

国産横架材使用時の設計 及び図面作成時の注意点、 樹種別・等級別活用比較に ついて」

ウイング株式会社一級建築士事務所
菊池 清

杵組壁工法用製材基準強度比較表

樹種	区分	等級	基準強度(N/mm ²)							基準弾性係数 Modulus of Elasticity (kN/mm ²)	釘接合部・長期許容			短期許容耐力	
			Fc	Ft	Fb	Ts	部分圧縮(めり込み)		全面圧縮		1面せん断耐力N(250年相当)*			ZN40/65	ZN90
			(圧縮)	(引張)	(曲げ)	(剪断)	材中部部	材端			CN50	CN75	CN90		
D Fir-L	甲種	2級	19.2	15.0	21.6	2.4	9.0	7.2	2.8	10.7	250	380	450	860	1260
Hem-Fir	甲種	2級	18.6	12.6	20.4	2.1	6.0	4.8	2.2	9.1	240	360	430	770	1140
SPF	甲種	2級	17.4	11.4	21.6	1.8	6.0	4.8	2.2	9.6	220	330	400	680	980
		3級	10.2	6.6	12.6					9.3					
SYP	甲種	1級	20.7	16.1	24.4	2.4	9.0	7.2	2.8	11.0	250	380	450	860	1260
		2級	18.7	11.9	18.5					9.7					
JS I	甲種	特級	24.9	20.6	33.6	2.1	7.8	6.2	2.6	11.0	200	310	370	770	1140
		2級	18.2	12.5	22.2					9.9					
JS II	甲種	特級	15.7	16.0	28.4	1.8	6.0	4.8	2.2	8.0	200	310	370	680	980
		2級	15.7	12.2	19.5					6.8					
JS III	甲種	特級	20.9	16.9	22.5	2.1	7.8	6.2	2.6	10.4	220	350	400	860	1140
		2級	17.0	9.7	15.5					7.7					

桝組壁工法建築物にあつて国産材の選択

- 桝組壁工法用製材は曲げ性能に優れた甲種桝組材と、それ以外の乙種桝組材及びMSR材の3種に分けられている。
乙種桝組材は主として壁を構成する部材として使われる。たて桝、上下桝、および頭つなぎである。木材はもともと繊維方向の圧縮には強いので、どの樹種を使つても特段問題は生じない。
桝組壁工法にあつて、国産材が壁部分から利用が進んだのは、この構造特性と、壁を構成する部材の断面寸法が小さいという躯体構成によるものである。

枠組壁工法建築物にあつて国産材の選択

- 枠組壁工法用における国産材の使用割合を上げるためには横架材として の利用拡大が目指すべき方向であろうと考える。
そこで、国産材の現在日本で普通に使われているSPF材に対し、どのような 構造的な位置付けかということを確認することから始め、国産材の、横架材としての利用拡大の可能性を探っていきたいと思います。

枠組壁工法建築物にあつて横架材選択の指標

SPF材の概略。

日本で、現在枠組壁工法用製材として一般的に使われている輸入材：樹種群SPFとは。（枠組壁工法用製材は、北米の規格に合わせ樹種群として扱われている。）これは、国産材との大きな差異である。SPFには植物学的樹種としては、ホワйтスプルース、エンゲルマンスプルース、ブラックスプルース、ロジポールパイン、ジャックパイン、アルパインファー、バルサムファー、コーストシトカスピルース、ポンデローサパインがこの樹種群に含まれる。

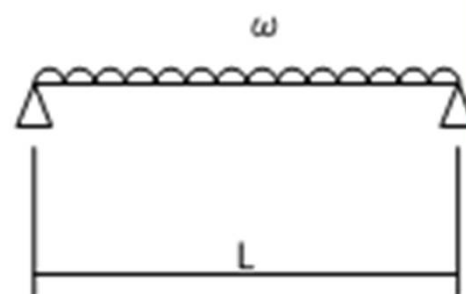
桝組壁工法建築物にあつて横架材選択の指標

SPFで市場に流通している材料の構造等級は甲種桝組材2級が圧倒的である。これをJSⅡと比較してみる。JSⅡもSPFに合わせ2級で比較してみる。

枠組壁工法建築物にあつて横架材選択の指標

- ・私の長年の経験によつて横架材の断面の選択の基準は横架材支点間距離(スパン)3,640mm(2間)がベースになる。
 - ①このスパンに横架材をかけた場合の、部材断面とたわみ量がどのくらいなるか？
 - ②横架材の検討は、せん断力、曲げ応力、たわみの3項目について行われる。

