

告示解説書第4章

直交集成板の許容応力度・材料強度の解説

第4章 直交集成板の許容応力度・材料強度の解説

（平13国交告第1024号（最終改正 平30国交告第1324号）関係）

4.1 直交集成板の許容応力度と材料強度の制定の概要

（平30国交告第517号及び平30国交告第1324号で改正された箇所を下線で示す）

平成13年国土交通省告示第1024号（最終改正 平成30年国土交通省告示第1324号）

特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件

建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）第94条の規定に基づき、木材のめりこみ及び木材の圧縮材の座屈の許容応力度、集成材及び構造用単板積層材（以下「集成材等」という。）の繊維方向、集成材等のめりこみ及び集成材等の圧縮材の座屈の許容応力度、鋼材等の支圧、鋼材等の圧縮材の座屈及び鋼材等の曲げ材の座屈の許容応力度、溶融亜鉛メッキ等を施した高力ボルト摩擦接合部の高力ボルトの軸断面に対する許容せん断応力度、ターンバックルの引張りの許容応力度、高強度鉄筋の許容応力度、タッピンねじその他これに類するもの（以下「タッピンねじ等」という。）の許容応力度、アルミニウム合金材、アルミニウム合金材の溶接継目のど断面、アルミニウム合金材の支圧、アルミニウム合金材の圧縮材の座屈、アルミニウム合金材の曲げ材の座屈、アルミニウム合金材の高力ボルト摩擦接合部及びタッピンねじ又はドリリングタッピンねじを用いたアルミニウム合金材の接合部の許容応力度、トラス用機械式継手の許容応力度、コンクリート充填鋼管造の鋼管の内部に充填されたコンクリートの圧縮、せん断及び付着の許容応力度、組積体（鉄筋コンクリート組積体を含む。以下同じ。）の圧縮及びせん断並びに鉄筋コンクリート組積体の付着の許容応力度、鉄線の引張りの許容応力度、同令第67条第1項の国土交通大臣の認定を受けた鋼材の接合、同条第2項の国土交通大臣の認定を受けた継手又は仕口及び同令第68条第3項の国土交通大臣の認定を受けた高力ボルト接合の許容応力度、あと施工アンカーの接合部の引張り及びせん断の許容応力度、丸鋼とコンクリートの付着の許容応力度、炭素繊維、アラミド繊維その他これらに類する材料の引張りの許容応力度、緊張材の引張りの許容応力度、軽量気泡コンクリートパネルに使用する軽量気泡コンクリートの圧縮及びせん断の許容応力度並びに直交集成板の繊維方向、直交集成板のめりこみ及び直交集成板の圧縮材の座屈の許容応力度（以下「特殊な許容応力度」という。）並びに同令第99条の規定に基づき、木材のめりこみ及び木材の圧縮材の座屈の材料強度、集成材等の繊維方向、集成材等のめりこみ及び集成材等の圧縮材の座屈の材料強度、鋼材等の支圧及び鋼材等の圧縮材の座屈の材料強度、ターンバックルの引張りの材料強度、高強度鉄筋の材料強度、タッピンねじ等の材料強度、アルミニウム合金材、アルミニウム合金材の溶接継目のど断面、アルミニウム合金材の支圧、アルミニウム合金材の圧縮材の座屈及びタッピンねじ又はドリリングタッピンねじを用いたアルミニウム合金材の接合部の材料強度、トラス用機械式継手の材料強度、コンクリート充填鋼管造の鋼管の内部に充填されたコンクリートの圧縮、せん断及び付着の材料強度、鉄筋コンクリート組積体の圧縮の材料強度、鉄線の引張りの材料強度、同令第67条第1項の国土交通大臣の認定を受けた接合、同条第2項の国土交通大臣の認定を受けた継手又は仕口及び同令第68条第3項の国土交通大臣の認定を受けた高力ボルト接合の材料強度、あと施工アンカーの接合部の引張り及びせん断の材料強度、丸鋼とコンクリートの付着の材料強度、炭素繊維、アラミド繊維その他これらに類する材料の引張りの材料強度、緊張材の引張りの材料強度、軽量気泡コンクリートパネルに使用する軽量気泡コンクリートの圧縮及びせん断の材料強度並びに直交集成板の繊維方向、直交集成板のめりこみ及び直交集成板の圧縮材の座屈の材料強度（以下「特殊な材料強度」という。）をそれぞれ次のように定める。

平28国交告第562号により、平13国交告第1024号（特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件）が改正された。同改正により、直交集成板の日本農林規格（以下、「JAS規格」と記す）に定める直交集成板のうちの幾つかの強度等級のものについて、繊維方向、めりこみ、及び、圧縮材の座屈の許容応力度と材料強度が追加され、基準強度が示された。

木材の繊維方向の許容応力度は、建築基準法施行令（以下、「令」と記す）第89条に定められている。一方、令第94条の規定に基づいて、木材のめりこみの許容応力度、木材の圧縮材の座屈の許容応力度、構造用集成材及び構造用単板積層材（以下「集成材等」と記す）の繊維方向の許容応力度、集成材等のめりこみの許容応力度、集成材等の圧縮

材の座屈の許容応力度が、「特殊な許容応力度」として平 13 国交告第 1024 号に定められている。

同様に、木材の繊維方向の材料強度は、令第 95 条に定められており、令第 99 条の規定に基づいて、木材のめりこみの材料強度、木材の圧縮材の座屈の材料強度、集成材等の繊維方向の材料強度、集成材等のめりこみの材料強度、集成材等の圧縮材の座屈の材料強度が、「特殊な材料強度」として平 13 国交告第 1024 号に定められている。

4.2 直交集成板の許容応力度

第一 特殊な許容応力度

一～十八（略）

十九 直交集成板の繊維方向（強軸方向及び弱軸方向をいう。以下この号、第二第十八号及び第三第九号において同じ。）、直交集成板のめりこみ及び直交集成板の圧縮材の座屈の許容応力度は、次に掲げるものとする。

平 13 国交告第 1024 号の第一に直交集成板の繊維方向の許容応力度、直交集成板のめりこみの許容応力度、並びに、直交集成板の圧縮材の座屈の許容応力度が定められている。繊維方向の許容応力度、並びに、圧縮材の座屈の許容応力度については、直交集成板の強軸方向と弱軸方向の両方向に対する許容応力度が本号で示されている。なお、「強軸方向」は外層の繊維方向を指し、「弱軸方向」は強軸方向に対して直角の方向を指す（図 4.2-1 参照）。

曲げ及びせん断の許容応力度については、積層方向と幅方向に対する許容応力度が示されている。「積層方向」の許容応力度は、直交集成板の版面に対して垂直に荷重が作用する場合（図 4.2-2 参照）に生じる応力に対する許容応力度を指し、「幅方向」の許容応力度は、直交集成板の版面に対して平行に荷重が作用する場合（図 4.2-3 参照）に生じる応力に対する許容応力度を指す。

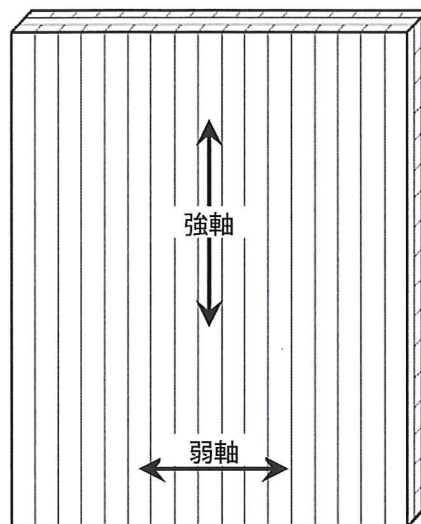


図 4.2-1 強軸方向と弱軸方向

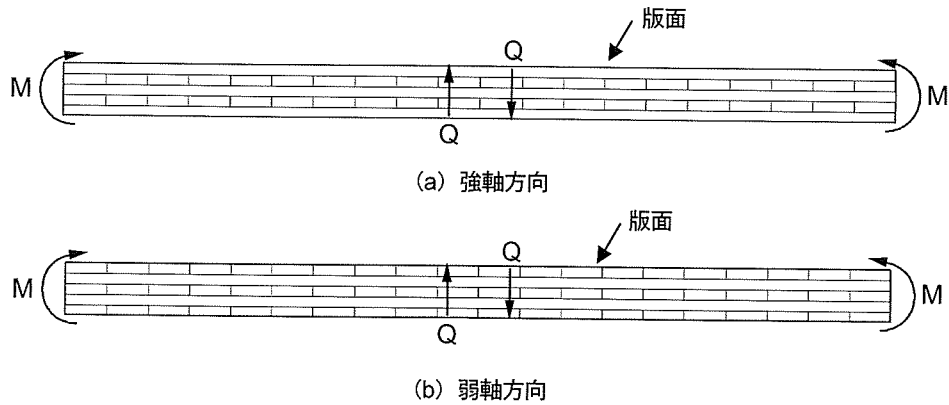


図 4.2-2 積層方向に応力が作用する荷重方向の例

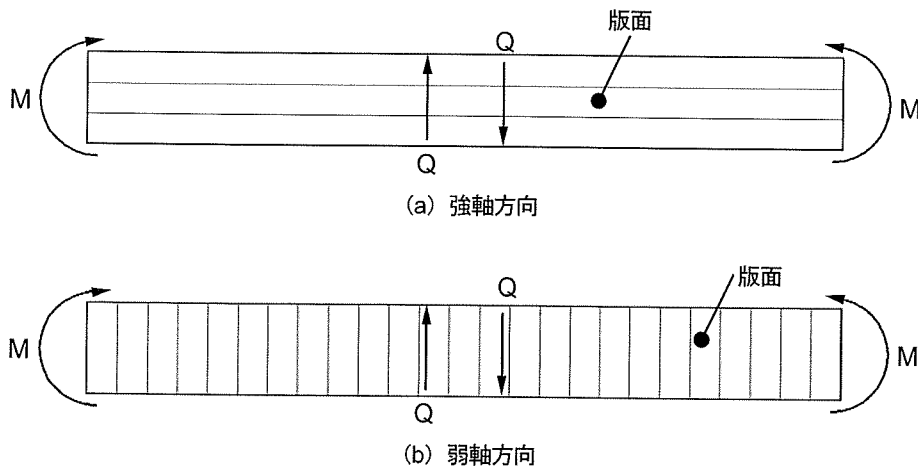


図 4.2-3 幅方向に応力が作用する荷重方向の例

イ 次に掲げる基準に適合する直交集成板(ニ及び第二第十八号ニを除き、以下単に「直交集成板」という。)の繊維方向の許容応力度は、次の表の数値(基礎ぐい、水槽、浴室その他これらに類する常時湿潤状態にある部分に使用する場合においては、当該数値の 70 パーセントに相当する数値)によらなければならない。ただし、令第 82 条第一号から第三号までの規定によって積雪時の構造計算をするに当たっては、長期に生ずる力に対する許容応力度は同表の数値に 1.3 を乗じて得た数値と、短期に生ずる力に対する許容応力度は同表の数値に 0.8 を乗じて得た数値としなければならない。

- (1) 直交集成板の日本農林規格(平成 25 年農林水産省告示第 3079 号)に適合すること。
- (2) 次に掲げる基準に適合すること。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、直交集成板の強度が当該基準に適合するものと同程度以上であることが確かめられた場合にあつては、この限りでない。
 - (i) 小角材をその繊維方向を互いにほぼ平行にして幅方向に接着したものが、ラミナとして使用されていないこと。
 - (ii) 各ラミナの厚さが、12 ミリメートル以上 36 ミリメートル以下であること。
 - (iii) 直交集成板の幅及び長さが、36 センチメートル以上であること。

長期に生ずる力に対する許容応力度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)				短期に生ずる力に対する許容応力度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)			
圧縮	引張り	曲げ	せん断	圧縮	引張り	曲げ	せん断
$\frac{1.1F_c}{3}$	$\frac{1.1F_t}{3}$	$\frac{1.1F_b}{3}$	$\frac{1.1F_s}{3}$	$\frac{2F_c}{3}$	$\frac{2F_t}{3}$	$\frac{2F_b}{3}$	$\frac{2F_s}{3}$
この表において、 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s は、それぞれ直交集成板の種類及び品質に応じて第三第九号イからニまでに規定する圧縮、引張り、曲げ及びせん断に対する基準強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)を表すものとする。							

本告示で言及されている木材、集成材等と同様、直交集成板においても安全率を 2/3 として、長期と短期に生じる力に対する許容応力度の比率に 1.1:2 を採用し、基準強度の 2/3 を短期に生じる力に対する許容応力度、基準強度の 1.1/3 を長期に生じる力に対する許容応力度としている。使用環境が常時湿潤環境である場合及び積雪時の構造計算をする場合についても、従来の木材、集成材等と同様の調整を課すこととしている。圧縮、引張り、曲げ及びせん断に対する基準強度については、第三第九号イ～ニ(4.4 に解説)に述べられている。基準強度の適用範囲の長さ方向及び幅方向については、技術的根拠となる試験の条件より、概ねラミナ 3 枚以上の場合に適用できることから 36cm 以上としている。

ロ 直交集成板のめりこみの許容応力度は、その表面と加力方向のなす角度に応じて次に掲げる数値(基礎ぐい、水槽、浴室その他これらに類する常時湿潤状態にある部分に使用する場合においては、当該数値の 70 パーセントに相当する数値)によらなければならない。

- (1) 10 度以下の場合 イの表に掲げる圧縮の許容応力度の数値
- (2) 10 度を超過、70 度未満の場合 (1)と(3)とに掲げる数値を直線的に補間した数値
- (3) 70 度以上 90 度以下の場合 次の表に掲げる数値

建築物の部分		長期に生ずる力に対するめりこみの許容応力度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)		短期に生ずる力に対するめりこみの許容応力度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)	
		積雪時	積雪時以外	積雪時	積雪時以外
(一)	土台その他これに類する横架材(当該部材のめりこみによって他の部材の応力に変化が生じない場合に限る。)	$\frac{1.5F_{cv}}{3}$	$\frac{1.5F_{cv}}{3}$	$\frac{2F_{cv}}{3}$	$\frac{2F_{cv}}{3}$
(二)	(一)項に掲げる場合以外の場合	$\frac{1.43F_{cv}}{3}$	$\frac{1.1F_{cv}}{3}$	$\frac{1.6F_{cv}}{3}$	$\frac{2F_{cv}}{3}$
この表において、 F_{cv} は、直交集成板の種類に応じて第三第九号ホに規定するめりこみに対する基準強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)を表すものとする。					

