

制震ダンパーを集中配置した構造システムの検討 その2 2 質点モデルのパラメトリックスタディ

制震
鋼材ダンパー

集中配置
地震応答解析

履歴ダンパー

正会員 ○木本幸一郎^{*1} 同 大島 実穂^{*2}
同 伊藤 隆之^{*2} 同 上野 敏範^{*1}
同 松平 有生^{*1} 同 島崎 和司^{*3}

1. はじめに

その1で検討した様な、最下層に集中的に制震部材を配置する形式の制震構造(以下「集中制震」)について、2 質点に簡略化したモデルのパラメトリックスタディにより応答の傾向を観察し、最適設計に資する知見を得る。

2. 検討方法

2.1 解析モデル

系は図1に示す自由度が水平1方向の2 質点系せん断型モデルで、1 質点目 M1 は2階床の重量、2 質点目 M2 は2階より上の上層階を縮約した重量とする。M1 に取り付けバネ(線形) K_{f1} を2 階床以下の主架構の層剛性、両質点を結ぶバネ(線形) K_{f2} を上層階の層剛性を縮約したバネとする。 K_d は制震ダンパー水平剛性とし K_{f1} に並列に取り付く。11 階建て程度を想定し、質量比 $M1/\Sigma M=0.1$ と定め、パラメータ K_{f1}/K_{f2} ごとに、 K_d を除いた主架構の1次固有周期が $T_1=2.0$ 秒となるよう、最適化手法により層剛性 K_{f1}, K_{f2} を定めた。2次モードは実建物・多質点系の高次モードとの関連はない。

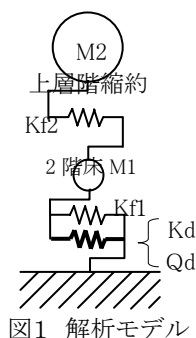


図1 解析モデル

2.2 検討パラメータ

①主架構の層せん断剛性比 K_{f1}/K_{f2} (1 層目の柔性を表す)、②取り付け支持部を含む制震ダンパー剛性 K_d の、主架構1 層目層剛性 K_{f1} に対する比 K_d/K_{f1} (ダンパー剛性を表す)、③制震ダンパー耐力 Q_d の、総重量 ΣM に対する比 $Q_d/\Sigma M$ の3 つをパラメータとし、値を表1に示す。

制震ダンパーの復元力特性は、初期剛性 K_d 、降伏荷重 Q_d 、降伏後剛性を0とする完全弾塑性バイリニアとする。

2.3 固有周期

制震ダンパーが初期剛性時の固有周期を図2に示す。ダンパー剛性比 K_d/K_{f1} を大きくすると1 次固有周期は短くなる。

2.4 数値解析方法

減衰は、 $T_1=2.0$ 秒に対し、主架構のみに $h=0.02$ の部材別・剛性比例減衰を与えた。数値積分は Newmark β 法 ($\beta=0.25$) とし、時刻刻みは 0.005 秒とした。入力地震動は、その1で用いた工学的基盤告示波3波とする。

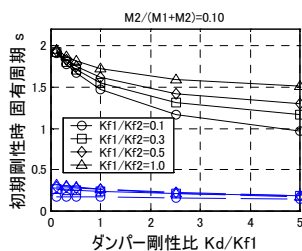


図2 初期剛性時 固有周期

表1 検討パラメータ (1 層目の質量比 $M1/\Sigma M=0.1$ 固定)

パラメータ	値
主架構の層せん断剛性比 K_{f1}/K_{f2}	0.1 ~ 1.0
ダンパー剛性比 K_d/K_{f1}	0.1 ~ 5.0
ダンパー耐力比 $Q_d/\Sigma M$	0 ~ 0.16

3. 検討結果

3.1 応答の変化 ($K_{f1}/K_{f2}=0.3$ 、地震動ごと)

主架構の層剛性比 $K_{f1}/K_{f2}=0.3$ について、最大応答層間変形、最大層せん断力係数、エネルギー吸収効率(入力エネルギーに対するダンパー内部エネルギーの比)を地震動ごとに、図3に示す。

ダンパー剛性比 $K_d/K_{f1}=0.1$ では、ダンパー耐力比 $Q_d/\Sigma M$ を 0.04 以上に大きくしてもエネルギー吸収せず、変位・せん断力とも応答は下がらない。ダンパー剛性比 K_d/K_{f1} が大きくなるにつれエネルギー吸収効率が向上し、 $K_d/K_{f1}=0.3$ では $Q_d/\Sigma M=0.03$ で、 $K_d/K_{f1}=0.5$ では $Q_d/\Sigma M=0.04\sim0.06$ 付近で、変形・せん断力とも極小になる。エネルギー吸収効率はこれよりもやや小さい $Q_d/\Sigma M$ で極大となる。 K_d/K_{f1} をさらに大きくすると $Q_d/\Sigma M$ の増加につれ、1層目の変形は漸減するが、2層目の変形と1・2層目の層せん断力は増える傾向が見られる。

