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) | 地震動特性を考慮した平均歪みによる座屈拘束ブレースの簡易疲労損傷度評価法 |
| Title(English) | Simple Fatigue Damage Evaluation Method of Buckling Restrained Braces by Average Strain in Consideration of Ground Motion Characteristics |
| 著者(和文) | 高橋真人, 植木卓也, 宮川和明, 佐藤利昭, 佐藤大樹, 北村春幸 |
| Authors(English) | Manato Takahashi, Takuya Ueki, Kazuaki Miyagawa, Toshiaki Sato, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura |
| 出典(和文) | 日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. C-1,  , pp. 781-782 |
| Citation(English) | , vol. C-1,  , pp. 781-782 |
| 発行日 / Pub. date | 2016, 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
（九州） 2016 年 8 月

# 地震動特性を考慮した平均歪みによる座屈拘束ブレースの簡易疲労損傷度評価法

正会員 ○高橋 真人*1　同 植木 卓也*2
同 宮川 和明*3　同 佐藤 利昭*4
同 佐藤 大樹*5　同 北村 春幸*6

長周期地震動　二重鋼管ブレース　低降伏点鋼
損傷度評価　ランダム波形

## 1. はじめに

筆者らは，ランダム波形をエネルギー等価な一定振幅波形に置き換えた平均歪みによる座屈拘束ブレースの疲労損傷度評価法に着目し，従来の疲労損傷度評価法と同等となるような平均歪みを設定することで，応答の波形分解を行わずに疲労損傷度を算出する方法を提案した。また，このように設定された平均歪みは，地震動をスペクトルの大きさに準じて 4 つのグループに分類することで，最大歪みに対する比率で簡易に算定できることを示した [1]。

一方，上記の評価法における地震動の分類は地震動レベルのみで決定していたため，各入力地震動の周波数特性や継続時間による影響の把握ができていない可能性がある。これらを背景に，本報では平均歪みの算定に用いる地震動の分類の精度向上を目的として，地震動特性の異なる地震動を追加し，傾向の分析を行った結果について述べる。

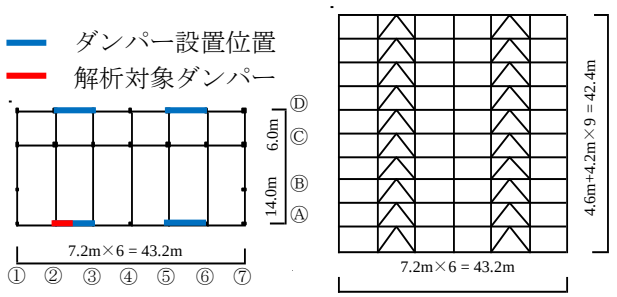
## 2. 検討対象建物及び解析用入力地震動概要

### 2.1 検討対象建物概要

検討対象建物は，図 1 に示す地上 10 階建ての鋼構造建物で，高さが 42.4m，長辺方向が 43.2m，短辺方向が 20.0m[2]であり，主架構のみの場合の 1 次固有周期 ${}_fT_1$ は 2.0s である。ダンパーは軸材に LY225 材を用いた二重鋼管タイプの履歴減衰型ブレースを採用し，長辺方向に各層 8 基設置している。本解析では，ダンパーを弾性部，塑性化部を含めた 1 要素でモデル化している [3]。ダンパーの塑性化部長さ $L_p$ は，柱梁芯間長さの 1/2 に設定した。$A_i$ 分布に基づいて決定された第 $i$ 層のダンパー1 本分の降伏軸力 ${}_sN_{yi}$ は，

$$ {}_dN_{yi} = \frac{{}_dQ_{yi}}{n \cdot \cos\theta_i} \qquad {}_dQ_{yi} = {}_d\alpha_y \times Mg \times \frac{Q_i}{Q_1} \qquad \text{(1-a,b)} $$

と示される。ここで，${}_dQ_{yi}$:第 $i$ 層のダンパー水平方向降伏層せん断力，$n$:ダンパー本数，$\theta_i$:第 $i$ 層ダンパーの取付け角度，${}_d\alpha_y$:ダンパーの降伏層せん断力係数，$M$:建物全質量，$g$:重力加速度，$Q_i$ : $A_i$ 分布に基づく第 $i$ 層の層せん断力である。図 2 に第 $i$ 層のダンパー1 本分の降伏軸力 ${}_dN_{yi}$ の高さ方向分布を示す。以降は，ダンパーの降伏層せん断力係数 ${}_d\alpha_y$ をダンパー量と呼び，本報ではダンパー量 ${}_d\alpha_y$




(a) 建物伏図　(b) 建物軸組図

図 1 検討対象建物

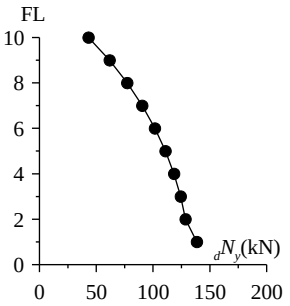



図 2 ダンパー降伏軸力

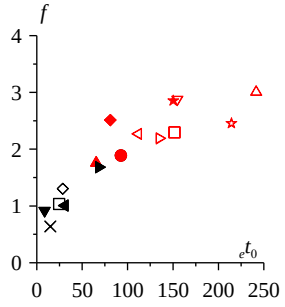



図 3 $f$ と ${}_et_0$ の関係

を 0.01 に設定した。ダンパー弾性時における建物の 1 次固有周期 $T_1$ は 1.80s である。検討対象ダンパーは図 1(a)に赤線で示したように，A 通り 2，3 間の外側のダンパーとする。時刻歴応答解析は長辺方向のみを対象とし，主架構を弾性とする。

### 2.2 解析用入力地震動概要

入力地震動は，観測波を 6 波，模擬波を 11 波，地震動の加速度入力倍率を変更した地震波を 7 波の計 24 波を採用した。なお，地震動特性について検討するため，地震動の反復数 $f$ [4]と実効地震継続時間 ${}_et_0$ [4]について着目し，それぞれの関係を示した結果を図 3 に示す。図より，実効地震継続時間 ${}_et_0$ が長いほど地震動の反復数 $f$ も大きくなることが確認できる。ここで，図上に黒で示した地震動の反復数 $f$=1.75 未満の地震動を直下地震，赤で示した $f$=1.75 以上の地震動を長周期地震動であるとして今後の検討を行う。

## 3. ダンパーの平均歪みの決定方法

本報で用いる平均歪み $\varepsilon_{eq}$ の決定方法として，マイナー則 [1]による疲労損傷度 $D_m$ を正解値かつ既知量であるとし

Simple Fatigue Damage Evaluation Method of Buckling Restrained Braces by Average Strain in Consideration of Ground Motion Characteristics

TAKAHASHI Manato, UEKI Takuya
MIYAGAWA Kazuaki, SATO Toshiaki
SATO Daiki, KITAMURA Haruyuki

た上で，エネルギー等価法[1)]の式における平均歪み$\varepsilon_{eq}$を助変数として変化させ，各評価法の疲労損傷度が一致するような歪みを平均歪み$\varepsilon_{eq}$と定義した。$\varepsilon_{eq}$をダンパー最大歪み$\varepsilon_{max}$で除した値である平均歪み比$\varepsilon_{eq}/\varepsilon_{max}$を以降の検討にて使用する。なお，マイナー則による評価では，波形分解法としてレインフロー法[1)]を使用しており，疲労損傷度$D_m$を算出する際に用いるダンパーの片振幅歪み$\varepsilon$は，

