

履歴型ダンパー付き弾性ラーメン構造の地震応答
(その2 応答解析結果)

正会員 桑原 進*1
同 井上一朗*1
同 多田元英*1
同 中島正愛*2

応答解析 履歴型ダンパー ベースシヤ係数
等価1質点系 適正分担率

1. 序

その2では,その1で示した多層骨組を置換した等価1質点系の応答解析結果を示す.また等価1質点系への置換の妥当性をいくつかの多質点系の応答値との比較によって検証する.

2. 等価1質点系の応答解析結果

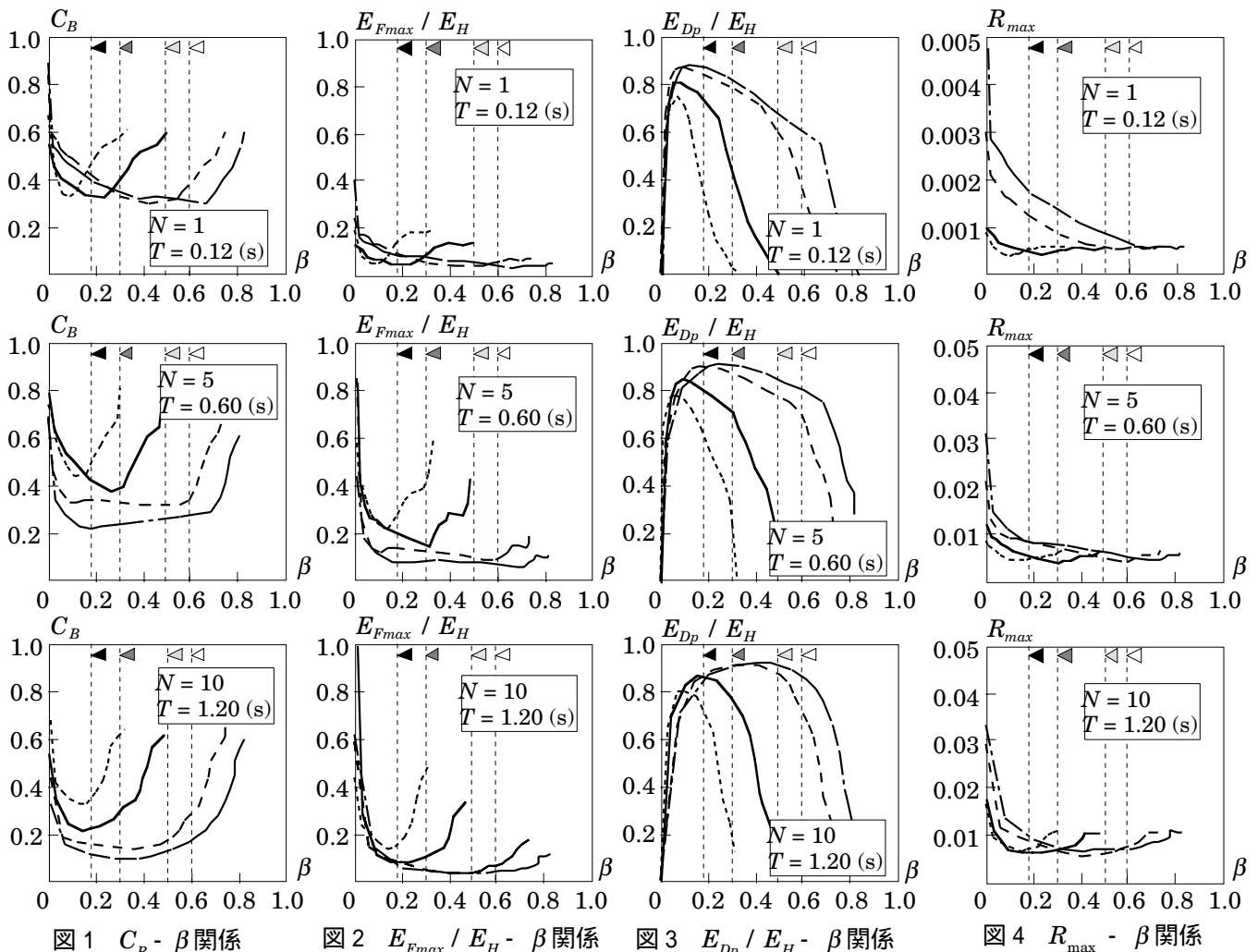
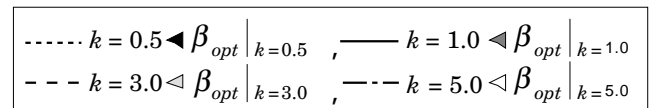
応答結果には固有周期の相違による大きな差異が見られないので,以下では固有周期 T_0 の場合の応答解析結果だけを示す.

