

組立柱の座屈耐力計算法

工 藤 修

A Method of Calculating the Buckling Strength of Nailed Built-up Wood Columns

Osamu KUDO

To calculate the buckling strength of nailed built-up wood columns such as layered columns, spaced columns with stiffeners, and spaced columns with horizontal braces, a common calculation procedure was developed from Tsujii's theory. The procedure is as follows :

- (1) Calculating the elastic foundation depth (eqs.(1) to (3)).
- (2) Calculating the slip modulus K_s (eq. (4)).
- (3) Calculating the effective stiffness ratio k_e (eqs.(5) and (6)).
- (4) Applying the rigid-frame calculation method to built-up members.
- (5) Calculating the deflection of the built-up members due to the bending and the shear displacement (eqs.(14) to (17)).
- (6) Calculating the effective ratio of rigidity ξ (eq. (18)).
- (7) Calculating the buckling load (eq. (19)).

The results of the calculations were compared with the experimental ones. Some variance was found between them, but it was considered that it was possible to estimate the buckling strength of the built-up members.

組立柱の座屈耐力の計算にあたって、重ね柱、飼木式すかし柱、添え板式すかし柱に共通して適用できる計算式を検討するため、辻井⁴⁾の理論を拡張し適用した。計算手順は次のとおりである。

- (1) くぎ面圧定数の計算 ((1) ~ (3) 式)
- (2) すべり係数 k_s の計算 ((4) 式)
- (3) 接合部の有効剛比 k_e の計算 ((5) ~ (6) 式)
- (4) 組立材へのラーメン計算の適用
- (5) 組立材の曲げ変形、せん断変形によるたわみの計算 ((14) ~ (17) 式)
- (6) 剛性有効率 ξ の計算 ((18) 式)
- (7) 座屈荷重の計算 ((19) 式)

この計算法による計算結果と実験結果を比較した結果、かなりのバラツキはあるものの、座屈耐力の予測が一定程度可能であると判断された。

1. はじめに

くぎ接合組立柱に対する座屈荷重計算式は、これまでいくつか報告されており^{1)~4)}、それらの適合性について前報⁵⁾で検討した。しかし、それらは、種々の形態の組立柱に統一的に適用することは困難なように思われる。

そこで、今回、3層重ね柱、飼木式すかし柱、添え板式すかし柱に共通して適用できる計算式を検討するため、辻井⁴⁾の考え方を拡張し、前報の実験結果などと比較検討を行ったので報告する。

2. 計算式

辻井⁴⁾は飼木式すかし柱をラーメンに置き換え、つなぎ材の大きさ、構造に応じて、それに適当な有効剛比を与える計算式を提案し、日本建築学会の木構造設計規準⁶⁾に採用されている。

ここで、接合部の有効剛比の計算が問題となるが、これについては弾性床理論を適用した沢田⁷⁾の計算式が示されている。

この報告では、飼木式すかし柱に対する辻井の計算方法が3層重ね柱、添え板式すかし柱にも適用可能かどうかを検討した。その際、接合部の有効剛比の算出にあたっては、沢田の計算式を用いることとした。

また、圧縮材では、初期剛性が問題であり、これに対するつなぎの配置形式の影響が少ないので、つなぎ配置は等間隔として検討をすすめた。

2.1 接合部の有効剛比の計算

まず、組立柱の形態（重ね柱、飼木式すかし柱、添え板式すかし柱）を決め、それに使用する個材の断面寸法、長さ、接合に用いるくぎの寸法、一接合部のくぎ打ち本数を決定する。以下、次の手順によって接合部の有効剛比を算出する。

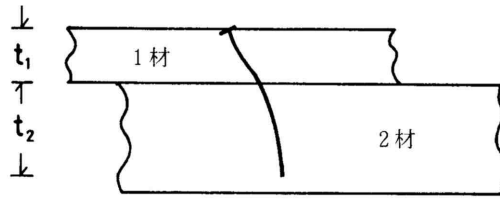
(1) くぎ面圧定数 の算出

これについては、針葉樹材に対して中谷ら⁸⁾の計算式を、合板に対しては松尾ら⁹⁾の計算式を用いる。

針葉樹材の場合

$$= 5.67d + 1.14 \cdot \dots \dots \dots (1)$$

合板// (表板繊維方向が材軸と平行) の場合



第1図 弾性床理論によるくぎの変形曲線

$$= 6.5d + 1.50 \cdot \dots \dots \dots (2)$$

合板 (表板繊維方向が材軸と垂直) の場合

$$= 6.5d + 1.00 \cdot \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 : くぎ面圧定数 (cm)

d : 使用くぎ径 (cm)

