

(4) コストを抑えるための設計上の工夫

木材を利用した学校施設の整備は、心理・情緒・健康面への効果、環境負荷の低減、地域経済の活性化など、幅広い意義や効果があるため、総合的に費用対効果を考えて検討する必要がある。

木材を利用する場合の建設コストは、木造による整備事例が他の構造（鉄筋コンクリート造等）と比べて少ないことや、木造とするために建築計画的に特殊な構造となることが多いこと等により、現状では、一般に高くなる傾向があるが、木材調達や設計を工夫して行うことにより、建設・維持管理のコストを抑えることが可能となる。

本節では、まず、木材を利用する場合の、費用対効果などコストの捉え方について整理する。その上で、コストを抑えるための工夫のポイントとその解説を示すとともに、それらに実際に取り組んだ事例を紹介する。

木材利用のコストの捉え方

木材を利用する場合のコストは、絶対的な評価（資材費や労務費等）だけでなく、総合的な評価（費用対効果）を検討することも有効である。

コストの総合的な評価と絶対的な評価

コストの評価に当たっては、総合的な評価と絶対的な評価とがあり、どちらか片方だけの評価では木材を利用することの意味を十分に捉えたとは言い難い。

コストの総合的な評価

総合的な評価とは、木材を利用することによる総合的な費用対効果で、ライフサイクルコストのように維持管理を含めた長期間でコストを見た場合や、お金の換算することは難しいが、心理・情緒・健康面への効果、山林の保全や地域経済の活性化、街づくりへの寄与、伝統的な大工技術や文化の継承など様々な視点がある。

ライフサイクルコストの算出における維持管理コストは、往々にして木造が高いとの批判を受ける場合がある。これは、適切な維持管理が行われていない既存の鉄筋コンクリート造等による学校施設と比して高いとされていることがあり、同等の基準で維持管理を実施した場合のコストを比較することに注意すべきである。また、維持管理コストは、木造あるいは鉄筋コンクリート造という構造形式よりも、内外装に使われる維持管理に関わる仕上げ材に左右されることの方が多い。

コストの絶対的な評価

絶対的な評価とは、木材一本当たりの単価や m^3 当たりの単価、一日当たりの大工手間賃などがある。全国レベルでの木造に関する絶対的な評価にあたるコストの指標は少ないが、(財)建設物価調査会の発行する建設物価などが参考になる。また、事業の計画地域における木造住宅建設のコストも大いに指標となるため、地元住宅産業関係者へのヒヤリングは欠かせない。

ただし、コストの絶対的な評価には、時間差(建設時期や年代あるいは需給により価格変動が大きい)や地域差があり必ずしも横並びに比較できない。例えば、ある年月の建設物価で杉材のコストを、 $4.0m \times 12.0 \times 12.0$ 特1等材の m^3 当たりの単価で比べてみると、最も安いのが九州地域の33,000円、最も高いのが東北地域の47,000円であり、1.4倍以上の開きが地域差によって生じている。また、乾燥材(KD材)では、上記の生材(グリーン材)と15,000円前後の差を生じる。この価格差が乾燥に掛かるコストであるが、これもその計画する地域における乾燥釜の有無や、乾燥釜の種類、天然乾燥にするかどうかなどによって違ってくる。

事例に見られるように、乾燥釜がなくても天然乾燥で十分な期間をとりコストを抑える取組を行ったものもあり、その地域の実情に合わせ計画を行うことが必要である。



コストを抑えて整備するための設計上の工夫

以下に、建設・維持管理のコストを抑えるための設計上の工夫の例を示す。地域の実情等に応じて、これらの工夫の例の中から活用できるものを組み合わせて採用することができる。

	事項	ポイントと解説	取組事例
全 体	各構造関連工事コストの総合的な検討 ・木材コストを知るための基礎知識	P98	-
構造・架構 計画	混合構造の活用による効率的な課題解決 ・平面的な混合構造 ・立面的な混合構造 ・平面的にも立面的にも混合構造	P99～100	P110～115
	地域の大工技術の採用	P99	P116
	(コラム:木造で整備しやすい施設規模～武道場～)	P107～109	-
部材計画	一般流通材の活用 ・規格材を利用した梁について	P101～103	P117～120
	定尺材の活用	P104	P118～124
	ディテールの統一化	P104	P112～114 P121～124
	プレカット工法の採用	P104	P118 P121～124
	歩留まりの向上・木を使い切る	P105	P125
	適材適所の木材使用	P105	P117 P125～126
	同じ材の繰り返し使用	P105	P121～124 P127～128
維持管理	維持管理に配慮した設計	P106	P129～132

木造で整備する場合は全ての項目を、内装を木質化する場合は「混合構造の活用による効率的な課題解決」以外の項目を活用することができる。

なお、設計に当たっては、木を活用した学校施設の整備に関する手引書「あたたかみとうるおいのある木の学校 早わかり木の学校」(平成19年12月 文部科学省)が参考になるので、あわせて参照されたい。

<全体>

～各構造関連工事コストの総合的な検討～

木造では構造形式のコスト評価だけではなく土工事、地業（杭工事）、基礎工事、躯体工事等を全体として評価する必要がある。

例えば、体育館や武道場の構造を鉄骨造と木造で比較する場合、鉄骨の梁と集成材の梁を比較して木造が高いとの判断が下されるなど、木造と他の構造とをコスト比較する場合、構造に関わる部分的な比較がなされる場合が多い。しかし、実際には木造として計画される場合、自重が軽くなり地業に係るコストが軽減される、あるいは木工事を多くして他の工種を減らすなどのことで割安になることが多く、総合的な木造としての積算を行うことが必要である。

木造を採用するか否かの構造関連のコストは、単に構造形式だけでなく、土工事、地業（杭工事）、基礎形式、躯体工事等が各々関連して決まるものであり、それぞれコストがばらつく要因を抱えている。土工事では、建物の基礎形態や残土処分、湧水の有無、地業では、地盤の善し悪し、支持層の深さや杭工法の種別、躯体工事では、構造形式の種別でコストが決定される。また、同じ構造形式でも階高やスパンに大きく影響を受ける。

したがって、構造関連のコストは、これらを総合して評価する必要がある。

木材コストを知るための基礎知識

- **正角材とは**、通常柱に使われる真四角な木材。建設物価等のコスト情報ではスギ、ヒノキについて掲載されている。平角材とは、通常梁に使われる長方形断面を持つ木材。建設物価等のコスト情報ではベイマツしか掲載されていない。この正角材、平角材は心持ち材であることが多く、その定尺寸法の規格材について建設物価等でコストの情報が掲載されている。
- **国産材の梁については**、通常注文があってから製材される特殊製材品と呼ばれ、通常の製材品と区別される。特殊製材品という理由で製材価格を高く見積もる傾向があるが、学校等で用いる場合、実際には、同じ断面のものを多量に必要とするので、こうした意味での特殊製材となる理由はあまりなく、通常の製材単価と歩留まりとの関係から製材後の木材単価が定められるべきものである。
- **定尺材とは**、柱材の場合3 m材及び6 m材で、3 mの柱は木造住宅の管柱（くだけしら）に、6 m材は通し柱に使われる。梁材の定尺は、3 m、4 m、6 mで、主に4 m材が主流となる。4 m材が主流となる理由は、二間（けん）の寸法が3,640mmとなることが多くそのスパンに使われるためである。なお、東北地方では定尺が4 mでなく3.65mの地域があり、建物のスパンによっては4 m材でなく3.65m材を使うことにより、用材の歩留まりの関係によりトータルのm³単価は下がる。
- **柱や梁の規格材とは**、通常、柱の10.5×10.5（3.5寸角）、12.0×12.0（4寸角）を基準として、梁の場合はその柱の基準幅×梁成（はりせい）で10.5×18.0（3.5寸×6寸）、12.0×24.0（4寸×8寸）のように表記される。梁成については、3 cm刻みで15.0 cm（5寸）、18.0 cm（6寸）、21.0 cm（7寸）…30.0 cm（尺梁）…36 cm（尺2寸）のように表記され、16.0 cmのように3 cm刻みから外れるものはほとんど見られない。
- **特1等材とは**、1等材（古いJASの規格からきている呼び名）は節有りのごく一般的な材料であり、特とはその中でも木材の全長に渡って丸味がない（角がある）ものを指している。
- **KD材とは**、人工乾燥材（Ki In Dry Woodの略）でD25（含水率25%以下）、D20（含水率20%以下）、D15（含水率15%以下）のように表記され、一般的にKD材と言われているものはD25を指して取引される場合が多い。