その1の(18)式より得られるベースシヤ係数の最大応答値 C_B とその1の(20)式より得られるダンパー系の耐力分担率 β の関係を図1に示す.図中の点線は文献[1]で設定されたダンパー系の適正分担率 β_{opt} であり,剛性比

k の関数として次式で表される.

$$\beta_{opt} = 1 - 1/\sqrt{k+1} \quad (1)$$

図1より C_B は β に対して極小値を有し, β_{opt} の近傍で最小となる.この C_B の極小値はラーメン構造($\beta=0$)の C_B と比較すると1/2以下である.極小値の近傍, $\beta_{opt}/2 \leq \beta \leq \beta_{opt}$ の範囲では β の変動に対する C_B の変動は小さい.(1)式で与えられる適正分担率 β_{opt} は定常応答を対象としたものであり,地震応答の最大変形応答のサイクルにおける分担率に相当する.実際の応答には最大変形以下の多くの変形振幅が含まれているから,上記



の β_{opt} は適正值より大きめの値を与えることになる。剛性比 k が大きくなると C_B は小さくなり、 β の変動に対して C_B が鈍感になる範囲も広がる。層数が多くなると C_B の極小値は小さくなる傾向がある。

図2にはフレームの最大弾性歪エネルギー E_{Fmax} を地震入力エネルギー E_H で無次元化したものと β の関係を示し、図3には、ダンパー系の履歴吸収エネルギー E_{Dp} を E_H で無次元化したものと β の関係を示す。図中の点線は図1と同様に β_{opt} を示す。図2より E_{Fmax} / E_H は β に対して極小値を有し、その値はラーメン構造と比較して著しく小さくなり 1/10 以下に低減されるものもある。一方、図3より E_{Dp} / E_H は β に対して極大値を有する。このことはダンパー系が地震の入力エネルギーを吸収し、フレームに入力するエネルギーを著しく低減していることを意味している。剛性比 k の変化に対する E_{Fmax} / E_H の変化は C_B と同様の傾向を示す。

図4には最大層間変形角応答 R_{max} と β の関係を示す。図中の点線は図1と同様に β_{opt} を示す。 R_{max} は履歴ダンパーにより著しく低減され、 β_{opt} 近傍で最小値になる。この最小値は剛性比 k によらずほぼ一定である。

3. 多質点系応答値と等価1質点系応答値の比較

多質点系第 i 層のダンパー系の耐力分担率 β_i は次式で得られる。

$$\beta_i = Q_{Dyi} / Q_{mi} \quad (2)$$

ただし、 Q_{mi} は第 i 層の最大層せん断力応答である。図5には β_i の高さ方向分布の一例を示す。図中の点線は等価1質点系の β を示す。各層の β_i は上層を除き高さ方向にほぼ一様となり、その値は等価1質点系の β とほぼ同じ値となる。多層骨組の β_i を1質点系的に表現するために、各層の Q_{mi} を重みとする β_i の平均値 $\bar{\beta}$ を導入する。

$$\bar{\beta} = \frac{\sum_{j=1}^N \beta_j Q_{mj}}{\sum_{j=1}^N Q_{mj}} \quad (3)$$