3.2 主架構の層剛性比 K_{f1}/K_{f2} の影響 (E.B-HACH 入力時)

E.B-HACH 入力時について、主架構の層剛性比 K_{f1}/K_{f2} ごとに、同様に図4に結果を示す。層剛性比 $K_{f1}/K_{f2}=0.1$ では免震構造の様な応答性で、1 層目の層間変形は大きく2 層目の層間変形は小さくなっており、1・2層目のせん断力係数はほとんど同値である。層剛性比を $K_{f1}/K_{f2}=1.0$ と大きくすると、 $K_{f1}/K_{f2}=0.1$ よりも1 層目変形は小さくなり、2 層目変形は大きくなるが、層せん断力係数の性状は $K_{f1}/K_{f2}=0.1$ に似て、傾向の差は極端には無いようである。エネルギー吸収効率は $K_{f1}/K_{f2}=0.1$ より 1.0 の方が小さくなる。検討の範囲では、総じて応答は $Q_d/\Sigma M=0.03\sim0.08$ で小さくなった。

4. まとめ

集中制震構造について、2 質点モデルのパラメトリックスタディを行った。その結果、主架構の剛性比やダンパーの剛性比・耐力比などで主架構の応答は変化するが、1 層目・2 層目とも応答が極小になるダンパー耐力比が存在し、それは耐力比 0.03~0.08であることを示した。エネルギー吸収効率は、これよりやや小さい耐力比で極大となった。

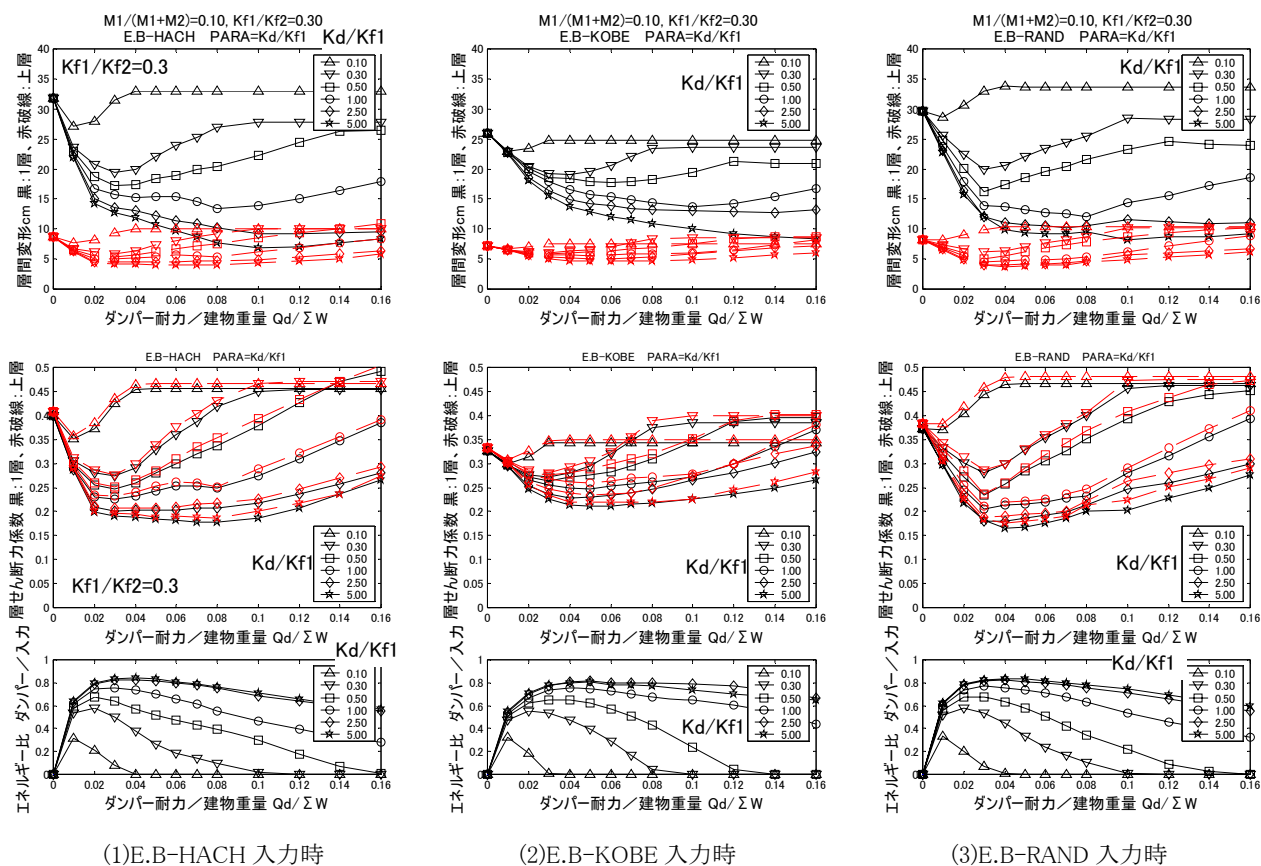


図3 応答解析結果(主架構の層剛性比 $Kf1/Kf2=0.3$ 、地震動ごと)

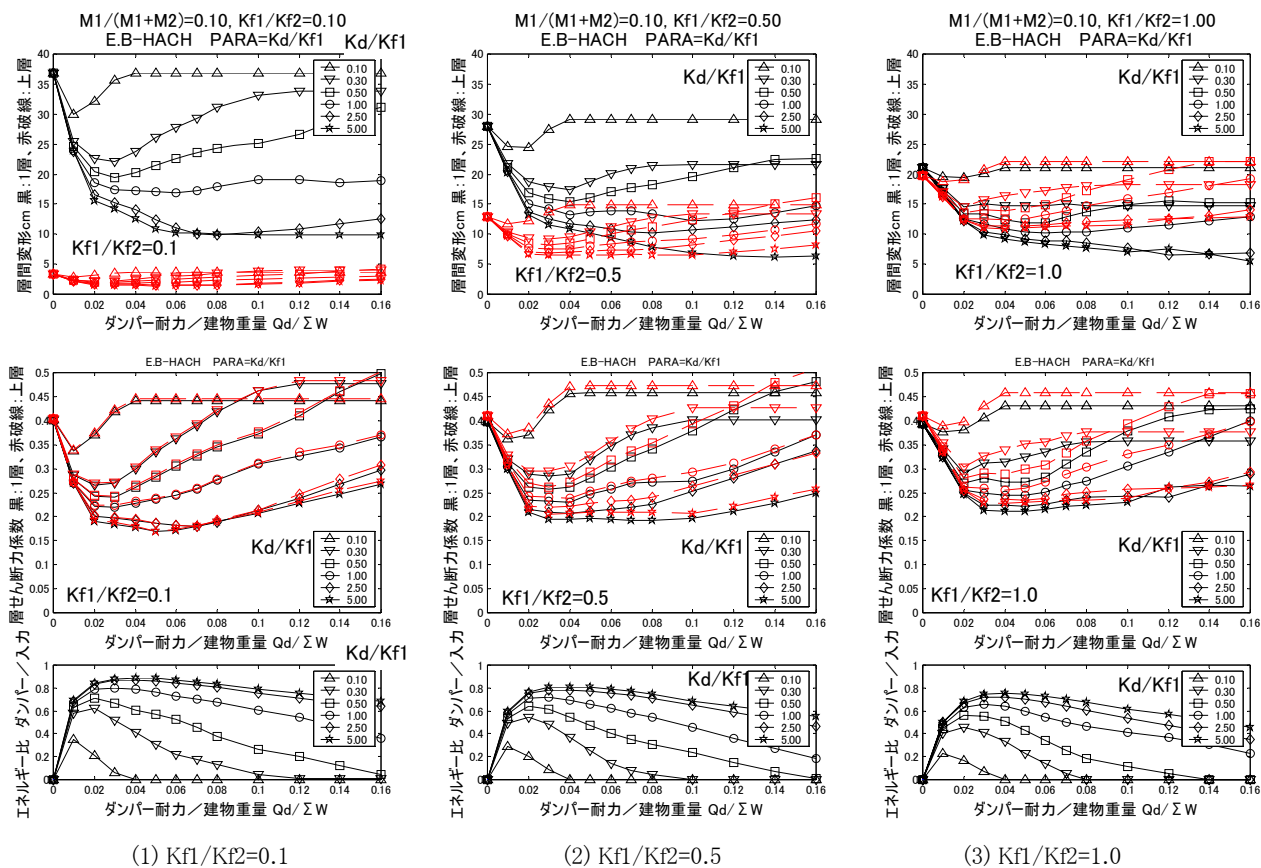


図4 応答解析結果(E.B-HACH 入力時、主架構の層剛性比 $Kf1/Kf2$ ごと)

*1 (株)エス・エー・アイ構造設計事務所
*2 安藤・間
*3 神奈川大学工学部 教授、工博

SAI Structural Design Co.,Ltd.
Hazama Ando Corporation
Kanagawa University