

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	履歴減衰型制振部材を部分配置した鋼構造建物のエネルギーの釣合に基づく応答予測法
Title	
著者(和文)	栗林晃司, 佐藤大樹, 北村春幸, 山口路夫, 西本晃治
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura, Michio Yamaguchi, Kohji Nishimoto
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, No. , pp. 593-594
Citation(English)	, Vol. B-2, No. , pp. 593-594
発行日 / Pub. date	2010, 9
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/110008124014

履歴減衰型制振部材を部分配置した鋼構造建物のエネルギーの釣合に基づく応答予測法

正会員 ○栗林晃司^{*1} 佐藤大樹^{*1} 北村春幸^{*1}
山口路夫^{*2} 西本晃治^{*2}鋼構造建物 履歴減衰型制振部材 部分配置
実効変形 時刻歴応答解析 エネルギー法

1. はじめに

建物の耐震性能は、終局耐力と塑性変形能力（塑性エネルギー吸収量）の積により判定される。現在、このことを重点においた耐震計算法である、エネルギーの釣合に基づく応答予測法¹⁾（以後、エネルギー法と呼ぶ）が確立されている。

制振構造を考えた場合、曲げ変形によって生じるダンパーに有効に働く変形（以後、実効変形と呼ぶ）の評価が重要となる。しかし、エネルギー法は、簡便なせん断型モデルを基本としているため、ダンパーの実効変形を考慮していない。そのため、ダンパーによる制振効果を過大に評価することとなり危険側の評価をしてしまう。この問題を解決するため、筆者らは、ダンパーの実効変形を考慮したエネルギー法を提案した²⁾。

エネルギー法は、全層にダンパーを配置することを前提に考えられている。しかし、上層部のダンパーは、実効変形比（層間変形に対するダンパーの実効変形の比）が小さくなるため、付与しない場合も考えられる。よって、本報では、建物の高さ方向に対してダンパーを部分的に配置した時（図1(b))における、エネルギー法を提案することを目的とする。

2. 検討対象建物・入力地震動の概要及びダンパーの耐力比分布

2.1 検討対象建物概要

検討対象建物の基準階図と軸組図を図1に示す。検討対象建物は、地上8階、高さ32.7(m)の鋼構造建物とし、解析対象はX方向とする。基準とする純ラーメン構造をA1モデルとし、1次固有周期 T_1 は1.36(sec)である。また、柱と梁の代表部材断面を表1に示す。減衰定数は、A1モデルの T_1 に対して、 $h=2\%$ となる剛性比例型とした。このA1モデルに、ダンパーを図1(a)に示す位置に付与したモデルをB1モデルとする。本報では、ダンパーとしてLYP225材の座屈拘束ブレースを用いる。

2.2 解析用入力地震動

解析に用いる入力地震動は、いずれの解析ケースにおいても1次固有周期 T_1 が速度応答スペクトルの一定の領域に入るようにコーナー周期 $T_c=0.64$ (sec)以降の領域で、 $S_v=100$ (cm/sec) ($h=5\%$)となる模擬地震動波形を用いる。採用した位相特性は、HACHINOHE 1968 EWであり、ART HACHI($S_v=100$)と呼ぶ。図2に、速度応答スペクトルとエネルギースペクトルを示す。

2.3 ダンパーの耐力比分布

各層のダンパー降伏層せん断力 Q_{yi} は、第1層のダンパーの降伏層せん断力 Q_{y1} を基準とし、Ai分布に基づいた降伏層せん断力分布 Q_i に従って決定した。図3に、ダンパーの耐力

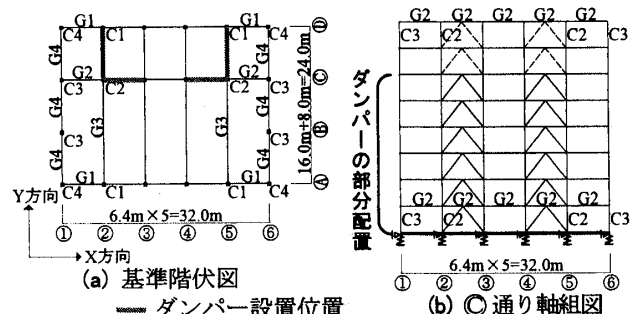


図1 対象建物の基準階図と軸組図

表1 対象建物の代表部材断面

符号	鋼材種類	A1 B1モデル
柱	上層	SN490級 □-400×400×28
	下層	SN490級 □-400×400×45
梁	G2 上層	SN490級 H-600×200×12×14
	G2 下層	SN490級 H-600×200×12×25
	G3 上層	SN490級 H-800×250×14×16
	G3 下層	SN490級 H-800×250×14×25

