

スパン表の計算方法

工 藤 修

キーワード：スパン表、許容応力度計算、断面計算

はじめに

建物を建設する場合、構造計算を行って必要な部材寸法を算出するのが一般的です。建築構造材として用いられる鋼材では部材断面と使用条件に対応したスパン表が作成されており、建築設計に役立つようになっています。しかし、一般に在来構法と呼ばれている木造軸組構法住宅を建設する場合、柱の小径と壁倍率を略算することで正式な構造計算を省略できるため、木材のスパン表は準備されていませんでした。

近年、建築設計事務所から木材販売会社に対し、設計の際、部材寸法を簡単に拾い出せる木材のスパン表が欲しいという要望があり、旭川木材青壮年協議会から林産試験場へ木材のスパン表作成の要請がありました。

木材は樹種ごとに、また同じ樹種でも欠点の状態(等級)により強さが異なり、樹種、等級ごとにスパン表を作成することは非常に煩雑になります。そこで、代表的な樹種について林産試験場がスパン表(部材断面表)を作成し、北海道木材利用推進協議会から1999年12月、パンフレット「木造のすすめ－製材及び構造用集成材の構造設計－」が発行されました。その後、改正建築基準法が2000年6月から全面施行となり、関連告示なども順次整備されてきました。ここでは新しい建築基準法令に従った梁などの断面計算方法について簡単に説明し、今後、上記パンフレット改訂版発行の参考にしたいと思います。

建築基準法の改正に伴う変更

建築基準法の改正に伴う変更点のうち、スパン表に関わるものは以下の通りです。

①これまで、一定の樹种群ごとに一つの数値で与えられていた材料強度が、基準強度の名称になり、樹種・等級に応じた数値で示されるようになりました。

②従来、木材の樹種区分ごとに具体的な数値で示さ

表1 許容応力度に関する表

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
$\frac{1.1}{3} F_c$	$\frac{1.1}{3} F_t$	$\frac{1.1}{3} F_b$	$\frac{1.1}{3} F_s$	$\frac{2}{3} F_c$	$\frac{2}{3} F_t$	$\frac{2}{3} F_b$	$\frac{2}{3} F_s$

この表において、 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s は、それぞれ木材の種類及び品質に応じて国土交通大臣が定める圧縮、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。

注) 構造用集成材についても同様

れていた材料の許容応力度が、基準強度に係数を掛ける数式になりました(表1参照)。あわせて、長期許容応力度が若干変更になっています。

③屋根の積雪荷重について、屋根形状係数の計算式が導入され、従来、屋根勾配によって階段状に変化していた荷重値が、曲線状に変化する値になりました。

④告示で床梁のたわみ制限がスパンの1/250と明確になりました。

⑤計量単位の国際単位系(SI)への移行に伴い、力の単位がkgfからN(ニュートン)へ、単位面積当たり荷重の単位がkgf/m²からN/m²へ、許容応力度、基準強度などの単位がkgf/cm²からN/mm²へと変わりました。

製材及び構造用集成材

建築材料として用いられる代表的な木材には構造用製材と構造用集成材があります。これらについては、針葉樹の構造用製材の日本農林規格(平成3年1月31日農林水産省告示第143号)、構造用集成材の日本農林規格(平成8年1月29日農林水産省告示第111号)に定めがあります。

構造用製材は「建築物の構造耐力上主要な部分に使用する製材」で、目視等級区分製材と機械等級区分製材に分けられ、さらに、目視等級区分製材は甲種構造材と乙種構造材に分けられます。目視等級区分製材は「構造用製材のうち、節、丸身など、材の欠点を目視

により測定し、等級区分」したものです。甲種構造材は「目視等級区分製材のうち、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」、乙種構造材は「目視等級区分製材のうち、主として圧縮性能を必要とする部分に使用するもの」で、欠点の程度によってそれぞれ1～3級に区分されます。機械等級区分製材は「構造用製材のうち、機械によりヤング係数を測定し、等級区分」したものです。