(2) 一面せん断接合に対するすべり係数Kの算出¹⁰⁾ (第1図参照)

$$K_s = \frac{4 E_s I_s \mu_i^3}{(1 + \omega^2) (\coth \mu_1 t_1 + \omega \coth \mu_2 t_2)} \dots \dots (4)$$

ここで、 K_s : すべり係数 (tonf/cm)

$E_s I_s$: 使用くぎの曲げ剛性 (tonf · cm²)

$$\mu_1 = (E_1 d / 4 \mu_1 E_s I_s)^{1/4}$$

$$\mu_2 = (E_2 d / 4 \mu_2 E_s I_s)^{1/4}$$

E_1 : 1材のヤング係数 (tonf/cm²)

E_2 : 2材のヤング係数 (tonf/cm²)

μ_1 : 1材のくぎ面圧定数 (cm)

μ_2 : 2材のくぎ面圧定数 (cm)

d : 使用くぎ径 (cm)

t_1 : 1材の材厚 (cm)

t_2 : 2材へのくぎ打ち込み深さ (cm)

$$= \mu_1 / \mu_2$$

(3) 接合部の有効剛比 k_e の算出⁷⁾

接合部の有効剛比については、沢田⁷⁾の弾性床理論にもとづく理論算出式を用いる。

重ね柱の場合

$$k_e = \frac{r K_s \ell}{EA} \dots \dots \dots (5)$$

② 飼木式すかし柱, 添え板式すかし柱の場合

$$k_e = \frac{(S+h)^2 r K_s l}{2h^2 EA} \dots\dots\dots (6)$$

- ここで, k_e : 接合部の有効剛比
- s : 主材間のあき (cm)
- h : 主材厚 (cm)
- r : 一接合部, 一主材あたりのくぎ打ち本数
- K_s : すべり係数 (tonf/cm)
- l : 主材の両端接合部間距離 (cm)
- E : 主材のヤング係数 (tonf/cm²)
- A : 主材断面積 (cm²)

2. 2 組立材のラーメン計算

組立材をラーメンに置き換え, ラーメン計算を行う。

ラーメンの標準剛度を

$$K_0 = \frac{EI}{l} \dots\dots\dots (7)$$

とおく。

- ここで, K_0 : 標準剛度 (tonf・cm)
- E : 主材のヤング係数 (tonf/cm²)
- I : 主材の断面二次モーメント (cm⁴)
- l : 主材の両端接合部間距離 (cm)

接合部間における主材部の剛度は

$$K_n = \frac{EI}{c} \dots\dots\dots (8)$$

となる。

- ここで, K_n : 接合部間における主材部の剛度 (tonf・cm)
- c : 接合間隔 (cm)

したがって, 接合部間における主材部の剛比 k は

$$k = \frac{K_n}{K_0} = \frac{l}{c} \dots\dots\dots (9)$$

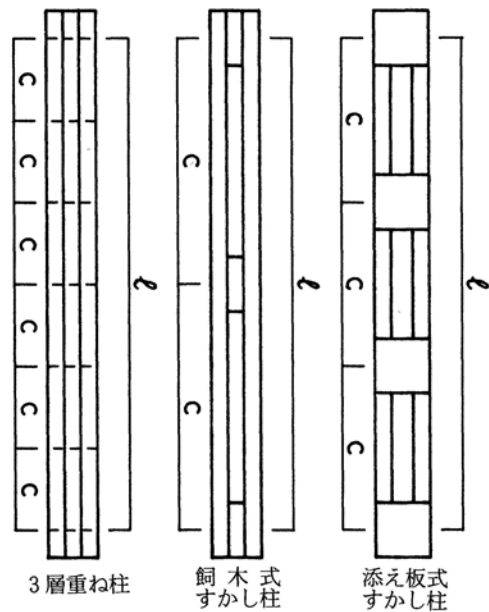
となる。(c, lについては第2図参照)

2. 2. 1 主材数が2の場合

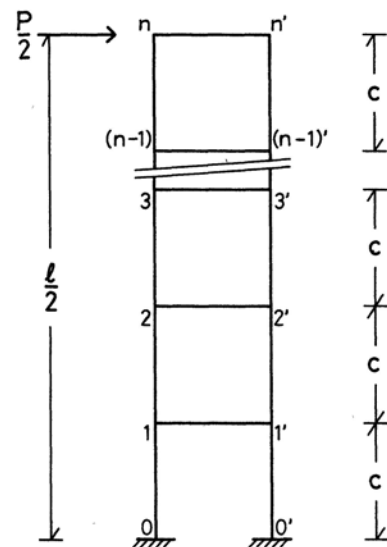
(1) 接合が2n分点配置の場合

組立材の半分を第3図のようなラーメンに置き換え, ラーメン計算を行う。たわみ角法を適用すると次のようになる。

[林産試験場報 Vol. 1, No. 1, 1987]



