

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1) 積荷挙動の確認実験
Title(English)	Proposal of Slip and Fall Model of Stacked Cargoes in Automated Warehouse Part1 Shaking Table Test for Confirmation of Cargo Behavior
著者(和文)	高木政美, 安川真知子, 北村春幸, 佐藤大樹, 松田頼征
Authors(English)	Masayoshi Takaki, Machiko Yasukawa, 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. 25-26
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 25-26
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1) 積荷挙動の確認実験

正会員	○高木政美*1	同	安川真知子*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 振動台実験 積荷振動特性
積荷落下

1. はじめに

本稿では、既往の実験結果¹⁾のうち荷すべりが積荷落下の主たる要因となった実験結果から積荷挙動を把握し、積荷の落下挙動モデルの提案を行う。(その1)では、振動台実験結果から自動ラック倉庫内に保管された積荷の地震時挙動について報告する。

2. 実験概要

振動台実験は、積荷の動特性と荷すべり挙動の把握を目的とした実験1と積荷が落下に至るまでの挙動を把握することを目的とした実験2の2種類を実施した。図1に試験体ならびに計測点配置を示す。実験1では、自動ラック倉庫のラックを模擬したラック部を振動台上に直接設置した。実験2では振動台上に架台を設置し、加速度増幅するためのリニアスライダ一部(可動方向はクレーン側に対して前後方向)を介してラック試験体を設置した。リニアスライダ一部には16段積みのラックと同等の固有振動数1Hzとなるようにコイルスプリングを設けた。

実験1では積荷を下段のみに設置した。積荷はD310×W450×H276(mm)の段ボールを用い、下部および上部段ボール質量をそれぞれ17.8kg、15.5kgとして、4段レンガ積みとブロック積み(積荷高さ幅比1.13)、5段レンガ積み(積荷高さ幅比1.39)を用いた。シュリンク巻きを基本とし、4段積みでは巻かないケースも実施した。入力地震波は、標準的な11段ラックの応答解析結果の最上段の応答加速度とした。加振地震波には、①El Centro NS位相告示応答波、②兵庫県南部地震JMA神戸NS応答波、③東北地方太平洋沖地震[MYG009]観測波NS応答波を用いた。加振方向は図1に示すスタッカークレーン側に対して前後方向のみとした。

実験2では、実験1と同じ積荷を上段と下段の2段積みとした。加振は、①4段レンガ積み、El Centro NS位相告示波レベル2(以下、告示波)加振、②4段レンガ積み、兵庫県南部地震JMA神戸NS加振、③5段ブロック積み、告示波加振の3ケースで、加振方向は実験1と同じである。

3. 実験結果

3.1. 積荷の振動特性

10次のARXモデルを用いたシステム同定により各試験体の等価振動数及び減衰定数を算出した。図2にパレット最大加速度-等価振動数関係を、図3にパレット最大加速度-減衰定数関係を示す。等価振動数は、4段積みの場合4~5Hz、5段積みの場合2~3Hzの範囲となるが、入力加速度が大きくなると等価振動数はやや低下する。入力加速度が大きくなると下部段ボールが潰れ、積荷部分が長周期化する影響と考えられる。

減衰定数は積荷段数が多い方が大きくなる傾向にある。この原因として、積荷下部の段ボールが潰れることによるエネルギー吸収が考えられる。

3.2. 荷すべり特性

荷すべりに関しては摩擦係数が重要な要因となる。本稿では、動の実験結果から力の釣合に基づき摩擦係数を求めた。具体的には積荷上部、中間部とパレットの加速度波形から慣性力を求め摩擦係数を算出した。この方法で求めた摩擦係数を有効摩擦係数と定義し、静止摩擦および動摩擦に分けて評価した。図4にパレット変位と有効摩擦係数ならびにパレットと腕木の相対速度の関係を示す。相対速度は、0.2Hzのハイパスフィルターをかけた加速度から求めた。荷すべり開始点は相対速度が極大値となる瞬間とし、荷すべり開始から最初に極大となる摩擦係数を有効静摩擦係数とした。有効動摩擦係数は変動するため、荷すべり開始から積荷周期0.3秒の区間内の平均を平均有効動摩擦係数とした。

図5に有効静摩擦係数と平均有効動摩擦係数の関係を示す。有効静摩擦係数はシュリンク有無の影響を受け、概ね0.4~0.6の範囲でばらついた。これは、積荷同士の衝突による衝撃加速度により有効摩擦係数を大きめに評価することが一因と考えられる。積荷高さが高くなると平均有効動摩擦係数は大きくなる傾向がある。4段積みの場合は0.1~0.2、5段積みの場合は0.2~0.4の範囲でばらついた。通常、摩擦係数は滑動する部分の素材が同じであればほぼ同一の値となると考えられるが、積荷の動特性を

考慮した慣性力により荷すべりを評価する場合には、ばらつきを考慮した平均有効動摩擦係数を用いて、積荷落下の評価を行なう必要がある。

図6、図7に腕木最大加速度—最大荷すべり変位関係と腕木最大速度—最大荷すべり変位関係を示す。両図より、最大荷すべり変位は最大速度と相関が良いことが分かる。

4. まとめ

自動ラック倉庫のラック—積荷を模擬した試験体の振動台実験結果から、積荷の動特性ならびに荷すべり特性を把握した。

謝辞

本研究では、防災科学研究所の K-NET の観測記録を使用しました。

参考文献

- 1) 安川ほか(2017.2), 日本建築学会構造系論文集, No.732, pp.183-192.