天井根太SPF SPAN3,640mm



天井根太 204 スパン3.64m以下

根太
S-P-F 2級 3.8 × 8.9 (cm)

スパン $L = 364.0$ (cm)

負担幅 $w = 45.5$ (cm)

$I_0 = 223.2$ (cm⁴)

$I = 223.2$ (cm⁴)

$F_b = 21.60$ (N/mm²)

$E_b = 9600$ (N/mm²)

Fb割増係数 = 1.15

$\omega_{g0} = 260$ (N/m²)

$Z_0 = 50.2$ (cm³)

$Z = 50.2$ (cm³)

$F_s = 1.80$ (N/mm²)

$\omega_{p0} = 0$ (N/m²)

$A_0 = 33.8$ (cm²)

$A = 33.8$ (cm²)

$E_b = 9600$ (N/mm²)

$\omega_g = 1.18$ (N/cm)

$\omega_p = 0.00$ (N/cm)

長期 $f_b = 1.10 \times 1.15 \times F_b / 3 = 9.11$ $f_s = 1.10 \times F_s / 3 = 0.66$ (N/mm²)

設計荷重 $\omega = \omega_g + \omega_p = 1.18$ (N/cm)

$M = 19593$ (N·cm) $Q = 215.3$ (N)

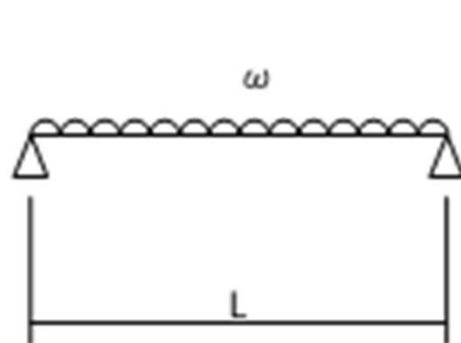
$\sigma / f_b = M / (f_b \times Z) = 0.43 \leq 1.0$ OK

$\tau / f_s = (1.5 \times Q) / (f_s \times A) = 0.14 \leq 1.0$ OK

$\delta = (5 \times \omega \times L^4) / (384 \times E \times I) = 1.26$ (cm) ≤ 2.00 OK

$= 1 / 288 \leq 1 / 200$ OK

天井根太SPF SPAN4,550mm



天井根太 206 スパン4.55m以下

根太
S-P-F 2級 3.8 × 14.0 (cm)

スパン $L = 455.0$ (cm)

負担幅 $w = 45.5$ (cm)

$I_0 = 868.9$ (cm⁴)

$I = 868.9$ (cm⁴)

$F_b = 21.60$ (N/mm²)

$E_b = 9600$ (N/mm²)

Fb割増係数 = 1.15

$\omega_g = 260$ (N/m²)

$Z_0 = 124.1$ (cm³)

$Z = 124.1$ (cm³)

$F_s = 1.80$ (N/mm²)

$\omega_p = 0$ (N/m²)

$A_0 = 53.2$ (cm²)

$A = 53.2$ (cm²)

$E_b = 9600$ (N/mm²)

$\omega_g = 1.18$ (N/cm)

$\omega_p = 0.00$ (N/cm)

長期 $f_b = 1.10 \times 1.15 \times F_b / 3 = 9.11$ $f_s = 1.10 \times F_s / 3 = 0.66$ (N/mm²)

設計荷重 $\omega = \omega_g + \omega_p = 1.18$ (N/cm)

$M = 30614$ (N·cm) $Q = 269.1$ (N)

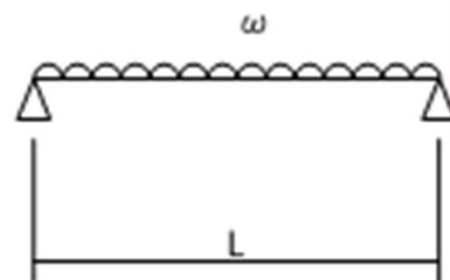
$\sigma / f_b = M / (f_b \times Z) = 0.27 \leq 1.0$ OK

$\tau / f_s = (1.5 \times Q) / (f_s \times A) = 0.11 \leq 1.0$ OK

$\delta = (5 \times \omega \times L^4) / (384 \times E \times I) = 0.79$ (cm) ≤ 2.00 OK