第一第十九号ロは、直交集成板のめり込みの許容応力度を定めたものであり、直交集成板を構成する外層ラミナの樹種区分に応じて第三第九号ホ(4.4 に解説)に規定するめりこみに対する基準強度の数値を用いて得られる。同規定の「その表面と加力方向のなす角度」は、図 4.2-4 に示す角度のことである。表中の「(一)土台その他これに類する横架材(当該部材のめりこみによって他の部材の応力に変化が生じない場合に限る。)」としては、床パネルに鉛直部材(柱・壁パネル等)がめり込む場合が含まれる(図 4.2-5)。

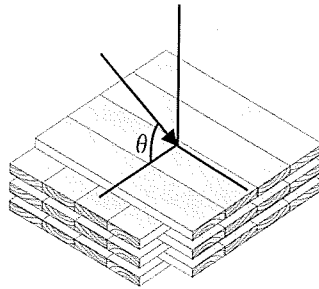


図 4.2-4 その表面と加力方向のなす角度

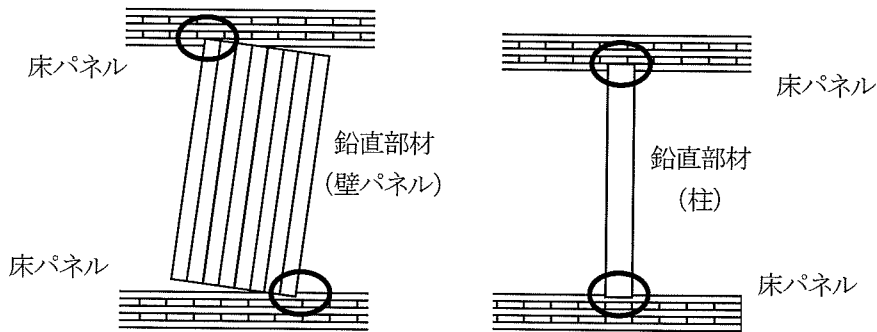


図 4.2-5 土台その他これに類する横架材の例
(床パネルへの鉛直部材(壁・柱)のめり込み)

ハ 直交集成板の圧縮材(以下ハ及び第二第十八号ハにおいて単に「圧縮材」という。)の許容応力度は、その有効細長比に応じて、次の表の各式によって計算した数値(基礎ぐい、水槽、浴室その他これらに類する常時湿潤状態にある部分に使用する場合においては、当該数値の 70 パーセントに相当する数値)によらなければならない。ただし、令第 82 条第一号から第三号までの規定によって積雪時の構造計算をするに当たっては、長期に生ずる力に対する許容応力度は同表の数値に 1.3 を乗じて得た数値と、短期に生ずる力に対する許容応力度は同表の数値に 0.8 を乗じて得た数値としなければならない。

有効細長比		長期に生ずる力に対する座屈の許容応力度(単位 1平方メートルにつきニュートン)	短期に生ずる力に対する座屈の許容応力度(単位 1平方メートルにつきニュートン)
(一)	$\lambda \leq 30$ の場合	$\frac{1.1}{3} F_c$	$\frac{2}{3} F_c$
(二)	$30 < \lambda \leq 100$ の場合	$\frac{1.1}{3} (1.3 - 0.01\lambda) F_c$	$\frac{2}{3} (1.3 - 0.01\lambda) F_c$
(三)	$100 < \lambda$ の場合	$\frac{1.1}{3} \cdot \frac{3000}{\lambda^2} F_c$	$\frac{2}{3} \cdot \frac{3000}{\lambda^2} F_c$

この表において、 λ 及び F_c は、それぞれ次の数値を表すものとする。

λ 次の式によって計算した有効細長比

$$\lambda = l \sqrt{\frac{A}{I}}$$

この式において、 I 、 A 及び I は、それぞれ次の数値を表すものとする。

l 座屈長さ(単位 ミリメートル)

A 圧縮材の強軸方向の許容応力度を計算する場合にあつては圧縮材の断面積、圧縮材の弱軸方向の許容応力度を計算する場合にあつては圧縮材のうち外層を除いた部分の断面積(単位 平方ミリメートル)

I 圧縮材の強軸方向の許容応力度を計算する場合にあつては圧縮材の断面二次モーメント、圧縮材の弱軸方向の許容応力度を計算する場合にあつては圧縮材のうち外層を除いた部分の断面二次モーメント(単位 ミリメートルの4乗)

F_c 第三第九号イに規定する圧縮に対する基準強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)

直交集成板の圧縮材の座屈の許容応力度を材の有効細長比に応じて算出する方法が定められている。また、有効細長比を算定する方法が定められている。

直交集成板の圧縮材の座屈の許容応力度は、材の有効細長比が、(一)30 以下の場合、(三)100 より大きい場合、(二)30 より大きく100 以下の場合でその算定方法が異なる。このように細長比30と細長比100を境界値として算定方法を異ならせるという考え方は、製材や集成材の圧縮材の許容応力度を算定する場合と同様である。また、座屈の許容応力度を算定するための式も製材や集成材と同様である。

(一)有効細長比が30以下($\lambda \leq 30$)の場合:

有効細長比が30以下($\lambda \leq 30$)の場合は、直交集成板は座屈せずに圧縮すると考え、長期に生ずる力に対する座屈の許容応力度は圧縮の基準強度(F_c)に1.1/3を乗じた値、短期に生ずる力に対する座屈の許容応力度は圧縮の基準強度(F_c)に2/3を乗じた値としている。

(三)有効細長比が100より大きい($100 < \lambda$)場合:

有効細長比が100より大きい($100 < \lambda$)場合は、直交集成板が弾性座屈をするものと考え、オイラーの座屈荷重式(式4.2-1)を断面積で除した式4.2-2を用いて座屈強度を求めることとしている。また、直交集成板についても製材や集成材と同様に圧縮強度と曲げ弾性係数との間に式4.2-3の関係が成り立つと判断し、式4.2-4を用いて座屈強度を求めることとしている。さらに、長期に生ずる力に対する座屈の許容応力度は式4.2-4に1.1/3を乗じた値、短期に生ずる力に対する座屈の許容応力度は式4.2-4に2/3を乗じた値としている。

$$P_{cb} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad \dots \text{(式 4.2-1)}$$

ここで、 P_{cb} : 座屈荷重

EI : 曲げ剛性

l : 座屈長さ

$$\sigma_{cb} = \frac{P_{cb}}{A_0} = \frac{\pi^2 EI}{l^2 A_0} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad \dots \text{(式 4.2-2)}$$

ここで、 A_0 : 材の全断面積

λ : 有効細長比

$$E \cong 300F_c \quad \dots \text{(式 4.2-3)}$$

ここで、 F_c : 圧縮強度

$$\sigma_{cb} = \frac{3000}{\lambda^2} F_c \quad \dots (式 4.2-4)$$

(二)有効細長比が 30 より大きく 100 以下 ($30 < \lambda \leq 100$) の場合:

有効細長比が 30 より大きく 100 以下 ($30 < \lambda \leq 100$) の場合は、有効細長比が 30 の場合と有効細長比が 100 の場合の中間的な特性を示すと考え、有効細長比 30 のときの座屈の許容応力度と有効細長比 100 のときの座屈の許容応力度を直線で結び、同直線上で細長比に対応する値を求め許容応力度としている。

直交集成板の圧縮材の有効細長比は式 4.2-5 により求めるが、断面積と断面二次モーメントの算定方法が強軸方向と弱軸方向で異なる。強軸方向の細長比を計算する場合には、断面積は材の全断面に対する断面積とし、断面二次モーメントは材の全断面に対する断面二次モーメントとする。一方、弱軸方向の細長比を計算する場合には、断面積は材の外層部分を除いた断面に対する断面積とし、断面二次モーメントは材の外層部分を除いた断面に対する断面二次モーメントとする。弱軸方向の断面積、並びに、断面二次モーメントを計算する際に外層部分を除くのは、外層部分の強度に対する寄与が他の部分と比較した場合に極端に小さく、ないものとして扱うことが適切だとの判断に基づくものである。なお、座屈長さについては、材長および材端の支持条件等に応じて適切に定める必要がある。

$$\lambda = l \sqrt{\frac{A}{I}} \quad \dots (式 4.2-5)$$

ここで、 λ : 有効細長比

l : 座屈長さ

A : 断面積

(強軸方向の場合、材の全断面に対する断面積とする。弱軸方向の場合、材の外層部分を除いた部分の断面積とする。)

I : 断面二次モーメント

(強軸方向の場合、材の全断面に対する断面二次モーメントとする。弱軸方向の場合、材の外層部分を除いた部分の断面二次モーメントとする。)

集成材等と同様、直交集成板を常時湿潤状態にある部分に使用する場合には、材料強度の値の 70 パーセントに低減しなければならない。また、積雪時の構造計算をする場合において、長期に生ずる力に対する許容応力度と短期に生ずる力に対する許容応力度を各々以下の値としなければならない。

長期に生ずる力に対する許容応力度: 長期に生ずる力に対する座屈の許容応力度に 1.3 を乗じた値

短期に生ずる力に対する許容応力度: 短期に生ずる力に対する座屈の許容応力度に 0.8 を乗じた値

ニ 法第 37 条第二号の国土交通大臣の認定を受けた直交集成板(以下ニ及び第二第十八号ニにおいて「認定直交集成板」という。)の繊維方向、認定直交集成板のめりこみ及び認定直交集成板の圧縮材の座屈の許容応力度は、その品質に応じてそれぞれ国土交通大臣が指定した数値とする。

法第 37 条第二号の国土交通大臣の認定を受けた直交集成板の名称を「認定直交集成板」と定めた上で、認定直交集成板の許容応力度については、その品質に応じて国土交通大臣が指定した数値とすることが定められている。したがって、第一第十九号イ、ロ、ハにおいて許容応力度が定められていない直交集成板については、法第 37 条第二号の国土交通大臣の認定を受けた上で、国土交通大臣が許容応力度の値を指定する必要がある。

4.3 直交集成板の材料強度

第二 特殊な材料強度

一～十七 (略)

十八 直交集成板の繊維方向、直交集成板のめりこみ及び直交集成板の圧縮材の座屈の材料強度は、次に掲げるものとする。

平 13 国交告第 1024 号の第二に直交集成板の繊維方向の材料強度、直交集成板のめりこみの材料強度、並びに、直交集成板の圧縮材の座屈の材料強度が追加された。繊維方向の材料強度、並びに、圧縮材の座屈の材料強度については、許容応力度の場合と同様、直交集成板の強軸方向と弱軸方向の両方向に対する材料強度が本号で示されている。また、曲げ及びせん断の材料強度については、許容応力度の場合と同様に積層方向と幅方向に対する材料強度が示されている。

イ 直交集成板の繊維方向の材料強度は、次の表の数値(基礎ぐい、水槽、浴室その他これらに類する常時湿潤状態にある部分に使用する場合においては、当該数値の 70 パーセントに相当する数値)によらなければならない。ただし、土台その他これに類する横架材(当該部材のめりこみによって他の部材の応力に変化が生じない場合に限る。)以外について、令第 82 条の 5 第二号の規定によって積雪時の構造計算をするに当たっては、同表の数値に 0.8 を乗じて得た数値としなければならない。

材料強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)

圧縮	引張り	曲げ	せん断
F_c	F_t	F_b	F_s

この表において、 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s は、それぞれ直交集成板の種類及び品質に応じて第三第九号イからニまでに規定する圧縮、引張り、曲げ及びせん断に対する基準強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)を表すものとする。

直交集成板の圧縮、引張り、曲げ及びせん断に対する材料強度は、直交集成板の種類及び品質に応じ、直交集成板の JAS 規格におけるラミナの強度性能の基準等に基づき、第三第九号イからニまで(4.4 に解説)に規定される基準強度の数値とされる。使用環境が常時湿潤環境である場合及び土台その他これに類する横架材以外について積雪時の構造計算をする場合については、従来の木材、集成材等の場合と同様の低減を課すこととしている。

ロ 直交集成板のめりこみの材料強度は、その表面と加力方向のなす角度に応じて次に掲げる数値(基礎ぐい、水槽、浴室その他これらに類する常時湿潤状態にある部分に使用する場合においては、当該数値の 70 パーセントに相当する数値)によらなければならない。ただし、土台その他これに類する横架材(当該部材のめりこみによって他の部材の応力に変化が生じない場合に限る。)以外について、令第 82 条の 5 第二号の規定によって積雪時の構造計算をするに当たっては、同表の数値に 0.8 を乗じて得た数値としなければならない。

- (1) 10 度以下の場合 イの表に掲げる圧縮の材料強度の数値
- (2) 10 度を超え、70 度未満の場合 (1)と(3)とに掲げる数値を直線的に補間した数値
- (3) 70 度以上 90 度以下の場合 直交集成板の種類及び品質に応じて第三第九号ホに規定するめりこみに対する基準強度の数値

第二第十八号ロは、直交集成板のめり込みの材料強度を定めたものであり、直交集成板を構成する外層ラミナの樹種区分に応じて第三第九号ホ(4.4 に解説)に規定するめりこみに対する基準強度の数値を用いて得られる。同規定の「その表面と加力方向のなす角度」は、前述の第一第十九号ロと同じである。

ハ 圧縮材の座屈の材料強度は、その有効細長比に応じて、次の表の各式によって計算した数値(基礎ぐい、水槽、浴室その他これらに類する常時湿潤状態にある部分に使用する場合には、当該数値の70パーセントに相当する数値)によらなければならない。ただし、土台その他これに類する横架材(当該部材のめりこみによって他の部材の応力に変化が生じない場合に限る。)以外について、令第82条の5第二号の規定によって積雪時の構造計算をするに当たっては、同表の数値に0.8を乗じて得た数値としなければならない。

有効細長比		圧縮材の座屈の材料強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
(一)	$\lambda \leq 30$ の場合	F_c
(二)	$30 < \lambda \leq 100$ の場合	$(1.3 - 0.01\lambda)F_c$
(三)	$100 < \lambda$ の場合	$\frac{3000}{\lambda^2} F_c$

