

偏心荷重を受ける建わくの座屈実験

独立行政法人労働安全衛生総合研究所 正会員 ○高橋弘樹
独立行政法人労働安全衛生総合研究所 正会員 大幢勝利
独立行政法人労働安全衛生総合研究所 正会員 高梨成次

1. はじめに

足場からの墜落災害に対する安全基準が再検討され、平成 21 年 3 月に労働安全衛生規則が改正された¹⁾。この改正に伴い、新たに墜落防止用のさんや手すりなどを足場に取り付けることが義務付けられた。足場は建物などの構造物に沿って建てられることが多いため、さんなどは足場の構造物側の反対の 1 側面に取り付けることが多く、足場には偏った荷重が作用する。現在示されている足場の強度などに関する指針²⁾には、足場の許容積載荷重や使用高さの限度が示されているが、これらの値は従来の足場を対象としているため、規則改正後の足場に対応しているかは不明である。

本論文では、足場の座屈強度が建わくの座屈強度によって決まる³⁾ことから、建わくを対象として偏心荷重を受ける建わくの座屈実験を行い、その強度について検討した。

2. 試験体と実験方法

試験体は、建設現場で一般的に使用されている枠幅 900mm の建わくを用いた。実験に用いた建わくと載荷装置を図 1 に示す。建わくの上下端部にナイフエッジを取り付け、載荷装置により建わくの上端に変位制御で鉛直荷重を加えた。試験体に作用する荷重については、載荷装置内に取り付けられているロードセルにより計測した。偏心荷重の比率 α は、図 1 に示す治具に取り付けたナイフエッジ A の位置を実験ごとに水平方向に置き替えて調整した。偏心荷重の比率 α は、図 1 の脚柱 l_r に荷重が作用していない場合を 0 とし、脚柱 l_l と脚柱 l_r に作用する荷重の大きさが同じ(偏心がない)場合を 1 として、0~1 の値をとるものとした。実験は、 α が 0~1 の範囲で 0.2 刻みに 6 パターン設定して行った。

3. 実験結果と偏心荷重を受ける建わくの座屈荷重の評価

実験結果を図 2 に示す。図の縦軸は建わくの座屈荷重 P_{ec} を示し、横軸は偏心荷重の比率 α を示す。図中の四角の点は実験結果を示し、実線は実験結果を評価するために今回検討した計算方法の値を示す。計算は、以下のように行った。

図 3 に示すように脚柱の上下端部をピンとした建わくに偏心荷重が作用して座屈するとき、建わくの脚柱 l_l と脚柱 l_r は、横架材により接続していることから、脚柱の曲げ剛性と横架材のねじり剛性の影響により O_l 点と O_r 点には部材角 θ_m が生じる。中心軸に沿った(偏心のない)荷重を受ける建わくが座屈荷重 P_e に達したとき

