

第5章(事例)

中大規模木造建築事例

はじめに

木造建築構造設計の第一人者である東京大学大学院教授の稲山正弘先生は、大学で教鞭をとるかたわら、自ら構造設計事務所（株）ホルツストラを主宰し多くの建築家とのコラボレーションにより次々と新しい木造建築デザインを生み出している。市場に流通する木材を使用して設計することこだわる稲山先生は、全国の建築家が自分たちの手で非住宅の中大規模木造建築が設計できるよう標準仕様の作成や、セミナー教育に情熱を傾けられている。今般、幸にも稲山先生から本マニュアル作成のために、これまでの数々のセミナーでの話やスライド写真などを自らまとめられ、編集されたものをご提供いただいた。そこで本章では、中大規模木造建築の促進のために、稲山先生のセミナーでの貴重な話を中大規模木造建築にたずさわる多くの読者に、できるだけストレートに届けることが重要と考え、再編集は極力省き掲載することにした。

5-1 流通材とプレカットを用いた中大規模木造建築の設計実例

稲山正弘

東京大学大学院農学生命科学研究科 教授

公共建築物等木材利用促進法が2010年に施行されて5年になりますが、公共建築の木造化率はいまだ10%に満たない状況にあります。その要因としては以下の理由が挙げられます。

1. 特注の大断面材や接合金物を使用することによりコストがRC造、S造に比べて割高となること
2. 防耐火に関する法規が木造に関して複雑で且つ厳しいこと
3. 中大規模木造の構造設計ができる構造技術者が少ないこと
4. 中大規模木造用の標準設計ツール(接合標準図、積算テーブル等)が整備されていないこと
5. 品質管理された構造用製材(地域材)の調達が難しいこと

上記の問題を解決するためには、住宅用の流通材とプレカットを活用した経済的・合理的な中大規模木造の普及と標準化をすすめることが近道だと考えられます。

平成27年3月に改訂された「JIS A3301 木造校舎の構造設計標準」では、この考え方にもとづいて流通材と機械プレカット加工を前提とした木造トラスや高倍率耐力壁などが標準仕様として盛り込まれ出版されました。また同時に、文科省から「JIS A3301 を用いた木造校舎に関する技術資料」が出され、JISA3301 記載の木造トラスや水平構面などの構造計算方法や、高倍率耐力壁や高耐力接合金物の試験成績書と適用範囲などが示され、文科省のHPよりダウンロードできるようになりました。

さらに(一社)中大規模木造プレカット技術協会においては、非住宅用の標準設計ツールの開発をすすめており、構造図作成の省力化・接合部の標準化を目的とした「木造軸組接合部標準図」「木質工事特記仕様書」の作成、および中大規模木造の概算見積りに使用できる積算モデルなどを作成してきました。

流通材とプレカットによる在来木造用生産システムを活用し、さらにこれらの非住宅用の標準設計ツールを活用することにより、RC造・S造と同等以下の価格と設計手間で、木の良さを活かした低層系中大規模木造建築を実現することが可能となってきました。

ここでは、2階建て以下の中大規模木造であれば、流通材とプレカットを活用することによって、低コスト化を図りながら室内空間に木の構造をあらわしにした魅力的な建物が実現できるという事例を、いくつか紹介していきたいと思います。

初めに紹介するのは、2001年に竣工した「岐阜県立森林文化アカデミー」です。これは建築家の北川原温さん(北川原温建築都市研究所)と設計をした建物群で、写真1の建物は「マルチメディア実習棟」という2階建ての木造校舎です。

建物の規模としては、2000㎡弱で、真ん中にRCの防火壁を1枚挟んで、その両側を1000㎡以下の2階建て木造として防火区画することにより、木造部分は準耐火にしなくてもよい形で建てることができます。そうすると燃え代設計がいらないので、住宅用の柱材に使う小断面の製材をそのまま現しにして使うことができます。ここでは住宅用のスギ流通材を面格子壁としています。

写真2は面格子壁のディテールです。住宅の柱材に使われる105mm角のスギの製材を、相欠き仕口にして面格子構造にすることで、鉛直荷重と水平力に抵抗する耐力壁として機能します。相欠き仕口は、地震が来たらこの部分が互いにめり込み合うことによって非常に粘り強くエネルギーを吸収します。金物に頼らず木材のめり込みで地震に抵抗する耐力壁です。

105角くらいの小さい木材ですが、写真3のようにエントランス吹き抜けの大空間や大教室の部分などを支える構造として使われており、しかもこの壁が光と風を通す半透明の間仕切り壁として使われています。

写真4は、同じく北川原温さんと設計した「岐阜県立飛騨牛記念館」の建物です。

この建物は面格子を補強する補剛板、白い花びら型の補剛板を入れています。面格子は柱と横材の相欠き交点のめり込み作用だけでは剛性が低いので、壁倍率に換算すると1倍相当くらいの剛性しか出ません。そのため面格子だけでは層間変形角の規定をなかなかクリアできないので、さきほどの森林文化アカデミーでは構造用合板の耐力壁も併用したわけです。

この飛騨牛記念館では水平力に対して面格子だけで持たせたいので、格子の間に補剛板を入れて剛性を高めた形で水平力に抵抗させる建物になっています。建築家の北川原さんは、その補剛板を白い花びら型にして蝶が舞っているようなファサードデザインの建物としています。この建物も全部岐阜県産のスギの流通製材で面格子が作られています。

北川原さんと、面格子の間に入れる補剛板を、例えばガラスにしてみたらどうなるか、という話になり、写真5のように水平加力実験をしました。一間の耐力壁の中にガラスを10枚入れた試験体で実験をしてみると、この写真のように水平方向に大きく面内変形させても、ガラスのエッジが四周の木材にめり込むことによって、 $1/10\text{rad}$ を超える終局変形に達してもガラスは割れませんでした。ガラスも割れないし、めり込み作用がさらに倍増されて、この一間幅の耐力壁だけで、最大耐力6トン近い水平力に耐えて、しかも $1/10\text{rad}$ を超えてジャッキのストロークの限界に達してもまだ荷重が上がり続けていて耐力が低下しない。そういう非常に優れた耐震性能があることが実験をやってわかりました。

このガラス補剛面格子を活用したのが、写真6の愛知県の「海上の森 望楼」です。この建物は、愛知万博の時、瀬戸会場の外に海上の森というオオタカがいる自然保護樹林があるのですが、そこにつくった展望塔です。高さが14メートルある森の中の展望塔ですが、材料はすべて愛知県の鳳来町産のヒノキの100mm角の製材を使って、ここではXYZすべての面をさきほどのガラス補剛板挿入面格子を使って構成した塔になっています。