この表において、 λ 及び F_c は、それぞれ次の数値を表すものとする。

λ 第一第十九号ハの表に規定する有効細長比

F_c 第三第九号イに規定する圧縮に対する基準強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)

直交集成板の圧縮材の座屈の材料強度を材の有効細長比に応じて算出する方法が定められている。また、有効細長比を算定する方法が定められている。

直交集成板の圧縮材の座屈の材料強度は、材の有効細長比が、30以下の場合、30より大きく100以下の場合、100より大きい場合でその算定方法が異なる。このように細長比30と細長比100を境界値として算定方法を異ならせるという考え方は、製材や集成材の圧縮材の材料強度を算定する場合と同様である。また、直交集成板の圧縮材の座屈の材料強度を求めるための算定式も製材や集成材と同じものとなっている。

直交集成板の圧縮材の有効細長比を求める際に用いる断面積と断面二次モーメントは、その算定方法が強軸方向の場合と弱軸方向の場合で異なる。強軸方向の細長比を計算する場合には、断面積は材の全断面に対する断面積とし、断面二次モーメントは材の全断面に対する断面二次モーメントとする。一方、弱軸方向の有効細長比を計算する場合には、断面積は材の外層部分を除いた断面に対する断面積とし、断面二次モーメントは材の外層部分を除いた断面に対する断面二次モーメントとする。

集成材等と同様、直交集成板を常時湿潤状態にある部分に使用する場合には、材料強度の値の70パーセントに低減しなければならない。また、積雪時の構造計算をする場合には、材料強度に0.8を乗じて得た数値で構造計算を行わなければならない。

ニ 認定直交集成板の繊維方向、認定直交集成板のめりこみ及び認定直交集成板の圧縮材の座屈の材料強度は、その品質に応じてそれぞれ国土交通大臣が指定した数値とする。

認定直交集成板の材料強度については、その品質に応じてそれぞれ国土交通大臣が指定した数値とすることが定められている。したがって、第二第十八号イ、ロ、ハにおいて材料強度が定められていない直交集成板については、法第37条第二号の国土交通大臣の認定を受けた上で、国土交通大臣が材料強度の値を指定する必要がある。

4.4 直交集成板の基準強度

第三 基準強度

一～八 (略)

九 第一第十九号イに規定する直交集成板の繊維方向の基準強度 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s 並びに同号ロ(3)に規定する直交集成板のめりこみに対する基準強度 F_{cv} は、次のイからホまでに掲げるものとする。

平 13 国交告第 1024 号の第三に直交集成板の繊維方向の基準強度、並びに、直交集成板のめりこみの基準強度が定められている。繊維方向の基準強度については、直交集成板の強軸方向と弱軸方向の両方向に対する基準強度が本号で示されている。また、曲げ及びせん断の基準強度については積層方向と幅方向に対する基準強度が示されている。なお、繊維方向の各種基準強度は、本告示の第三第九号イからニに示される式を用いて、ラミナの強度、層構成に基づいて計算により求めることとなっている。

イ 第一第十九号イに規定する直交集成板の圧縮の基準強度 F_c は、次に掲げる式によって計算した数値とする。

$$F_c = 0.75\sigma_{c_oml} \frac{A_A}{A_0}$$

この式において、 σ_{c_oml} 、 A_A 及び A_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

σ_{c_oml} 強軸方向の基準強度を計算する場合にあっては外層に使用するラミナの圧縮強度、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあっては内層の最も外側の層に使用するラミナの圧縮強度(単位 1 平方ミリメートルにつきニュートン)

この場合において、ラミナの圧縮強度は、MSR区分又は機械等級区分によるものにあつては次の表1に掲げる数値と、目視等級区分によるものにあつては次の表2に掲げる数値とする。

表 1

等級区分機による等級	圧縮強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
<u>M120A又はM120B</u>	<u>33.6</u>
<u>M90A又はM90B</u>	<u>27.6</u>
<u>M60A又はM60B</u>	21.6
<u>M30A又はM30B</u>	15.6

表 2

樹種	等級	圧縮強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
<u>ダフリカからまつ、サザンパイン、ベいまつ及びウエスタンラーチ</u>	一等	<u>36.0</u>
	二等	<u>26.4</u>
<u>ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ及びべいひ</u>	一等	<u>33.6</u>
	二等	<u>24.0</u>
<u>つが、アラスカイエローシダー、ラジアタパイン及びべいつが</u>	一等	<u>31.2</u>
	二等	<u>21.6</u>
<u>もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロツジポールパイン、ベにまつ、ボンデローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン</u>	一等	<u>28.8</u>
	二等	<u>19.2</u>
<u>すぎ、べいすぎ及びホワイトサイプレスパイン</u>	一等	26.4
	二等	16.8

A_A 次の式によって計算した直交集成板の等価断面の断面積(単位 平方ミリメートル)

$$A_A = \frac{\sum E_i A_i}{E_0}$$

この式において、 E_i 、 A_i 及び E_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

E_i 一方の外層から数えて i 番目の層(以下単に「 i 番目の層」という。)に使用するラミナの曲げヤング係数(単位 1 平方ミリメートルにつきニュートン)

この場合において、強軸方向の基準強度を計算する場合における直交層に使用するラミナの曲げヤング係数及び弱軸方向の基準強度を計算する場合における平行層に使用するラミナの曲げヤング係数は0とする。

A_i i 番目の層の断面積(単位 平方ミリメートル)

E_0 強軸方向の基準強度を計算する場合にあつては外層に使用するラミナの曲げヤング係数、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあつては内層の最も外側に使用するラミナの曲げヤング係数(単位 1 平方ミリメートルにつきニュートン)

A_0 直交集成板の断面積(単位 平方ミリメートル)

直交集成板の圧縮強度は、等価断面法の考え方に基ついてラミナの圧縮強度から精度よく推定できることが明らかとなっている¹⁾。等価断面法の考え方は、材料の断面内がいくつかの層から構成されており、かつ、それらの層には異なる強度性能のラミナが利用されている異等級構成の構造用集成材のような材料の強度性能を考える場合に適用されている。等価断面とは、実際には層ごとにラミナの弾性係数は異なるが、これを同じ弾性係数であると仮定して得られる仮想の断面を指す。圧縮強度の推定においては、層毎のラミナの弾性係数と基準とする層のラミナの弾性係数との比に応じて層の幅を増減させて等価断面を得る。そして、圧縮強度は、等価断面法で得た断面の断面積 A_A と全断面の断面積 A_0 の比率(A_A/A_0)に比例していると考えて、基準とした層のラミナ強度にその比を乗じて算出される。

木造建築物の構造計算における製材などの木材の基準強度は、強度分布の95%下側許容限界値(以下5%下限値)が用いられており、直交集成板についても同様に5%下限値を基準強度として設定する。本告示では、ラミナの圧縮強度の平均値から直交集成板の圧縮強度の平均値を求め、これに直交集成板の圧縮強度の変動係数に応じた調整係数0.75を乗じて基準強度とする。

[σ_{c_oml} ラミナの圧縮強度]

直交集成板に圧縮荷重が付加された場合、圧縮荷重の方向と繊維方向が平行な層のラミナのみがその応力を負担し、荷重方向とその繊維方向が直交する層のラミナは応力を負担しないと考える。したがって、 σ_{c_oml} は強軸方向の基準強度を計算する場合にあつては外層に用いられるラミナ等級に与えられる圧縮強度、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあつては内層の最も外側の層に使用するラミナ等級に与えられる圧縮強度になる。5層5プライにおける強軸の場合と弱軸の場合について図4.4-1に例示する。

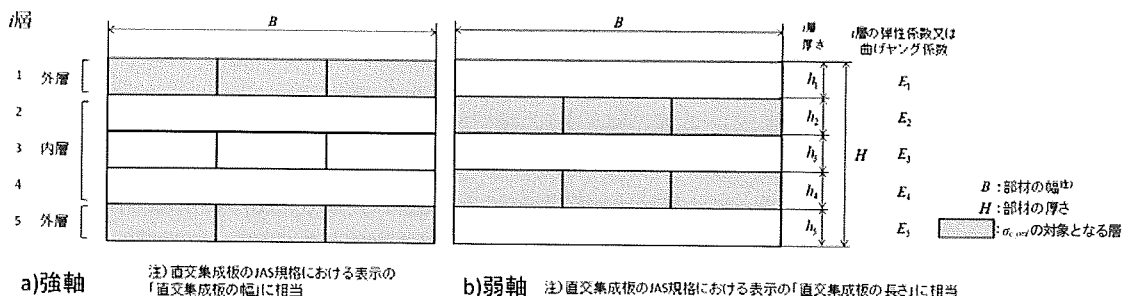


図 4.4-1 用語の説明 5層5プライの場合

¹⁾宮武敦ほか9名：“CLT の強度性能推定精度に与える層構成やラミナ等級の影響”、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東) 構造CIII、pp78、2015

JAS 規格に規定されるラミナの品質において、その強度等級を区分する方法には、MSR区分又は機械等級区分によるもの(等級区分機による等級)と目視等級区分によるものがある。等級区分機によるものには、「M120A」、「M120B」、「M90A」、「M90B」、「M60A」、「M60B」、「M30A」、「M30B」が、また、目視等級区分によるものには、5つの樹種群(E1、E2、E3、E4、E5、直交集成板の日本農林規格 表11参照)について「一等」、「二等」がある。それぞれに対応した圧縮強度を選択する。

[A_i 等価断面の断面積]

E_i 各層のラミナの弾性係数

ラミナの圧縮の弾性係数は曲げヤング係数と同じとみなし、JAS 規格に規定されるラミナの品質基準の曲げヤング係数の平均値を用いる。等級区分機によるものと目視等級区分によるもののそれぞれの区分に応じて表 4.4-1 若しくは表 4.4-2 から選択する。なお、荷重方向に直交する層の弾性係数は「0」とみなす。

表 4.4-1 等級区分機による等級の弾性係数

等級区分機による等級	弾性係数(単位 1平方ミリメートルにつきキロニュートン)
M120A又はM120B	12.0
M90A又はM90B	9.0
M60A又はM60B	6.0
M30A又はM30B	3.0

表 4.4-2 目視等級区分による等級の弾性係数

樹種群	樹種	等級	弾性係数(単位 1平方ミリメートルにつきキロニュートン)
E1	ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ及びウエスタンレーチ	一等	11.0
		二等	7.0
E2	ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ及びべいひ	一等	10.0
		二等	6.0
E3	つが、アラスカイエローシダー、ラジアタパイン及びべいつが	一等	9.0
		二等	5.0
E4	もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプレーズ、ロッジポールパイン、べにまつ、ポンドローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン	一等	8.0
		二等	4.0
E5	すぎ、べいすぎ及びホワイトサイプレスパイン	一等	7.0
		二等	3.0

A_i 各層の断面積

i 番目の層の断面積は、部材断面の幅(B)と各層の厚さ(h_i)の積である(図 4.4-1 参照)。

E_0 基準とする層の弾性係数

強軸方向の基準強度を計算する場合にあっては外層に使用するラミナ等級に応じた弾性係数、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあっては内層の最も外側に使用するラミナ等級の弾性係数を選択する(図 4.4-1 参照)。

[A_0 直交集成板の断面積]

直交集成板の断面積 A_0 は、部材断面の幅(B)と厚さ(H)の積である。一般的な部材としての幅や長さについて用語としての明確な定義はないが、寸法の表示やその精度を規定するために直交集成板の JAS 規格では、強軸に平行方向の辺長を「直交集成板の長さ」、弱軸に平行方向の辺長を「直交集成板の幅」と定義している。圧縮強度を算出するため

の部材断面の幅(B)は、強軸では「直交集成板の幅」、弱軸では「直交集成板の長さ」となる(図4.4-1 参照)。

《計算例》 機械等級区分によるラミナを用いた Mx60-5-5 の圧縮強度(強軸方向)の場合

強度等級:Mx60-5-5「(外層:M60A、内層:M30A)」

部材幅(B):1000mm、部材厚さ(H):150 mm

各層厚さ(h_i):全層等厚 30 mm

外層用ラミナ等級:M60A(等級区分機による等級)、 $E_1, E_5=6,000\text{N/mm}^2$ 、 $\sigma_{c,coml}=21.6\text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M30A(等級区分機による等級)、 $E_2, E_4=0\text{N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M30A(等級区分機による等級)、 $E_3=3,000\text{N/mm}^2$

表 4.4-3 強軸の場合の計算例 (図 4.4-1 参照)

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm^2)	B (mm)	h_i (mm)	A_i (mm^2)	$E_i A_i$ ($\times 10^6\text{N}$)	$\Sigma E_i A_i$ ($\times 10^6\text{N}$)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	30,000	180	
2	M30A	なし	0	1,000	30.0	30,000	0	
3	M30A	あり	3,000	1,000	30.0	30,000	90.0	450
4	M30A	なし	0	1,000	30.0	30,000	0	
5	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	30,000	180	

$\sigma_{c,coml}$ は、外層の平行層ラミナの強度等級が等級区分機による等級の M60A なので、第三第九号イの表 1 から 21.6 N/mm^2

$A_A = \Sigma E_i A_i / E_0$ 、表 4.4-3 から $\Sigma E_i A_i = 450 \times 10^6\text{N}$ 、同表から $E_0 = E_1, E_5 = 6,000\text{N/mm}^2$ であることから、

$$A_A = 450 \times 10^6 (\text{N}) / 6,000 (\text{N/mm}^2) = 75,000\text{mm}^2$$

$$A_0 = B \times H = 1,000 \times 150 = 150,000\text{mm}^2$$

したがって、 $F_c = \sigma_{c,coml} \times A_A / A_0 \times 0.75 = 21.6 \times 75,000 / 150,000 \times 0.75 = 8.10\text{N/mm}^2$

