＜部材計画＞

一般流通材の活用

○ 一般に安価で調達できる流通材を活用できるように設計する。

○ 流通している小断面の規格材を工夫することにより、大断面の部材を製作し、大空間の構成を可能にする。

市場に流通している木材であれば、特別に調達する木材と比較して、安価で調達することができ、調達にかかる期間も短くすることが可能である。このため、地域の市場で一般に流通している材種や材寸を把握し、これを設計に反映させることが、ローコスト化のひとつの方法となる。

大空間を構成する場合は、大断面の部材が必要となるが、流通量の多い小断面の規格材を組み合わせて、重ね梁や複合梁とすることで、大断面の梁と同様に、長いスパンを構成することができる。

＜秋田県能代市における取組＞

能代市では、米代川流域の広大なスギ人工林と、それを背景に発達した木材関係企業が多くある。公共建築における木材の供給は、能代木材産業連合会を窓口として行われる。秋田スギを中心とし、大量の木材の安定供給体制が整備されていることから、流通材ばかりではなく、特注材については幅広く対応可能となっている。学校については、基本的に地域の流通材と地域の加工技術を活用し、流通材による木造の学校施設整備を進めている。

能代市立浅内小学校では、構法は在来軸組工法を採用し、柱は秋田スギ５寸の割角「大径木芯去材」や芯持材を適材適所に使用し、他は４寸以下の流通材を用いている。５寸角柱の採用にあたっては、４寸角を用いた場合との比較検討を行った（コスト、強度）。４寸角を用いた場合、１本では強度が不足するか所が相当数あり、現場での柱２～３本抱合わせの作業が必要となる。５寸角では大部分が１本で強度が足りた。施工段階で、５寸角の乾燥方法について検討が重ねられたが、芯持材については高温乾燥を、芯去材については中温乾燥で対応した。

体育館については、コスト高となる湾曲集成材を用いず、市内工場で製作された通直集成材を上手く活用し、強度を確保している。

最近では、平成２０年度に着手した第四小学校、二ツ井小学校の建設に当たって、木材の安定供給を図るため、基本設計段階において、木材の数量を能代市のホームページで公開するなど工夫を行っている。



芯持ち高温乾燥



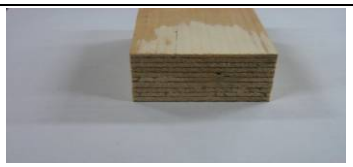
芯去り中温乾燥

＜住宅用中段面集成材によるモデルプラン＞

戸建て住宅は、一般的にＳ造やＲＣ造よりも木造の方が工事費が安いと言われている。この理由は、在来軸組工法用の中断面材、汎用プレカット機械加工、量産接合金物という価格競争力の高い流通生産システムを利用していることが大きく影響していると考えられる。

学校校舎のような中規模木造建築においても、これらの流通生産システムを利用して、住宅用中断面流通材を活用して重ね梁を用いている取組みや（稲荷山養護学校（P○○））、住宅用中断面集成材を活用した設計方法の研究も行われている。住宅用中断面流通材の活用は、コスト抑制の一つの手法として考えられる。

◆主な木質材料（製材、集製材、合板等の特徴の紹介）

名称	概要／主な用途	
製材品、無垢材	・素材(丸太・原木)を鋸挽きした木材製品、「挽き材」 ・土台、柱、梁、桁等の建築用、家具・建具、土木、輸送・梱包	
集成材	・ひき板又は小角材等をその繊維方向を互いに平行にして厚さ、幅、長さの方向に集成接着したもの、自由な断面寸法や形状をつくることができる ・大断面のものをつくることができることから、大空間を必要とする場合に採用されることが多い ・土台、柱、梁、桁等	
合　板	・原則として単板を３枚以上繊維方向が直行するように接着したもの ・構造用（床、屋根、壁等の下地材）、コンクリート型枠用、化粧用、家具用	
ＬＶＬ（単板積層材）	・単板をその繊維方向が平行になるようにを積層接着したもの ・構造用（土台、柱、梁、桁等）、造作用（家具の枠材、ドアの枠・芯材、窓枠等）	
ＯＳＢ（配向性ストランドボード）	・ストランドとよばれる繊維方向に細長い木材の削片を原料とし、表裏層の削片の繊維方向が概ね一定方向になるよう配置し樹脂接着剤を用いて熱圧成型したもの ・構造用（床、屋根、壁等の下地材）、家具用	