写真1



岐阜県立森林文化アカデミー（2001）

設計：北川原温建築都市研究所 構造：稲山建築設計事務所 場所：岐阜県美濃市
岐阜県産スギ材を面格子耐力壁や樹状立体トラスとして活用した専修学校施設

写真2

105mm角スギ材の相欠き仕口によるシングル面格子

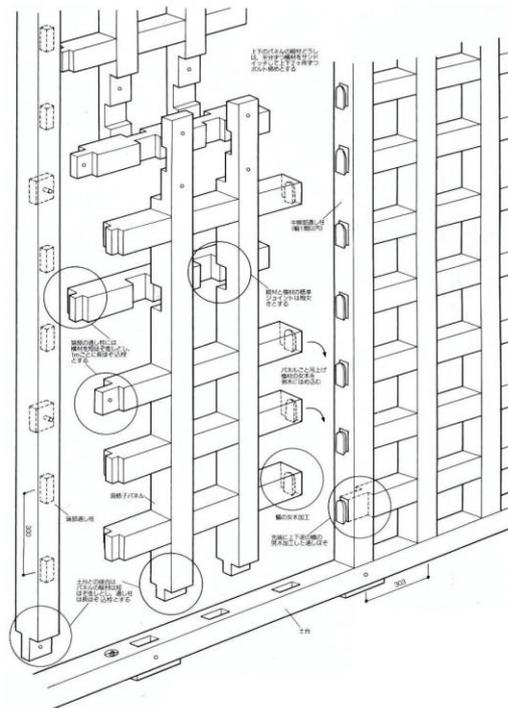


写真3



岐阜県立森林文化アカデミー アカデミーセンター棟のダブル面格子

写真4



岐阜県立飛騨牛記念館

設計: 北川原温建築都市研究所 構造: 稲山建築設計事務所 場所: 岐阜県飛騨郡
岐阜県産スギ製材の面格子に合板による補剛板を挿入

ガラス補剛板挿入面格子の水平加力実験

写真 5

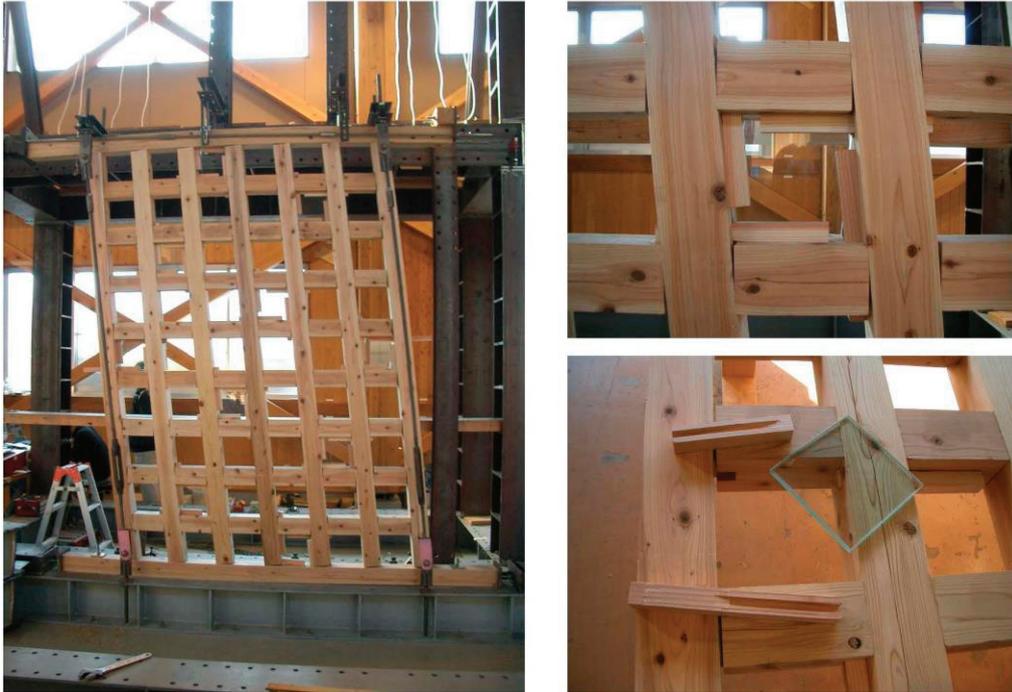


写真 6

愛知県瀬戸市 海上の森 望楼
設計: 東京芸大北川原研究室
構造: 稲山建築設計事務所
愛知県鳳来町産のヒノキ製材による
ガラス補剛板挿入面格子構造



写真7は、1998年に建築家の野沢正光さん(野沢正光建築工房)と設計した「いわむらかずお絵本の丘美術館」です。

栃木県馬頭町に建てられた建物で、すべて栃木県産のスギ製材を使った平家建ての大規模木造(収蔵庫などRC造部分との平面混構造)です。桁行方向はいわゆる充腹梁式のラーメンで、梁間方向は方杖トラス構造ででき上がっています(写真8)。樹齢 80 年の栃木県産スギ製材を使って、地元の熟練大工が仕口などを手加工して造られた建物になっています。

大断面集成材を鋼板を使って接合するやり方だと、大断面集成材メーカーだけが加工から施工まで行うことになってしまうのですが、ここでは地場産のスギ流通材を使って、地場の大工が加工・施工して造っています。こうすると、地場の木材が使われるだけでなく、普段地場で木造住宅を手がけている工務店さんが参加しながら、その地域の公共建築が作られることになり、材料から施工まで本当の意味での地産地消となり、メンテナンスも地元の工務店が自分たちでできます。

それから写真9も、建築家の野沢さんと設計して、2年前に竣工しました、三重県の愛農高校という農業高校の図書館棟になります。

これも地元の一般流通のスギ材、普段柱に使う120mm角のスギの製材を使って、Jパネルの幹から枝が出ているような樹状構造で屋根を支えています(スライド10)。木に囲まれた、森の中にあるような図書館で、建物の名前を「森館」と、愛農高校の先生たちが名付けました。

写真7

**いわむらかずお絵本の丘美術館 (1998)**

設計:野沢正光建築工房 構造:稲山建築設計事務所 場所:栃木県馬頭町
地場産スギ製材を活用し地場大工が加工・施工した大規模木造

写真 8



梁間方向:方杖トラス構造
樹齢80年の栃木県産スギ製材を
地元の熟練大工が加工・施工した



写真 9

愛農高校 森館 (2013) 三重県伊賀市 設計:野沢正光建築工房 構造:ホルツストラ



愛農高校 森館 三重県産のスギ製材とJパネルを用いた樹状方杖柱構造

写真11は、中村勉さんと設計し2004年に竣工した長崎県諫早市の森山町保健センターです。

長さ6メートル以下の長崎県産スギの105mm角の製材を使って、12メートルスパンの大空間を構成しています。林野庁の補助金を得るために長崎県産材を使うという前提で設計がすすめられました。しかし長崎県は、大分や熊本に比べると、細いスギしか採れない。その結果、105mm角、いわゆる住宅の柱材に使う程度の断面しか採れないので、それを使っていかに大スパンを飛ばすかを考えた結果、角材を2本、3本、4本と横に束ねて、ジョイント部は3本と2本が挟まれて横からボルトで締めるという方式、いわゆる束ね材の挟みトラス方式を考案しました(写真12)。ジョイント部は単に材同士を挟んでいるのではなく、17・5mmずつ欠き込んで、その部分が相互にアゴが引っ掛かる、いわゆる追掛け継ぎの原理を応用した形の接合になっています。それで追掛け継ぎの大栓に相当する部分にボルトが入りそのボルトで締めつけられている格好の継手および仕口となっています。この挟みトラス方式を使うことで、流通材の限られた6メートル以下の長さの木材だけで、12メートルのスパンを飛ばすことを可能にしています。

長崎県諫早市森山町保健センター（2004）

写真 11

設計：中村勉総合計画事務所 構造：稲山建築設計事務所
長さ6m以下の長崎県産スギ105mm角製材を嵌合接合したスパン12mのトラス



スギ105角2～4本を35mm隙間をあけて並べ、継手・仕口は17.5mmずつ相欠きし、ボルト締めした接合によるトラス

写真 12



写真13は、「デイサービスセンターかがやき」という、群馬県に造られた老人福祉施設です。

ここでは住宅用に流通している小断面の集成材を用いて住宅用プレカットで加工してつくられた平行弦トラスで15mスパンを飛ばしています。最近、住宅は柱梁とも製材よりも集成材がメインで流通していますので、ここでは住宅の柱材として流通している120角の集成材を下弦材に使い、斜材は105角の集成材を方杖と同じ納まりで用いています。

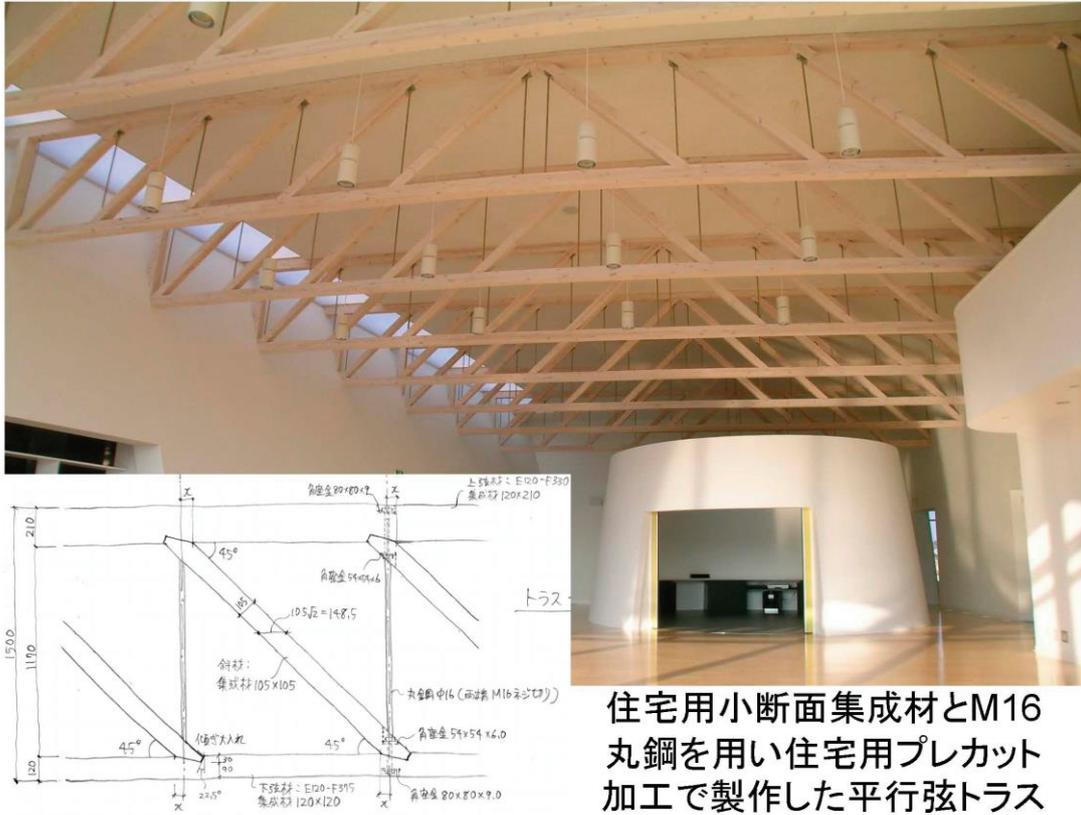
接合部は、方杖の仕口と同じような形で、方杖をとめる M16 ボルトがそのまま延長したφ16 丸鋼が引張材としての束材になっている平行弦トラスです(写真14)。この建物の軸組は、埼玉県 of 住宅用のプレカット工場ですべて加工してもらって造りました。

写真 13



デイサービスセンター かがやき(2005)スパン15mの平行弦トラス構造
設計: 栽花建築設計事務所 構造: 稲山建築設計事務所 場所: 群馬県邑楽町

写真 14



住宅用小断面集成材とM16丸鋼を用い住宅用プレカット加工で製作した平行弦トラス

写真15は、茨城県潮来市立潮来小学校です。地元のパル総合設計と設計をしたものです。潮来市長が、どうしても小学校は地元周辺地域のスギ材を使いたい。しかも集成材ではなくて製材で造って欲しい、という強い希望があり、ここではスギの製材だけを使って2階建て校舎の軸組をつくりました。普通教室は平面サイズが8.1m×8.1mあるのですが、2階教室上部の片流れ屋根をスギの製材を使った張弦トラスで飛ばしています。張弦トラスの下弦材の一方は120角シングルで、これをもう一方のダブルの下弦材で挟んで締め付けるという納まりになっています。下弦材がダブルになる部分はその間を照明ボックスとして利用しています。

