

# 13階建て事務所ビルを対象とした 高減衰制震構造システムの検討

東急建設株式会社 構造設計部

落合 衛

## 設計の流れについて

1. 建物規模(重量)、固有周期(推定)、減衰率(目標性能)、の設定



2. 最上階応答変位、最下階せん断力応答の推定(地震応答スペクトルより)



3. ダンパー設置台数の上限値の設定(建物重量から推定、コストと規模)



4. 設置台数を決めたのち、最大の減衰効果が得られるダンパー配置検討



5. 現代制御理論による時刻歴応答解析で目標性能を確認する



6. 減衰装置の選定

#### 1. 建物規模(重量)、固有周期(推定)、減衰率(目標性能)、の設定



構造: 鉄骨造

階数:13階

主用途:事務所

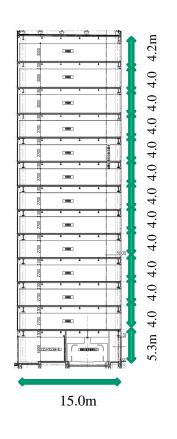
高さ:53.5m

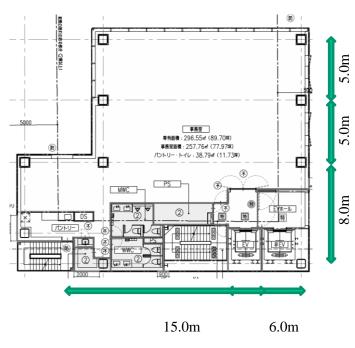
延床:約5000㎡

重量:約5000トン

周期:約2.0秒

目標減衰率:10%



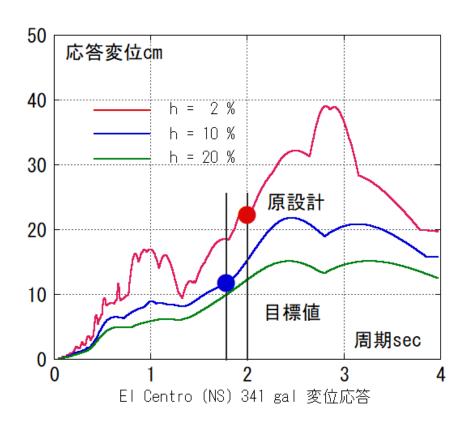


断面図

基準階平面図

## 2. 最上階応答変位、最下階せん断力応答の推定





重量:約5000トン

周期:約2.0秒

減衰率:2%

減衰装置目標性能

周期:約1.8秒

減衰率:約10%

## 3. ダンパー設置台数の上限値の設定(建物重量と総コスト)



エルセントロ 25cm/sec 入力

刺激係数:1.4(約340ガル入力)

最上階変位応答: 1. 4×12=17cm

最上階加速度応答: 200ガル

せん断力応答:最大1000トン

減衰力合計:2×5×3×0.1×60

=180トン

よって、2構面に2台設置、X方向4台 減衰率が10%になるまで、連層で積み上げる。

重量:約5000トン

周期:約2.0秒

減衰率:2%

減衰装置目標性能

周期:約1.8秒 = 3.0 r/s

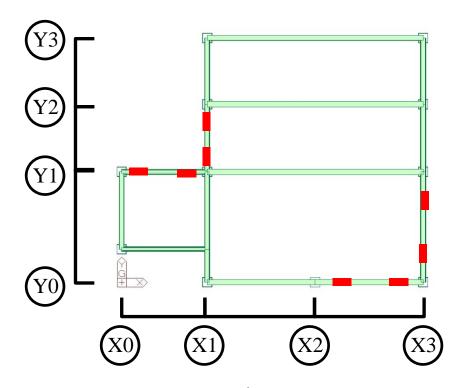
減衰率:約10%

## 3. ダンパー設置台数の上限値の設定(建物重量と総コスト)



平面計画 X方向4台、Y方向4台の設置位置を検討

- ・躯体のねじれを極力抑える方向に配置
- ・装置は各階X, Y方向に4基ずつの計8基



■:制振ダンパーの設置位置

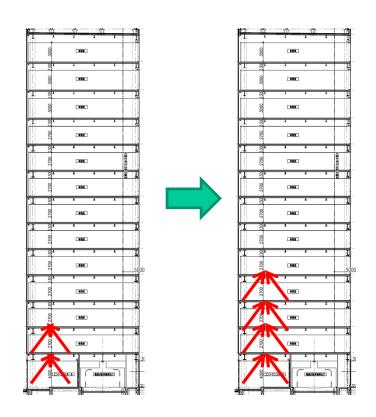
## 3. ダンパー設置台数の上限値の設定(建物重量と総コスト)



