

偏心荷重を受ける建わくの座屈解析

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 大嶋勝利

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

建設業の労働災害の中で最も死亡件数が多いのは、墜落によるものである。その対策として、足場におけ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。この改正に伴い、新たに墜落防止用の手すりや板、メッシュシートなどを足場に取り付けることが義務付けられた。また、平成 15 年には手すり先行工法のガイドラインが制定され、手すりわくと呼ばれる特殊な手すりが用いられている。足場は建物に沿って建てられることが多いため、手すりわくなどは足場の建物側の反対の 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。本論文では、組み上げた足場の基本的な性能を調べるため、足場の鉛直荷重を支える部材である建わくを対象として偏心荷重が作用する場合の座屈解析を行い、その強度について検討した。

2. 解析概要

数値解析は、汎用有限要素解析プログラムの ANSYS を用いて行った。建わくの材料が、鋼材であることから、解析モデルの材料は等方性の弾塑性体とし、降伏条件は数値解析で一般的に使われている Von Mises の条件に従うものとした。解析に使用した応力-ひずみ関係を図 1 に示す。応力-ひずみ関係は、一般的な鋼材の応力-ひずみ関係を簡略化したバイリニア型とした。降伏後はひずみ硬化を考慮し、2 次勾配 E_{st} をヤング係数 E の 0.01 倍とした¹⁾。建わくの脚柱と横架材の σ_y は $355(\text{N/mm}^2)$ であり、補剛材の σ_v は $235(\text{N/mm}^2)$ である。表中の ν はポアソン比である。

3. 解析モデルと解析方法

建わくは一般的に使われている標準わくを対象とした。建わくの解析モデルを図2に示す。建わくの解析モデルは、鋼管により構成されていることから、有限要素は2節点のビーム要素を用いた。支持条件は足場を組み上げた場合を想定して、図3に示すように、建わくの脚柱上下端をピンとし、脚柱上下端の横移動を拘束した。荷重は組み上げた足場の自重が作用することを想定して、建わくの脚柱上端から作用させた。偏心荷重の比率は、図3に示すように、脚柱 l_i の頂部に作用する荷重を基準にして、脚柱 l_r の頂部に作用する荷重の α の値を調整して決定した。 α は、0~1の値をとるものとした。 α は値が小さいほど偏心の割合が大きく、0のときは脚柱 l_i に荷重が作用していないことを表し、1のときは脚柱 l_i と脚柱 l_r に作用する荷重の大きさが同じ(偏心がない)ことを示す。

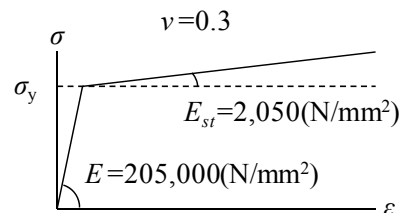


図 1 応力-ひずみ関係

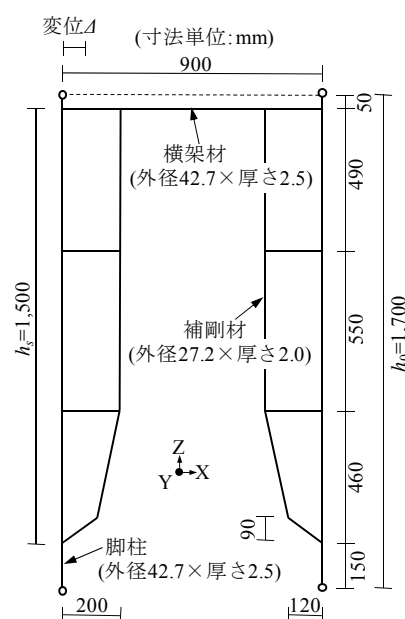


図2 解析に用いた建わく

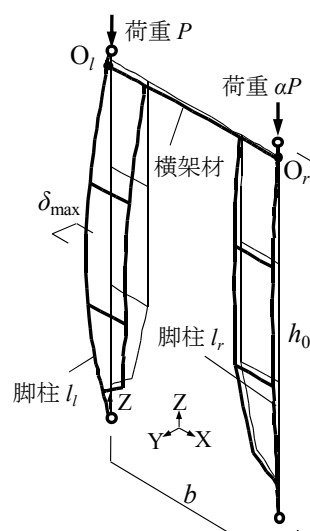


図3 建わくの座屈

キーワード わく組足場、建わく、座屈、有限要素法

連絡先 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6, TEL:042-491-4512, FAX:042-491-7846

