

（４）コストを抑えるための設計上の工夫

木材を活用した学校施設の整備は、木材調達や設計を工夫して行うことにより、コストを抑えて整備することが可能となる。その工夫の内容について、木造施設の整備に関する事項と内装木質化に関する事項に分けて、実際の取組事例とともに、以下で紹介する。

◆木造施設の整備

＜構造・架構計画＞

- 施設規模、空間の大きさに応じた架構計画とすることが重要である。
- 軽量化や適切なスパン・階高の設定に配慮する。

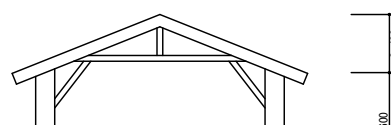
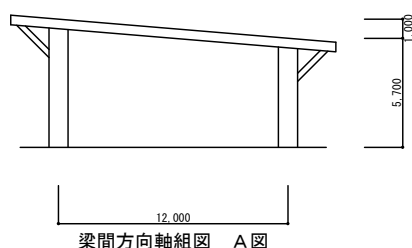
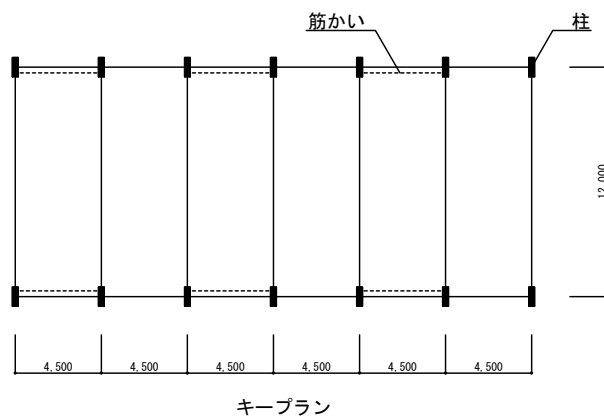
○以下の観点から記述することを検討。

- ・ 建物形状、空間の大きさに応じ、適する架構計画について、それぞれの架構計画の内容について紹介
- ・ 【イメージは手引き 85～89 頁】

武道場の架構形式

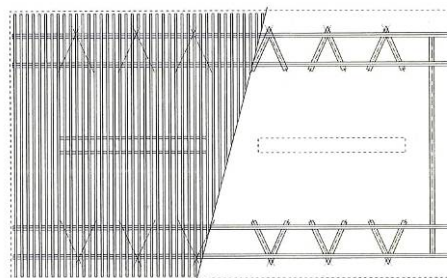
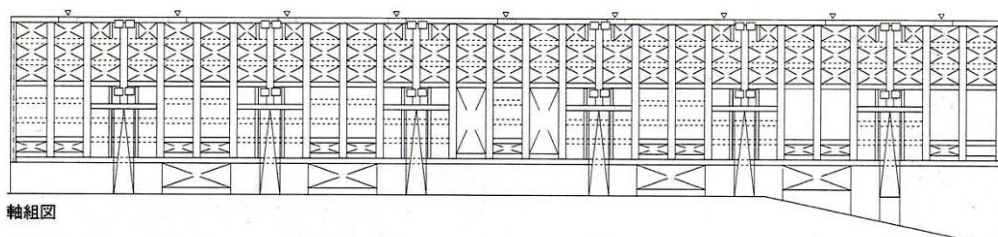
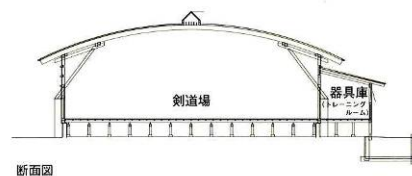
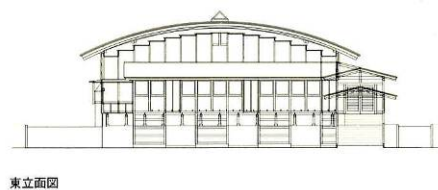
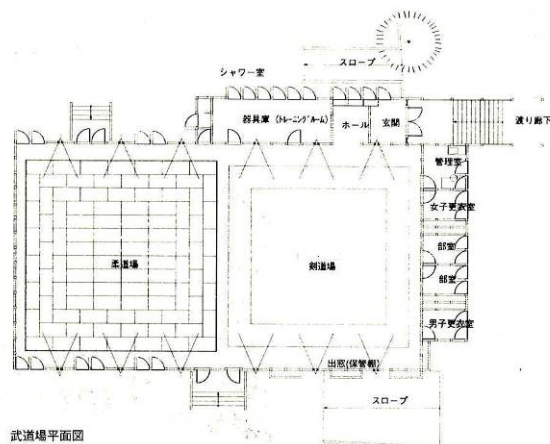
武道場の多くは平屋で平面形状は梁間方向 10～12m 1 スパンで桁行方向は約 4.5m の 6 スパンの建物である。この規模の建物であれば木造建物として最適であると言える。使用材料はスギ材の集成材が圧倒的に多く、E65～75, F225～240 の材が多い（県産材の使用を仕様書に明記）。

