

釘接合された集成材の剪断性能

辻野 哲 司*

(1990年6月19日受理)

1. 緒 言

釘, 又はボルト接合部の力学的性能を評価する際, 迂り係数^{1)~4)}が重要な意味を持つ。この迂り係数を求めるには, 接合部の荷重—迂り特性が必要であり, 平井⁵⁾は側材に鋼板を用いたボルト接合の場合であるが, 弾性床上梁理論を適用した段階的線形解析による法で, この特性を求めている。

そこで, 同手法を釘着材の一面剪断に適用すれば, 荷重—迂りに関する特性が得られるものと思われる。

ところでこの特性を求める過程において, 釘の曲げ剛性と面圧定数は負荷の増に伴い, 釘の軸方向において, 刻々と変わる。

そうすると, 集成材のようなラミナによって定数の異なる部材の荷重—迂り関係が予測できれば, 後は段階的線形問題として処理できるわけである。

それ故, 本研究では, 釘接合された集成材の剪断性能に関する計算手法を求めるとともに, 数値解析的立場から, いくつかの知見を得ようとするものである。

2. 解析方法

2.1 基礎方程式およびその一般解

図1は釘接合された集成材と各ラミナの座標を示す。側材(I)において, 材中に打込まれた釘を弾性床上の梁とみなせば, ラミナ*i*において次式が成立する^{1), 5), 6)}。

$$\frac{d^4 y_{1i}}{dx_{1i}^4} + 4\mu_{1i}^2 y_{1i} = 0 \quad (1)$$

ここに

$$\mu_{1i} = \sqrt[4]{\frac{E_{1i} d}{4E_s I_s \alpha_{1i}}} = \sqrt[4]{\frac{k_{1i} d}{4E_s I_s}}$$

E_{1i} : ラミナ*i*のヤング係数

α_{1i} : ラミナ*i*の有効弾性床深さ

k_{1i} : " における釘の面圧定数

d : 釘径

E_s : 釘のヤング係数

I_s : 釘の断面2次モーメント

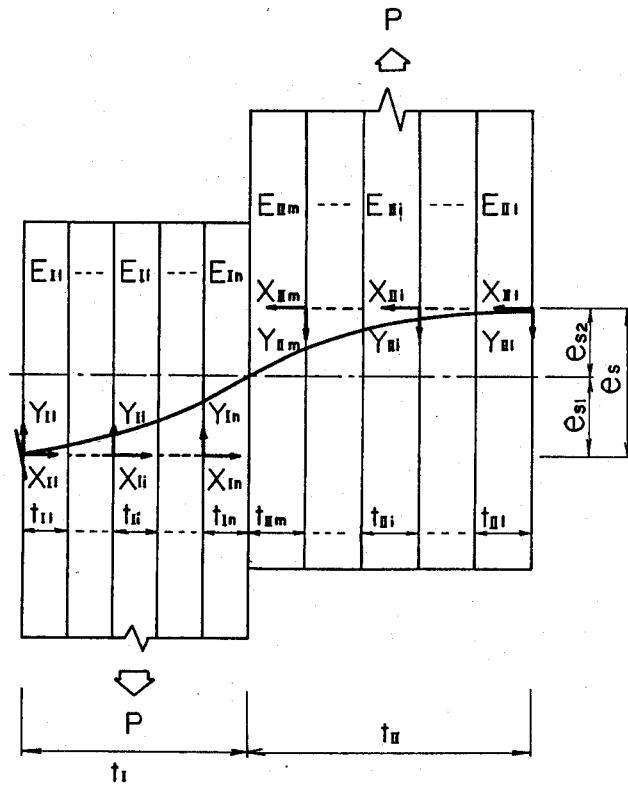


図1 釘接合された集成材とラミナの座標

(1)式的一般解 y_{1i} は、積分定数を a'_{1i} , b'_{1i} , c'_{1i} , d'_{1i} として、次式で与えられる。

$$y_{1i} = a'_{1i} A_{1i} + b'_{1i} B_{1i} + c'_{1i} C_{1i} + d'_{1i} D_{1i} \quad (2)$$