$= 1 / 575 \leq 1 / 200$ OK

天井根太JS II SPAN3,640mm



JS II 天井根太 204 スパン3.64m以下

根太
JS II 甲種2級 3.8 × 8.9 (cm)

スパン $L = 364.0$ (cm)

負担幅 $w = 45.5$ (cm)

$I_0 = 223.2$ (cm⁴)

$I = 223.2$ (cm⁴)

$F_b = 19.50$ (N/mm²)

$E_b = 6800$ (N/mm²)

F_b 割増係数 = 1.15

$\omega_g = 260$ (N/m²)

$Z_0 = 50.2$ (cm³)

$Z = 50.2$ (cm³)

$F_s = 1.80$ (N/mm²)

$\omega_p = 0$ (N/m²)

$A_0 = 33.8$ (cm²)

$A = 33.8$ (cm²)

$E_b = 6800$ (N/mm²)

$\omega_g = 1.18$ (N/cm)

$\omega_p = 0.00$ (N/cm)

長期 $f_b = 1.10 \times 1.15 \times F_b / 3 = 8.22$ $f_s = 1.10 \times F_s / 3 = 0.66$ (N/mm²)

設計荷重 $\omega = \omega_g + \omega_p = 1.18$ (N/cm)

$M = 19593$ (N·cm) $Q = 215.3$ (N)

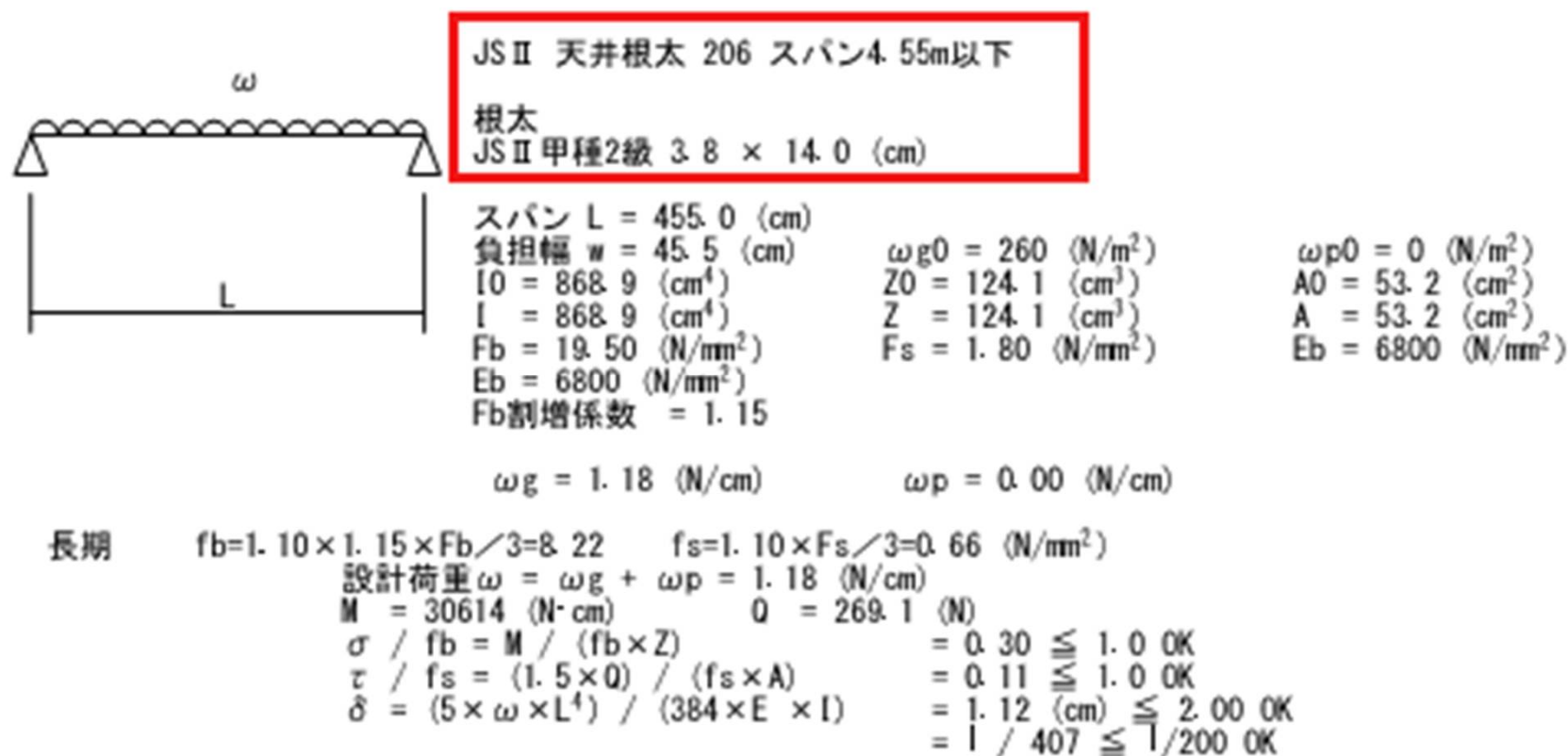
$\sigma / f_b = M / (f_b \times Z) = 0.47 \leq 1.0$ OK

