

<構造・架構形式の選択>

学校施設は比較的大きな空間を必要とする建物で、体育館のように大空間を要するものもあるなど、その規模には幅があり、要求・優先される性能やかけられるコストも一様ではない。また、複数の材料を組み合わせた構造を採用する例が多く見られる。構法・架構形式の選択は、性能やコストをはじめとしてデザイン、材料の都合など多様な要因を考慮して決定する。

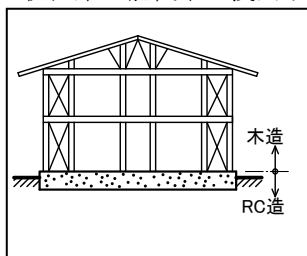
【校舎棟】

建築物に使用される主な構造材料の特徴および学校施設に必要とされる空間を確保するために、考えられる構造・架構形式について解説する。

■純木造

基礎以外を全て木造とする場合は、通常の柱と梁の軸組だけでは柱断面が過大になる傾向がある。したがって、組立柱を採用したり、壁面に斜材を設けたりする必要がある。

- ・秋田県 能代市立浅内小学校

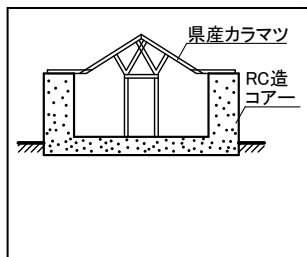


能代市は木材の町で、7校の木造校舎の実績がある。地域材による集成材と製材品の組合せで、接合部には金物を使用している。そのほか工事を設計内容や工事内容に応じて可能な限り分離発注することで、地元企業の技術者の育成にも配慮されている。

■平面的な混合構造

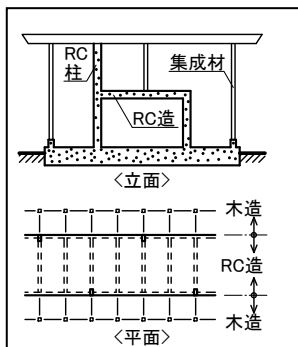
原則として木造部分は鉛直荷重のみを負担し、鉄筋コンクリート造部分に全水平力を負担させる構造である。この構造の場合は、木造部分の床および屋根面の水平剛性と、木造と鉄筋コンクリート造との接合強度が重要になる。

- ・RC サイドコア形式の混合構造 長野県 稲荷山養護学校



階段や便所、機械室などをRC造とし、このコアを繋ぐように木造の架構を設置する形式である。この例では、RC造コアを設置し、各棟ごとに地震力や風圧力の大半を負担させる計画となっている。長野県の代表的な樹種であるカラマツを中心に使用し、合板充複梁や重ね梁といった架構の工夫が見られる。

- ・RC インサイドコア形式の混合構造 奈良県 宇陀市立菟田野小学校

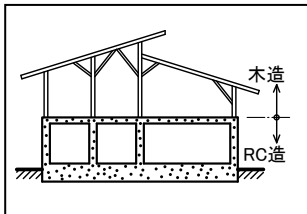


集成材を鉛直荷重の支持材、RCを水平力に対する抵抗部材として構造計画がなされている。この例は、RC造コアを集成材架構で覆う形になっている点特徴的である。RC造は遮音性への配慮も兼ねている。また、地場産の丸太材を柱に使用したり、内装材にも地場の木材を多用している。

■立面的な混合構造

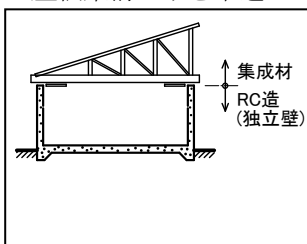
学校建築に最も多用されているのが、立上り部分までを鉄筋コンクリート造とした立面的な混合構造である。外周部を鉄筋コンクリート造とすれば、木造部は一般的な納まりとすることができる。平面的な混合構造と同様に、屋根面の水平剛性と、木造部と鉄筋コンクリート造の接合強度が重要になる。

- ・ 1階をRC造、2階を木造とした混合構造 秋田県立横手清陵学院中学校・高等学校



最深積雪量が2mという多雪地域で、国産のカラマツ集成材を使用した方杖形式のラーメン架構である。木材が露出となる部分では燃え代設計を行い、部材断面を決定している。2階床までをRC造とすることで、上下階の遮音性に配慮している。