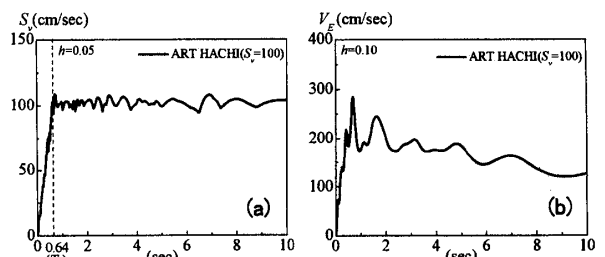


図2 (a) 速度応答スペクトル, (b) エネルギースペクトル

比分布 (Q_{yi}/Q_{y1}) を示す。ここで、全層にダンパーを設置した場合を type01 とし、type01 から7, 8 層のダンパーを除いた場合を type02, 4~8 層のダンパーを除いた場合を type03 とする。なお、本報で用いるダンパーは、塑性化部と弾性部で構成されるため、解析で1本の部材としてモデル化する場合のダンパーの剛性と断面積は、等価剛性 k 及び等価断面積 A^2)を用いる。また、ダンパー量は、type01において第1層のダンパーの降伏層せん断力係数 α_{y1} を変えたパラメータスタディにより応答値が最も低減した $\alpha_{y1}=0.07$ を、全てのtypeにおいて使用する。各typeの1次固有周期 T_1 は、type01が1.045(sec), type02が1.050(sec), type03が1.164(sec)である。

図3 ダンパーの耐力比分布 (Q_{yi}/Q_{y1})

(Q_{yi}/Q_{y1})

剛性と断面積は、等価剛性 k 及び等価断面積 A^2)を用いる。また、ダンパー量は、type01において第1層のダンパーの降伏層せん断力係数 α_{y1} を変えたパラメータスタディにより応答値が最も低減した $\alpha_{y1}=0.07$ を、全てのtypeにおいて使用する。各typeの1次固有周期 T_1 は、type01が1.045(sec), type02が1.050(sec), type03が1.164(sec)である。

3. 制振構造におけるエネルギーの釣合に基づく応答予測法

3.1 ダンパーの実効変形を考慮した応答予測式

筆者らが提案したダンパーの実効変形を考慮したエネルギー法は、ダンパーに直列バネを付与することでダンパーの実効変形の低下を表現した²⁾。直列バネを付与すると、ダンパーのみの時と比べて剛性が低くなるため降伏変形は大きくなる。また、直列バネは、弾性のバネであるため、ダンパーのみの時と降伏層せん断力、エネルギー吸収量は変わらない(図4参照)。

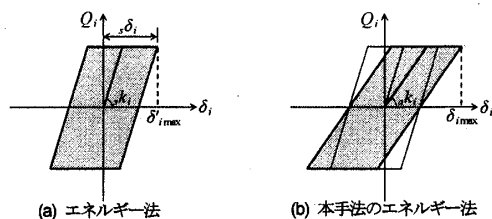


図4 ダンパーの履歴ループ

ダンパーの実効変形を考慮した時の*i*層のダンパーの累積塑性変形倍率 $s\eta_i$ と最大層間変形 δ_{max} の算出式³⁾を以下に示す。

フレームは弾性とする。なお、左添字の*f*はフレーム、*s*はダンパー、*a*はダンパー+直列バネの値であることを意味する。

$$s\eta_i = \frac{a\eta_i}{\beta_{ki}}, \quad a\eta_i = \frac{1}{2\gamma_{ai} \cdot c_i} \left(\frac{a k_i}{f k_i} \right) \left(\frac{\alpha_0}{\alpha_{yi}} \right)^2 \quad (1a, b)$$

$$\delta_{max} = \frac{\delta_0 \cdot \sum_{j=1}^N \frac{m_j}{M}}{\kappa_i} \left\{ -4n_i \cdot c_i \cdot \gamma_{ai} \cdot \beta_{ki} \cdot \bar{\alpha}_i^{-2} \cdot \left(\frac{a\alpha_{yi}}{\alpha_0} \right) + \bar{\alpha}_i \sqrt{4n_i \cdot c_i \cdot \gamma_{ai} \cdot \beta_{ki} \cdot \bar{\alpha}_i \cdot \frac{a\alpha_{yi}}{\alpha_0}} + 1 - \frac{1}{MV_D^2} \sum_{j=1}^N a Q_{yi} \cdot a \delta_{yi} \right\} \quad (2)$$

ここで、 γ_i : 損傷分散係数、 k_i : *i*層の初期剛性、 α_0 : フレームの無減衰時の応答せん断力係数、 α_{yi} : 降伏層せん断力係数、 δ_0 : フレームの無減衰時の変形、*N*: 全層数、 m_i : *i*層の質量、*M*: 総質量、 n_i : ダンパーの等価繰返し数、 $\bar{\alpha}_i$: 最適降伏層せん断力係数¹⁾、 V_D : 損傷に寄与する入力エネルギー E_D の速度換算値、 Q_{yi} : *i*層の降伏層せん断力、 δ_{yi} : *i*層の降伏層間変形、 β_{ki} : $s k_i$ に対する $a k_i$ の比である。なお、 c_i 、 κ_i については、文献1を参照されたい。

