

免震層構造物に導入した性能可変オイルダンパーによる地震時応答制御のメカニズム解明

建築基礎工学研究室 建 13 - 66 豊永 悠馬

1. はじめに

1-1. 研究背景

免震構造とは、免震層があることで地面と共に建物が揺れ、建物内の揺れを抑えることで建物内の人を守る構造である。現在、建物内の人を守りかつ免震層の過大変位による危険を防ぐことは既存の減衰装置では実現されていない。そこで変位に応じて減衰性能を変化させることで地震の規模ごとに適切に応答制御する装置性能可変オイルダンパー（VOD）が開発されている。

1-2. 研究の目的

人々を巨大地震という危険から守ることを目的に VOD の研究を進める。開発されている VOD においても地震動ごとの VOD の挙動がまだ論理的に解明されていない。本研究では、免震構造物に導入した性能可変オイルダンパーによる地震時応答制御のメカニズム解明を目的とする。

2. VOD 概要図

2-1. 機構

図 1 にユニフロー式 VOD の機構模式図を示す。

ダンパー本体外部のロッド端部の両側にオイルが充填された小型シリンダが設置されている。免震層の過大変位時にはこれが作動することにより、自動的にダンパーが上昇する。なお、ロッド端部と小型シリンダとの間隔は調整可能であり、これを設定クリアランス(以下、 L_s)と称する。

2-2. VOD の性能変化特性

図 5 に小型シリンダが片側のみ作動した場合の、性能変化過程におけるダンパー力-変位・速度関係を示す。

(1) 性能変化前

変位が L_s 以下のとき、小型シリンダは作動せず、オイルの流路は減衰バルブとオリフィスの両方であり、流路の大きい減衰バルブで性能が決まる。このとき、VOD は一般的なオイルダンパーと同様に速度に比例したダンパー力を発揮する。

(2) 性能変化時

変位が L_s を超えると、ロッド端部が小型シリンダのロッドを押す。(以下、小型シリンダのロッドの押された距離を小型シリンダの作動距離 X_c と称する。) すると、小型シリンダからオイルが押し出され、その油圧で減衰バルブに抵抗力が付加される。これにより減衰バルブを通過するオイルの流路が狭くなり、流路抵抗が大きくなる。

(3) 性能変化後

変位が増加して小型シリンダのロッドが押しこまれるほど X_c は増加するが、変位の向きが逆転しても直ちに元に戻ることはなく、 X_c が保存される。

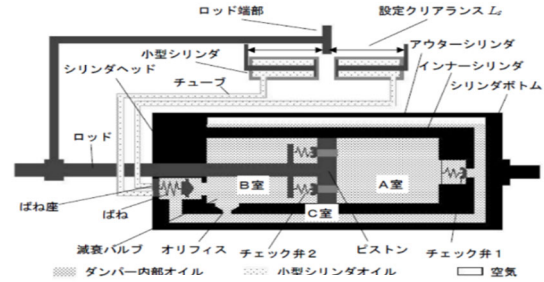


図 1：性能可変オイルダンパー機構模式



図 2：性能可変オイルダンパーの外観

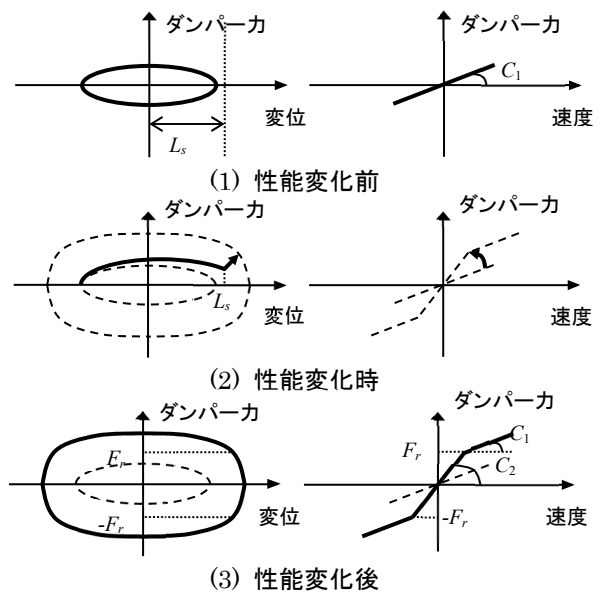


図 3：VOD 特性模式図

3. 解析的検討

3-1. 設定：5 質点系病院

検討建物は免震層付き 4 階建て病院とする。解析モデルは図 3 のように 5 質点系となる。

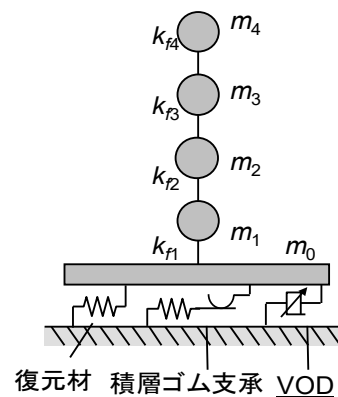


図 4：解析モデル建物

	質量[ton]	剛性[kN/m]
5	4500	600000
4	4500	1000000
3	4500	1400000
2	4500	1800000
1 (免震層)	4800	58500

3-2. 解析条件

VODの性能は表1に示す。VODなしの場合は、性能変化がしない状態を模擬している。入力地震動は表2に示した計7波を用いた。

表1：VODの性能

今回使ったVODの性能	VODなし	VODあり
・C1 VODの1段目の減衰係数	C1:8165.3	C1:8165.3
・C2 VODの2段目の減衰係数	C2:27582.2	C2:27582.2
・ksp VODの剛性関係のパラメータ	Ksp:11097.8	Ksp:11097.8
・VODの性能変化が作動するときの変位(単位はm)	Ls:10	Ls:2.0

表2：入力地震動

1: 2011年東北地方太平洋沖地震 東北大学記録	レベル2
2: 2015年国土交通省告示 名古屋地域想定地震動	レベル2
3: 2015年国土交通省告示 大阪地域想定地震動	レベル2
4: 熊本地震 oit009(由布院)	レベル2
5: 1995年兵庫県南部地震 JR鷹取駅記録EW成分	レベル3
6: 2015年国土交通省告示 静岡地域想定地震動	レベル3
7: 熊本地震 kmmh16(益城町)	レベル3

レベル2は中小地震動であり、免震層の過大变位による危険を考慮する必要はない。しかし、地震の揺れに対してしっかり免震層が揺れる必要がある。そこで、レベル2地震動は加速度に注目する。レベル2に対して、レベル3は変位に注目する。建物内の人がある程度揺れることは仕方がないが、免震層の過大变位の危険を防ぐ必要があるからである。

3-3. 解析結果

これより以下のグラフは、青:VODあり、赤:VODなし

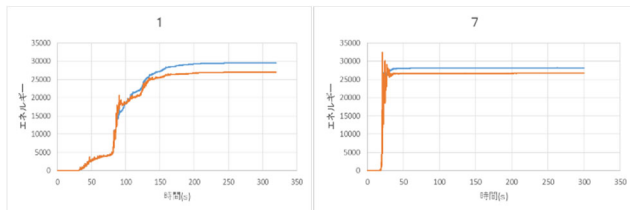


図5：地震が建物を揺らすエネルギー(kNs) - 時間(s)

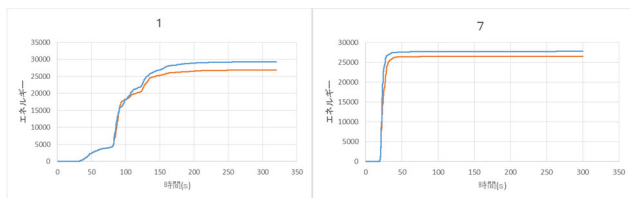


図6：ダンパーが吸収するエネルギー(kNs) - 時間(s)

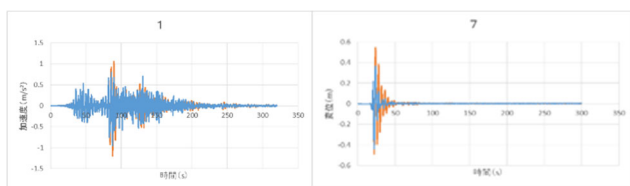


図7：加速度(m/s²) - 時間(s) 変位(m) - 時間(s)

表3：(図5 - 図7より作成)

地震動No.	1	7
地震が建物を揺らすエネルギーの変化が大きい時間(2行目)	80.81-90.39	20.19-21.11
ダンパーが吸収するエネルギーの変化が大きい時間(3行目)	81.3-94.13	20.01-40.78
7:変位、1:加速度の最大値の時間(VODなし)	88.02	23.64
7:変位、1:加速度の最大値の時間(VODあり)	88.01	21.92

表3の1、2行目からエネルギー変化が大きい時間帯が同じであることが分かる。したがって、この時間に建物内外に危険が生じる可能性が高いことが分かる。

次に、図7から表3の1、2行目と同じ時間帯で変位、加速度が最大値に達していること。なので、表3から地震動ごとに上記で示した4つの時間帯が同じであることが分かる。そこで加速度最大値、変位最大値の時に、VODありとVODなしでどれだけ加速度最大値、変位最大値を抑えられているかを分析していく。

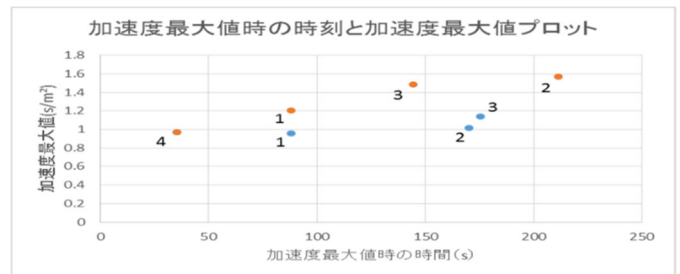


図8：加速度最大値(m/s²) - 加速度最大値時の時間(s)のプロット図

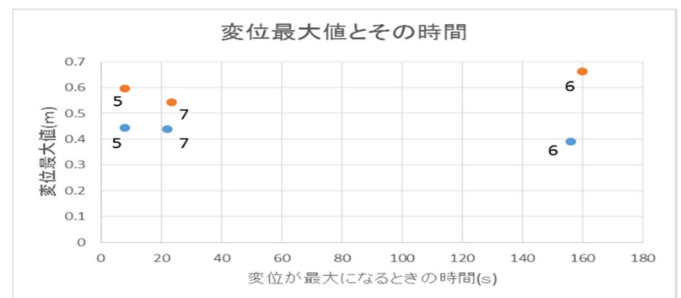


図9：変位最大値(m) - 変位最大値時の時間(s)のプロット図

4. まとめ

図5、図6から地震が建物を揺らすエネルギーの変化が大きい時間帯とダンパーが吸収するエネルギーと時間帯が同じである事が分かる。さらに、図7からエネルギー変化が大きい時間に加速度、変位が最大値になることが分かる。したがって、変位、加速度が最大値になる時間のVODありとなしではどのように加速度最大値、変位最大値を抑えられるかを分析する必要がある。

分析結果、加速度最大値、変位最大値に達するまでの時間が長ければ長いほど加速度最大値、変位最大値のVODありとVODなしとの差が大きくなることが図8、図9から分かる。したがって、加速度最大値もしくは変位最大値に達するまでの時間が長ければ長いほどVODが効果的に機能することが解明できた。