

オイルダンパーと座屈拘束ブレースを併用する制振構造に関する研究

正会員 ○榎本 佳大*
同 朝川 剛**
同 山川 誠***
同 永野 康行****

履歴減衰機構 粘性減衰機構 制振構造
座屈拘束ブレース オイルダンパー

1. はじめに

主架構内にブレースや間柱等を付加する制振構造には、大きく分類すると鋼材等の降伏でエネルギー吸収する履歴減衰機構を用いる場合と速度に依存する減衰力でエネルギー吸収する粘性減衰機構を用いる場合があり、時刻歴応答解析が必要とされる超高層建築物などでこれら2つの減衰機構を併用した事例は多い(例えば1)。

一方、2つの減衰機構を併用した場合の応答性能設計に関する研究²⁾は行われているが、大地震に限らず中小地震から想定外の巨大地震に至るまで幅広い入力地震動のレベルを考え、2つの減衰機構の組み合わせが層間変形角や床応答加速度など複数の構造性能指標に与える影響について定量的に検討した研究は少ない。

本研究では、2層の単純モデルを用いて2つ減衰機構の単独使用および併用による応答性状を分析する。

2. 解析モデルと解析結果

図1に示すような2層1スパンの解析モデルとする。スパンを8mとし、各階高さは4mとする(図1)。荷重設定は、骨組の各層質量が48tonとなるよう床荷重を与えている。使用する梁材はH形鋼、柱材は角形鋼管を用いる(表1)。解析にはUNION SYSTEMの3D・DynamicPROを使用し、減衰は2%とし、初期剛性比例とする。入力地震動はBCJ-L1とBCJ-L2とする³⁾。

解析ケースは図2に示す、全6ケースとする。架構のみ(Case1)の状態では極めてまれな大地震(地震波BCJ-L2)に対して最大応答層間変形角が1/45程度で、減衰機構を付加することで一般的な耐震クライテリアである層間変形角1/100を満足させるものとする。

解析に使用する減衰機構は、履歴減衰型の座屈拘束ブレース(BRB)⁴⁾と粘性減衰機構のオイルダンパー(OIL)⁵⁾とする。また、それぞれの値は既存のものではなく、その比例関係から求めた仮の値となり、BRBの降伏耐力とOILの最大減衰力は解析条件case2, case3でBCJ-L2時の動的解

析を行い、1層と2層の最大層間変形角が概ね1/100となるようにそれぞれBRBの降伏耐力とOILの最大減衰力を設定する(表2, 3 図2)。

各解析結果を表4, 図3-7にまとめた。

表1 使用部材一覧

	材料	断面
梁	SN490	H-400×200×9×22
柱	BCP325	□-250×16

表2 座屈拘束ブレースの材料特性

階数	材質	降伏強度 (N/mm ²)	降伏耐力 (kN)	断面積 (cm ²)
2F	LY225	225.0	74.3	3.3
1F	LY225	225.0	148.5	6.6

表3 オイルダンパーの材料特性

階数	リリース荷重 (kN/mm)	最大減衰力 (kN)	リリース速度 (mm/s)
2F	39.4	50.0 (0.67)	21.0
1F	98.4	125.0 (0.84)	21.0

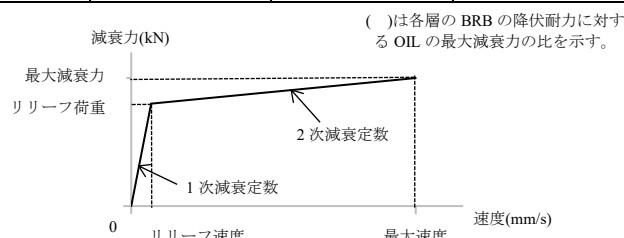


図2 OILの速度-減衰力線図

表4 1階の最大転倒モーメント/最大層せん断力(m)

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
L1	7.08	7.07	6.61	6.08	6.92	6.67
L2	7.15	6.68	6.59	6.50	6.30	6.58