< 構造・架構計画 >

～ 混合構造の活用による効率的な課題解決～

学校施設のような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。部分的に鉄筋コンクリート造を導入するなど、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。

混合構造を採用する場合は、異種構造間の接合強度を十分に確保することが重要である。

学校施設のような大規模な建築物は、構造をはじめ、耐火・防火に関する建築基準法の規定への適合や、遮音性・開放性の確保や水平力に対する抵抗、接合部の検討など、計画上考慮すべき条件が沢山ある。これを木造のみで計画するのではなく、鉄筋コンクリート造などと混合構造とすることで、技術的にはより容易に解決でき、設計の幅を広げることが可能である。木造での計画が難しい地域においても、混合構造とすることにより、可能な限り木材を活用し、木の良さを教育環境に活かそうとする取組がある。ただし現在は、平成19年6月の建築基準法等の改正により、延床面積が500㎡以上の混合構造については審査が厳格化されており、平面的な混合構造、立面的な混合構造共に、様々な制約を受けるとの声が聞かれている。このため、国土交通省において、こうした混合構造の課題について検討されているところである。

近年の構造設計の傾向として、異種類の材料や架構を組み合わせた混合化の手法が多用され、構造デザインの選択肢は広がってきている。これは、材料、施工技術、構造解析技術などの発展が大きく貢献しているものと思われる。本来、構造設計とは使用する材料の特性を活用した架構を設計することであり、混合構造は特殊な構造ではなく、むしろ適材適所の発想に基づいた自然な構造と言える。

～ 地域の大工技術の採用～

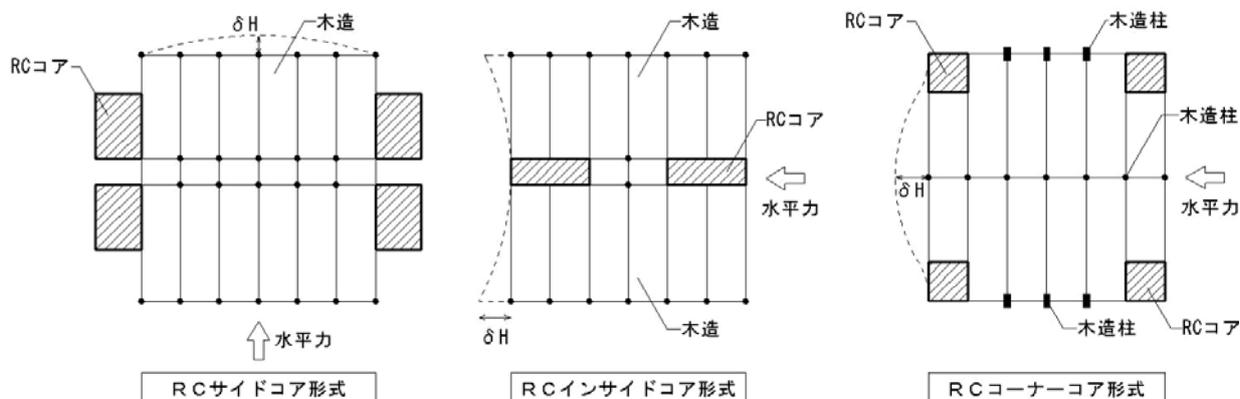
地域の大工技術を採用することにより、特別なコストをかけずに整備することができる。

地域の大工技術を採用することにより、特別なコストをかけずに整備することができる。また、学校づくりに地域の大工が総力をあげて取組むことで、地域への経済効果が期待でき、大工技術や技能の伝承にもつながる。

伝統的町並みが残されている町や村では、その景観との調和を図る上でも、地域の大工技術を採用することは有効である。

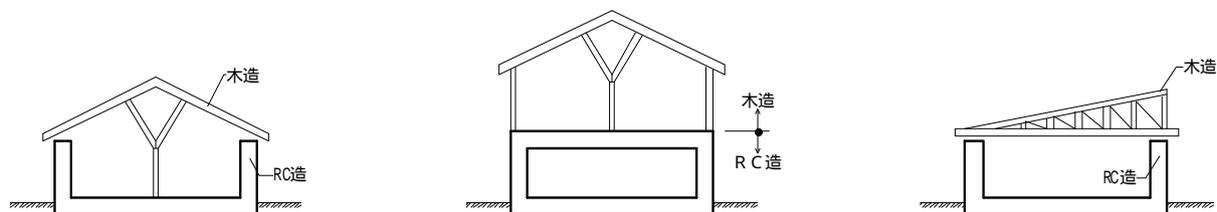
平面的な混合構造

原則として木造部分は鉛直荷重のみを負担するか、もしくは負担荷重分の水平力まで併せて負担できるように設計し、鉄筋コンクリート造部分に全水平力を負担させる構造である。この構造の場合は、木造部分の床および屋根面の水平剛性と木造と鉄筋コンクリート造との接合強度が重要になる。



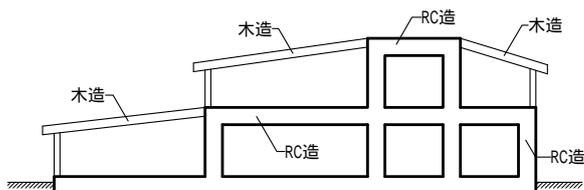
立面的な混合構造

学校建築に最も多用されているのが、立ち上がり部分までを鉄筋コンクリート造とした立面的な混合構造である。外周部を鉄筋コンクリート造とすれば、木造部は一般的な納まりとすることができる。また、1層分、すなわち2階床スラブまでを鉄筋コンクリート造とし、2階部分は木造とする学校も多い。いずれの場合でも、木造部と鉄筋コンクリート造の異種構造間の接合強度が重要になる。なお、小屋組のみが木造でその他の部分が鉄筋コンクリート造等の場合、鉄筋コンクリート造等の部分は小屋組の重量を考慮して通常の方法で設計すれば良いことになる。



平面的にも立面的にも混合構造

図のように平面的にも立面的にも混合構造となっている校舎もある。この場合、鉄筋コンクリート造部分に全水平力を負担させ、その後に木造部の設計を行うことになるが、木造部の床面、壁面の剛性評価が建物のモデル化を行う上で最も重要となる。また、水平面においても鉛直面においても同時に異種構造を持つことになるが、異種構造間の接合は設計上、施工上の面で重要な役割を持つ。



「3 - (3) 木材を利用する学校づくりの進め方」(P47) に事例を掲載している。

< 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、大型の組立て部材を製作し、大空間の構成を可能にする。

市場に流通している木材は、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。

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が、乾燥の難しさや運搬・ストックなどを考えると、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を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)

重ね梁は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。表1は断面の強度の検討に用いる断面係数¹ Z と、たわみの検討に用いる断面二次モーメント² I を比較したもののだが、これを見てもその違いは明瞭である。

したがって、無垢材と同等の耐力を発揮させるには重ね梁の上下の梁を接着して、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、無垢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が、表の中の断面係数・断面二次モーメントの値がほぼ中間の値を示すことがある。

