

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	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 ダンパーの実効変形を考慮したせん断型モデルの作成手法
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, B-2, , pp. 493-494
Citation(English)	, B-2, , pp. 493-494
発行日 / Pub. date	2009, 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/110007978690">http://ci.nii.ac.jp/naid/110007978690</a>

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:ダンパーの実効変形を考慮したせん断型モデルの作成手法)

正会員 ○栗林晃司<sup>1</sup> 佐藤大樹<sup>2</sup> 北村春幸<sup>3</sup>  
山口路夫<sup>4</sup> 西本晃治<sup>4</sup>

履歴減衰型制振部材 部材レベルモデル せん断型モデル  
実効変形 時刻歴応答解析 エネルギー法

1. はじめに

建築物の耐震安全性は、終局耐力と塑性変形能力の積（塑性エネルギー吸収量）により判定している。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<sup>1)</sup>（以後、エネルギー法と呼ぶ）が確立されている。

現在提案されているエネルギー法では、簡便なせん断型モデルを基本としている。しかし、制振構造を考えた場合、せん断型モデルではダンパーに有効に働く変形（以後、実効変形と呼ぶ）を考慮していないため、ダンパーによる制振効果を過大に評価することとなる。つまり、実際の応答では、それらの影響によりダンパーの実効変形比（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、エネルギー法においてもその影響を加味する必要がある。よって、本報ではダンパーに新たに直列バネを取付けることにより、ダンパーの実効変形を考慮したせん断型モデルを作成し、エネルギー法に適用することを目的とする。

本報その1では、検討対象建物の諸元を示し、ダンパーの実効変形を考慮したせん断型モデルの作成手法を提案する。その2では、提案したせん断型モデルの妥当性を示し、エネルギー法に適用する。

2. 部材レベルモデルの建物諸元

2.1 検討対象建物概要

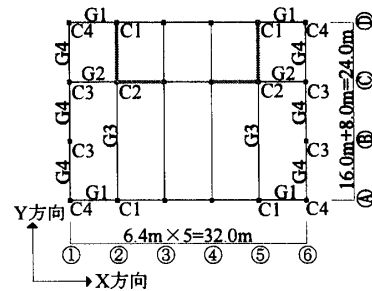
検討対象建物は、地上8階、高さ32.7(m)の鋼構造建物とする。対象建物の基準階伏図と軸組図を図1に示す。基準とする純ラーメン構造をA1モデルとし、1次固有周期 $T_1$ は1.36(sec)である。このA1モデルに、ダンパーを図1(a)に示す位置に付与したモデルをB1モデルとする。本報では、ダンパーとしてLYP225材の座屈拘束ブレースを用いる。また、柱と梁の代表部材断面を表1に示す。

2.2 ダンパーの断面積算定

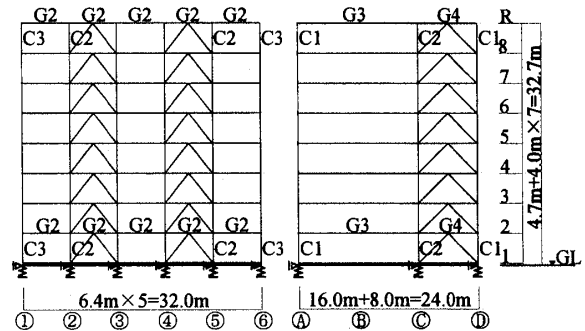
ダンパーの降伏層せん断力係数 $\alpha_{y1}$ をパラメータとし、第1層のダンパーの層せん断力 $Q_{y1}$ を以下の式で求める。

$$Q_{y1} = \alpha_{y1} \cdot \sum_{i=1}^N m_i g \quad (1)$$

ここで、 $m_i$ :  $i$ 層の質量、 $g$ : 重力加速度である。また、各層のダンパー量は第1層のダンパー量により $A_i$ 分布に基づいた降伏層せん断力分布 $Q_i$ に従うものとする。



