

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	自動ラック倉庫における積荷とラック構造体の地震時連成挙動に関する分析(その2)解析結果
Title(English)	Seismic Interaction Behavior between Steel Structure and Cargoes at the Automated Warehouse Part2 Result of Analysis
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, , pp. 3-4
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , pp. 3-4
発行日 / Pub. date	2018, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

自動ラック倉庫における積荷とラック構造体の地震時連成挙動に関する分析

(その2) 解析結果

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 地震応答解析
荷すべり エネルギー法

1. はじめに

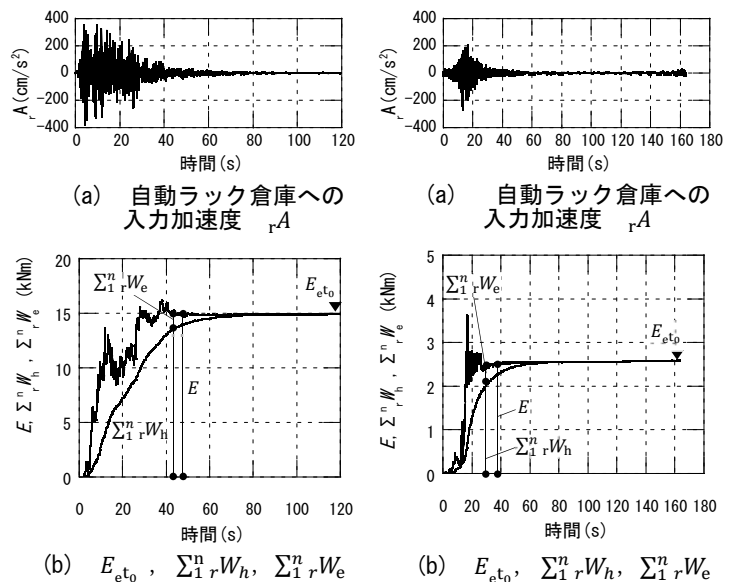
その2では、積荷の滑動の有無による応答性状および各エネルギー配分の変化を分析する。

2. 自動ラック倉庫および積荷の応答性状と各エネルギーの時刻歴応答性状

図1(1)にエルセントロ位相、図1(2)に神戸位相における積荷固定の場合の自動ラック倉庫への入力加速度 rA の時刻歴波形および E 、 $\sum_1^n rW_e$ 、 $\sum_1^n rW_h$ の時刻歴波形を示す。 $\sum_1^n rW_e$ は解析時間中、自動ラック倉庫の振動に伴って増減を繰り返し、解析終了時刻になると0に収束する。また、ラック構造体を弾性体としたことから、 $\sum_1^n rW_e$ は入力加速度の最大値近傍で最大となる。これに対し、 $\sum_1^n rW_h$ は自動ラック倉庫の振動に伴い徐々に増加し、解析終了時刻に最大値となる。一般に減衰弾性系の場合、減衰エネルギーは地震継続時間中に単調増加するとされており¹⁾、図1(1b)、図1(2b)においても同様の傾向が確認できた。また、図1(2b)に示す告示波神戸位相のように、地震波によって $\sum_1^n rW_e + \sum_1^n rW_h$ の最大値が地震終了時刻における E_{et_0} よりも大きな値となる場合がある。減衰が小さな系や塑性化の程度の小さい系では同様の傾向を示す場合があるとされており¹⁾、建物の耐震設計時には、塑性化による履歴エネルギーや減衰エネルギーの入力エネルギーに占める比率が高いために、 $\sum_1^n rW_e + \sum_1^n rW_h$ の最大値が地震終了時刻における E_{et_0} と同等もしくは小さくなることが多い。しかし、積荷を固定した場合、建物の塑性化による履歴エネルギー¹⁾に対応する、滑動によるパレットの摩擦消費エネルギー W_{slide} が生じないこと、本検討においてラック構造体の構造減衰を $h=0.02$ としていることから、地震継続中の $\sum_1^n rW_e + \sum_1^n rW_h$ の最大値が地震終了時における E_{et_0} よりも大きな値となる場合があると考えられる。

次に、積荷が滑動する場合における、自動ラック倉庫の応答性状と全エネルギーの増分傾向を確認する。図2に神戸位相、 $eR=1.0$ における E 、 $\sum_1^n W_{slide}$ 、 $\sum_1^n rW_e$ 、 $\sum_1^n rW_h$ 、 $\sum_1^n cW_e$ 、 $\sum_1^n cW_h$ の時刻歴波形、16段目における段ボール部加速度 ${}_{16}cA$ 、16段目における荷すべり変位 ${}_{16}\delta$ 、 $\sum_1^n W_{slide}$ 、 $\sum_1^n rW_h$ 、 $\sum_1^n cW_h$ の時刻歴波形を示す。

