

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	履歴ダンパーを有する鋼構造建物を用いた損傷に寄与するエネルギーEDの評価
Title	
著者(和文)	佐藤大輔, 佐藤大樹, 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. 1039-1040
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 1039-1040
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: http://ci.nii.ac.jp/naid/110009682886

履歴ダンパーを有する鋼構造建物を用いた損傷に寄与するエネルギー E_D の評価

損傷に寄与するエネルギー エネルギー法
履歴ダンパー 長周期長継続地震動 入力エネルギー

正会員○佐藤 大輔^{*1} 同 佐藤 大樹^{*1} 同 松澤 祐介^{*2}
同 北村 春幸^{*1} 同 山口 路夫^{*3} 同 脇田 直弥^{*3}
同 松蔭 知明^{*3}

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震の経験や、近い将来、発生が懸念されている長周期長継続地震動から、昨今、累積値による損傷評価の重要性が高まっており、エネルギーの釣合いに基づく耐震設計法(以後、エネルギー法)に関する知見の充実がよりいっそう望まれる状況にある。エネルギー法では、損傷に寄与するエネルギー E_D (=入力エネルギー E -減衰エネルギー W_h)を用い建物の損傷評価を行うものであり、秋山より、 E_D の経験式が提案されている¹⁾。この経験式は、弾性系・弾塑性系の双方において有用性を確認されているが、ダンパーを有しない1質点モデル、また地震動においては標準波のみの検討に基づいたものであり、今後、 E_D の経験式を拡張するためにも、より広範な E_D の検討は重要であると考えられる。

筆者らは、長周期長継続地震動を含む12波の入力地震動とダンパーを有しないモデルを用い E_D について検討を行った²⁾。そこで本報では、ダンパーを有する場合に拡張した広範な検討を行うことで、 E_D の傾向特性を把握することを目的とする。

2. 検討建物、ダンパー諸元、せん断型モデル及び入力地震動概要

検討対象建物は、地上5階、8階、10階、21階、35階の鋼構造建物とする。各建物の基準階伏図と軸組図を図1(a)~(e)に示す。なお、本論文での解析対象はX方向とする。構造減衰は、主架構の1次固有周期 $f_1 T_1$ に対して、 $h=2\%$ となる剛性比例型とする。本論文では、図2に示すように主架構の静的増分解析から得られる各層の履歴曲線の面積と、終局変形 $f_1 \delta_u$ (静的増分解析における最大変形)時の履歴面積が等しくなる完全弾塑性型に置換し、作成したせん断型モデルを用いて検討を行う。表1に、各せん断型モデルにおける $f_1 T_1$ 、建物全重量 W 、第一層の主架構の降伏層せん断力 $f_1 Q_{y1}$ 、降伏せん断力係数 α_1 ($=f_1 Q_{y1}/W$)と $f_1 \alpha_1 \times f_1 T_1$ を示す。制振建物は、ダンパーを図1の示す位置にそれぞれ付与したモデルとする。本報では、ダンパーとして軸材にLY225を用いた座屈拘束ブレースを用い、復元力特性は完全弾塑性型とした。なお、本報では、ダンパーの投入量として第一層の降伏せん断力係数 α_1 を用いた。

解析に用いる入力地震動は、1995年兵庫県南部地震のJMA KOBE波(神戸)、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 $\rho S_V=100$ cm/s($h=5\%$)となる位相特性HACHINOHE 1968 EW(以後、ART HACHI)およびJMA KOBE1995NS(以後、ART KOBE)の模擬地震動、最大速度を50 cm/sに基準化したEl Centro1940NS(以後、El Centro)、東北地方太平洋沖地震本震のK-NET MYG013(仙台)、K-NET MYG006(古川)、K-NET TKY007(新宿)、K-NET KNG013(小田原)、およびそれらのデータ^{注1)}をもとに $T_c=0.64$ (s)以降の領域で $\rho S_V=100$ cm/s($h=5\%$)に基準化した模擬地震動(以後、ART FURU, ART SHIN, ART ODA)、東海・東南海地震を想定した三の丸波(以後、SAN)