3.2 ダンパーを部分配置した時のエネルギー法の応答予測式

ダンパーを部分配置する時におけるエネルギー法の応答予測

式は、前節のエネルギー法の応答予測式(式(1a, b), 式(2))の全層数*N*を、ダンパー設置層数*N'*に置き換えることで算出することができる。

上層のダンパーが設置されていないtype02, type03(図3)は、ダンパーを配置していない層の最大層間変形 δ_{max} が、式(2)から算出することができない。よって、ダンパーを配置していない層の最大層間変形 δ_{max} は、A1モデルの*Ai*分布に基づいた Q_i 分布から算出した層間変形の分布 $\bar{\delta}_i$ を用いて算出する。

3.3 ダンパーを部分配置した時のエネルギー法の検討

前節のダンパーを部分配置した時におけるエネルギー法の応答予測式から算出した応答値と、部材レベルモデルの時刻歴応答解析の結果の比較を各typeで行うことで、ダンパーが部分配置の時におけるエネルギー法の検討を行う。ダンパーの累積塑性変形倍率 $s\eta_i$ と最大層間変形角 R_i の応答値を図5に示す。なお、本報では、エネルギー法に用いる E_D は、部材レベルモデルの時刻歴応答解析から得られた値を用い、 n_i は、エネルギー法告示で定められている $n_i=2.5$ を用いることとする。

図5より、type01の $s\eta_i$ は、エネルギー法と解析結果で、上層においてズレが生じていることがわかる。これは、解析結果では、上層のダンパーは塑性化していないのに対して、エネルギー法では、全層で塑性化すると仮定しているためである。type01, type02のエネルギー法の R_i は、安全側の評価をしていることがわかる。逆に、type03のエネルギー法の R_i は、危険側の評価となっている。このことより、type03のように極端なダンパー配置の場合は注意が必要である。

4. まとめ

本報では、ダンパーを部分的に配置した時におけるエネルギー法を提案し、その適用範囲を示した。

6層までのダンパー配置の時は、安全側の評価となるため、エネルギー法は適用できることを確認した。また、3層までダンパー配置するような極端なダンパー配置の時は、今のままのエネルギー法では適用できないため改善が必要である。

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) 栗林晃司, 佐藤大樹, 北村春幸, 山口路夫, 西本晃治: 履歴減衰型制振部材の実効変形を考慮した鋼構造建物のエネルギーの釣合に基づく応答予測法(その1, その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.493-496, 2009.8
- 3) 栗林晃司, 佐藤大樹, 北村春幸: 履歴減衰型制振部材を下層に部分配置したエネルギーの釣合に基づく応答予測法, 日本建築学会関東支部, 2030, 2010.3

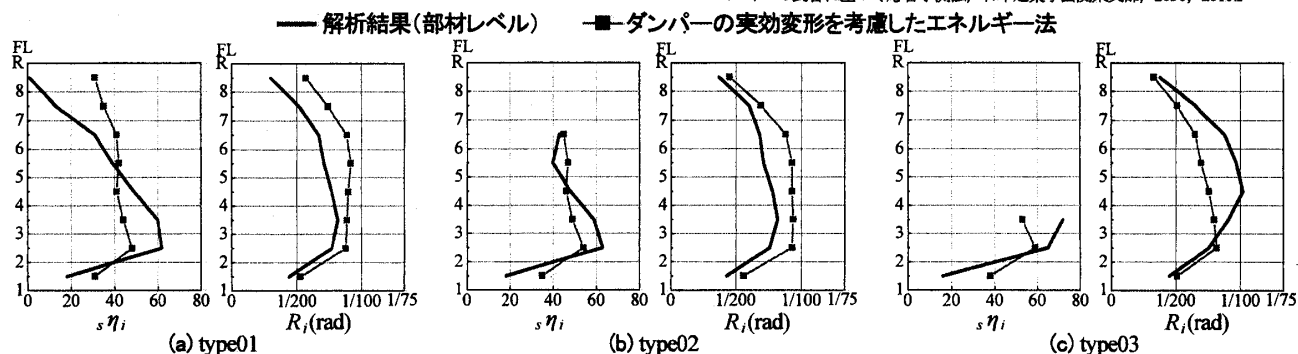


図5 エネルギー法と解析結果(部材レベル)の比較

*1 東京理科大学

*2 新日鉄エンジニアリング株式会社

*1 Tokyo Univ. of Science

*2 NIPPON STEEL ENGINEERING CO., LTD.