第2図 組立柱の符号
c: 接合部間隔 l: 両端接合部間距離



第3図 組立材の置き換えラーメン (2主材の場合)

① 節点方程式 $\sum M_i = 0$ から

$$k \phi_{i-1} + (4k + 3k_e) \phi_i + k \phi_{i+1} + k \psi_i + k \psi_{i+1} = 0$$

$i = 1, 2, 3, \dots, (n-1)$

② 節点方程式 $\sum M_n = 0$ から

$$k\phi_{n-1} + (2k + 3k_e)\phi_n + \kappa\psi_n = 0$$

③ 層方程式 $2(M_{(i-1)i} + M_{i(i-1)}) + Pc/2 = 0$ から

$$3k\phi_{i-1} + 3k\phi_i + 2\kappa\psi_i = -Pc/4$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

これらの連立方程式を解いて、 ϕ_i, ψ_i をもとめる。

(2) 接合が $(2n+1)$ 分点配置の場合

第3図で 01 及び $0' 1'$ 部材の長さが $c/2$ となる。

したがって、 01 及び $0' 1'$ 部材の剛比は

$$k' = \frac{I}{c/2} = \frac{2I}{c} = 2k$$

となる。

① 節点方程式 $\Sigma M_i = 0$ から
 $(6k + 3k_e)\phi_1 + k\phi_2 + 2k\psi_1 + k\psi_2 = 0$

② 節点方程式 $\Sigma M_i = 0$ から
 $k\phi_{i-1} + (4k + 3k_e)\phi_i + k\phi_{i+1} + k\psi_i + k\psi_{i+1} = 0$
 $i = 2, 3, 4, \dots, (n-1)$

③ 節点方程式 $\Sigma M_n = 0$ から
 $k\phi_{n-1} + (2k + 3k_e)\phi_n + k\psi_n = 0$

④ 層方程式 $2(M_{01} + M_{10}) + Pc/4 = 0$ から
 $3k\phi_1 + 2k\psi_1 = -Pc/16$

⑤ 層方程式 $2(M_{(i-1)i} + M_{i(i-1)}) + Pc/2 = 0$ から
 $3k\phi_{i-1} + 3k\phi_i + 2k\psi_i = -Pc/4$
 $i = 2, 3, 4, \dots, n$

これらの連立方程式を解いて ϕ_i, ψ_i をもとめる。

2.2.2 主材数が3の場合

(1) 接合が $2n$ 分点配置の場合

第4図に示すように、節点を i, i', i'' とすると、

$$\phi_i = \phi_{i''}$$

となる。

① 節点方程式 $\Sigma M_i = 0$ から
 $k\phi_{i-1} + (4k + 2k_e)\phi_i + k\phi_{i+1} + k_e\phi_{i'} + k\psi_i + k\psi_{i+1} = 0$
 $i = 1, 2, 3, \dots, (n-1)$

② 節点方程式 $\Sigma M_n = 0$ から
 $k\phi_{n-1} + (2k + 2k_e)\phi_n + k_e\phi_{n'} + k\psi_n = 0$

③ 節点方程式 $\Sigma M_{i'} = 0$ から
 $2k_e\phi_i + k\phi_{(i-1)'} + (4k + 4k_e)\phi_{i'} + k\phi_{(i+1)'} + k\psi_i + k\psi_{i+1} = 0$
 $i = 1, 2, 3, \dots, (n-1)$

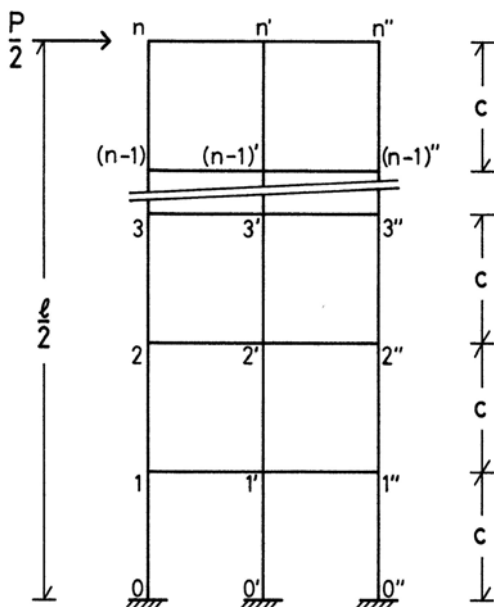
④ 節点方程式 $\Sigma M_{n'} = 0$ から
 $2k_e\phi_n + k\phi_{(n-1)'} + (2k + 4k_e)\phi_{n'} + k\psi_n = 0$

⑤ 層方程式 $2(M_{(i-1)i} + M_{i(i-1)}) + M_{(i-1)'} + M_{i(i-1)'} + Pc/2 = 0$ から
 $2k\phi_{i-1} + 2k\phi_i + k\phi_{(i-1)'} + k\phi_{i'} + 2k\psi_i = -Pc/6$
 $i = 1, 2, 3, \dots, n$

これらの連立方程式を解いて $\phi_i, \phi_{i'}, \psi_i$ をもとめる。

(2) 接合が $(2n+1)$ 分点配置の場合

第4図で、 $01, 0' 1', 0' 1''$ 部材の長さが $c/2$ となる。したがって、それらの部材の剛比は $2k$ となる。



第4図 組立材の置き換えラーメン (3主材の場合)

る。

節点方程式 $M_1=0$ から
 $(6k+2k_e) \theta_1 + k \theta_2 + k_e \theta_1 + 2k \theta_1 + k \theta_2 = 0$

節点方程式 $\sum M_i = 0$ から
 $k \theta_{i-1} + (4k+2k_e) \theta_i + k \theta_{i+1} + k_e \theta_i + k \theta_i + k \theta_{i+1} = 0$
 $i = 2, 3, 4, \dots, (n-1)$

節点方程式 $\sum M_n = 0$ から
 $k \theta_{n-1} + (2k+2k_e) \theta_n + k_e \theta_n + k \theta_n = 0$

節点方程式 $\sum M_1 = 0$ から
 $2k_e \theta_1 + (6k+4k_e) \theta_1 + k \theta_2 + 2k \theta_1 + k \theta_2 = 0$

節点方程式 $\sum M_i = 0$ から
 $2k_e \theta_i + k \theta_{(i-1)} + (4k+4k_e) \theta_i + k \theta_{(i+1)} + k \theta_i + k \theta_{i+1} = 0$
 $i = 2, 3, 4, \dots, (n-1)$

節点方程式 $\sum M_n = 0$ から
 $2k_e \theta_n + k \theta_{(n-1)} + (2k+4k_e) \theta_n + k \theta_n = 0$

層方程式 $2(M_{01} + M_{10}) + M_{01} + M_{10} + Pc/4 = 0$ から

$2k \theta_1 + k \theta_1 + 2k \theta_1 = -Pc/24$

層方程式 $2(M_{(i-1)i} + M_{i(i-1)}) + M_{(i-1)i} + M_{i(i-1)} + Pc/2 = 0$ から

$2k \theta_{i-1} + 2k \theta_i + k \theta_{(i-1)} + k \theta_i + 2k \theta_i = -Pc/6$
 $i = 2, 3, 4, \dots, n$

これらの連立方程式を解いて $\theta_i, \theta_{i-1}, \theta_{i+1}$ をもとめる。

る。

2.3 剛性有効率の計算

組立柱の剛性有効率 R_i を次の手順により求める。

(1) 部材角 R_i の算出

$R_i = - \theta_i / 6K_{\sigma} \dots \dots \dots (10)$

(2) 節点モーメント $M_{ii}, M_{i-1,i}$ の計算

主材数が2の場合

$M_{ii} = 3k_e \theta_i$

主材数が3の場合

$M_{ii} = k_e (2 \theta_i + \theta_{i-1})$

$M_{i-1,i} = k_e (\theta_i + 2 \theta_{i-1})$

(3) M_{ii} の計算

主材数が2の場合

$M_{ii} = 2M_{ii} = 6k_e \theta_i \dots \dots \dots (11)$

主材数が3の場合

$M_{ii} = 2(M_{ii} + M_{i-1,i}) = 6k_e (\theta_i + \theta_{i-1}) \dots (12)$

(4) 組立柱の中央集中荷重による曲げの中央たわみの算出

曲げスパンは組立柱の両端接合部間とする。組立柱の中央たわみは

$\delta = \delta_b + \delta_s \dots \dots \dots (13)$

で表される。

ここで、 δ_b : 組立柱の中央集中荷重による中央たわみ

δ_s : 組立柱の曲げ変形によるたわみ

δ_s : 組立柱のせん断変形によるたわみ

第1表 エゾマツ3層重ね柱の計算結果

No.	E	b	h	c	P_{max}	P_{cal}	$\frac{P_{max}}{P_{cal}}$
NL 1	141	10.0	3.3	10	9290	7296	1.273
2	123	10.0	3.3	10	8310	6444	1.290
3	107	10.0	3.3	10	7220	5676	1.272
Av.							1.278
NL 4	120	10.0	3.3	20 ^{a)}	8830	4783	1.846
5	111	10.0	3.3	20 ^{a)}	8260	4461	1.852
6	130	10.0	3.3	20 ^{a)}	12200	5137	2.375
Av.							2.024
NL 7	136	10.0	3.3	30	7760	4481	1.732
8	128	10.0	3.3	30	8060	4246	1.898
9	104	10.0	3.3	30	7760	3530	2.198
Av.							1.943
NL 10	116	10.0	3.3	55 ^{b)}	5150	3002	1.716
11	125	10.0	3.3	55 ^{b)}	6280	3210	1.956
12	134	10.0	3.3	55 ^{b)}	5560	3416	1.628
Av.							1.767

注) E : 主材の平均ヤング係数 (tonf/cm²), b : 主材幅 (cm), h : 主材厚 (cm), c : 接合部間隔 (cm)
 P_{max} : 実測座屈荷重 (kgf), P_{cal} : 計算座屈荷重 (kgf)

a) 中央部のみ 30, b) 中央部のみ 50

接合が2n分点配置の場合

$$\delta_b = \frac{1}{2EJ} \sum \bar{M}_i \cdot i \cdot c (\ell - i \cdot c) \dots\dots(14)$$

$$\delta_s = \sum c R_i \dots\dots(15)$$

接合が(2n+1)分点配置の場合

$$\delta_b = \frac{i}{2EJ} \sum \bar{M}_i \cdot \frac{2i-1}{2} \cdot c (\ell - \frac{2i-1}{2} \cdot c) \dots\dots(16)$$

$$\delta_s = \sum c R_i - \frac{c}{2} R_i \dots\dots(17)$$

ここで, EJ: 組立柱の計算上の剛性
(5) 剛性有効率の計算

$$\xi = \frac{\delta_o}{\delta} = \frac{\delta_o}{\delta_b + \delta_s} \dots\dots(18)$$

ここで, ξ : 組立柱の剛性有効率

$$\delta_o = \frac{P \ell^3}{48 \sum EI}$$

第2表 エゾマツ飼木式すかし柱の計算結果

No.	E	b	h	c	s	r	P _{max}	P _{cal}	$\frac{P_{max}}{P_{cal}}$
S 1	139	10.4	4.8	132.5	4.8	6	9640	6840	1.409
2	135	10.3	4.8	132.5	4.8	6	7640	6626	1.153
3	128	10.4	4.7	132.5	4.8	6	8860	6064	1.461
Av.									1.341
S 10	133	10.1	4.8	130	10	8	11740	8625	1.361
11	141	10.4	4.8	130	10	8	12180	9325	1.306
12	132	10.4	4.8	130	10	8	11180	8785	1.273
Av.									1.313

注) E: 主材の平均ヤング係数 (tonf/cm²), b: 主材幅 (cm), h: 主材厚 (cm), c: 接合部間隔 (cm), s: 主材間あき (cm), r: 一接合部のくぎ打ち本数, P_{max}: 実測座屈荷重 (kgf), P_{cal}: 計算座屈荷重 (kgf)

第3表 添え板式すかし柱 (カラマツ) の計算結果

No.	E	b	h	c	s	r	P _{max}	P _{cal}	$\frac{P_{max}}{P_{cal}}$
K 11	70	8	3.7	45	2.6	6	4220	2280	1.851
12	69	8	3.7	45	2.6	6	3600	2255	1.596
13	86	8	3.7	45	2.6	6	4020	2667	1.507
Av.									1.651
K 17	75	8	4.1	45	1.8	6	3540	2489	1.422
18	58	8	4.1	45	1.8	6	3060	2038	1.501
19	74	8	4.1	45	1.8	6	3780	2464	1.534
Av.									1.486
K 23	76	8	4.2	45	1.6	6	3730	2535	1.471
24	64	8	4.2	45	1.6	6	3290	2218	1.483
25	71	8	4.2	45	1.6	6	3600	2405	1.497
Av.									1.484
K 29	83	9	4.5	45	1	6	4410	3003	1.468
30	61	9	4.5	45	1	6	3960	2360	1.678
31	63	9	4.5	45	1	6	3930	2421	1.623
Av.									1.590
K 35	75	10	4.5	45	1	6	5040	2970	1.697
36	67	10	4.5	45	1	6	4660	2720	1.713
37	81	10	4.5	45	1	6	5320	3153	1.687
Av.									1.699

注) E: 主材の平均ヤング係数 (tonf/cm²), b: 主材幅 (cm), h: 主材厚 (cm), c: 接合部間隔 (cm), s: 主材間あき (cm), r: 一接合部のくぎ打ち本数, P_{max}: 実測座屈荷重 (kgf), P_{cal}: 計算座屈荷重 (kgf)

2.4 座屈荷重の計算

前節でもとめられた剛性有効率 ξ を用いて座屈荷重を計算する。

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \xi \sum EI}{L^2} \dots\dots(19)$$

ここで, P_{cr}: 座屈荷重 (tonf)
π: 円周率
L: 座屈長 (cm)

3. 実験値との比較検討

前報⁵⁾の実験結果及び追加実験として行った合板添え板式すかし柱の実験結果と, 前記計算方法による座屈荷重計算値との比較検討を行った。

3.1 重ね柱の検討結果

重ね柱は断面3.3cm×10.0cmのエゾマツ平割材を3枚組み合わせN100くぎで接合したものである。材長方向のくぎ打ち間隔は10, 20, 30, 55cmで, ドリルで先穴をあけ, 2列打ちとし, 表裏面からそれぞれ千鳥打ちにした。また, 両端接合部間距離l = 270cm, 座屈長L = 296cmである。

結果は第1表のとおりである。くぎ打ち間隔10cmの場合は, 実験値と計算値とは比較的一致しているが, 他は相当安全側の計算結果となった。その理由としては座屈試験時の材端拘束の影響が考えられる。

3.2 飼木式すかし柱の検討結果

飼木式すかし柱は断面4.8cm×10.0cmのエゾマツ平割材2枚に飼木をはさみ、N100くぎで接合した。飼木厚は4.8cm（長さ15cm）、10.0cm（長さ20cm）の2種類で、飼木そう入位置は2分点、くぎ打ち本数は、飼木厚4.8cmで3本2列、10.0cmで4本2列とし、先穴をあげ、両面からくぎ打ちした。両端接合部間距離はS1～3で265cm、S10～12で260cm、座屈長は両者とも296cmである。また、計算にあたって、飼木のヤング係数を80tonf/cm²とした。

結果は第2表のとおりである。やや安

全側ではあるが比較的良い一致を示しているといえる。

3.3 添え板式すかし柱の検討結果

主材にカラマツ丸身つき材を用いた添え板式すかし柱は、丸身が内側になるように組み合わせ、厚さ2cmのエゾマツ添え板をCN50くぎで打ちつけた。添え板は6分点配置で、そのヤング係数を80tonf/cm²とした。両端接合部間距離は270cm、座屈長は296cmである。

結果は第3表のとおりである。主材は丸身つき材であるが、計算に際しては長方形断面に置き換えて材せい寸法を仮定した。座屈荷重の実験値は計算値の約1.5倍であり、相当安全側の値となっている。

断面4.5cm×10.5cmのエゾマツ平割材を主材に、厚さ1.8cmのエゾマツ添え板をCN50くぎで先穴をあげてから打ちつけた添え板式すかし柱は、添え板を4分点に配置した。添え板長さは10.5cm（A1～3、A'4～6）、21cm（B1～3）で、A'4～6は主材を欠き込んで添え板を打ちつけた。添え板のヤング係数は80tonf/cm²とした。また、両端接合部間距離はA1～3、A'4～6で262cm、B1～3で252cmであり、座屈長は三者とも289cmである。

結果は第4表のとおりである。座屈荷重計算値はA1～3でやや安全側であるが、他は良好な結果を与えている。

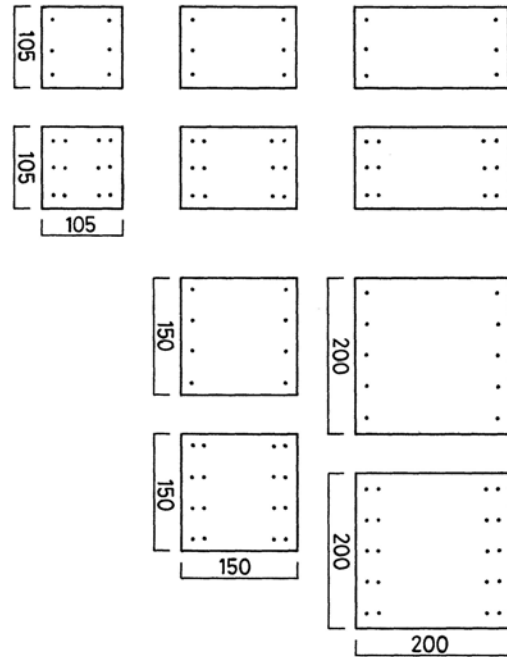
今回追加試験を行った添え板式すかし柱は、断面

[林産試験場報 Vol. 1, No. 1, 1987]