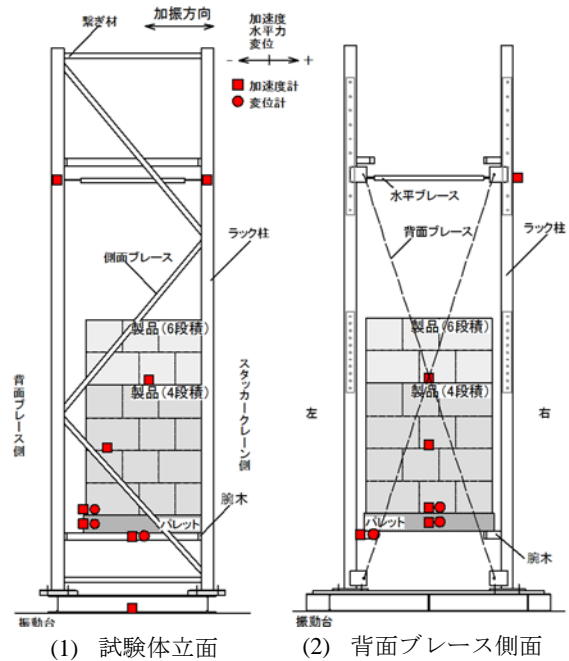


図1 試験体ならびに計測点配置 (実験1)

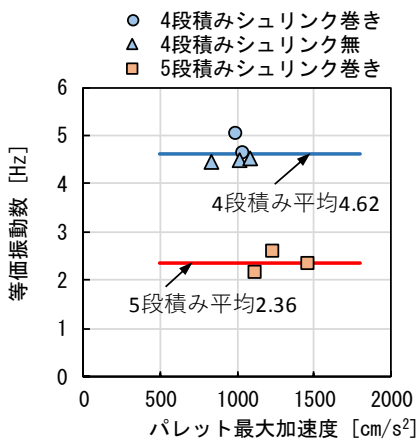


図2 パレット加速度—等価共振数関係

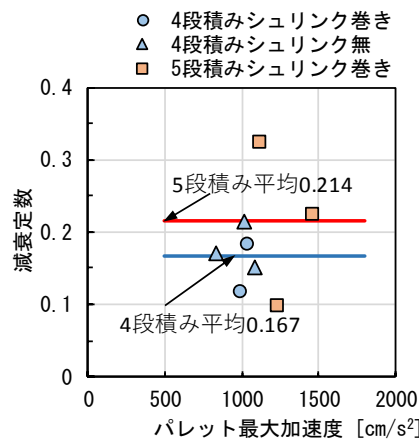


図3 パレット加速度—関係減衰定数

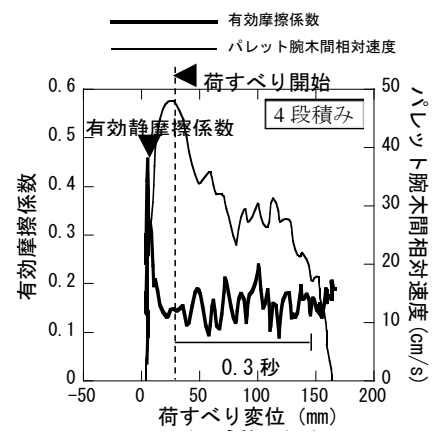


図4 パレット変位—有効摩擦係数関係

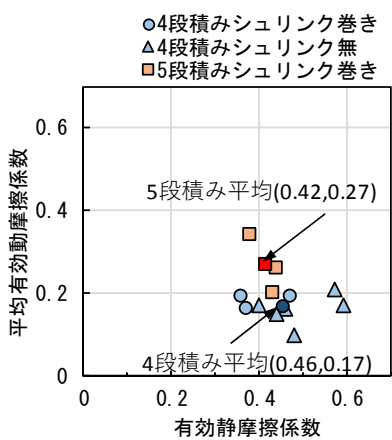


図5 有効静摩擦—動摩擦係数関係

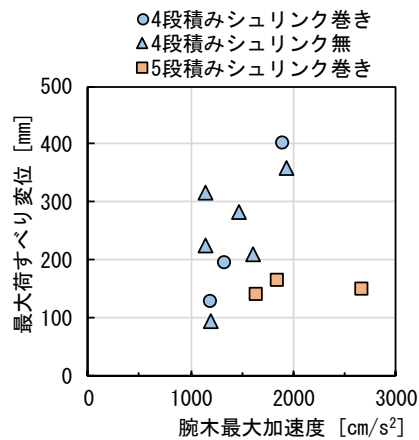


図6 腕木加速度—最大荷すべり関係

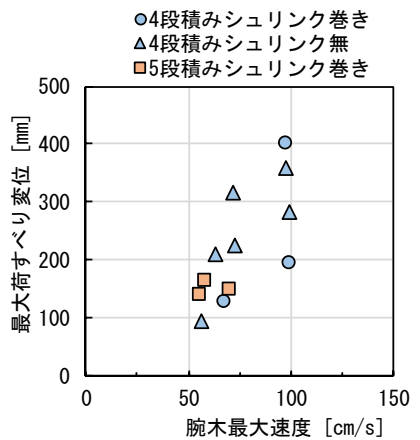


図7 腕木速度—最大荷すべり関係

*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