写真16がその接合ディテールです。下弦材どうしの仕口は、重なり部分の菱形の手前半分を切り欠いて嵌め合わせる方式で、アゴが引かかることで引張力を伝達する日本の伝統的な継手仕口の考え方を応用したものです。下弦材と上弦材の仕口もダブルのほうは同様の考え方によるもので、シングル同士の場合は上弦材下端を下弦材上端に傾ぎ大入れするトラス合掌尻の応用で、JIS A3301 のトラスと同様の仕口です。

写真17は同じく潮来小学校の1階教室から見上げた2階床梁の架構です。この2階の床梁も全部スギの製材を使って8.1m角の教室上部の2階床を支えています。ここでは、2段重ねの卍字の格子梁を使っています。

写真18の図のように、1本の長さ5.4mのスギの平角材を2段重ねで卍字状にを使って、下の段は上の段と逆勝手の卍字になっていますので、交点では上と下が相互に直交して通っている形で、さらに小梁を市松状に配置し、すべての梁に均等に力が負担される形です。スギの平角材を2段に重ねて斜めに接着ビス留めで留めて、それによって8.1m×8.1mの2階床を飛ばしています。

写真 15

茨城県潮来市立潮来小学校 (2013)

設計: パル総合設計 構造: 稲山建築設計事務所 スギ製材を用いた木造張弦トラス



写真 16

茨城県潮来市立潮来小学校

設計: パル総合設計 構造: 稲山建築設計事務所
スギ製材を用いた木造張弦トラスの接合ディテール

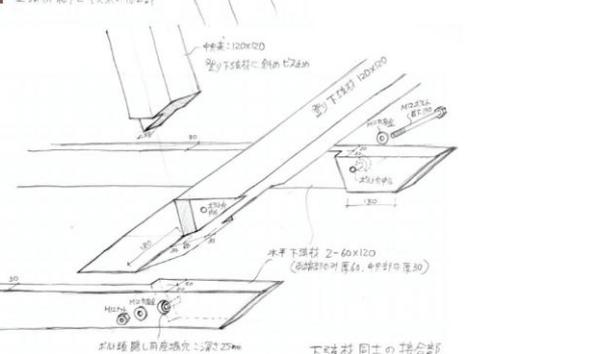
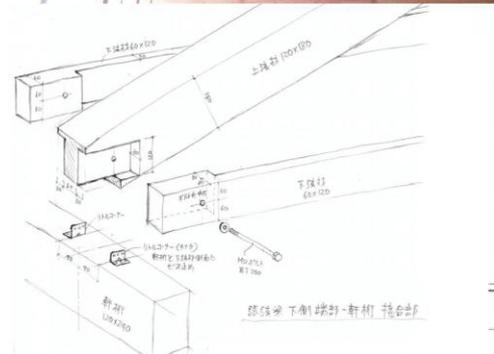
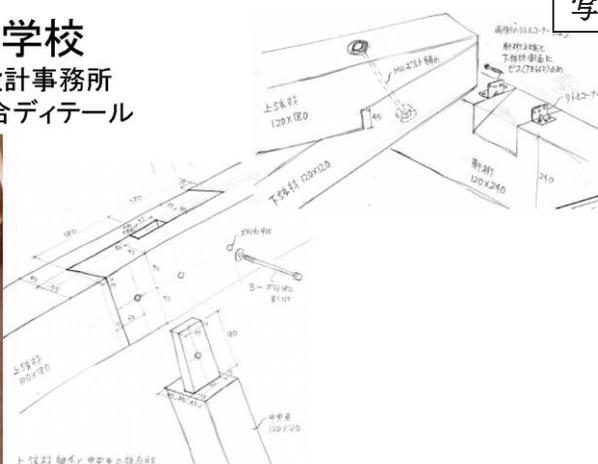


写真 17

茨城県潮来市立潮来小学校

設計: パル総合設計 構造: 稲山建築設計事務所 スギ製材を用いた2段重ねの格子梁



写真 18

茨城県潮来市立潮来小学校

設計: パル総合設計 構造: 稲山建築設計事務所
スギ製材を用いた2段重ねの格子梁

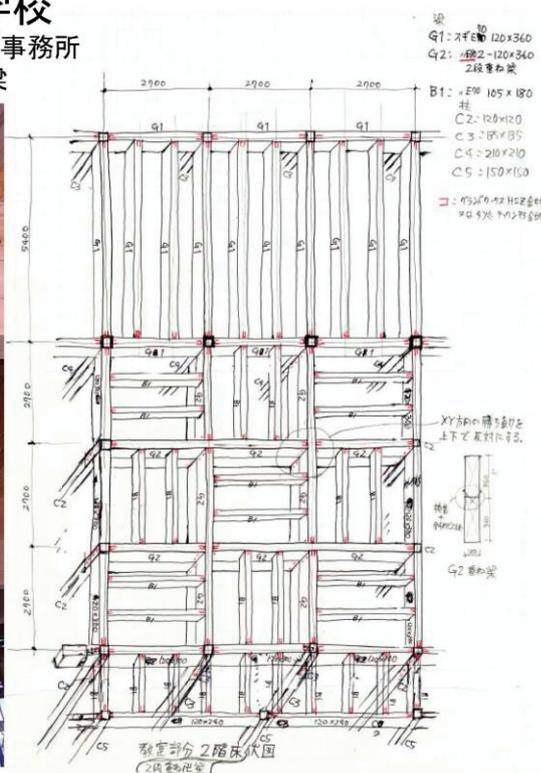


写真19は、群馬県の「林野庁林業機械化センター」の展示棟です。

林野庁の施設なので、すべて国産製材と国産材の集成材が使われています。この展示棟の小屋組は国産カラマツの中断面集成材を用いていますが、中断面集成材の住宅用流通材は長さ6メートルまでが一般的で、低コストで全国に普及しているサイズになります。ここでは支点桁構造という架構形式を使うことによって、流通材の6m材を組み合わせることで6mより長いスパンを飛ばしています。左右からの登り梁を間に支点桁を挟んで相持ち構造(レシプロカル構造)とすることで、自分の長さよりも長いスパンを飛ばすことができる形式です。互いに支点桁に乗って支えられているだけなので、接合部は上からラグスクリューなどで留めるだけ済む、非常にシンプルな構造です。

写真20は同じく林業機械化センターの林業機械格納庫で、さきほどの支点桁構造を繰り返して使うことによって大スパンのアーチを構成しています。こういうある程度大きなスパンのアーチを木造で作るとなると、一般的には大断面集成材工場で、特注の湾曲集成材を作って対応することが多いのですが湾曲集成材は大断面集成材の中でも通直集成材よりもさらに特注で手間もかかるので、コストがさらに上がります。ここではそういうものは一切使わずに、流通材の中断面の直線材だけを用いて、支点桁構造を繰り返していくことによって、非常に安く大スパンアーチを造ることを実現した事例です。

写真 19



林野庁林業機械化センター展示棟の支点桁小屋組

林野庁林業機械化センター 林業機械格納庫棟 支点桁方式による通直集成材アーチ



写真21、22は、建築家の團さん(團紀彦建築設計事務所)と設計した「ウトコリミテッド室戸工場」です。高知県室戸岬で海洋深層水をとってきて真水とミネラル塩に分けて出荷する工場です。この工場では、背の大きい大断面集成材を板状に使い、今であればCLTを使うところですが、その壁柱を相互に嵌合接合する構造です。壁柱どうしを斜めに嵌合接合することで水平力に抵抗する構造になっています。これがその断面です(写真 23)。室戸岬なので、風圧力のほうが地震力より2倍以上大きいのですが、嵌合接合した壁柱が筋かい状に連続した壁面になっていることで風圧力に耐えます。

スライド24は斜め嵌合部の仕組みです。十字型に鋸歯を入れて間を削り取る形の仕口です。相互に重ねると、軸方向に力を加えると小口同士が当たってそれによって軸力が効率よく伝達されます。金物はあくまでも離れ留めの役割として側面からラグスクリューを打つだけの構造です。

同じ施主で、この構造を使って佐渡にも海洋深層水の工場を作りました(写真 25、26)。

さきほどの室戸工場は大断面集成材を使いましたが、今度の佐渡では予算が3分の2くらいしかなかったので、一般流通の長さ6mの安価な住宅用中断面集成材だけを用いて、さきほどの斜め嵌合接合の仕組みを使ったシザーストラスアーチ構造によって、スパン 16mの屋根を飛ばしています。

