

粘性ダンパーの破損による建物の応答値の変化  
 多質点系を用いた応答の増大の検討  
 Change in response value of building due to breakage of viscous damper  
 Examination of increase of response using multi-mass system

○中島太一<sup>1</sup>, 小泉達矢<sup>1</sup>, 古橋 剛<sup>2</sup>

Taichi Nakajima<sup>1</sup>, Tatsuya Koizumi<sup>1</sup>, Takeshi Furuhashi<sup>2</sup>

In the recent earthquake, it is assumed that the earthquake has prolonged time or long period, so there is a risk of exceeding the input energy assumed at the time of designing the vibration damping device. Also the study of Masaki Tsuji's team argued that if the brace breaks before the time when the building's response is maximized, the maximum response will be larger than when the damper is not installed. I would like to clarify the cause in this paper.

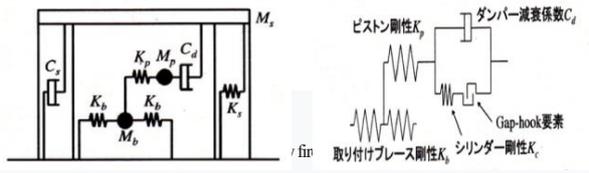
1. はじめに

近年,地震による被害を小さくするため,入力エネルギーを吸収し建物の応答を抑制する制振装置の使用が増えている。しかし,近年では地震動の長時間化や長周期化などが想定され,制振装置の設計時の想定していた入力振幅や入力エネルギーを上回る恐れがある。

また辻聖晃らの研究<sup>1)</sup>により,オイルダンパーの故障時の挙動について,建物応答が最大となる時刻以前に取り付けブレースが破断すると,ダンパーを設置していないときよりも最大応答が大きくなることが報じられた。

2. 研究過程

既往の研究のモデルは,オイルダンパーとブレースに質点を設けた3自由度の解析モデルである。



応答増大の原因の1つ目として,節点がそれぞれもつ運動エネルギーが存在し,ブレース破損時の応答に影響している可能性がある。これに関し,本検討のモデルは,減衰を直接切り替え,微小質量節点をなくしたため,応答値に影響している可能性はない。

原因の2つ目として,減衰の切り替え時に大きな不釣り合い力が発生し,その処理が応答に影響を与えている可能性がある。これに関し,既往の研究では不釣り合い力が発生しているところでも解析は機能した。さらに,図2は高減衰(h=0.21)で T=2.478s まで応答させ,その後を低減衰(h=0.01)で自由振動させたモデルと,低減衰で T=2.478s 以降強制振動させたモデルの時刻歴応答変位である。

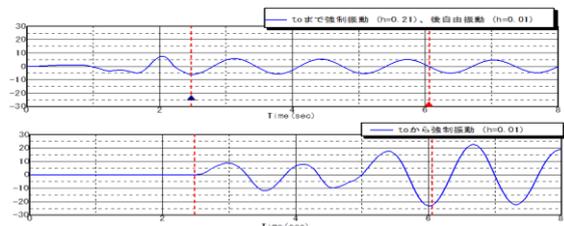


figure2 Analysis result

図3が図2の和であり,T=2.478秒まで高減衰(h=0.21)で応答その後を低減衰(h=0.01)で応答したモデルと完全に一致していた。

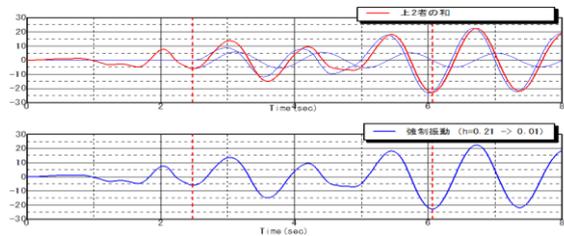


figure3 Analysis result

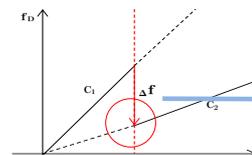


figure4 Newlinear equation

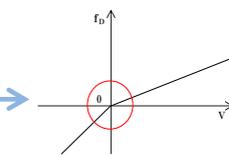


figure5 analysis input method

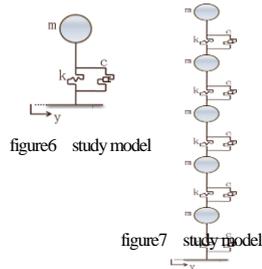
従って,この現象は2つの線形問題の和として再現できる。この不釣り合い力が影響を与えている可能性もないことを示した。また,図4のプログラムで図5を行なっても解析ができたことから,本検討では,図4のプログラムを用いて検討を進める。

3. 解析内容

3-1. 検討ケースと入力地震動検討ケース

検討ケースと入力地震動検討ケースは,質量 1ton,高さ 3m,1 質点1 自由度系のモデル(図7)を用いたケ

ース1と質量5ton,高さ15m,5質点5自由度系のモデル(図8)を用いたケース2,ケース3で,線形な減衰cがある時刻 $t_1$ で切り替わる設定とした。また,ケース2は5層全てのダンパーを同じ時刻に破損したときの検討で,ケース3はそれぞれ1層分,2層分,3層分,4層分,5層分のダンパーを同じ時刻に破損したときの検討である。

