

減衰こま[RDT]の詳細モデルと簡易モデルの応答性状に関する比較資料

1. 減衰こま[RDT]の簡易(従来)モデルと詳細(新開発)モデル

減衰こま[RDT]とは、制震および免震ダンパーとして用いられる(株)免制震デバイス製の増幅機構付き減衰装置の呼び名である(RDT: Rotary Damping Tube)。RDTの減衰性能は粘性体の粘性抵抗力を主としたものであるため一般に筒型粘性ダンパーに区分されるが、その特徴は、建物の層間変形によって寄与されるダンパーの軸変形が、ボールねじによって速度の増幅された回転運動に変換され、その回転部(外筒と内筒の間)に充填された粘性体の粘性抵抗力が減衰性能を発揮するところにある¹⁾。

免震ダンパーとしてのRDTは国土交通大臣認定の免震材料(MVBR-0220, 0221, 0222)であり、認定時の技術資料では、RDTの抵抗力 F は $F=\lambda \cdot (\alpha \cdot Q_v + \beta)$ 、ここに Q_v は粘性抵抗力、 α は繰返し依存係数、 $\lambda=1.03, 1.06, 1.15$ 、 $\beta=2.7, 8.1, 11.5$ (順に20°CでのRDT2~RDT20, RDT30~RDT60, RDT70~RDT140の値)と規定されている²⁾。上式は粘性抵抗力 Q_v をベースにRDTの抵抗力を求める簡易な式(摩擦力や繰返し依存係数を定値としている)ではあるが、認定資料に記載された式であるということを受け、制震ダンパーとしてのRDTの抵抗力も、これまでは前述の簡易な式(簡易モデル)を用いて計算していた。

一方、RDTの抵抗力の精算は、軸運動と回転運動との変換方向に応じた(逆効率または正効率における)等価摩擦係数を介して、粘性抵抗力のほか各部位に生じる摩擦力や回転体による慣性力から求められる。また繰返し依存係数は応答開始時点では1.0であり累積吸収エネルギーの量に応じて徐々に低下していく。これらの動特性をできるだけ厳密に評価しながら時々刻々とRDTの抵抗力を精確に求めることを目指して開発したのが詳細モデルである。

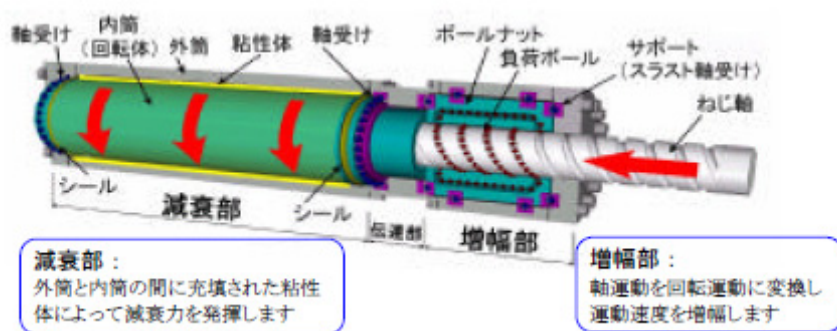


図1 減衰こまの構造¹⁾

2. 詳細モデルの応答性状

RDT 詳細モデルと簡易モデルとの主な違いは、①等価摩擦係数 λ を逆効率、正効率においてそれぞれ使い分けていること、②回転体の回転慣性による力を考慮していること、③繰返し依存係数 α を初期状態で1.0とし粘性抵抗力による累積吸収エネルギー量に応じて徐々に低下させていることの3点である。

特に②と③によって簡易モデルと詳細モデルの応答性状には明確な違いが生じる。具体的には詳細モデルでは、②によって復元力と逆位相の慣性力が付加され、その応答履歴ループは応答加速度振幅による慣性力の変動を受けながら全体にやや右下がりの形となる。さらに③によって応答の初期段階での減衰性能が効率的になる(簡易モデルでの繰返し依存係数 α は応答初期から $\alpha=0.85$ (基準値)の一定である)。