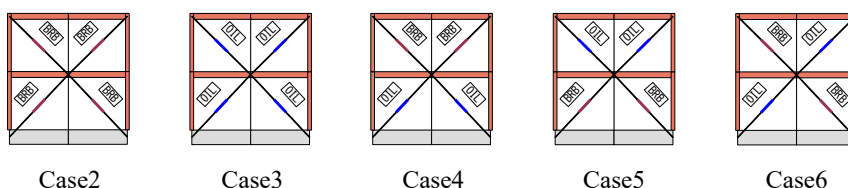
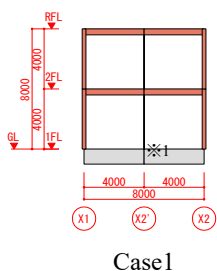


図1 解析ケース

*1 X2'通りには異なるダンパーを併用するため、解析上必要なダミー柱を配置する。ただし、その剛性、耐力は小さく、架構モデルの影響はないものとする。

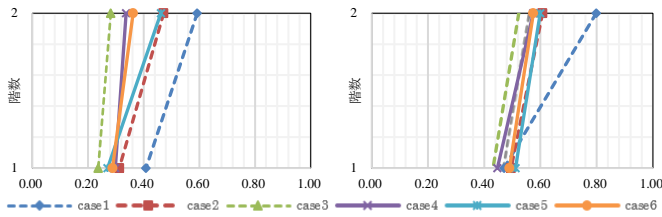


図3 最大層せん断力係数 左: BCJ-L1 右: BCJ-L2

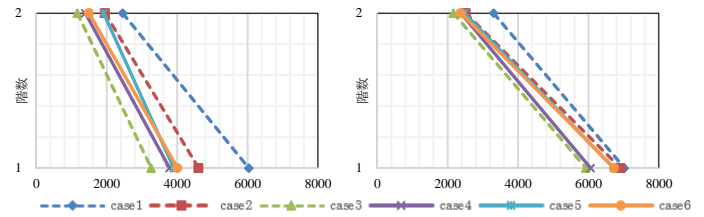


図4 最大転倒モーメント(kNm) 左: BCJ-L1 右: BCJ-L2

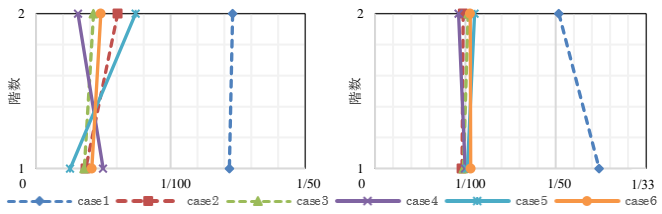


図5 最大層間変形角 左: BCJ-L1 右: BCJ-L2

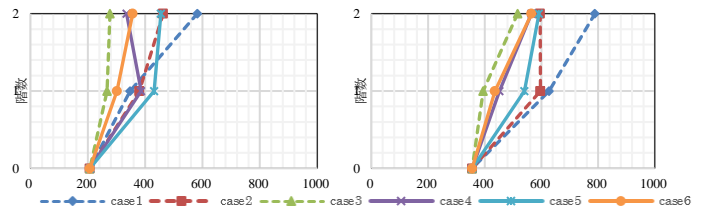
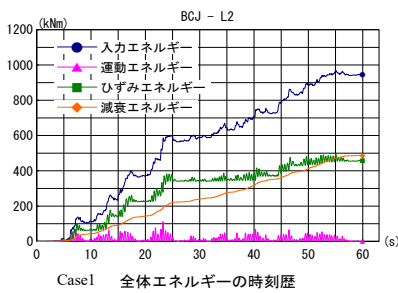
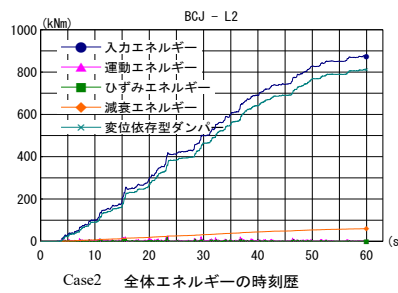