ここに

$$A_{1i} = \cosh \mu_{1i} x_{1i} \cos \mu_{1i} x_{1i}$$

$$B_{1i} = \frac{1}{2} (\cosh \mu_{1i} x_{1i} \sin \mu_{1i} x_{1i} + \sinh \mu_{1i} x_{1i} \cos \mu_{1i} x_{1i})$$

$$C_{1i} = \sinh \mu_{1i} x_{1i} \sin \mu_{1i} x_{1i}$$

$$D_{1i} = \frac{1}{2} (\cosh \mu_{1i} x_{1i} \sin \mu_{1i} x_{1i} - \sinh \mu_{1i} x_{1i} \cos \mu_{1i} x_{1i})$$

今、公称面圧応力を次式のように定義する。

$$\sigma_0 = \frac{P}{dt_1} \quad (3)$$

ここに、 P : 面圧力, $t_1 = \sum_{i=1}^n t_{1i}$: 側材厚

(2)式の両辺に k_{1i}/σ_0 を乗じ、かつ

$$a_{1i} = \frac{k_{1i}}{\sigma_0} a'_{1i}, \quad b_{1i} = \frac{k_{1i}}{\sigma_0} b'_{1i}, \quad c_{1i} = \frac{k_{1i}}{\sigma_0} c'_{1i}, \quad d_{1i} = \frac{k_{1i}}{\sigma_0} d'_{1i}$$

とおくと, y_{1i} は

$$y_{1i} = \frac{\sigma_0}{k_{1i}} (a_{1i} A_{1i} + b_{1i} B_{1i} + c_{1i} C_{1i} + d_{1i} D_{1i}) \quad (4)$$

ところで, ラミナ i における釘の面圧力 σ_{1i} , 撓み角 θ_{1i} , 曲げモーメント M_{1i} , 剪断力 F_{1i} は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{1i} &= \frac{E_{1i}}{a_{1i}} y_{1i} = k_{1i} y_{1i} \\ \theta_{1i} &= \frac{dy_{1i}}{dx_{1i}} \\ M_{1i} &= -E_s I_s \frac{d^2 y_{1i}}{dx_{1i}^2} \\ F_{1i} &= -E_s I_s \frac{d^3 y_{1i}}{dx_{1i}^3} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

そこで, (4)式を(5)式に代入すると次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{1i} &= \sigma_0 (a_{1i} A_{1i} + b_{1i} B_{1i} + c_{1i} C_{1i} + d_{1i} D_{1i}) \\ \theta_{1i} &= \frac{\sigma_0}{k_{1i}} \mu_{1i} (-2a_{1i} D_{1i} + b_{1i} A_{1i} + 2c_{1i} B_{1i} + d_{1i} C_{1i}) \\ M_{1i} &= \frac{\sigma_0 d}{2\mu_{1i}^2} (a_{1i} C_{1i} + b_{1i} D_{1i} - c_{1i} A_{1i} - d_{1i} B_{1i}) \\ F_{1i} &= \frac{\sigma_0 d}{2\mu_{1i}} (2a_{1i} B_{1i} + b_{1i} C_{1i} + 2c_{1i} D_{1i} - d_{1i} A_{1i}) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

2. 2 境界条件

釘端末は自由端とみなし得るので,

$$x_{1i} = 0 \text{ で } M_{1i} = F_{1i} = 0 \quad (7)$$

よって(7)式の条件を(6)式に代入すると

$$c_{1i} = d_{1i} = 0 \quad (8)$$

を得る。

一方, 各ラミナは連続しているので, 次式が成立する。

$$x_{1i} = t_{1i}, \quad x_{1,i+1} = 0 \text{ において}$$

$$\left. \begin{aligned} y_{Ii} &= y_{I,i+1} \\ \theta_{Ii} &= \theta_{I,i+1} \\ M_{Ii} &= M_{I,i+1} \\ F_{Ii} &= F_{I,i+1} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

ここで, $x_{Ii} = 0$ における $A_{Ii}, B_{Ii}, C_{Ii}, D_{Ii}$ をそれぞれ $A'_{Ii}, B'_{Ii}, C'_{Ii}, D'_{Ii}$ とすれば

$$A'_{Ii} = 1, B'_{Ii} = C'_{Ii} = D'_{Ii} = 0 \quad (10)$$

一方, $x_{Ii} = t_{Ii}$ における $A_{Ii}, B_{Ii}, C_{Ii}, D_{Ii}$ をそれぞれ $A''_{Ii}, B''_{Ii}, C''_{Ii}, D''_{Ii}$ とする。即ち

$$\left. \begin{aligned} A''_{Ii} &= (A_{Ii})_{x_{Ii}=t_{Ii}} \\ B''_{Ii} &= (B_{Ii})_{x_{Ii}=t_{Ii}} \\ C''_{Ii} &= (C_{Ii})_{x_{Ii}=t_{Ii}} \\ D''_{Ii} &= (D_{Ii})_{x_{Ii}=t_{Ii}} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