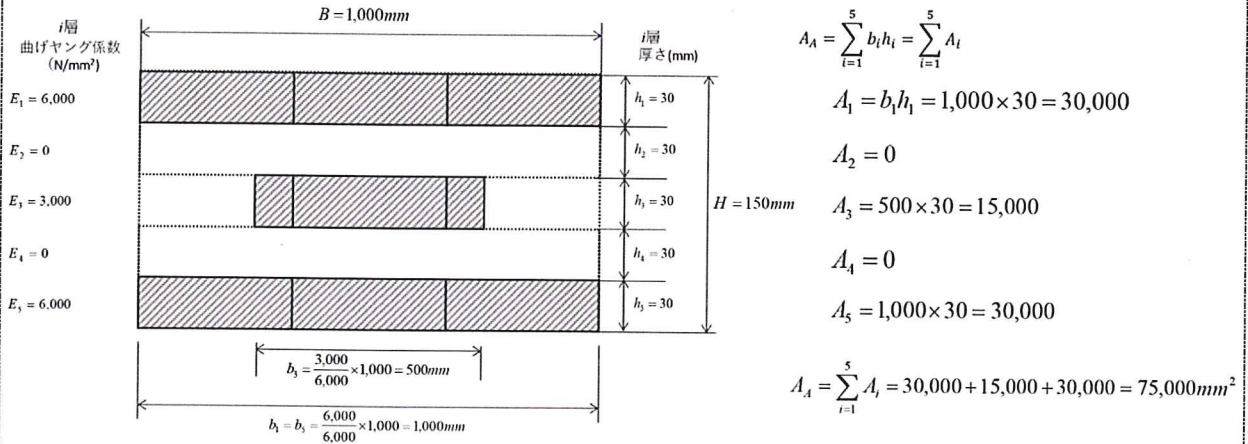


図 4.4-2 等価断面における断面積 A_A の計算

ロ 第一第九号イに規定する直交集成板の引張りの基準強度 F_t は、次に掲げる式によって計算した数値とする。

$$F_t = 0.75\sigma_{t_oml} \frac{A_A}{A_0}$$

この式において、 σ_{t_oml} 、 A_A 及び A_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

σ_{t_oml} 強軸方向の基準強度を計算する場合にあっては外層に使用するラミナの引張り強度、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあっては内層の最も外側の層に使用するラミナの引張り強度(単位 1 平方ミリメートルにつきニュートン)

この場合において、ラミナの引張り強度はMSR区分又は機械等級区分によるものにあつては次の表1に掲げる数値と、目視等級区分によるものにあつては次の表2に掲げる数値とする。

表1

等級区分機による等級	引張り強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
<u>M120A又はM120B</u>	<u>25.0</u>
<u>M90A又はM90B</u>	<u>20.5</u>
<u>M60A又はM60B</u>	16.0
<u>M30A又はM30B</u>	11.5

表2

樹種	等級	引張り強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
<u>ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ及び</u>	<u>一等</u>	<u>26.5</u>
<u>ウエスタンラーチ</u>	<u>二等</u>	<u>20.0</u>
<u>ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ及</u>	<u>一等</u>	<u>24.5</u>
<u>びべいひ</u>	<u>二等</u>	<u>18.0</u>
<u>つが、アラスカイエローシダー、ラジアタパイン</u>	<u>一等</u>	<u>23.5</u>
<u>及びべいつが</u>	<u>二等</u>	<u>16.5</u>
<u>もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルー</u>	<u>一等</u>	<u>21.5</u>
<u>ス、ロッジポールパイン、べにまつ、ポンデロー</u>	<u>二等</u>	<u>14.5</u>
<u>サパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン</u>		
<u>すぎ、べいすぎ及びホワイトサイプレスパイン</u>	一等	20.0
	二等	12.5

A_A イに規定する直交集成板の等価断面の断面積(単位 平方ミリメートル)

A_0 直交集成板の断面積(単位 平方ミリメートル)

直交集成板の引張りの強度は、等価断面法の考え方に基ついてラミナの引張り強度から精度よく推定できることが明らかとなっており²、圧縮強度と同様の考え方と手順で算出する(等価断面や5%下限値の考え方については、前述の第三第九号イを参照のこと)。

[σ_{t_oml} ラミナの引張り強度]

直交集成板に引張り荷重が付加された場合、荷重方向と繊維方向が平行な層のラミナのみがその応力を負担し、荷重方向とその繊維方向が直交する層のラミナは応力を負担しないと考える。したがって、 σ_{t_oml} は強軸方向の基準強度を計算する場合にあっては外層に用いられるラミナ等級に与えられる引張り強度、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあっては内層の最も外側の層に使用するラミナ等級に与えられる引張り強度になる。5 層 5 プライにおける強軸の

²宮武敦ほか9名：“CLT の強度性能推定精度に与える層構成やラミナ等級の影響”、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)構造CIII、pp78、2015

場合と弱軸の場合の例示は図 4.4-1 と同じである。

JAS 規格に規定されるラミナの品質に従って、MSR 区分又は機械等級区分による場合は第三第九号口の表 1、目視等級区分による場合は第三第九号口の表 2 から適切に選択する。

[A_i 等価断面の断面積]

E_i 各層のラミナの弾性係数

ラミナの引張りの弾性係数は曲げヤング係数と同じとみなし、JAS 規格に規定されるラミナの品質基準の曲げヤング係数の平均値を用いる。等級区分機によるものと目視等級区分によるもののそれぞれの区分に応じて表 4.4-4 もしくは表 4.4-5 から選択する。なお、荷重方向に直交する層の弾性係数は「0」とみなす。

表 4.4-4 等級区分機による等級の弾性係数

等級区分機による等級	弾性係数(単位 1平方ミリメートルにつきキロニュートン)
M120A又はM120B	12.0
M90A又はM90B	9.0
M60A又はM60B	6.0
M30A又はM30B	3.0

表 4.4-5 目視等級区分による等級の弾性係数

樹種群	樹種	等級	弾性係数(単位 1平方ミリメートルにつきキロニュートン)
E1	ダフリカからまつ、サザンパイン、ベいまつ及びウエスタンラーチ	一等	11.0
		二等	7.0
E2	ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ及びべいひ	一等	10.0
		二等	6.0
E3	つが、アラスカイエローシダー、ラジアタパイン及びべいつが	一等	9.0
		二等	5.0
E4	もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロッジポールパイン、べにまつ、ポンドローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン	一等	8.0
		二等	4.0
E5	すぎ、べいすぎ及びホワイトサイプレスパイン	一等	7.0
		二等	3.0

A_i 各層の断面積について

i 番目の層の断面積は、部材断面の幅(B)と各層の厚さ(h_i)の積である(図 4.4-1 参照)。

E_0 基準とする層の弾性係数について

強軸方向の基準強度を計算する場合にあっては外層に使用するラミナ等級に応じた弾性係数、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあっては内層の最も外側に使用するラミナ等級の弾性係数を選択する(図 4.4-1 参照)。

[A_0 直交集成板の断面積]

直交集成板の断面積 A_0 は、部材断面の幅(B)と厚さ(H)の積である。直交集成板の JAS 規格では、強軸に平行方向の辺長を「直交集成板の長さ」、弱軸に平行方向の辺長を「直交集成板の幅」と定義している。引張り強度を算出するための部材断面の幅(B)は、強軸では「直交集成板の幅」、弱軸では「直交集成板の長さ」となる(図 4.4-1 参照)。

《計算例》 目視等級区分によるラミナを用いた Mx60-5-5 の引張り強度(弱軸方向)の場合

強度等級:Mx60-5-5「(外層:スギ一等、内層:スギ二等)」

部材幅(B):1000mm、部材厚さ(H):150 mm

各層厚さ(h_i):全層等厚 30mm

外層用ラミナ等級:一等、 $E_1, E_5=0\text{N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:二等、 $E_2, E_4=3,000\text{N/mm}^2, \sigma_{t_cml}=12.5\text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:二等、 $E_3=0\text{N/mm}^2$

表 4.4-6 Mx60-5-5 引張り強度・弱軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm^2)	B (mm)	h_i (mm)	A_i (mm^2)	$E_i A_i$ ($\times 10^6\text{N}$)	$\Sigma E_i A_i$ ($\times 10^6\text{N}$)
1	一等	なし	0	1,000	30.0	30,000	0	
2	二等	あり	3,000	1,000	30.0	30,000	90.0	
3	二等	なし	0	1,000	30.0	30,000	0	180
4	二等	あり	3,000	1,000	30.0	30,000	90.0	
5	一等	なし	0	1,000	30.0	30,000	0	

σ_{t_cml} は、内層の最も外側の層に使用するラミナの強度等級が目視等級区分による等級の二等なので、第三第九号口の表 2 から 12.5 N/mm^2

$A_A = \Sigma E_i A_i / E_0$ 、表 4.4-6 から $\Sigma E_i A_i = 180 \times 10^6\text{N}$ 、同表から $E_0 = E_2, E_4 = 3,000\text{N/mm}^2$ であることから、

$$A_A = 180 \times 10^6 (\text{N}) / 3,000 (\text{N/mm}^2) = 60,000\text{mm}^2$$

$$A_0 = B \times H = 1,000 \times 150 = 150,000\text{mm}^2$$

したがって、 $F_t = \sigma_{t_cml} \times A_A / A_0 \times 0.75 = 12.5 \times 60,000 / 150,000 \times 0.75 = 3.75\text{N/mm}^2$

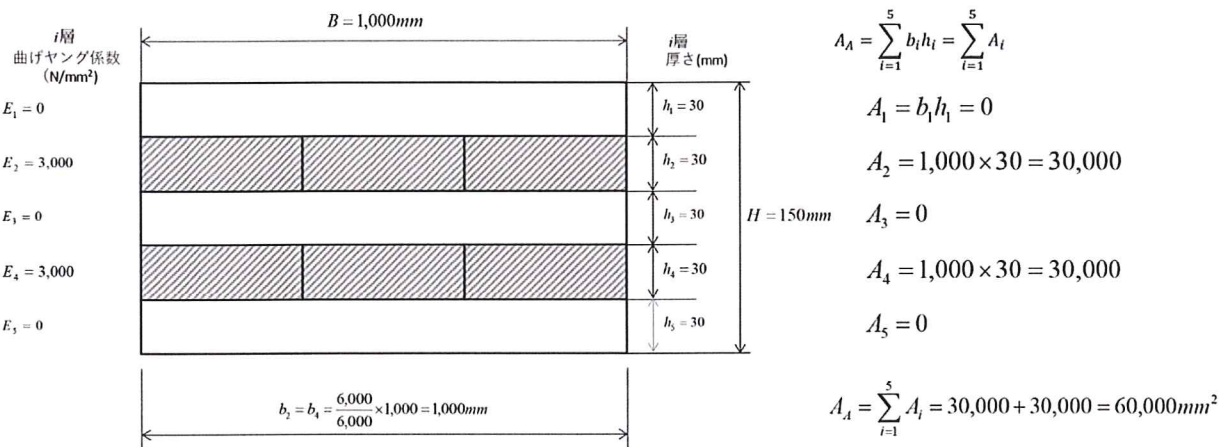


図 4.4-3 等価断面における断面積 A_A の計算

ハ 第一第十九号イに規定する直交集成板(積層方向でかつ強軸方向の長期に生ずる力に対する許容応力度を計算する場合にあっては、構成の方法が 3層3プライ、3層4プライ、5層5プライ又は5層7プライであるもの限り、積層方向でかつ弱軸方向の長期に生ずる力に対する許容応力度を計算する場合にあっては、3層3プライ、3層4プライ、5層5プライ、5層7プライ又は7層7プライであるものに限る。)の曲げの基準強度 F_b は、その方向に応じて、次の表に掲げる式によって計算した数値とする。

(一)	積層方向	$F_b = 0.4875\sigma_{b_oml} \frac{I_A}{I_0}$
(二)	幅方向	$F_b = 0.6\sigma_{b_oml} \frac{A_A}{A_0}$

この表において、 σ_{b_oml} 、 I_A 、 I_0 、 A_A 及び A_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

σ_{b_oml} 強軸方向の基準強度を計算する場合にあっては外層に使用するラミナの曲げ強度、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあっては内層の最も外側の層に使用するラミナの曲げ強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)

この場合において、ラミナの曲げ強度はMSR区分又は機械等級区分によるものにあつては次の表1に掲げる数値と、目視等級区分によるものにあつては次の表2に掲げる数値とする。

表1

等級区分機による等級	曲げ強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
<u>M120A又はM120B</u>	<u>42.0</u>
<u>M90A又はM90B</u>	<u>34.5</u>
<u>M60A又はM60B</u>	27.0
<u>M30A又はM30B</u>	19.5

表2

樹種	等級	曲げ強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
<u>ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ及びウエスタンラーチ</u>	<u>一等</u>	<u>45.0</u>
	<u>二等</u>	<u>33.0</u>
<u>ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ及びべいひ</u>	<u>一等</u>	<u>42.0</u>
	<u>二等</u>	<u>30.0</u>
<u>つが、アラスカイエローシダー、ラジアタ</u>	<u>一等</u>	<u>39.0</u>
<u>パイン及びべいつが</u>	<u>二等</u>	<u>27.0</u>
<u>もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、ス</u>	<u>一等</u>	<u>36.0</u>
<u>プルス、ロッジポールパイン、ベにまつ、ポンデローサパイン、おうしゅうあか</u>	<u>二等</u>	<u>24.0</u>
<u>まつ及びジャックパイン</u>		
<u>すぎ、べいすぎ及びホワイトサイプレス</u>	一等	33.0
<u>パイン</u>	二等	21.0

I_A 次の式によって計算した直交集成板の等価断面の断面二次モーメント(単位 ミリメートルの4乗)

$$I_A = \frac{\sum (E_i I_i + E_i A_i z_i^2)}{E_0}$$

この式において、 E_i 、 I_i 、 A_i 、 z_i 及び E_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

E_i i 番目の層に使用するラミナの曲げヤング係数(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)

この場合において、強軸方向の基準強度を計算する場合における直交層に使用するラミナの曲げヤング係数及び弱軸方向の基準強度を計算する場合における平行層に使用するラミナの曲げヤング係数は0とする。

I_i i 番目の層の断面二次モーメント(単位 ミリメートルの4乗)

A_i i 番目の層の断面積(単位 平方ミリメートル)

z_i 直交集成板の中立軸と i 番目の層のラミナの重心との距離(単位 ミリメートル)

E_0 強軸方向の基準強度を計算する場合にあつては外層に使用するラミナの曲げヤング係数、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあつては内層の最も外側に使用するラミナの曲げヤング係数(単位 一平方ミリメートルにつきニュートン)

I_0 直交集成板の断面二次モーメント(単位 ミリメートルの4乗)

A_A I に規定する直交集成板の等価断面の断面積(単位 平方ミリメートル)

A_0 直交集成板の断面積(単位 平方ミリメートル)

