

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	高さ方向に異なる積載荷重を有する中低層鋼構造建物の損傷分布に着目した検討
Title	
著者(和文)	渋谷政斗, 佐藤大樹, 佐藤大輔, 松澤祐介, 北村春幸, 山口路夫, 脇田直弥, 松蔭知明
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura, Michio Yamaguchi, Naoya WAKITA
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 1103-1104
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 1103-1104
発行日 / Pub. date	2013, 8
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: <a href="http://ci.nii.ac.jp/naid/110009682918">http://ci.nii.ac.jp/naid/110009682918</a>

## 高さ方向に異なる積載荷重を有する中低層鋼構造建物の損傷分布に着目した検討

鋼構造建物 エネルギーの釣合 エネルギー配分  
応答予測法 節点振分け法 時刻歴解析

正会員○渋谷 政斗<sup>\*1</sup> 同 佐藤 大樹<sup>\*1</sup> 同 佐藤 大輔<sup>\*1</sup>  
同 松澤 祐介<sup>\*2</sup> 同 北村 春幸<sup>\*1</sup> 同 山口 路夫<sup>\*3</sup>  
同 脇田 直弥<sup>\*3</sup> 同 松蔭 知明<sup>\*3</sup>

## 1. はじめに

物流施設は、高さ方向に異なる積載荷重を有することで、積載荷重の大きい階は階高が高く、積載荷重の小さい階は階高が低い計画となる可能性がある。その場合、質量、層剛性、降伏耐力といった構造特性の高さ方向分布が不均一となり、地震時には特定層への損傷集中の発生が懸念される。損傷集中を評価できる有力な手法としてエネルギーの釣合に基づく応答予測法<sup>1)</sup>(以後、エネルギー法)がある。エネルギー法において、部材モデルによる構造特性の高さ方向分布が不均一となる検討例は少なく、知見の充実が望まれる状況にあると考える。本研究では、高さ方向に異なる積載荷重を有することで、構造特性の高さ方向分布が不均一となる建物における損傷分布に着目し、エネルギー法と時刻歴解析による検討を行う。

## 2. 入力地震動および検討対象建物概要

## 2.1 入力地震動概要

解析に用いる入力地震動は、コーナー周期 $T_c=0.64$ (s)以降の領域で、擬似速度応答スペクトル $\rho_s S_v=100$ (cm/s) ( $h=5\%$ )となる位相特性 HACHINOHE 1968 EW (以後、ART HACHI) と JMA KOBE 1995 NS (以後、ART KOBE) の模擬地震動と、最大速度を 50(cm/s) ( $h=5\%$ )に基準化した EL CENTRO 1940 NS (以後、EL CENTRO) を用いる。解析時間刻みは $\Delta t=0.005$ (s)とする。図 1(a), (b)に擬似速度応答スペクトルとエネルギースペクトルをそれぞれ示す。

## 2.2 検討建物概要

検討建物は、物流施設を想定した地上 5 階、高さ 28.5m (1 階 7.5m, 2, 4 階 6.5m, 3, 5 階 4.0m), 長辺方向 (X 方向) 11.0m×8 スパン=88.0m, 短辺方向 (Y 方向) 10.6m×3 スパン=31.8m の鋼構造建物である。図 2(a), (b)に検討建物の基準階伏図と軸組図を示す。図 3 に静的増分解析の  $Q-R$  関係, 図 4(a), (b)に質量および層剛性の高さ方向分布をそれぞれ示す。なお層剛性は静的増分解析より算定している。1, 2, 4 階は 3, 5 階と比べ、階高が高く荷重が大きい階である。そのため、検討建物は 1, 3 層の質量が大きく、1, 2, 4 層の層剛性が低い建物となっている。本研究では検討建物を部材レベルでモデル化する。建物全重量は 120,293(kN), 1 次固有周期 $T_1$ は 1.60(s)である。解析は X 方向を対象とする。減衰定数  $h$  は 1 次固有周期 $T_1$ に対して  $h=2\%$ となる剛性比例型とする。