1 断面係数：部材の曲げに対する強さを示す。 2 断面二次モーメント：部材の変形のしにくさを示す。

・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

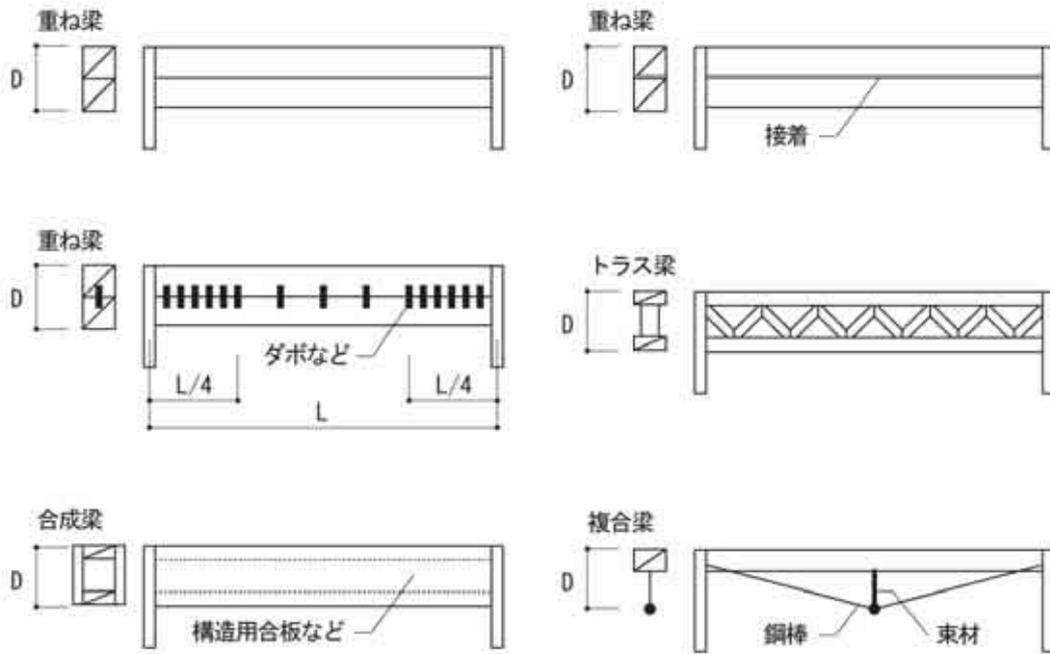
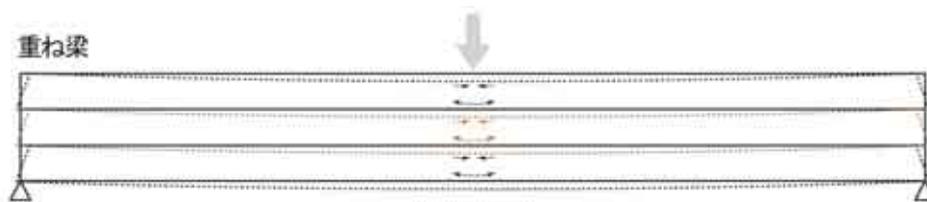


図 1

断面係数と断面二次モーメント



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 $I = \frac{1}{12}bh^3$ 

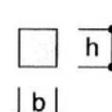
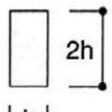
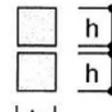
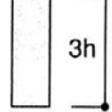
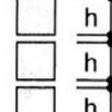
断面形					
曲げ強度 (断面係数)	1	4	2	9	3
曲げ剛性 (断面二次 モーメント)	1	8	2	27	3

表 1

長野県における取組～信州木材認証製品～

- ・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ており、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)

- ・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等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、無垢材の強さ、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。

住宅用中断面流通材を活用した設計

戸建て住宅は、一般的に鉄骨造や鉄筋コンクリート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(稲荷山養護学校(P118))が行われている。また、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おり、コスト抑制の1つの手法として考えられる。

～ 定尺材の活用 ～

流通材の中でも、伐採時の伐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3 m、6 m、梁や桁では、4 mの定尺材が一般的に使われている（P98参照）。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（架構計画）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。

～ ディテールの統一化 ～

接合のための仕口のディテール（加工形状等）の統一化を図ることで、施工性がよくなり、工期の短縮につながる。

木造の建物にとって架構体の形状の決定は、その建物の用途、空間、デザイン等に直接関係する重要な意味をもつことになる。このため、建物の計画の比較的早い時期から意匠設計と構造設計の密な打ち合わせにより、構造計画や架構計画を立案し、設計方針を決定し確認することが必要となる。

架構計画の提案により形状が決まった後は、接合のための仕口のディテールとその接合効率が設計上の要となり、施工上はディテールの統一化が施工効率、工期の短縮を図る要因の1つとなる。

施工効率や工期の短縮にあっては、このディテールの統一化により、さらに部品化やパネル化、地組などの工法を取り入れることも必要である。

～ プレカット工法の採用 ～

あらかじめ工場で加工する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。

プレカット工法は、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、材端の加工形状の同一化は、個々の部材の条件（荷重負担の大小など）を見極めて、必ずしも一律に適材適所に配置することはできなくなる側面もある。

～ 歩留まりの向上・木を使い切る～

木材の使用箇所を工夫したり、端材を有効に活用することにより、歩留まりを向上させる。

木は工業材料と違って品質にばらつきがある。節が多かったり、色味の違いにより、実際の施工段階で使用できない木材が出てくる可能性がある。見た目のきれいな材は仕上げに活用し、端材は下地材に活用するなど、木材を上手く使い分けることにより、歩留まりを向上させることが可能となる。

～ 適材適所の木材使用～

地元産の木材の活用を基本として計画する場合でも、木材の調達方法は適材適所を考慮しつつ柔軟に考える。

内装を木質化する場合は、部位に応じて材のグレード等を選択するなど、合理的に行う。

地元産の木材の活用を基本として計画する場合でも、部材により確保が難しい場合は、別途調達することも柔軟に検討する。内装を木質化する場合は、目の届かない部分には安い材を活用したり、節のある材の活用を工夫することで、コストを抑えることができる。

～ 同じ材の繰り返し使用～

施設の架構計画上適切な独自の規格材を製作し、同じ材を繰り返し使用する設計とすることで、必要な木材の安定した確保が可能となる。

木材の乾燥期間は、人工乾燥で3～6ヶ月程度、天然乾燥ではその断面により、更に6ヶ月～1年以上の時間を要する。このため、必要な寸法の木材を、その都度製材してすぐに使用するというわけにはいかない。同じ寸法の規格材を設定し、同じ材を繰り返し使用する設計とすれば、木材の早期発注ができ、必要な木材の安定した確保が可能となる。

< 維持管理 >

～ 維持管理に配慮した設計 ～

維持管理に配慮して設計することは、建物の長寿命化やライフサイクルコストの低減につながる。

部材を部分的に取り替えられるように設計することが有効である。

外部の木材利用を抑えたり、軒先を深くするなど、風雨や紫外線の影響をできるだけ避けることが有効である。

木材を用いた施設を長持ちさせるためには、乾燥収縮による狂いや割れ、紫外線による劣化、湿気による耐久性の低下など、木の特性により想定されうる問題点について、設計段階から配慮することが必要である。また、完成後は、定期的・組織的な点検を実施し、適切な維持管理に努めることが長寿命化やライフサイクルコストの低減につながる。

維持管理に配慮した設計等の考え方

維持管理のしやすい設計として求められるのは、構造部材あるいは設備類の点検のしやすさと、それら部材・部品の補修・交換のしやすさである。このため、構造部材を露出させる構法や、隠べいされる場合には、構造部材とその接合部の状態を確認できる点検口を適切に設けることが有効である。

維持管理の対象となる木材の変質現象には、変形や破損によるものと、劣化による現象とがある。前者には、木材の乾燥に伴う反り、曲がりなどの狂い、割れなどがある。これらは多くの場合、建物そのものの構造安全性に影響するものではないが、防水性や使い勝手の面で不都合が生じる場合がある。特に外部開口部や外壁などの風雨にさらされる部分でこのような現象が生じた場合は、接合部や材断面に隙間を生じ雨水が浸入しやすくなるため、変形・破損部分の補修や生じた隙間の充填などの維持管理が必要となる。また、構造上の確認として、梁のたわみについて、定期的に許容範囲内にあるか確認が必要であるが、通常、あらかじめ梁の断面設計で長期的なたわみを考慮し、問題がないようにしておく。

一方、劣化現象としては、風化、摩耗、虫害、腐朽などがある。このうち風化は、紫外線や雨

水などにより部材の表面から組織が浸食されていく現象であり、短期間で深刻な事態に至ることはない。風化を避けるためには、軒の出を大きくする、パーゴラを設ける、陽の当たる西面には植栽を設けるなどの配慮が有効である。また、雨水が残らず水切りが出来るような納まりとしておくことも重要である。摩耗は、建物を使用する際に、床板や建具などの仕上げ、造作部材に摩擦力が作用することで生じる現象であり、建物全体の構造耐力とは直接関係しないため、直ちに維持管理の対象と考える必要はない。虫害や腐朽については、建物の深刻な安全性の低下につながりやすいため、日常的、定期的な点検による早期発見が大切である。

