

論文内容の要旨

生物材料科学専攻

平成16年度博士課程 入学

氏名 蒲池 健

指導教員名 安藤 直人

論文題目 2面せん断ボルト接合を用いた木造ラーメン構造に関する研究

ラーメン構造は本来、鉛直部材と水平部材の節点の剛接合を前提とした構造形式であるが、木質構造では部材同士を剛に接合することは一般に困難であり、半剛接としてその変形量を考慮に入れることが必要である。また、接合部の終局モーメントは部材の曲げ強さに比して相当に小さく、なおかつラーメン構造では最もモーメントが厳しい位置に接合部を設けなければならないため、接合部の終局に至るまでの変形性能や破壊性状を理解せずに設計するのは大変危険である。しかしながら、実験によらずに接合部の終局状態に至るまでの変形挙動を定量的に評価できるような接合部の設計体系には未だ不完全な点が数多く見受けられる。

こうした中であって、本研究では2面せん断ボルト接合部の終局に至るまでの荷重-すべり関係を閉じた形で誘導する評価手法を提案した。理論の展開にあたっては、弾性床上の梁理論を基礎とし、その近似解を多項式の形で誘導することによってボルト内に生じる曲げモーメントの極値を閉じた形で得ることで、現在の設計基準では初期すべり係数の推定にのみに利用されてきたものを、降伏耐力や終局状態までの変形挙動を予測できる統一的な設計手法にまで押し広げることができた。以降誘導した推定式を示す。

初期すべり係数

$$K_{si} = \frac{1}{\frac{1}{k_1 t_1} + \frac{1}{2k_2 \beta t_1} + \frac{dt_1^3}{240EI} \left\{ 6\beta^3 + 15\beta^2 + 10\beta + 2 - \frac{13+30\beta}{24} \alpha_1 - \frac{\beta(8\beta^2 + 15\beta + 5)}{3} \alpha_2 \right\}}$$

$$\begin{cases} \alpha_1 = \frac{3\beta(16\beta+7)C_2 - 4(26\beta^2 - 5)}{2(C_1C_2 + 4C_1 - 8)} \\ \alpha_2 = \frac{(13\beta^2 + 24\beta + 8)C_1 - 3(16\beta + 7)}{\beta(C_1C_2 + 4C_1 - 8)} \end{cases}, \begin{cases} C_1 = \frac{181}{60} + \frac{24\pi Ed^3}{k_1 t_1^4} \\ C_2 = \left(\frac{181}{60} + \frac{3\pi Ed^3}{2k_2 t_2^4} \right) \beta, \quad \beta = \frac{t_2}{t_1} \end{cases}$$

K_{si} : 初期すべり係数 t_1, t_2 : 主材、側材の厚さ k_1, k_2 : 主材、側材における丸棒の面圧定数

EI: ボルトの曲げ剛性 d: ボルト直径

比例限度耐力

$$P_{pl} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{wy1}}{\frac{1}{dt_1} + k_1 \left\{ 2 + 5\beta - \frac{13\alpha_1 + 40\beta\alpha_2}{24} \right\}} \frac{t_1^3}{240EI} \\ \frac{F_{wy2}}{\frac{1}{2dt_1} + k_2 \left\{ \beta(5 + 15\beta + 6\beta^2) - \frac{5\beta}{4}\alpha_1 - \frac{\beta^2(15 + 8\beta)}{3}\alpha_2 \right\}} \frac{t_1^3}{240EI} \\ \frac{24\alpha_1^2}{3\alpha_1 - 1 + 2\beta(3 - \alpha_2)\alpha_1^2} \cdot \frac{M_p}{t_1} \\ \frac{12\alpha_2^2}{\beta(\alpha_2 - 1)^3} \cdot \frac{M_p}{t_1} \end{array} \right.$$

$$M_p = \frac{d^3}{6} F_t$$

P_{pl} : 比例限度耐力 F_{wy1}, F_{wy2} : 主材、側材の降伏面圧応力度 M_p : ボルトの全塑性モーメント

F_t : ボルトの引張り降伏応力度

降伏耐力

$$P_y = \min \left\{ \begin{array}{ll} \frac{F_{wy1} dt_1}{2F_{wy2} dt_2} & \text{mode i} \\ \frac{2M_p + \left\{ F_{wy1} \left(\frac{1}{2\alpha_1} \right)^2 + F_{wy2} \beta^2 \right\} dt_1^2}{\left(\frac{1}{2\alpha_1} + \beta \right) t_1} & \text{mode iii} \\ \frac{4M_p + \left\{ F_{wy1} \left(\frac{1}{2\alpha_1} \right)^2 + F_{wy2} \left(\frac{\beta}{\alpha_2} \right)^2 \right\} dt_1^2}{\left(\frac{1}{2\alpha_1} + \frac{\beta}{\alpha_2} \right) t_1} & \text{mode iv} \end{array} \right.$$

