T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	高さ方向の剛性分布が不均一な中低層鋼構造建物へのエネルギー法の適用
Title(English)	A application of energy method to a low and middle rise steel structure with uneven stiffness distribution in the height direction
著者(和文)	中村一哉, 佐藤大樹, 松田頼征, 北村春幸, 山口路夫, 脇田直弥, 山口慎吾, 綿貫雄太
Authors(English)	Kazuya Nakamura, Daiki Sato, Yoriyuki MATSUDA, Haruyuki Kitamura, Michio Yamaguchi, Naoya WAKITA, Shingo Yamaguchi, Yuta WATANUKI
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 43-44
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 43-44
発行日 / Pub. date	2017, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（中国） 2017 年 8 月

高さ方向の剛性分布が不均一な中低層鋼構造建物へのエネルギー法の適用

正会員○中村 一哉[*1] 同 佐藤 大樹[*1] 同 松田 頼征[*2]
同 北村 春幸[*2] 同 山口 路夫[*3] 同 脇田 直弥[*3]
同 山口 慎吾[*3] 同 綿貫 雄太[*3]

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

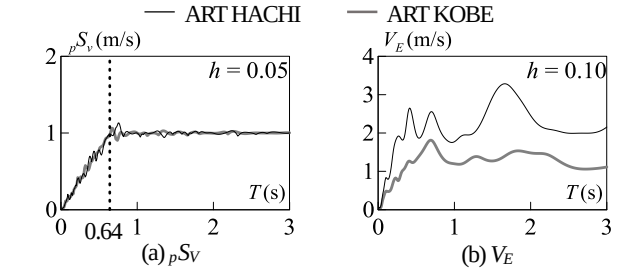
1. はじめに

構造物の耐震性を合理的かつ的確に評価できる手法として [1]，エネルギーの釣合に基づく応答評価法 [2]（以後，エネルギー法）があり，従来の許容応力度や保有耐力による評価ではなく，地震によるエネルギー入力と建物の有するエネルギー吸収能力の対比により評価する。大型物流施設は各階の積載荷重や階高が不規則となることで高さ方向の層剛性が不均一となるケースが考えられるが，従来のエネルギー法における仮定条件と異なるため適用性は不明確である。本論文では，高さ方向の層剛性が概ね均一な建物モデルと不均一な層剛性を有する 4 つの建物モデルを用い，エネルギー法における累積損傷分布予測の適用性を時刻歴応答解析との比較により確認する。また，高さ方向の層剛性が不均一なことが損傷分布に与える影響について検討する。

2. 入力地震動および検討対象建物概要

入力地震動には，コーナー周期 T_c=0.64 s 以降で擬似速度応答スペクトル $_pS_V$=1.0 m/s（h=0.05）となる模擬波 2 波を用いる。位相特性は HACHINOHE EW 成分(以後，ART HACHI)と，JMA KOBE NS 成分(以後，ART KOBE)を採用する。図 1 に擬似速度応答スペクトル $_pS_V$ およびエネルギースペクトル V_E を示す。

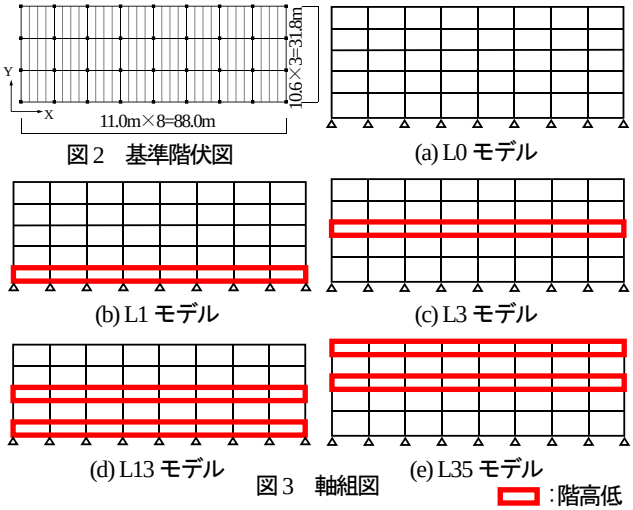
検討対象建物には [3]，物流施設を想定した 5 階建て鋼構造建物を用いる。図 2 に基準階伏図，図 3 に軸組図を示す。階高は 1 階 7.5m，2~5 階 6.5m を基準に，高さ方向に剛性が不均一な建物とするため，図 3 に示すように 1 つないし 2 つの階高を 4.0 m とする。構造減衰は各モデルの 1 次固有周期に対して減衰定数 h=0.02 となる初期剛性比例型とする。各階には剛床を仮定し，X 方向について検討する。各モデルの呼称は，各階の剛性が概ね均一なモデルとして L0 モデル，高さ向に剛性が不均一な建物を想定したモデルを階高の低い階からそれぞれ L1, L3, L13, L35 モデルとする。図 4 に第 i 層の層質量 m_i と層剛性 $_fk_i$ の高さ方向分布を示す。層剛性 $_fk_i$ は，L0 モデルの剛性が高さ方向で概ね均一となっており，他のモデルは階高を低くした層の剛性が上下層と比べ極端に大きくなっている。