塗装は、木材のデザインや仕上げなどの美観に関係するばかりでなく、劣化や汚れなどから木材を保護する働きがある。外装を堅木塗装仕上げとした場合は、定期的な塗装が必要となるが、最初の塗装をグレードの高いもので行い、木材に浸透させておけば、後年度の塗装はグレードを抑えたもので行うことができる場合が多い。内装木仕上げの場合は、床も壁も、子どもたちと一緒に日常の清掃活動の中で行うことができ、特に費用はかからない。

木造で整備しやすい施設規模 ～ 武道場 ～

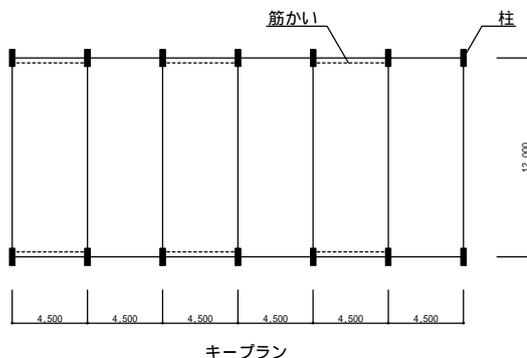
準防火地域では、2階建以下で延べ面積が500㎡以下の場合、耐火・準耐火建築物にしないで木造を整備することができる。武道場は、平屋で、梁間方向は10～15m程度の1スパン、桁行方向は約5m程度の複数スパンの規模で整備されることが多い。建築基準法によるその用途や規模要件から、木造で整備しやすい施設規模といえる。

このように武道場は、地域における設計条件を考慮し、積極的に木造化を図るのに適している。ここでは、各県の実例を紹介する。

< 三重県における取組 >

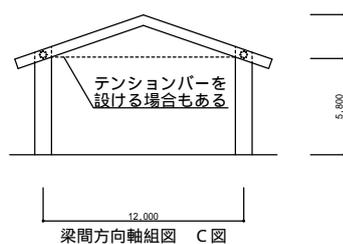
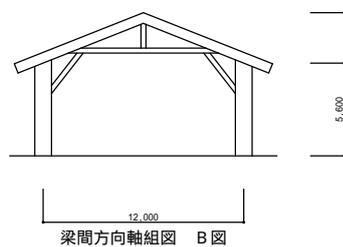
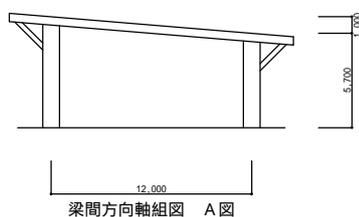
武道場の多くは、平屋で平面形状は梁間方向10～12m 1スパン、桁行方向は約4.5mの6スパンの長方形建物である。この規模の建物であれば木造で建設するのは最適であると言える。

使用材料は、地場産のスギ材の集成材が圧倒的に多く、E65～75、F225～240の材が多い。



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枚程度の筋交いを設置したブレース構造となっている。

：ほうづえ。柱と梁下の隅部を斜材で固める補強材のことをいう。



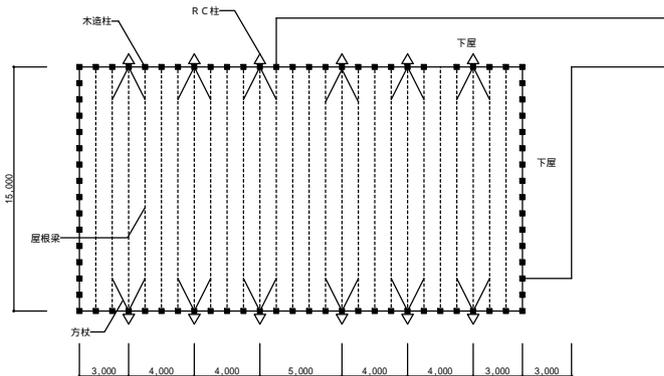
A図 四日市南高等学校



B図 菰野高等学校

< 高知県立中芸高等学校格技場における取組 >

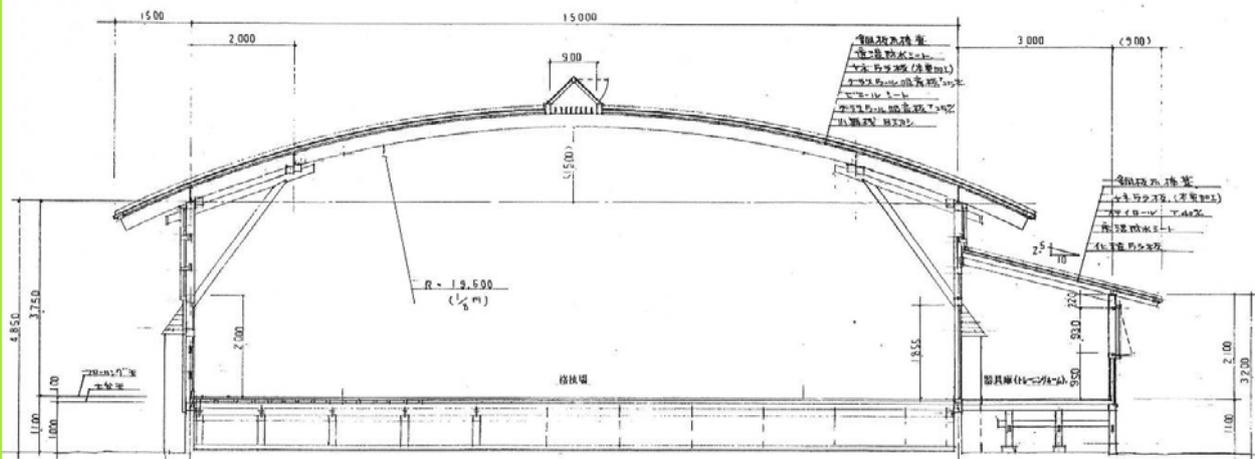
この格技場は、地場産材の土佐ヒノキを用いている。ゆるやかに湾曲した重ね梁の架構は品格があり、それを支える方杖の配置も効果的である。設計者と地域の人達による共同の取組みの成果であると言える。何よりも考えられているのは、方杖の根元を支持している変断面の鉄筋コンクリート造の片持ち柱である。片側6本の片持ち柱は構造上、重要な役割を担っており、上部構造の木造部分に生じる応力の全てをこの片持ち柱で確実に支持していることになる。木造建物の実施例として、好例である。



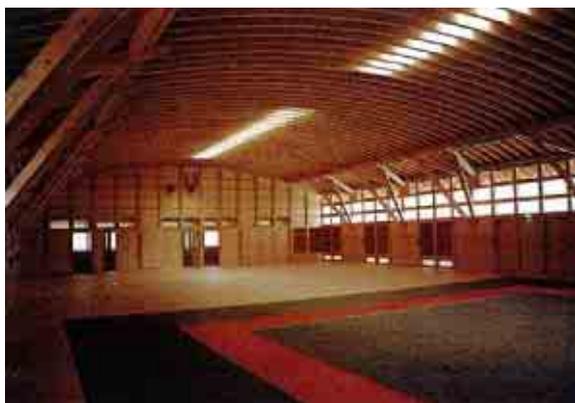
キープラン



外観 (方杖を支持している RC 造の片持ち柱が見える)



断面図



内観



方杖部分

< 福井県における取組 >

福井県では、平成 11 年、平成 14 年に木造平屋で 450 m²程度の高校武道場を建設している。使用材料は集成材を使用している。ここで紹介する 2 校は、GL+2,600 と GL+1,950 までをそれぞれ鉄筋コンクリート造の片持柱を設けて、最終的に建物の大部分の重量をその柱で支持している構造となっている。