- ・ 屋根架構のみを木造とした混合構造 千葉県 南房総市立七浦小学校



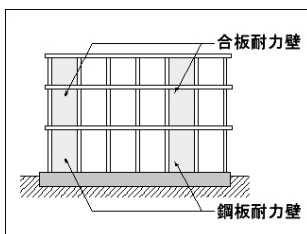
外周架構をRC造として自立させ、内部支柱と屋根架構を木造とする計画で、最も多く見られる混合構造の形式である。この例の場合は台風対策やシロアリなどに対する維持管理の面から採用されている。

部分的に鉄筋コンクリート造を導入するなど、混合構造にすることは、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などの課題を解決しやすく、設計の幅を広げることができる。そのため、比較的規模の大きい建物にも用いられる。(P99 参照)

■部材レベルの混合構造

一般的な混合構造として、単独の構造形式（RC造、S造、木造）の複合した事例を紹介してきたが、ここでは部材レベルの混合構造の例として、合板耐力壁と鋼板耐力壁の混合構造の設計例を紹介する。この場合、異種構造の部材間の接合部分における応力の伝達に注意する必要がある。

- ・ 遮音性の確保、壁の配置を抑えるための合板耐力壁+鋼板耐力壁の混合構造 岐阜県高山市立中山中学校



1・2階とも木造とし、2階床の遮音性確保のため、穴あきプレキャストコンクリート版（スパンクリート）を設置した。このため、床の重量が大きくなり、1階の地震力が通常の木造建物に比べ大きくなった。鋼製ブレースでは、ブレース自体の耐力は高いが、木造の梁・柱との接合部に力が集中し十分な耐力の確保が難しい。そこで、鋼板耐力壁を採用し、周囲の梁・柱にラグスクリュー接合したCT材に鋼板をボルト接合して、力を分散させるように配慮されている。

【体育館】

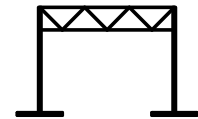
体育館は校舎よりも大空間のため、木材の寸法や強度の特性と合わせ、これに適した架構形式をとる必要がある。様々な形式があり、工夫により新鮮で印象的な空間を生み出すことができる。

最近では、圧縮や曲げが作用する部位は木材を使用し、引張が作用する部位は鉄材を用いるなど、使用材料の複合化を図ることで新たな構造形式が多く見られるようになっている

■トラス架構

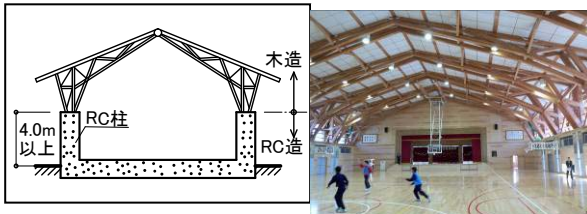
三角形の骨組みを構成すると安定した剛強な構造となる原理を利用したもので、平行な2本の梁を斜材でつないだ平行弦トラス（右図）と、水平梁と登り梁（合掌梁）を束や斜材でつないだ山形トラスがある。

トラス架構を採用する場合は、引張材の接合に注意が必要である。また、トラス梁の支持点となる柱には大きな反力が作用するので、鉄筋コンクリート造や鉄骨造とする例が多く見られる（混合構造）。木造の場合は柱断面を大きくしたり、控え壁を設けたり、トラス柱とするなどの対策が考えられる。



シングルワーレントラス

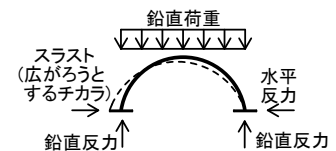
・秋田県 能代市立浅内小学校・体育館



棟部分をピン接合とし、集成材によるトラス架構をダブルに架けている。トラスの脚部はRC造の片持柱で支持し、桁方向にRC造のBOX梁（箱型梁）を架ける構造計画となっている。