(a) $_pS_V$ (b) V_E

図 1 擬似速度応答スペクトル $_pS_V$ と エネルギースペクトル V_E

図 2 基準階伏図



(a) L0 モデル (b) L1 モデル (c) L3 モデル (d) L13 モデル (e) L35 モデル

図 3 軸組図

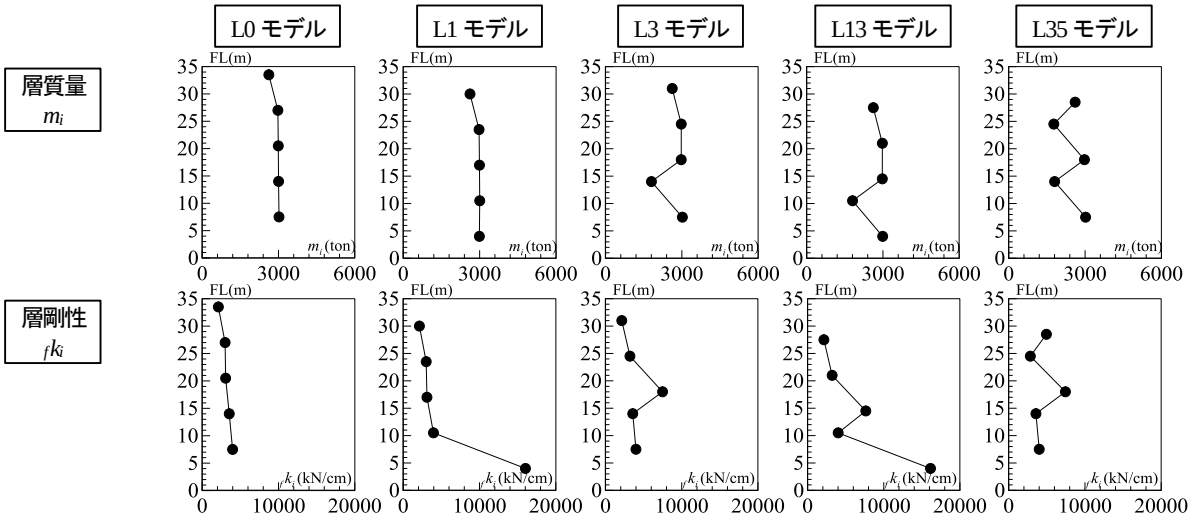


図 4 層質量 m_i と層剛性 $_fk_i$

A application of energy method to a low and middle rise steel structure with uneven stiffness distribution in the height direction

Kazuya Nakamura, Daiki Sato, Yoriyuki Matsuda, Haruyuki Kitamura, Michio Yamaguchi, Naoya Wakita, Shingo Yamaguchi, Yuta Watanuki

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

エネルギー法による損傷分布予測は耐力分布の影響を大きく受ける。本章では，静的増分解析法（以後，増分法）と節点振り分け法[4]（以後，節点法）で耐力を算定し，耐力算定法の違いが耐力分布とエネルギー法による損傷分布予測でどのように表れるかを，各検討建物の構造特性などに着目し検討する。

3.1 エネルギー法における損傷分布の算定式[1]

耐震構造における損傷分布は式(1)により提案されている。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。

$$\frac{{}_fW_{pi}}{{}_fW_p} = \frac{s_i \cdot p_i^{-n}}{\sum_{j=1}^{N} s_j \cdot p_j^{-n}} \tag{1}$$

$$s_i = \left(\sum_{j=i}^{N} \frac{m_i}{M}\right)^2 \cdot \bar{\alpha}_i^{\,2} \cdot \left(\frac{{}_fk_1}{{}_fk_i}\right) \tag{2}$$

$$p_i = \frac{{}_f\alpha_{yi} \,/\, {}_f\alpha_{y1}}{\bar{\alpha}_i} \tag{3}$$

ここに，${}_fW_p$，${}_fW_{pi}$：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，${}_fk_i$：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，${}_f\alpha_{yi}$：降伏層せん断力係数分布である。