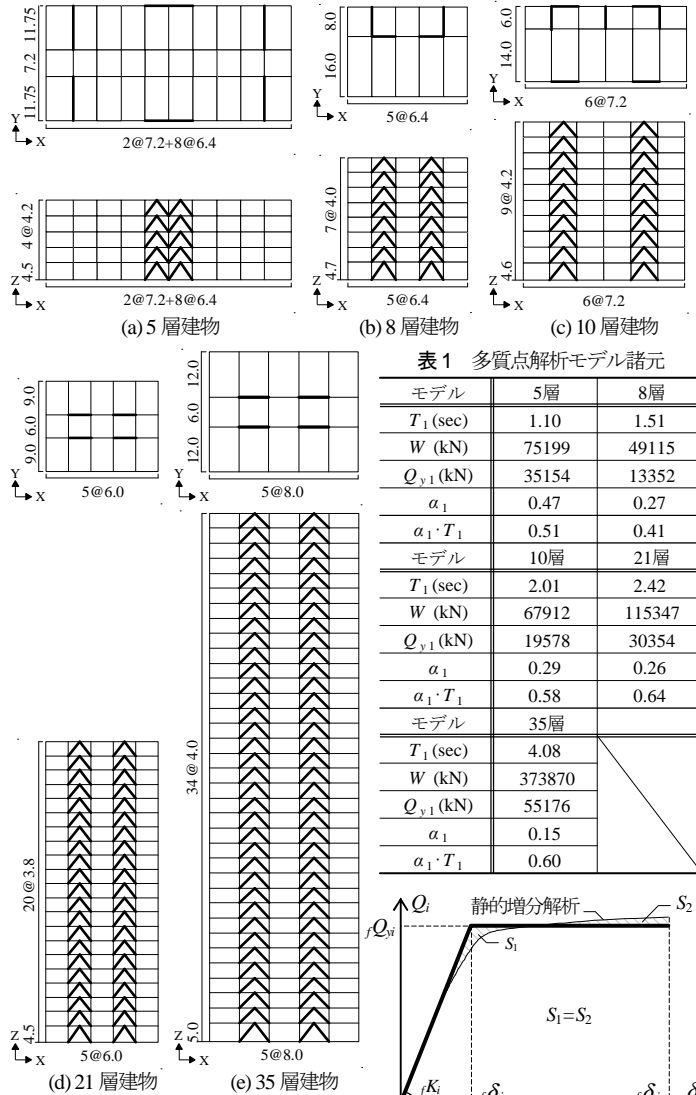


表1 多質点解析モデル諸元

モデル	5層	8層
T_1 (sec)	1.10	1.51
W (kN)	75199	49115
Q_{y1} (kN)	35154	13352
α_1	0.47	0.27
$\alpha_1 \cdot T_1$	0.51	0.41
モデル	10層	21層
T_1 (sec)	2.01	2.42
W (kN)	67912	115347
Q_{y1} (kN)	19578	30354
α_1	0.29	0.26
$\alpha_1 \cdot T_1$	0.58	0.64
モデル	35層	
T_1 (sec)	4.08	
W (kN)	373870	
Q_{y1} (kN)	55176	
α_1	0.15	
$\alpha_1 \cdot T_1$	0.60	

図1 基準階伏図と軸組図(単位: m) ※ -ダンパー位置
図2 復元力特性

の計12波を用いた。図3に入力地震動の ρS_V とエネルギースペクトル V_E 、表2に最大加速度 A_{cmax} 、継続時間と f 値³⁾(El Centro NS波を単位地震動としたときのある地震動の反復数を表す)、実効地震継続時間 t_0 ³⁾をそれぞれ示す。

3. 損傷に寄与するエネルギー E_D の検討

図4に、ダンパーを有した主架構弾塑性系における E_D/E と入力地震動の関係を示す。ここに、 E_D : 損傷に寄与するエネルギー(入力エネルギー E -減衰エネルギー W_h)である。なお、図中の実線は E_D の経験式(式(1a,b))¹⁾を示し、入力地震動の順は右ほど f 値が大きくなるように並べた。

$$E_D = \frac{E}{(1+3h+1.2\sqrt{h})^2}, \quad E_D = \frac{E}{(\sqrt{1+4\pi h n})^2} \quad (1a,b)$$