規格材を利用した梁について

重ね梁、複合梁

比較的大きな空間を必要とする場合は図１のような梁の採用が考えられる。大断面の梁材が容易に手に入れば問題ないのだが、乾燥の難しさや運搬・ストックなどを考えると、そこには多少の工夫が必要になる。また、近年は環境面からも間伐材有効利用する重要性が増しているため、規格化された小径材を組み合わせた架構を考える意義は大きい。

重ね梁はずれを防止する

その１つに重ね梁がある。これは２～３本の梁を上下に重ねたものだが、重ねただけでは鉛直荷重がかかるとずれが生じ（図２）、構造的には個々の部材を横に並べただけの効果しか発揮できない。図２の表は断面の強度の検討に用いる断面係数Ｚと、たわみの検討に用いる断面二次モーメントＩを比較したものだが、これを見てもその違いは明瞭である。

したがって、ムク材と同等の耐力を発揮させるには重ね梁の上下の梁接着して、ずれがまったく生じないように一体化する必要がある。束でつないだり、ずれ止めのダボを入れる程度では、ムク材と同等の断面性能を得られないことは実験結果などからも分かっている。

トラス、複合梁、合成梁

そのほか、長スパンを構成する方法としては、上下の梁の間を斜材でつなぐトラスや、鋼棒などの引張材を組み合わせた複合梁、構造用合板を両面に打ち付けて上下梁をつなぐ合成梁などが考えられる（図１）。

トラスは斜材の傾きを水平面から 45° ～60° とすると構造的な効果が期待できる。また、木造のトラスはできる限り部材に圧縮力が働くように斜材を配置するとよい。引張材となる場合はその接合方法に注意する。

複合梁を採用するときも同様で、引張材の接合方法が重要になる。構造用合板でつなぐ合成梁は、釘の径と本数が耐力に影響する。

大スパンを構成する梁の種類

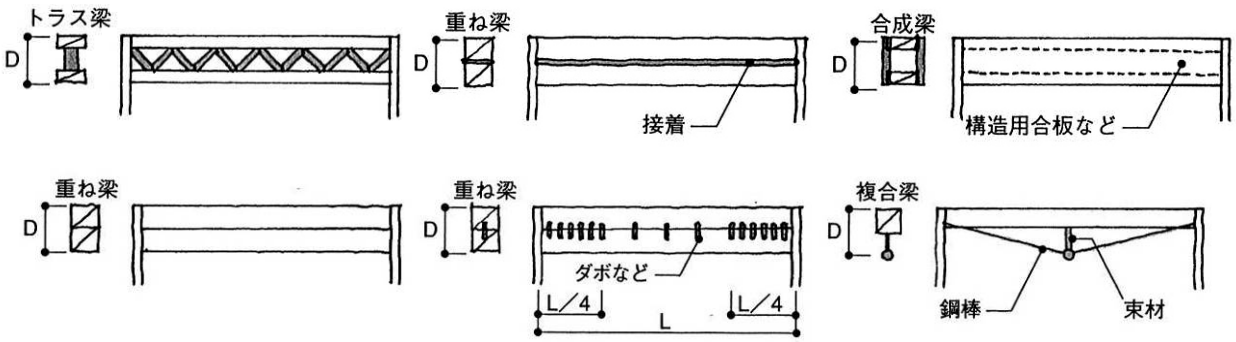
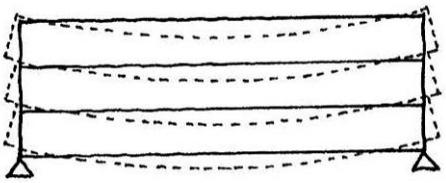