(一)積層方向の曲げ強度

直交集成板の積層方向の曲げ強度をラミナ強度から算出する方法としては、機械的接合梁理論(Mechanically Jointed beam Theory)に基づく方法、せん断解析理論(Shear Analogy Theory)に基づく方法、等価断面法に基づく方法が提案されている³⁾が、本告示では等価断面法に基づく方法を採用している。圧縮や引張強度では等価断面と全断面の面積の比率(A_A/A_0)が強度と比例関係にあるとするが、積層方向の曲げ強度では等価断面の断面二次モーメント I_A と全断面の断面二次モーメント I_0 の比率(I_A/I_0)に比例していると考えて、基準とした層のラミナ強度にその比率を乗じて算出する。

本告示では、ラミナの曲げ強度の平均値から直交集成板の積層方向の曲げ強度の平均値を求め、これに直交集成板の曲げ強度の変動係数に応じた5%下限値への調整係数0.75とその他の調整係数0.65を掛け合わせた係数0.4875を乗じて基準強度とする。

[σ_{b_oml} ラミナの曲げ強度]

直交集成板にその積層方向に曲げ荷重が付加された場合、荷重の伝達方向と繊維方向が平行な層のラミナのみがその応力を負担し、荷重の伝達方向とその繊維方向が直交する層のラミナは応力を負担しないと考える。したがって、 σ_{b_oml} は強軸方向の基準強度を計算する場合にあつては外層に用いられるラミナ等級に与えられる曲げ強度、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあつては内層の最も外側の層に使用するラミナ等級に与えられる曲げ強度になる。5層5プライにおける強軸の場合と弱軸の場合については、図4.4-1に例示した通りである。

JAS規格に規定されるラミナの品質に従って、MSR区分又は機械等級区分による場合は第三第九号ハの表1、目視等級区分による場合は第三第九号ハの表2から適切に選択する。

[I_A 直交集成板の等価断面の断面二次モーメント]

E_i 各層のラミナの曲げヤング係数

ラミナの曲げヤング係数は、JAS規格に規定されるラミナの品質基準の曲げヤング係数の平均値を用いる。等級区分機によるものと目視等級区分によるもののそれぞれの区分に応じて表4.4-7若しくは表4.4-8から選択する。なお、荷重方向に直交する層の弾性係数は「0」とみなす。

³⁾FPIInnovations:CLT Handbook, Chapter 3,Structural design of cross-laminated timber elements, 2011

表 4.4-7 等級区分機による等級の曲げヤング係数

等級区分機による等級	弾性係数(単位 1平方ミリメートルにつきキロニュートン)
M120A又はM120B	12.0
M90A又はM90B	9.0
M60A又はM60B	6.0
M30A又はM30B	3.0

表 4.4-8 目視等級区分による等級の曲げヤング係数

樹種群	樹種	等級	弾性係数(単位 1平方ミリメートルにつきキロニュートン)
E1	ダフリカからまつ、サザンパイン、ベいまつ及びウエスタンラーチ	一等	11.0
		二等	7.0
E2	ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ及びべいひ	一等	10.0
		二等	6.0
E3	つが、アラスカイエローシダー、ラジアタパイン及びべいつが	一等	9.0
		二等	5.0
E4	もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルー、ロッジポールパイン、ベにまつ、ボンデローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン	一等	8.0
		二等	4.0
E5	すぎ、べいすぎ及びホワイトサイプレスパイン	一等	7.0
		二等	3.0

I_i 各層の断面二次モーメント

i 番目の層の断面二次モーメントは、部材断面の幅(B)と各層の厚さ(h_i)を用いて式 4.4-1 で算出される。

$$I_i = \frac{Bh_i^3}{12} \quad \dots (式 4.4-1)$$

A_i 各層の断面積

i 番目の層の断面積は、部材断面の幅(B)と各層の厚さ(h_i)の積である(図 4.4-1 参照)。

z_i 直交集成板の中立軸と i 番目の層のラミナの重心との距離

部材の中立軸と i 番目の層のラミナの重心との距離である。5 層 5 プライの場合について図 4.4-4 に例示する。

E_0 基準とする層の曲げヤング係数

強軸方向の基準強度を計算する場合にあっては外層に使用するラミナ等級に応じた曲げヤング係数、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあっては内層の最も外側に使用するラミナ等級の曲げヤング係数を選択する(図 4.4-1 参照)。

[A_0 直交集成板の断面積]

直交集成板の断面積は、部材断面の幅(B)と厚さ(H)の積である(図 4.4-1 参照)。直交集成板の JAS 規格では、強軸に平行方向の辺長を「直交集成板の長さ」、弱軸に平行方向の辺長を「直交集成板の幅」と定義している。積層方向の曲げ強度を算出するための部材断面の幅(B)は、強軸では「直交集成板の幅」、弱軸では「直交集成板の長さ」となる(図 4.4-1 参照)。

《計算例》 機械等級区分によるラミナを用いた Mx60-5-5 の積層方向の曲げ強度(強軸方向)の場合

強度等級:Mx60-5-5「(外層:M60A、内層:M30A)」

部材幅(B):1000mm、部材厚さ(H):150mm

各層厚さ(h_i):全層等厚 30mm

外層用ラミナ等級:M60A(等級区分機による等級)、E₁,E₅=6,000N/mm²、σ_{b,omi}=27.0 N/mm²

内層用ラミナ等級:M30A(等級区分機による等級)、E₂,E₄=0N/mm²

内層用ラミナ等級:M30A(等級区分機による等級)、E₃=3,000N/mm²

表 4.4-9 Mx60-5-5 積層方向の曲げ強度・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E _i (N/mm ²)	B (mm)	h _i (mm)	A _i (mm ²)	z _i (mm)	①E _i I _i (×10 ⁹ N・mm ²)	②E _i A _i z _i ² (×10 ⁹ N・mm ²)	Σ (①+②) (N・mm ²)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	30,000	60.0	13.5	648	
2	M30A	なし	0	1,000	30.0	30,000	30.0	0	0	
3	M30A	あり	3,000	1,000	30.0	30,000	0	6.75	0	1.32×10 ¹²
4	M30A	なし	0	1,000	30.0	30,000	30.0	0	0	
5	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	30,000	60.0	13.5	648	

σ_{b,omi}は、外層に使用するラミナの強度等級が等級区分機による等級のM60Aなので、第三第九号ハの表1から27.0 N/mm²

I_A=Σ(E_iI_i+E_iA_iz_i²)/E₀は表4.4-9のΣ(①+②)=1.32×10¹²(N・mm²)、E₀=E₁,E₅=6,000N/mm²であることから、

$$I_A = 1.32 \times 10^{12} / 6,000 = 2.20 \times 10^8 (\text{mm}^4)$$

$$I_0 = B \times H^3 / 12 = 1,000 \times 150^3 / 12 = 281 \times 10^6 (\text{mm}^4)$$

したがって、Fb = σ_{b,omi} × I_A / I₀ × 0.4875 = 27.0 × 2.20 × 10⁸ / (281 × 10⁶) × 0.4875 = 10.3N/mm²

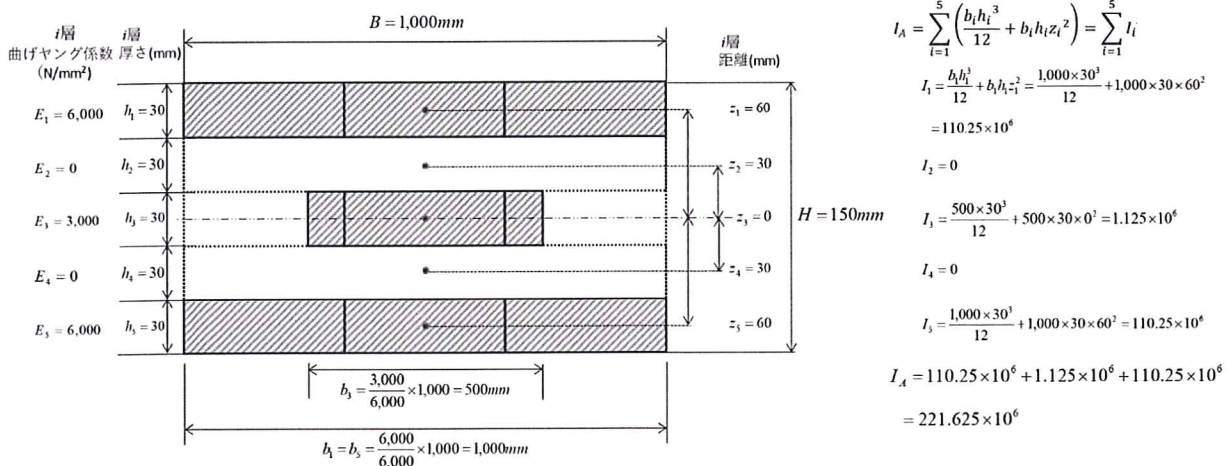


図 4.4-4 等価断面の断面二次モーメント I_A の計算

(二) 幅方向の曲げ強度

直交集成板の幅方向の曲げ強度は、等価断面法の考え方に基づいてラミナの曲げ強度から推定できることが明らか

となっている⁴。積層方向の曲げ強度では等価断面法で得た断面の断面二次モーメントと全断面の断面二次モーメントの比率を用いたが、幅方向の曲げ強度では圧縮や引張強度と同様に等価断面と全断面の面積の比率(A_A/A_0)が強度と比例関係にあると考えて、基準とした層のラミナ強度にその比率を乗じて算出する。

本告示では、ラミナの曲げ強度の平均値から直交集成板の幅方向の曲げ強度の平均値を求め、これに直交集成板の幅方向の曲げ強度の変動係数に応じた5%下限値への調整係数0.75とその他の調整係数0.80を掛け合わせた係数0.60を乗じて基準強度とする。

[σ_{b_oml} ラミナの曲げ強度]

直交集成板にその幅方向に曲げ荷重が付加された場合、荷重の伝達方向と繊維方向が平行な層のラミナのみがその応力を負担し、荷重の伝達方向とその繊維方向が直交する層のラミナは応力を負担しないと考える。したがって、 σ_{b_oml} は強軸方向の基準強度を計算する場合にあっては外層に用いられるラミナ等級に与えられる曲げ強度、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあっては内層の最も外側の層に使用するラミナ等級に与えられる曲げ強度になる。5層5プライにおける強軸の場合と弱軸の場合について図4.4-5に例示する。

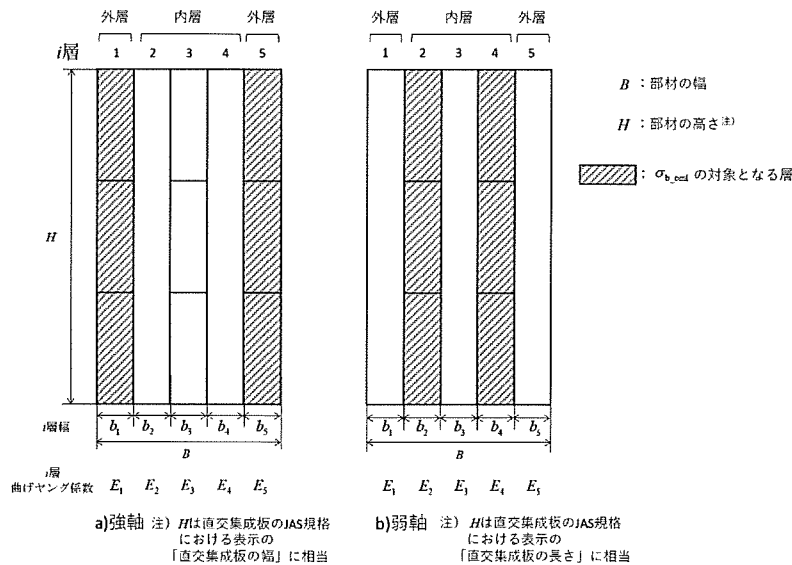


図 4.4-5 用語の説明 5層5プライ 幅方向の曲げの場合

JAS規格に規定されるラミナの品質に従って、MSR区分又は機械等級区分による場合は第三第九号ハの表1、目視等級区分による場合は第三第九号ハの表2から適切に選択する。

[A_A 等価断面の断面積]

E_i 各層のラミナの曲げヤング係数

ラミナの曲げヤング係数は、JAS規格に規定されるラミナの品質基準の平均値を用いる。等級区分機によるものと目視等級区分によるもののそれぞれの区分に応じて表4.4-7もしくは表4.4-8から選択する。なお、荷重方向に直交する層の弾性係数は「0」とみなす。

A_i 各層の断面積

i 番目の層の断面積は、部材断面の高さ(H)と各層の幅(b_i)の積である(図4.4-5参照)。

E_0 基準とする層の曲げヤング係数

⁴宮武敦ほか9名:“CLTの強度性能推定精度に与える層構成やラミナ等級の影響”、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)構造CIII、pp78、2015

強軸方向の基準強度を計算する場合にあつては外層に使用するラミナ等級に応じた曲げヤング係数、弱軸方向の基準強度を計算する場合にあつては内層の最も外側に使用するラミナ等級の曲げヤング係数とする(図 4.4-5 参照)。

[A_0 直交集成板の断面積]

直交集成板の断面積は、部材断面の幅(B)と高さ(H)の積である。直交集成板の JAS 規格では、強軸に平行方向の辺長を「直交集成板の長さ」、弱軸に平行方向の辺長を「直交集成板の幅」と定義している。幅方向の曲げ強度を算出するための部材断面の高さ(H)は、強軸では「直交集成板の幅」、弱軸では「直交集成板の長さ」となる(図 4.4-5 参照)。

《計算例》 目視等級区分によるラミナを用いた Mx60-5-5 の幅方向の曲げ強度(強軸方向)の場合

強度等級:Mx60-5-5「(外層:スギ一等、内層:スギ二等)」

部材断面の高さ(H):600mm、部材断面の厚さ:150 mm

各層ラミナ厚さ(b):全層等厚 30 mm

外層用ラミナ等級:一等(目視等級区分による等級)、 $E_1, E_5=7,000\text{N/mm}^2$ 、 $\sigma_{b,oml}=33.0\text{N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:二等(目視等級区分による等級)、 $E_2, E_4=0\text{N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:二等(目視等級区分による等級)、 $E_3=3,000\text{N/mm}^2$