$\tau / f_s = (1.5 \times Q) / (f_s \times A) = 0.14 \leq 1.0$ OK

$\delta = (5 \times \omega \times L^4) / (384 \times E \times I) = 1.78$ (cm) ≤ 2.00 OK

$= l / 204 \leq l / 200$ OK

天井根太 JS II SPAN4,550mm



天井根太についての考察

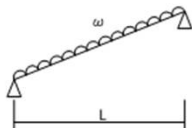
- 天井根太についてはSPAN 3,640mm(天井根太204@455)
- SPAN 4,550mm(天井根太206@455)
- SPAN3,640mmの場合のJSⅡのたわみ量(δ で表示)がギリギリOKという
- 結果になっており、SPF、JSⅡともに普通に採用できることがわかる。

タルキ SPF SPAN3,640mm

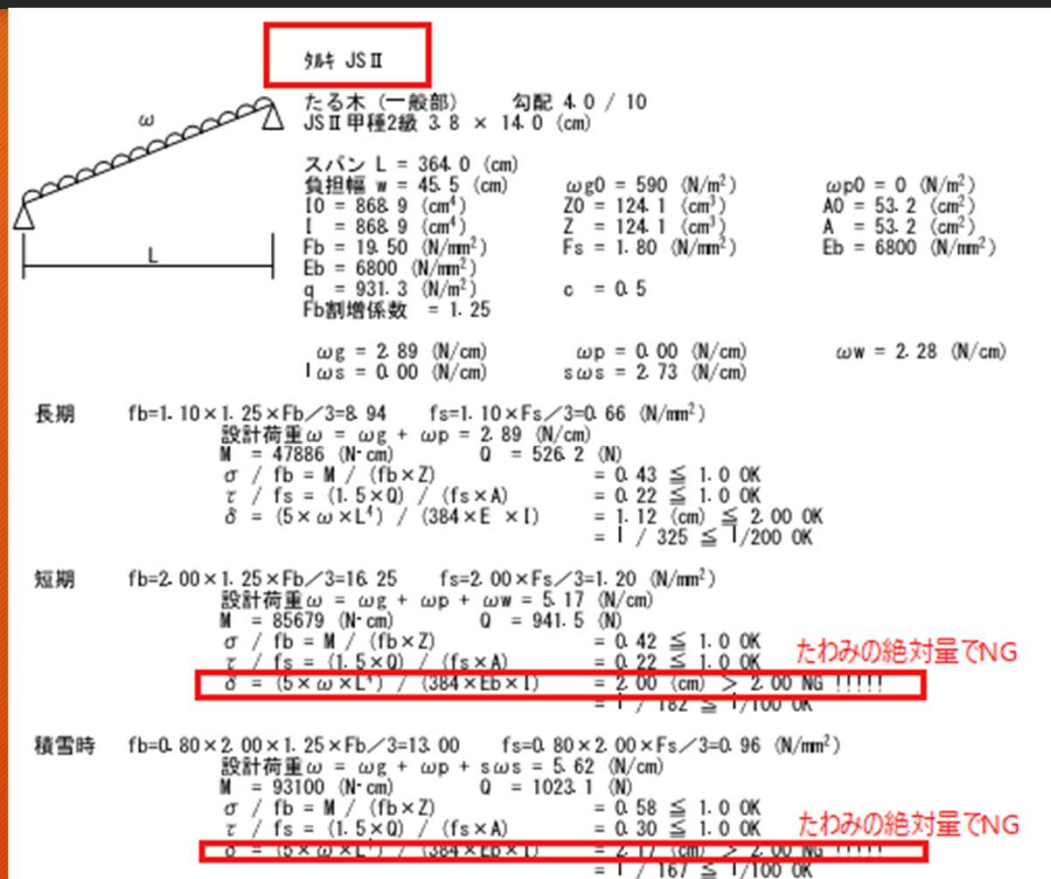
3.4.1. 速度圧の計算

地表面粗度区分:	Ⅲ
Z _b :	5 (m)
Z _G :	450 (m)
α:	0.20
基準風速 V ₀ :	34 (m/s)
建物最高高さ:	7.700 (m)
建物軒高:	5.700 (m)
建物高さ H:	$(7.700 + 5.700) / 2 = 6.700$ (m)
G _f :	2.500
H ⁺ = max(H, Z _b):	6.700 (m)
E _r = 1.7 × [H ⁺ / Z _G] ^α :	0.733
E = E _r ² × G _f :	1.343
速度圧 q = 0.6 × E × V ₀ ² :	931 (N/m ²)

3.4.2. 部材の設計

<div>  </div>			
材種 SPF たる木 (一般部) 勾配 4.0 / 10 E120-F330 3.8 × 14.0 (cm)			
スパン L = 364.0 (cm)	ω _{g0} = 590 (N/m ²)	ω _{p0} = 0 (N/m ²)	
負担幅 ω = 45.5 (cm)	Z ₀ = 124.1 (cm ³)	A ₀ = 53.2 (cm ²)	
I ₀ = 868.9 (cm ⁴)	Z = 124.1 (cm ³)	A = 53.2 (cm ²)	
I = 868.9 (cm ⁴)	F _s = 3.00 (N/mm ²)	E _b = 12000 (N/mm ²)	
F _b = 33.00 (N/mm ²)	c = 0.5		
E _b = 12000 (N/mm ²)			
q = 931.3 (N/m ²)			
F _b 耐増係数 = 1.25			
ω _g = 2.89 (N/cm)	ω _p = 0.00 (N/cm)	ω _w = 2.28 (N/cm)	