図１

断面係数と断面二次モーメント

重ね梁

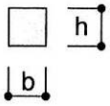
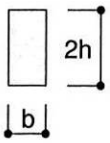
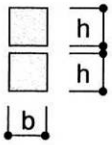
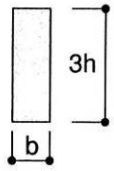
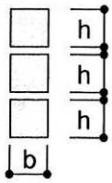


単材を重ねただけでは重ね合わせた
面がずれてしまう

図２

断面係数　$Z = \frac{1}{6}bh^2$

断面二次モーメント　$I = \frac{1}{12}bh^3$

断面形					
曲げ強度（断面係数）	1	4	2	9	3
曲げ剛性（断面二次モーメント）	1	8	2	27	3

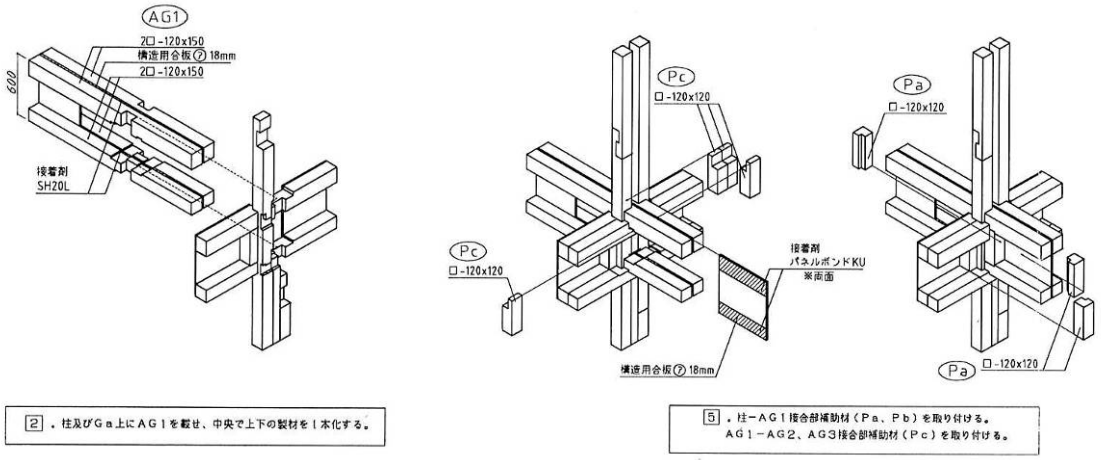
規格化された小径材を組み合わせた架構＜長野県稲荷山養護学校における取組＞

この建物は 21 世紀の循環型社会における公共建築事業のモデルを示すという理念に基づき計画された。具体的なコンセプトは①長野県産材の活用、②木の香る学習環境の創出、③自然エネルギーの活用である。類のない大規模木造建築物であり、技術面・コスト面・工程管理等において、多くの課題と労力を費やした。

上部架構計画について

木の特性を積極的に活用しながら生徒が長時間過ごす快適な空間を提供するために、架構にカラマツ・アカマツ・スギなどの県産材を用い、伝統的な構法とプレカット技術を組み合わせることで、安定した耐久性のある架構の実現を目指している。

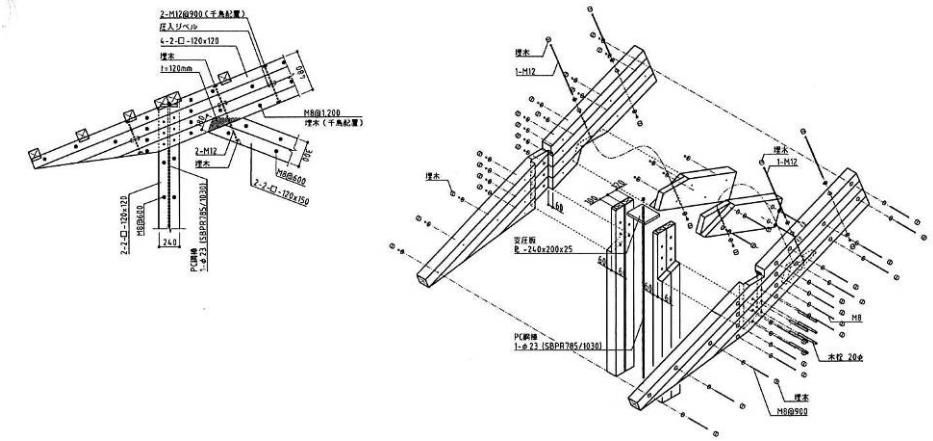
木材は県産材の市場流通の製材で柱・梁を構成する材は小径 12cm のカラマツを、垂木・根太には小径 9cm 以下のスギを中心に考える。木造の柱は 120mm 正角を２本組み合わせた併せ柱とする。２階床梁は接着併用の釘止め合板充腹を、屋根は外側を鉛直柱で支持し、廊下側の２本の柱より方杖を出すよう計画されている。出来る限り規格製材である 4m、5m、5.5mの材長を利用して架構を構成する。



2．柱及びGa上にAG1を載せ、中央で上下の製材を1本化する。

5．柱ーAG1接合部補助材（Pa、Pb）を取り付ける。
AG1ーAG2、AG3接合部補助材（Pc）を取り付ける。

体育館の架構には規格製材の接着重ね梁及び重ね柱を使用している。



この学校例は規格製材（市場流通材）の活用により、総合的なコスト低減を図ったものである。



接着重ね梁が使用されたスロープ部



体育館内部



体育館小屋組

＜長野県における取組～信州木材認証製品～＞

〇長野県林業総合センターにおいて開発されたカラマツ接着重ね梁について

長野県林業総合センターでは、平成１８年度から２０年度にかけて、農林水産省の「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」を活用して、接着重ね梁に関する製造技術開発や性能評価を行った

開発された接着重ね梁は、信州木材認証製品として認証され、今後の利用拡大が期待される。



接着重ね梁

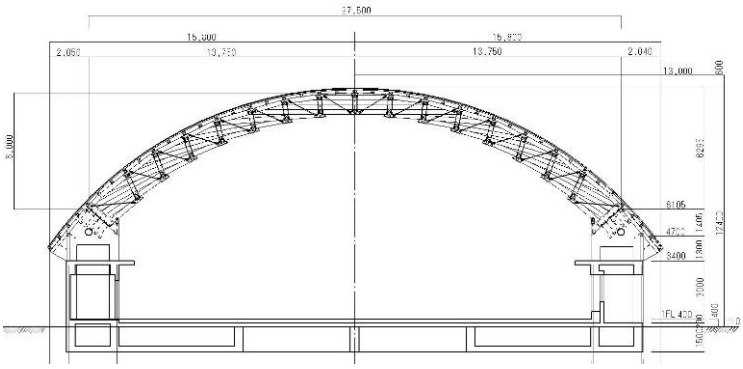
（左からツインビーム、テトラポール、トリプルビーム）

〇規格材の製作の目的、内容、効果

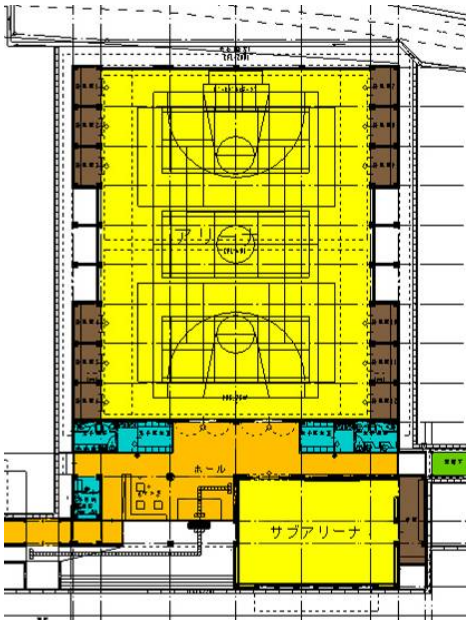
長野県を代表する樹種であるカラマツの間伐材を利用した接着重ね梁等の技術により、大型木造施設で使用できる無垢材の技術の確立を図るとともにカラマツの強さ、美しさ、利用方法を全国へ発信する目的で製作・使用した。接着重ね梁は、間伐材から断面の大きい構造材ができ、無垢材に近い質感を味わえるなどの特徴があり、間伐材の有効利用に資することができる。

＜滋賀県高島市朽木東小学校・朽木中学校屋内運動場における取り組み＞

この取り組みは、市内の森林資源を活用した地場産業振興の一環として、地元の杉材を使った木造の体育館を建設するという高島市の公開プロポーザルから始まっている。隣接する小学校と中学校の共用体育館として建て替えるため、授業時間帯の違いを調整する必要からアリーナとサブアリーナを有する。

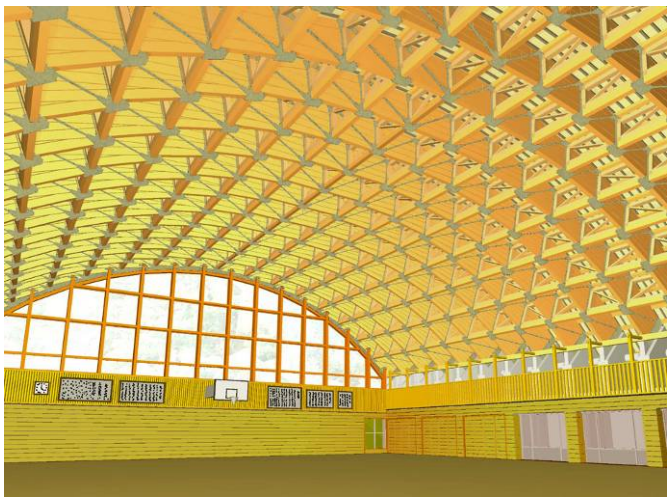


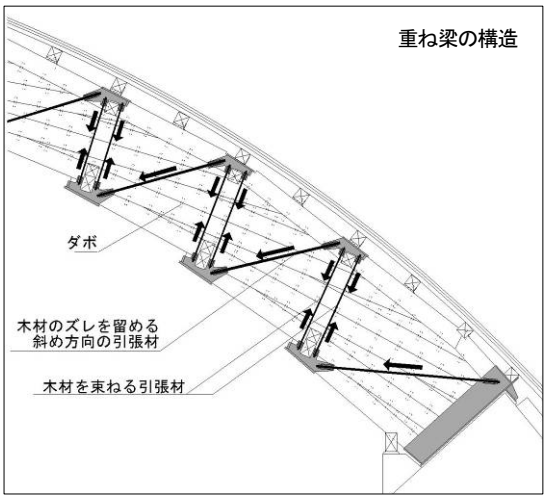
断面図



平面図

体育館の構造は大きく見ると、下部建物構造が鉄筋コンクリート造で、上部のアリーナ屋根は「持ち送り重ね梁」方式の木造アーチ梁となっている。地域の大工さんや職人の人達が建設に参加できるよう、集成材等は使用せず、生産・加工技術による製材品同士をダボでつなぐ重ね梁とした。重ね梁は、岩国市の錦帯橋に倣った、持送りながら角材を積み重ねる方式とした。重ね目に木ダボを入れ重ねた材のズレを止め、アーチ構造の主応力となる軸力を取り付け部分まで伝える。これに木材を束ね、材同士のズレ止めを補強するため、外側の鉄筋によるトラス形状で縫うハイブリッド構造の複合アーチ梁となっている。構造設計を行なう際、対称荷重は特に問題はないが、非対称荷重に対しては注意を払い慎重に設計を行った。





この地域は多雪地域として指定されており、積雪量 1.75m を見込んで設計されている。当初はサブアリーナも含めた一体の空間としてアーチ梁を掛け渡す計画であったが、積雪による上下動は避けられないアーチ梁及び屋根の下側に、1000 ㎡超の建物に要求される防火壁を成立させることは困難であったため、アーチ梁部分をアリーナの 1000 ㎡以内に限定し、サブアリーナは屋根まで鉄筋コンクリート造とすることで、多雪と 1000 ㎡区画への対応を両立させた。構造上の問題となったのは、この積雪荷重が偏分布した時の複合アーチ梁の応力状態、変形状態、支点反力状況の把握である。当然、暴風雨時についても検討を行なっている。スパン 27.1mのアーチ梁の支点反力はＲＣ造のＩ型柱で支持し、柱脚に生じている応力を最終的に地中梁で処理している。

使用する製材は学校林、市有林から伐採し、市内に木材乾燥施設が無いため、葉枯らしと桟積みによる自然乾燥を採用した。しかしこの方法は長い乾燥期間が必要なため、当初の工期を１年間延長し乾燥期間に充てている。同時に、部材の含水率については当初から最も注目していたし、関係者に注意を促した。

また、制作時、建方時に生じる問題点を洗い出すため、実物大の施工実験を行なった。同時に戴荷実験、常時微動測定も行なった。大きな妻面の方立ては複合アーチ梁のクリープ変形に追随可能な納まりとなっている。

建物の維持管理が問題になると思われるが、まずは製材品の十分な乾燥が問題であり、後々まで影響を与える問題でもあると言える。

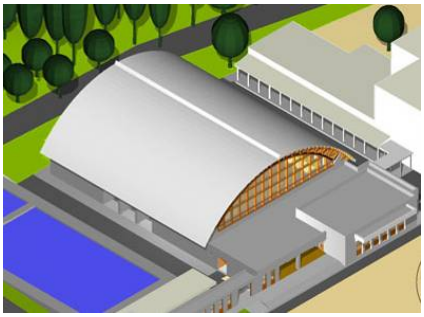


ダボ実験



中央荷重の実物大実験





パース（左：外観、右：鳥瞰）

［DETA］
構造・階数：鉄筋コンクリート造平屋建て、
アリーナ屋根部分は木造アーチ梁方式
建物高さ：最高高さ 13.0m、軒高 4.8m
体育館部分床面積：1,358 ㎡
主要室床面積：アリーナ 796 ㎡、サブアリーナ 145 ㎡
工事期間：平成 21 年 10 月着工、平成 23 年 2 月竣工予定

＜つくば市立東小学校による取組ー持ち送り重ね梁架構によるロングスパンへの対応＞

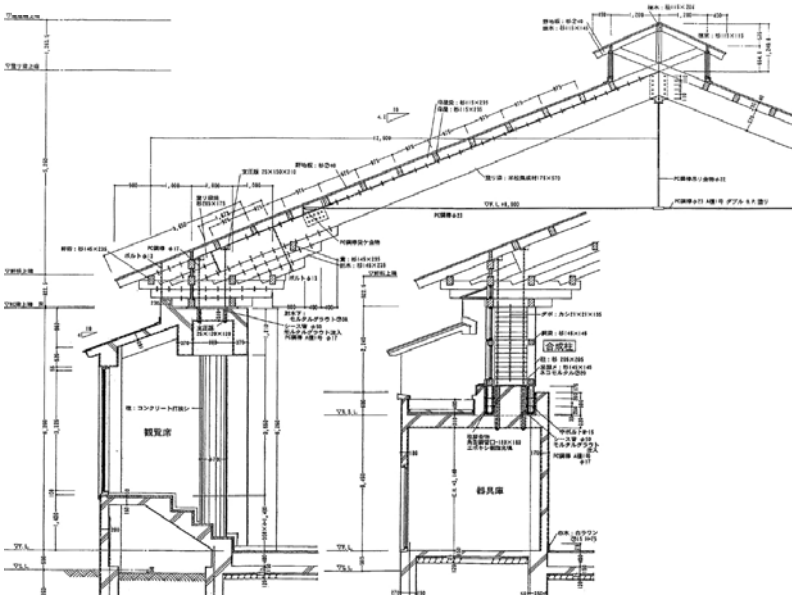
定尺材の利用は、製品寸法ではなく原木の玉伐り寸法に由来する。玉切り寸法を指定するには、伐採計画が立案される以前に製品寸法を指定せねばならず、かなり早い段階から林業関係者との密な連携が必要となる。

このような意味から「つくば東小学校」のヒヤリング時点（１月）では、伐採計画が立てられ伐採が進んでいる山からの多量の調達であるため、定尺材（４m材）利用を前提とした計画が行われた。

しかし、定尺材だけでは教室や体育館を成立させられるロングスパンの架構を実現することは難しい。そこで、強度的に優れた架構形式という構造的側面と合理的な材料調達の面から「持ち送り重ね梁形式」によるロングスパン架構への対応が決められた。



体育館 矩計図



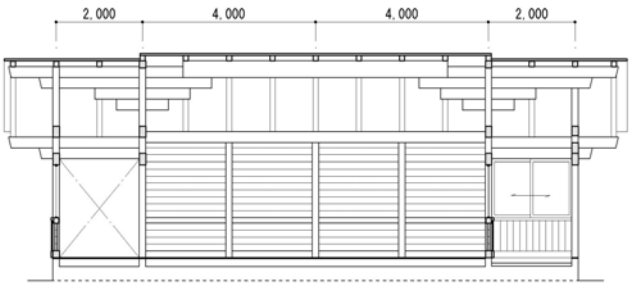


上の体育館では、２２ｍスパンを実現するために、８寸材で組まれた持ち送り重ね梁の上に１２ｍ×尺９寸の集成材が、ダボで載せられ、タイバーにより拝み形式の自己釣り合い形としている。

下の低中学年教室棟では、中央の８ｍスパンを実現するために、両側に廊下や教師コーナーとなる２ｍダブルスパン架構による持ち送り重ね梁に同様にダボにより６ｍ×尺２寸の集成材を載せている。



①持ち送り重ね梁／②体育館内観／③教室棟木工事



教室棟　断面図

定尺材の活用

○ 流通材の中でも、切り無駄が少なく生産コストが抑えられている定尺材の使用を原則とし、定尺材の使用を前提とした架構形式を採用する。

定尺材とは、各部材の基準寸法により製作された材料のことで、流通量が多いため、一定の規模までは比較的調達しやすく、品質や価格も安定している。柱の場合、定尺は3m、6m、梁や桁では、4mの定尺材が一般的に使われている。建物の階高や木材の継手の位置を検討する際には、一般に流通する定尺材の使用を前提として設計することで、木材の調達を進めやすくなり、コストも抑えることができる。

プレカット工法の採用

○ プレカット工法を採用すると、工期が短縮される、加工精度が高まるなど、生産性の向上につながる。

プレカット工法を採用すると、施工現場で実施している作業をあらかじめ工場で実施することにより、工期を短縮することができる。また、加工精度が高まり、安定した品質を確保できるようになる。ただし、個々の部材の特徴を見極めて、適材適所に配置することはできなくなる側面もある。