構造用集成材は、構成する薄板(ひき板またはラミナ)の組合せ方によって異等級構成集成材と同一等級構成集成材に区分されます。さらに、異等級構成集成材はひき板の構成が断面中央部に対して対称なもの(対称構成)と対称でないもの(非対称構成)とに分けられます。また、断面の大きさによって、大断面集成材(集成材の短辺が15cm以上かつ断面積が300cm²以上のもの)、中断面集成材(集成材の短辺が7.5cm以上かつ長辺が15cm以上のもので、大断面集成材以外のもの)、小断面集成材(集成材の短辺が7.5cm未満又は長辺が15cm未満のもの)に分けられます。集成材の等級はヤング係数(E)と曲げ強さ(F)の組合せで表されます。たとえば、ヤング係数が105×10³kgf/cm²(10.3×10³N/mm²または10.3GPa)、曲げ強さが300kgf/cm²(29.4N/mm²)の場合はE105-F300となります。

荷重条件

部材の断面計算を行う場合、その部材がどのように用いられ、どのような力(荷重)が加わるかをあらかじめ想定しなければなりません。

梁などの曲げ部材に加わる荷重には固定荷重、積載荷重、積雪荷重が考えられます。固定荷重は部材の自重及びその部材に関わる仕上げ材などの重量、積載荷重はその部材に載る家具や人間の重量、積雪荷重は屋根に積もった雪の重量で、部材ごとに以下のような組み合わせになります。

2階床梁に加わる荷重=固定荷重(2階床仕上げ材重量+床梁自重+1階天井仕上げ材重量)+積載荷重(部屋の用途によって異なる値)

母屋に加わる荷重=固定荷重(屋根仕上げ材重量+母屋自重)+積雪荷重(屋根に積もった雪の重量)

小屋梁に加わる荷重=固定荷重(屋根仕上げ材重量+母屋重量+小屋梁自重+天井仕上げ材重量)+積雪荷重(屋根に積もった雪の重量)

固定荷重、積載荷重、積雪荷重については、建築基

準法施行令第84～86条に代表的な数値、計算法が示されています。

許容応力度・基準強度

断面計算では、加わる荷重によって部材内部に発生する応力が許容応力度(部材に許される応力の大きさ)を超えないこと及び梁のたわみが許容たわみ量以下であることを確認しなければなりません(許容応力度計算)。

製材や集成材を用いた木造建築物の部材断面を計算する場合、それぞれの許容応力度やヤング係数が必要になります。表1に示すように、許容応力度は基準強度に係数を掛ける形になっています。その基準強度は、製材については建設省告示第1452号(平成12年5月31日)に、集成材については国土交通省告示第1024号(平成13年6月12日)に示されています。

曲げヤング係数の具体的数値及びたわみ制限

建築基準法には曲げヤング係数の数値が示されていません。そこで、日本建築学会「木質構造設計規準」に示されたヤング係数をSI単位に換算して用いることとします。なお、「木質構造設計規準」の普通構造材、上級構造材はそれぞれ目視等級区分製材甲種の2級、1級にほぼ相当します。構造用集成材のヤング係数は、等級表示のEとして示された数値を100で割り、さらに9.80665倍すればGPa(SI単位)の値になります。

平成12年5月31日建設省告示第1459号に、長期荷重に対してヤング係数値を1/2、床梁のたわみはスパンの1/250とすることが規定されています。床梁以外のたわみ制限については明示されていませんので、ほぼ従来の考え方にしたがって、長期荷重に対する母屋のたわみはスパンの1/100、小屋梁のたわみはスパンの1/150とします。ただし、たわみの制限値が定まっている場合などは、別途、計算をし、断面を求める必要があります。

断面計算の方法

以下の計算において、荷重は等分布と仮定します。長期間等分布荷重を受ける梁の最大たわみは

$$\delta_L = \frac{50wl^4}{384EI} = \frac{50wl^4}{32E_Lbh^3}$$

で示されます。

前項のたわみ制限から、床梁、母屋、小屋梁のたわ

みの値がそれぞれスパンの1/250, 1/100, 1/150より小さくなければなりません。その条件及び単位をそろえて整理し、梁の高さhについて表すと、それぞれ

$$\delta_L = \frac{50wl^4}{32E_Lbh^3} < \frac{100l}{250} \quad \text{から} \quad h^3 > \frac{250wl^3}{64E_Lb} \quad (1)$$

$$\delta_L = \frac{50wl^4}{32E_Lbh^3} < \frac{100l}{100} \quad \text{から} \quad h^3 > \frac{50wl^3}{32E_Lb} \quad (2)$$

$$\delta_L = \frac{50wl^4}{32E_Lbh^3} < \frac{100l}{150} \quad \text{から} \quad h^3 > \frac{150wl^3}{64E_Lb} \quad (3)$$