梁間方向はラーメン構造であり、図のように梁・柱仕口部に方杖を設置して、仕口部を固めている建物（A、B 図）もあるが、仕口部に鋼板を挿入してボルトで仕口部を固めている建物（C 図）もある。桁行方向は殆どの建物が 6 枚の筋かいを設置したブレース構造となっている。



＜高知県立中芸高等学校格技場における取組＞

この格技場は地場産材の土佐ヒノキを用いた。ゆるやかに湾曲した重ね梁の架構は品格があり、それを支える方杖の配置も効果的である。設計者と地域の人達による共同の取組みの成果であると言える。何よりも考えられているのは方杖の根元を支持している変断面のRC片持ち柱である。片側6本の片持ち柱は構造上は重要な役割を担っており、上部構造の木造部分に生じる応力の全てをこの片持ち柱で確実に支持していることになる。木造建物の実施例として好例の代表格であると評価できる。



小屋伏図

住宅用中断面集成材によるモデルプラン（P）　＜コラム的に紹介＞

- 木造の場合、接合形式の決定は架構形式の決定につながる、重要な設計行為である。
- 使用部位、構造形式、荷重の種類、さらには意匠性、施工性、経済性を考慮して最適な接合方法を決める必要がある。

木造の構造設計を進めるうえで接合形式の決定は、同時に架構形式を決めることにつながる一体性の強い設計行為である。接合部は構造設計の手法として未だ確立されていない部分もあるが、使用部位、構造形式、荷重の種類、さらには意匠性、施工性、経済性を考慮して最適な接合方法を決める必要がある。そして、要求される多様な建築空間にふさわしい架構形式と接合方法の提案が新しい木構造の展開につながっていくことになる。

強度、変形を左右する接合部

接合部は、一方の部材が負担した力を他方の部材に伝達する重要な役割を担う。木造の場合は他構造と比べて接合部の形状が複雑で種類も多い。さらに、建物全体の強度や変形を左右する最も重要な部分となる。

接合部は大まかには柱通しの場合と梁通しの場合の2つに分類できる（図1）。いずれも、まずは分断された部材どうしをつなぐことから考える。次に荷重の方向を考えて、X方向（主に梁の抜け出し）、Y方向（主に風圧力）、Z方向（主に柱の抜け出し）の3軸について形状の検討を行う。

接合部に要求される性能

建物の設計を行うときは鉛直荷重と水平荷重を考慮する。

鉛直荷重時は梁の継手と端部の仕口の鉛直支持耐力が架構の耐力に影響する。具体的には継手については曲げ耐力、端部の仕口については受圧面積の大きさを確保する（図2）。

一方、水平荷重時の影響は鉛直構面にかかわるものと水平構面にかかわるものとに分けられる（図3）。

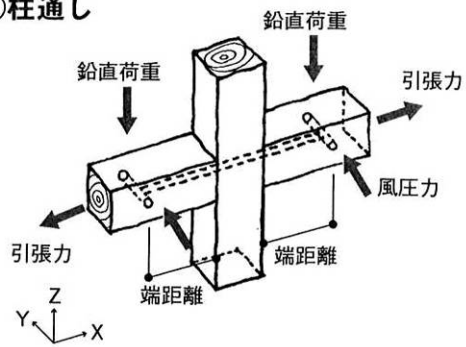
鉛直構面とは立体的に見たときの軸組のことだが、主として耐力壁にかかわる接合が影響する。耐力壁は水平荷重を受けると回転が生じ、端部の柱に引張力が作用する。したがって、柱と土台、柱と床梁、柱と小屋梁などの接合部では引張耐力を確保する必要がある。同時に耐力壁の枠材となる梁には、圧縮・引張の軸力も生じるので、継手や梁端部の仕口の引張耐力も必要になる。