福井県立大野東高等学校

架構は、集成材の湾曲梁を端部で方杖により支持し、方杖の脚部は R C 柱頭に集合させている計画である。

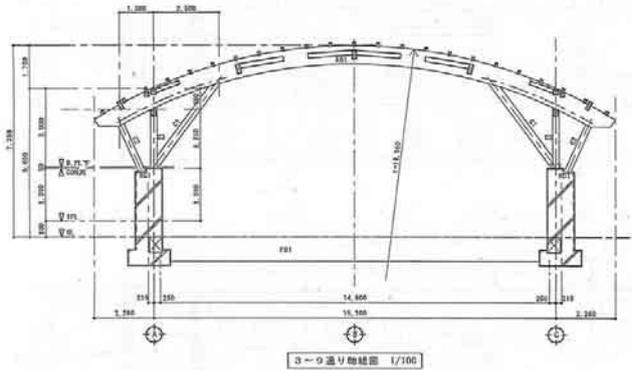
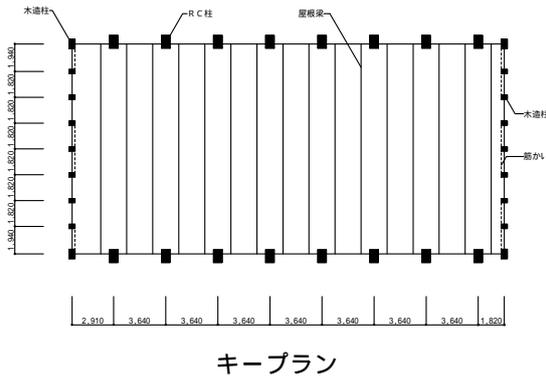


図 1



外観 (R C 造の片持ち柱が見える)



内観

福井県立羽水高等学校

架構は、山型骨組に各仕口を拘束する目的で各節点をトラス形状で固めている計画となっている。

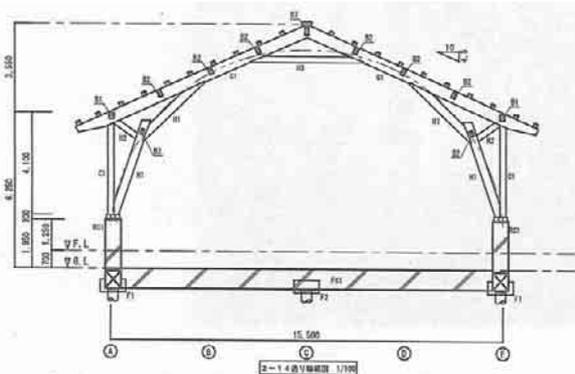


図 2



内観



実際の取組事例

～ 混合構造の活用による効率的な課題解決～

平面的及び立面的な混合構造の採用（茨城県つくば市立東小学校）【新築】

東小学校の整備に当たって、まず、設計者を選定するプロポーザルが実施された。次に、計画を進めるに当たり、PTA・教育委員会・校長会・有識者からなる「つくば市学校建設検討委員会」が組織され、基本計画提案を協議する中で、「安全で安心な学習・生活空間の整備」「伸びやかな子供達を育む教育空間の整備」という基本的な課題に加えて、もともとと長屋門のある豪農の民家が数多く残る文化を持つつくば市においても、中心地域のほとんどが鉄筋コンクリート造集合住宅となり、子供達が触れることの少なくなった木の空間づくりによる「木材を最大限に活かした学校づくり」という方針が立てられた。



校舎外観

「木材を最大限に活かす」との方針を受け、設計側から以下の5つの提案がなされた。

子供達が長時間過ごす普通教室をRC造より細かな寸法体系をもつ木造の空間とする。

2階の遮音のため1階をRC造とし、その部分に音や火の心配がある特別教室等を配置する。

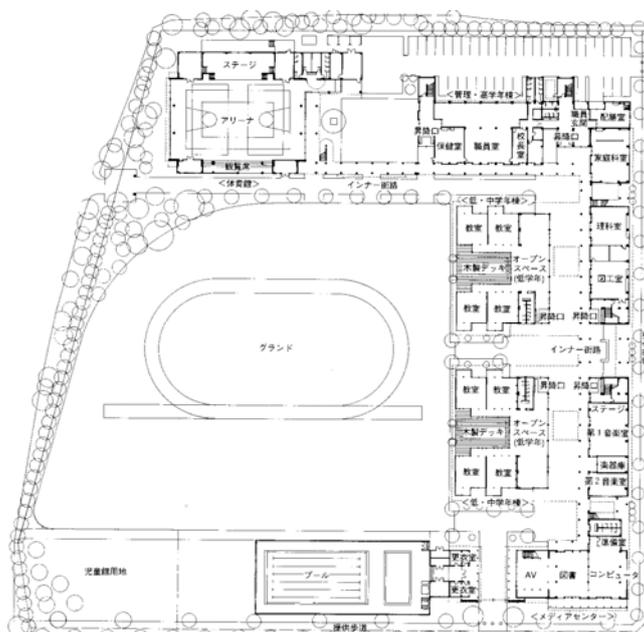
RC部を利用し1,000㎡以内ごとの防火壁による区画を行い、木造部の横力を負担させ、開放的な空間づくりを行う。

多量の木材利用に当たり地場の無垢材を定尺で活用し、かつ伝統的な大工技術を生かす架構形式の採用。

入手が困難な長大材部分には集成材を利用し、無垢材を含め大工下小屋での機械を利用する徹底したブレカットによる合理的な生産システムを構築する。

木材調達取組として、基本設計時に構造材に使用する木材断面とその概数を提示し、県内を中心とした関東近県の木材関係者に、調達可能な数量やコスト等をヒヤリングした。

これが木材供給側への情報提供となり、ヒヤリングを元に、県内の製材業者によって自主的に原木の先行取得が行われた。また、建築工事に先立ち、製材工事が先行発注され、その納材時に施工者による品質確認が義務づけられ、製材業者と共にその品質に施工業者も責任を持つ体制が組み立てられた。



構造：木造、一部鉄筋コンクリート造

階数：2階建て

敷地面積：21,979㎡

建築面積：5,541㎡

延べ面積：6,450㎡

教室数：18教室

工事期間：1994年7月～95年3月

RC造部分について

2階建ての1階部分で、2階床の遮音を必要としている部分に採用。

管理棟1階：職員スペース、校長室、放送室、保健室、主配膳室、特別教室（火を使う理科室、家庭科室、遮音の必要な図工室、音楽室）

インナー街路

RC造部分を貫く安全な避難路として屋外空間と連絡したメイン動線となるインナー街路を配している。

これに沿って、学年クラスターや管理棟・特別教室群を立体的に配置し、列柱やピロティにより、学校と周囲が一体になった街並みをつくりだすことを意図している。

木材の産地は、茨城県内の高萩及び大子の営林署で60%をまかない、残りの40%については周辺の栃木・群馬・千葉の営林署より80年生以上の原木を入手した。

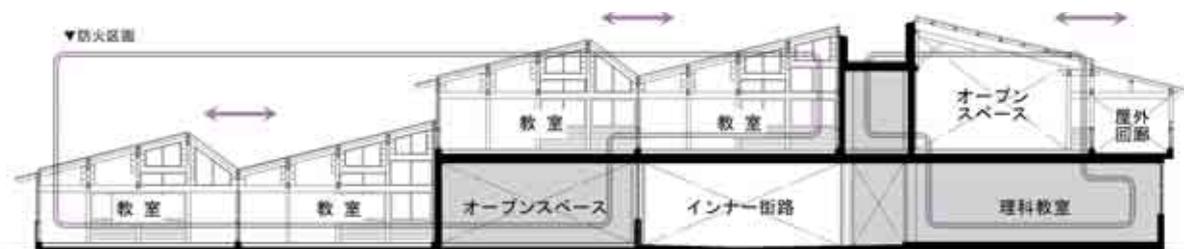
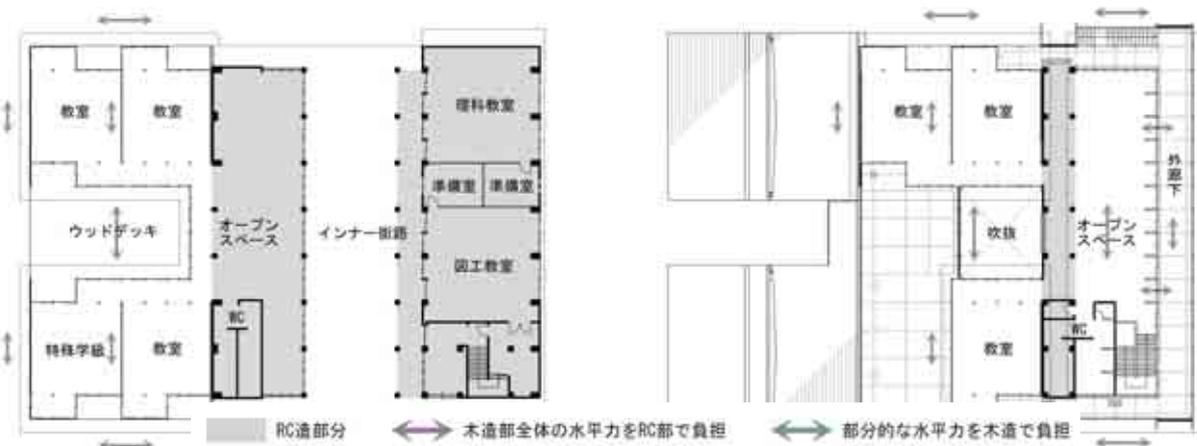
木材の使用量は、製材でヒノキ26.3m³(土台)、スギ943.6m³(柱・梁・構造壁・野地板等板材)、集成材(ペイマツ)63.7m³(梁)となっている。

木材の性能確保のために、本工事における独自の仕様書を作成し、それにより製材工事及び建築工事を発注し、また、発注者、設計者、施工者による製品検査体制を整備し、JASによらない無等級材としての性能を確保した。

混構造計画(平面的・立面的な混合構造)

首都圏では珍しく防火無指定の地域で、2階建大規模木造の規準を満たせば木造による建設が可能であることから、鉄筋コンクリート造の防火壁により1,000m²毎に区画することと、1,500m²ごとに別棟形式とすることにより2階建て木造が実現した。

また、遮音性や構造上の問題、防災避難等々の面でも、鉄筋コンクリート造の導入は有効である。そこで2階床を全て人工地盤のように鉄筋コンクリート造のフラットスラブ構造とし、その鉄筋コンクリート床と2階上部の防火上必要な防火壁(鉄筋コンクリート壁)が木造架構体の水平力を全て負担する構造計画としている。具体的には、剛性の低い木造の部分の地震力もすべて剛性の高い鉄筋コンクリート造が負担し、さらに剛性の低い木造部分はそれ自身に作用する地震力に対して設計を行っている。



地下階と基礎をRC造とした立体的な混合構造、仕口の仕様の統一化による施工性の向上
(神奈川県厚木市七沢希望の丘初等学校)【新築(混合構造)】

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検討が求められていた。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校の設定である。

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。



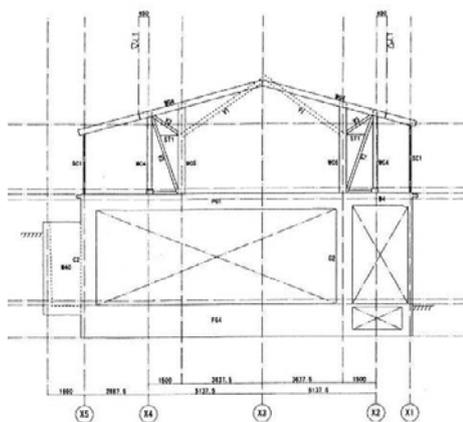
1階2階部分を1つの屋根で覆うため屋根面が起伏している



校舎の内観

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り、つまり立体的な混合構造と言える。地域材を活用し、学校という比較的スパンの大きい建物なので、在来軸組工法を採用し、部材も比較的大きい断面を使用している。



軸組図



鉄筋コンクリート造の基礎部分

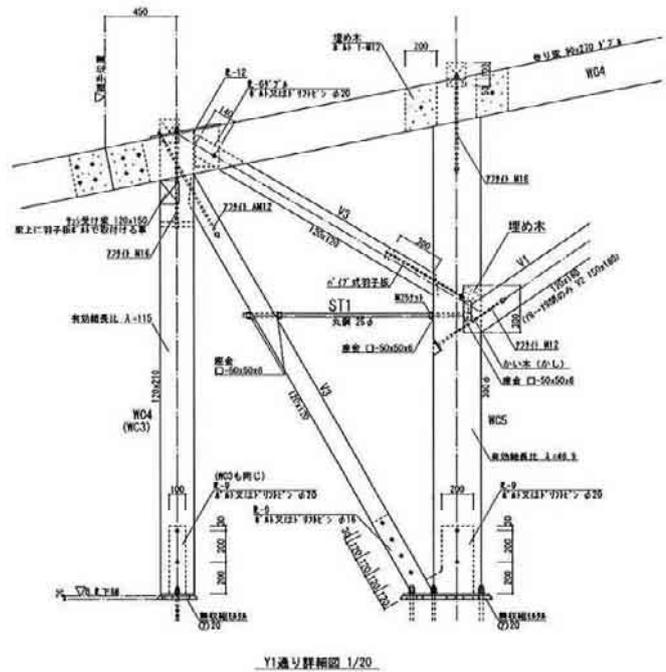
建物の平面形は約 13.0m×51.0m と細長く、平面的にも立面的にも大きく波打つ形状を示している。短辺方向の架構骨組は図のような軸組となっている。平屋部分と2階建て部分の架構形式も原則は同じ形式となっている。この架構が長手方向に3m間隔で並び、この建物の主要構造を構成している。

設計上は最初に短辺方向の架構計画を意匠設計者と構造設計者が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。

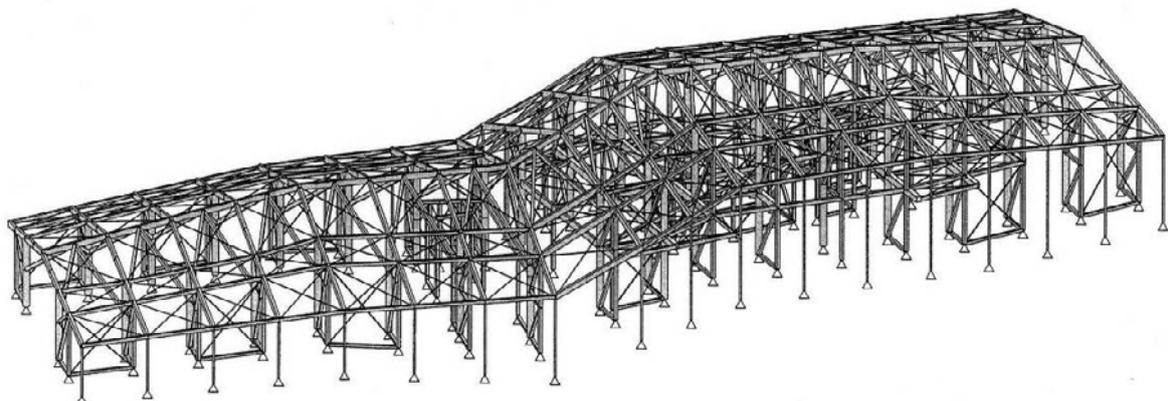
また、平屋と2階建てを一つの屋根で覆うため、屋根面の棟の位置の変化によって屋根勾配が変わってくることになる。全ての接合仕口のディテールを詳細図のように同じ仕様で対応すれば、勾配の違いによる手間は多少かかることが予想されるが、接合部のディテールの統一化は建物を施工するにあたり、メリットが大きいことがわかる。このように、架構の繰り返しとディテールの統一化について設計上留意することは、施工に当たって木材加工の作業性に影響を与え、建物の施工期間の短縮につながり、強いてはコストに影響を及ぼす大事な配慮だと思われる。