写真 21

ウトコリミテッド室戸工場

設計: 團紀彦建築設計事務所 構造: 稲山建築設計事務所



写真 22



ウトコリミテッド室戸工場(2003) 高知県室戸岬

設計: 團紀彦建築設計事務所 構造: 稲山建築設計事務所

写真 23

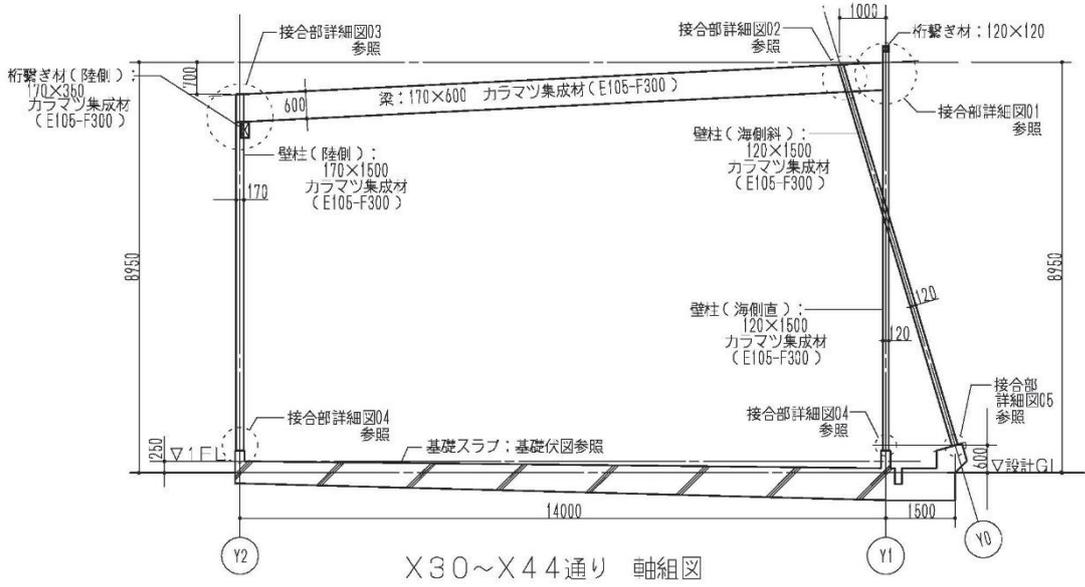


写真 24

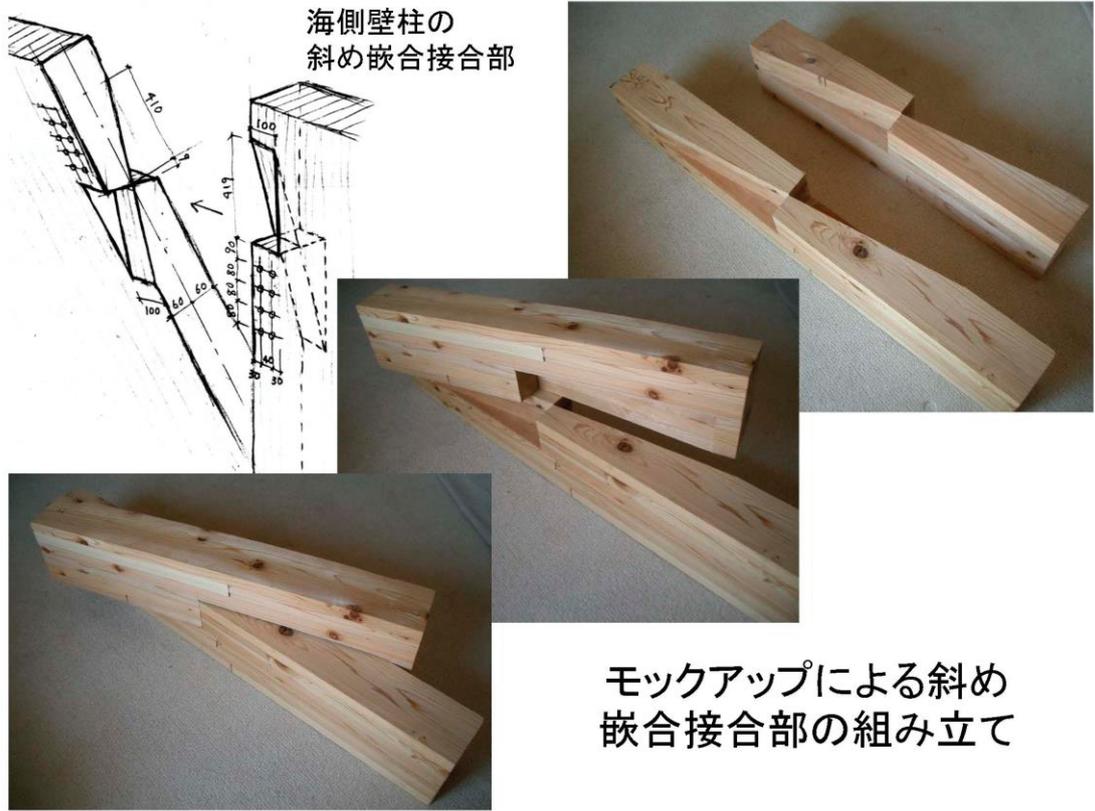


写真 25

佐渡海洋深層水ボトリング工場（2005）

設計：團紀彦建築設計事務所 構造：稲山建築設計事務所



佐渡海洋深層水ボトリング工場

長さ6mの住宅用中断面集成材を用いたスパン16m シザーストラスアーチ

写真 26



この方式を徹底して用いたのが、2008年につくられたYoYa邸です(写真27)。

これは建築家の彦根アンドレアさん(彦根建築設計事務所)と手がけた住宅です。この建物では木を編んだような室内空間を、全部プレカットで、流通断面の集成材だけを使って組んでいます。

写真28は施工中の写真ですが、集成材1枚の断面は梁用の平角材を二つ割りにした厚さ50mm×幅240mmで、あらかじめ仕口加工を全部プレカット(フデガー製の任意形状加工機)でやってきています。プレカットでさきほどの斜め嵌合接合の仕口を加工できます。1枚の板の長さは3m以下で、2階床に積み上げた部材を次々と上の施工者に渡して横から挿して上からビスで留めるというのを繰り返す。そうすると、住宅くらいの規模であればこのように1日で大体全部組み終わります(写真29)。

室内からは木が編まれたものがそのまま内装の壁・天井として見えています。これ自体が鉛直荷重と水平荷重を支える構造体になっています(写真30)。今回は住宅なので、この50×240という二つ割りにした断面で、スパンは7mくらいですが、この仕組みを利用すると、例えば105×450という2倍くらいの断面寸法で長さも2倍6mの流通中断面集成材を使えば、15mと20mのスパンをまったく同じように飛ばすことができます。それを使うと駅のホームの上屋とか、そういったものが流通材を使って非常に安く、しかも木を編んだような内装のふんだんに木が使われる形で作れます。実は今、この方式で東急電鉄の戸越銀座駅のホームの上屋をつくっています。

写真27

YoYa邸 (2008)

設計:彦根建築設計事務所 構造:稲山建築設計事務所



写真 28

施工中のYoYa邸:厚さ50mmの小断面集成板を嵌合させてビス止め



写真 29

施工中のYoYa邸:小断面集成板の加工は全て機械プレカットによる



竣工後のYoYa邸の2階内観

写真 30



写真31は「東京大学弥生講堂アネックス」の建物です。

この建物は木造のHPシェル構造が8つ、一点直立して相互に支え合う構造になっています。HPシェル構造は曲面構造ですが、ここでは全部一般流通材の合板とLVLの直線材だけを使って組まれています。ここでの木造HPシェルの作り方は、LVLの直線材で2つのV字の枠をつくり、その中に構造用合板のリブを、半分欠きこんだものを少しねじりながら直交同士をはめていくことでHPシェル形状のグリッド骨組みができます(写真32)。その上下に9mmの構造用合板を少しねじりながら二重に接着ビス留めして一体のパネルにする形です。中には断熱材が入っています。

非常に安い既成品の構造用合板とLVLだけを使って造られているので、材料費としてはすごく安い。施工も簡単で、現場のベタ基礎上でHPシェルユニットを地組して施工していますが、構造体だけであれば3ユニット分あわせても3日くらいでできます。1日1基くらいのペースで造れてしまう。ですが、仕上げ工事に手間がかかるんです(写真33)。内装は、フローリング用のベイスギの板を貼っているのですが、曲面なので一列貼るのでも、シェル両端部の幅が広い所からだんだん狭くなってまた広がっていくのを、現場合わせてカットしながら貼り合わせていかななくてはいけない。この仕上げの手間がすごくかかっています。ですので、材料費は安いのですが、曲面構造になると施工費が倍以上かかるというのが実態です。

写真34は同じく弥生講堂アネックスの横の講義室ですが、ここでは住宅用に使われているヒノキの製材を、交互にトラスが形成されるようずらして重ねてビス留めするのを繰り返す形で、これ自体が門型ラーメンを形成するような形になって、水平力と鉛直荷重の両方を負担する構造です。

写真 31

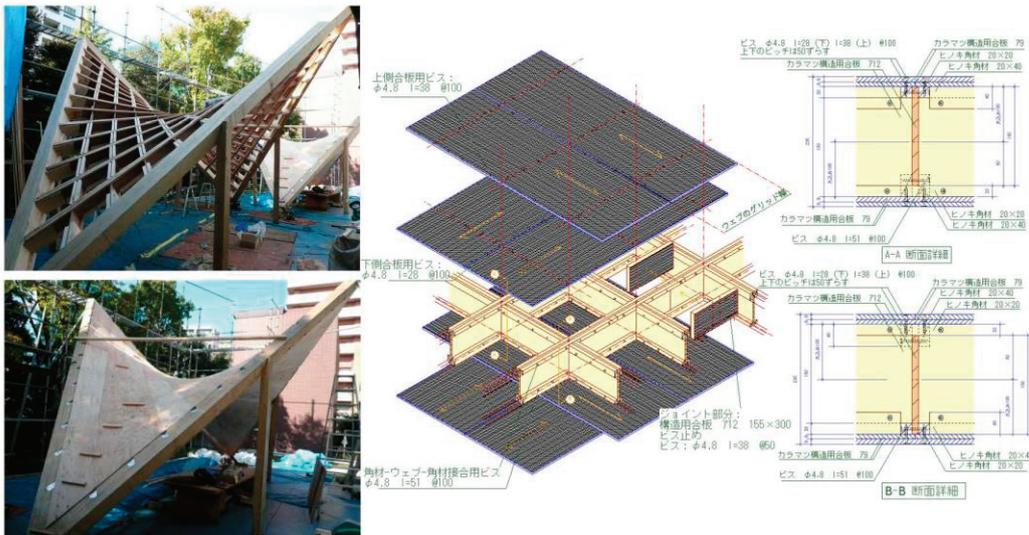
東京大学弥生講堂アネックス（2008）

設計：河野泰治アトリエ 構造：東京大学大学院木質材料学研究室



1点直立の木質HPシェル8基が互いに支え合う構造形式

写真 32



弥生講堂アネックスのHPシェルは、木造住宅などに普通に用いられる一般流通材料だけを使って、施工上も大がかりなステージ足場などを用いずにサイトプレファブ方式で木質シェルユニットを組み立てた。

