かすがいの他にさまざまな金物を使い始め、経済的な材料取りの軸組構法で造られてきた。主として大正・昭和に造られてきた一般的な住宅がこれにあたる。

以上の全ての伝統木造構法群は、1960 年以降、プレハブ住宅やツーバーフォー住宅などの構法建築に対して、我が国古来の在来木造構法建築群として位置づけられている。

この在来木造構法建築群の中に、ひとつは前述の寺社建築などの本格的な伝統的木造構法建築群があり、もうひとつは軸組の接合方法などを合理化・簡略化し発展してきた軸組木造構法を、近代化した在来木造構法又は単に在来木造構法と呼んでいることは周知のことである。

2) 伝統木造構法建築と伝統文化

伝統芸能とか伝統工芸や色々な祭礼にまつわる伝統行事など、まとめて伝統文化という

ジャンルがある。これらの伝統文化の現代における表現方法は必ずしも古法どおりではない。いやむしろ近代化・現代化された文明の利器を通して具現されている。例えば古典歌舞伎の世界でも、もはや百目ローソクのもとで手回しの回り舞台で演じるのではなく、今やコンピューター制御の LED 照明のもと電動の舞台で繰り広げられている。また東京にしながら各地の陶土を取り寄せ電気釜で陶芸作品を創るなど、一部に例外がない訳ではないが、さまざまな場面で具現化の手段として、文明利器を用いることで伝統的な様式美表現が成り立っている。

一方、建築は美しく人に感動を与えるものであって欲しいが、それ以上に何らかの目的を達するための器としての絶対性が求められる。したがって、でき上がった姿・形は様式美としての芸術性追求当然として、器そのものはたとえ伝統的建造物であったとしても、その生産手段は時代時代に応じて、さまざまな造られ方が講じられて来た筈であり、またそうであって当然と考えられる。したがって伝統木造構法の建築とは、でき上がった姿・形の様式美・構成美を指すのか、或いは古代からの伝統的手段での造られ方をさすのか。或いはその両方でなければならないのか。

3) 伝統木造構法と住宅

以上の三点を考えた場合、寺社建築などの伝統的建築物の保存や復元・修復に当たっては、様式・生産手段共に正真正銘の伝統構法でなければならない。しかし住まい造りの場合は、一部の好事家への対応は別として、ツーバイフォーでもプレハブでもない在来的な日本的住宅を求める一般庶民の立場にしてみれば、リーズナブルなコストで建設できれば有り難いと思っているはず。

寺社建築のような文化財的な伝統構法を用いなくても、6寸角柱の田舎家でも数寄屋風あるいは普通の真壁軸組構造でも、合理的な接合金物を用いて生産できるはずだし、また部材は現場生産でなくても指定した木材で自由な設計のプレカット部材の製作が可能な世の中になっている。そうだとすれば金物を用いない伝統的工法にこだわって大工の不足を嘆くこともないだろうし、現在の技能の大工に少々経験を積ませるだけで十分に対処できると考える。こだわりの伝統木造構法の住宅が、大工の技能伝承の上からも木材の確保の上でも、今後 50 年先、100 年先まで伸び続け得るとは考えにくい。

文明や技術は絶えず進歩しつづけるはずで、我々が伝統木造構法と称しているものでも、さまざまな架構の変化を経ているし、その時代に使われた釘や鋸も、時代時代で進歩してきている。でき上がった姿・形は変わらなく、現代としての手段で生産できれば「それはそれで良し」とする考えも間違っていない。

歴史的な文化財建築の保存や修復のため伝統木造構法技術を保存してゆくことは極めて重要と考える。しかしそれを普遍的に住宅の分野にまで広めて行こうとすることは、法的な問題を度外視しても、需要や生産性および建築技術の進歩に照らし合わせて疑問がのこる。現在造られている伝統木造構法住宅でも、貫構造を用いたりしていても、基礎は RC ベタ基礎や杭基礎を用いたりして、必ずしも総てを古い構法でやるのではなく、現代の技術を多く用いているのが普通である。

したがって木の香りのする真壁造りの旧来風の住宅を望むならば、歴史的伝統木造構法をそのまま用いなくとも、さらに進歩した技術を取り入れた、いわば技術的に現代化した

在来構法住宅であってよいではないか。

4)新在来構法住宅のすすめ

伝統木造構法という言葉はきわめて曖昧だと感じている。一般に伝統木造構法という言葉を使えば、歴史的な寺社建築などの姿が目につく。「伝統木造構法を守る」或いは「伝統木造構法推進しよう」とするグループ活動があるが、伝統木造構法の何を？どの部分を？どのように？守ったり推進したりしようとしているのか、情緒的な思想のように見えて非常にわかりにくい。まして伝統木造構法で住宅を取り入れると云うことになると、伝統木造構法のどの部分をどのように取り入れるのかについては設計者各人各様であるように思える。

要するに、一部の好事家が古式の構法で造る住宅はそれはそれでよいとして、前項でも述べたように、より現代化された在来木造構法をたとえば「新在来木造構法」又は「Modernized Native Housing System(MN ハウジング システム)」などと呼び代えて、一般のイメージを確かなものにした方がよいのではないかと提唱する次第である。

1915-3-1

