

壁つなぎの取り付け位置の差異による枠組足場の倒壊挙動の評価

正会員 ○多湖 拓海\*  
同 磯部 大吾郎\*\*

枠組足場 風荷重 有限要素法  
ASI-Gauss 法

## 1 序論

近年、強風による足場の倒壊被害が相次いでいる。足場の倒壊は近隣に甚大な被害を引き起こす危険性があり、防止するための方策が必要である。

足場が風荷重によって倒壊する主な原因としては、足場と建物壁面を接続している「壁つなぎ」と呼ばれる部材が壁から引き抜かれることが挙げられる。壁つなぎ自体の引張強度、圧縮強度に比べ、壁つなぎを壁面に固定させるために打ち込むアンカーの引き抜き強度は著しく低いことが既存の研究[1]で明らかになっている。また、設計指針として風荷重に対する足場の安全技術指針[2]が示されているが、想定以上の風荷重が作用した際の足場の安全性については不明瞭な点が多く、そのような場合の足場の挙動について評価することは足場の安全性向上に際して極めて重要であると考えられる。

そこで本研究では、枠組足場に対し、風荷重を作用させたときの倒壊挙動を数値解析によって調査する。パラメータは壁つなぎの取り付け間隔、風向角とし、それらの差異による倒壊発生の有無を評価する。解析手法には、最小限の要素分割で大規模構造物を解析することができる ASI-Gauss 法[3]を用いる。

## 2 枠組足場の数値解析モデル

解析対象の枠組足場は、既存の研究[4]の風洞実験と同様、12層13スパンとする。各部材の詳細な寸法は既存の研究[5]および規格[6]を参考にした。建柱と床付き布柱、交差筋かい、壁つなぎの結合部はピン接合とした。

防音シートはモデル化していないが、シートの単位面積当たりの質量を1.2 [kg/m<sup>2</sup>]とし、枠組足場の第1構面側に密度として加えることで重量のみ考慮した。なお、第1構面とは、建物から見て外側の面のことである。

壁つなぎの本数は30本とし、図1のように、分散型は2, 4, 6, 8, 10層に6本ずつ、上層密型は4, 8層に8本ずつ、10層に14本取り付け。ただし、分散型のように壁つなぎを均等に配置するのが一般的である。

外壁面から引き抜かれることを表現するために、壁つなぎの取付金具に2000 [N]の引張軸力が作用したらその要素を破断させることとした[7]。また、建柱間についても引き抜きを考慮して、微小要素を用いて脚柱ジョイントを表現し、9807 [N]の引張軸力が作用したら破断させることとした[8]。最下層の脚柱下端の拘束条件は、最も危険と考えられるピン接合、壁つなぎは完全固定とした。

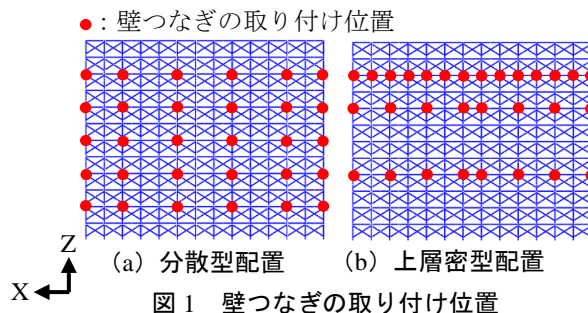


図1 壁つなぎの取り付け位置

## 3 枠組足場の倒壊解析

### 3-1 風荷重の設定

本解析では、枠組足場の第1構面側の脚柱と横架材の交点182点それぞれに、それらの点における風速に基づいて計算される風荷重を与える。枠組足場に作用する風荷重  $P$  [N]は次のように求める。

$$P = Cq_z A \quad (1)$$

$C$ ,  $q_z$ ,  $A$ はそれぞれ風力係数、速度圧 [N/m<sup>2</sup>]、作用面積 [m<sup>2</sup>]である。速度圧  $q_z$ は次式で与えられる。