(a) 基準階伏図 — ダンパー設置位置



(b) C通り軸組図 (c) 2,5通り軸組図

図1 対象建物の基準階伏図と軸組図

表1 対象建物の代表部材断面

部材	符号	鋼材種類		A1, B1モデル
		上層	下層	
柱	C2	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
		下層	SN490級	H-600×200×12×25
	G3	上層	SN490級	H-800×250×14×16
		下層	SN490級	H-800×250×14×25

$$Q_{yi} = (Q_i / Q_1) \cdot Q_{y1} \quad (2)$$

このとき、ダンパー取付け角度を $\theta$ とし、各層1方向に4本のダンパーが設置されているので（図1(a)）、降伏軸力 $N_{yi}$ は次式で求める。

$$N_{yi} = Q_{yi} / 4 \cos \theta \quad (3)$$

ダンパーの降伏応力度 $\sigma_y$ を用いて1本分の断面積 $A_i$ を求める。

$$A_i = N_{yi} / \sigma_y \quad (4)$$

上記の方法で、ダンパーの断面積 $A_i$ が求まる。このようにして、決定したダンパーの耐力分布をtype1と呼ぶ。なお、本報では、事前の $\alpha_{y1}$ を変えたパラメータスタディにより、応答値の最も低減した $\alpha_{y1} = 0.07$ のダンパー量を使用する。

Energy Balance-Based Seismic Response Prediction Method for Steel Structure Considering Effective Hysteretic Damper Deformations  
(Part 1: Shear Spring Model Considering Effective Damper Deformations)

Koji Kuribayashi, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura,  
Michio Yamaguchi, Koji Nishimoto

### 2.3 等価剛性及び等価断面積の算定

図2で示すようにダンパーは塑性化部と弾性部に分かれるため、解析で1本の部材としてモデル化するに当たり、ダンパーの等価剛性及び等価断面積を下記の方法で算定する。

等価剛性  $K$  は、次式で求める。

$$K = \frac{EA_c}{L} \cdot \frac{1}{\alpha + 2\beta \frac{A_c}{A_1} + (1 - \alpha - 2\beta) \frac{A_c}{A_2}} \quad (5)$$

ここで、 $L$ ：柱・梁芯間長さ、 $E$ ：鋼管の弾性係数、 $A_c$ ：塑性化部断面積、 $A_1$ ：弾性部断面積、 $A_2$ ：パネルゾーン断面積、 $\alpha$ ：塑性化部長さの柱・梁芯間の長さに対する比、 $\beta$ ：弾性部長さの柱・梁芯間の長さに対する比である。次に等価断面積  $A'$  は以下の式となる。

$$A' = A_c \cdot \frac{1}{\alpha + 2\beta \frac{A_c}{A_1} + (1 - \alpha - 2\beta) \frac{A_c}{A_2}} \quad (6)$$

本報では、 $\alpha = 0.25$ 、 $\beta = 0.325$ 、 $L_2 = 0.05L$ 、 $A_1 = 2A_c$ 、 $A_2 = A_c$  とし、等価剛性及び等価断面積を算出する。

### 2.4 ダンパーの耐力分布

前節までの各層のダンパー量は、第1層のダンパー量により  $A_i$  分布に基づいた降伏層せん断力分布に従って決めていた (type1)。ダンパーの耐力分布を、図3に示すように3つのグループに分割 (1-3層、4-6層、7-8層) したのを type2 とし、type2 から 7-8層のグループを除いたのを type3 とする。

### 3. ダンパーの実効変形を考慮したせん断型モデルの作成手法

#### 3.1 本手法の概念

図4に、ダンパーの実効変形を考慮した本手法の概念図を示す。架構が層間変形  $\delta_{max}$  変形した際のダンパーの水平方向変形  $\delta$  を実効変形と呼び、 $\delta_{max}$  との比を実効変形比と定義する。図4(a)より、架構の曲げ変形に伴い、 $\delta_{max}$  と  $\delta$  の差  $\delta_b$  が生じる。本報では、せん断型モデルにおいても、図4(b)に示すようなダンパー剛性  $k_i$  に、直列にしたバネ  $k$  (以後、直列バネと呼ぶ) を設けることで、実効変形の減少つまり  $\delta_b$  を表現する。 $k$  の決定法については、次節で詳しく述べる。