## 3. 耐力算定法の違いがエネルギー法の損傷分布に及ぼす影響

エネルギー法における損傷分布は、耐力分布に大きく影響され

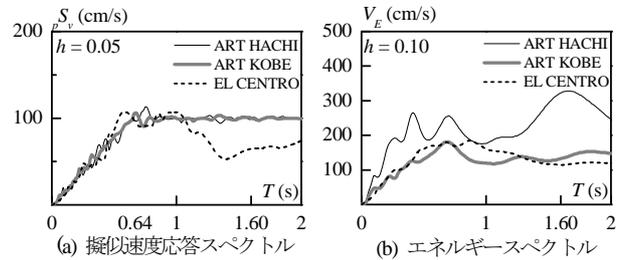
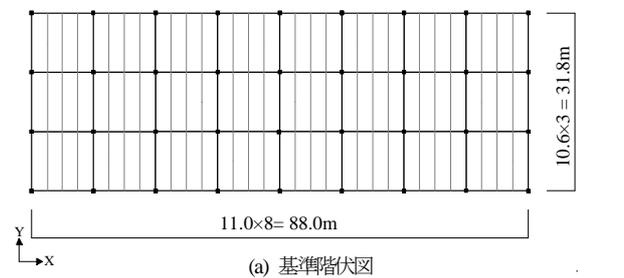
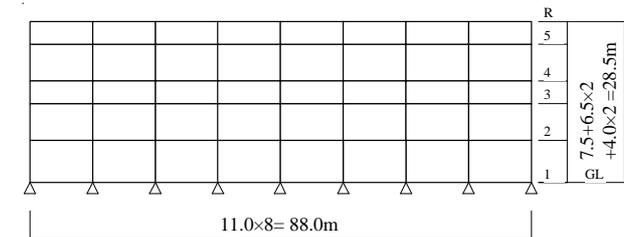


図1 入力地震動の応答スペクトルとエネルギースペクトル



(a) 基準階伏図



(b) 軸組図

図2 検討対象建物の基準階伏図及び軸組図

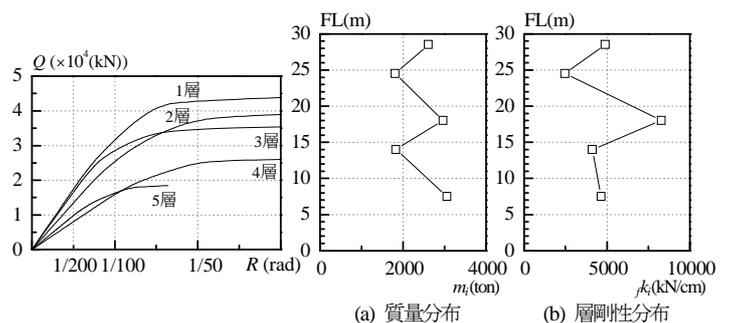


図3  $Q-R$  関係

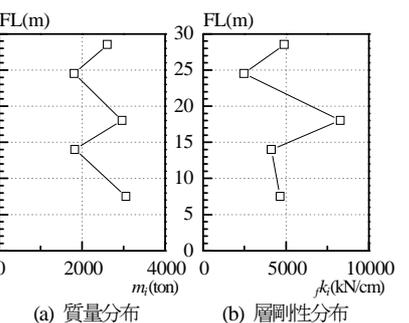


図4 質量および層剛性の高さ方向分布

ることから、耐力算定法の選定が重要となる<sup>2)</sup>。本章では、静的増分解析法 (以後、増分法) と節点振分け法 (以後、節点法) の2つの耐力算定法を用いたエネルギー法における損傷分布の比較より、耐力算定法の違いがエネルギー法に及ぼす影響を検討する。