$$q_z = \frac{1}{2} \rho V_z^2 \quad (2)$$

ここで、 $\rho$ ,  $V_z$ はそれぞれ空気密度 [kg/m<sup>3</sup>]、高さ  $z$  [m]における風速 [m/s]である。なお、 $q_z$ と  $V_z$ の下添え字  $z$ は、地表面からの高さ  $z$  [m]に依存する量であることを表す。ここでは  $\rho = 1.25$  [kg/m<sup>3</sup>]とする。  $V_z$ は指数分布[9]に基づいて次のように求める。

$$V_z = V_0 \left( \frac{z}{z_0} \right)^\alpha \quad (3)$$

ここで、 $z_0$ ,  $V_0$ ,  $\alpha$ はそれぞれ基準高さ [m],  $z_0$  [m]における風速 [m/s], 風速の鉛直分布を表す指数である。本解析では、基準高さを足場の高さである  $z_0 = 20.625$  [m]とし、 $V_0 = 30$  [m/s]とする。指数  $\alpha$ は0.27とする[2]。

次に、式(1)の風力係数  $C$ は、風洞実験によって図2のような風向角  $\theta$ に依存することが示されている[4]。既存の研究の風洞実験および建物に併設された足場の設置位置による補正係数[2]を参考にして、図3のように風力係数  $C$ を決定した。

式(1)の作用面積  $A$ は、風荷重を加える節点が負担する面積とする。同じ高さにある節点であっても、端部の節点の作用面積はそれ以外の節点の半分となる。

風向角  $\theta = 0^\circ, 180^\circ, 90^\circ$ の順に風が吹くと仮定し、時間増分を0.001 [s], 解析時間を9 [s]とする。風荷重は動

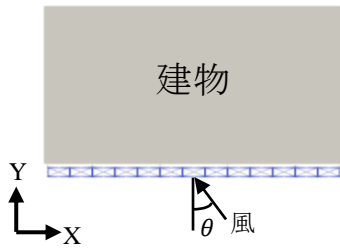
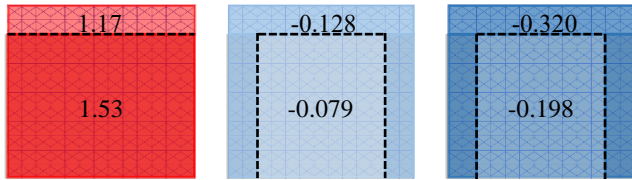


図2 風向角 $\theta$



(a)  $\theta = 0^\circ$  (b)  $\theta = 180^\circ$  (c)  $\theta = 90^\circ$

図3 風力係数 $C$ の分布

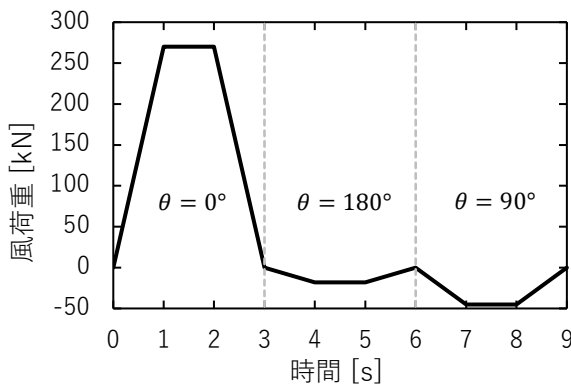


図4 足場全体に作用する風荷重

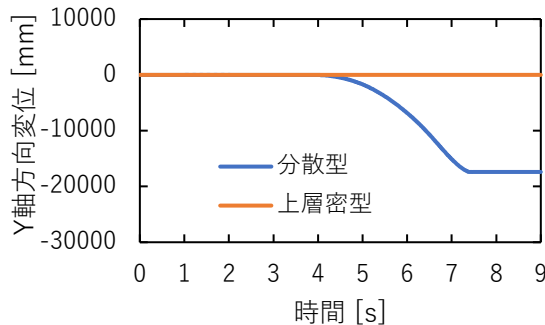
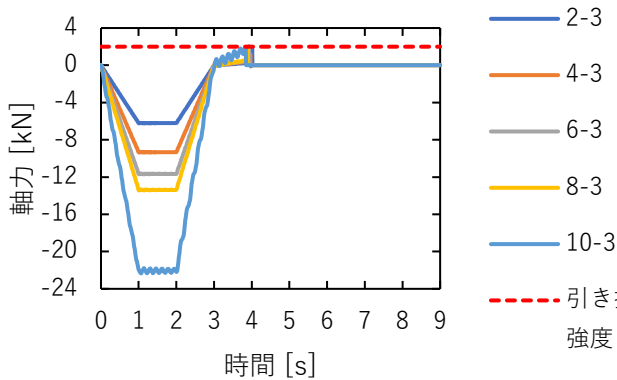