3.2 損傷分布への影響

図 5 に 5 つのモデルにおける耐力分布，累積損傷分布を示し，それぞれで増分法と節点法を比較する。累積損傷分布の時刻歴応答解析による損傷分布については次項で述べる。図 5 より，増分法による耐力分布はモデルによる差異が小さく，L0 モデルでは節点法による耐力分布との差異が比較的小さい。他のモデルにおいては，増分法による耐力分布は概ね線形な分布となっている。一方，節点法による耐力分布は層剛性の高い層の耐力が大きく，不均一な分布となっており，図 4 の層剛性 ${}_fk_i$ の分布と似たような概形を成している。累積損傷分布については，いずれのモデルにおいても増分法と節点法で大きく異なる結果が得られた。増分法では特定の層に損傷が大きく集中しないような分布となっているが，節点法ではいずれのモデルにおいても第 2 層の損傷集中が極端に大きく，階高を低くした階の損傷集中は概ね 0 となっている。累積損傷分布においては節点法で耐力を求めた方が建物の構造特性を反映する。

3.3 時刻歴応答解析との比較

エネルギー法で求めた損傷分布(式(1))と時刻歴応答解析の結果を比較する。損傷集中指数 n は前節と同様に 8 とする。時刻歴応答解析の損傷配分は以下の 3 種類を検討する。

①上下の梁の歪エネルギーを 1/2 ずつ配分し層の累積損傷とする
②直上の梁の歪エネルギーを層の累積損傷とする
③層せん断力 - 層間変位図の履歴曲線で囲まれた面積

図 5 に増分法と節点法による累積損傷分布と時刻歴応答解析結果の比較を示す。図 5 より，増分法による損傷分布予測ではいずれの場合でも時刻歴応答解析による損傷集中箇所を捉えられていない。一方，節点法による損傷分布予測ではいずれの場合でも概ね損傷集中箇所を捉えられている。特に L0, L3, L35 モデルでは①の損傷分布，L1, L13 モデルでは②の損傷分布と同等な概形を予測できている。③による損傷分布はいずれのモデルでも①と②の間に位置する。

4. まとめ

高さ方向の層剛性が概ね均一な建物モデルと不均一な建物モデルを想定し，その不均一さが損傷分布にどのような影響を与えるのかを，2 つの耐力算定法とエネルギー法による分布予測，時刻歴応答解析により検討した。

謝辞
本研究は，新日鉄住金エンジニアリング株式会社，東京工業大学，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) 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―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―，技報堂出版，2008.9
2) 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
3) 中村一哉，佐藤大樹，松田頼征，北村春幸，山口路夫，脇田直弥，山口慎吾，綿貫雄太：高さ方向に剛性が不均一な鋼構造建物の耐力算定とエネルギー法の適用，日本建築学会関東支部研究報告集，2017.2
4) 石山祐二：建築基準法の耐震・構造規定と構造力学(第 2 版)，三和書籍，2016.4

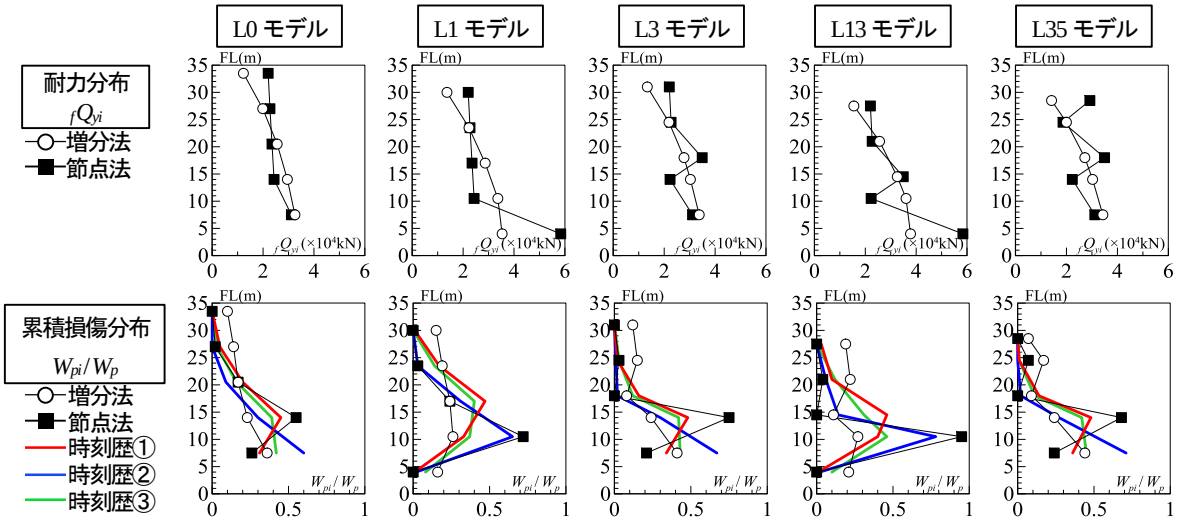


図 5　各分布の比較

*1 東京工業大学
*2 東京理科大学
*3 新日鉄住金エンジニアリング株式会社

*1 *Tokyo Institute of Technology*
*2 *Tokyo University of Science*
*3 *Nippon Steel & Sumikin Engineering Co , Ltd*