続いて詳細モデルの利用に関する注意点として、詳細モデルでは応答加速度振幅による慣性力を考慮するため、数値積分の安定に必要な解析時間間隔は、通常用いている時間間隔のさらに1/10倍程度の刻みが必要である。

3. 試解析モデルによる応答の比較

RDTを簡易モデルとした場合と詳細モデルとした場合の応答結果の比較を検証するため、図2、表1および表2に示す5質点せん断型モデルを設定し試解析を行った。表3には各階に設置されたRDTの応答履歴ループを、表4には建物の最大応答結果を示す。詳細モデルによる応答履歴ループには慣性力による影響が確認でき、建物の応答結果についても詳細モデルの方がやや大きな低減効果を与える結果となった。

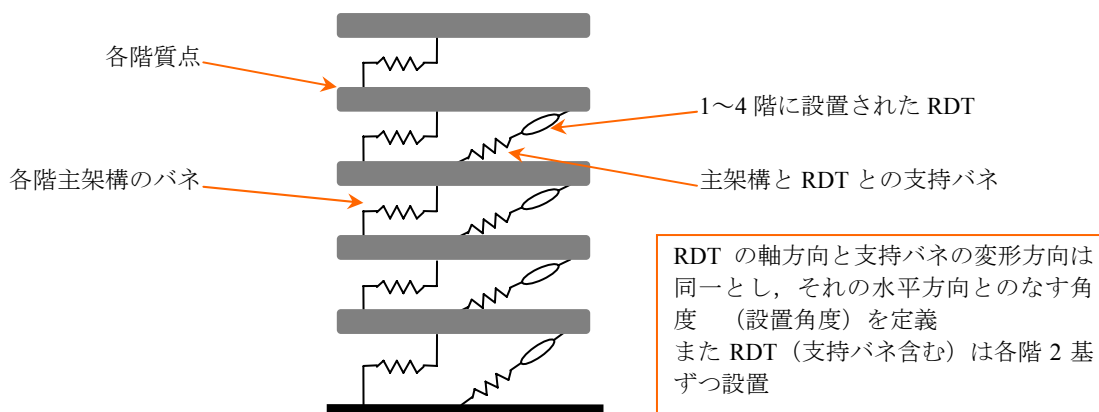


図2 試解析モデル

表1 試解析モデルの諸元

質点	階高 (cm)	層重量 (kN)	バネ定数 (kN/cm)	減衰こま	支持剛性 (kN/cm)	設置角度 (°)	基数
5	340	1746.36	886	(未配置)			
4	340	1173.06	985	RDT50	3555	32.5	2
3	340	1173.06	1099	RDT100	4555	32.3	2
2	340	1173.06	1255	RDT100	5251	31.9	2
1	450	1188.74	1150	RDT150	6605	39.7	2

表2 試解析の与条件

主架構復元力	線形
RDTのモデル	簡易モデルおよび詳細モデルの2ケース 設定温度20 簡易モデルでの繰返し依存係数は0.85
内部粘性減衰	1次および2次の減衰定数を0.02とするレーリー型減衰
基礎	固定
入力地震動	JMA KOBE NS (元波)
解析時間間隔	0.001秒