表 4.4-10 Mx60-5-5 幅方向の曲げの基準強度・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm^2)	H (mm)	b_i (mm)	A_i (mm^2)	$E_i A_i$ ($\times 10^6\text{N}$)	$\Sigma E_i A_i$ ($\times 10^6\text{N}$)
1	一等	あり	7,000	600	30.0	18,000	126	306
2	二等	なし	0	600	30.0	18,000	0	
3	二等	あり	3,000	600	30.0	18,000	54.0	
4	二等	なし	0	600	30.0	18,000	0	
5	一等	あり	7,000	600	30.0	18,000	126	

$\sigma_{b,oml}$ は、外層に使用するラミナの強度等級が目視等級区分による一等なので、第三第九号ハの表 2 から 33.0N/mm^2

$A_A = \Sigma E A_i / E_0$ 、表 4.4-10 から $\Sigma E A_i = 306 \times 10^6\text{N}$ 、同表から $E_0 = 7,000\text{N/mm}^2$ であることから、

$$A_A = 306 \times 10^6 (\text{N}) / 7,000 (\text{N/mm}^2) = 43,700\text{mm}^2$$

$$A_0 = B \times H = 150 \times 600 = 90,000\text{mm}^2$$

$$\text{したがって、幅方向の } F_b = \sigma_{b,oml} \times A_A / A_0 \times 0.60 = 33.0 \times 43,700 / 90,000 \times 0.60 = 9.61\text{N/mm}^2$$

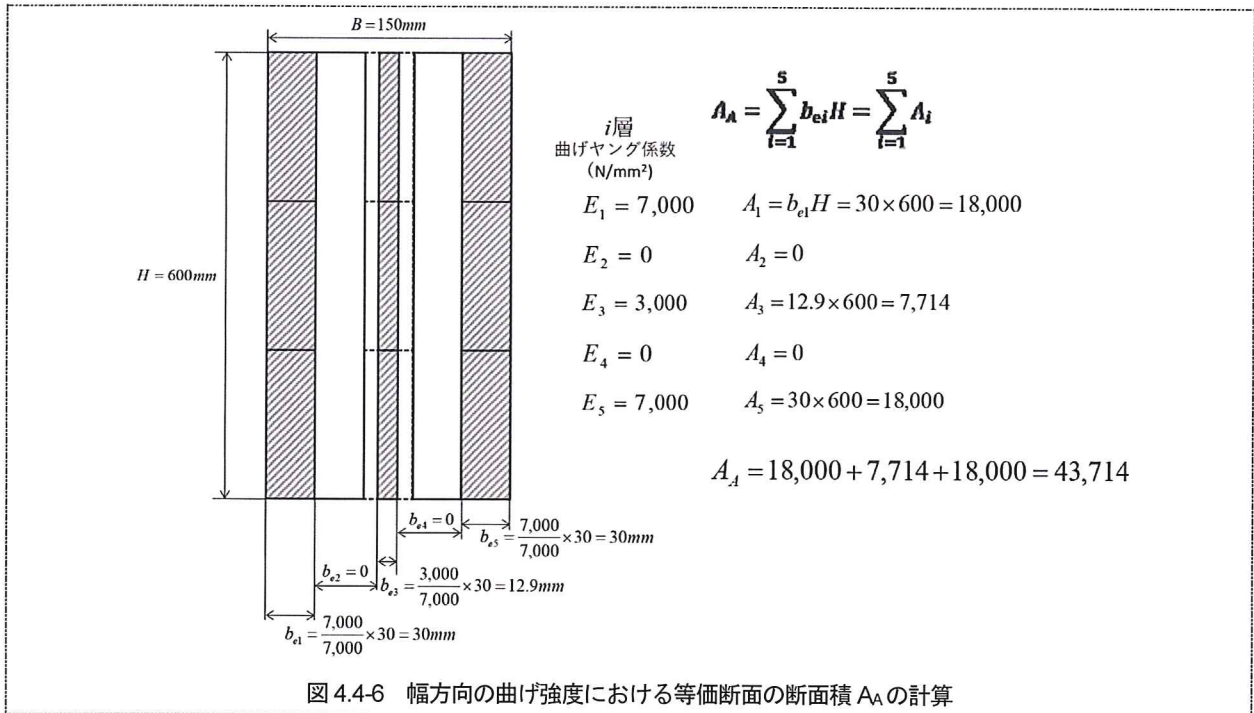


図 4.4-6 幅方向の曲げ強度における等価断面の断面積 A_A の計算

[ラミナ構成を限定している根拠]

なお、積層方向でかつ強軸方向の長期に生ずる力に対する許容応力度の計算は、構成の方法が **3層3プライ**、**3層4プライ**、**5層5プライ**又は**5層7プライ**であるものに限定している。また、積層方向でかつ弱軸方向の長期に生ずる力に対する許容応力度の計算は、**3層3プライ**、**3層4プライ**、**5層5プライ**、**5層7プライ**、**7層7プライ**であるものに限定している。その理由は、直交集成板の積層方向の荷重継続時間の調整係数(短期に生ずる力に対する許容応力度に対する長期に生ずる力に対する許容応力度の比率)について、現時点において実験等により、その値が確認されているのは、**5層5プライの強軸方向及び3層3プライの強軸方向**に限定されているからである。

直交集成板は、直交層を有する点において、製材や集成材と力学的な特性が異なる。このことを勘案し、実験によって荷重継続時間の調整係数が確認できている上記の2種類の**構成の方法**に加え、**同構成の方法**と力学的な特性が類似するであろうと考えられる**構成の方法**に対してのみ、積層方向の長期に生ずる力に対する許容応力度を計算して良いこととしている。

5層5プライの強軸方向と力学的な特性が類似するであろうと考えられる**構成の方法**は、強軸方向は、**5層7プライ**となる。強軸方向の**5層7プライ**は強軸方向の**5層5プライ**とプライ数は異なるものの、層構成は同じであり、力学的な特性が類似するであろうという判断をしている。また、弱軸方向で類似する**構成の方法**は、**7層7プライ**となる。これは、弱軸方向の**7層7プライ**の最外ラミナ⁵は直交集成板の強度等にあまり寄与しないという判断と、弱軸方向の**7層7プライ**のラミナのうち強度等に寄与しない最外ラミナがないものとする強軸方向の**5層5プライ**と層構成が同じになるという考えに基づく。

一方、弱軸方向の**3層3プライ**と**3層4プライ**については、同様に最外ラミナが直交集成板の強度等にあまり寄与しないという判断に基づく。弱軸方向の**3層3プライ**と**3層4プライ**は、強度等に寄与しない最外ラミナがないものとする、縦継ぎしたラミナ材、又は、縦継ぎしたラミナを繊維方向を同じにして積層接着した材となる。したがって、直交層を有さず、荷重継続時間の調整係数は製材や集成材と同じとして良いと判断している。

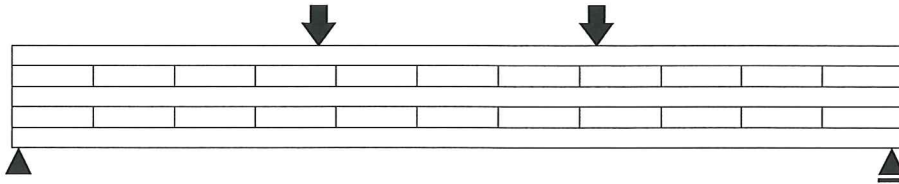
5層5プライ(強軸方向)が包含すると判断した**構成の方法**は図 4.4-7(a)、(b)、(e)に示すものとなる。また、製材と同じ性状を示すと判断した**構成の方法**は図 4.4-7(c)、(d)に示すものとなる。

3層3プライの強軸方向と力学的な特性が類似するであろうと考えられる**構成の方法**は、強軸方向は、**3層4プライ**となる。強軸方向の**3層4プライ**は強軸方向の**3層3プライ**と内層の**プライ**数は異なるものの、層構成は同じであり、力学

⁵ 外層ラミナのうち最も外側を構成するラミナのこと。ただし、美観等を目的とした層を除く。

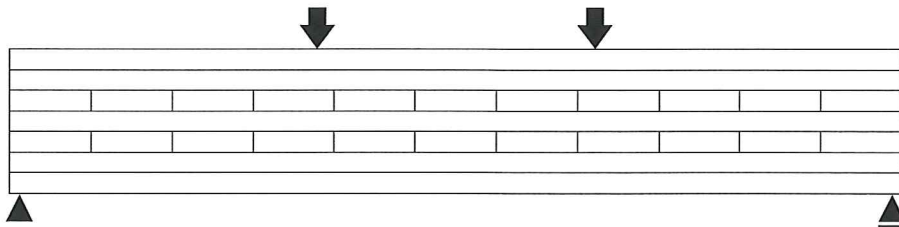
的な特性が類似するであろうという判断をしている。また、弱軸方向で類似する構成の方法は、5層5プライと5層7プライなる。これは、弱軸方向の5層5プライ、または、5層7プライの最外ラミナは直交集成板の強度等にあまり寄与しないという判断と、弱軸方向の5層5プライ、または、5層7プライのラミナのうち強度等に寄与しない最外ラミナがないものとすると強軸方向の3層3プライと層構成が同じになるという考えに基づく。

3層3プライ(強軸方向)が包含すると判断した構成の方法は図4.4-8(a)、(b)、(c)に示すものとなる。



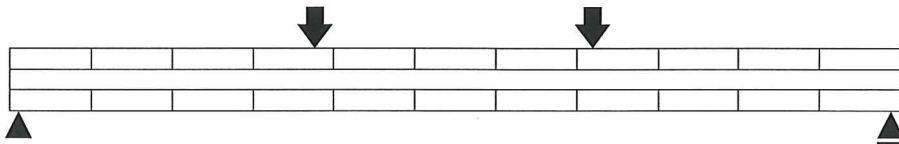
(a) 5層5プライ(強軸方向)

(解説) 実験を実施した構成の方法。



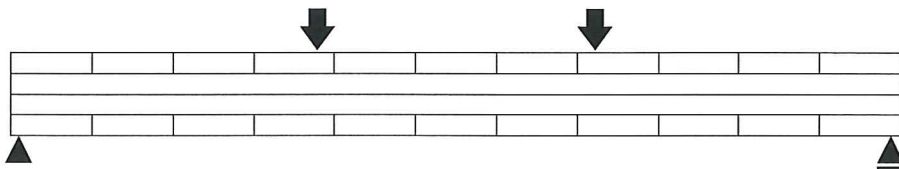
(b) 5層7プライ(強軸方向)

(解説) 5層5プライ(強軸方向)の外層に強軸方向のラミナを増やした構成の方法となるので、5層5プライ(強軸方向)と大きくは異ならないと仮定。



(c) 3層3プライ(弱軸方向)

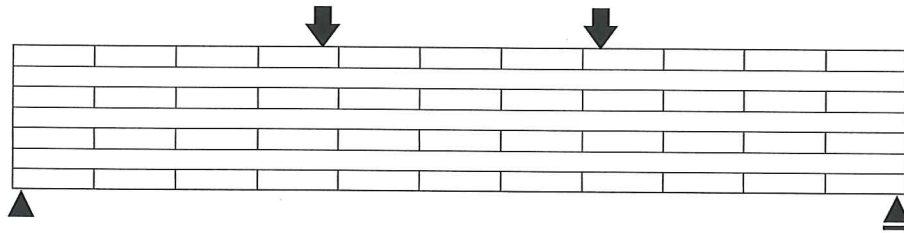
(解説) 外層は強度等に寄与せず、製材と同じになるので、製材と同じ荷重継続時間の調整係数を定めても良いと仮定。



(d) 3層4プライ(弱軸方向)

(解説) 外層は強度等に寄与せず、製材とほぼ同じになるので、製材と同じ荷重継続時間の調整係数を定めても良いと仮定。

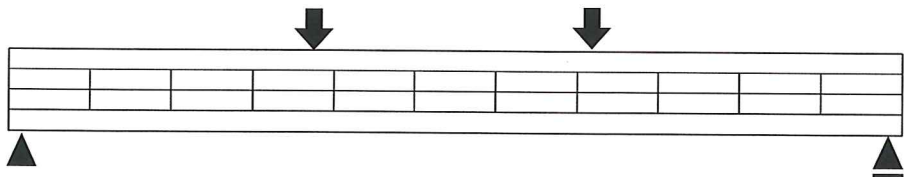
図4.4-7 5層5プライ(強軸方向)が包含すると判断した構成の方法及び製材と同等と判断した構成の方法



(e) 7層7プライ(弱軸方向)

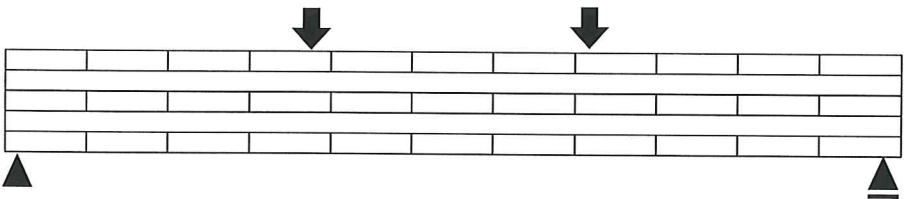
(解説)外層は強度等に寄与しないため5層5プライ(強軸方向)と同じ構成の方法となる。

図4.4-7 5層5プライ(強軸方向)が包含すると判断した構成の方法及び製材と同等と判断した構成の方法(つづき)



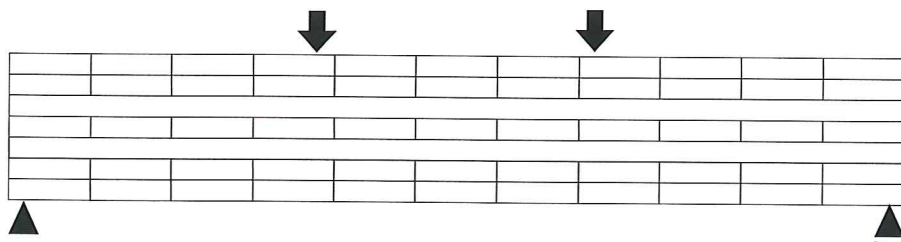
(a) 3層4プライ(強軸方向)

(解説)3層3プライ(強軸方向)の内層に弱軸方向のラミナを増やした構成の方法となるので、3層3プライ(強軸方向)と大きくは異ならないと仮定。



(b) 5層5プライ(弱軸方向)