HPシェルの構法は、直線グリッドに沿って構造用合板によるウェブを格子状に組み、ヒノキ角材でI-Beam状にウェブを補強し、その上下面に国産カラマツ構造用合板のフランジを2重に張ったストレススキンパネルによっている。

写真 33



内部空間は、8基の木質HPシェル同士の間大きな三角形の開口部とトップライトを設けることにより、明るく開放的な空間を実現させた。

写真 34



隣接する講義棟の1階講義室は、ヒノキ角材を交互にトラスが形成されるようずらして重ねビス接合した木造門型ラーメンによるルーバー状の壁・天井面としている。

写真35は「岡山県立大学同窓会館」で、2014年にできあがった建物です。これも全部ヒノキの製材と構造用合板でできています。すべて流通材だけで特殊な材料は使っておりません。鼓形(回転双曲面)のシェル構造で2点の基礎上に中間が浮いた形で自立させている建物です。

これが内部です(写真36)。さすがにこういう加工になると住宅用プレカット機械では無理で、ドイツ製のフンデガーという任意形状加工が可能なプレカット機械に、3次元で書いたCAD図面をそのまま送り込んで仕口の3次元加工をしています。

骨組みは、ヒノキの120角製材によるシザーストラスリングを4m以内のピッチで並べ、2つのリングの1つずれた頂点同士をヒノキの120角の外桁と反対回りの内桁でつなぐもの(写真37)。接合部は引きボルト接合で、ボルトが仕込まれているだけで、基礎との柱脚部以外は特殊な金物は使っていません。床梁も普通のプレカットの仕口加工と梁受け金物だけででき上がっています。仕上げは、外装材はコールテン鋼で、真ん中が浮いた形で2箇所の基礎部分に乗っかっている形になっています。(写真38)

写真 35

岡山県立大学同窓会館 設計:岩本弘光+アーキシン 構造:ホルツストラ



写真 36

岡山県立大学同窓会館 ヒノキ製材と構造用合板による鼓形シェル構造

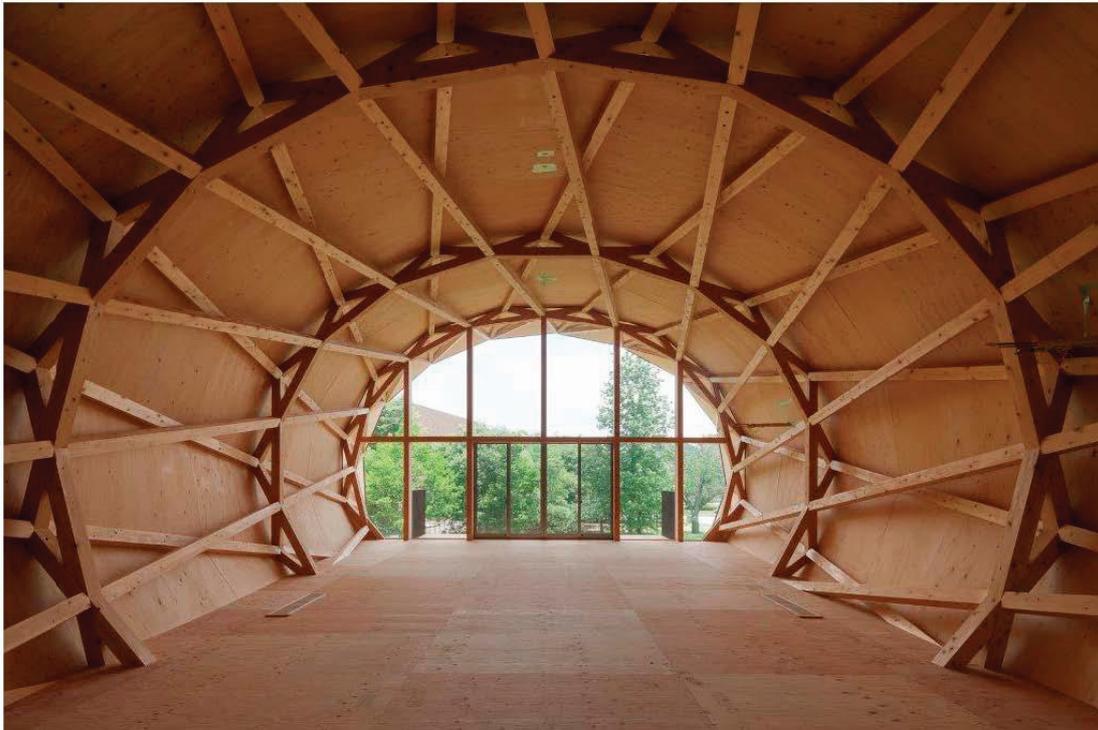


写真 37

岡山県立大学同窓会館 三次元CAD図面をフンデガープレカットに入力し加工



岡山県立大学同窓会館(2013) 外装仕上はコールテン鋼



写真39は、「JA西印旛農産物直売所」の建物で、住宅用の中断面集成材を張弦梁に使って、スパン15メートルの屋根架構を実現した事例です。張弦梁は下が弓型になっていますが、これも湾曲集成材は使っておりません。一般的な住宅用の直線材の流通集成材を組み合わせているだけです。

張弦梁の下弦材のディテールですが、中央材と両側材の3列がシザースアーチ状に継手が半ピッチずつずれた合わせ梁になっています(写真40)。両側材は120角、中央材は120×240を平使いとしそれぞれの材の真ん中を45mm分削りとった形に加工して、継手を半分ずつずらすようにして相互に嵌め合わせ、45mmアゴが引っ掛かるようにしています。追掛け継ぎの原理とまったく同じようにアゴが引っ掛かって引張力を伝達する仕組みです。中央材の引張力がアゴで引っ掛かって両側材に伝わり両側材に伝わった引張力がまたアゴで引っ掛かって次の中央材に伝わる形です。中央材、両側材、中央材、両側材……という形でチェーンのように引張力が伝達される仕組みです。木材同士のアゴ部分の木面圧で力が伝達されますので、特殊な接合金物は一切使っていません。外側から離れ留のビスを留めているだけです。

材料は実は国産材ではなく、住宅の梁に使われるレッドウッドの中断面集成材で張弦梁が構成されていて、柱もベイマツのKD材を使っています。これら安価な住宅用流通材と大半の加工に住宅用プレカットを使ったことにより、建物は坪60万円以下で実現しています(写真41)。鉄骨造と同等以下の費用ででき上がっています。千葉県在地場産材を使って欲しいという話があったのですが、構造体を全部そうすると値段が合わないの、ここでは割りきって、千葉産のスギ材は内装のルーバー材などに使っています。地場産材利用は内装だけと割り切って、構造体は住宅用のプレカット流通材を使うことで坪60万円以下で実現でき、鉄骨造と較べてコストは同じくらいかもしれませんが、非常に木質感にあふれた内部空間と木の構造デザインとなっており、農産物直売所として付加価値の高さで鉄骨造より勝っているかと思えます。

写真 39

JA西印旛農産物直売所(2010)設計:計画環境建築 構造:稲山建築設計事務所
住宅用中断面集成材の張弦梁によるスパン15m屋根架構

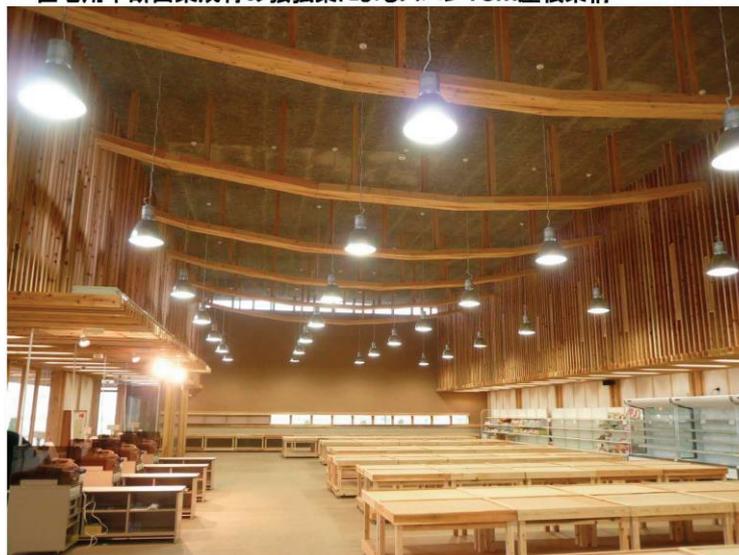
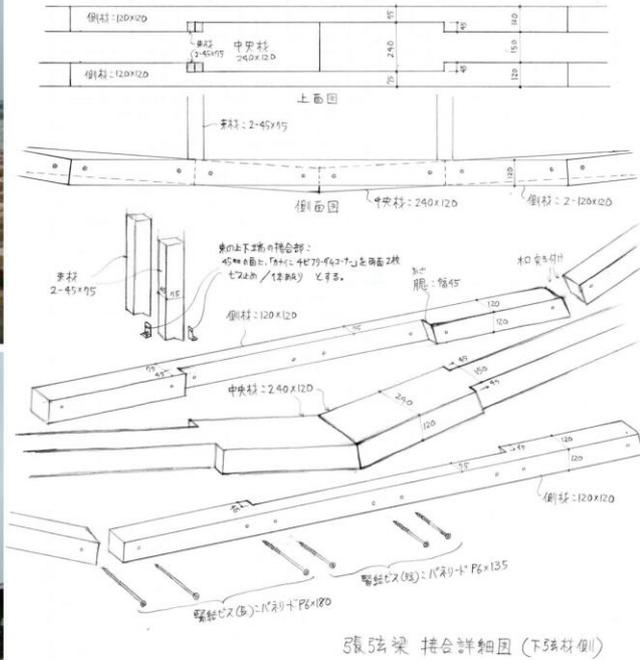