I ω _s = 0.00 (N/cm)	s ω _s = 2.73 (N/cm)		
長期 f _b = 1.10 × 1.25 × F _b / 3 = 15.13 f _s = 1.10 × F _s / 3 = 1.10 (N/mm ²) 設計荷重 ω = ω _g + ω _p = 2.89 (N/cm) M = 47886 (N·cm) Q = 526.2 (N) $\sigma / f_b = M / (f_b \times Z) = 0.26 \leq 1.0$ OK $\tau / f_s = (1.5 \times Q) / (f_s \times A) = 0.13 \leq 1.0$ OK $\delta = (5 \times \omega \times L^4) / (384 \times E \times I) = 0.63$ (cm) ≤ 2.00 OK $= l / 574 \leq 1/200$ OK			
短期 f _b = 2.00 × 1.25 × F _b / 3 = 27.50 f _s = 2.00 × F _s / 3 = 2.00 (N/mm ²) 設計荷重 ω = ω _g + ω _p + ω _w = 5.17 (N/cm) M = 85679 (N·cm) Q = 941.5 (N) $\sigma / f_b = M / (f_b \times Z) = 0.25 \leq 1.0$ OK $\tau / f_s = (1.5 \times Q) / (f_s \times A) = 0.13 \leq 1.0$ OK $\delta = (5 \times \omega \times L^4) / (384 \times E \times I) = 1.13$ (cm) ≤ 2.00 OK $= l / 321 \leq 1/100$ OK			
積雪時 f _b = 0.80 × 2.00 × 1.25 × F _b / 3 = 22.00 f _s = 0.80 × 2.00 × F _s / 3 = 1.60 (N/mm ²) 設計荷重 ω = ω _g + ω _p + s ω _s = 5.62 (N/cm) M = 93100 (N·cm) Q = 1023.1 (N) $\sigma / f_b = M / (f_b \times Z) = 0.34 \leq 1.0$ OK $\tau / f_s = (1.5 \times Q) / (f_s \times A) = 0.18 \leq 1.0$ OK $\delta = (5 \times \omega \times L^4) / (384 \times E \times I) = 1.23$ (cm) ≤ 2.00 OK $= l / 295 \leq 1/100$ OK			