(解説)外層は強度等に寄与しないため3層3プライ(強軸方向)と同じ構成の方法となる。



(c) 5層7プライ(弱軸方向)

(解説)外層は強度等に寄与しないため3層3プライ(強軸方向)と同じ構成の方法となる。

図4.4-8 3層3プライ(強軸方向)が包含すると判断した構成の方法及び製材と同等と判断した構成の方法

ニ 第一第十九号イに規定する直交集成板(積層方向でかつ強軸方向の長期に生ずる力に対する許容応力度を計算する場合にあっては、構成の方法が3層3プライ、3層4プライ、5層5プライ又は5層7プライであるものに限る、積層方向でかつ弱軸方向の長期に生ずる力に対する許容応力度を計算する場合にあっては、3層3プライ、3層4プライ、5層5プライ、5層7プライ又は7層7プライであるものに限る。)のせん断

の基準強度 F_s は、その方向に応じて、それぞれ次の表の数値（複数の樹種を使用した直交集成板のせん断の基準強度にあっては、それぞれの樹種に応じた数値のうちいずれか小さい数値）とする。

(一)	積層方向	ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	1.2
		つが、アラスカイエローシダー、べにまつ、ラジアタパイン及びべいつが	1.1
		もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロッジポールパイン、ポンドローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン	1.0
		すぎ及びべいすぎ	0.9
(二)	幅方向	$F_s = \min \left\{ f_{v, lam, 0}, f_{v, lam, 90}, \frac{t_{net}}{t_{gross}}, \frac{3bn_{ca}}{8t_{gross}}, \frac{1}{f_{v, tor} \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) + \frac{2}{f_R} \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m^2}\right)} \right\}$	

この表において、 $f_{v, lam, 0}$ 、 $f_{v, lam, 90}$ 、 t_{net} 、 t_{gross} 、 b 、 n_{ca} 、 $f_{v, tor}$ 、 f_R 及び m は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$f_{v, lam, 0}$ ラミナの繊維方向のせん断強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)

この場合において、ラミナの繊維方向のせん断強度は、次の表の数値とする。

樹種	ラミナの繊維方向のせん断強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	3.6
つが、アラスカイエローシダー、べにまつ、ラジアタパイン及びべいつが	3.3
もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロッジポールパイン、ポンドローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン	3.0
すぎ及びべいすぎ	2.7

$f_{v, lam, 90}$ ラミナの繊維方向と直交する方向のせん断強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)

この場合において、ラミナの繊維方向と直交する方向のせん断強度は、次の表の数値とする。

樹種	ラミナの繊維方向と直交する方向のせん断強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	10.8
つが、アラスカイエローシダー、べにまつ、ラジアタパイン及びべいつが	9.9
もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロッジポールパイン、ポンドローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン	9.0
すぎ及びべいすぎ	8.1

t_{net} 直交層の厚さの合計(単位 ミリメートル)

t_{gross} 直交集成板の厚さ(単位 ミリメートル)

b ラミナの幅(単位 ミリメートル)

n_{ca} 直交集成板の直交接着層の数

$f_{v, tor}$ 接着された直交する2つのラミナの交差面のねじりせん断強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)

この場合において、接着された直交する2つのラミナの交差面のねじりせん断強度は、次

の表の数値（特別な調査又は研究の結果に基づき直交集成板の材料特性を適切に評価して数値を定めた場合は、その数値）とする。

樹種	接着された直交する2つの ラミナの交差面のねじりせん断強度(単位 1平方メートルにつきニュートン)
ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	4.7
つが、アラスカイエローシダー、べにまつ、ラジアタパイン、べいつが、もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロジポールパイン、ポンドローサパイン、おうしゅうあかまつ、ジャックパイン、すぎ及びべいすぎ	3.0

f_R ローリングシア強度(単位 1平方メートルにつきニュートン)

この場合において、ローリングシア強度は、次の表の数値とする。

樹種	ローリングシア強度(単位 1平方メートルにつきニュートン)
ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	2.0
つが、アラスカイエローシダー、べにまつ、ラジアタパイン及びべいつが	1.8
もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロジポールパイン、ポンドローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン	1.6
すぎ及びべいすぎ	1.5

iii 各層のラミナの幅方向の数のうち最小の値

(一) 積層方向

直交集成板の積層方向のせん断の基準強度とは、いわゆる直交集成板の面外方向のせん断の基準強度のことである(図 4.4-9 参照)。長期に生ずる力に対する許容応力度を計算する場合にあつては、用いることのできる直交集成板の構成が限定される。

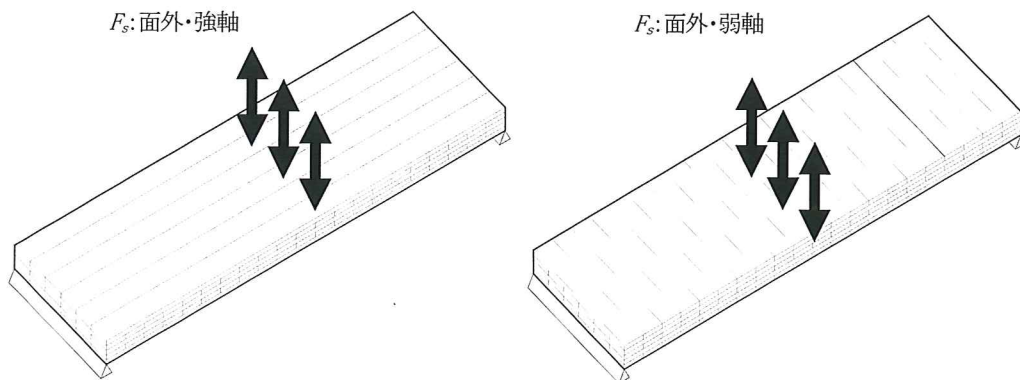


図 4.4-9 直交集成板の積層方向

積層方向のせん断破壊としては、①ラミナの横引張強度、②JAS 規格による積層方向のせん断強度が考えられる。①

は、文献⁶によるとせん断強度の1/3とあり、一方②は、直交集成板の日本農林規格の一部改正案(平成30年4月20日パブリックコメント時点資料)では表4.4-11の値としているため、告示では、小さい方の①とした。

表 4.4-11 横引張強度と積層方向のせん断強度 (単位: N/mm²)

樹種区分	樹種	横引張強度	積層方向のせん断強度
S1	ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、ベいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	1.2	2.00
S2	つが、アラスカイエローシダー、ベにまつ、ラジアタパイン及びべいつが	1.1	1.84
S3	もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロジポールパイン、ポンドローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン	1.0	1.67
S4	すぎ及びべいすぎ	0.9	1.50

(二)幅方向

直交集成板の幅方向のせん断の基準強度とは、いわゆる直交集成板の面内方向のせん断の基準強度のことである(図4.4-10参照)。

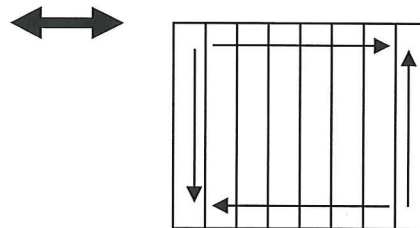


図 4.4-10 直交集成板の面内せん断応力度

幅方向のせん断破壊については、図4.4-11に示す3つの破壊モードが考えられる⁷。

- I : 直交集成板が一体となってせん断変形することにより生じるせん断応力度によるせん断破壊
- II : 直交集成板のラミナの幅はぎ位置で、直交するラミナがせん断変形することで生じるせん断応力度によるせん断破壊。この場合、せん断破壊は総層数に占める層数の少ない層で生じる(例:5層5プライの場合は直交層2層、3層3プライの場合は内層1層)
- III : 2つの直交するラミナの交差面がずれ変形やねじり変形することで交差面に生じる、せん断力や回転力によるせん断破壊

⁶日本建築学会:木質構造設計規準・同解説、P207、2011

⁷M.Flaig, H.J.Blaß: Shear strength and shear stiffness of CLT-beams loaded in plane, proceedings of CIB-W18, 46-12-3, pp.1-14, 2013. 8

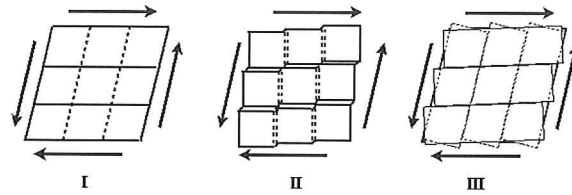


図 4.4-11 直交集成板の3つの面内せん断破壊モード

上述の3つの破壊モードによるせん断応力度は、式 4.4-2 で表される。

$$F_S = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{v_lam_0} \\ f_{v_lam_90} \frac{t_{net}}{t_{gross}} \\ \frac{bn_{ca}}{2t_{gross}} \cdot k_{5th} \cdot \frac{1}{\frac{1}{f_{v_tor}} \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) + \frac{2}{f_R} \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m^2}\right)} \end{array} \right\} \quad \dots (式 4.4-2)$$

ここで、

- $f_{v_lam_0}$ はラミナの繊維方向のせん断強度(N/mm²)、
- $f_{v_lam_90}$ はラミナの繊維方向と直交する方向のせん断強度(N/mm²)、
- f_{v_tor} は接着された直交する2つのラミナの交差面のねじりせん断強度(N/mm²)、
- f_R はローリングシア強度(N/mm²)、
- n_{ca} は直交集成板の直交接着層の数、
- b はラミナの幅(mm)、
- t_{net} は直交層の厚さの合計(mm) (例:5層5プライの場合は直交層2層分の厚さ、3層3プライの場合は直交層1層分の厚さ)、
- t_{gross} は直交集成板の厚さ(mm)、
- m は各層のラミナの幅方向の数のうち最小の値、
- k_{5th} は95%下側許容限界値算出係数(3/4)

である(図 4.4-12 参照)。

表 4.4-12 ラミナの繊維方向および繊維方向と直交する方向のせん断強度、ねじりせん断強度、ローリングシア強度
(単位 : N/mm²)

樹種区分	樹種	$f_{v_lam_0}$	$f_{v_lam_90}$	f_{v_tor}	f_R
S1	ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	3.6	10.8	4.7	2.0
S2	つが、アラスカイエローシダー、ベにまつ、ラジアタパイン及びべいつが	3.3	9.9	3.0	1.8
S3	もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロジボールパイン、ボンデローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン	3.0	9.0	3.0	1.6
S4	すぎ及びべいすぎ	2.7	8.1	3.0	1.5

$f_{v_lam_0}$, $f_{v_lam_90}$, f_{v_tor} , f_R について告示では、表 4.4-12 の値としている。複数の樹種を使用した直交集成板のせん断の基準強度の算出にあつては、それぞれの樹種に応じた数値のうち最も小さい数値を用いる必要がある。 $f_{v_lam_0}$ については、ラミナの繊維方向のせん断強度の表の値を用いる。 $f_{v_lam_90}$ については、ラミナの繊維方向と直交する方向のせん断強度の表の値を用いる。文献⁸より、 $f_{v_lam_0}$ の3~4倍としており、ここでは $f_{v_lam_0}$ の3倍としている。 f_{v_tor} については、カラマツ、トドマツ、スギを用いた直交集成板の要素試験結果^{9,10}より、前掲のねじりせん断強度の数値を定めている。ここで、平13国交告第1024号第3第九号ニに規定する直交集成板の幅方向のせん断の基準強度の算出に用いるねじりせん断強度については、表の数値のほか特別な調査又は研究の結果に基づき直交集成板の材料特性を適切に評価して定めた数値を用いることが可能となっている(技術的助言「特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件の改正について」(国住指第4825号、平成30年12月12日))。例えば既存建築物に用いられる直交集成板が、直交集成板規格に適合するものであつて、すぎ又はとどまつが使用されているものについては、適切な木材の試験方法等を参考に測定した密度の平均が400kg/m³以上の場合にあつては、特別な調査又は研究の結果に基づき直交集成板の材料特性を適切に評価して定めた数値として、ねじりせん断強度の数値を4.0N/mm²とすることができる。木材の密度とねじりせん断強度の関係については文献¹¹が参考となる。 f_R については、直交集成板のJAS規格の一部改正案(平成30年4月20日パブリックコメント時点資料)の値(積層方向のせん断強度)を用いる¹²。なお、ラミナ幅 b の寸法が複数混在する場合は、それらのうち最小値を用いるものとする。

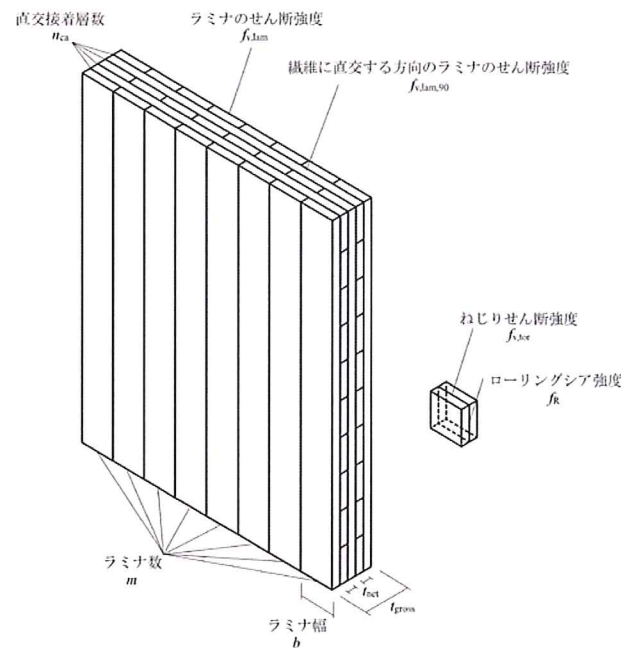


図 4.4-12 寸法等の定義

《計算例》

強度等級:Mx60-5-5「スギ(外層:M60A、内層:M30A)」

ラミナの繊維方向のせん断強度($f_{v_lam_0}$):2.7N/mm²

⁸青木謙治:構造用材料としての木材・木質材料の現状と今後の課題、木材学会誌、Vol. 61 No. 3, pp.169-173, 2015

⁹中島昌一、荒木康弘、中島史郎、新藤健太、宮武 敦:CLT 面内せん断強度評価のための接着層ねじり実験、第66回日本木材学会大会発表要旨集、H27-07-1445、2016