3.1 エネルギー法における損傷分布の算定式<sup>1)</sup>

エネルギー法における損傷分布は式(1)により評価される。ここ

に  $n$ : 損傷集中指数であり, 本研究では梁降伏型の 8 を採用した。

$$\frac{f W_{pk}}{f W_p} = \frac{s_k \cdot P_k^{-n}}{\sum_{i=1}^N s_i \cdot P_i^{-n}} \quad (1)$$

$$s_i = \left( \sum_{j=i}^N \frac{m_j}{M} \right)^2 \cdot \bar{\alpha}_i^2 \cdot \left( \frac{f k_i}{f k_i} \right) \quad (2)$$

$$P_i = \frac{f \alpha_{yi} / f \alpha_{y1}}{\alpha_i} \quad (3)$$

ここに,  $f W_p$ ,  $f W_{pi}$ : 全層,  $i$  層の塑性歪エネルギー,  $N$ : 全層数,  $m_i$ :  $i$  層の質量,  $M$ : 全質量,  $f k_i$ :  $i$  層における層剛性,  $\bar{\alpha}_i$ : 最適降伏層せん断力係数分布,  $f \alpha_i$ : 降伏層せん断力係数分布である。

### 3.2 検討結果

図5に増分法と節点法による耐力分布の比較を示す。図5より, 増分法による耐力分布は上層ほど小さくなること, 節点法による耐力分布は階高が低い3層の耐力が比較的大きく, 階高の高低を反映したような耐力分布となっていることを確認した。図6に耐力算定法の違いによる  $p_i$  分布 (式(3)) の比較を示す。図6より, 増分法における  $p_i$  分布は全層でおおむね 1.0 となっており, 大きな損傷集中が生じない評価となっている。一方, 節点法における  $p_i$  分布は, 2層が最小となることを確認した。図7に2つの耐力算定法を用いたエネルギー法 (式(1)) と時刻歴解析における損傷分布の比較を示す。なお本研究では, 入力地震動の違いが時刻歴解析の損傷分布に及ぼす影響は小さいため, 時刻歴解析のプロットには入力地震動3波による結果の平均値を示している。図7より, 時刻歴解析に着目すると, 2層が最も  $f W_{pi} / f W_p$  が大きくなる層 (以後, 最弱層) となることが確認できる。エネルギー法に着目すると, 増分法の場合, 最弱層は1層となり時刻歴解析における損傷分布と大きく異なる。一方, 節点法の場合, 2層が最弱層となり, 時刻歴解析を精度良く捉えていることがわかる。

### 4. 構造特性を変化させたモデルによる検討

検討建物における構造特性 (質量, 層剛性, 降伏耐力) を変化させたモデルを作成し, 時刻歴解析とエネルギー法における損傷分布の比較を行う。1層の質量を 3.0 倍としたモデルを m1-3.0, 3層の質量を 3.0 倍としたモデルを m3-3.0, 2階梁と 1階柱のヤング係数  $E$  を 0.2 倍とすることで 1層の層剛性を小さくしたモデルを E1-0.2, 4階梁と 3階柱の  $E$  を 0.2 倍とすることで 3層の層剛性を小さくしたモデルを E3-0.2, 2階梁と 1階柱の材料基準強度  $F$  を 0.5 倍とすることで 1層の降伏耐力を小さくしたモデルを F1-0.5, 4階梁と 3階柱の  $F$  を 0.5 倍とすることで 3層の降伏耐力を小さくしたモデルを F3-0.5 とそれぞれと称する。

図8に構造特性を変化させた6つのモデルについて, 2つの耐力算定法を用いたエネルギー法と時刻歴解析における損傷分布の比較を示す。図8より, エネルギー法に着目すると, 増分法の場合, 時刻歴解析において1層が最弱層となる m1-3.0, F1-0.5 に