なお、 ${}_{16}cA$ 、 ${}_{16}\delta$ 、 $\sum_1^n W_{slide}$ 、 $\sum_1^n rW_h$ 、 $\sum_1^n cW_h$ の時刻歴波形は荷すべりによる大きな変化が確認できる12~22sの範囲を示している。各弾性振動エネルギー $\sum_1^n rW_e$ 、 $\sum_1^n cW_e$ は解析時間中、自動ラック倉庫の振動に伴って増大および減少を繰り返し、解析終了時刻になると0に収束する。 $\sum_1^n W_{slide}$ は積荷の滑動により増大する。積荷が滑動していない状態では、 $\sum_1^n W_{slide}$ は増加せず、かわりに $\sum_1^n rW_h$ 、 $\sum_1^n cW_h$ がラック構造体および積荷の各部の振動に伴い増大する。解析終了時刻には、総入力エネルギー E に収束する。 $\sum_1^n W_{slide}$ 、 $\sum_1^n rW_h$ 、 $\sum_1^n cW_h$ は、全地震波において終了時に最大となった。そのため $\sum_1^n rW_h + \sum_1^n rW_e + \sum_1^n cW_h + \sum_1^n cW_e + \sum_1^n W_{slide}$ の最大値は、全地震波において終了時の E_{et_0} と同等となった。図1(2b)に示したように、 $\sum_1^n rW_h + \sum_1^n rW_e$ の最大値が積荷固定条件では終了時の E_{et_0} よりも大きな値となっていた神戸位相においても、図2(a)に示すように終了時の E_{et_0} と同等となっている。これは、自動ラック倉庫において積荷の滑動が生じると、パレットの摩擦消費エネルギー W_{slide} が大きくなることで、一般の建物において塑性化による履歴エネルギーが大きくなる場合と同様の効果が生じたためと考えられる。



(1) 告示波エルセントロ位相 (2) 告示波神戸位相
図1 エネルギーの時刻歴波形 (地震波倍率 $eR=1.0$)

3. 自動ラック倉庫への総入力エネルギーとその他のエネルギーの関係

本章では、地震終了時の E_{et0} に対する $\sum_1^n W_{slide_et0}$ 、 $\sum_1^n rW_{h_et0}$ 、 $\sum_1^n cW_{h_et0}$ の傾向を把握する。

図3に各地震波における地震終了時の $\sum_1^n W_{slide_et0}$ 、 $\sum_1^n rW_{h_et0}$ 、 $\sum_1^n cW_{h_et0}$ を、図4に E_{et0} に対する $\sum_1^n W_{slide_et0}$ 、 $\sum_1^n rW_{h_et0}$ 、 $\sum_1^n cW_{h_et0}$ の配分比率を示す。なお、入力エネルギーの違いによる積荷の滑動がエネルギーの配分に与える傾向を把握するため、 $eR=0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$ の場合を比較している。なお図中には各 eR における積荷の滑動の有無を示す。また棒グラフ中の数値は、各エネルギー配分比を示している。

eR が大きくなるに従って E_{et0} 、 $\sum_1^n cW_{h_et0}$ は増大する。 $\sum_1^n W_{slide_et0}$ は当然のことながら、積荷が滑動しない場合は0であり、積荷が滑動する場合は E_{et0} の増大に伴い増加する。 $\sum_1^n rW_{h_et0}$ は E_{et0} の増大に伴って増加するが、積荷が滑動するとほぼ一定値となる。次に配分比を確認する。 $\sum_1^n cW_{h_et0}/E_{et0}$ は地震波毎にほぼ一定の値となり、告示波エルセントロ位相では22%前後、告示波神戸位相では34%前後、告示波3.11位相では20%前後であった。これに対し、 $\sum_1^n rW_{h_et0}/E_{et0}$ は、積荷が滑動しない場合一定となる。積荷が滑動する場合、 eR が大きくなる（荷すべり