となります。同様にして、長期曲げ許容応力度、長期せん断許容応力度の式から

$$h^2 > \frac{3wl^2}{4bf_{Lb}} \quad (4) \quad h > \frac{3wl}{400bf_{Ls}} \quad (5)$$

が得られます。

ここでE_L：梁の長期曲げヤング係数(GPa)

b：梁の幅(cm)

h：梁の高さ(cm)

w：単位長当たりの等分布荷重(N/m)

l：梁のスパン(m)

δ_L：梁のたわみ(cm)

f_{Lb}：長期曲げ許容応力度(N/mm²)

f_{Ls}：長期せん断許容応力度(N/mm²)

以上の計算方法で算出された断面寸法のうち、一番大きなものを設計断面とします。

2階床梁の具体的計算方法

断面計算の一例として、以下の条件に基づき、2階床梁の断面を求めてみます。

- ・2階床：板張り(重量150N/m²)
- ・梁材：目視等級区分製材えぞまつ甲種1級を使用(長期曲げヤング係数3.9GPa, 長期曲げ許容応力度12.5N/mm², 長期せん断許容応力度0.7N/mm²)
- ・梁スパン：3.64m(梁自重100N/m²)
- ・梁間隔：1.82m
- ・1階天井仕上げ材：木毛セメント板(重量200N/m²)
- ・部屋の用途：事務室(梁の強度計算をする場合の積載荷重1,800N/m², 梁のたわみ計算をする場合の積載

荷重800N/m²)

以上の条件から単位面積当たりの設計荷重Wは、梁の強度計算をする場合

$$W=150+100+200+1,800=2,250\text{N/m}^2$$

梁のたわみ計算をする場合

$$W=150+100+200+800=1,250\text{N/m}^2$$

となります。

梁の単位長(1m)当たりの等分布荷重wは、梁間隔をdとするとw=Wdで表されます。先に求めた設計荷重と、梁間隔1.82mから、梁の強度計算をする場合

$$w=2,250 \times 1.82=4,095\text{N/m}$$

梁のたわみ計算をする場合

$$w=1,250 \times 1.82=2,275\text{N/m}$$

となります。

(1)式でw=2,275, l=3.64, E_L=3.9, 梁の幅bを10.5cm及び12.0cmとして梁の高さhを算出します。(4), (5)式ではf_{Lb}=12.5, f_{Ls}=0.7を代入し、同様にして梁の高さを求めます。

これら計算値を構造用製材の規定寸法に当てはめて整理すると表2になります。このうち最大の断面であるb=10.5cm, h=24.0cm及びb=12.0cm, h=21.0cmが求める寸法となります。

表2 断面計算結果

計 算 方 法	梁 の 高 さ	
	梁の幅 10.5cmの場合	梁の幅 12.0cmの場合
たわみ制限による断面計算	24.0cm	21.0cm
曲げ許容応力度による断面計算	18.0cm	18.0cm
せん断許容応力度による断面計算	18.0cm	15.0cm

スパン表の作成

前項に示した計算を、種々の梁スパン、樹種、等級、梁間隔に応じて行い、その結果を一覧表にまとめます。母屋や小屋梁も同様にして計算します。母屋や小屋梁の場合には積載荷重はなく、代わりに積雪荷重が加わります。積雪荷重は建物が建設される地区の垂直積雪量、屋根勾配に応じた屋根形状係数、積雪の単位重量及び屋根の水平投影面積を掛け合わせて算出します。

このようにしてできあがったものが「スパン表」です。参考までに、スパン表の一部を表3に示します。

表3 2階床梁断面表 (一部)