ここに、 n :減衰エネルギーの等価繰返し数である。本報では $h=0.02$, $n=2,3$ を用いた。図4より、高層のモデルほど、 E_D/E は小さく、また E_D の経験式は時刻歴解析に対し安全側の評価を下す傾向にあることが確認できる。主架構弾塑性系においても、ダンパーが塑性化すれば主架構弾塑性系と同様な傾向になることを確認している。

図5.6に主架構弾塑性系におけるダンパーの塑性変形倍率の平均値 $a\bar{\mu}$ (式(2)) と E_D/E の関係を示す。

$$a\bar{\mu} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{\delta_{maxj} - a\delta_{yj}}{a\delta_{yj}} \right) \quad (2)$$

ここに、 N :全層数、 δ_{maxi} : i 層の最大層間変形、 $a\delta_{yi}$:ダンパーの降伏変形である。なお、図5は解析モデル(無彩色:5,8,10層モデル, 赤系色:21,35層モデル)と $s\alpha_{y1}$ を凡例とし、図6は f 値を凡例としたものである。図5より、 $a\bar{\mu}$ が大きくなるほど E_D/E が大きくなり、やがて E_D/E は0.7~0.8程度に収束する。換言すれば、塑性化の程度が著しい場合においても、 E の約20~30%程度は W_h であることがわかった。図4同様、図5から、低層のモデルに比べ高層のモデルの方が、 W_h/E は大きくなる傾向にあることが確認できる。制振構造の場合、 E に対して制振部材の塑性履歴エネルギーが支配的であるため、 $s\alpha_{y1}$ の変化が E_D/E に大きく影響を与えることが確認できる。また、 $s\alpha_{y1}$ が大きいほど、比較的小さな $a\bar{\mu}$ から E_D/E が収束することを確認した。

図5.6より、今回の検討において、ダンパーを有する場合、①塑性化の程度、②ダンパー量、③解析モデルの3つの要素が、 E_D/E に顕著に影響を与えることを確認した。

4. まとめ

本報では、損傷に寄与するエネルギー E_D について、12波の入力地震動とダンパーを有するモデルを用い検討を行った。今回の検討において、ダンパーを有する場合、①塑性化の程度、②ダンパー量、③解析モデルが E_D/E に顕著に影響を与えることを確認した。

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, 技術堂出版, 1999.11
- 2) 佐藤大輔, 他:様々な入力地震動を用いた損傷に寄与するエネルギー E_D の評価, 日本建築学会関東支部研究報告集, 2012.3
- 3) 秋山宏, 北村春幸:エネルギースペクトルと速度応答スペクトルの対応, 日本建築学会構造系論文集, 第608号, 37-43p, 2006.10

謝辞

本研究作成では、防災科学技術研究所 K-NET 観測記録を使用させて頂きました。本研究は、新日鉄住金エンジニアリング株式会社, 東京理科大学北村研究室による共同研究の成果の一部を用いたものです。ここに深く感謝の意を表します。

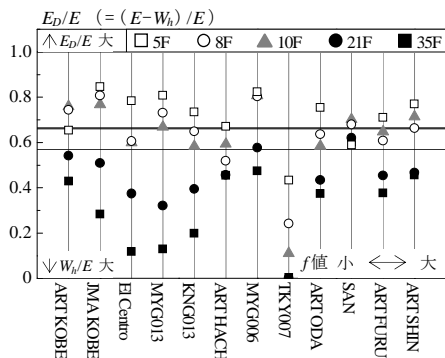


図4 T_1 と E_D/E の関係 (弾塑性系, 加速度1.0倍)

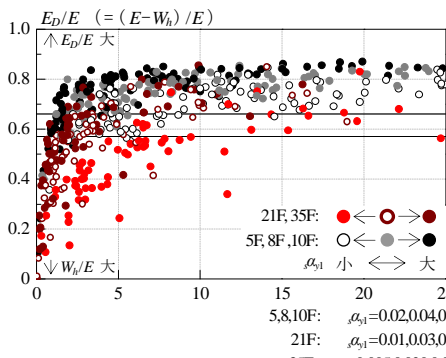


図5 E_D/E と $a\bar{\mu}$ の関係 (弾塑性系, ダンパー量)