そこで, (6), (10), (11)式を(9)式に代入すると次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} a_{Ii} A''_{Ii} + b_{Ii} B''_{Ii} + c_{Ii} C''_{Ii} + d_{Ii} D''_{Ii} - \frac{k_{Ii}}{k_{I,i+1}} a_{I,i+1} &= 0 \\ -2a_{Ii} D''_{Ii} + b_{Ii} A''_{Ii} + 2c_{Ii} B''_{Ii} + d_{Ii} C''_{Ii} - \frac{k_{Ii}}{k_{I,i+1}} \frac{\mu_{I,i+1}}{\mu_{Ii}} b_{I,i+1} &= 0 \\ a_{Ii} C''_{Ii} + b_{Ii} D''_{Ii} - c_{Ii} A''_{Ii} - d_{Ii} B''_{Ii} + \left(\frac{\mu_{Ii}}{\mu_{I,i+1}} \right)^2 c_{I,i+1} &= 0 \\ 2a_{Ii} B''_{Ii} + b_{Ii} C''_{Ii} + 2c_{Ii} D''_{Ii} - d_{Ii} A''_{Ii} + \frac{\mu_{Ii}}{\mu_{I,i+1}} d_{I,i+1} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

一方, 主材と側材の境界面においては, 次式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} x_{I_n} = t_{I_n}, x_{II_m} = t_{II_m} \text{ において} \\ \theta_{I_n} - \theta_{II_m} &= 0 \\ M_{I_n} + M_{II_m} &= 0 \\ F_{I_n} - F_{II_m} &= 0 \\ F_{I_n} = P = \sigma_0 dt_I \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

そこで, (6)式を(13)式に代入すると,

$$\left. \begin{aligned}
 & \frac{\mu_{1n}}{k_{1n}} (-2a_{1n}D'_{1n} + b_{1n}A''_{1n} + 2c_{1n}B''_{1n} + d_{1n}C''_{1n}) \\
 & - \frac{\mu_{1m}}{k_{1m}} (-2a_{1m}D'_{1m} + b_{1m}A''_{1m} + 2c_{1m}B''_{1m} + d_{1m}C''_{1m}) = 0 \\
 & \frac{1}{\mu_{1n}^2} (a_{1n}C''_{1n} + b_{1n}D'_{1n} - c_{1n}A''_{1n} - d_{1n}B''_{1n}) \\
 & - \frac{1}{\mu_{1m}^2} (a_{1m}C''_{1m} + b_{1m}D'_{1m} - c_{1m}A''_{1m} - d_{1m}B''_{1m}) = 0 \\
 & \frac{1}{\mu_{1n}} (2a_{1n}B''_{1n} + b_{1n}C''_{1n} + 2c_{1n}D'_{1n} - d_{1n}A''_{1n}) \\
 & - \frac{1}{\mu_{1m}} (2a_{1m}B''_{1m} + b_{1m}C''_{1m} + 2c_{1m}D'_{1m} - d_{1m}A''_{1m}) = 0 \\
 & 2a_{1n}B''_{1n} + b_{1n}C''_{1n} + 2c_{1n}D'_{1n} - d_{1n}A''_{1n} = 2\mu_{1n}t_1
 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

ここで上式における a_{1n} , b_{1n} , c_{1n} , d_{1n} は(8), (12式より, 次のように得られる。

$$\left. \begin{aligned}
 a_{1n} &= w_1(e_{1,n-1}a_{11} + f_{1,n-1}b_{11}) \\
 b_{1n} &= \frac{w_1}{w_2}(g_{1,n-1}a_{11} + h_{1,n-1}b_{11}) \\
 c_{1n} &= -w_2^2(p_{1,n-1}a_{11} + q_{1,n-1}b_{11}) \\
 d_{1n} &= -w_2(r_{1,n-1}a_{11} + s_{1,n-1}b_{11})
 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

ここに,

$$w_1 = k_{1n} / k_{1,n-1}, \quad w_2 = \mu_{1n} / \mu_{1,n-1} \quad \text{であり}$$