写真 40

張弦梁のディテールと施工



張弦梁 接合詳細図 (下5枚材側)

写真 41

ベイマツドライビームの柱+レッドウッド中断面集成材の張弦梁により
坪単価60万円以下で実現



写真42は「**熊本県鹿北小学校**」です。この建物は建築家の古谷先生のNASCAと地元の中川建築設計事務所と一緒にプロポーザルに応募し勝ち取って設計した2階建ての校舎です。

建物の規模としては2階建て3700㎡くらいの木造校舎で、建物の形としては中庭を挟んで口の字型をしているのですが、耐火RC造のコアを4箇所間に挟むことによって別棟通達を利用して、4箇所での2階建ての木造部分をすべて1000㎡以下に区画し、燃え代設計なしの裸木造で設計しています。(写真43)構造的には、RCと木造の平面混構造で、両者をエキスパンションで切らないで、木造部分とRC造の部分を水平構面でがっちり繋ぐ形です。そのために木造部分の水平力の大半は、両側のRC部分に負担させています。それによって、写真44のように、横に連続した開口部が特徴的な、木造部分はほとんど耐力壁のない非常に開放的な空間となっており、大スパンの屋根も熊本県産のスギの製材を使ったトラスなどで飛ばしています。

写真45は、1階の職員室から見上げた2階床の構造です。熊本県産のスギの製材の120角とM16の丸鋼を組み合わせた張弦トラスで2階床を支えています。

写真 42

熊本県鹿北小学校 (2013) 設計: 中川建築設計事務所+NASCA 構造: ホルツストラ



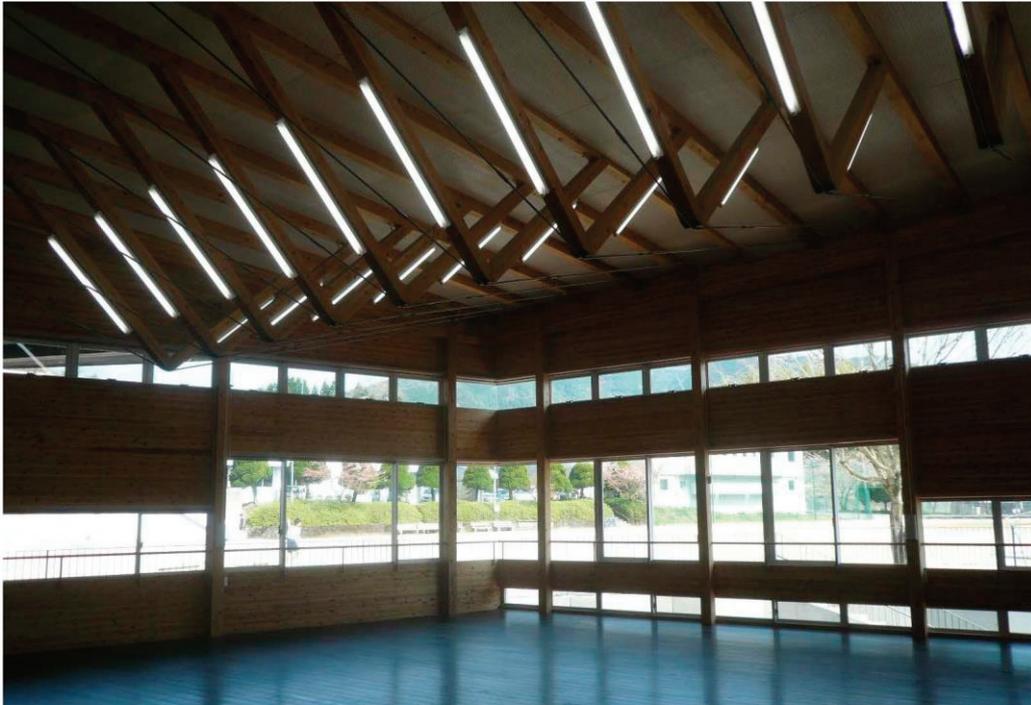
写真 43

熊本県鹿北小学校 木+RC 平面混構造 2階建 3696㎡
別棟通達により4カ所の耐火RC部を挟んで1000㎡以下の木造に区画



写真 44

熊本県鹿北小学校 木造+RC平面混構造 : 木造部分の水平力の大半は
両側のRC部分に伝達・負担させているため壁のない開放的な木造空間を実現



熊本県鹿北小学校 1階職員室の内部空間
熊本産スギ製材120角とΦ16丸鋼による張弦トラスによりスパン8mの2階床を支持

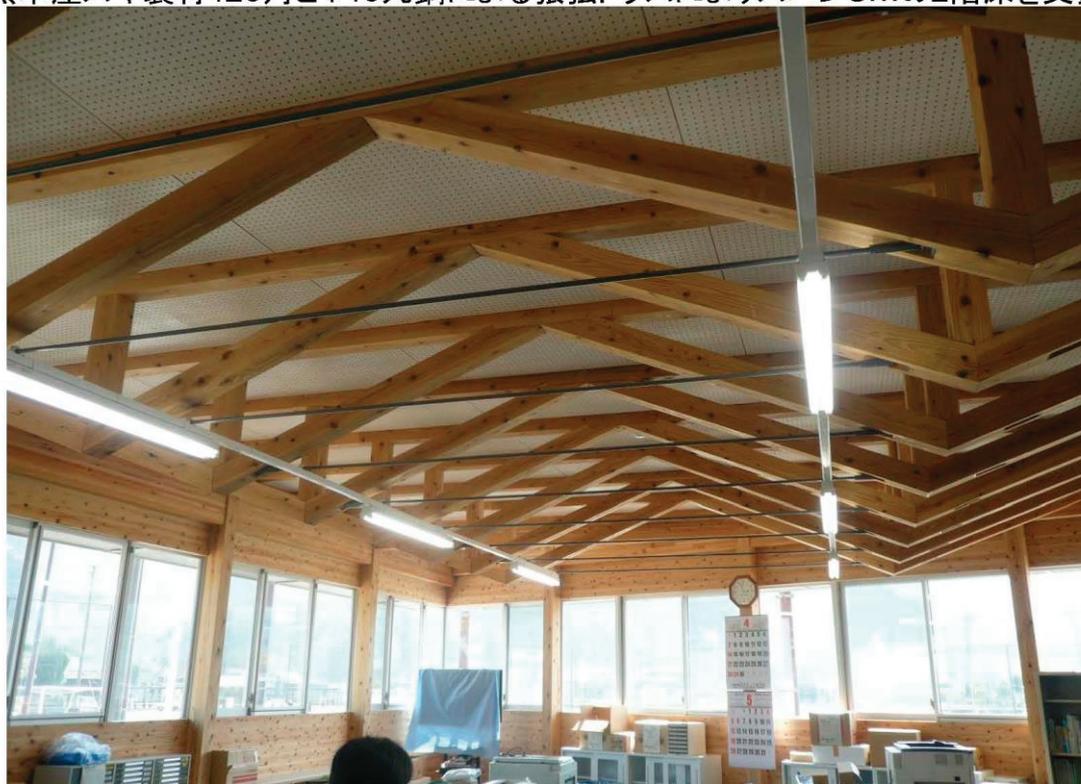


写真46は、大学の施設で、「近畿大学 E-Cube」です。

これは建物外周4面全部が集成材による斜め格子構造です。入り口側の1面だけは集成材の厚さ方向が見付け面にくる斜め格子ですが、残りの3面は集成材の成方向が見付け面の斜め格子で、こちらは集成材を相欠きにして斜めに組んだ層が二重になっています(写真47)。相欠きし斜めに嵌合させ二重に重ねた集成材同士を、ボルトとビスで留めるだけの構造です。屋根も集成材と構造用合板を三角に組み合わせた梁で18メートルのスパンを飛ばしています(写真48)。