タルキ JS II SPAN3,640mm



タルキ構造計算についての考察

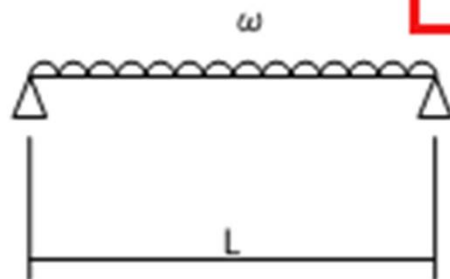
- JSⅡについては長期、および積雪時についてたわみの絶対値がNG
- という計算結果となった。

床根太 SPF 210@455

3.4.2 部材の設計

スパン3,640mm 床根太210@455

根太 SPF



根太
S-P-F 2級 3.8 × 23.5 (cm)

スパン $L = 364.0$ (cm)

負担幅 $w = 45.5$ (cm)

$I_0 = 4109.7$ (cm⁴)

$I = 4109.7$ (cm⁴)

$F_b = 21.60$ (N/mm²)

$E_b = 9600$ (N/mm²)

F_b 割増係数 = 1.25

$\omega_{g0} = 890$ (N/m²)

$Z_0 = 349.8$ (cm³)

$Z = 349.8$ (cm³)

$F_s = 1.80$ (N/mm²)

$\omega_{p0} = 1800$ (N/m²)

$A_0 = 89.3$ (cm²)

$A = 89.3$ (cm²)

$E_b = 9600$ (N/mm²)

$\omega_g = 4.05$ (N/cm)

$\omega_p = 8.19$ (N/cm)

長期 $f_b = 1.10 \times 1.25 \times F_b / 3 = 9.90$ $f_s = 1.10 \times F_s / 3 = 0.66$ (N/mm²)

設計荷重 $\omega = \omega_g + \omega_p = 12.24$ (N/cm)

$M = 202711$ (N·cm) $Q = 2227.6$ (N)

$\sigma / f_b = M / (f_b \times Z) = 0.59 \leq 1.0$ OK

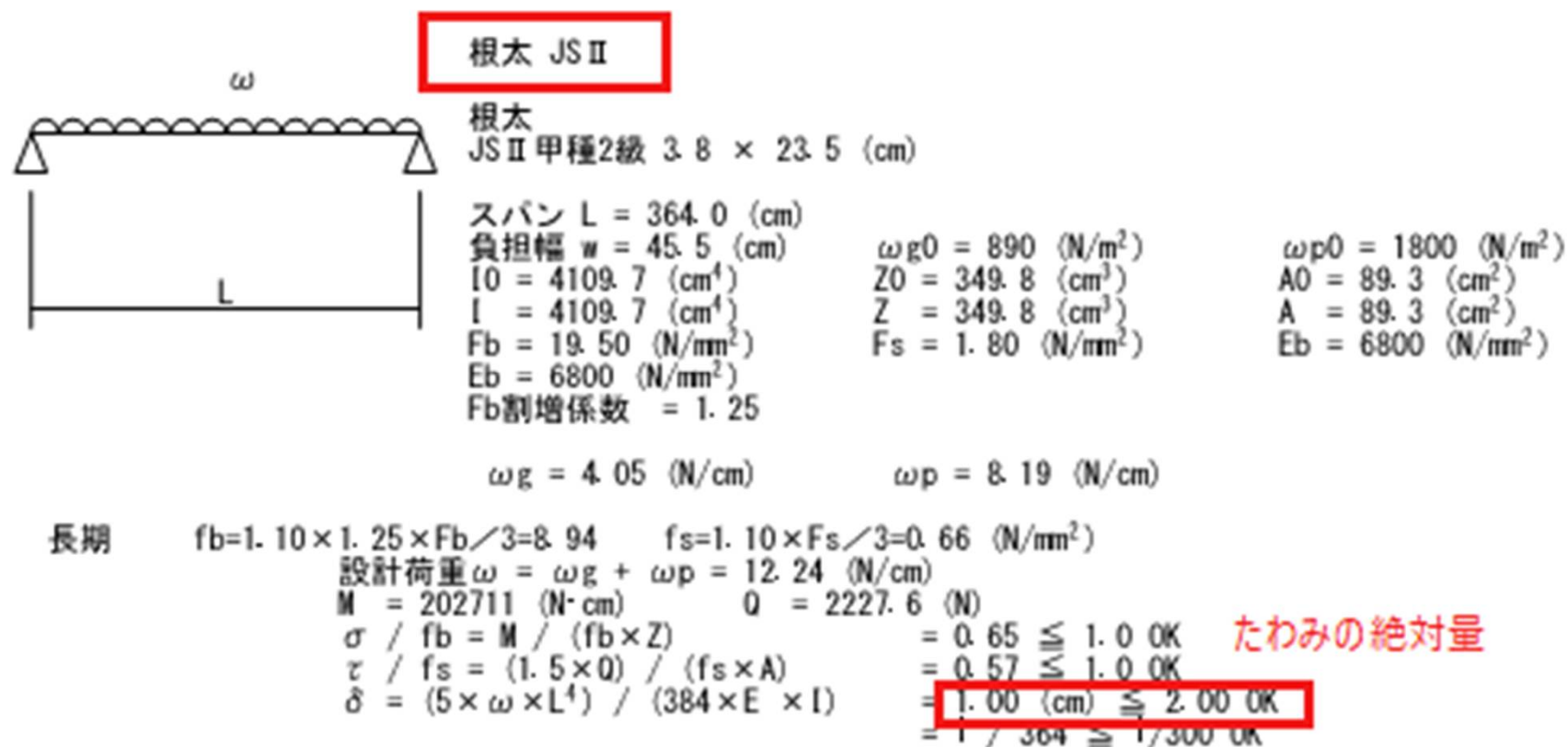
$\tau / f_s = (1.5 \times Q) / (f_s \times A) = 0.57 \leq 1.0$ OK