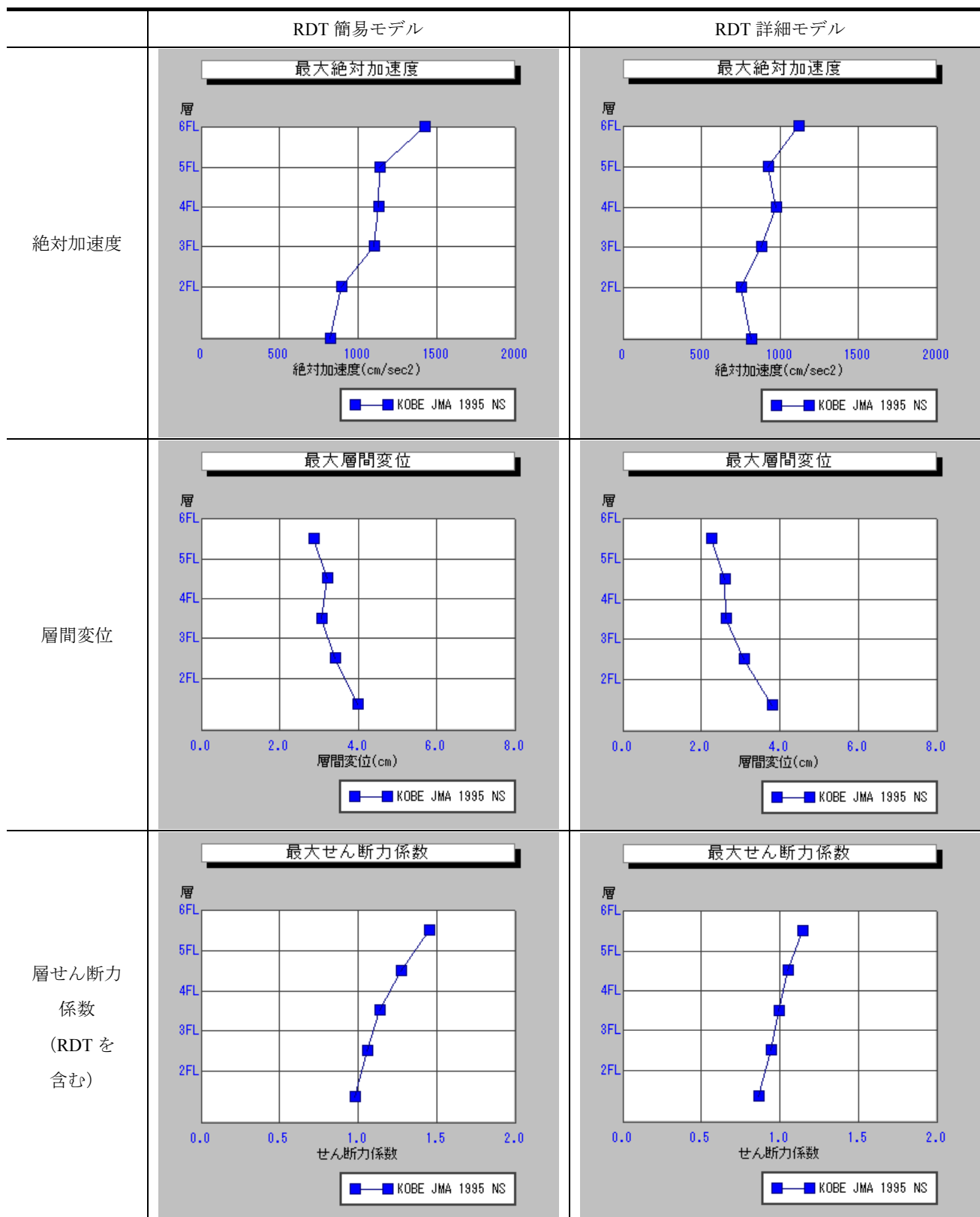
4. まとめ

RDTの簡易モデルと詳細モデルによる建物の応答予測については、試解析結果が示すように、前述のおよび③の動特性を考慮した詳細モデルの方がより応答低減効果の高い結果を与えると思われる。一方、設計の見地からは、建物に十分な耐震安全余裕度を与えておくという観点から、制震ダンパーに過度な期待を寄せることができない一面もある。しかし少なくともダンパー周辺部材の検証に用いるRDTの最大抵抗力については、慣性力の付加や繰返し依存係数の評価が可能な、詳細モデルによる最大応答抵抗力を確認しておく必要性はあると考える。

表3 RDTの応答履歴ループの比較（変位は支持剛性の負担分を含む。せん断力は2基分。共に水平成分）

	簡易モデル	詳細モデル
5階 [未設置]		
4階 [RDT50×2]		
3階 [RDT100×2]		
2階 [RDT100×2]		
1階 [RDT150×2]		

表4 建物の応答値の比較



1) 免制震デバイス：http://www.adc21.co.jp/pdf/adc_rdt.pdf

2) 免制震デバイス：減衰こま (RDT-AT-10 万 cst, RDT-AT-30 万 cst, RDT-AT-short) 性能評価書別添資料, 平成 16 年 2 月