図5 最上部のY軸方向変位



(a) 分散型

的荷重として与え、その時刻歴波形はいずれの風向角でも、1[s]かけて風荷重の大きさが最大になり、その後1[s]定常で、1[s]で除荷されるという台形波とする(図4).

### 3-2 解析結果

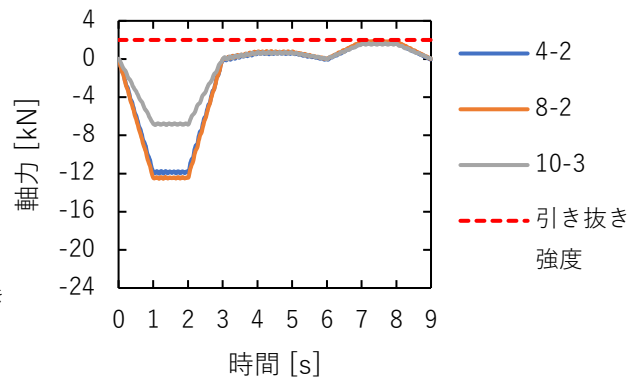
足場最上部のY軸方向変位を図5、壁つなぎに作用する軸力を図6に示す。評価対象は、最も大きな風荷重を受ける壁つなぎおよびその壁つなぎと同じX座標上に取り付けている壁つなぎとした。ここで、壁つなぎを区別するための記号として、「層番号-左端から数えた番号」を用いた。分散型は4[s]辺りで壁つなぎが全て引き抜かれ、倒れ始めた。一方、上層密型は壁つなぎが1本も引き抜かれておらず、倒壊はしなかった。

### 4 結論

本研究では、建物外壁面に設置された枠組足場をモデル化し、足場最上部における風速 $V_0 = 30$  [m/s]の風が、 $\theta = 0^\circ, 180^\circ, 90^\circ$ の順で吹くと仮定して風荷重を作用させ、倒壊解析を行った。その結果、壁つなぎの本数が同じであっても、上層部の取り付け間隔を狭くすることで、足場の倒壊を防ぐことが可能であることが確認された。

### 参考文献

- [1] 高梨成次, 大幢勝利, 高橋弘樹: ALC パネルにおける足場用壁つなぎ材アンカーの強度に関する研究, 労働安全衛生研究, 第2巻, 第2号, pp.85-90, 2009.
- [2] 仮設工業会: 改訂風荷重に対する足場の安全技術指針, 2019.
- [3] 磯部大吾郎: はり要素で解く構造動力学 建物の崩壊解析からロボット機構の制御まで, 丸善出版, 2020.
- [4] 吉田正邦, 眞田早敏, 本郷剛, 中村修: 建設足場に設置された養生シート及び防音パネルに作用する風荷重に関する実験的研究, 鹿島技術研究所年報, 第28号, 1980.
- [5] 高橋弘樹, 大幢勝利, 高梨成次: 標準わく組足場の耐荷強度に関する評価方法の検討, 労働安全衛生研究, 第1巻, 第3号, pp.211-218, 2008.
- [6] 株式会社千歳商会: <http://www.chitose-g.co.jp/index.html>
- [7] ゼン技研株式会社: [https://www.zen-g.co.jp/product\\_2paa.html](https://www.zen-g.co.jp/product_2paa.html)
- [8] JISA8951: 鋼管足場, 2016.
- [9] 日本建築学会: 日本建築学会荷重指針・同解説, 1993.



(b) 上層密型

図6 壁つなぎに作用する軸力

\*筑波大学大学院 システム情報工学研究群 大学院生

\*\*筑波大学 教授・博士(工)

\*Graduate Student, Univ. of Tsukuba

\*\*Professor, Univ. of Tsukuba, Dr. Eng.