梁スパン (m)	樹種	等級	梁間隔 (m)				
			0.91	1.82	2.73	3.64	
			幅cm×高cm	幅cm×高cm	幅cm×高cm	幅cm×高cm	
2.73	べいまつ	甲種1級	10.5×12.0 12.0×12.0	10.5×15.0 12.0×15.0	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×21.0 12.0×18.0	
		甲種2級	10.5×13.5 12.0×12.0	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×21.0 12.0×21.0	10.5×24.0 12.0×24.0	
	からまつ	甲種1級	10.5×13.5 12.0×12.0	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×21.0 12.0×18.0	10.5×21.0 12.0×21.0	
		甲種2級	10.5×13.5 12.0×13.5	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×21.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×21.0	
	えぞまつ とどまつ	甲種1級	10.5×13.5 12.0×13.5	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×21.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×21.0	
		甲種2級	10.5×15.0 12.0×13.5	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×21.0 12.0×21.0	10.5×24.0 12.0×21.0	
	すぎ	甲種1級	10.5×13.5 12.0×13.5	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×21.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×21.0	
		甲種2級	10.5×15.0 12.0×13.5	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×21.0 12.0×21.0	10.5×24.0 12.0×21.0	
	3.64	べいまつ	甲種1級	10.5×18.0 12.0×15.0	10.5×21.0 12.0×21.0	10.5×24.0 12.0×24.0	10.5×27.0 12.0×24.0
			甲種2級	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×21.0	10.5×27.0 12.0×27.0	10.5×33.0 12.0×30.0
		からまつ	甲種1級	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×21.0	10.5×27.0 12.0×24.0	10.5×27.0 12.0×27.0
			甲種2級	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×21.0	10.5×27.0 12.0×24.0	10.5×30.0 12.0×27.0
えぞまつ とどまつ		甲種1級	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×21.0	10.5×27.0 12.0×24.0	10.5×33.0 12.0×27.0	
		甲種2級	10.5×21.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×24.0	10.5×27.0 12.0×27.0	10.5×33.0 12.0×30.0	
すぎ		甲種1級	10.5×18.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×21.0	10.5×27.0 12.0×24.0	10.5×33.0 12.0×27.0	
		甲種2級	10.5×21.0 12.0×18.0	10.5×24.0 12.0×24.0	10.5×27.0 12.0×27.0	10.5×33.0 12.0×30.0	
4.55		べいまつ	甲種1級	10.5×21.0 12.0×21.0	10.5×27.0 12.0×24.0	10.5×30.0 12.0×30.0	10.5×33.0 12.0×33.0
			甲種2級	10.5×21.0 12.0×21.0	10.5×30.0 12.0×27.0	10.5×36.0 12.0×33.0	
		からまつ	甲種1級	10.5×24.0 12.0×21.0	10.5×27.0 12.0×27.0	10.5×33.0 12.0×30.0	10.5×36.0 12.0×33.0
			甲種2級	10.5×24.0 12.0×24.0	10.5×30.0 12.0×27.0	10.5×33.0 12.0×33.0	12.0×36.0
	えぞまつ とどまつ	甲種1級	10.5×24.0 12.0×24.0	10.5×30.0 12.0×27.0	10.5×33.0 12.0×33.0	12.0×36.0	
		甲種2級	10.5×24.0 12.0×24.0	10.5×30.0 12.0×30.0	10.5×36.0 12.0×33.0	12.0×36.0	
	すぎ	甲種1級	10.5×24.0 12.0×24.0	10.5×30.0 12.0×27.0	10.5×33.0 12.0×33.0	12.0×36.0	
		甲種2級	10.5×24.0 12.0×24.0	10.5×30.0 12.0×30.0	10.5×36.0 12.0×33.0	12.0×36.0	

梁材：目視等級区分製材

用途：事務室 2階床：板張り 1階天井仕上げ：木毛セメント板張り

おわりに

建築物の設計にあたって利用される木材のスパン表について、その計算方法を説明してきました。どうしても専門的にならざるを得ず、理解のしにくい部分もあったかと思えます。不明な点があれば遠慮なく林産試験場へ問い合わせして下さい。木材が建築構造材として有効かつ適切に利用されることを願ってやみません。

(林産試験場性能部 主任研究員)