$\delta = (5 \times \omega \times L^4) / (384 \times E \times I) = 0.71$ (cm) ≤ 2.00 OK

$= 1 / 513 \leq 1 / 300$ OK

たわみの絶対量

床根太 JS II 210@455



床根太 構造計算についての考察(1)

- 床根太構造計算結果についての評価は一筋縄ではない。
- 構造計算では、たわみの許容絶対値については2cmとしているが
- 木構造の著名な先生である飯塚五郎蔵先生という方が書かれた『住宅
- デザインと木構造』という本の中で『普通規模の住宅床では、そのたわみの快適限度として $l/600$ 以内を確保したく、かつ7mm以上たわみの出ないのが健全設計であろう』と述べられている。そのあと、この本の中で
- 計算をされて、たわみの絶対値7mm以下の根拠を記述されている。

床根太 構造計算についての考察(2)

- 私は過去に自身の設計した物件で、住宅金融公庫のスパン表に則ったスパンと断面の選択により不都合が生じ、苦労して手直した経験もあり
- 床根太のたわみについては、設計者として飯塚先生の提唱された
- 数値を最低基準として、設計をしている。
- この数値については、設計者判断ということで、許容値については
- 幅があるということを知っていただきたいと思います。
- この点を踏まえて、計算結果を評価すると、SPF2級210@455スパン
- 3,640mmでギリギリセーフ。JSⅡ同部材とすると評価は△である。

床根太にJS II は使えないのか？

- 今までのSPFとJS II の材料の違いによる構造計算結果をそのまま
- 実務に適用してもよいかという私の疑問に対してもう一つの回答と
- いうべき論文のあることも皆様にお伝えしておいた方が良いと思うので
- お伝えします。
- それは、木材学会誌Vol.58, No.2, p90-99 (2012)に掲載されています。
- 論文名は『スギ桎組壁工法製材の力学的性能と強度等級区分』というもので宮崎県木材技術センターと宮崎大学教育文化学部研究者が
- 執筆されたものです。