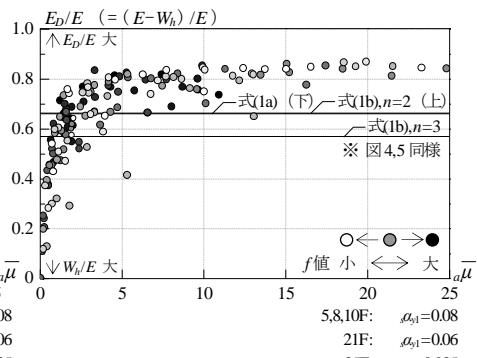


図6 E_D/E と f の関係 (弾塑性系, f 値)

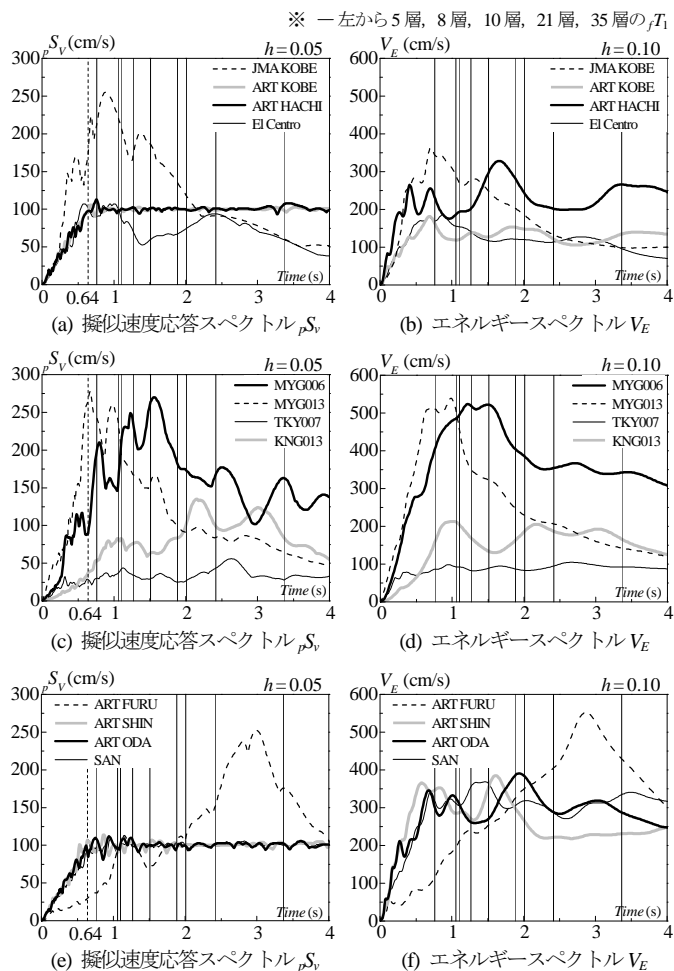


図3 入力地震動のスペクトル

表2 入力地震動概要

地震動	JMA KOBE	ART KOBE	ART HACHI	El Centro
A_{ccmax} (cm/s ²)	818.02	482.23	501.59	456.57
継続時間(s)	152.0	300.0	550.0	107.6
f 値	0.89	0.64	1.89	1.04
$e t_0$ (s)	8.4	16.5	92.5	24.4
地震動	MYG006	MYG013	TKY007	KNG013
A_{ccmax} (cm/s ²)	571.50	1517.20	192.44	163.59
継続時間(s)	300.0	300.0	300.0	300.0
f 値	1.93	1.62	2.52	1.69
$e t_0$ (s)	115.1	89.5	81.5	70.0
地震動	ART FURU	ART SHIN	ART ODA	SAN
A_{ccmax} (cm/s ²)	598.79	429.26	561.68	186.00
継続時間(s)	400.0	400.0	400.0	490.9
f 値	3.44	3.54	2.77	3.28
$e t_0$ (s)	182.4	149.6	120.0	119.9

*1 東京理科大学
 *2 株式会社 山下設計 (元東京理科大学)
 *3 新日鉄住金エンジニアリング(株)

*1 Tokyo Univ. of Science.
 *2 Yamashita Sekkei Inc.
 *3 Nippon Steel & Sumikin Engineering Co., Ltd