床面や屋根面のことを水平構面というが、水平力が作用すると水平構面の外周に圧縮力と引張力が生じる。これに対して、継手や仕口は引張耐力を確保する必要がある。

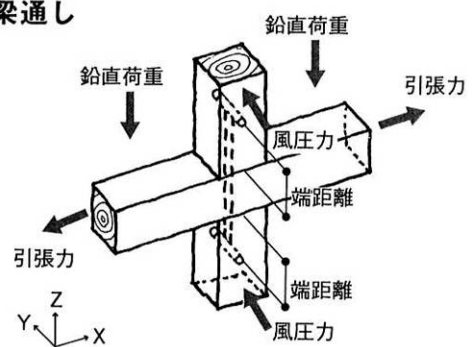
そのほか、暴風時には軒先の吹上げに対する接合方法にも注意しなければならない。

仕口にはたらく力 | 図1

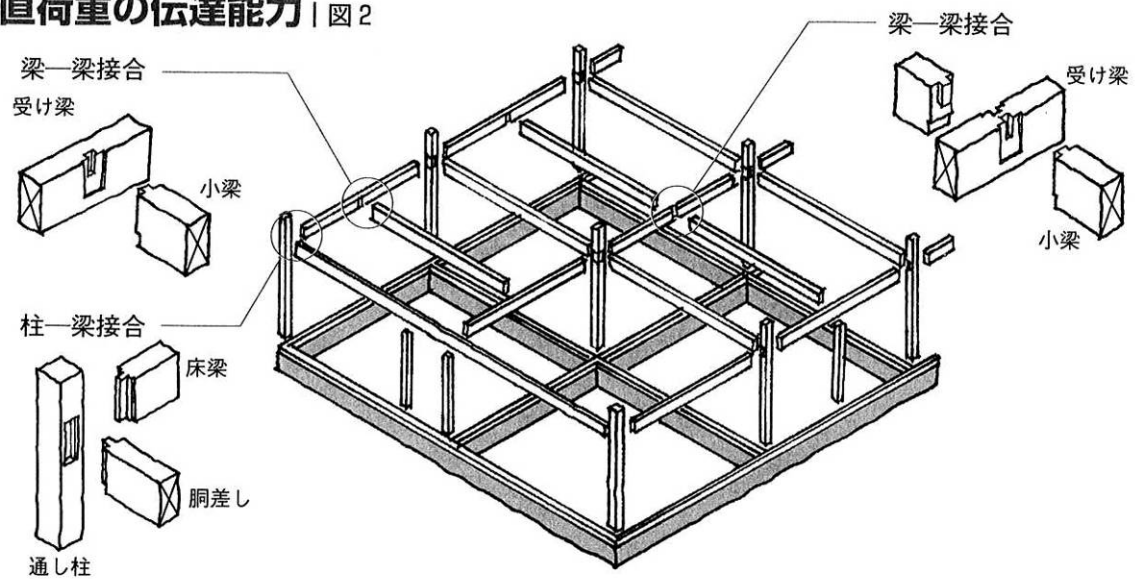
①柱通し



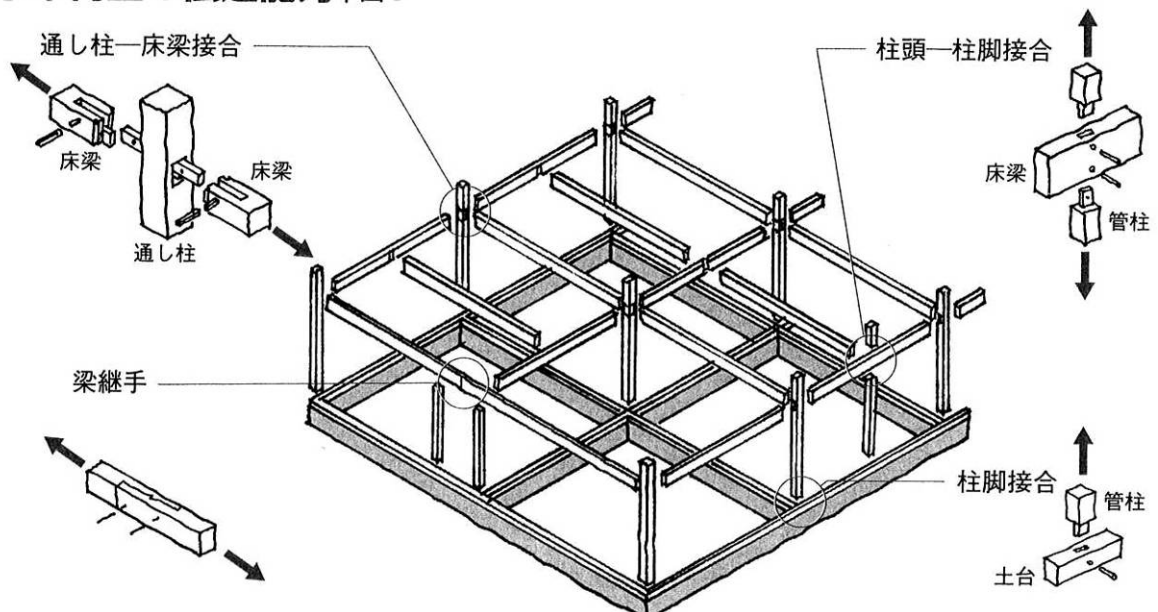
②梁通し



鉛直荷重の伝達能力 | 図2



水平荷重の伝達能力 | 図3



木造に用いられる接合具の特徴と留意点について

- ① 木造の接合部は他の構造と比べて複雑な形状で、種類も多い。木構造における接合部は、構造体の強度および剛性（変形のしにくさを表す指標）、さらには靱性（粘り）を決定する最も重要な要素である。また、木材自身のもつ強度特性（強度の異方性）と各種接合具の特徴が接合部および建物の構造性能に大きく関与している。
- ② 接合に用いる栓や釘などのことを、接合具（ファスナー）という。木材の接合具には、込栓、車知栓、ダボ、楔などがある。金属の接合具には、釘、ビス、ボルト、ドリフトピン、ラグスクリューなどがある（表）。ここでは金属系の接合具について表示する。

名称		構造特性	留意点
釘		- 初期ガタが生じにくい - 靱性が高い	- ボード類に釘頭がめり込まないようにする - 小断面で腐食しやすいため、湿潤下では使用しない