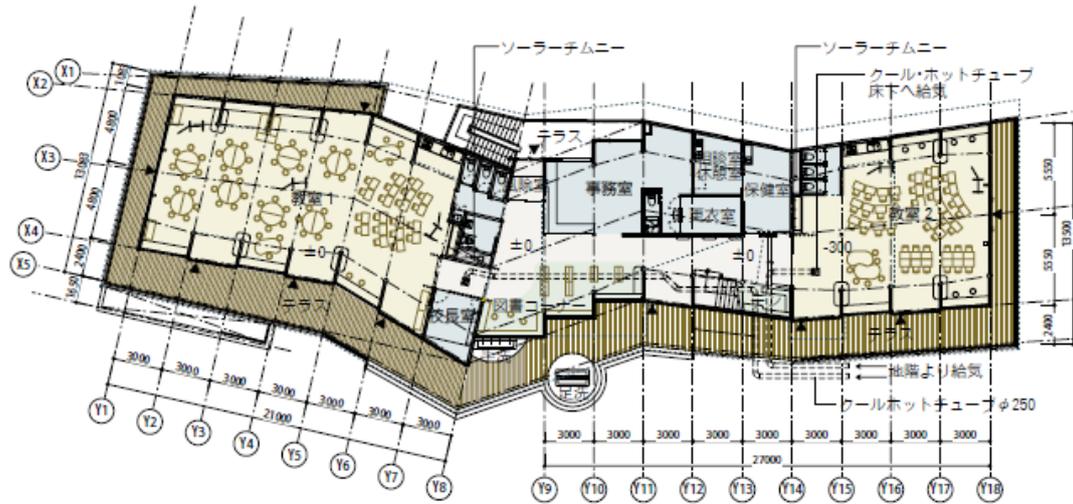
建物全体については、平面的にも立面的にも大きくうねっていることにより建物にねじれが生じるため、その解決策として天井面に大きく方杖を設け、建物の水平剛性を高めるよう配慮している。

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あり、上部構造に生じる支点応力を確実に鉄筋コンクリート造部分に伝達できるよう配慮したことである。



取付詳細図
(1階、2階共、同じ取付詳細を繰り返し使用している)

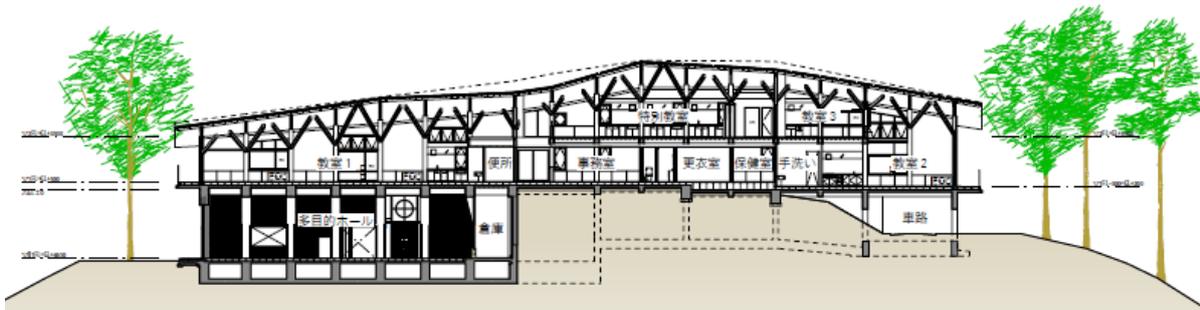




1階平面図



南立面図



断面図



1階部分の建て方風景



2階部分の建て方風景

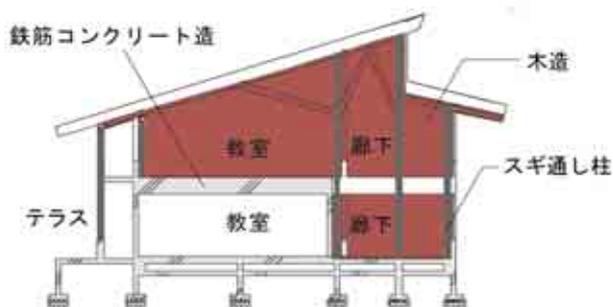
～混合構造の活用による効率的な課題解決～

遮音性にも配慮して1階教室部分をRC造とした立体的な混合構造
(栃木県茂木町立茂木中学校)【改築】

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合構造となっている。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、維持管理面にも考慮している。

学校からも、1階の教室は2階からの音が漏れることはなく、廊下は生徒移動時等に足音は聞こえることもあるが、かえって1階の職員室からも管理でき良いと好評である。



教室棟の構造断面図



校舎全体の構造模型

(平成19年3月実施設計完了、平成21年3月竣工)

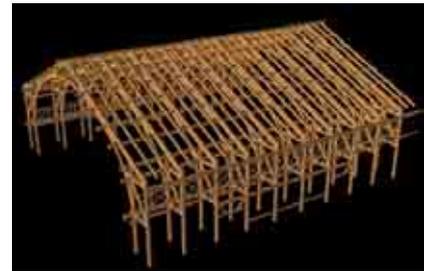
～ 地域の大工技術の採用 ～

地域の大工技術を活用した計画（大分県中津市立鶴居小学校）【改築】

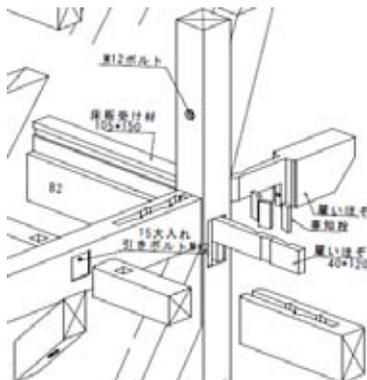
中津市の豊かな資源である木を、学校などの建築物に活用していくためには、木材を使った設計ができる設計士や木材の取扱技術に長けた大工を育てていく必要があるとの考えから、鶴居小学校では、地域の大工技術を採用した体育館の建設が実施されている。体育館は土台から屋根部分に至るまで地元産のスギやヒノキが使用されており、地域の大工技術により、継ぎ手や仕口における金具の使用が最小限に抑えられている。特別なコストをかけることなく建設されており、大工技術や技能の伝承にも貢献している。



外観



構造バース図



詳細図



継ぎ手・仕口

地域の流通材と加工技術の活用、基本設計段階での木材利用量公表による安定確保(秋田県能代市)

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てきた。秋田スギを中心とした大量の木材の安定供給体制の構築が可能のため、流通材のほか、特注材についても幅広く対応できる。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、木造の学校施設整備を進めている。

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コスト及び強度の比較検討を行った。

4寸角を用いた場合、1本では強度が不足する箇所が相当数あり、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本で強度が足りる結果となった。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、心持ち材については割れを少なくするため高温乾燥を、心去り材については心持ち材と比較して割れにくいことから一般的な中温乾燥で対応した。

継手、仕口について、梁成の大きい物は製作金物で対応したが、可能な限り在来工法(既製品の金物)で対応するよう考慮した。

体育館については、コスト高となる湾曲集成材を用いず、市内工場で作られた通直集成材をトラス組するなど上手く活用し、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、木材の安定確保を図るため、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。



高温乾燥された心持ち材



中温乾燥された大径木心去り材



浅内小学校 校舎外観



浅内小学校 図工室



二ツ井小学校 校舎外観



二ツ井小学校 交流広場

～一般流通材の活用、定尺材の活用、プレカット工法の採用～

規格化された小径材を組み合わせた架構（長野県立稲荷山養護学校）【改築（混合構造）】

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 長野県産材の活用、木の香る学習環境の創出、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。

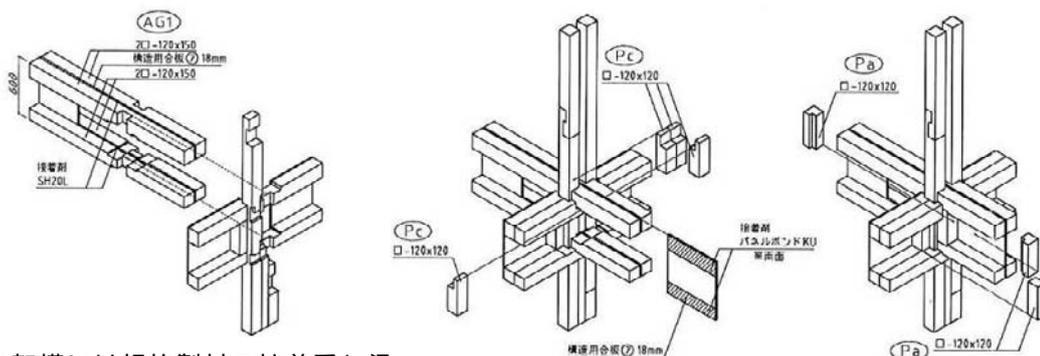
木材は県産材の市場流通の製材で、柱・梁を構成する材は小径 12cm のカラマツを、垂木・根太には小径 9 cm 以下のスギを中心に考えている。