近畿大学E-Cube

設計:岡本清文+類設計室 構造:稲山建築設計事務所

写真 46

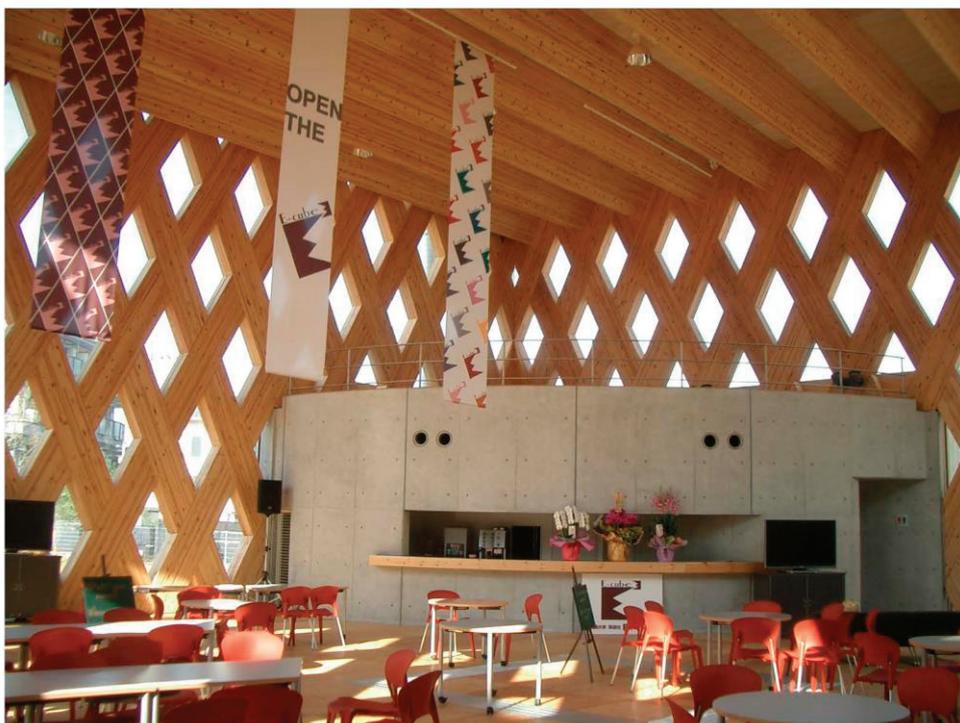


写真 47



近畿大学E-Cubeの内観

写真 48



近畿大学E-Cubeの集成材三角梁

写真49は「宮崎大学創立330記念施設」で、2014年に竣工した建物です。

これは延べ面積は1670㎡の大学学生会館で、学校施設ですので特殊建築物に該当しますが、これも防火壁で1000㎡以下に区切っており、それによって燃え代設計なしで木を見せた空間が作れる形としています。先ほどまでの防火壁はRCで造っているものが多いですが、ここでは石膏ボード二重張りの1時間耐火木造の壁を使って防火壁を造っています。

写真50は施工中の写真ですが、右側に石膏ボード二重張りのメンブレン式耐火木造の防火壁が見えます。防火壁は柱脚を引きボルト式ラーメンで面外に自立できる構造としており、防火壁の両側の木造部分は防火壁に頼らず鉛直荷重を支えられるようにしていますが、防火壁に接する柱と梁は石膏ボード2枚を挟んで防火壁内部の軸組に長ビス留めとしております。このビス留めくらいであれば、火災時の熱橋にはならず、防火壁の両側が同じ本数でビス留めされていれば片方が燃え落ちても引きずられて防火壁が倒れることはない、と判断されます。

左側は18mスパンのレンズ型のトラスが掛けられていますが、この上下弦材はスギの105角の流通の集成材を並べていて、ウェブの斜材72mm厚のスギのCLTを使っています。この、スギのCLTと流通集成材を組み合わせたレンズ型トラスは、CLTの斜材の下側がエアコンの吹き出し口で、斜材の上側がリタンのダクトとして空調の経路としても利用しています。

写真51は、できあがったコンベンションホールの内観で、見上げるとレンズ型トラスの下弦材のスギ流通集成材がそのままルーバー状の天井仕上げになっていて、ルーバーの隙間を照明やエアコンの吹き出し口としています。

写真 49

宮崎大学創立330記念施設 設計：長大アルコム建築部 構造：ホルツストラ

- ・延べ面積1670㎡平家建て大学学生会館。・軒高9m以下かつ最高高さ13m以下。
 - ・学校施設は特殊建築物に該当するが、防火壁で1000㎡以下に区画すれば準耐火にしなくてもよい。
- ここでは防火壁を石膏ボード二重張りのメンブレン式1時間耐火木造とすることで、上部構造全体を純木造で計画し、1000㎡以下に区画された木造部分は構造体の木造トラスを室内空間に露出する計画とする。



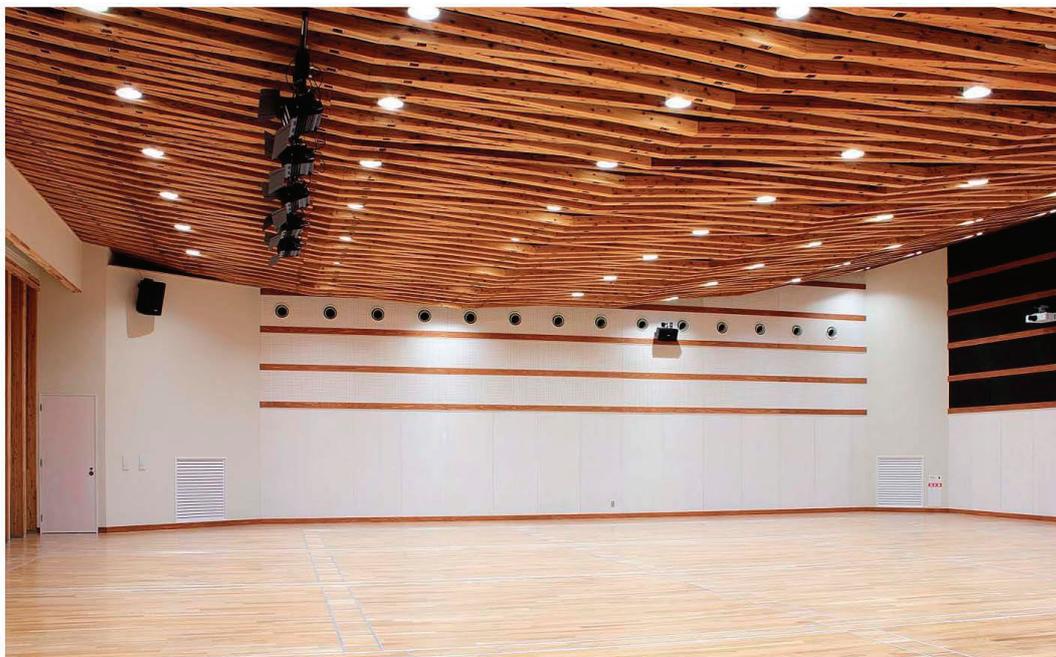
宮崎大学330記念施設

写真 50

スギCLTをウェブに用いた18mレンズ型トラス 設計:長大アルコム事業部 構造:ホルツストラ



写真 51



宮崎大学創立330記念施設 コンベンションホールのレンズ型トラス

- ・主要軸組部材の大半には宮崎県産スギ小中断面集成材を用いる。
- ・上下弦材にはスギ集成材105×105を継手をずらして引きボルト接合
- ・斜材にはスギCLT(3層 t=72)を使用

写真52は、長野県上伊那郡に造られた「北沢建築本社工場棟」です。

これは普段住宅を設計されている建築家の三澤文子さんと設計した建物ですが、すべて長野県産のスギの製材だけで北沢建築さんの自社工場を作ったという事例です。北沢建築さんはOM加盟の工務店で、普段木造住宅をつくっているのだからせつかだから自社工場を木造で作りたいということになりました。すべて長野県産のスギの製材だけでつくられた、18mスパンの自社工場になっています。

(写真53)構造は、柱から枝が出て、枝から小枝が出て、小枝から孫枝が出るという南京玉簾のような構造で、この樹状アーチ架構が6メートルピッチに配置されています。その6mピッチの間をスギの羽柄材のルーバー状の方杖と母屋で屋根を支えています。1本の丸太から断面の大きい平角材をとると、まわりの部分が余りますので、それを有効利用するように木取りしますと、間柱や垂木とかに使うような45×105 くらいの羽柄材がたくさんとれます。断面の大きい平角材を使った樹状アーチ架構の間を、それらの羽柄材を細かいピッチに母屋と方杖として入れたルーバー状の架構で埋めることで、合理的に屋根荷重を支えて、スギの丸太材も有効に利用されます。

(写真54)樹状アーチ架構の接合部は斜めにホゾ差しされてビス留め、ルーバー材も大入れしてビス留めしているだけなので、そんなに複雑ではない。全部、地場の工務店である北沢建築さんが自分で加工して、自分で施工して出来上がった建物です。ですので、長野県産のスギ製材だけを使って、地場の大工、工務店が自分のところで、加工と施工を行って造った、完全に地産地消の建物です。地域の公共木造建築は単に地場産材を使えればいいというのではなく、本来こういうふうに地場の工務店が施工してメンテナンスも自分たちでできるような木造でやるべきだと思います。

写真 52

北沢建築 本社工場棟 (2010) ..長野県上伊那郡

設計:三澤文子/MOK-MSD 構造:稲山建築設計事務所



写真 53



樹状トラス架構＋ルーバー状の方杖・母屋で屋根荷重を分散してアーチ状に軸力伝達した合理的な構造によって、長野県産スギ製材だけで18mスパンの大空間を実現

写真 54



長野県産スギ製材だけを用い、地場の大工・工務店だけで加工・施工を行った大規模木造

写真 55

住田町新庁舎 (2014) 延床面積2883㎡ 2階建て準耐火構造
設計:近代建築研究所+中居敬一都市建築設計・前田建設工業JV 構造:ホルツストラ



写真 56

住田町新庁舎

住田町産スギ90角材を用いた斜格子
耐力壁(倍率9.3倍相当の許容耐力)