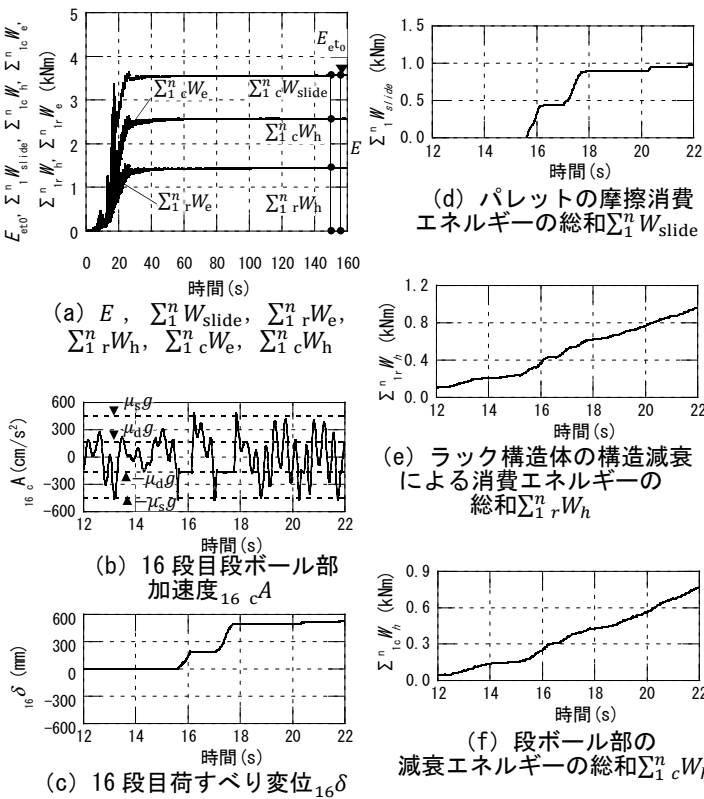


図2 地震時応答とエネルギーの時刻歴波形
【地震波倍率 $eR=1.0$ 神戸位相】

変位が大きくなる)に従って $\sum_1^n rW_{h_et0}/E_{et0}$ が減少し、代わりに $\sum_1^n W_{slide_et0}/E_{et0}$ が増大する。

4. まとめ

自動ラック倉庫および積荷のエネルギー消費状況から、積荷の滑動に伴う自動ラック倉庫への総入力エネルギー E_{et0} とその他のエネルギーの配分関係を把握した。

参考文献

- 1) 北村春幸：性能設計のための建築振動解析入門，彰国社，2002。

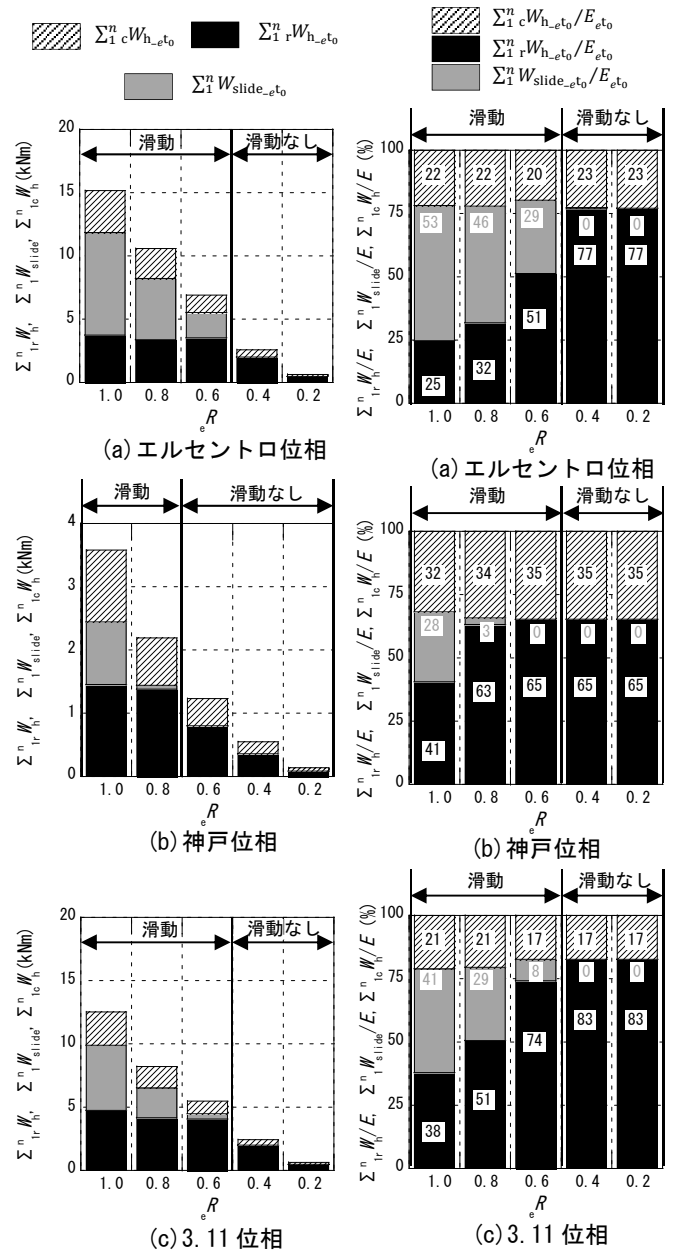


図3 $\sum_1^n W_{slide_et0}$ 、 $\sum_1^n rW_{h_et0}$ 、 $\sum_1^n cW_{h_et0}$ の配分
図4 $\sum_1^n W_{slide_et0}$ 、 $\sum_1^n rW_{h_et0}$ 、 $\sum_1^n cW_{h_et0}$ の
 E_{et0} に対する配分比

*1 大成建設(株) 技術センター
*2 東京理科大学
*3 東京工業大学未来産業技術研究所

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