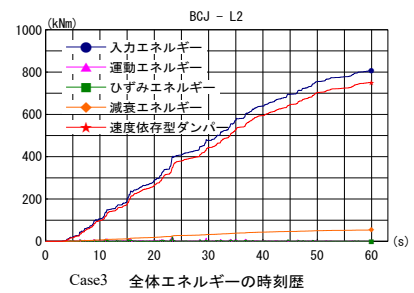
図6 最大絶対加速度(cm/s²) 左: BCJ-L1 右: BCJ-L2



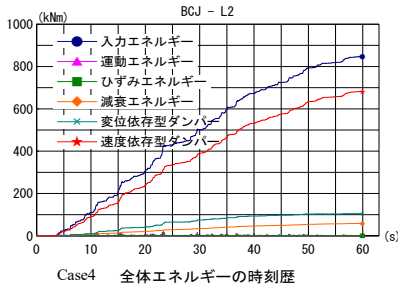
Case1 全体エネルギーの時刻歴



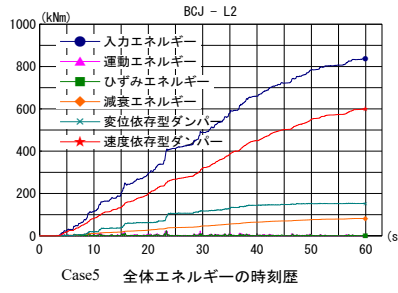
Case2 全体エネルギーの時刻歴



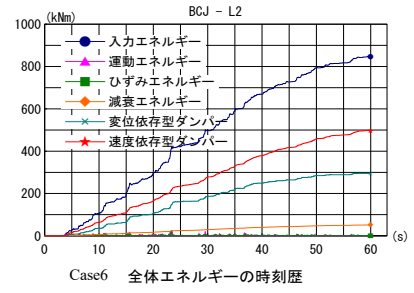
Case3 全体エネルギーの時刻歴



Case4 全体エネルギーの時刻歴



Case5 全体エネルギーの時刻歴



Case6 全体エネルギーの時刻歴

図7 地震波 BCJ-L2 全体エネルギーの時刻歴

3. 考察

BRB と OIL 併用した制振構造の応答解析を行い、以下に考察を示す。

- 1) L2 時の層間変形角を 1/100 で基準化しても、層間変形において、BCJ-L1 時のばらつきはそれほど大きくなる。ただし、Case4, 5 では BRB の層が小さく、OIL の層が大きくなる傾向がある。
- 2) L1, L2 時の最大層せん断力、最大加速度は Case3 が最も小さくなるが、Case6 も次に最大加速度を低減できることを確認した。
- 3) Case4-6 の併用型は単独使用するよりも転倒モーメント/層せん断力の値が小さくなる傾向があることを確認した。
- 4) Case2, 3 では BRB と OIL のエネルギー吸収量が同程度だが、Case4-6 の併用型では、L2 に対するエネルギー吸

収の時刻歴は OIL が多くエネルギー吸収していることを確認した。ただし、L2 の倍率を 1.5, 2.0 と上げていくと、Case5, 6 で BRB のエネルギー吸収量が OIL を上回った。

参考文献

- 1) 朝川剛, 北村春幸, 向野聡彦, 楊志勇: 連層 PC 鋼棒ブレースを有する制振建物の設計 (その1)(その2), B-2. 構造 II, pp. 943-946
- 2) 秦一平, 石丸辰治, 長谷川純: 非線形粘性ダンパーと弾塑性ダンパーを併用した系の応答性能設計手法, 日本建築学会構造系論文集, 第 617 号, pp. 47-54, 2007. 7
- 3) 建設省建築研究所, 財団法人日本建築センター: 設計用入力地震動作成手法技術指針 (案), 本文解説編, 付録 1, 1992. 3
- 4) 日鉄エンジニアリング株式会社. "日鉄エンジニアリングの鋼構造技術". https://www.eng.nipponsteel.com/steelstructures/product/base_isolation/unbondedbrace/. (参照 2020. 9. 1)
- 5) 株式会社川金コアテック. "免・制振ダンパー". http://www.kawakinct.co.jp/buildings/a_d02.html. (参照 2020. 9. 1)

*東京電機大学大学院未来科学研究科

**東京電機大学未来科学部 准教授・修士 (工学)

***東京理科大学工学部 教授・博士 (工学)

****兵庫県立大学大学院情報科学研究科 教授・博士 (工学)

Graduate Student, Tokyo Denki University.

Assoc. Prof., Tokyo Denki University, M. Eng.

Prof., Tokyo University of Science, Dr. Eng.

Prof., University of Hyogo, Dr. Eng.