木造の柱は 120mm 正角を 2 本組み合わせた併せ柱である。2 階床梁には接着併用の釘止め合板充腹梁を用い、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。可能な限り規格製材である 4 m、5 m、5.5m の材長を利用するよう架構が構成されている。

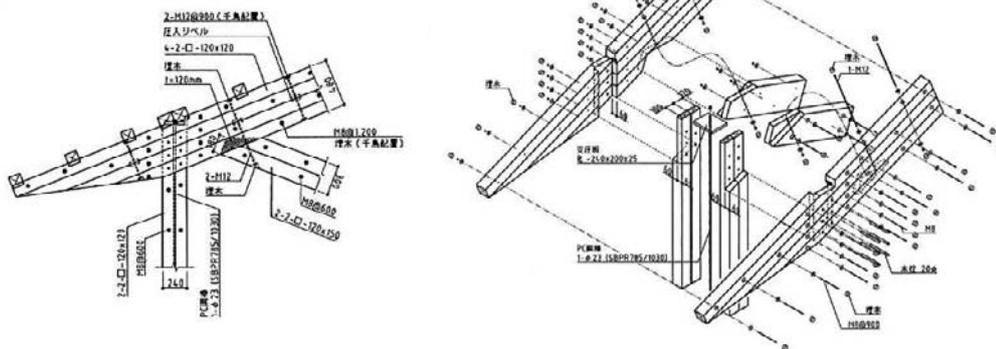
この学校例は規格製材（市場流通材）の活用により、総合的なコスト低減を図ったものである。

ごうはんじゅうふくぼり

合板充腹梁：下図のように角材の上梁と下梁を構造用合板でつなぎ、一体化した梁のこと。



体育館の架構には規格製材の接着重ね梁及び重ね柱が使用されている。



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

～ 一般流通材の活用、定尺材の活用～

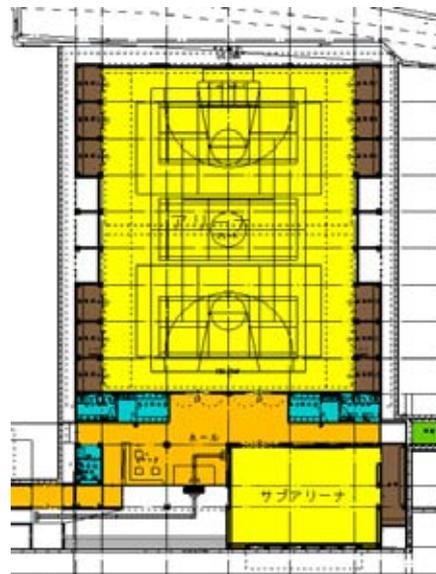
多雪地域において製材品を用いた体育館の架構
(滋賀県高島市立朽木東小学校・朽木中学校)【改築(混合構造)】

この取組みは、学校林等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。

地域材と地域職人によるロングスパン構造

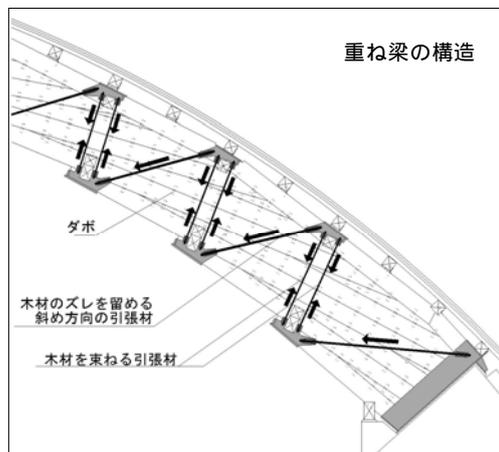
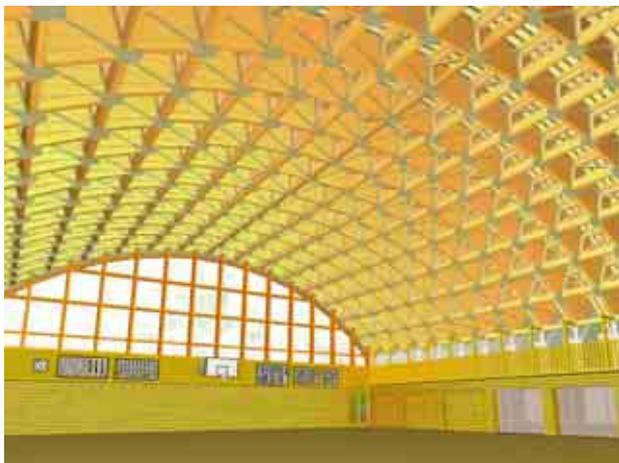
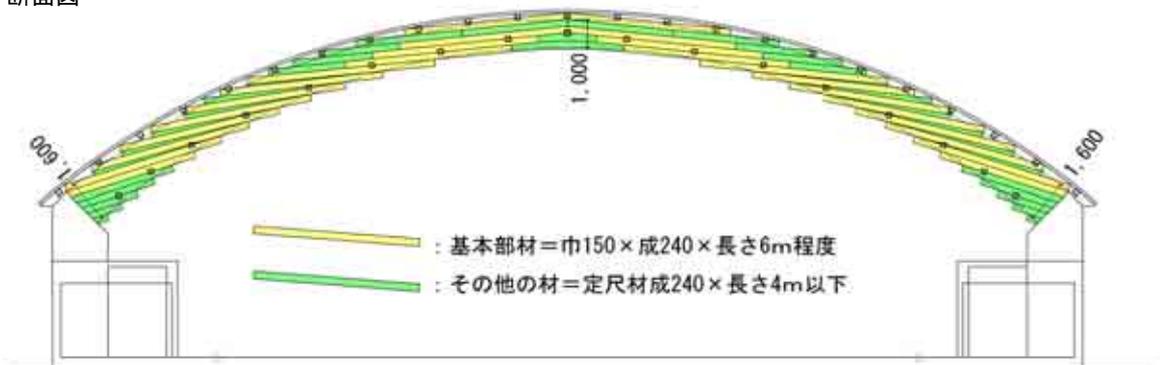
体育館の構造は大きく見ると、下部建物構造が鉄筋コンクリート造で、上部のアリーナ屋根は「持ち送り重ね梁」方式の木造アーチ梁となっている。地域の大工や職人達が建設に参加できるように、集成材等は使用せず、地場の生産・加工技術による製材品同士をダボでつなぐ重ね梁とした。重ね梁は、岩国の錦帯橋に倣った、持ち送りながら角材を積み重ねる方式とした。

具体的には、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方式となっている。さらに、束ねた木材同士のズレ止めを補強するため、外側を帯金で補強する錦帯橋に習い、ここでは施工性の高いボルトを用いてトラス効果に期待するハイブリッド構造の複合アーチ梁となっている。



平面図

断面図



構造計画

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。また、アーチ梁及び屋根の下側に、1,000 m²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 1,000 m²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、多雪地域と 1,000 m²区画への対応を両立させた。

構造上の課題となる、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、支点反力状況について検討を行い、実験により安全性を確かめている。当然、暴風雨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鉄筋コンクリート造の 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。

木材乾燥と加工及び性能確認実証実験

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ないため、葉枯らしと栈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、関係者に注意を促し厳格な管理を行っている。

また、加工や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。同時に上記の偏荷重などの戴荷実験、常時微動測定を行った。また、大きな妻面の方立てについては、複合アーチ梁のクリープ変形に追従可能な納まりとしている。

今後の建物の維持管理に配慮し、製材品の十分な乾燥による変形量の縮小を心がけるとともに、外部に可能な限り木材を露出させないディテールの採用を心がけている。



ダボ実験



中央荷重の実物大実験



外観パース

[DETAIL]

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 m²

主要室床面積：アリーナ 796 m²
サブアリーナ 145 m²

工事期間：平成 21 年 9 月着工
平成 23 年 2 月竣工予定