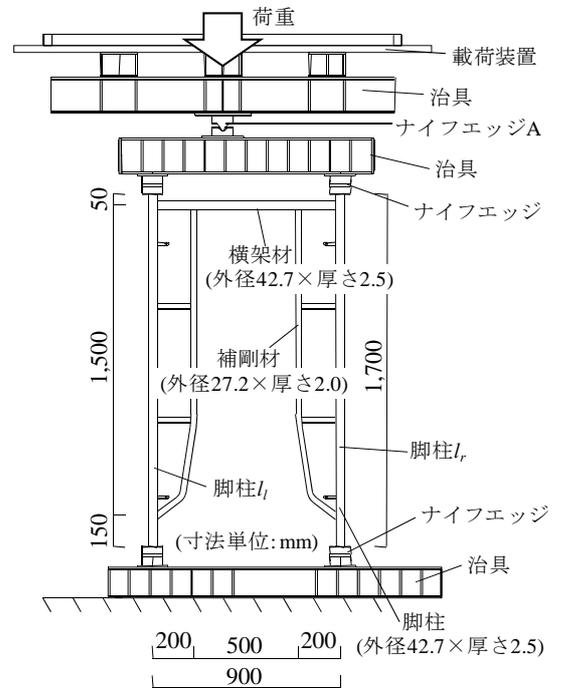


図 1 実験に用いた建わくと載荷装置

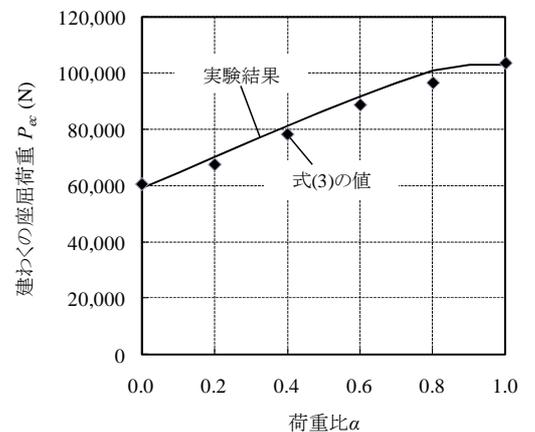


図 2 建わくの座屈荷重と荷重比の関係

の O_l 点と O_r 点の部材角を θ_0 とすると、部材角 θ_m は次式により求められる。

$$\theta_m = \frac{GI_p}{b \left(\frac{3EI_e}{h_0} + \frac{2GI_p}{b} \right)} \cdot (\theta_0 - \theta_{0\alpha}) \tag{1}$$

G : せん断弾性係数 b : 建わくの幅 h_0 : 建わくの高さ

I_p : 横架材のねじり定数

I_e : 補剛材の影響を考慮した脚柱の断面 2 次モーメント³⁾

$\theta_{0\alpha}$: 偏心荷重を受ける建わくが座屈するときの O_r 点の部材角

なお、中心軸に沿った荷重を受ける建わくの座屈荷重 P_e は、次式のように表される³⁾。

$$P_e = \frac{2\pi^2 E \left(I_0 + I_s \frac{h_s}{h_0} \right)}{h_0^2} \tag{2}$$

π : 円周率 E : ヤング係数(N/mm²)

I_0 : 脚柱の断面 2 次モーメント(mm⁴), I_s : 補剛材の断面 2 次モーメント(mm⁴)

h_s : 補剛材の取り付け長さ(mm), h_0 : 建わく 1 枠の高さ(mm)

この θ_m に伴って生じる脚柱 l_l と l_r の曲げモーメントを $M_m(z)$ とし、脚柱頂部の鉛直荷重により発生する曲げモーメントを $M_0(z)$ とすると、鉛直荷重により発生する脚柱 l_l の軸力と曲げモーメントの関係から、建わくの座屈荷重 P_{ec} は、次式のように得られる。

$$P_{ec} = (1 + \alpha) \left(\sigma_y - \frac{\max\{M_0(z) - M_m(z)\}}{Z_e} \right) A \tag{3}$$

A : 脚柱の断面積, Z_e : 脚柱の弾性断面係数, z : 脚柱下端からの長さ

図 2 より式(3)の値は、実験結果よりやや大きくなったが、実験結果にほぼ対応しており、式(1)~(3)により偏心荷重を受ける建わくの座屈荷重を計算できることが確かめられた。また、座屈荷重 P_{ec} は、荷重の比率 α が小さくなるほど値が小さくなり、荷重が脚柱 l_l のみに作用している場合($\alpha=0$ の場合)は、脚柱 l_l と脚柱 l_r に作用する荷重の大きさが同じ場合($\alpha=1$ の場合)に比べて 43%程度強度が低下した。これらの結果から、足場を設置する場合は、偏心荷重に対応した建わくの支持力を設定して設計した方が良いと考えられる。

4. まとめ

本論文では、偏心荷重を受ける建わくの座屈実験を行い、その強度を確かめた。また、本論文で示した偏心荷重を受ける建わくの座屈荷重の計算方法は、実験の結果と良い対応を示し、その妥当性が確かめられた。

今後は、組み上げた足場について実験などにより検討する予定である。

参考文献

1) 労働調査会：労働法便覧 平成 22 年度版，2010。
 2) 仮設工業会：足場・型枠支保工設計指，2004。
 3) 森宜制・前郁夫・国森昌之：鋼管製枠組式コンクリート型枠支保工の強度に関する実験報告，労働省産業安全研究所研究所報，No.3, pp.1-8, 1962。

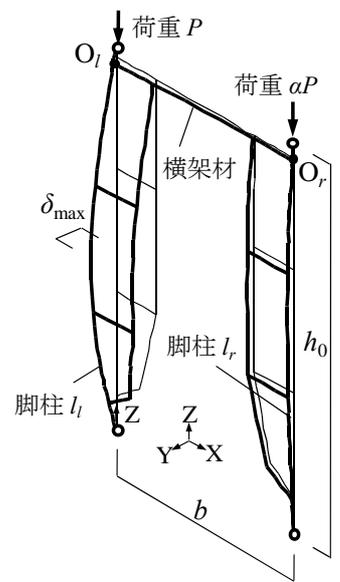


図 3 建わくの座屈