さらに

$$e_{1n} = w_1 e_{1,n-1} A''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} g_{1,n-1} B''_{1n} - w_2^2 p_{1,n-1} C''_{1n} - w_2 r_{1,n-1} D''_{1n}$$

$$f_{1n} = w_1 f_{1,n-1} A''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} h_{1,n-1} B''_{1n} - w_2^2 q_{1,n-1} C''_{1n} - w_2 s_{1,n-1} D''_{1n}$$

$$g_{1n} = -2w_1 e_{1,n-1} D''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} g_{1,n-1} A''_{1n} - 2w_2^2 p_{1,n-1} B''_{1n} - w_2 r_{1,n-1} C''_{1n}$$

$$h_{1n} = -2w_1 f_{1,n-1} D''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} h_{1,n-1} A''_{1n} - 2w_2^2 q_{1,n-1} B''_{1n} - w_2 s_{1,n-1} C''_{1n}$$

$$p_{1n} = w_1 e_{1,n-1} C''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} g_{1,n-1} D''_{1n} + w_2^2 p_{1,n-1} A''_{1n} + w_2 r_{1,n-1} B''_{1n}$$

$$q_{1n} = w_1 f_{1,n-1} C''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} h_{1,n-1} D''_{1n} + w_2^2 q_{1,n-1} A''_{1n} + w_2 s_{1,n-1} B''_{1n}$$

$$r_{1n} = 2w_1 e_{1,n-1} B''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} g_{1,n-1} C''_{1n} - 2w_2^2 p_{1,n-1} D''_{1n} + w_2 r_{1,n-1} A''_{1n}$$

$$s_{1n} = 2w_1 f_{1,n-1} B''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} h_{1,n-1} C''_{1n} - 2w_2^2 q_{1,n-1} D''_{1n} + w_2 s_{1,n-1} A''_{1n}$$

$$e_{11} = A''_{11}, f_{11} = B''_{11}, g_{11} = -2D''_{11}, h_{11} = A''_{11}$$

$$p_{11} = C''_{11}, q_{11} = D''_{11}, r_{11} = 2B''_{11}, s_{11} = C''_{11}$$

なお、 $a_{\Pi m}$, $b_{\Pi m}$, $c_{\Pi m}$, $d_{\Pi m}$ は上記において、 $I = \Pi$, $n = m$ と置換えることにより得られる。

2.3 伝わり係数

そこで、(14)式に(15)式を代入すると、次のような方程式が得られる。

$$\begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} & d_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} \\ b_{11} \\ a_{\Pi 1} \\ b_{\Pi 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 2\mu_{1n} t_1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

ここに、

$$d_{11} = \frac{\mu_{1n}}{k_{1n}} \left[-2w_1 e_{1,n-1} D''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} g_{1,n-1} A''_{1n} - 2w_2^2 p_{1,n-1} B''_{1n} - w_2 r_{1,n-1} C''_{1n} \right]$$

$$d_{12} = \frac{\mu_{1n}}{k_{1n}} \left[-2w_1 f_{1,n-1} D''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} h_{1,n-1} A''_{1n} - 2w_2^2 q_{1,n-1} B''_{1n} - w_2 s_{1,n-1} C''_{1n} \right]$$

$$d_{13} = -\frac{\mu_{\Pi m}}{k_{\Pi m}} \left[-2w_5 e_{\Pi,m-1} D''_{\Pi m} + \frac{w_5}{w_6} g_{\Pi,m-1} A''_{\Pi m} - 2w_6^2 p_{\Pi,m-1} B''_{\Pi m} - w_6 r_{\Pi,m-1} C''_{\Pi m} \right]$$

$$d_{14} = -\frac{\mu_{\Pi m}}{k_{\Pi m}} \left[-2w_5 f_{\Pi,m-1} D''_{\Pi m} + \frac{w_5}{w_6} h_{\Pi,m-1} A''_{\Pi m} - 2w_6^2 q_{\Pi,m-1} B''_{\Pi m} - w_6 s_{\Pi,m-1} C''_{\Pi m} \right]$$

$$d_{21} = \frac{1}{\mu_{1n}^2} \left[w_1 e_{1,n-1} C''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} g_{1,n-1} D''_{1n} + w_2^2 p_{1,n-1} A''_{1n} + w_2 r_{1,n-1} B''_{1n} \right]$$

$$d_{22} = \frac{1}{\mu_{1n}^2} \left[w_1 f_{1,n-1} C''_{1n} + \frac{w_1}{w_2} h_{1,n-1} D''_{1n} + w_2^2 q_{1,n-1} A''_{1n} + w_2 s_{1,n-1} B''_{1n} \right]$$

$$d_{23} = \frac{1}{\mu_{\Pi m}^2} \left[w_5 e_{\Pi,m-1} C''_{\Pi m} + \frac{w_5}{w_6} g_{\Pi,m-1} D''_{\Pi m} + w_6^2 p_{\Pi,m-1} A''_{\Pi m} + w_6 r_{\Pi,m-1} B''_{\Pi m} \right]$$

$$d_{24} = \frac{1}{\mu_{\Pi m}^2} \left[w_5 f_{\Pi,m-1} C''_{\Pi m} + \frac{w_5}{w_6} h_{\Pi,m-1} D''_{\Pi m} + w_6^2 q_{\Pi,m-1} A''_{\Pi m} + w_6 s_{\Pi,m-1} B''_{\Pi m} \right]$$

$$d_{31} = \frac{1}{\mu_{1n}} \left[2e_{1,n-1} w_1 B_{1n}'' + \frac{w_1}{w_2} g_{1,n-1} C_{1n}'' - 2w_2^2 p_{1,n-1} D_{1n}'' + w_2 r_{1,n-1} A_{1n}'' \right]$$

$$d_{32} = \frac{1}{\mu_{1n}} \left[2f_{1,n-1} w_1 B_{1n}'' + \frac{w_1}{w_2} h_{1,n-1} C_{1n}'' - 2w_2^2 q_{1,n-1} D_{1n}'' + w_2 s_{1,n-1} A_{1n}'' \right]$$

$$d_{33} = -\frac{1}{\mu_{\text{II}m}} \left[2e_{\text{II},m-1} w_5 B_{\text{II}m}'' + \frac{w_5}{w_6} g_{\text{II},m-1} C_{\text{II}m}'' - 2w_6^2 p_{\text{II},m-1} D_{\text{II}m}'' + w_6 r_{\text{II},m-1} A_{\text{II}m}'' \right]$$

$$d_{34} = -\frac{1}{\mu_{\text{II}m}} \left[2f_{\text{II},m-1} w_5 B_{\text{II}m}'' + \frac{w_5}{w_6} h_{\text{II},m-1} C_{\text{II}m}'' - 2w_6^2 q_{\text{II},m-1} D_{\text{II}m}'' + w_6 s_{\text{II},m-1} A_{\text{II}m}'' \right]$$

$$d_{41} = 2e_{1,n-1} w_1 B_{1n}'' + \frac{w_1}{w_2} g_{1,n-1} C_{1n}'' - 2w_2^2 p_{1,n-1} D_{1n}'' + w_2 r_{1,n-1} A_{1n}''$$

$$d_{42} = 2f_{1,n-1} w_1 B_{1n}'' + \frac{w_1}{w_2} h_{1,n-1} C_{1n}'' - 2w_2^2 q_{1,n-1} D_{1n}'' + w_2 s_{1,n-1} A_{1n}''$$

$$d_{43} = d_{44} = 0$$

(16)式より a_{11} , b_{11} , $a_{\text{II}1}$, $b_{\text{II}1}$ が求められる。

そこで a_{11} , b_{11} を(15)式に代入すると、順次 a_{12} , b_{12} , c_{12} , d_{12} …… a_{1n} , b_{1n} , c_{1n} , d_{1n} が得られるので、側材側り量 S_I は(4)式より

$$S_I = \frac{\sigma_0}{k_{1n}} (a_{1n} A_{1n}'' + b_{1n} B_{1n}'' + c_{1n} C_{1n}'' + d_{1n} D_{1n}'') \quad (17)$$

同様な方法で、 $a_{\text{II}1}$, $b_{\text{II}1}$ から $a_{\text{II}m}$, $b_{\text{II}m}$, $c_{\text{II}m}$, $d_{\text{II}m}$ が得られるので、主材側り量 S_{II} は

$$S_{\text{II}} = \frac{\sigma_0}{k_{\text{II}m}} (a_{\text{II}m} A_{\text{II}m}'' + b_{\text{II}m} B_{\text{II}m}'' + c_{\text{II}m} C_{\text{II}m}'' + d_{\text{II}m} D_{\text{II}m}'') \quad (18)$$

