

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	制振建物に配する粘性ダンパーの高さ方向におけるエネルギー分配の予測 - その4: Ai分布を用いて非線形エネルギー分配式 -
Title(English)	Prediction of Energy Distribution in Vibration Control Building with Viscous Dampers (Part4: Prediction of Energy Distribution by Ai)
著者(和文)	劉錫媛, 佐藤大樹
Authors(English)	Xiyuan Liu, Daiki Sato
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , pp. 899-900
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , pp. 899-900
発行日 / Pub. date	2020, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

制振建物に配する粘性ダンパーの高さ方向におけるエネルギー分配の予測

—その 4: A_i 分布を用いて非線形エネルギー分配式—

正会員 ○劉錫媛 1* 同 佐藤大樹 2**

超高層制振建物 非線形粘性ダンパー A_i 分布
非線形エネルギー分配式

1. はじめ

本報その 3 では、ダンパー最大変形の分布によるエネルギー分配式を提案した。しかし、時刻歴解析よりダンパーの最大変形を使用している。本報では、主架構の最大せん断力と剛性から近似的算出されたダンパー最大変形の分布を用いて、非線形エネルギー分配式^[1] (以下、非線形分配式と呼ぶ) の予測精度を検証する。

2. ダンパー最大変形の分布についての検討

A_i 分布に基づく層せん断力が作用した場合における、主架構の最大層間変形 $A_i\delta_{max}$ が発生した層を第 m 層と定義する。主架構の最大層間変形 $A_i\delta_{max}$ で主架構第 i 層の層間変形 $A_i\delta_i$ を基準化した値($A_i\delta_i/A_i\delta_{max}$)を式(1)で算定できる(以下、“主架構の層間変形分布”と呼ぶ)。

$$\frac{A_i\delta_i}{A_i\delta_{max}} = \frac{\frac{fQ_i}{f k_i}}{\frac{fQ_m}{f k_m}} = \left(\frac{A_i}{A_m} \right) \left(\frac{f k_m}{f k_i} \right) \left(\frac{\sum_{j=i}^N W_j}{\sum_{j=m}^N W_j} \right) \quad (1)$$

ここで、 fQ_i は第 i 層の主架構のせん断力、 $f k_i$ は第 i 層の主架構の弾性剛性、 $\sum_{j=i}^N W_j$ は第 j 層から上の重量である。

その 3 では、ダンパー最大変形の分布は地震波に依存しないことがわかった。そのため、本章では、CH1^[2]のみを検討する。Fig.1 に主架構の層間変形分布($A_i\delta_i/A_i\delta_{max}$)とダンパー最大変形の分布($\hat{u}_{di,max}/\hat{u}_{d,max}$)を比較したものを示す。Fig.1 より、ダンパー量(α_{v1})を一定とし、ダンパー指数(α)が大きい場合、 $A_i\delta_i/A_i\delta_{max}$ の精度が高いことがわかる。 α を一定とし、 α_{v1} が小さい場合、 $A_i\delta_i/A_i\delta_{max}$ の精度が高いことがわかる。よって、 α を大きく、かつ、 α_{v1} を小さく設定することで、 $\hat{u}_{di,max}/\hat{u}_{d,max}$ が $A_i\delta_i/A_i\delta_{max}$ で予測できると言える。

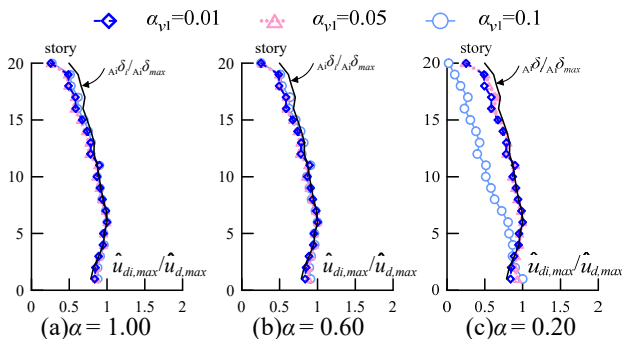


Fig.1 Standardization of the max. deformation(CH1)

3. 主架構層間変形の分布による非線形エネルギー分配式

3.1 A_i 分布による非線形エネルギー分配式の導出

本章では、 $\hat{u}_{di,max}/\hat{u}_{d,max}$ と $A_i\delta_i/A_i\delta_{max}$ が等しいと仮定した場合、その 3 の式(10)は次式で表される。式(2)より、エネルギー分配は時刻歴解析を必要とせず A_i 分布により求めることができる。

$$\frac{1}{\gamma_{di}} = \frac{\left(\frac{A_i}{A_m} \right)^{\alpha+1} \left(\frac{f k_m}{f k_i} \right)^{\alpha+1} \left(\frac{\sum_{j=i}^N W_j}{\sum_{j=m}^N W_j} \right)^{\alpha+1} \hat{C}_{di}}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i}{A_m} \right)^{\alpha+1} \left(\frac{f k_m}{f k_i} \right)^{\alpha+1} \left(\frac{\sum_{j=i}^N W_j}{\sum_{j=m}^N W_j} \right)^{\alpha+1} \hat{C}_{di}} \quad (2)$$

3.2 A_i 分布による非線形エネルギー分配式の検証

Fig.2 に時刻歴解析より得られたエネルギー分散係数(Time history analysis), ダンパー最大変形の解析値で算出されたエネルギー分散係数(Analytical deformation)および A_i 分布(Eq.(2))で算出されたエネルギー分散係数(A_i)を示す。Fig.2 (a)~(c)より、 A_i 分布による $1/\gamma_{di}$ は時刻解析値による $1/\gamma_{di}$ に比べ、非線形分配式の精度が高いことがわかる。Fig.2 (e)より、ダンパー量(α_{v1})が大きくなり、 A_i 分布とダンパー最大変形分布の誤差が大きくなる(Fig.1)ため、 A_i 分布による非線形分配式の精度が低下していることがわかる。よって、ダンパー最大変形の分布($\hat{u}_{di,max}/\hat{u}_{d,max}$)と A_i 分布($A_i\delta_i/A_i\delta_{max}$)を等しいと仮定し、 A_i 分布および粘性係数によるエネルギー分配値を予測できる。しかしながら、強い非線形を持つ粘性ダンパーにおいて、 α_{v1} が大きく設定すると、 A_i 分布による非線形分配式の精度が低くなることをわかる。

Fig.3 に、縦軸に A_i 分布(Eq.(2))で算出されたエネルギー分散係数($1/\gamma_{di}$)とし、横軸に時刻歴解析よりエネルギー分配の解析値($1/\gamma_{di}$)とした値を示す。Fig.3 (a), (b), (c)より、ダンパー量にかかわらず、 $1/\gamma_{di}$ と $1/\gamma_{di}$ はほぼ同様になることがわかる。Fig.3 (d), (e)より、ダンパー量が多い場合 ($\alpha_{v1} = 0.10$), $1/\gamma_{di}$ と $1/\gamma_{di}$ のばらつきがあるが、ダンパー量に依存しないと言える。よって、ダンパー量によらず、 $1/\gamma_{di}$ と $1/\gamma_{di}$ は概ね同等になることがわかる。

次に、 A_i 分布によるエネルギー分配式(式(2))の予測精度をそれぞれの地震動で比較する。Fig.4 に、縦軸に A_i 分布で算出されたエネルギー分散係数($1/\gamma_{di}$)とし、横軸に時刻歴解析

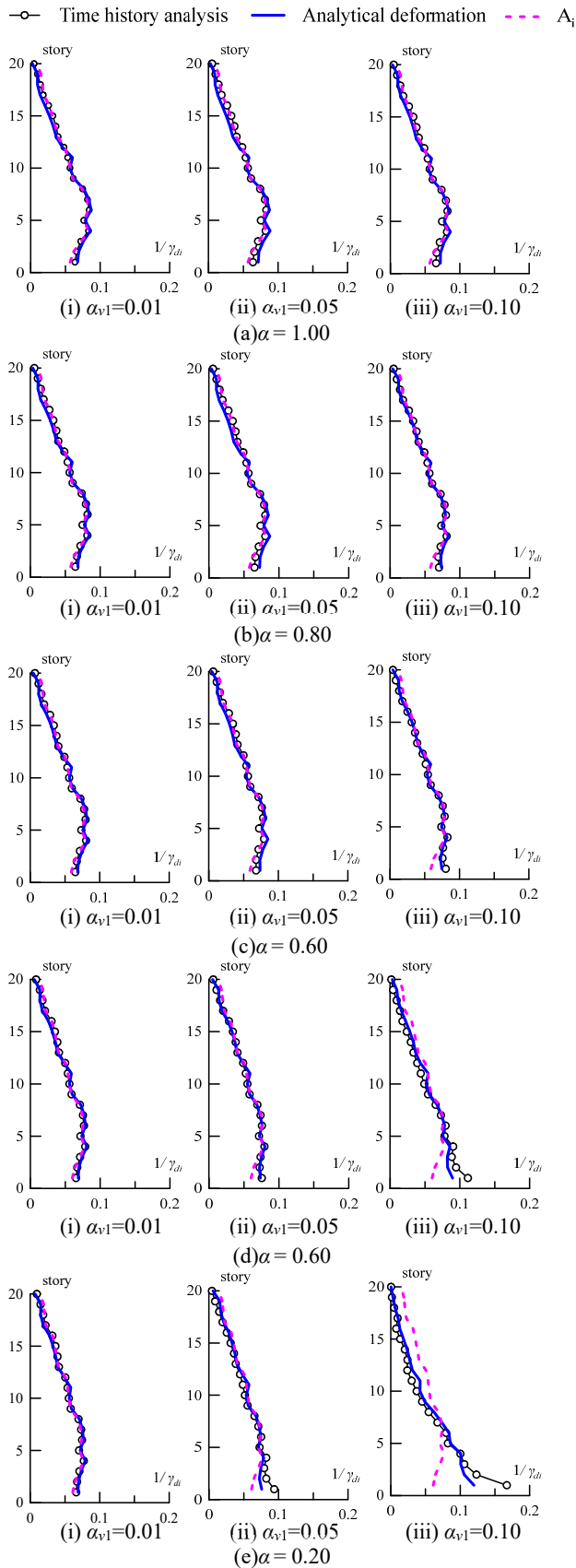


Fig.2 Accuracy of $1/\gamma_{di}$ (CH1)

よりエネルギー分配の解析値($1/\gamma_{di}$)とした値を示す。なお、ダンパー量 $\alpha_{v1} = 0.05$ の結果のみを示す。Fig.4 (a), (b), (c)より、地震波によらず、 $1/A_i\gamma_{di}$ と $1/\gamma_{di}$ は概ね同様になることがわかる。Fig.4 (e)より、強い非線形を持つ粘性ダンパーにおいて、 $1/A_i\gamma_{di}$ と $1/\gamma_{di}$ のばらつきがあるが地震波の影響は少ないと言える。

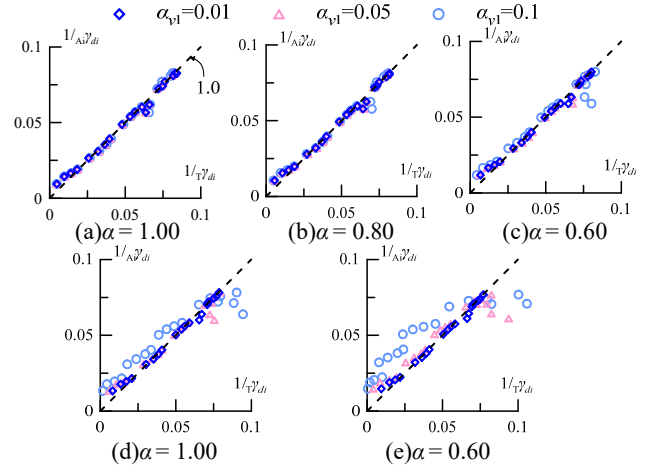


Fig.3 Relationship between accuracy and $1/\gamma_{di}$ (CH1)

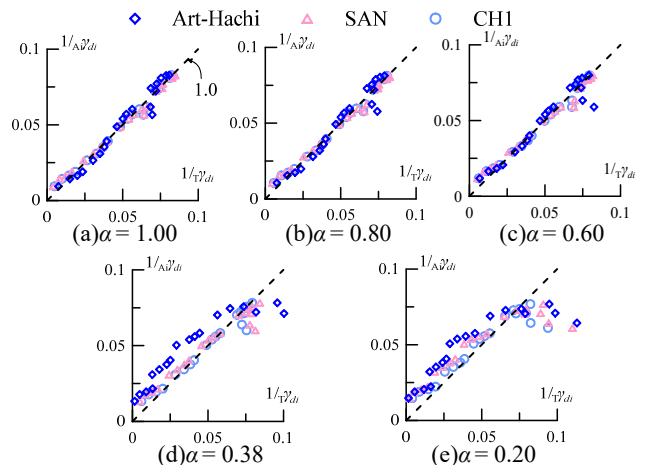


Fig.4 Relationship between accuracy and $1/\gamma_{di}$ ($\alpha_{v1} = 0.05$)

4. まとめ

本報では、主架構の最大せん断力と剛性から近似的算出されたダンパー最大変形の分布を用いて、 A_i 分布による非線形エネルギー分配式の精度を検討した。以下に知見を記す。

- (1)ダンパー最大変形の分布は主架構の層間変形分布で予測できる。
- (2) A_i 分布によるエネルギー分配を予測できる。
- (3)ダンパー量および地震波にかかわらず、 A_i 分布によるエネルギー分配の予測値と時刻歴解析値は概ね同様になることを確認した。

謝辞

本研究の一部は、JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラムによるものです。

参考文献

- [1] 岡田亮佑, 佐藤大樹: 制振建物に配する粘性ダンパーの高さ方向におけるエネルギー分配の予測その 2: 非線形粘性型までを対象としたエネルギー分配式, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 801-802, 2019.9

*東京工業大学 大学院生

**東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所 准教授 博士(工学)

* 1 Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

** 2 Assoc. Prof., FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.