¹⁰石原 亘、宮崎淳子、高梨隆也、大橋義徳、中島昌一、宮武 敦、新藤健太:国産針葉樹を用いた CLT 接着層のねじりせん断強度、第69回日本木材学会大会発表要旨集、2019

¹¹Shoichi Nakashima, Yasuhiro Araki, Yoshinori Ohashi, Shiro Nakajima, Atsushi Miyatake: Evaluation of In-plane Shear Strength of CLT Panel with Horizontal Loading Shear Test, Proceedings of World Conference on Timber Engineering, MAT-P-21, (電子媒体), 2018

¹²岡部 実、安村 基、小林研治:スギ CLT パネル層内せん断耐力の推定、木材学会誌、Vol.60、No.3、pp.169-176、2014

ラミナの繊維方向と直交する方向のせん断強度 ($f_{v_lam_90}$): 8.1N/mm²
 接着された直交する2つのラミナの交差面のねじりせん断強度 (f_{v_tor}): 3.0N/mm²
 ローリングシア強度 (f_R): 1.5N/mm²
 直交集成板の直交接着層の数 (n_{ca}): 4
 ラミナの幅 (b): 120mm
 直交層の厚さの合計 (t_{net}): 60mm
 直交集成板の厚さ (t_{gross}): 150 mm
 各層のラミナの幅方向の数のうち最小の値 (m): 8
 告示の第1式(モード I)は 2.7

告示の第2式(モード II)は $8.1 \times \frac{60}{150} = 3.24$

告示の第3式(モード III)は $\frac{3 \times 120 \times 4}{8 \times 150} \cdot \frac{1}{\frac{1}{3}(1 - \frac{1}{8^2}) + \frac{2}{1.5}(\frac{1}{8} - \frac{1}{8^2})} = \frac{1152}{455} = 2.53$

よって、 $F_S = \min\{2.7, 3.24, 2.53\} = 2.53$ N/mm²

表 4.4-13 幅方向のせん断の基準強度の計算例

強度等級		S60-3-3	Mx60-3-4	Mx60-5-5	Mx60-5-5	Mx60-5-5	Mx60-5-7
樹種		スギ	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ
ラミナの幅 b	mm	120	120	120	120	120	120
直交集成板の厚さ t_{gross}	mm	90	120	150	150	150	210
直交層の厚さの合計 t_{net}	mm	30	60	60	60	60	60
ラミナの幅方向の枚数 m	-	8	8	8	10	12	8
直交接着層の数 n_{ca}	-	2	2	4	4	4	4
ラミナのせん断強度 $f_{v_lam_0}$	N/mm ²	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
直交方向のせん断強度 $f_{v_lam_90}$	N/mm ²	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
ねじりせん断強度 f_{v_tor}	N/mm ²	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
ローリングシア強度 f_R	N/mm ²	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
モード I	N/mm ²	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
モード II	N/mm ²	2.70	4.05	3.24	3.24	3.24	2.31
モード III	N/mm ²	2.11	1.58	2.53	2.67	2.77	1.81
Min	N/mm ²	2.11	1.58	2.53	2.67	2.7	1.81
モード判定	-	III	III	III	III	I	III

表 4.4-13 幅方向のせん断の基準強度の計算例 (つづき)

強度等級		Mx90-5-5	Mx90-5-5	Mx60-7-7*	Mx60-7-7*	Mx60-9-9*	Mx60-9-9*
樹種		内層 スギ 外層 ヒノキ	ヒノキ	スギ	スギ	スギ	スギ
ラミナの幅 b	mm	120	120	120	120	120	120
直交集成板の厚さ t_{gross}	mm	150	150	210	210	270	270
直交層の厚さの合計 t_{net}	mm	60	60	90	90	120	120
ラミナの幅方向の枚数 m	-	8	8	8	6	8	6
直交接着層の数 n_{ca}	-	4	4	6	6	8	8
ラミナのせん断強度 $f_{v_lam_0}$	N/mm ²	2.7	3.6	2.7	2.7	2.7	2.7
直交方向のせん断強度 $f_{v_lam_90}$	N/mm ²	8.1	10.8	8.1	8.1	8.1	8.1
ねじりせん断強度 f_{v_tor}	N/mm ²	3.0	4.7	3.0	3.0	3.0	3.0
ローリングシア強度 f_R	N/mm ²	1.5	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
モード I	N/mm ²	2.7	3.6	2.7	2.7	2.7	2.7
モード II	N/mm ²	3.24	4.32	3.47	3.47	3.60	3.60
モード III	N/mm ²	2.53	3.76	2.71	2.52	2.81	2.62
Min	N/mm ²	2.53	3.6	2.7	2.52	2.7	2.62
モード判定	-	III	I	I	III	I	III

*表の網掛け部分:7層7プライは強軸方向について、9層9プライは強軸方向と弱軸方向ともについて、積層方向の長期に生ずる力に対する曲げ及びせん断の許容応力度は定められていない。

強度等級		Mx90-9-9*	Mx90-9-9*	Mx90-9-9*	Mx120-9-9*	Mx120-9-9*	Mx120-9-9*
樹種		内層 スギ 外層 ヒノキ	ヒノキ	カラマツ	内層 スギ 外層 ヒノキ	ヒノキ	カラマツ
ラミナの幅 b	mm	120	120	120	120	120	120
直交集成板の厚さ t_{gross}	mm	270	270	270	270	270	270
直交層の厚さの合計 t_{net}	mm	120	120	120	120	120	120
ラミナの幅方向の枚数 m	-	8	8	8	8	8	8
直交接着層の数 n_{ca}	-	8	8	8	8	8	8
ラミナのせん断強度 $f_{v_lam_0}$	N/mm ²	2.7	3.6	3.6	2.7	3.6	3.6
直交方向のせん断強度 $f_{v_lam_90}$	N/mm ²	8.1	10.8	10.8	8.1	10.8	10.8
ねじりせん断強度 f_{v_tor}	N/mm ²	3.0	4.7	4.7	3.0	4.7	4.7
ローリングシア強度 f_R	N/mm ²	1.5	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0
モード I	N/mm ²	2.7	3.6	3.6	2.7	3.6	3.6
モード II	N/mm ²	3.60	4.80	4.80	3.60	4.80	4.80
モード III	N/mm ²	2.81	4.18	4.18	2.81	4.18	4.18
Min	N/mm ²	2.7	3.6	3.6	2.7	3.6	3.6
モード判定	-	I	I	I	I	I	I

*表の網掛け部分:7層7プライは強軸方向について、9層9プライは強軸方向と弱軸方向ともについて、積層方向の長期に生ずる力に対する曲げ及びせん断の許容応力度は定められていない。

ホ 第一第十九号ロに規定する直交集成板のめりこみの基準強度 F_{cv} は、外層に使用するラミナの樹種に応じて、それぞれ次の表の数値とする。

樹種	基準強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)
あかまつ、くるまつ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	9.0
ひのき、ひば、からまつ及びべいひ	7.8
つが、アラスカイエローシダー、ベにまつ、ラジアタパイン、べいつが、もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロジポールパイン、ポンドローサパイン、おうしゅうあかまつ、すぎ、べいすぎ及びジャックパイン	6.0

第三第九号ホは直交集成板のめりこみの基準強度であり、外層ラミナの樹種区分に応じた強度が定められている。

4.5 圧縮材（座屈）の許容応力度及び材料強度の算定例

直交集成板の圧縮材（座屈）の許容応力度には、その有効細長比に応じて、表 4.5-1 に示す各式によって計算した数値を用いる。ただし、積雪時の構造計算をするときに用いる長期に生ずる力に対する許容応力度は表 4.5-1 に示す数値に 1.3 を乗じた数値とし、短期に生ずる力に対する許容応力度は表 4.5-1 に示す数値に 0.8 を乗じた数値とする。

表 4.5-1 圧縮材（座屈）の許容応力度

有効細長比	長期に生ずる力に対する座屈の許容応力度 (N/mm ²)	短期に生ずる力に対する座屈の許容応力度 (N/mm ²)
$\lambda \leq 30$ の場合	$\frac{1.1}{3} F_c$	$\frac{2}{3} F_c$
$30 < \lambda \leq 100$ の場合	$\frac{1.1}{3} (1.3 - 0.01\lambda) F_c$	$\frac{2}{3} (1.3 - 0.01\lambda) F_c$
$100 < \lambda$ の場合	$\frac{1.1}{3} \cdot \frac{3000}{\lambda^2} F_c$	$\frac{2}{3} \cdot \frac{3000}{\lambda^2} F_c$

(注) λ 及び F_c は、それぞれ次の数値を表す。

λ : 有効細長比で以下の式により求まる値。

$$\lambda = \ell \sqrt{\frac{A}{I}}$$

ここで、 ℓ 座屈長さ (mm)

A 強軸方向の許容応力度を計算する場合は、全断面積 (mm²)

弱軸方向の許容応力度を計算する場合は、外層を除いた部分の断面積 (mm²)

I 強軸方向の許容応力度を計算する場合に、全断面の断面二次モーメント (mm⁴)

弱軸方向の許容応力度を計算する場合は、外層を除いた部分の断面二次モーメント (mm⁴)

F_c : 圧縮に対する基準強度 (N/mm²)

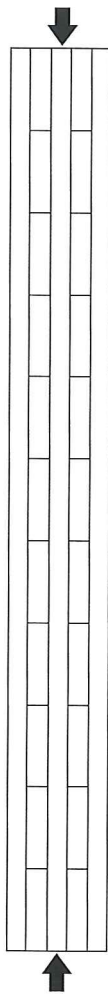
一方、直交集成板の圧縮材の材料強度には、その有効細長比に応じて、表 4.5-2 に示す各式によって計算した数値を用いる。ただし、積雪時の構造計算をするときに用いる材料強度は、表 4.5-2 に示す数値に 0.8 を乗じた数値とする。

表 4.5-2 圧縮材（座屈）の材料強度

有効細長比	座屈の材料強度 (N/mm ²)
$\lambda \leq 30$ の場合	F_c
$30 < \lambda \leq 100$ の場合	$(1.3 - 0.01\lambda) F_c$
$100 < \lambda$ の場合	$\frac{3000}{\lambda^2} F_c$

以下、直交集成板の圧縮材（座屈）の許容応力度と材料強度の計算例を示す。

[計算例 1]



1. 計算の対象

強度等級	Mx60-5-5 (外層ラミナ:M60A、内層ラミナ:M30A)
ラミナの曲げヤング係数	M60A:6.0 (kN/mm ²) M30A:3.0 (kN/mm ²)
ラミナの圧縮強度	M60A:21.6 (N/mm ²) M30A:15.6 (N/mm ²)
直交集成板の寸法	長さ 3000mm×幅 1000mm×厚さ 150mm
ラミナ厚	30mm
荷重方向	強軸方向
支持条件	両端ピン支持

2. 圧縮の基準強度の計算

1) 等価断面の断面積の計算

$$A_A = \frac{6.0 \times (1000 \times 30) + 3.0 \times (1000 \times 30) + 6.0 \times (1000 \times 30)}{6.0}$$

$$= 75000(\text{mm}^2)$$

2) 圧縮の基準強度の計算

$$F_c = 21.6 \times \frac{75000}{1000 \times 150} \times 0.75 = 8.10(\text{N/mm}^2)$$

3. 有効細長比の計算

$$\lambda = 3000 \times \sqrt{\frac{1000 \times 150}{(1000 \times 150^3)/12}} = 69.3$$

4. 許容応力度と材料強度の計算

有効細長比 λ が $30 < \lambda \leq 100$ であるので、許容応力度と材料強度は以下のように求まる。

1) 長期に生じる力に対する座屈の許容応力度

$$\text{長期許容応力度} = \frac{1.1}{3} \times (1.3 - 0.01 \times 69.3) \times 8.10 = 1.80(\text{N/mm}^2)$$

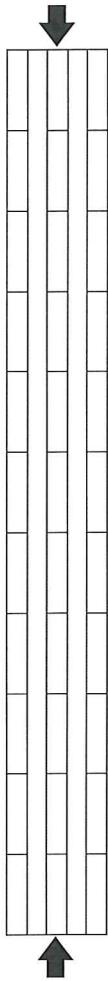
2) 短期の生じる力に対する座屈の許容応力度

$$\text{短期許容応力度} = \frac{2}{3} \times (1.3 - 0.01 \times 69.3) \times 8.10 = 3.28(\text{N/mm}^2)$$

3) 材料強度

$$\text{材料強度} = (1.3 - 0.01 \times 69.3) \times 8.10 = 4.92(\text{N/mm}^2)$$

[計算例 2]



1. 計算の対象

強度等級	Mx60-5-5 (外層ラミナ:M60A、内層ラミナ:M30A)
ラミナの曲げヤング係数	M60A:6.0(kN/mm ²) M30A:3.0(kN/mm ²)
ラミナの圧縮強度	M60A:21.6(N/mm ²) M30A:15.6(N/mm ²)
直交集成板の寸法	長さ 3000mm×幅 1000mm×厚さ 150mm
ラミナ厚	30mm
荷重方向	弱軸方向
支持条件	両端ピン支持

2. 圧縮の基準強度の計算

1) 等価断面の断面積の計算

$$A_A = \frac{3.0 \times (1000 \times 30) + 3.0 \times (1000 \times 30)}{3.0} = 60000(\text{mm}^2)$$

2) 圧縮の基準強度の計算

$$F_c = 15.6 \times \frac{60000}{1000 \times 150} \times 0.75 = 4.68(\text{N/mm}^2)$$

3. 有効細長比の計算

$$\lambda = 3000 \times \sqrt{\frac{1000 \times 90}{(1000 \times 90^3)/12}} = 115.5$$

4. 許容応力度と材料強度の計算

有効細長比 λ が $30 < \lambda \leq 100$ であるので、許容応力度と材料強度は以下のように求まる。

1) 長期に生じる力に対する座屈の許容応力度

$$\text{長期許容応力度} = \frac{1.1}{3} \times \frac{3000}{115.5^2} \times 4.68 = 0.39(\text{N/mm}^2)$$

2) 短期の生じる力に対する座屈の許容応力度

$$\text{短期許容応力度} = \frac{2}{3} \times \frac{3000}{115.5^2} \times 4.68 = 0.70(\text{N/mm}^2)$$

3) 材料強度

$$\text{材料強度} = \frac{3000}{115.5^2} \times 4.68 = 1.05(\text{N/mm}^2)$$