第4表 添え板式すかし柱（エゾマツ）の計算結果

No.	E	b	h	c	s	r	P _{max}	P _{cal}	$\frac{P_{max}}{P_{cal}}$
A 1	109	10.5	4.5	65.5	1.5	6	5320	4074	1.306
2	106	10.5	4.5	65.5	1.5	6	6220	3987	1.560
3	103	10.5	4.5	65.5	1.5	6	5600	3900	1.436
Av.									1.434
A' 4	98	10.5	4.5	65.5	1.5	6	3380	3753	0.901
5	95	10.5	4.5	65.5	1.5	6	5460	3663	1.490
6	92	10.5	4.5	65.5	1.5	6	3360	3574	0.940
Av.									1.110
B 1	89	10.5	4.5	63	1.5	12	4400	4373	1.006
2	86	10.5	4.5	63	1.5	12	4930	4256	1.158
3	82	10.5	4.5	63	1.5	12	4610	4098	1.125
Av.									1.096

注) E: 主材の平均ヤング係数 (tonf/cm²), b: 主材幅 (cm), h: 主材厚 (cm), c: 接合部間隔 (cm), s: 主材間あき (cm), r: 一接合部のくぎ打ち本数, P_{max}: 実測座屈荷重 (kgf), P_{cal}: 計算座屈荷重 (kgf)



第5図 合板添え板の寸法及びくぎ打ち図

4.5cm×10.5cmのエゾマツ平割材を主材に、9mm厚ラワン構造用合板を添え板としたものである。添え板寸法、くぎ打ち本数（第5図参照）、添え板配置（2分点、4分点、6分点）を変化させて実験を行った。添え板合板は表板繊維方向を材長方向と垂直にとりつけ、そのヤング係数を45tonf/cm²とした。座屈長は

第5表 合板添え板式すかし柱の計算結果

No.	E	b	h	c	s	r	ℓ	P_{max}	P_{cal}	$\frac{P_{max}}{P_{cal}}$
1	100	10.5	4.5	120.5	1.5	6	241	6300	3364	1.873
2	120	10.5	4.5	120.5	1.5	12	241	8160	4167	1.958
3	114	10.5	4.5	60.5	1.5	6	242	7280	4012	1.814
4	114	10.5	4.5	60.5	1.5	12	242	8420	5083	1.656
5	112	10.5	4.5	40.5	1.5	6	243	9220	4462	2.066
6	111	10.5	4.5	40.5	1.5	12	243	9220	5768	1.598
7	117	10.5	4.5	120.5	6	6	241	8700	5017	1.734
8	119	10.5	4.5	120.5	6	12	241	8270	6124	1.350
9	93	10.5	4.5	60.5	6	6	242	8620	6224	1.385
10	95	10.5	4.5	60.5	6	12	242	9900	8576	1.154
11	124	10.5	4.5	40.5	6	6	243	10140	9345	1.085
12	121	10.5	4.5	40.5	6	12	243	15980	13044	1.225
13	128	10.5	4.5	120.5	11	6	241	10220	6965	1.467
14	127	10.5	4.5	120.5	11	12	241	10320	8027	1.286
15	110	10.5	4.5	60.5	11	6	242	10600	11008	0.963
16	110	10.5	4.5	60.5	11	12	242	12820	14874	0.862
17	100	10.5	4.5	40.5	11	6	243	12300	14047	0.876
18	102	10.5	4.5	40.5	11	12	243	14360	20100	0.714
19	91	10.5	4.5	120	6	8	240	7500	4434	1.691
20	89	10.5	4.5	120	6	16	240	7780	5080	1.531
21	98	10.5	4.5	60	6	8	240	10660	7328	1.455
22	101	10.5	4.5	60	6	16	240	14860	10015	1.484
23	94	10.5	4.5	40	6	8	240	11700	9023	1.297
24	97	10.5	4.5	40	6	16	240	11980	12690	0.944
25	110	10.5	4.5	117	11	10	234	9900	6818	1.452
26	108	10.5	4.5	117	11	20	234	9960	7431	1.340
27	106	10.5	4.5	58.5	11	10	234	17300	13287	1.302
28	105	10.5	4.5	58.5	11	20	234	14070	16920	0.832
29	93	10.5	4.5	39	11	10	234	14500	17066	0.850
30	92	10.5	4.5	39	11	20	234	18900	22517	0.839