となる。

従って、り係数 K_s は

$$K_s = \frac{P}{S_I + S_{\text{II}}} \\ = \frac{k_{1n} k_{\text{II}m} d t_1}{k_{\text{II}m} (a_{1n} A_{1n}'' + b_{1n} B_{1n}'' + c_{1n} C_{1n}'' + d_{1n} D_{1n}'') + k_{1n} (a_{\text{II}m} A_{\text{II}m}'' + b_{\text{II}m} B_{\text{II}m}'' + c_{\text{II}m} C_{\text{II}m}'' + d_{\text{II}m} D_{\text{II}m}'')} \quad (19)$$

3. 数値計算例

計算に用いた釘は N90 ($d=3.76^{\text{mm}}$) である。又、面圧力は $P=68\text{kg}$ とした。これは、針葉樹 II 類の短期許容剪断応力⁷⁾ である。

集成材は図 2 に示すように、5 層として、側材厚 35^{mm} (ラミナ厚 7^{mm})、主材厚 55^{mm} (ラミナ厚 11^{mm}) とした。

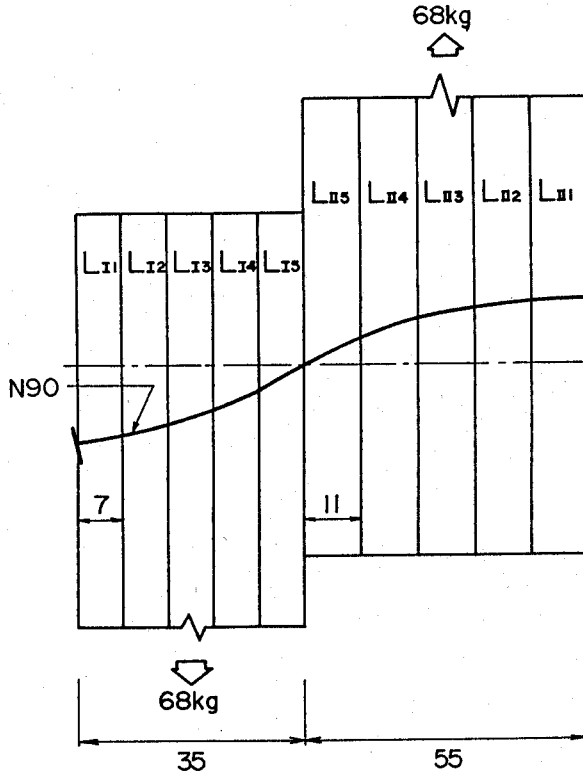


図2 集成材におけるラミナの配置と釘

ラミナのヤング係数は60 t/cm², 90 t/cm², 120 t/cm²の3種類とし、それらを組合せて得られる7試験体を考えた(表1参照)。

表1 集成材におけるラミナの配置

No.	側 材					主 材				
	L _{I1}	L _{I2}	L _{I3}	L _{I4}	L _{I5}	L _{II5}	L _{II4}	L _{II3}	L _{II2}	L _{II1}
1	E ₁₂	E ₁₂	E ₁₂	E ₁₂	E ₁₂	E ₁₂	E ₁₂	E ₁₂	E ₁₂	E ₁₂
2	E ₁₂	E ₉	E ₆	E ₉	E ₁₂	E ₁₂	E ₉	E ₆	E ₉	E ₁₂
3	E ₁₂	E ₆	E ₆	E ₆	E ₁₂	E ₁₂	E ₆	E ₆	E ₆	E ₁₂
4	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₁₂	E ₁₂	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆
5	E ₁₂	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₁₂
6	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₁₂	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₁₂
7	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆	E ₆

$E_6 = 60 \text{ t/cm}^2$, $E_9 = 90 \text{ t/cm}^2$, $E_{12} = 120 \text{ t/cm}^2$

すなわち試験体

No.1 : ラミナすべてが高ヤング係数 ($E = 120 \text{ t/cm}^2$) のもの、従って $E = 120 \text{ t/cm}^2$ の単一材