JS II は横架材に使えないのか？

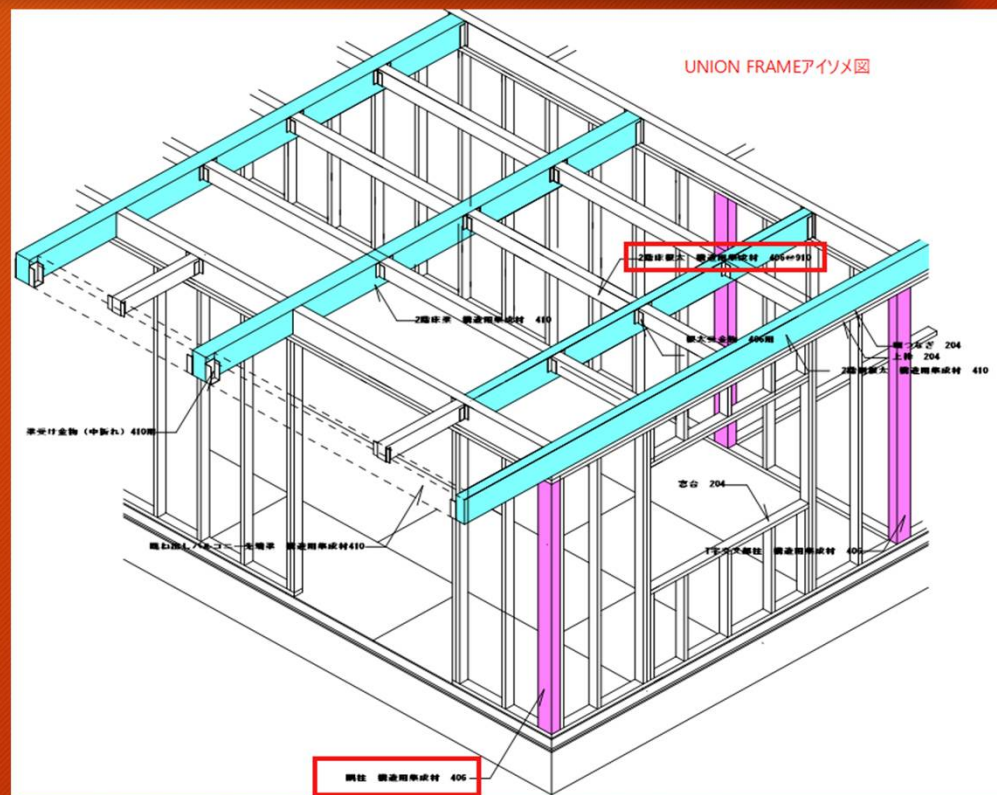
- この論文の結論ではJS II はSPF甲種2級の基準強度を上回っていること
- 目視等級では204について、特級が全体の80%、206については、特級が93.3%と特級が極めて高い比率を占めている。
- この論文の根拠となった宮崎県産材については204と206について種々の計測を行っているが、これだけ高い比率で特級が算出されるとすると
- 将来210が床根太用に出荷さえることがあれば、特級のみをその他と
- 分けて出荷し、コンポーネント会社ではSPAN3,640mm部分に特級を
- 優先的に配置するようにすればJS II の床根太への利用も拡大するのではないか。

スパンに応じた構造等級の使用

- この前のPPTでお話したように、工場から出荷される国産材料
- の大半が特級であれば、『SPAN3,640mmの部分には特級材
- を使用』と図面に記載するように習慣付ければ、国産材のより
- 合理的利用が進むのではないか。

国産材の構造性能に応じた使い方の例

右の図は弊社が開発したUNION FRAMEという枠組壁工法の根拠法令である国交省告示第1540号の範囲で床構面の合理化を計ったものですが、ここでは床根太406の構造用集成材を@910mm標準SPAN1,820mmで配して2階以上の階の床に無理なく国産材を使っています。現在は、床根太406は構造用集成材ですが、含水率を19%以下まで下げられれば無垢材の使用も可能です。(『枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格』第3条「寸法型式及び規定寸法」に規格が定められているのは408まで)



UNION FRAME補足

- この工法は、枠組壁工法の床構成、壁という支点間に成の大きな床根太を@455間隔で架け渡すという方法から1820mm間隔に架けた梁に406という断面の小さな根太を910mm間隔に配することにより部材点数を減らし、床構成の合理化を計ったものです。従来の床構成とは異なった分、ある意味同じ土俵での勝負をしていないとも言えます。このような
- 床構成もあるということも、知っていただければ、将来、何かの役に立つかと思い、紹介申し上げました。

国産材の将来について

- 長い間、日本の枠組壁工法の躯体の構成方法は1974年のオープン化
- 以来、ほとんど変わっていませんでした。変わったのは、1階の床の構成
- 位でした。オープン時、1階床根太は210が普通でした。それが、途中で
- 大引きを設置し、床根太206、(会社によっては204)になり、厚物合板の
- 導入により根太レスが主流となりました。
- 国交省告示第1540号の範囲でも、少し視点を変えて、最後にお話した
- UNION FRAMEなどであれば、曲げ強度や弾性係数が若干低くても、**部材強度に応じた材料の生かし方**はあります。そこに、国産材の利用拡大のヒントがあるかもしれません。

ご清聴ありがとうございました