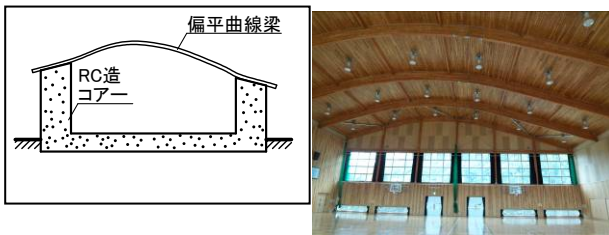
■アーチ架構

梁を円弧状として、外力に対し圧縮力で抵抗する（曲げがほとんど作用しない）構造である。曲線の形状で円弧アーチ、放物線アーチなどと呼ぶ。アーチ構造は、支持点にスラストという水平方向に広がる力（スラスト）が作用するので、この処理方法に注意が必要である。トラスと同様の対策をとったり、テンションバーを設けるなどの対応が考えられる。



アーチ構造の原理

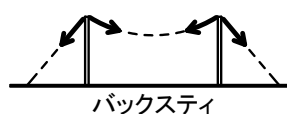
・佐賀県 佐賀市立富士南小学校・体育館



ステージ、玄関、更衣室などをRC架構として両端部に配置し、長手方向に扁平な曲線の梁を架けている。扁平なアーチ梁の端部に生じる水平方向に広がる力（スラスト）は全てRC架構で処理される。

■吊架構

ケーブルで吊り上げる構造で、軽い重量で大きなスパンをかけることができるので、橋梁でよく採用されている。ケーブルの端部の止め方や、風・雪などの偏荷重に対する抵抗方法に注意が必要である。



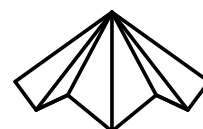
一方吊屋根の例



■折板架構

紙に折目を付けると強くなる原理を応用した構造で、屏風のように折目が平行となる角筒折板のほかに、放射状に折る角錐や多角形折板がある。

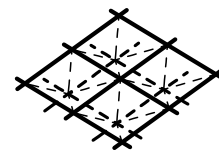
折板架構は折目が広がらないように押えることが重要になる。



八角形折板

■スペースフレーム架構

格子状の梁を2層にして、斜材などで上下の交点どうしを結合した立体構造。接合数が多く加工も複雑になるので、接合部に金属系の接合材を用いて合理化を図ることが一般的である。

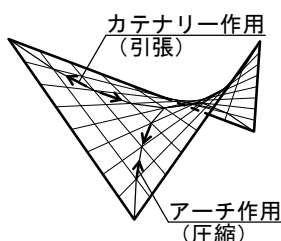


2方向グリッド

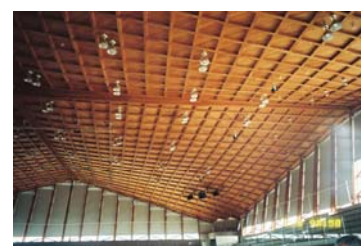
■シェル架構

曲面を構成することで強度を高める構造で、アーチの発展形ともいえる。円錐・球型のドームのほかに、筒型、鞍型など様々な形状がある。

HP シェルは平板の一組の対角線の隅を上げ、他の一組の隅は下げることで曲面を形成するものである。

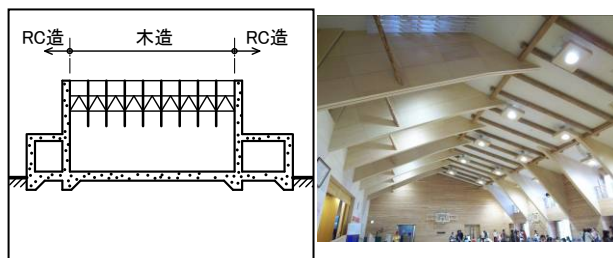


HP シェル



■トラス架構と重ね柱・重ね梁を用いた混合架構

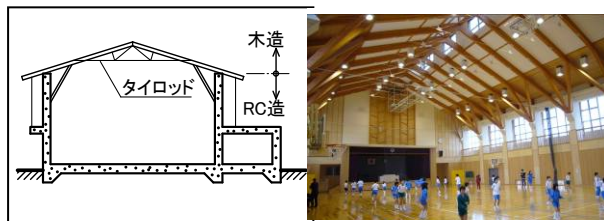
・長野県 稲荷山養護学校・体育館



ステージおよびホワイエ部分をRCコアとして、延焼防止の役割と水平力の大半を負担させている。主架構は長野県産のカラマツ 120mm 角材を接着重ね梁・重ね柱として組立てている。プレカットと手加工を併用し、継手には追掛大栓や金輪などの伝統的な方法も採用されている。

■端部に方杖を用いた架構

・石川県 羽咋市立瑞穂小学校・体育館

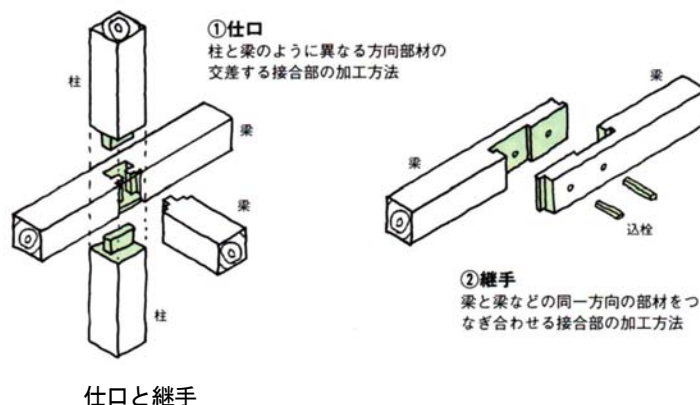


ステージ、玄関、更衣室などをRC架構として両端部に配置し、長手方向に扁平な曲線の梁を架けている。曲線梁の端部に生じるスラストは全てRC架構で処理される。

<接合部の役割と種類>

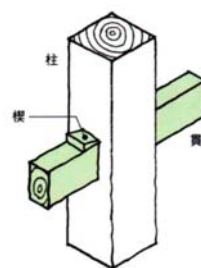
接合部には柱と梁のように、異方向部材の交点となる「仕口」と、梁と梁のように同一方向部材をつなぎ合わせる「継手」がある。

接合方法を大別すると、木材のみで接合する嵌合(かんごう)接合、金物を使用する金物接合、接着剤を使用する接着接合、の3種類に分けられる。



■嵌合接合

木材同士をかみ合わせて、主に「めり込み」で抵抗する接合方法。貫と柱の接合部が代表的で、伝統的な仕口・継手のほとんどがこれに該当する。強度が低く変形しやすいが、大きな変形への追従性が高く、粘り強い。込釘(こみせん)・車知釘(しゃちせん)・楔(くさび)などの接合具を併用することもある。



部材同士をかみ合わせ、木材特有の「めり込み」によって抵抗させる接合方法。強度は弱いに変形能力が高い。

嵌合接合の例

■金物接合

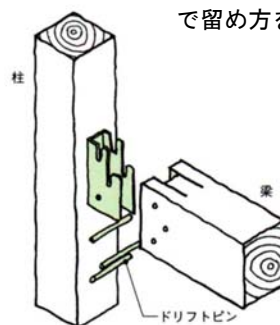
木材同士を突き付けて、金物のみで力を伝達する接合方法と、ホゾや蟻などの伝統的な接合に引きボルトを併用する接合方法の2種類に分けられる。

金物のみの接合は、ボルトやドリフトピンが木材にめり込むことによって荷重を伝達するため、木材の端からの距離を確保する必要がある。

一方、併用タイプは主な荷重の伝達は木材どうしのかみ合わせにより行い、金物は抜け出しを防止するために使用する。

接合金物の種類は多く、様々な開発が行われている。しかし、施工性や意匠性を重視するあまり、構造的に見ると疑問が感じられるものもある。金物は接合部に要求される性能をよく考えた上で選択したい。

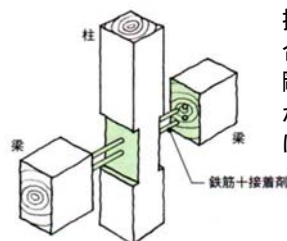
接合金物を用いて接合する方法。強度・剛性・粘り強さが得られるように、金物の形状で留め方を工夫している。



金物接合の例

■接着接合

接着剤を用いた接合は、集成材を用いた構法で採用されることがある。接合部に鉄筋を差し込んで、接着剤で木材との接合を行うものが代表的である。この接合方法は高い強度が得られるが、施工管理が難しいので、使用範囲は限定される。