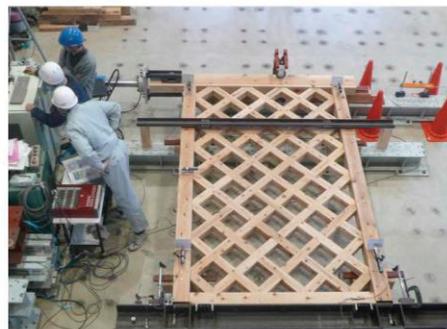
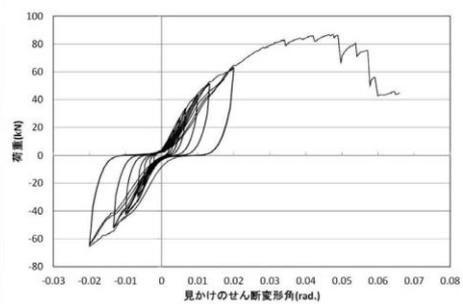


写真55は、そのような形で作られた「住田町新庁舎」です。

延べ面積約3000㎡弱の2階建ての準耐火構造の庁舎です。岩手県の住田町という町は、森林林業日本一の町を標榜しており、良質のスギやカラマツがとれるだけでなく、町の中に小中断面の集成材工場(三陸木材)と住宅用プレカット工場(気仙プレカット)と造作材やパネルを製造する加工場を持つ工務店(住田住宅産業)がつくられており、さらに廃材を燃やすバイオマス発電までつくられて、完全な森林資源循環型のモデル自治体を目指している町です。ですので、ここで木造庁舎を造るに当たっては、なるべく町産材を使い、町内の集成材工場で作った小中断面集成材で構造をつくり、接合部も地元のプレカット工場に対応できるような加工と住宅用接合金物で造った建物としました。

(写真56)耐力壁は90°角のスギの製材を斜格子にした耐力壁で、水平加力実験によって壁倍率9.3倍相当の短期許容せん断耐力を有しており、光と風を通す、デザイン的にも欄間のような美しい耐力壁です。この斜格子耐力壁と構造用合板張り耐力壁を併用して、重要度係数1.5の耐震性能を満たす建物となっています。

写真57は庁舎のエントランスホールですが、スパン22mの屋根を飛ばしているのは、さきほどの農産物直売所と同じ構造方式の、中断面集成材と小断面集成材の継手を半ピッチずらして双方のアゴが引っ掛かるように合わせた張弦トラス構造です。

写真58は2階の事務スペースですが、防火の法規上、庁舎は事務所建築扱いになりますので、2階建てなら防火壁を設ければ準耐火にしなくてもいいのですが、ここではあえて準耐火構造にして、しかもスプリンクラーを併用する。それによって建物全体を面積区画(1時間準耐火構造の壁または床で仕切る)無しとし、大きなひとつながりの執務空間を実現した建物になっています。

写真59は1階の事務スペースで、2階から1階まで面積区画なしの連続した空間になっています。

写真 57

住田町新庁舎 エントランスホール

住田町産の中断面集成材を用いた22mスパンの張弦梁と、スギの太径木(非構造)



写真 58

住田町新庁舎 2階事務スペース

準耐火構造+スプリンクラーにより防火区画なしの大空間(2階:1200㎡)を実現



住田町新庁舎 1階事務スペース

中断面集成材燃え代設計準耐火構造+スプリンクラーにより防火区画なしの大空間を実現



5-2 中大規模木造建築の課題と解決手法について

最後に、冒頭に述べた中大規模木造の課題に対する解決手法をまとめて示します(写真60)。

1つめに、コストが高い、それから地場産材がなかなかJAS材として安定供給できない問題です。

これに対しては住宅用の一般流通材、住宅用のプレカットを使う。無理には地域材にこだわらずに、一般住宅用の流通材、製材であれば120×240以下、長さ4m以下のスギ材とか、集成材であれば断面が120×450以下で長さ6m以下の小中断面集成材、これらを組み合わせて、住宅用のプレカットと住宅用の接合金物を用いることによってコストダウンを図る。住宅用のプレカット工場はあちこちにありますから手分けしてやれば工期短縮にもなります。

2つめは、防耐火の法規制が複雑で厳しいという問題です。

これに関しては、なるべく耐火、準耐火を避けるように計画する。鉄骨と勝負できるくらいのコストでやることを考えると、なるべく2階建て以下の建物にして、大半は在来工法と流通材で造り、木造部分が1000㎡以下になるように防火壁で防火区画していく。それが一番リーズナブルです。

そうすると、室内に木を現しにした裸木造で造れる。また、その場合の防火壁ですが、石膏ボード二重張りのメンブレン式の耐火木造で造れば、RCとの混構造にする必要がなくなります。純木造であれば面積がいくら大きくなっても軒高9m、最高高さ13m以下であれば、ルート1で設計できますので、構造設計も容易になります。

3つめの問題の構造計画についても、なるべく大断面集成材工法は避ける。大断面集成材工法を使うと、特注になり値段が上がるだけでなく、鋼板挿入ドリフトピン接合など木質構造特有の接合部の設計と構造計算が必要となるため、対応できる構造設計事務所も少なくなり、大断面集成材のメーカーなどに頼らざるを得なくなります。したがって、なるべく耐力壁形式の在来軸組工法で計画するように考える。そうすると、住木センターのグレー本の許容応力度計算の一貫ソフトが使えますので、対応できる構造設計事務所も多くなります。

また、施行令46条の壁量規定の計算を満たした上で、ルート1のグレー本ベースの許容応力度計算を行う形をとれば、県内にJAS製材工場が無い場合でも柱とかにNonJAS製材を使っても基準法を満たすことができます。

改訂版のJIS-A3301「木造校舎の構造設計標準」が2015年3月末に改定されて、この中に15倍相当の両面合板張りの高耐力壁が載っており、また、流通材とプレカットを使ったキングポストラスが接合部が標準化されて記載されていますので、これらプラス在来軸組工法で造れば、大スパンと開放的なプランが安いコストで作れるかと思えます(写真61)。

4つめに、設計手間の省力化のためには、(一社)中大規模木造プレカット技術協会(PWA)の標準設計ツール、木造軸組接合標準図と、特記仕様書を整備しました。PWAのホームページからCAD形式のデータでダウンロードできるようにしてあります。標準図の中には、住宅用のプレカットでつくれる継手仕口の標準仕様や、一般的に使われる耐力壁・床屋根水平構面の仕様とJIS-A3301の高耐力壁や水平構面の仕様、JIS-A3301のトラスなどが、全部記載されております。これらを実施設計の構造図に入れて使ってもらえれば、ずいぶんと詳細図作成や設計の手間が省けます。

これらの解決手法を覚えて実際の設計で使う設計者が増えてくれば、S造やRC造と対抗できる経済的で合理的な中大規模木造が普及していくのではないかと考えます。

写真 60

中大規模木造の課題の解決手法

- **コスト、および材料調達** →一般流通材と住宅用プレカットで
→無理に地域材とせず、住宅用流通材(製材:断面120×240以下、長さ4m以下。集成材:断面120×450以下、長さ6m以下)を用い、住宅用プレカットと住宅用接合金物を用いて、低コスト&工期短縮。
- **防耐火の法規制** →なるべく耐火・準耐火は避ける
→1000㎡以下で防火区画し室内に木を現しにした裸木造とする。
防火壁はメンブレン耐火木造とすれば混構造の必要なし。
- **構造計画と構造計算** →なるべく大断面集成材工法は避ける
→耐力壁形式としグレー本の許容応力度計算。令46条壁量規定を満たせばJAS製材でなくてもOK。改訂JIS-A3301に記載の高耐力壁(壁倍率15倍相当)と標準トラスを用いれば、ラーメンにしなくても開放的プランと大スパンが可能。2階床支持の1階柱スパン6m以下。
- **設計手間の省力化** →PWAの標準設計ツールの活用
→標準軸組工法の範囲内で設計し、**木造軸組接合部標準図**と**特記仕様書**を構造図に添付して使用することで詳細図作成の手間を省き、積算モデルプランを利用し素早く概算見積の見当をつける。

改訂JIS-A3301「木造校舎の構造設計標準」が完成

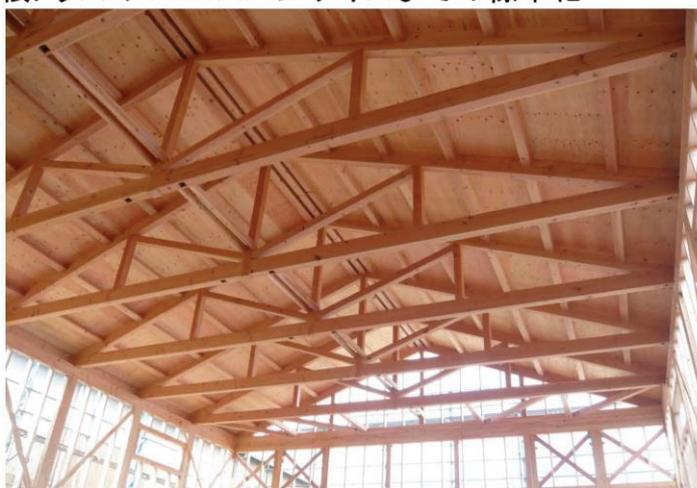
→ 木造校舎の型式認定的工法として令48条第2項の告示に位置づけられる
JIS-A3301 主な改訂内容

- ・オープンスペース付タイプや大部屋タイプなど、ユニット形状の種類と数を増加
- ・荷重条件の見直し(重要度係数1.25による耐震設計)
- ・材料、構法を現代の標準的なものに更新(集成材・機械プレカット加工の導入)
- ・高耐力の高耐力壁や柱脚金物を開発し、誰でもオープンに利用できるよう標準化
- ・流通材とプレカットを用いた屋根トラスの12mスパンサイズまでの標準化



160kN用柱脚金物
「WHDB160」

壁倍率15倍相当の高耐力壁の標準化



流通材と機械プレカット加工による屋根トラス