ボルト		- 初期ガタが生じやすい - 靱性が高い	引抜きに抵抗する場合は座金の大きさに注意する
ドリフトピン		初期ガタが生じにくい	多数使用する際は高い施工精度が必要となる
ラグスクリュー		- 初期ガタが生じにくい - 靱性が高い	- 先穴は小さくする - 打込みは厳禁

③ 接合具の配置に対する配慮

接合具の配置では端距離、縁距離、接合具間隔（図 1）の確保が最も重要である。これらの距離が不足すると木材が割れ、所要の強度が得られず、変形破壊現象が脆くなる。各距離の必要最小値は接合具によって異なるが、木質構造規準に示された端縁距離や間隔を満足しても割裂きが先行する場合があるので注意が必要である。

接合具が多数並ぶ場合は、接合具間隔を確保してもガタや応力集中により、すべての接合具が均等に荷重負担できるとは限らないので、注意する必要がある。

図 2 は、木材の割裂破壊のパターンである。接合具の形状や加力方向や端縁距離などにより、極めて脆く破壊することも、十分な靱性がえられることもある。

また、未乾燥材を用いる場合は、ファスナー部に干割れが発生する危険性を考慮する。

④ 欠き込みに対する配慮

引張材は、木材の節・材中間の切欠き・穴などによる断面欠損・偏心した引張力などにより強度が低下するので、有効断面積（欠損断面）によって検討を行う。特に材縁における切欠きは材の引張強度を著しく低下させるので注意が必要である。

- ・比較的大きい柱一柱間距離の中央 切欠き量を材せいの 1/4 以下とする（図 3）。
- ・支持点付近に存在する切欠き 支持点下端の切欠きは材せいの 1/3 以下とする（図 4）。

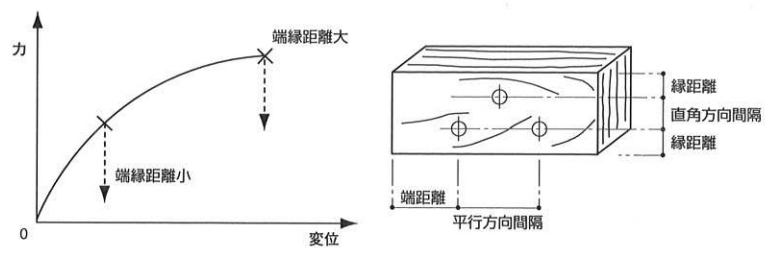


図 1 端縁距離と接合具間隔

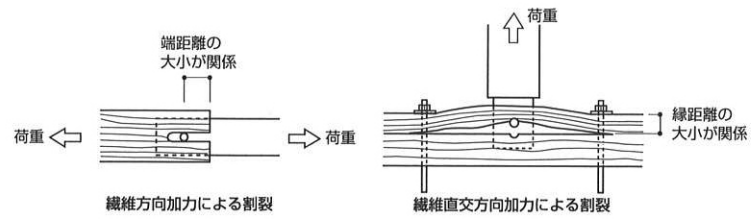


図 2 木材の割裂

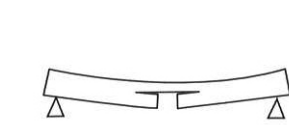


図 3 曲げによる割裂

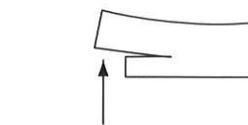


図 4 支持点下端の切欠き

- 学校施設ほど大規模な建築物を木造で建てる場合、耐火・防火に関する建築基準法の規制への適合や遮音性・開放性の確保、水平力に対する抵抗、接合部の構成など、計画上考慮すべき点が多くある。部分的にＲＣ造を導入するなど、混合構造とすることにより、より平易に課題を解決でき、設計の幅を広げることができる。

適材適所の発想で、使用する材料の特性を活用することで、合理的な設計が可能となる。

※審査が厳格化していることも付記する

※平面的な例、立面的な例をそれぞれ盛り込む

<つくば市立東小学校における取組>

つくば市立東小学校では、「木材を最大限に生かした学校づくり」を目指した整備が行われているが、各種の課題を、ＲＣ造を合理的に導入することで効率的に解決している。

約6,500㎡の小学校を全て木造とする事は法規上許されない。又、防火区画や遮音性や構造上の問題、防災避難等々も考えると、鉄筋コンクリート造（以下、ＲＣ造と表記する）の導入はやむをえない。そこで2階床を全て人工地盤のようにＲＣ造のフラットスラブ構造とし、そのＲＣ床と2階上部の防火区画上必要なＲＣ壁が木造架構体の水平力を全て負担する、といった合理的な混構造形式が採用されている。具体的には剛性の低い木造の部分の地震力も全て剛性の高いＲＣ造部分で負担し、さらに剛性の低い木造部分は独立してそれ自身に作用する地震力に対して設計を行っている。



つくば市立東小学校 校舎外観

混合構造であることが
分かりやすい断面図など

＜七沢希望の丘小学校における取組＞

建物概要

豊かな自然環境に囲まれた里山。そこに計画された、新しいタイプの小学校に対する建築とはどのようなものか、が求められていた。学校の規模は、各学年20人で、6学年120人が予定されている。全体がひとつの家庭のような小規模学級の設定である。

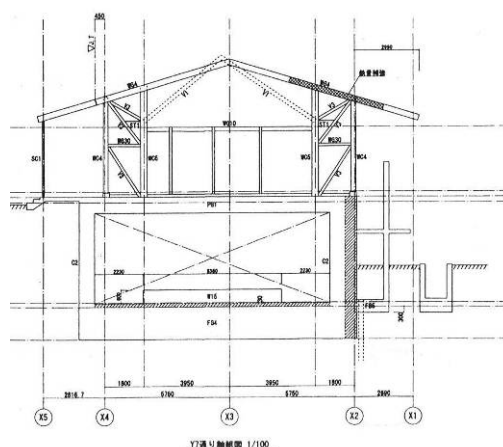
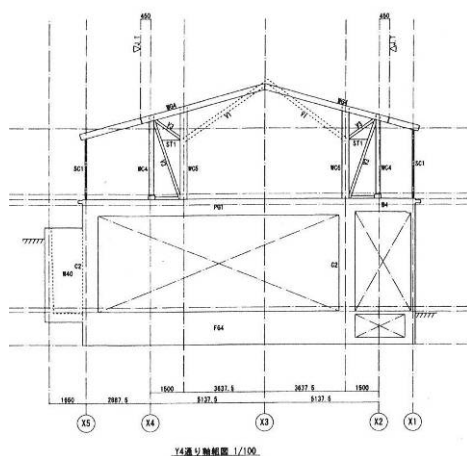
豊かな自然と歴史ある生活環境の中で、そこから学ぶ体験学習を重視し、具体的なテーマの内に複数の教科がリンクする。