接着剤を用いて接合する方法。強度・剛性は高いが、粘りが少なく変形能力は低い。

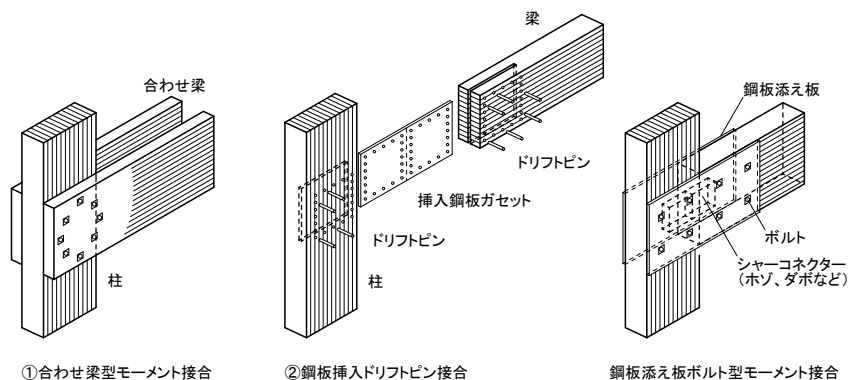
接着接合の例

■ラーメン架構に用いられる接合

ラーメン架構は、方杖や小壁などの補助材で接合部を固める方法と、金物などの接合具を使用して半剛接合する方法がある。ラーメン架構における接合部の効率性は、架構性能やコストに直結する重要な役割を担っている。

現在使用されている接合方法を分類すると以下の4タイプがある。

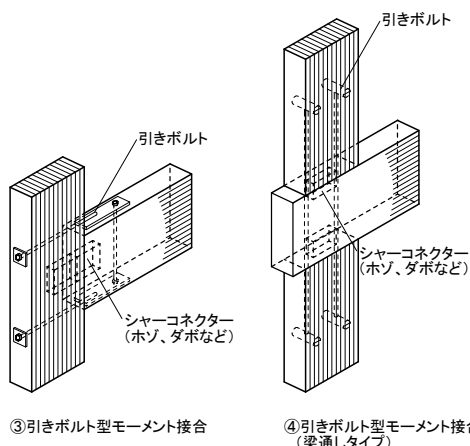
- ①材を重ねてボルトで縫い合わせ曲げ抵抗させる、合わせ梁型モーメント抵抗接合。
- ②材に挿入した鋼板を挿入または側面に添えてドリフトピン及びボルトで接合し、鋼板が曲げ抵抗する、鋼板挿入ドリフトピン接合。また、これを中・大規模ラーメン架構用に改良した鋼板添え板ボルト型モーメント抵抗接合。鋼板が曲げ抵抗する。
- ③引張力に対してはボルトが、圧縮力に対しては柱・梁のめり込みが、せん断力に対しては堅木ダボなどのシャーコネクターがそれぞれ抵抗する、引きボルト型モーメント抵抗接合。
- ④梁通しの場合の引きボルト型モーメント接合で、上下の柱に設置した引きボルトが柱に生じる曲げと軸力に抵抗し、せん断力は柱材にシャーコネクターを取り付けて抵抗する。



①合わせ梁型モーメント接合

②鋼板挿入ドリフトピン接合

鋼板添え板ボルト型モーメント接合



③引きボルト型モーメント接合

④引きボルト型モーメント接合 (梁通しタイプ)

ラーメン架構の接合形式

< JASによる寸法規格 >

■ JAS（日本農林規格）

日本農林規格は、農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律（JAS法、1950年公布）に基づく、農・林・水・畜産物およびその加工品の品質保証の規格である。

■ 製材の寸法と表現方法

JASでは構造用製材の標準寸法を表のように規定している。

木材の断面寸法は、我が国で伝統的に使われてきた尺・寸・分が基になっている。梁や柱は短辺（幅）が90mm以上で、長辺（せい）は1寸（約30mm）刻みに増える。根太や垂木、筋かい、貫などの厚みは15mm以上で、1分（約3mm）刻みとなっている。JASには390mmまで規格があるが、木材の流通事情を考えると360mmを限度とし、設計上は極力300mm以下となるように工夫するほうが現実的である。

75mm以上の正方形断面は正角、長方形断面は平角と呼ばれる。断面形の表示方法は構造設計者の場合、柱なら平面のX方向をB、Y方向をD、梁なら水平方向を梁幅B、鉛直方向を梁せいDとして、「B×D」という順で表現する。