と同じである。

- No. 2 : 外側に高ヤング係数のラミナを, 内側に低ヤング係数のラミナを配置した集成材の製造基準に従ったもの
- No. 3 : 最例層のみ高ヤング係数のラミナを配置
- No. 4 : 側材と主材の境界面に当たるラミナのみ高ヤング係数のものを配置
- No. 5 : 側材, 主材とも自由端にのみ, 高ヤング係数のラミナを配置
- No. 6 : 側材においては境界面の, 主材においては自由端のラミナを高ヤング係数のものに配置
- No. 7 : ラミナすべてが低ヤング係数 ($E=60 \text{ t/cm}^2$) のもの, 従って $E=60 \text{ t/cm}^2$ の単一材と同じである。

次に, 釘の面圧低数 k である。

これは, 中谷・沢田らによれば次の実験式より得られる。

$$k = \frac{E}{17.8d + 1.61} \quad (\text{t/cm}^2) \quad (20)$$

ここに E : 部材のヤング係数, d : 釘径

従って, E_8, E_9, E_{12} の場合, k は表 2 のようになる。

図 3 は各試験体における釘の変形曲線を示すものである。
これより, 集成材の製造基準に従った No. 2 は, 剪断性能においても非常に良い結果を与える。

又, No. 3 のように最外層にのみ高ヤング係数のラミナを配置するだけで良い結果を生むことも分かる。

一方, 自由端に高ヤング係数のラミナを配置しても, 境界面上のラミナが低レベルであれば, 効果は殆ど無いと言える。

表 2 面圧定数

$E (\text{t/cm}^2)$	$k (\text{kg/mm}^2)$
60	7.23
90	10.84
120	14.45

$$k = \frac{E}{17.8d + 1.61} \quad (\text{t/cm}^2)$$

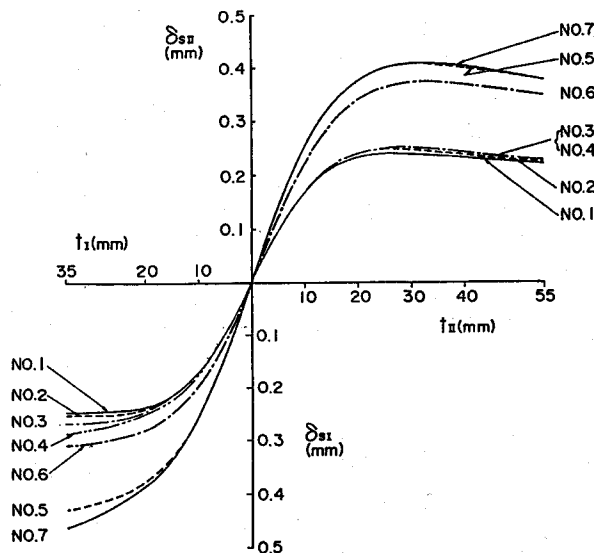


図 3 釘の変形曲線

4. 結 言

釘接合された集成材が、一面剪断を受ける場合の迂り係数を求める式を誘導した。

なお、数値解析的立場から、次のことが分った。

- 1) ラミナの配置が集成材の製造基準に従ったものは剪断性能も非常に良い。
- 2) 最外層にのみ高レベルのラミナを配置するだけでも良い結果を生む。
- 3) 自由端に高レベルのラミナを配置しても、境界面上のラミナが低レベルであれば、効果は殆どない。

文 献

- 1) Wilkinson, T. L. : Theoretical Lateral Resistance of Nailed Joints. J. of the Structural Div., ASCE 97(ST5), 1381-1398, 1971
- 2) Foschi, R. O. : Load-Slip Characteristics of Nails. Wood Science, 7(1), 69-81, 1974
- 3) Foschi, R. O. and Bonac, T. : Load-Slip Characteristics for Connections with Common Nails. Wood Science, 9(3), 1977
- 4) 中谷 浩・沢田 稔: 釘着材の剪断性能. 北海道大学農学部演習林研究報告, 37(3), 687-719, 1980
- 5) Hirai, T : Nonlinear Load-Slip Relationship of Bolted Wood-Joints with Steel Side-Members II. Mokuzai Gakkaishi, 29(12), 839-844, 1983
- 6) Hirai, T and Sawada, M : Nominal Bearing-Stresses of Bolted Wood-Joints at Apparent Proportional-Limits. Mokuzai Gakkaishi, 28(9), 1982
- 7) 日本建築学会 : 木構造設計規準・同解説. 丸善(株), p 43, 1973