高さ方向の検討 X方向4台、Y方向4台の設置位置を検討

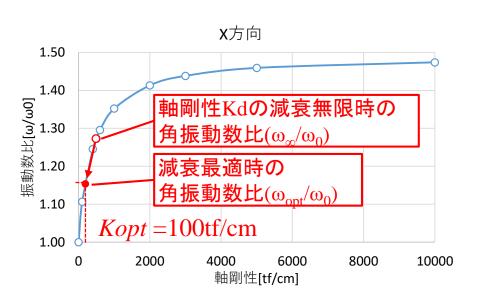
設置位置に軸剛性500t/cmのブレースを 配置し、連層で積み上げる。

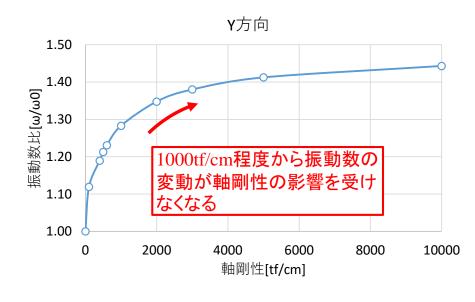
層設置台数は 50基程度を上限とする





最低必要なダンパー軸剛性は、500tf/cm 程度,1000tf/cm以上であれば十分 ⇒本設計例では500tf/cmとして計算している Kopt = 100tf/cm

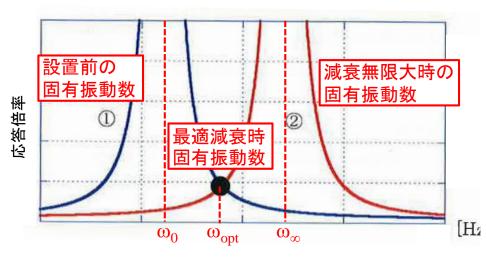


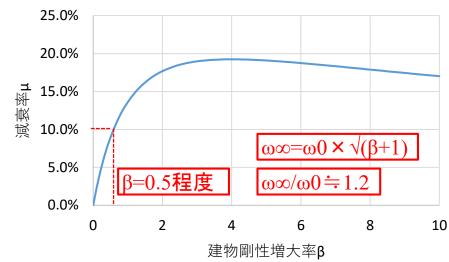




減衰率10%程度を目標にする

⇒建物の剛性増大率と減衰率の関係より減衰無限大時の 振動数増加率が20%程度のとき、減衰率10%程度になる





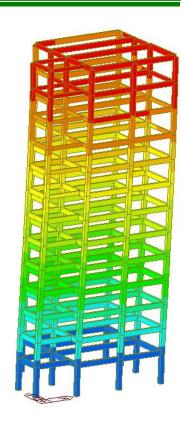


#### 設置階の検討

	1 4 1 1 1 1 1					_
設置階	設置階数	固有振動数(増加率)				
		X方向	][Hz]	Y方向[Hz]		
無し	0	0.476	0%	0.557	0%	
全層	13	0.644	35.3%	0.705	26.6%	
1~10層	10	0.641	34.7%	0.696		
1~7層	_ 7	0.609	27.9%	0.666	19.6%	最適配置
3~9層	7	0.590	23.9%	0.655	17.6%	1階から配置する
4~10層	7	0.570	19.7%	0.645	15.8%	方が効率的
	設置階 無し 全層 1~10層 1~7層 3~9層	無し 0 全層 13 1~10層 10 1~7層 <u>7</u> 3~9層 7	設置階 設置階数 X方向無し 0 0.476 全層 13 0.644 1~10層 10 0.641 1~7層 7 0.609 3~9層 7 0.590	設置階 設置階数 X方向[Hz] 無し 0 0.476 0% 全層 13 0.644 35.3% 1~10層 10 0.641 34.7% 1~7層 7 0.609 27.9% 3~9層 7 0.590 23.9%	設置階固有振動数(増加率) X方向[Hz]Y方向 Y方向 Y方向 M無し0.4760%0.557全層130.64435.3%0.7051~10層100.64134.7%0.6961~7層70.60927.9%0.6663~9層70.59023.9%0.655	設置階固有振動数(増加率)X方向[Hz]Y方向[Hz]無し00.4760%0.5570%全層130.64435.3%0.70526.6%1~10層100.64134.7%0.69625.0%1~7層70.60927.9%0.66619.6%3~9層70.59023.9%0.65517.6%

