

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	自動ラック倉庫内に保管された積荷の落下挙動モデルの提案 (その2) 積荷落下挙動モデルの提案
Title(English)	Proposal of Slip and Fall Model of Stacked Cargoes in Automated Warehouse Part2 Proposal of Slip and Fall Model
著者(和文)	安川真知子, 高木政美, 北村春幸, 佐藤大樹, 松田頼征
Authors(English)	Machiko Yasukawa, Masayoshi Takaki, Haruyuki Kitamura, Daiki Sato, Yoriyuki MATSUDA
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 27-28
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 27-28
発行日 / Pub. date	2017, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

自動ラック倉庫内に保管された積荷の落下挙動モデルの提案
(その2) 積荷落下挙動モデルの提案

正会員	○安川真知子*1	同	高木政美*1
同	北村春幸*2	同	佐藤大樹*3
同	松田頼征*2		

自動ラック倉庫 積荷挙動モデル シミュレーション解析
積荷振動特性 積荷落下

1. はじめに

(その2)では、実験結果に基づいて、荷すべり・落下を判定するための積荷モデルを提案し、実験のシミュレーション解析によりその妥当性を検証する。なお、ここでは4段積み積荷を対象とする。

2. 積荷モデルの提案

積荷は振動しながらパレットと共に滑動する。また積荷は一次モードが支配的であることを考慮し、図1に示すパレットと積荷全体それぞれを質点とした2質点モデルを考える。(その1)の実験結果において、等価振動数および減衰定数はシュリンク巻きの有無に殆ど影響を受けない。そこでシュリンク巻きによらず4段積み積荷ばねは、等価振動数および減衰定数が実験結果の平均値となる様に、剛性 $k_1=0.45\text{kN/mm}$ 、減衰定数 $h_1=0.167$ に設定した。

腕木-パレット間のスリップ要素は、図2に示す静摩擦係数による最大水平力 F_s および動摩擦係数による荷すべり時の水平力 F_d を考慮できる履歴モデルとした。初期剛性、載荷・除荷時剛性は k_{si} とした。初めに初期剛性上を移動し、水平力が F_s を超えた場合に F_s から F_d へ移行する。 F_d 上を移動中に荷すべり速度が負となった場合に除荷線を下降し、 $-F_s$ を生じた後に $-F_d$ へと移行する。荷すべりが一旦停止した場合は、剛性 k_{si} を移動し、最大水平力を超えた場合に水平力の正負に応じて、 F_s から F_d あるいは $-F_s$ から $-F_d$ へと移行する。

初期剛性 k_{si} は、上記積荷ばね k_1 と連成しないように、 k_1 より十分に高い剛性と、 $k_{si}=34\text{kN/mm}$ とした。静摩擦係数 μ_s には(その1)で示した有効静摩擦係数の平均値0.46を、動摩擦係数 μ_d には平均有効動摩擦係数の平均値0.17を用いた。解析上復元力の急激な変化は好ましくないため、 F_s から F_d へ連続的かつ滑らかに移行するように、次式で表される修正摩擦係数 $\tilde{\mu}$ を用いた。

$$\tilde{\mu} = \mu_s \cdot W(s) + \mu_d \{1 - W(s)\} \quad (0 < s < l) \quad (1)$$

$W(s)$ は、静摩擦から動摩擦へ連続的かつ滑らかに移行させるための重み関数で、次式で表される。

$$W(s) = (1/2)\{1 + \cos(\pi s/l)\} \quad (2)$$

s は荷すべり開始(最大水平力到達時)からの荷すべり

変位の絶対値である。一旦荷すべりが停止した場合には0にリセットされる。 l は移行区間距離であり、(その1)の実験結果から $l=10\text{mm}$ とした。

3. 実験結果との比較検証

図3(a)に4段積みシュリンク巻きの積荷をエルセントロ位相指示波で加振した場合の腕木-パレット間の荷すべり変位と水平力(摩擦)関係を、図3(b)に実験における荷すべり変位を腕木-パレット間のスリップ要素に強制入力した時のシミュレーションによる荷すべり変位と水平力関係を示す。図3から、シミュレーションにおける最大水平力や荷すべり時における水平力は実験結果とよく対応していることが分かる。

図4に図3に示した実験における積荷加速度、荷すべり変位の実験とシミュレーションによる時刻歴波形を比較して示す。すべり変位においてはすべり開始タイミングおよび変位量、積荷加速度においては最大加速度および周期が精度よく再現できている。なお、5段積みの場合においても、同様に荷すべり変位、積荷加速度が精度よく再現できていることを確認している。

図5に4段積みシュリンク巻きの積荷を神戸波で加振した場合の積荷加速度、パレット変位の実験とシミュレーションによる時刻歴波形の比較を示す。併せて、シミュレーション解析における時刻歴落下判定結果を示す。なお、シミュレーション解析結果における落下判定は図6に示すように、転倒モーメントによる落下限界変位が荷すべり時の重心と腕木端部間の変位を上回った時とした。実験結果における落下判定は、積荷が落下する直前に積荷が腕木端部を支点にして転倒し始めた瞬間とした。図5より、パレット変位および積荷加速度に加え、落下判定も精度よく再現できていることが分かる。

図7に解析による最大荷すべり変位を実験結果と比較して示す。なお、積荷を剛体として、動摩擦係数のみで腕木-パレット間のすべりばねをバイリニアとしたモデル(従来モデル)の結果を併せて示す。従来モデルは多くの既往の研究で用いられているモデルである。図7より、従来モデルは過小評価となっており、提案モデルの方が

実験時の最大荷すべり変位と良好な対応を示していることが分かる。

4. まとめ

既往の実験結果から積荷挙動を把握し、積荷の落下挙

動モデルを提案した。提案モデルを用いて実験結果との比較検証を実施し、提案モデルは、積荷の挙動を制度よく再現できることを確認した。

参考文献

1) 日比野他(2005.7), 日本建築学会構造系論文集, No.593, pp.43-50

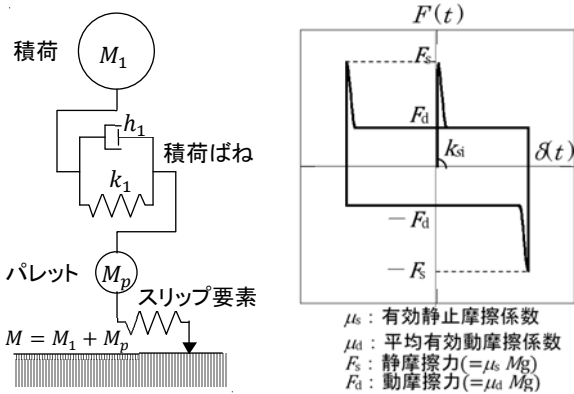


図1 積荷モデル 図2 腕木-パレット間スリップ要素

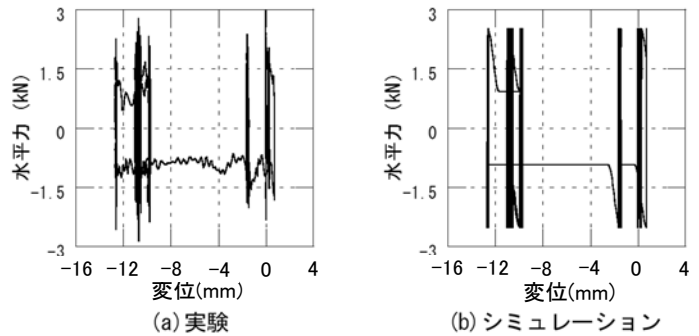


図3 荷すべり変位-水平力関係

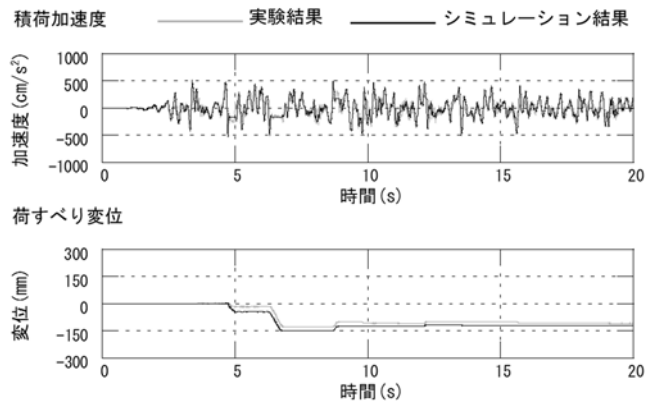
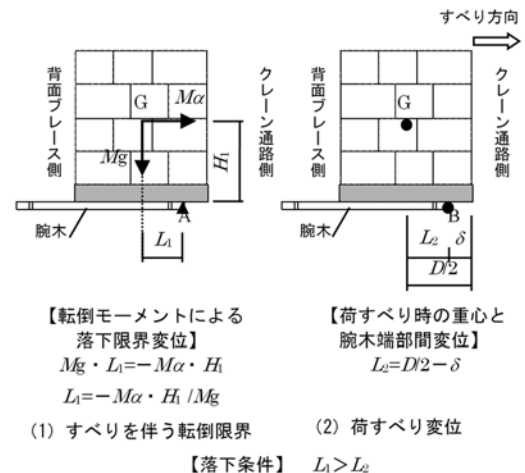


図4 積荷加速度, 荷すべり変位波形比較



M : 積荷+パレット質量	D : パレット幅
g : 重力加速度	G : 重心位置
α : 積荷加速度	A : 積荷加速度から求める転倒限界の位置
δ : 腕木端部からの荷すべり変位	B : 初期状態のパレット端部位置
H_1 : 重心位置高さ	

図6 落下判定方法

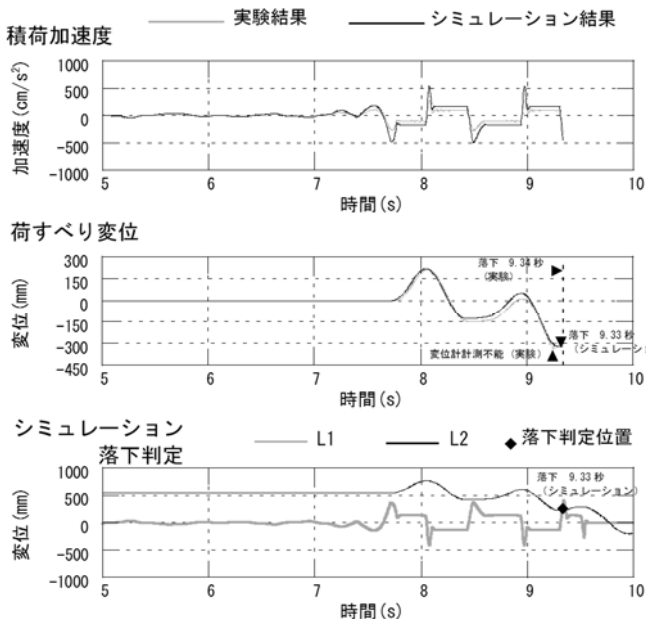


図5 荷すべりおよび落下状況時刻歴波形比較

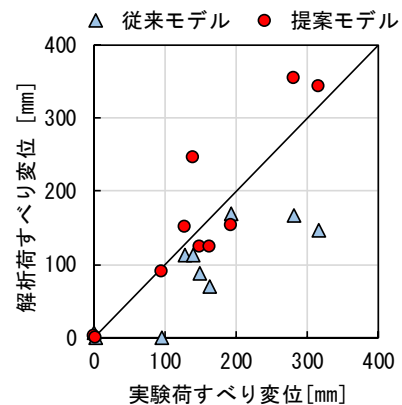


図7 実験と解析による荷すべり変位の比較

*1 大成建設(株) 技術センター
*2 東京理科大学理工学研究科建築学専攻
*3 東京工業大学未来産業技術研究所

*1 Technology Center, Taisei Corporation
*2 Dept. of Architecture, Tokyo University of Science
*3 FIRST, Tokyo Institute of Technology