

論文要旨

平成28年12月13日

| | | |
|--|---|-------|
| 環境システム学専攻 | 氏名 | 櫻井 朋樹 |
| 論文題名 | 構造物の地震応答に対する MR グリースダンパの効果 Seismic Response Reduction of Buildings by MR Grease Damper | |
| <p>1995年の兵庫県南部地震から、2011年の東北地方太平洋沖地震、あるいは本年（2016年）の熊本地震まで、震災（災害）をもたらす地震が、それ以前に比べて頻発しており、地震活動期に入ったとする説もある。これらの被害地震の頻発も受けて、巨大地震に対する防災、あるいは減災の重要性が高まってきている。さらには、東海、東南海、南海の各地震、及びこれらの三連動地震や、首都直下型地震のような巨大地震の襲来予測も為されていることから、これらへの対策が急務となっている。</p> <p>そのため耐震、免震、あるいは制振（制震）といった対策技術も近年急速な進歩、発展を遂げている。その中で耐震性向上のために用いられるブレースやダンパ、アイソレータといったデバイスについても、その傾向に漏れず様々なアイデアが発案・研究され、実用化、適用が為されてきている。</p> <p>一方、これらのデバイスに対して機能性材料が用いられることも増えてきている。その中の一つとして磁気粘性流体（Magneto-Rheological Fluid：MR 流体）があるが、分散粒子の沈降問題が解決できないなどの欠点があり、まだ利用に関してハードルが高いのが現状である。著者らは、この磁気粘性流体に着目し、分散粒子の沈殿を抑制するために、分散媒としてグリースを用いた磁気粘性流体である磁気粘性グリース（以下、MR グリース）を開発した。</p> <p>本研究では開発した MR（磁気粘性）グリースの特性把握と円筒型の変減衰ダンパへの適用検討、さらにはこの変減衰ダンパの耐震デバイスとしての使用を考えて、実構造物を対象とした数値解析によってその効果を検証した。これらから、以下のような成果、知見が得られた。</p> <p>①MR 流体において問題となっている分散粒子の沈降問題を解決するために、分散媒としてグリースを用いた MR グリースを開発した。この MR グリースについて長期間の放置試験、および特性把握試験の結果から、当初の目的どおりの特性を有することがわかった。すなわち</p> <ul style="list-style-type: none"> ・磁気粘性（MR）特性は、MR 流体と同等。 ・長期間にわたる分散安定性の保持（MR 流体と比較して十分な分散安定性を保有）。 <p>といった特性を持つことが示された。</p> <p>このことから、MR グリースは MR 流体の機能を維持しつつ、その欠陥を克服した作動流体であることがわかった。</p> <p>②MR グリースを作動流体とした変減衰ダンパとして円筒型を選択、容量の異なる複数の小型試作ダンパを製作した。それらを用いた特性把握試験から、この円筒型 MR グリース変減衰ダンパの特性として以下のような結果が得られた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダンパの減衰力は、磁場の強さに応じて増減。 | | |

- ・比較的大きな容量(数百 N 以上)では、振動数によらず電流の強さ、すなわちダンパのピストンの速度によらず、磁場の強さで減衰力が決定。
- ・履歴曲線(変位-力)は、摩擦減衰の特徴にピストンの往復動に起因する粘性による減衰力が重ねあわされた矩形形状。

③試作した小型ダンパのうちで、容量の大きい方を用いたセミアクティブ振動制御システムを、3層から成る構造モデルに設置して加振試験結果を行い、以下のような結果が得られた。

- ・MR グリースダンパによる、構造物の振動応答の低減が可能。
- ・構造物の1次固有振動数付近のような比較的大きい応答において、高い振動制御機能を保有。
- ・応答が比較的小さい振動数域では、応答の低減効果あまり見られず、振動制御の機能は不十分。これは制御則(アルゴリズム)を適正化することで改良可能。

④実在プラントの機械棟を対象に、MR グリースダンパによる耐震効果の確認を、JMA 神戸波、K-NET 塩竈波、K-NET 熊本波の3つの地震波を入力波として用いた数値解析により実施した。また、MR グリースダンパによる耐震効果をより具体的に検証するために、耐震対策として広汎に適用されている座屈拘束ブレースとの比較も行った。その結果を以下にまとめる。

- ・水平2方向については、ブレース材をMR グリースダンパへの交換、設置することで、応答層間変位を最大で1/10程度まで低減することが可能。このことからMR グリースダンパによる耐震性向上の効果を確認。
- ・MR グリースダンパと、座屈拘束ブレースの2つのケースを比較したところ、応答層間変位の低減は、最大で1/10程度で同等であること、さらに応答低減効果の大小は地震波、場所(層/階数、高さ、位置)によって入れ変わり、その優劣は不明確。ただし、残留変位について、座屈拘束ブレースでは変位量、発生箇所が多く、この点においては、MR グリースダンパが優位。
- ・MR グリースダンパが座屈拘束ブレースに比べて、残留変位の変位量、発生箇所が少ないことは、最近の地震で顕著な「大きな余震」、つまり震度の大きな地震が繰り返し襲来する状況への対策として、MR グリースダンパの優位点と認識。
- ・上下方向については、MR グリースダンパだけでなく、座屈拘束ブレースでも応答低減が不明確。
- ・MR グリースダンパは、設定容量までは補強の効果、容量を超えるとダンパとしてのエネルギー吸収効果により働くことを確認。

⑤本研究で検討したMR グリースダンパと同様な形式、構造は、耐震/制振デバイスとしても広く用いられているオイルダンパにも適用されている。このオイルダンパでは、ダンパとしての機能から、MR グリースダンパほどストロークが大きく設定できない。これは、最近の地震のもう一つの着目される特徴である「長周期地震」への対応に関して、大きな優位と考えられる。従って、巨大地震対策の観点からは、MR グリースダンパの方が優れていると判断できる。

以上の結果から、MR グリースは、当初の開発目的どおりの特性を有することがわかった。また、円筒型の可変減衰ダンパへの適用が有効であること、さらにはこの可変減衰ダンパの耐震デバイスとしての有効性を確認することができた。特に、最近の地震で着目されて

別紙用紙第4号 (続葉)

いる特徴である「長周期地震動」と「大きな余震」に対して、既存の耐震デバイスより効果が大きいとの結果が得られた。