$$\varepsilon = \frac{{}_d\delta_{ai}}{L_p} \qquad (2)$$

と示される。ここで，${}_d\delta_{ai}$：第$i$層ダンパーの軸方向変位である。

## 4. 地震動特性による地震動の分類の検討

地震動特性が平均歪み比$\varepsilon_{eq}/\varepsilon_{max}$に及ぼす影響の確認として，図 4(a), (b),(c)にダンパー弾性時の建物の 1 次固有周期$T_1$である際の各入力地震動のエネルギースペクトル$V_E$(減衰定数$h$=0.1)と疑似速度応答スペクトル${}_pS_v$($h$=0.05)の関係と，ダンパーの片振幅歪みが最大値をとった層における${}_pS_v$と$\varepsilon_{eq}/\varepsilon_{max}$の関係と，1 層から 10 層までにおける第$i$層のダンパーの最大塑性率${}_d\mu_{i_max}$と$\varepsilon_{eq}/\varepsilon_{max}$の関係をそれぞれ示す。なお，図 4(c)において，第$i$層のダンパーの最大塑性率${}_d\mu_{i_max}$が 1.0 未満になった層は除外している。図 4(a)では直下地震と長周期地震動の双方にてほぼ線形になる関係が見られ，地震動特性により傾きが異なる点が確認された。また，図 4(b)では，双方の地震動特性にて反比例の関係を示しており，大きく逸脱している地震動は見られなかった。このことより，疑似速度速度応答スペクトル${}_pS_v$と平均歪み比$\varepsilon_{eq}/\varepsilon_{max}$の関係は，地震動特性毎に回帰式により表現が可能であると考える。しかし，これら 2 つの方法の場合，スペクトルの値が入力地震動に対して 1 つしかないため，1 層分の情報しか反映させることができない。次に，図 4(c)に着目すると，ダンパーの最大塑性率${}_d\mu_{i_max}$と平均歪み比$\varepsilon_{eq}/\varepsilon_{max}$の間に相関関係が見られ，図 4(b)と同様に直下地震と長周期地震動に大別できると考えられる。以上の方法により，ダンパーの塑性率を知ることで全層におけるダンパーの疲労損傷度が算出できると考える。

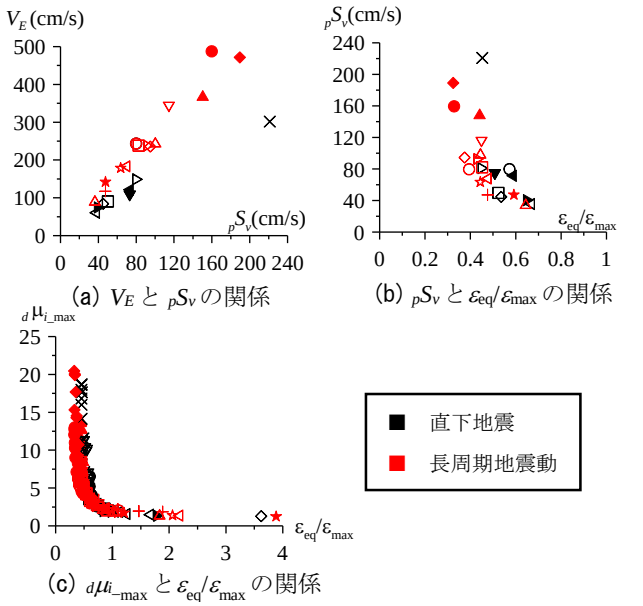



図 4　各応答と歪みの比率の関係

## 5. まとめ

本報では，平均歪みによる地震動の分類の精度向上を目的として，特性の異なる多くの入力地震動に対して数値解析を行い，地震動特性と平均歪み比との関係を評価した。得られた知見は以下の通りである。

(1) ダンパーの最大塑性率と平均歪み比の間で相関関係が見られ，その傾向は地震動の反復数を指標として分類した直下地震と長周期地震動で異なる。

(2) 直下地震と長周期地震動それぞれの回帰式を設定することにより，ダンパーの塑性化程度からダンパーの疲労損傷度を予測できる可能性がある。


### 謝辞

本報は JFE スチール株式会社，JFE シビル株式会社，東京工業大学佐藤研究室，東京理科大学北村研究室の共同研究の成果の一部です。ここに記して感謝の意を表します。


### 参考文献


1) 高橋ら：座屈拘束ブレースの疲労損傷度に影響を与える平均歪みの導出，2015 年度日本建築学会関東支部研究報告集 86(I)，pp561-564，2016.3.

2) 松澤ら：架構応答に弾性，弾塑性が混在する場合の制振構造建物のエネルギー配分に関する研究その 1，2011 年度日本建築学会関東支部研究報告集 82(I)，pp193-196，2012.3.

3) 栗林ら：実効変形を考慮した履歴減衰型制振部材を有する鋼構造建物のエネルギーの釣合に基づく応答予測法，日本建築学会構造系論文集 76(661)，pp543-552，2011.3.

4) 秋山ら：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 608，pp37-43，2006.10.



*1　株式会社フジタ(元東京理科大学)
*2　JFE スチール株式会社
*3　JFE シビル株式会社
*4　九州大学大学院 准教授･博士(工学)
*5　東京工業大学
*6　東京理科大学

*1　Fujita Corp. (Former Student of Tokyo University of Science)
*2　JFE Steel Corp.
*3　JFE Civil Engineering & Construction Corp.
*4　Assoc. Prof., Kyushu University, Dr.Eng.
*5　Tokyo Institute of Technology
*6　Tokyo University of Science