設計者によっては立面的に見たときの「見付け×奥行き」というように構造とは逆の表記をする例もあるため、断面方向には注意が必要である。

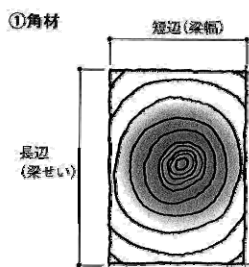
■ 丸太の寸法と表現方法

丸太の側面のみを切り落とし、上端と下端を丸太のままとしたものは太鼓梁、太鼓落としと呼ばれる。これは小屋組などで木材の曲がりを利用した木組みを見せるときなどに使用される。

丸太材や太鼓梁の断面は末口180φというように表示する。樹木の根っこ側を元口、先端側を末口という。末口のほうが元口よりも径が細いので、これは断面の最低寸法を指定していることになる。

長さは1m刻みを基本とし、梁材は4mが最も多い。これは一般的な木造住宅の間取りを考慮して、2間（3.64m）まで対応できるようにしたものである。一方、柱は木造住宅の標準的な階高2.7mを考慮して、管柱用は3m、通し柱用は6mに製材されることが多い。6mを超えると特注になり、コストも割高となる。

JASによる構造用製材の標準寸法 | 図



太鼓梁や丸太梁は末口の直径を指定する。
太鼓材の長辺とは、末口の直線2辺の短いほうとする

構造用製材の標準寸法(仕上材にあっては規定寸法) | 表

木口の短辺	木口の長辺															
	90	105	120	135	150	180	210	240	270	300	330	360	390			
15																
18																
21																
24																
27																
30																
36	36															
39		39														
45			45													
60				60												
75					75											
90						90										
105							105									
120								120								
135									135							
150										150						
180											180					
200												200				
210													210			
240														240		
270															270	
300																300

木口寸法	辺長<75mm	辺長≥75mm
仕上材	-0 ~ +1.0	-0 ~ +1.5
未仕上材	(SD15: -0.5 ~ +1.0)	(SD15: -0.5 ~ +1.5)
未乾燥材	-0 ~ +2.0	-0 ~ +3.0

材長は-0以上とする(+制限はない)

< J A Sによる等級区分 >

製材には J A S 規格（2007 年 8 月改定）が定められているが、そこには、①造作用製材、②目視等級区分構造用製材、③機械等級区分構造用製材、④下地用製材、⑤広葉樹製材の 5 規格がある。このうち、建築物の主要構造部分に使用される製材には②と③が該当する。

■目視等級区分

目視等級区分構造用製材とは、節、丸身などの欠点を目視により等級分けするもので、構造的に要求される性能に応じて 3 タイプに区分している（次頁の表参照）。

主として高い曲げ性能を必要とする部分に使用するもの（梁・横架材）を甲種構造材、主として圧縮性能を必要とする部分に使用するもの（柱）を乙種構造材とし、甲種構造材については、断面の大きさによって構造用 I と II の 2 種類に区分している。ちなみに、構造用 II とは、短辺が 36cm 以上かつ長辺が 90cm 以上の材をいい、それ未満の小断面は I となる。

■機械等級区分

機械等級区分構造用製材とは、ヤング係数を測定して、その値により等級分けを行うものである。等級は E50 から 20 刻みで E150 までである。また、ヤング係数のほかに、節、集中節、丸身、貫通割れ、目まわり、腐朽に関する規定もある。これらのほかに、保存処理、含水率、寸法誤差、表示項目なども規定されている。さらに、従来は造作用製材で定められていた材面の美観の表示（四方無節、上小節など）も、構造用製材に適用されている。

含水率表示は人工乾燥材のみで、自然乾燥材は対象外となる。仕上材は 15%以下 (SD15) と 20%以下 (SD20)、未仕上材は D15、D20、D25（25%以下）に区分される。

■ J A S 規格品の選択について

木構造の建築設計において、主要構造材に製材品を使用するためには、樹種別に規定されている基準強度を用いて計算することとなっている。製材品の基準強度は J A S 規格品と J A S 規格以外の製品についても国土交通省告示で与えられており、実際の建物においては、必ずしも J A S 規格品である必要はない。