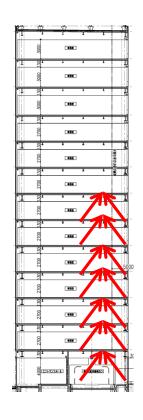
## 1~7層設置時の各パラメータ

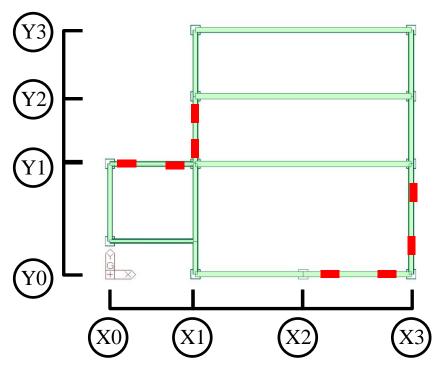
	角振動数 設置前	角振動数 減衰無限大	建物剛性 増大率	角振動数 最適減衰係数	最適減衰係数	最適 減衰係数	減衰率
	ωο	ω∞	$\beta$	$\omega_{ { ext{opt}}}$	k <sub>opt</sub>	$\mathcal{C}_{opt}$	$\eta$
	rad	rad		rad	tf/cm	ft/kine	%
X方向	2.99	3.81	0.62	3.42	100	65	10%
Y方向	3.5	4.24	0.47	3.89	80	45	8.60%



FEMモデル図

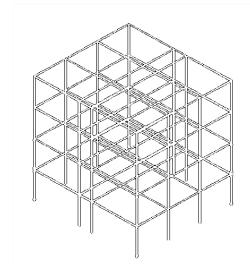






■:制振ダンパーの設置位置

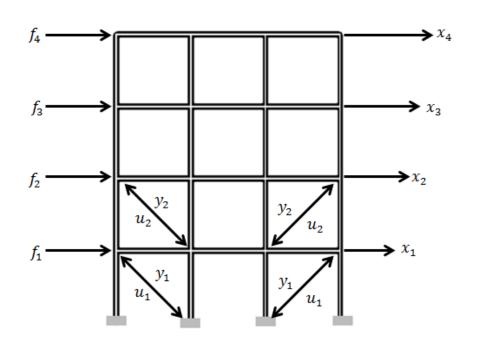




 $D_F$  ;水平力fによる建物変位x

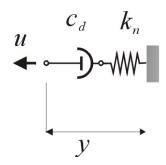
 $D_{FU}$ ;装置からの制御力uによる建物変位x

 $D_U$  ;制御力uによる装置の変位y

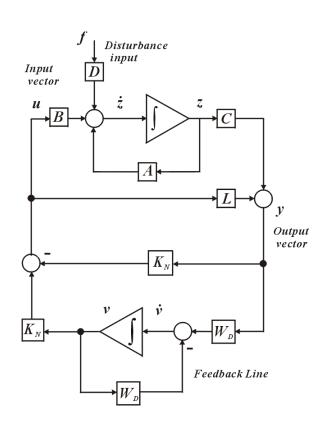




$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_F & D_{FU} \\ D_{UF} & D_U \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f \\ u \end{bmatrix}$$



ダンパーの軸剛性 kn =500tf/cm ダンパーの減衰係数cd = 65 tf/kine

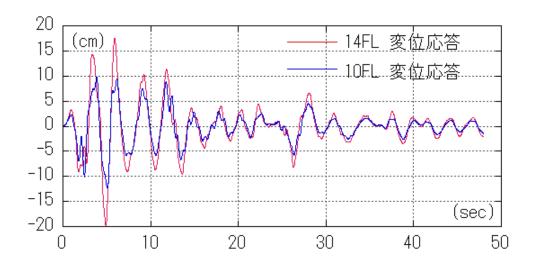




#### Dfu マトリクスの具体的な数値

Echo of the input file.

.02816	.02731	.02585	.02572	.02523
.02816	.02732	.02585	.02572	.02523
.02813	.02731	.02585	.02572	.02522
.02802	.02729	.02585	.02572	.02522
.02768	.02725	.02586	.02573	.02523
.02631	.02698	.02585	.02576	.02526
.02070	.02573	.02562	.02574	.02528
.00678	.02044	.02443	.02546	.02523
.00150	.00699	.01926	.02407	.02488
.00031	.00182	.00701	.01891	.02348
.00003	.00044	.00186	.00689	.01838
.00001	.00009	.00047	.00179	.00649
.00001	.00002	.00010	.00039	.00142



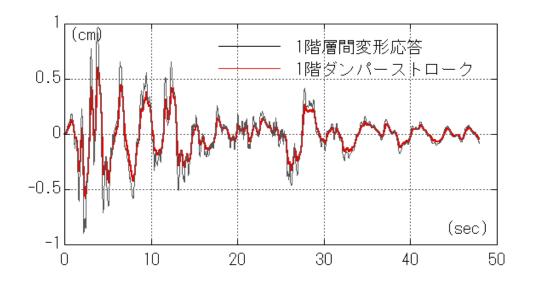
13階最上階の変位応答(単位cm、予想17cm)