図6, 7, 8, 9にそれぞれ多質点系の C_B , E_{Fmax} / E_H , E_{Dp} / E_H , R_{max} の応答値を横軸に $\bar{\beta}$ をとって表す。

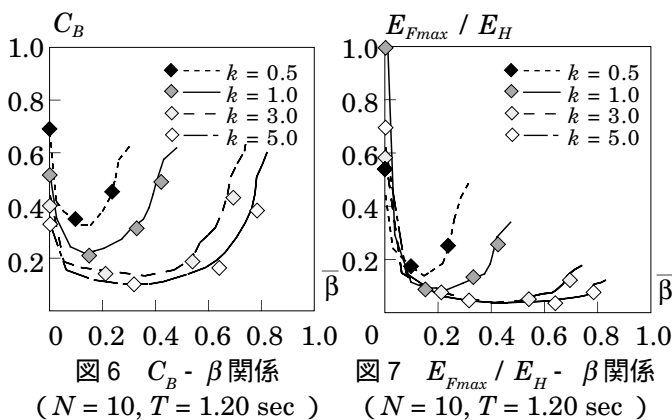


図6 $C_B - \beta$ 関係

図7 $E_{Fmax} / E_H - \beta$ 関係

図8 $E_{Dp} / E_H - \beta$ 関係

図9 $R_{max} - \beta$ 関係

($N = 10, T = 1.20 \text{ sec}$)

($N = 10, T = 1.20 \text{ sec}$)

($N = 10, T = 1.20 \text{ sec}$)

($N = 10, T = 1.20 \text{ sec}$)

図中の4本の線は等価1質点系の応答値を表す。いずれも多質点系と等価1質点系の応答値はほぼ同じ値となっており等価1質点系による置換は妥当である。

4. 結論

本論では柱・梁で構成されるフレームが弾性を維持するのに必要なベースシヤール係数に及ぼすダンパー系の耐力分担率や剛性比の影響を等価1質点系による応答解析結果から検討した。

- 1) フレームが弾性を維持するのに必要なベースシヤール係数を最小化するダンパーの適正分担率が存在する。
- 2) この適正分担率に対してダンパーの履歴吸収エネルギーは最大になり、フレームの弾性歪エネルギーは最小化される。
- 3) 上記のベースシヤール係数はダンパー系とフレームの剛性比が大きくなるほど小さくなる。
- 4) 最大変形応答は履歴ダンパーによって著しく低減され、上記の適正分担率の近傍で最小値を示す。
- 5) 等価1質点系のベースシヤール係数の最大応答値・最大層間変形角応答・エネルギー応答は多質点系の応答値とほぼ一致しており、本論で示した置換方法は妥当である。

[参考文献]

- [1] 井上一朗：履歴ダンパーを用いた耐震設計，シンポジウム「耐震設計の一つの新しい方向」，1995年10月，pp.95-111.
- [2] R.Tanabashi, T.Nakamura and S.Ishida：Overall Force-Deflection Characteristics of Multi-story Frames, Proc. of Symp. on Ultimate Strength of Structures and Structural Elements, Dec., 1969, pp.87-100.
- [3] 横浜市構造建築物耐震指導基準策定委員会：振動応答解析マニュアル，付-2 横浜標準波の作成。

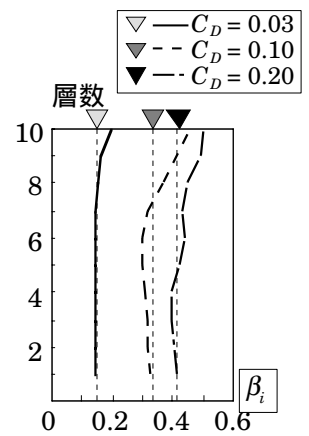


図5 β_i の高さ方向分布 ($N = 10, T = 1.20 \text{ sec}, k = 1.0$)

*1 大阪大学工学部建築工学科

Dept. of Architectural Engineering, Faculty of Engineering, Osaka Univ.

*2 京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ.