

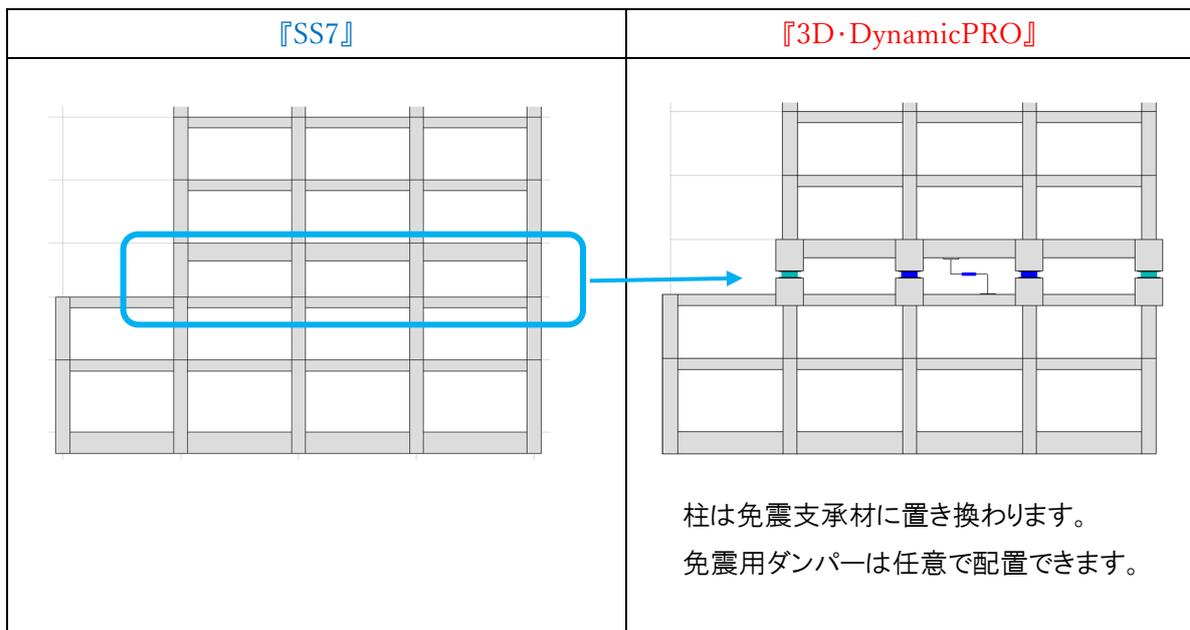
『SS7』→『3D・DynamicPRO』
ー 中間層免震のモデル化手順ー

ユニオンシステム(株)

1. 概要

中間層免震をモデル化するにあたり、『SS7』と『3D・DynamicPRO』で必要な手順について簡単にまとめています。

基本的な流れとしては『SS7』で配置した柱を、『3D・DynamicPRO』で免震支承材に置き換えることで中間層免震を実現しています。免震用ダンパーについては、層と層をつなぐ任意の位置に配置(上部・下部の取付位置も指定可)できるため、『SS7』で入れ替え用の部材を配置しておく必要はありません。



2. 『SS7』での操作

2. 1. 階・軸の定義

中間層免震の免震上部, 免震層, 免震下部の建物情報は『3D・DynamicPRO』で入力・修正することはできません。そのため, 免震層となる階や免震支承材を配置する軸は『SS7』で入力しておく必要があります。

免震用ダンパーは『3D・DynamicPRO』で配置した位置に内部節点を自動生成するため, 軸を設定する必要はありません。

2. 2. 免震支承材に置き換える柱の入力

『3D・DynamicPRO』で免震支承材に置き換えるための柱を『SS7』で入力しておく必要があります。

柱断面は取付部材の断面サイズを入力しておいてください。

また, 柱の初期応力は免震支承材の初期応力として引き継がれるため, 柱の軸剛性を免震支承材の鉛直剛性に合わせておく必要があります。

柱の軸剛性を合わせる方法としては, 『SS7』の入力ツリーメニュー「9.1.3.軸バネ→9.1.3.2.柱」を用いるのが簡単です。

入力は柱頭か柱脚のどちらかのバネ定数に, 免震支承材の鉛直剛性を入力し, 一方のバネ定数は“0”とします。そして, バネ長さには材長を入力してください。

なお, 軸バネの入力は『SS7』Ver.1.1.1.16 からの機能になりますので注意してください。

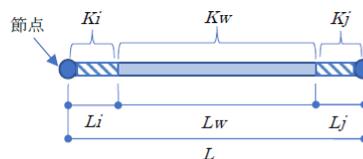


図 3.25 軸バネのモデル化

$$An' = \frac{K \cdot L}{E} \quad (3.29)$$

K : 軸バネを含めた部材全体の軸剛性

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_i} + \frac{1}{K_w} + \frac{1}{K_j}$$

$$K_w = \frac{E \cdot An}{L_w}$$

$$L_w = L - L_i - L_j$$

K_w : 軸バネを含めない軸剛性

L_w : 軸バネを含めない部材長

An : 軸バネを含めない軸断面積

床, 壁, 直接入力指定などの軸剛性の剛度増減率を考慮します。

K_i, K_j : 材端の軸バネ (直接入力指定)

L_i, L_j : 軸バネの長さ (直接入力指定)

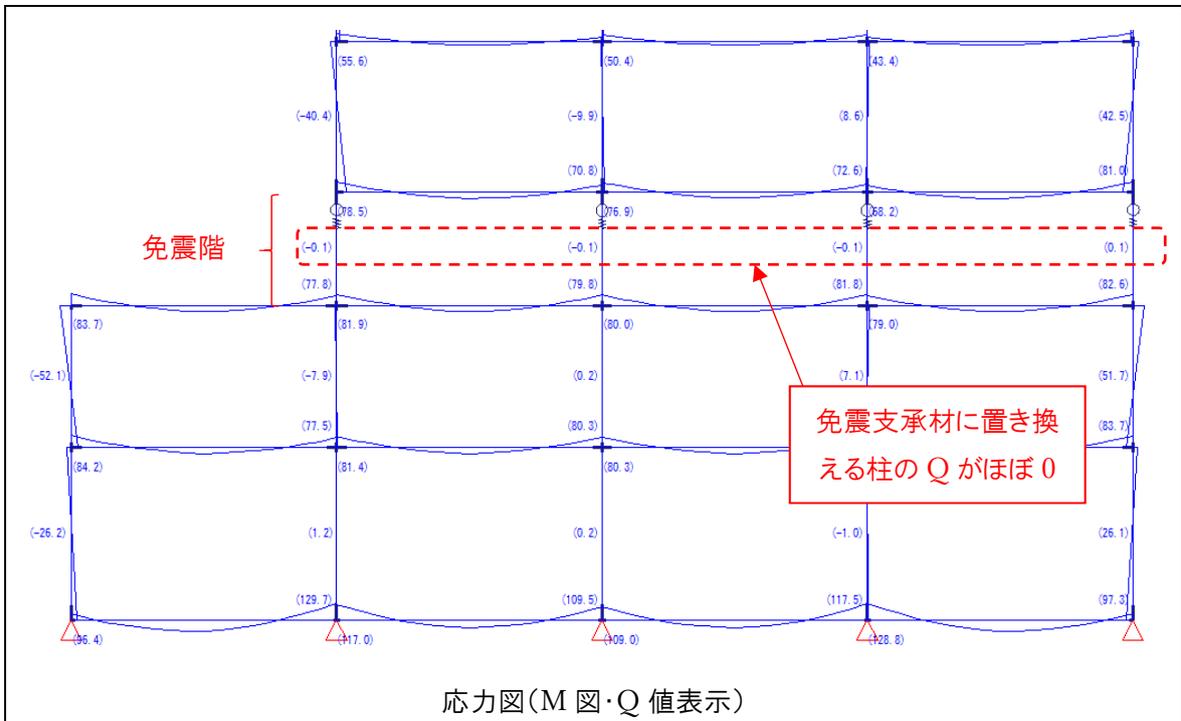
始端から終端までを指定の
軸剛性に変更

○応力解析(鉛直荷重時)

応力解析(鉛直荷重時)において、免震支承材に置き換える柱にせん断力が発生しないようにする必要があります。

せん断力が発生しないようにする方法としては、『SS7』の入力ツリーメニュー「9.2.剛性低下率-9.2.2.柱」を用いるのが簡単です。入力例は下図になります。

階	X軸	Y軸	ケース	断面方向	α	β	αn	
1	3F	3F	全	鉛直時	X方向	0.001	0.001	1.000
2	3F	3F	全	鉛直時	Y方向	0.001	0.001	1.000
3								



○応力解析(水平荷重時)

応力解析(水平荷重時)の結果は『3D・DynamicPRO』で用いないため、特別に入力する内容はありません。

○応力解析(2次)

『3D・DynamicPRO』の構造部材の骨格曲線を決めるのに増分解析の結果を利用する場合は、免震支承材の付加曲げモーメントを適切に考慮しておく必要があります。

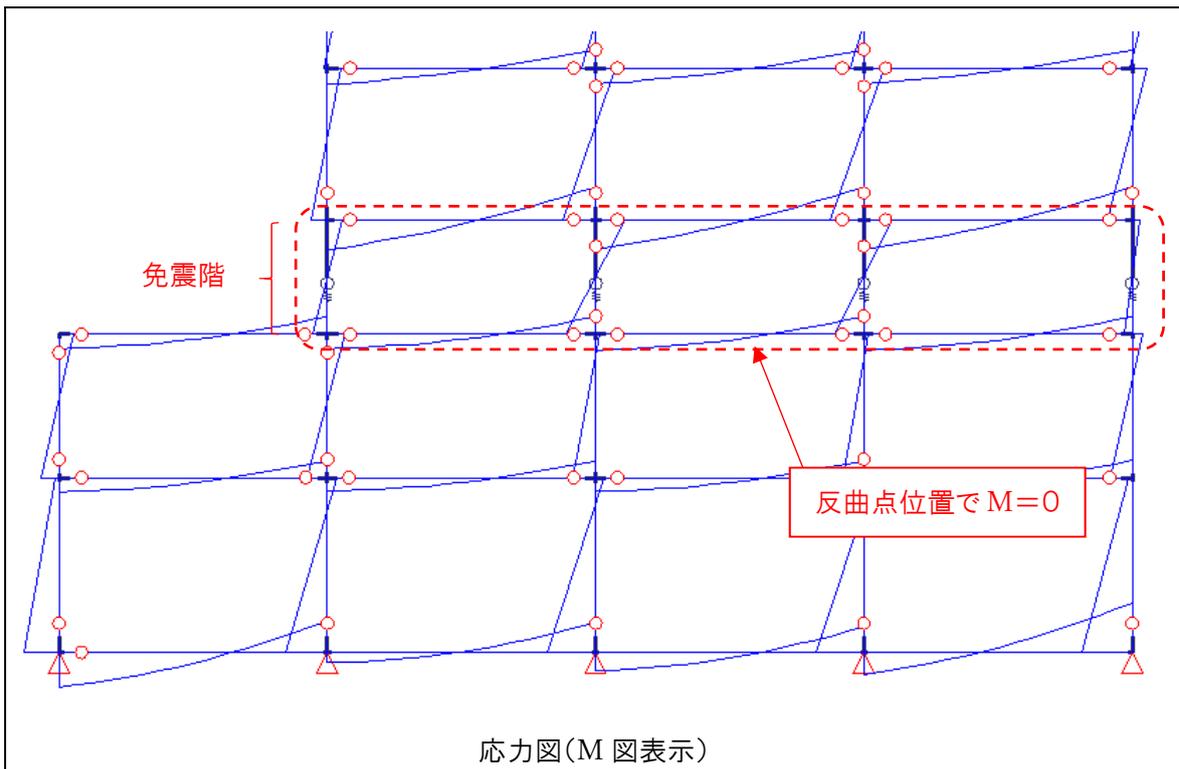
そのために、免震支承材の高さ方向の中心で曲げモーメントが0になるよう反曲点位置を作っておきます。

反曲点位置を任意の位置に調整する方法としては、『SS7』の入力ツリーメニュー「9.5.剛域ー9.5.2.柱」で剛域を設け、柱の結合状態の指定で剛域先端をピン接合にするのが簡単です。入力例は下図になります。

The screenshot shows two windows from the software. The left window is titled '9.5.剛域' and contains a table for column properties. The right window is titled '柱の結合状態' and shows joint stiffness values.

階	X軸	Y軸	ケース	断面方向	柱頭 mm	柱脚 mm	
1	3F	3F	全	水平時	X方向	1400	0
2	3F	3F	全	水平時	Y方向	1400	0
3							

	柱頭 kNm/rad	柱脚 kNm/rad
X	0	-2
Y	0	-2



3. 『3D・DynamicPRO』での操作

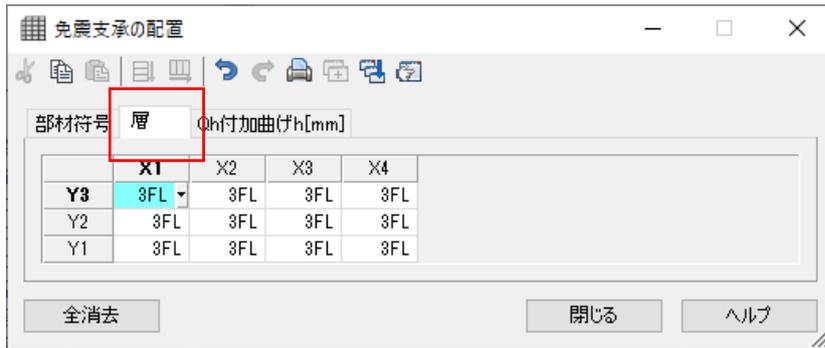
3. 1. 免震支承材の配置

入力ツリーメニュー「1.4.1.免震支承」に，“層”の指定を追加しました。

今までの基礎免震では支点位置にしか免震支承材を配置できませんでしたが，免震支承材を配置する上側の層を指定することで，任意の層(階)に免震支承材を配置できるようになりました。

このとき，『SS7』で調整した柱の軸剛性は免震支承材に引き継がれませんので，注意が必要です。

また，免震支承材が取り付け上層節点から免震支承材位置まで，および免震支承材位置から免震支承材が取り付け下層節点までは「剛」として計算します。取付部材を含む解析については「6.特殊な中間層免震のモデル化」に記載しています。



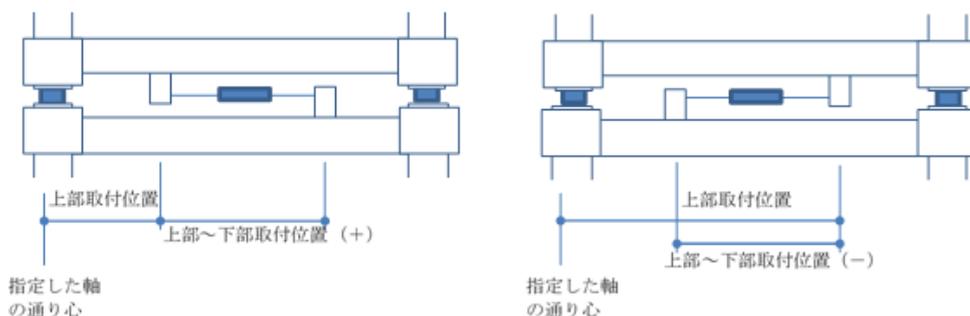
3. 2. 免震用ダンパーの配置

入力ツリーメニュー「1.4.2.免震用ダンパー」に，“層～層”，“上部取付位置”，“上部～下部取付位置”の指定を追加しました。

今までの基礎免震では単層にしか免震用ダンパーを配置できませんでしたが，免震用ダンパーの上部～下部までを接続させる層，取付位置を指定することで，任意の位置に免震用ダンパーを配置することができます。



● 上部～下部取付位置の正負



3. 3. 固有値解析条件

入力ツリーメニュー「3.3.固有値解析条件」に，“中間層免震のモデル化”を追加しました。

指定値 上部下部分離 or 免震層固定

・上部下部分離

免震層を境に免震上部と免震下部を分けて固有値解析を行います。

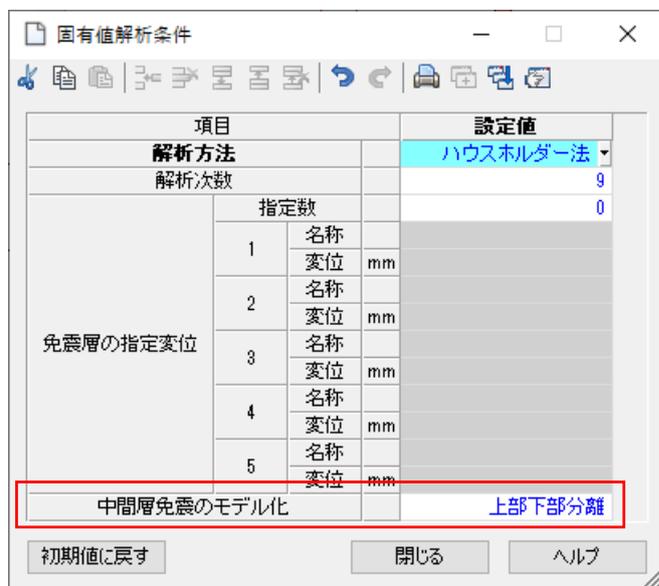
ただし、免震下部の固有値解析の場合、免震上部の重量は考慮されません(今後の機能アップ点)。

・免震層固定

免震層を固いばねとして建物一体で固有値解析を行います。

計算した固有値解析結果は後の応答解析条件における内部粘性減衰を決めるための固有周期として用いることができます。

また、基礎免震のときと同様、免震層の指定変位による固有値解析も行えます。



3. 4. 応答解析条件

入力ツリーメニュー「3.4.応答解析条件」に，“内部粘性減衰－固有周期－免震下部”を追加しました。免震上部と免震下部の固有周期を分けて設定することができます(上部下部分離とした固有値解析結果をそのまま用いることも可)。

応答解析条件				標準
解析タイプ				弾塑性応答
解析時間間隔				s 0.01
P-Δ効果				考慮しない
免震付加曲げ	基礎免震Q・h			考慮する
	P・δ			考慮する
鉄骨梁端部における疲労損傷度の計算				しない
免震・制振部材の特性値ばらつき				標準時
内部粘性減衰	減衰タイプ			一律減衰
	一律減衰	タイプ		初期剛性比例型
		減衰定数	1次	0.0000
			2次	
		免震・制振部材の扱い		
	免震層含む質量比例減衰行列			
	各部分減衰	RC	剛性評価	
			減衰定数	
		S	剛性評価	
			減衰定数	
		SRC	剛性評価	
			減衰定数	
		CFT	剛性評価	
			減衰定数	
	支点ばね	剛性評価		
減衰定数				
免震・制振部材	剛性評価			
	減衰定数			
固有周期	評価方法			一律評価
	1次		s	
		2次		s
	免震下部		評価方法	
		1次	s	
		2次	s	
免震層	評価方法			
	1次	s		
	2次	s		

初期値に戻す 閉じる ヘルプ

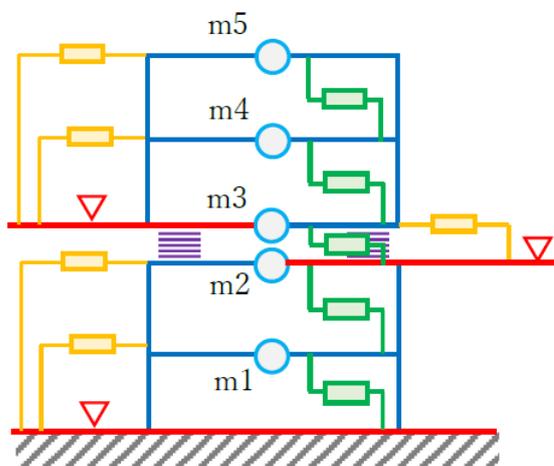
また、入力ツリーメニュー「3.4.応答解析条件」に、“内部粘性減衰—一律減衰—免震層含む質量比例減衰行列”を追加しました。

指定は“免震上下分離”と“免震上下一体”のどちらかとなり，“免震上下分離”としたときは免震上部，免震層，免震下部で基点とする各部の減衰マトリクスを作成したあと，全体減衰マトリクスを作成します。このとき，各部の周期は固有値解析で求めた固有周期を用いることができます。

“免震上下一体”としたときは免震層を含む建物全体で減衰マトリクスを作成します。

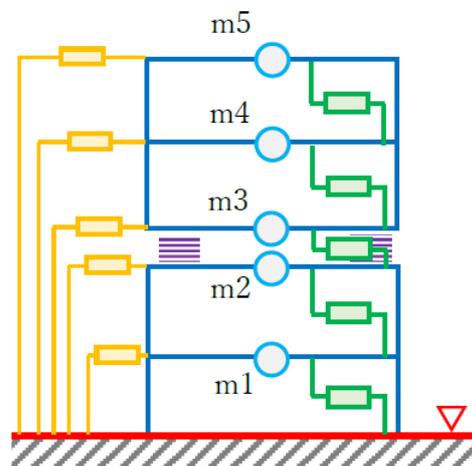
応答解析条件		標準	
解析タイプ		弾塑性応答	
解析時間間隔		0.01	
P-Δ効果		考慮しない	
免震付加曲げ	基礎免震 $Q \cdot h$	考慮する	
	$P \cdot \delta$	考慮する	
鉄骨梁端部における疲労損傷度の計算		しない	
免震・制振部材の特性値ばらつき		標準時	
減衰タイプ		一律減衰	
一律減衰	タイプ		レーリー型
	減衰定数	1次	0.0000
		2次	0.0000
	免震・制振部材の扱い		考慮しない
免震層含む質量比例減衰行列		免震上下分離	
RC	剛性評価		
	減衰定数		

免震上下分離



- : 質点
- : 質量比例項による粘性減衰

免震上下一体

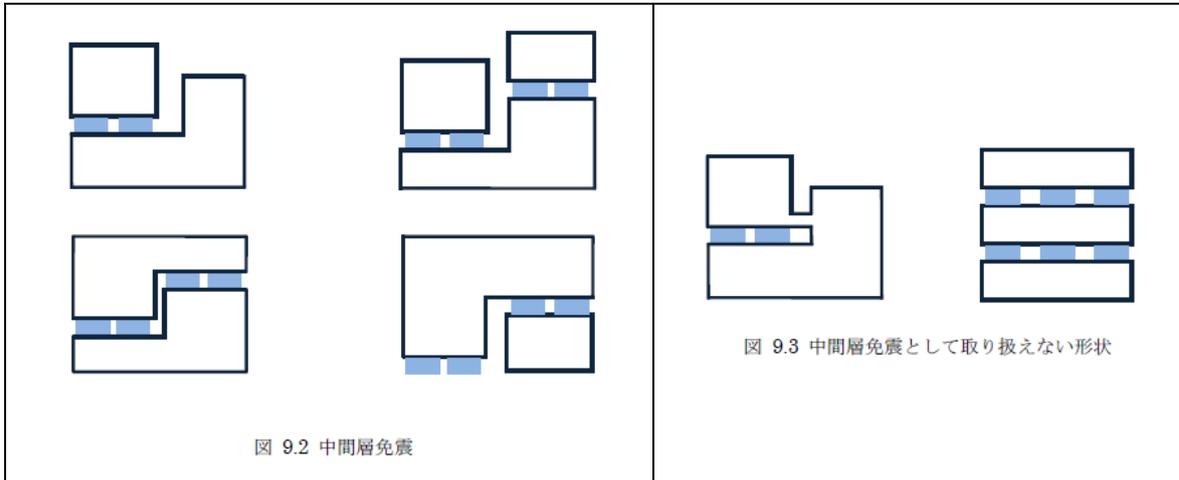


- ≡ : 免震支承材
- : 剛性比例項による粘性減衰

3. 5. 計算可能な配置形状

解説書「計算編」P.9-1 にプログラムで扱える中間層免震の形状を示しています。なお、免震支承材は平面グリッド上に配置するような入力になっています。そのため、免震支承材を複数層に配置することも可能ですが、免震層を境に上部構造と下部構造が完全に分離されていない、または平面グリッド上に重複して免震支承材を配置することはできません。

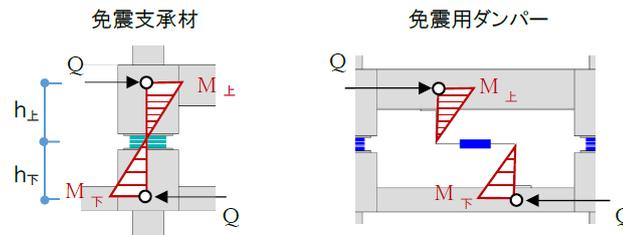
もし、プログラムが扱えない形状になっている場合には準備計算でエラーが出力されます。



3. 6. 付加曲げモーメント

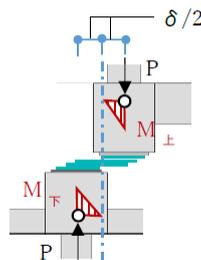
・付加曲げモーメント $Q \cdot h$

免震支承材および免震用ダンパーに対して、水平せん断力と取り付け高さによって生じる付加曲げモーメント $Q \cdot h$ を考慮することができます。なお、 $Q \cdot h$ の考慮は中間層免震の場合、応答解析条件の指定によらず、必ず考慮されます。



・付加曲げモーメント $P \cdot \delta$

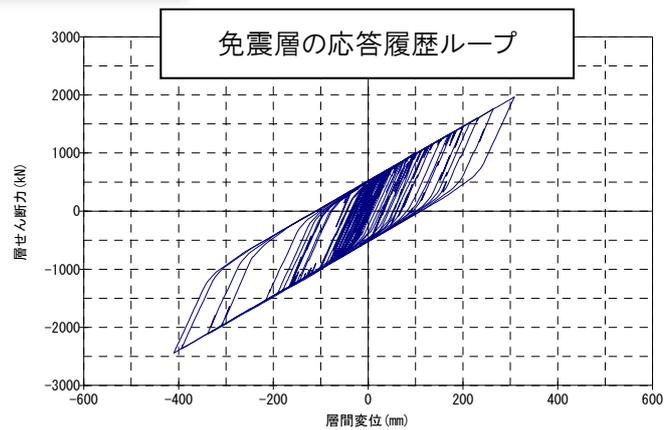
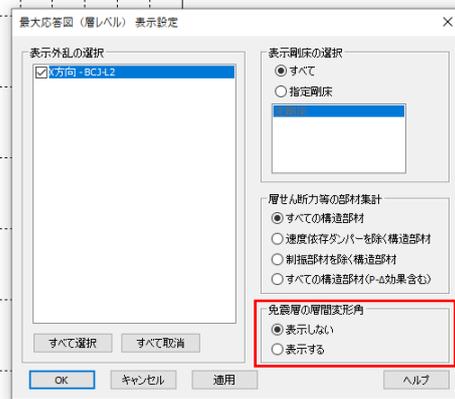
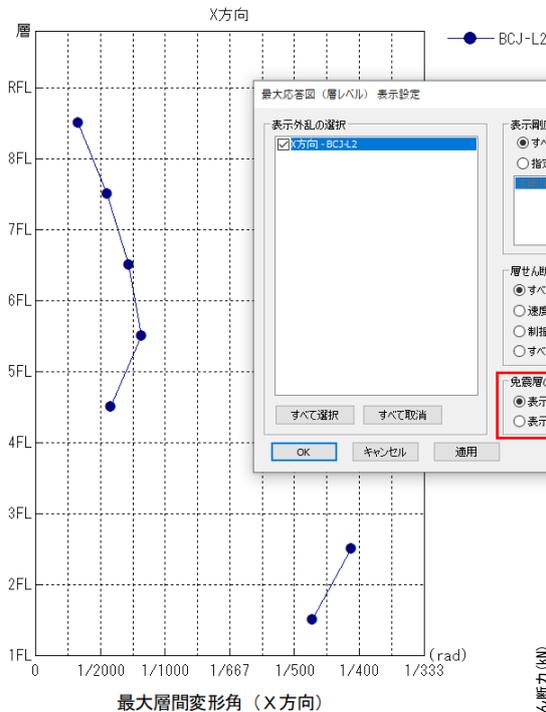
免震支承材に対して、負担軸力と水平変形によって生じる付加曲げモーメント ($P \cdot \delta$) を考慮することができます。なお、 $P \cdot \delta$ の考慮は応答解析条件の指定によります (デフォルトは考慮する)。



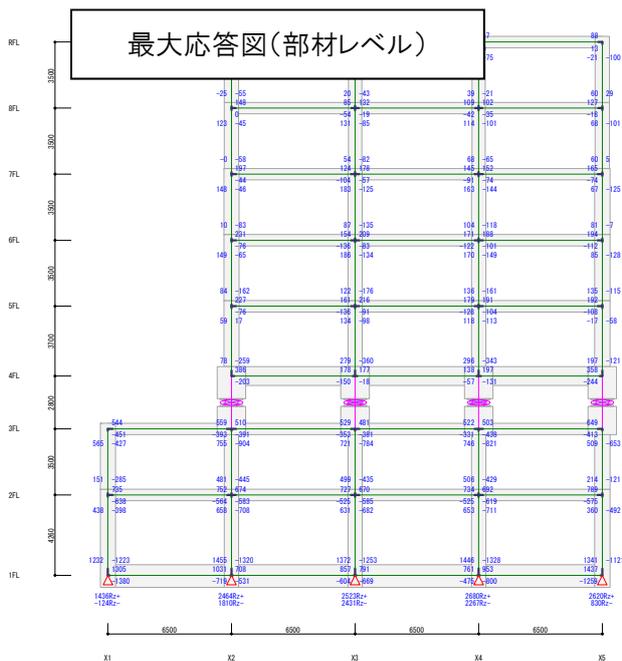
4. 作図結果

基礎免震のときと同様、免震層の作図結果が確認できます。

また、結果作図「1.5.最大応答図(層レベル)」において、[表示設定]に“免震層の層間変形各”の指定を追加しており、“表示しない”とすれば免震層の層間変形角を省略した、免震上部・下部のみの結果を表示することもできます。