エルセントロNS 25カイン入力(刺激係数を考慮した)



1階 ダンパー1台の減衰力応答 (2台で目標180トン)

エルセントロNS 25カイン入力(刺激係数を考慮した)



1階 ダンパーのストロークと1階層間変形の比較

エルセントロNS 25カイン入力(刺激係数を考慮した)

#### 6. ダンパーの選定



ダンパーの基本性能.. 減衰係数, 軸剛性で決定する。

Kd=500 tf/cm から必要剛性が決まる

最適減衰係数は、軸剛性と建物の1次固有周期で決まる

⇒低層用,中・高層用,超高層用の3種類を準備すれば あらゆる建物をカバーできる

オイルバッファの減衰係数目標規格値(tf/kine)

	低層	中•高層	超高層
製品の規格	75	250	600
適応範囲	50~100	150~350	400~800



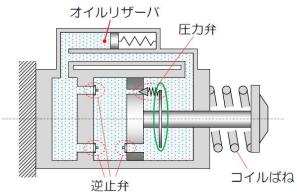


図 1. オイルダンパー概要

## 既往のパッシブ制震におけるモデル化との相違点



- ・従来の解析モデルに従うと
- ⇒建物構造と減衰装置との相互作用を考慮していない
- ⇒減衰装置を設置しても、建物固有振動数が変化しない
- ⇒減衰係数をアップすればするほど、応答変位が減少する

- 現代制御理論モデルに従うと
- ⇒減衰係数をアップすると、振動数が高くなる
- ⇒減衰係数が最適値より高すぎると、減衰率が低下して応答変位が増加する (減衰係数の最適値を時刻歴応答から判断できる)

- 1. 構造設計とダンパーの品質管理は、独立して行うことができる
- 2. 構造設計では、杭の種類と本数を選定するのと同じように、ダンパーをカタログから選定して用いることができる
- 3. 現在までのところ、真に正しい時刻歴応答解析を行うプログラムは市販されていない ニューマークのβ法では、正しい解析ができないことが判明した
- 4. 超高層ビル用のオイルダンパーを開発する必要がある

- ◇ 正しい減衰係数をもとめることができるようになった
- 1. 正しい最適な減衰係数Coptの値を、従来モデルでは求めることができない。 Copt = 2kopt/ωo で推定できる。 通常は 2kopt = kd と考えてよい。
- 2. 従来の解析モデルで正しい最適減衰係数と思っていた値と、真の最適減衰係数は、少なくとも数倍は異なっている。
- 3. パッシブ制震構造の減衰効果が少なかった主たる原因の一つは、最適減衰係数の値が大きくずれていた点にある。 もう一つの原因は、振動数の変化を伴う 減衰装置の配置計画が認識されなかった点にある。

- ◇ 最適なダンパー配置を合理的(定量的)に決定できるようになった
- 1. 実固有値解析を行うことにより、最適なダンパー配置位置を正確に特定できる 手法が確立した
- 2. 最適なダンパー配置位置として、ダンパー設置総基数が一定の時、 期待できる減衰率の増大率を最も大きくできる配置位置と定義することができる。
- 3. ダンパーの最適配置とダンパーの最適減衰係数は、無関係である。
- 4. ダンパーの制震効果を高めるためには、多数のダンパーを設置する必要がある。 減衰係数のみを大きくしても、減衰効果(減衰率)を向上させることはできない。

- ◇ 最適減衰係数の値について
- 1. ダンパーの最適減衰係数は、ダンパーの軸剛性と対象建物の一次固有周期のみで決定する。(正確な値は、実固有値解析を行う必要がある)
- 2. ダンパーの最適減衰係数は、ダンパーの最適配置とは無関係である
- 3. ダンパーの最適減衰係数は、ダンパーの設置台数とは無関係である
- 4. ダンパーの最適減衰係数は、ダンパー設置による減衰率(減衰効果)とは直接的な関係はない



- ◇ 開発したダンパーについて
- 1. ダンパーの基本性能は、ダンパー軸剛性と減衰係数のみで決まる
- 2. ダンパーの軸剛性は、従来考えられていた値よりも大きな値が必要である
- 3. ダンパーの軸剛性は、建物規模によって影響を受け、大型の建物ほど大きな値が必要である
- 4. 今回開発したダンパーは、低層建築用である。 高層建築用には、最適な ダンパーを開発する必要がある



# 13階建て事務所ビルを対象とした 高減衰制震構造システムの検討

建築設計部 構造設計部 落合 衛