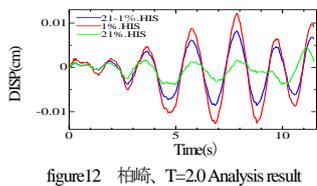
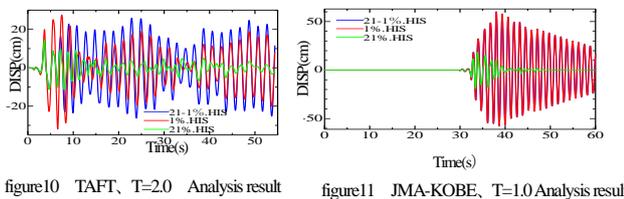
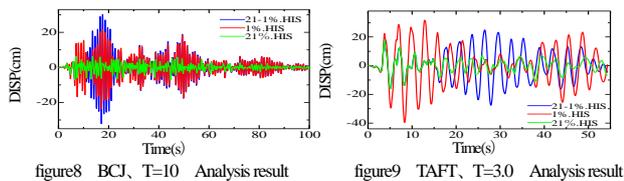


解析条件は,構造減衰1%,付加減衰20%とし,線形な減衰cがある時刻 $t_1$ で切り替わる設定とした。

入力地震動はEl Centro 1940 NS.TAFT 1952 EW.Hachinohe 1968 NS.柏崎 2007 NS.JMA-KOBE 1955 NS.BCJ-L2, 三の丸 NSの7波を用い,建物固有周期は0.5s,1.0s,1.3s,2.0s,3.0sの5ケース,合計35ケースを検討する。

### 3-2. 解析結果

ケース1の解析結果の一部をここに示す。ダンパーの減衰が無くなる切り替え時間については応答が特徴的に悪くなる時間を採用する。



以上の結果より5つに分類されることが分かった。

- ① 応答が最大応答値で一部大きくなる傾向 (図9)
- ② 応答が最大応答値以外で一部大きくなる傾向 (図10)
- ③ 応答が全体的に大きくなる傾向 (図11)
- ④ 応答が変わらない傾向 (図12)
- ⑤ 応答が小さくなる傾向 (図13)

#### 3-3.1 質点と多質点の比較

ケース1とケース2の解析結果をここに示す。以下の図14,15では,①をオレンジ色,②を黄色,③をピンク色,④を青

色,⑤を水色として分類する。また,モデル②のグラフには重心位置の近い3層目のものを採用した。

	固有周期				
	0.5s	1.0s	1.3s	2.0s	3.0s
三の丸	Yellow	Blue	Blue	Orange	Orange
BCJ	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Blue
El Centro	Yellow	Yellow	Orange	Pink	Blue
八戸	Yellow	Blue	Yellow	Blue	Pink
TAFT	Yellow	Blue	Pink	Pink	Yellow
柏崎	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
JMA-KOBE	Blue	Blue	Blue	Pink	Blue

figure13 Case1 Analysis result

	固有周期				
	0.5s	1.0s	1.3s	2.0s	3.0s
三の丸	Yellow	Blue	Blue	Orange	Orange
BCJ	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Blue
El Centro	Yellow	Yellow	Orange	Pink	Blue
八戸	Yellow	Blue	Yellow	Blue	Pink
TAFT	Yellow	Blue	Pink	Pink	Yellow
柏崎	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
JMA-KOBE	Blue	Blue	Blue	Pink	Blue

figure14 case2 Analysis result

図14,15より,応答の変化に一貫性はなく,地震波や周期によって様々な応答を示している。さらに,図14と図15は,ほぼ同じ配色を示したことから,多質点のモデルと1質点のモデルが破損したケースは同じであると言える。

### 3-4. 破損箇所による検討

ケース3の解析結果をここに示す。また,応答が悪くなるもののみ,グラフの背面を水色にして分類する。

	破損箇所				
	1層目破損	1,2層目破損	1,2,3層目破損	1,2,3,4層目破損	1,2,3,4,5層目破損
5層目	Water	Water	Water	Water	Water
4層目	Water	Water	Water	Water	Water
3層目	Water	Water	Water	Water	Water
2層目	Water	Water	Water	Water	Water
1層目	Water	Water	Water	Water	Water

table1 BCJ, T=1.0 Analysis result

### 4.まとめ

本研究で得られた,ダンパーが破損したときの応答に関する知見について以下に示す。

応答の変化に一貫性はなく,1質点と多質点での違いも表れなかった。また,応答の変化は5種類に分類できる。最大応答値で一部大きくなる場合,最大応答値以外で一部大きくなる場合,全体的に大きくなる場合,変わらない場合,小さくなる場合,である。

この実験から多質点での検討は1質点と同様になることが得られたので,今後は1質点での検討をしていく。

### 【参考文献】

- 1) 大平航右, 辻聖晃:「オイルダンパー付き建物におけるダンパー本体や取り付け部材の破損が地震時応答に与える影響」建築学会大会学術講演梗概集, 構造I, 339-340, 2016
- 2) 有川奈那, 古橋剛:「粘性ダンパーの破損による建物の応答値の変化—粘性減衰の消失による応答の増大について—」日本建築学会大会学術講演梗概集 2018.9