創造性、共同性を重視する教育コンセプトに対し、それを空間的に実現することが課題となった。敷地は、田園地帯に囲まれた、西に大山を望み、南に相模湾を遠望する小さい丘のほぼ全体となる。雑木林も遊び場として残された斜面と平地の端部に、木々を縫うように左右に折れ曲がる配置が決定された。そこに、断面が連続的に変化しながら、学校全体をひとつの空間として覆う、木造の屋根架構が構想された。

構造計画

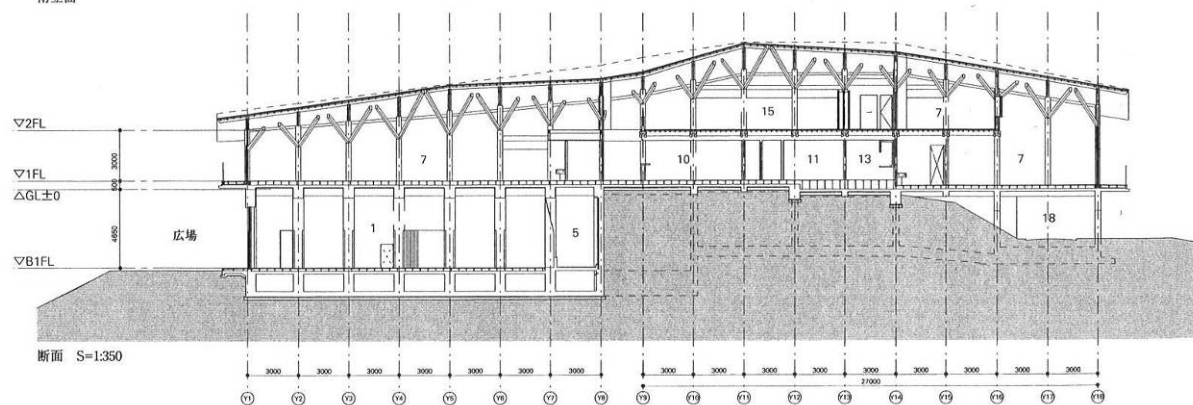
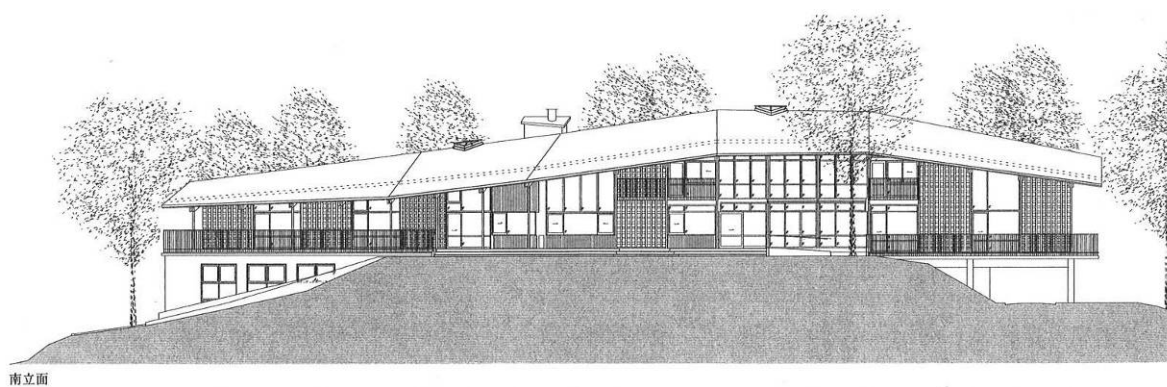
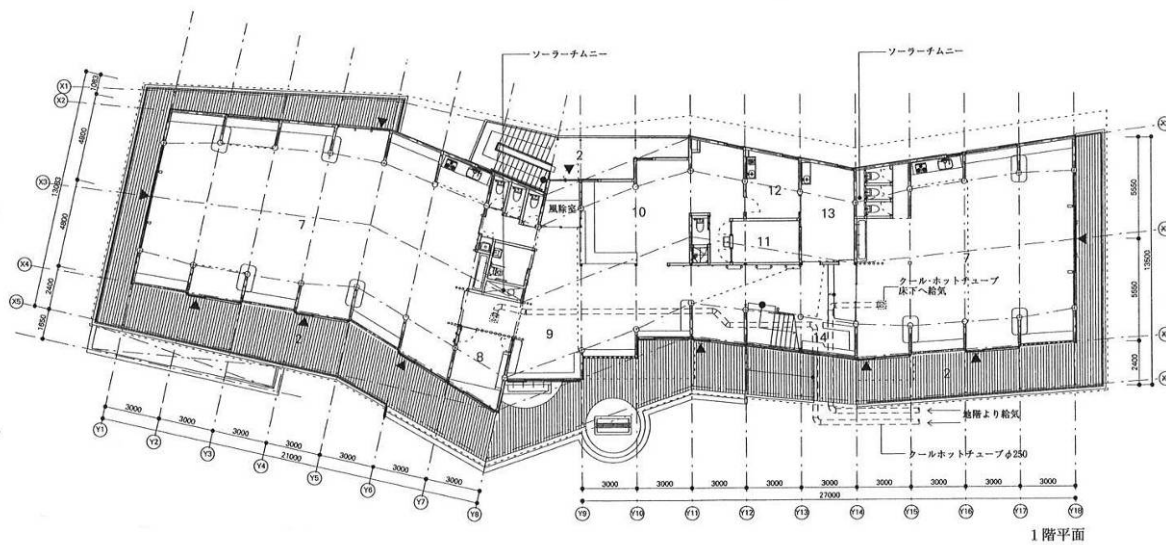
なだらかな起伏を持つ里山に建てるため、地下にある多目的ホールと基礎部分は鉄筋コンクリート造とした人工地盤を造り、その上に木造1階～2階建ての学校校舎を建てた計画である。

建物の平面形は約13.0m x 51.0mと細長く、平面的にも立面的にも大きく波打つ形状を示している。短辺方向の架構骨組は図のような軸組となっている。平屋部分と2階建て部分の架構形式も原則は同じ形式となっている。この架構が長手方向に3m間隔で並び、この建物の主要構造を構成している。



設計上は最初に短辺方向の架構計画を意匠設計者と合意することが最も重要である。この合意された架構形状を繰り返すことによって、部材計画・接合計画・施工計画ひいては工期・コストにまで影響すると考えたからである。もう1つは建物全体についてであるが、平面的にも立面的にも大きくうねっていることにより建物に振れが生じるため、その解決策として天井面に大きく方杖を設け、建物の水平剛性を高めるよう配慮している。

混合構造を採用したのは里山という立地条件と下階に多目的ホールを配置するという点からであるが、特に留意した点は異種構造間の接合方法で上部構造に生じる支点応力を確実にRC造部分に伝達できるよう配慮したことである。木造建物は多様な構造計画が考えられるが、特に混合構造については法規準の整備を早急にして併せて行う必要がある。

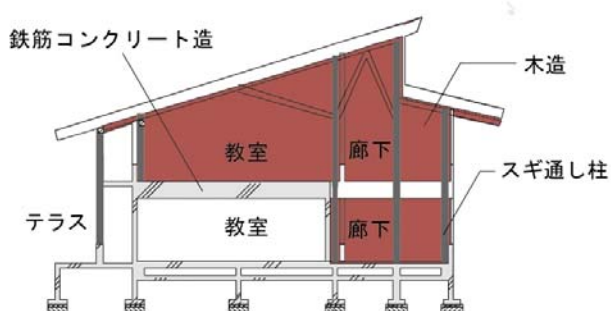


＜茂木町立茂木中学校における取組＞

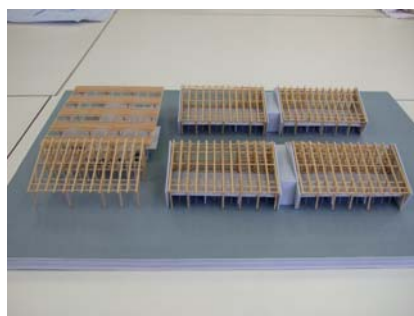
茂木中学校の建物は全てが木造構造ではなく、建築基準法や消防法等の関係法令を順守するため、校舎棟、管理棟は木造と鉄筋コンクリートの混構造となっている。特に、教室部分については、2階の床面の1階への音の課題、防火等の設備的な課題、無垢材では不可能な構造的課題により、1階教室部分と管理棟1階は、鉄筋コンクリート構造となっており、その他の廊下やトイレ、更衣室等は防音シート貼りの木造構造とした。

また、校舎棟の中央部に鉄筋コンクリート造の階段部を設けることにより、防火区画をクリアするだけでなく、将来的に最も傷むと想定される階段部を鉄筋コンクリート造としたことで、メンテナンスにも考慮できたといえる。

学校からは、授業中の音は解決しており、休み時間中の生徒移動時の足音等は聞こえるが、かえって1階の職員室からも管理できて良いと好評である。



教室棟の構造断面図



校舎全体の構造模型

＜岐阜県高山市立中山中学校における取組＞

○以下の観点から記述していただくようお願いします。

- ・ 木造で整備することになった契機と目的
- ・ 混合構造を採用した理由と留意した点。
- ・ 設計上の工夫をどう行ったのか。
- ・ 混合構造の採用に関して、苦勞した点および反省点。

混合構造であることが
分かりやすい断面図など

記述に関連する
写真・図など

<部材計画>

- 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。

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。

- ・ あらかじめ流通材の材種や材寸を把握して、それを基にした設計を行う例
- ・ 設計を行いつつ木材の調達を進める例 など

<秋田県能代市における取組> (文章は、暫定的な記述です。)

能代市では、地元の木材関係企業による能代木材産業連合会が組織されており、秋田スギを中心とし、大量の木材の安定供給の体制が整備されていることから、流通材が活用しやすくなっている。学校については、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ている。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。

○以下の観点から記述していただくようお願いします。

- ・ 能代市において、大量の木材が安定供給されている。その理由、仕組み。また、行政の取組み（木材使用量等を設計して分かった段階で公表するなど）
- ・ 流通材の利用にあたり、事前にどのような調査をしたか、流通材の材種や材寸を、設計にどう反映させたか、どのような効果があったか。
- ・ 流通材の利用に関して、苦勞した点および反省点



能代市立浅内小学校 普通教室



能代市立浅内小学校 体育館

＜滋賀県高島市朽木東小中学校における取組＞（山辺委員提出資料）

木材の産地であり、この地域材を活用した体育館を提案するコンペが実施され、当案が選考された。

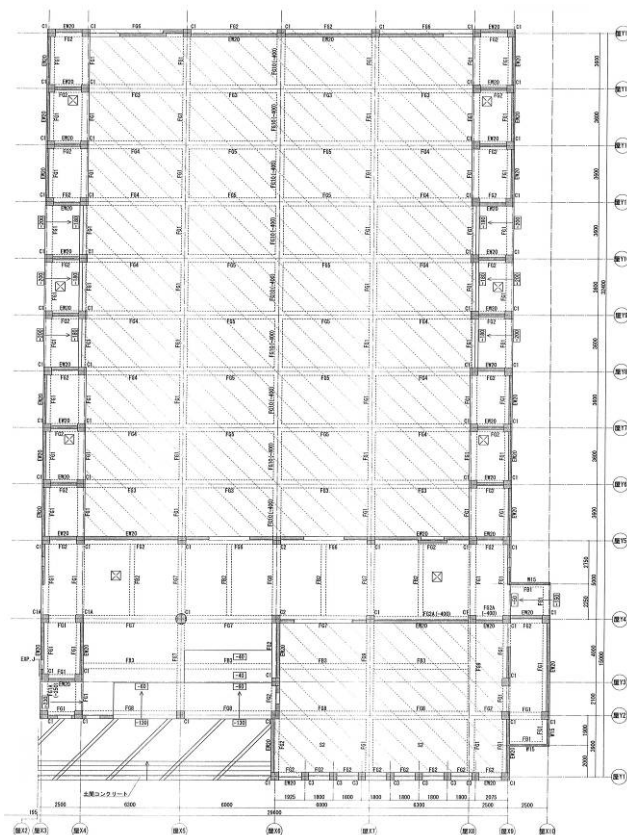
この体育館の混合構造は大きく見ると、下部構造がRC造で上部の屋根アーチ梁が木造（製材品）となっている。この屋根アーチ梁を部材レベルで見ると、木造製材品による重ね梁と外側トラス鉄筋による複合アーチ梁となっている点で特殊な部材の架構と言える。

地域の大工さんや職人の人達が建設に参加できる案として、製材品同志をダボでつなぎ重ね梁として形成させ、その重ね梁の外側に鉄筋によるトラス形状で縫う、複合アーチ梁を考えた。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。問題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、暴風時についても検討を行っている。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。

使用部材は製材品で乾燥を天然乾燥ということから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った。同時に載荷実験、常時微動測定も行った。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従可能な納まりとなっている。

建物の維持管理が問題となると思われるが、まずは製材品の充分な乾燥が大きな問題であり、後々まで影響を与える問題でもあると言える。



朽木東小中学校 体育館外観パース