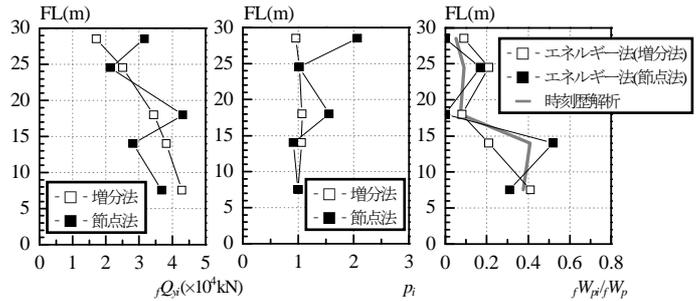


図5 耐力分布の比較 図6  $p_i$  分布の比較 図7 損傷分布の比較

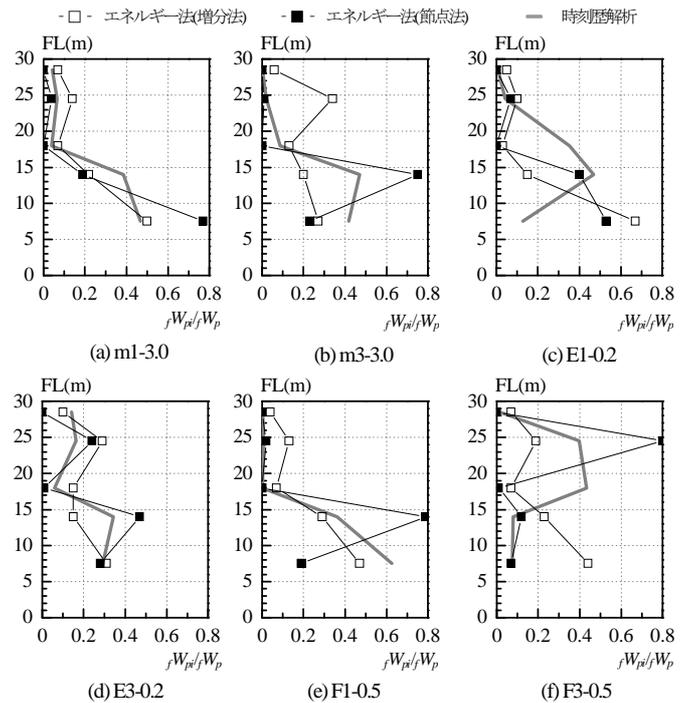


図8 構造特性を変化させたモデルにおける損傷分布の比較

関して, 時刻歴解析の傾向を捉えられているものの, 時刻歴解析において 1層以外の層が最弱層となる他の4つのモデルに関して, 時刻歴解析と大きく異なる傾向となっていることがわかる。一方, 節点法の場合, 何れのモデルにおいても, 時刻歴解析の傾向をおおむね捉えられていることがわかる。

### 5. まとめ

高さ方向に異なる積載荷重を有することで, 質量, 層剛性, 降伏耐力といった構造特性の高さ方向分布が不均一となる建物における損傷分布に着目し, エネルギー法と時刻歴解析による検討を行った。

#### 謝辞

本研究は, 新日鉄住金エンジニアリング株式会社, 東京理科大学によるエネルギー法研究会の成果の一部である。

#### 参考文献

- 1) 秋山宏: エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計, 技報堂出版, 1999.11
- 2) 独立行政法人 建築研究所: 鋼構造建築物へのエネルギー法活用マニュアルー平成 17年度国土交通省告示第 631号「エネルギーの釣合に基づく耐震計算法」に準拠してー, 技報堂出版, 2008.9
- 3) 脇田直弥, 松藤知明, 樋口公平, 中村秀司: エネルギー法による建物の構造設計ー優れた耐震性と経済性を両立した設計手法の確立ー, 新日鉄エンジニアリング技報, vol3, 2012
- 4) 北村春幸: 性能設計のための建築振動解析入門, 朝倉社, 2002.9

<sup>1)</sup> 東京理科大学

<sup>2)</sup> 株式会社 山下設計 (元東京理科大学)

<sup>3)</sup> 新日鉄住金エンジニアリング(株)

<sup>1)</sup> Tokyo Univ. of Science

<sup>2)</sup> Yamashita Sekkei Inc

<sup>3)</sup> Nippon Steel & Sumikin Engineering Co., Ltd