4. 解析結果と建わくの座屈荷重の評価

解析結果を図4に示す. 図の縦軸は建わくの座屈荷重 P_{e0} を示し, 横軸は脚柱 l_l の頂部に作用する荷重に対する脚柱 l_r の頂部に作用する荷重の比率 α を示す. 図中の実線は解析結果を示し, 点線は今回検討した以下の計算による値を示す.

偏心荷重を受けて建わくが座屈するとき, 図3に示すように, 建わくの脚柱 l_l と l_r が横架材により接続していることから, O_l 点と O_r 点には, 脚柱の曲げ剛性と横架材のねじり剛性の影響により, 部材角 θ_m が生じる. この部材角 θ_m は, 次式により求められる.

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

ここで, G : せん断弾性係数(N/mm²), E : ヤング係数(N/mm²), I_p : 横架材のねじり定数(mm⁴), I_e : 補剛材の影響を考慮した等価断面2次モーメント(mm⁴), h_0 : 建わく1枠の高さ(mm), b : 建わくの枠幅(mm), θ_0 : 中心荷重を受ける建わくの座屈荷重 P_0 における横架材と脚柱の接合部の部材角, $\theta_{0\alpha}$: 荷重 αP_0 のときの横架材と脚柱の接合部の部材角

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 $M_m(z)$ は, 次式のようにになる.

$$M_m(z) = \frac{3EI_e\theta_m}{h_0} \cdot \left(1 - \frac{z}{h_0} \right) \quad (2)$$

ここで, z : 脚柱下端からの長さ(mm)

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, 脚柱 l_l の軸力と曲げモーメントの関係から, 偏心荷重を受ける建わくの座屈荷重 P_{e0} は, 次式のように表せる.

$$P_{e0} = (1 + \alpha) \left(\sigma_y - \frac{\max\{M_0(z) - M_m(z)\}}{Z_e} \right) A \quad (3)$$

ここで, A : 脚柱の断面積(mm²), Z_e : 脚柱の弾性断面係数(mm³)

図4より(3)式の値は, 解析結果にほぼ対応しており, (1)~(3)式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_{e0} 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 にのみ作用している場合($\alpha=0$ の場合)は, 建わくに中心荷重が作用した場合($\alpha=1$ の場合)に比べて43%程度強度が低下した. 足場を設置する場合は, 偏心重量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.

5. まとめ

本論文では, 偏心荷重を受ける建わくの座屈解析を行い, 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, 数値解析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, 組み上げた足場に偏心荷重が作用した場合の座屈荷重について検討する予定である.

参考文献

- 1) 井上一朗: 鋼材の応力-歪関係のモデル化, 建築鋼構造の理論と設計, 京都: 京都大学学術出版会, pp.2-3-2-4, 2003.

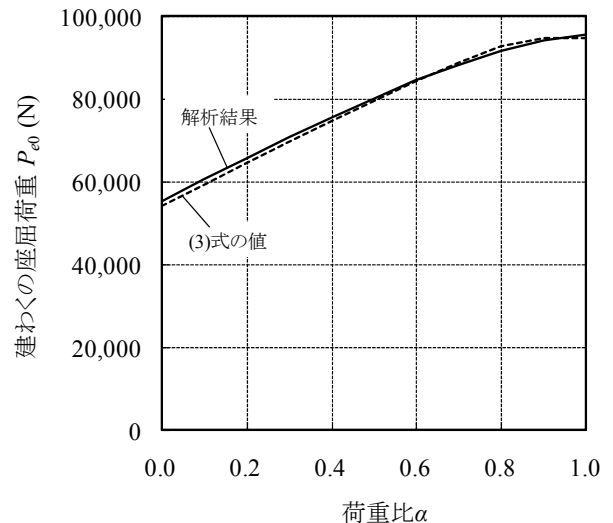


図4 偏心荷重を受ける
建わくの座屈荷重