注) E: 主材の平均ヤング係数 (tonf/cm²), b: 主材幅 (cm), h: 主材厚 (cm), c: 接合部間隔 (cm), s: 主材間あき (cm), r: 一接合部のくぎ打ち本数, ℓ : 両端接合部間隔 (cm), P_{max} : 実測座屈荷重 (kgf), P_{cal} : 計算座屈荷重 (kgf)

273cmである。

結果は第5表のとおりである。座屈試験の最大荷重時における試験体の状況は、試験体1~9, 11, 13~14, 18~20, 25~26は座屈、他は節及びその付近における目切れから破壊を生じた。試験体18を除き、座屈したものの計算値は実験値と比較して相当小さな値となっている。また、添え板寸法が小さく、接合間隔の大きなものは実験値が計算値より大きくなり、一方、添え板寸法が大きく、接合間隔の小さなものほど実験値が計算値より小さくなる傾向を示している。

以上の結果から、組立柱全体をみると、相当のバラツキはあるものの、重ね柱、飼木式すかし柱、添え板式すかし柱とも、今回の計算法によって、座屈耐力の一定の予測が可能と考える。

4. まとめ

組立柱の座屈耐力を計算するにあたって、3層重ね

柱、飼木式すかし柱、添え板式すかし柱に共通して適用できる計算式を検討するため、ラーメン計算法を用いた辻井⁴⁾の理論を拡張し、検討を行った。計算手順は以下のとおりである。

- ① くぎ面圧定数 α を算出する。
- ② 一面せん断接合に対するすべり係数 K_s を算出する。
- ③ 弾性床理論にもとづく接合部の有効剛比 k_e を計算する。
- ④ 組立柱をラーメンに置き換え、ラーメン計算を行う。
- ⑤ ラーメン計算によってもとめられた部材角、節点モーメントを用い、組立柱の曲げ変形によるたわみ δ_b 、せん断変形によるたわみ δ_s をもとめる。
- ⑥ 無接合材の中央たわみ δ_0 をもとめる。
- ⑦ 剛性有効率 ξ を計算する。
- ⑧ 座屈荷重を計算する。

以上の計算法によった計算値と、実験値とを比較検討した結果、相当のバラツキはあるものの、重ね柱、飼木式すかし柱、添え板式すかし柱を通じて、この計算法による座屈耐力の予測が一定程度可能であると考えられる。

なお、今回の計算にあたってはパーソナル・コンピュータを用いたが、実用に際しては、計算をより簡略化するため、図表などを準備する必要があると考える。この点については、後日、検討することとしたい。

文 献

- 1) Rassam, H. Y., and J. R. Goodman : Wood Science Vol. 2, No. 4 (1970)
- 2) Malhotra, S. K., and D. B. Van Dyer : Wood Science Vol. 9, No. 4 (1977)
- 3) 沢田 稔 : 北大農学部演習林研究報告 Vol. 37, No. 3, 747~758 (1980)
- 4) 辻井静二 : 木造複合圧縮材の設計法, 日本建築学会論文報告集 第57号 (1957)
- 5) 工藤 修 : 林産試月報, 400, 6~19 (1985)
- 6) 日本建築学会 : 木構造設計規準・同解説129~139, 丸善 (1973)
- 7) 沢田 稔 : 北大農学部演習林研究報告 Vol. 35, No. 1, 123~138 (1987)
- 8) 中谷 浩, 沢田 稔 : 同上 Vol. 37, No. 3, 687~720 (1980)
- 9) 松尾 博, 沢田 稔 : 同上 Vol. 37, No. 3, 721~746 (1980)
- 10) 沢田 稔 : 同上 Vol. 33, No. 1, 139~166 (1976)

—試験部 複合材試験科—
(原稿受理 昭和61. 8. 11)

林産試験場報 ——— 第1巻 第1号 (林産試験場月報からの通巻第420号) ———

(略号 林産試験場報)

編集人 北海道立林産試験場編集委員会

発行人 北海道立林産試験場

郵便番号071-01 旭川市西神楽1線10号

電話0166-75-4233番(代)

ファクシミリ 0166-75-3621

昭和62年1月20日発行

印刷所 植平印刷株式会社

郵便番号 070 旭川市9条通7丁目

電話 0166-26-0161番(代)