#### 3.2 作成手法

ダンパーを設置した部材レベルモデルの剛性マトリクス (水平方向の自由度に縮約した物) から、主架構のみの剛性マトリクスを引くと剛性マトリクス  $[{}_a K]$  はフルマトリクスとなる。せん断型モデルでのダンパーの剛性マトリクス  $[{}_s k]$  の場合 3重対角のマトリクスとなるのに対し、フルマトリクスの  $[{}_a K]$  はダンパーの剛性以外にダンパーの実効変形による影響が含まれている。本手法では、せん断型モデルを作成する際、この影響をダンパーに直列バネを設けることで表し、このダンパー+直列バネの剛性 (以後、直列系剛性と呼ぶ) のマトリクスを  $[{}_a k]$  とする。

\*1 東京理科大学大学院理工学研究科建築学専攻 大学院生  
 \*2 東京理科大学理工学部建築学科 助教 博士 (工学)  
 \*3 東京理科大学理工学部建築学科 教授 博士 (工学)  
 \*4 新日鉄エンジニアリング株式会社

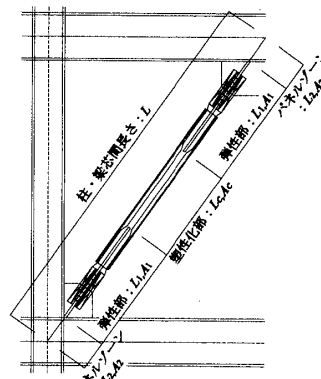


図2 ダンパー配置図

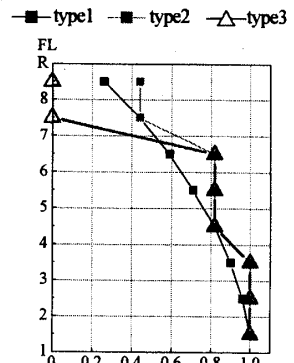


図3 ダンパーの耐力分布

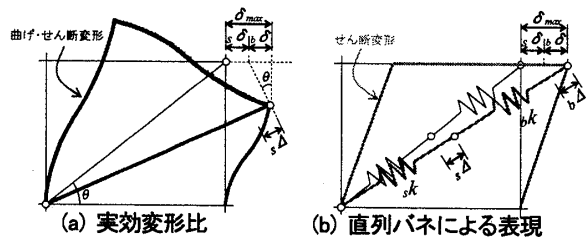


図4 ダンパーの取付架構剛性を考慮した本手法の概念図

せん断型モデルの  $i$  層のダンパーの剛性  $k_i$  に、直列バネの剛性  $k_s$  を付与し、直列系剛性  ${}_a k_i$  は次式で表される。

$${}_a k_i = \frac{{}_s k_i \cdot k_i}{{}_s k_i + k_i} \quad (7)$$

また、せん断型モデルを考えた場合、 $[{}_a K]$  と  $[{}_a k]$  について任意の相対変形  $\{x\}$  に対して、水平力が等しくなるとすると、せん断型モデルの  $n$  層の直列系剛性  ${}_a k_n$  は  $[{}_a K]$  マトリクスの要素  $k_{ij}$  を用いて、次式のごとく表される。

$${}_a k_n = \frac{1}{x_n - x_{n-1}} \sum_{i=n}^N \sum_{j=1}^N {}_a K_{ij} \cdot x_j \quad (8)$$

ここで、 $N$ ：層数、 $x_0 = 0$  である。よって、直列バネの剛性  ${}_s k_n$  は次式より求めることができる。

$${}_s k_n = \frac{{}_a k_n \cdot {}_s k_n}{{}_s k_n - {}_a k_n} \quad (9)$$

また、各層の層間変形  $\delta_n$  が等しい ( $\delta_n = \delta$ ) と仮定し、 $x_n = n \cdot \delta$  とすると式(8)の直列系剛性  ${}_a k_n$  は次式で表される。

$${}_a k_n = \sum_{i=n}^N \sum_{j=1}^N {}_a K_{ij} \cdot j \quad (10)$$

本報その2では、式(10)により求めた  ${}_a k_n$  を用いる。

### 4. まとめ

本報その1では、ダンパーの実効変形を考慮したせん断型モデルの作成手法を提案した。

#### 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，技報堂出版，1999.11  
 2) 北村春幸，財津和康，馬谷原伴恵：主架構の塑性化を考慮した制振構造物のエネルギーの釣合に基づく応答評価法，日本建築学会構造系論文集，第599号，pp71-78，2006.1

Graduate Student, Tokyo Univ. of Science  
 Asst.Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr.Eng.  
 Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr.Eng.  
 NIPPON STEEL ENGINEERING CO., LTD.