T2R2東京工業大学リサーチリポジトリ Tokyo Tech Research Repository

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	

自動ラ	ック	含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)	释析結果

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。

自動ラック倉庫および積荷の応答性状と各エネルギ 一の時刻歴応答性状

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 "Aの時 刻歴波形およびE, $\sum_{1}^{n} {}_{r}W_{e}$, $\sum_{1}^{n} {}_{r}W_{h}$ の時刻歴波形を示す。 ∑₁ rWe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、 $\sum_{i=1}^{n} W_{e}$ は入力加 速度の最大値近傍で最大となる。これに対し、 $\sum_{n}^{n} W_{h}$ 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 $\sum_{1}^{n} W_{e} + \sum_{1}^{n} W_{h}$ の最大値が地震終了時刻における E_{st}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、 $\sum_{1}^{n} W_{e} + \sum_{1}^{n} W_{h}$ の最大値が地震 終了時刻におけるE_{eto}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 $\sum_{1}^{n} W_{e} + \sum_{1}^{n} W_{h}$ の最大値が地震終了時におけ る E_{eto} 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, $_{e}R$ =1.0におけるE, $\sum_{1}^{n} W_{\text{slide}}$, $\sum_{1}^{n} _{r}W_{e}$, $\sum_{1}^{n} _{r}W_{h}$, $\sum_{1}^{n} _{c}W_{e}$, $\sum_{1}^{n} _{c}W_{h}$ の時刻歴波形, 16段目におけ る段ボール部加速度₁₆ $_{c}A$, 16段目における荷すべり変位 $_{16}\delta$, $\sum_{1}^{n} W_{\text{slide}}$, $\sum_{1}^{n} _{r}W_{h}$, $\sum_{1}^{n} _{c}W_{h}$ の時刻歴波形を示す。

Seismic Interaction Behavior between Steel Structure and Cargoes at the Automated Warehouse Part2 Result of Analysis

-3-

なお, 16 cA, 16 δ , $\sum_{1}^{n} W_{slide}$, $\sum_{1}^{n} rW_{h}$, $\sum_{1}^{n} rW_{h}$ 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 $\sum_{1}^{n} W_{e}, \sum_{1}^{n} W_{e}$ 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。 $\Sigma_1^n W_{slide}$ 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、 $\sum_{1}^{n} W_{\text{slide}}$ は増加せず、かわりに $\sum_{1}^{n} W_{h}$, $\sum_{1}^{n} W_{h}$ 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。 $\sum_{1}^{n} W_{\text{slide}}$, $\sum_{1}^{n} W_{\text{h}}$, $\sum_{1}^{n} W_{\text{h}}$ は, 全地震波に おいて終了時に最大となった。そのため $\sum_{1}^{n} rW_{h}$ + $\sum_{1}^{n} _{r}W_{e} + \sum_{1}^{n} _{c}W_{h} + \sum_{1}^{n} _{c}W_{e} + \sum_{1}^{n} W_{slide}$ の最大値は, 全地 震波において終了時のE etaと同等となった。図1(2b)に示 したように。 $\sum_{1}^{n} _{r}W_{h} + \sum_{1}^{n} _{r}W_{e}$ の最大値が積荷固定条件で は終了時のE_{eto}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 de 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。





 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_{eto} に対する $\sum_{1}^{n} W_{slide_{eto}}$, $\sum_{1}^{n} W_{h_{eto}}$, $\sum_{1}^{n} W_{h_{eto}}$ 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 $\sum_{1}^{n} W_{\text{slide}_e^{t_0}}$, $\sum_{1}^{n} rW_{h_e^{t_0}}$, $\sum_{1}^{n} cW_{h_e^{t_0}}$ を, 図 4 に $E_{e^{t_0}}$ に対する $\sum_{1}^{n} W_{\text{slide}_e^{t_0}}$, $\sum_{1}^{n} rW_{h_e^{t_0}}$, $\sum_{1}^{n} cW_{h_e^{t_0}}$ 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, $e^{R=0.2}$, 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 e^{R} 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。

 $_{e}R$ が大きくなるに従って E_{eto} , $\sum_{1}^{n} _{c}W_{h_{-}eto}$ は増大する。 $\sum_{1}^{n} W_{slide_{-}eto}$ 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_{eto} の増大に伴い増加 する。 $\sum_{1}^{n} _{r}W_{h_{-}eto}$ は E_{eto} 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。 $\sum_{1}^{n} _{c}W_{h_{-}eto}/E_{eto}$ 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, $\sum_{1}^{n} _{r}W_{h_{-}eto}/E_{eto}$ 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, $_{e}R$ が大きくなる(荷すべり 変位が大きくなる)に従って $\sum_{1}^{n} {}_{r}W_{h_{eto}}/E_{eto}$ が減少し、 かわりに $\sum_{1}^{n} W_{slide_{eto}}/E_{eto}$ 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_{eto}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.





*1 大成建設㈱ 技術センター

*2 東京理科大学

1°,€

ĥ

l₀**∦**,

ĥ

1 [™]slide'

Ā

 $_{\circ}^{A}$ (cm/s²)

Ē

*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