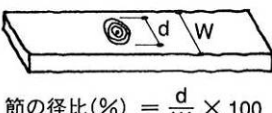
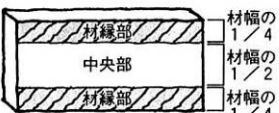
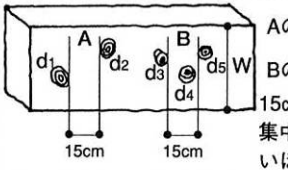
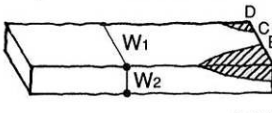
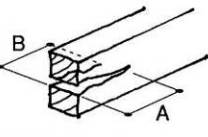
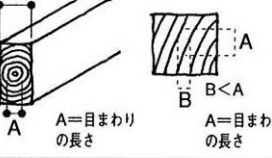
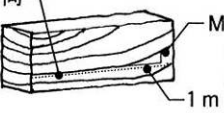
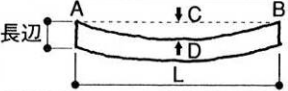
ただし、製材を J A S 規格品に限定している地方公共団体も多く、また J A S 規格品でない場合は基準強度値が低めに設定されていることから工夫が必要であり、断面寸法に余裕がない場合はこれに準じた品質管理が必要である。各地域の認証材で品質基準を定めているものもあるので、これを活用することも一つの方法である。

また、木材は目視により使い分ける能力も必要である。ある部材について強度が足りないものでも、他の構造部材や羽柄材*での活用が考えられ、有効活用によりコストを下げしていく努力も大切である。

※羽柄材：端柄材とも書く。構造材に用いられる角材以外の製材品で、板類、敷居などの造作に用いられる木材の総称。

JASによる「目視等級区分構造用製材」の規格 | 表

乙種構造材(柱対応)の材面の品質基準

区 分	基 準			備 考
	1 級	2 級	3 級	
節	径比が 30%以下 (円柱類は 26%以下)	径比が 40%以下 (円柱類は 35%以下)	径比が 70%以下 (円柱類は 62%以下)	 $\text{節の径比}(\%) = \frac{d}{W} \times 100$ 
集中節	径比が 45%以下 (円柱類は 39%以下)	径比が 60%以下 (円柱類は 53%以下)	径比が 90%以下 (円柱類は 79%以下)	 <p>Aの集中節径比 = $\frac{d1+d2}{W} \times 100$ Bの集中節径比 = $\frac{d3+d4+d5}{W} \times 100$ 15cm区間にかかわるすべての節を集中節とし、AとBのいずれかが大きいほうを集中径比とする</p>
丸身	10%以下	20%以下	30%以下	 $\frac{AB+CD}{W1} > \frac{AE}{W2}$ $\text{丸身}(\%) = \frac{(AB)+(CD)}{W1} \times 100$
貫通割れ	木口	木口の長辺寸法の1.5倍以下	木口の長辺寸法の2.0倍以下	 <p>A、B = 割れの長さ 割れの長さ = $\frac{A+B}{W}$ 両木口にあるものについては、両木口の最長のものの長さとする</p>
	材面	ないこと	材長の1/6以下	材長の1/3以下
目まわり	木口の短辺寸法の1/2以下	同左	—	 <p>基準では、1級、2級に限り木口面における短辺の長さの1/2以下の深さとし、3級は制限しない。ただし、両端に存する場合は各端における合計とする</p>
繊維方向の傾斜比	1 : 12 以下	1 : 8 以下	1 : 6 以下	 <p>材長方向に対する繊維走向傾斜の高さの比とする</p>
腐朽	程度の軽い腐れの面積	ないこと	存する材面の10%以下	—
	程度の重い腐れの面積	ないこと	存する材面の10%以下	
曲がり	0.2%以下 (仕上材は 0.1%以下)	0.5%以下 (仕上材は 0.2%以下)	同左	 $\text{曲がり}(\%) = \frac{CD}{AB} \times 100$ <p>CD : 最大矢高</p>
狂いおよびその他の欠点	軽微なこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと	—

上記のほかに、平均年輪幅の規定もある

目視等級区分構造用製材の等級は★印で表記し、最も品質の高い1級は★★★となる