P_y : 降伏耐力

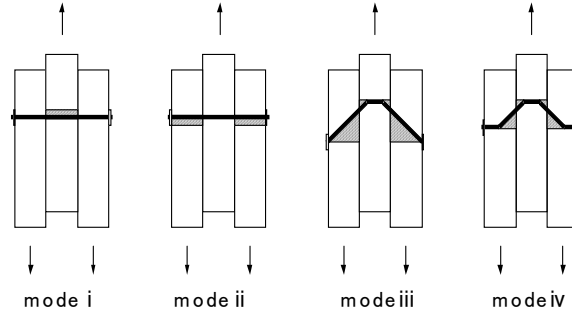


Fig.1 接合部の降伏モード

二次すべり係数

mode iii のとき

$$K_{ss-iii} = \frac{k_{c90} w}{24 \left(\frac{t_1}{2\alpha_1} + t_2 \right)} \left\{ \frac{(S_{p-iii}^2 + S_{y-iii}^2)(S_{p-iii} + S_{y-iii})}{\frac{t_1}{2\alpha_1} + t_2} + 4 \left(\frac{w}{\frac{t_1}{2\alpha_1} + t_2} + 3\mu \right) (S_{p-iii}^2 + S_{y-iii} S_{p-iii} + S_{y-iii}^2) \right. \\ \left. + \frac{3w}{2} \left(\frac{3w}{\frac{t_1}{2\alpha_1} + t_2} + 8\mu \right) (S_{p-iii} + S_{y-iii}) + w^2 \left(\frac{2w}{\frac{t_1}{2\alpha_1} + t_2} + 3\mu \right) \right\}$$

$$S_{p-iii} = \sqrt{2 \left(\frac{t_1}{2\alpha_1} + t_2 \right) \frac{F_m}{k_{c90}}}$$

mode iv のとき

$$K_{ss-iv} = \frac{k_{c90} W^2}{\frac{t_1}{2\alpha_1} + \frac{t_2}{\alpha_2}} \left\{ \frac{S_{p-iv}^2 + S_{y-iv} S_{p-iv} + S_{y-iv}^2}{3 \left(\frac{t_1}{2\alpha_1} + \frac{t_2}{\alpha_2} \right)} + \mu (S_{p-iv} + S_{y-iv}) \right\}$$

$$S_{p-iv} = \sqrt{2 \left(\frac{t_1}{2\alpha_1} + \frac{t_2}{\alpha_2} \right) \frac{F_m}{k_{c90}}}$$

K_{ss-iii} , K_{ss-iv} : mode iii, mode iv のときの 2 次すべり係数 k_{c90} : z 座金のめり込み剛性 w : 座金の一辺の長さ S_{p-iii} , S_{p-iv} : mode iii, mode iv において座金のめり込みが比例限度に達したときの接合部すべり量 S_{y-iii} , S_{y-iv} : mode iii, mode iv における接合部の降伏すべり量 F_m : 座金の比例限度めり込み応力度 μ : 主材-側材間の静摩擦係数

以上の理論解を用いて予測される木-木 2 面せん断ボルト接合の荷重-すべり関係および木-木 2 面せん断ボルト接合を利用した合わせ梁式モーメント抵抗接合部のモーメント-回転角関係は、実験による挙動とよく一致することが確かめられた。

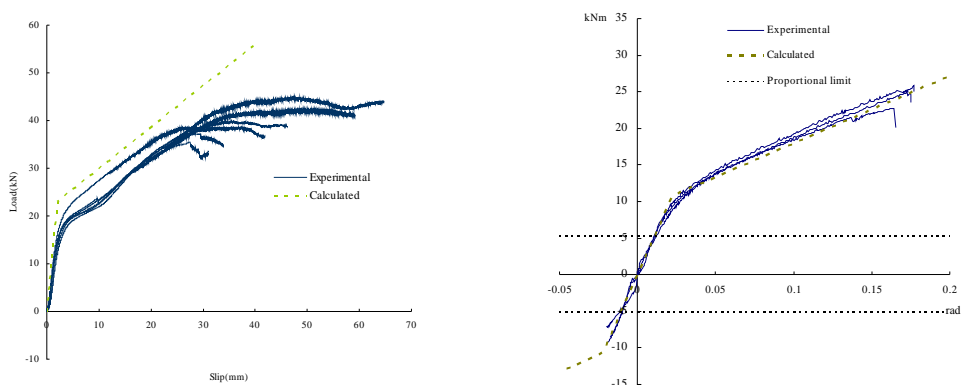


Fig.2 2面せん断試験(左)とモーメント抵抗接合部試験(右)における解析値と実験の比較