X方向
BCJ-L2
Y2 フレーム
曲げモーメント (kNm)



5. 出力内容

基礎免震のときと同様、免震層の出力結果が確認できます。

○3.固有値解析－3.5.免震上部－3.5.1.固有周期・刺激係数

次数	固有周期	固有振動数	円振動数	刺激係数 β			有効質量比		
	s	Hz	rad/s	x	y	θz	x	y	θz
	1次	0.5012	1.9954	12.5375	1.3068	0.0000	0.0000	0.8189	0.0000
2次	0.4793	2.0909	13.1376	0.0000	1.3063	0.0000	0.0000	0.8205	0.0000
3次	0.4422	2.2613	14.2085	0.0000	0.0000	1.3090	0.0000	0.0000	0.8194
4次	0.1569	6.3749	40.0548	-0.4584	0.0000	0.0000	0.1127	0.0000	0.0000
5次	0.1511	6.6173	41.5778	0.0000	-0.4580	0.0000	0.0000	0.1123	0.0000
6次	0.1383	7.2301	45.4278	0.0000	0.0000	-0.4649	0.0000	0.0000	0.1121
7次	0.0822	12.1702	76.4679	0.2481	0.0000	0.0000	0.0436	0.0000	0.0000
8次	0.0800	12.5076	78.5873	0.0000	0.2461	0.0000	0.0000	0.0427	0.0000
9次	0.0724	13.8075	86.7548	0.0000	0.0000	0.2483	0.0000	0.0000	0.0438

○3.固有値解析－3.6.免震下部－3.6.1.固有周期・刺激係数

次数	固有周期	固有振動数	円振動数	刺激係数 β			有効質量比		
	s	Hz	rad/s	x	y	θz	x	y	θz
	1次	0.2007	4.9837	31.3137	1.2055	-0.0114	-0.6752	0.9073	0.0001
2次	0.1926	5.1932	32.6301	0.0175	1.1956	1.2643	0.0002	0.9046	0.0083
3次	0.1790	5.5858	35.0954	-0.0057	0.0109	-1.2059	0.0025	0.0090	0.9007
4次	0.0520	19.2157	120.7359	0.3644	-0.0001	-0.1613	0.0301	0.0000	0.0001
5次	0.0510	19.5923	123.1019	0.0003	0.3553	0.2098	0.0000	0.0863	0.0002
6次	0.0465	21.5016	135.0985	0.0005	-0.0007	0.3544	0.0000	0.0000	0.0882
7次	0.0002	5097.4854	32028.445	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000

○4.応答解析－5.2.層－最大応答値－5.2.1.層せん断力・層間変形角

階	層せん断力		層せん断力係数		転倒モーメント		層間変形角					
	kN	s	s	s	kNm	s	重心間		部材毎最大			
							rad	s	rad	s	位置	
8F	428.7	12.185	0.1478	12.185	1501	12.185	1/3030	45.250	1/3028	45.245	X2 - Y2	
7F	865.5	45.245	0.1403	45.245	4497	45.245	1/1817	45.250	1/1816	45.245	X2 - Y2	
6F	1274.5	45.245	0.1344	45.245	8958	45.245	1/1392	45.250	1/1392	45.250	X2 - Y5	
5F	1638.6	45.245	0.1275	45.245	14693	45.245	1/1228	45.250	1/1227	45.250	X2 - Y5	
4F	1955.4	45.250	0.1206	45.250	21927	45.245	1/1730	45.250	1/1727	45.250	X2 - Y5	
3F	2439.6	45.405	0.1185	45.405	28457	45.250	1/7	45.410	1/7	45.410	X3 - Y3	
2F	8875.5	22.815	0.3403	22.815	47588	11.590	1/438	22.815	1/410	36.505	X1 - Y5	
1F	14480.8	22.815	0.4518	22.815	103080	36.505	1/484	22.815	1/468	22.815	X1 - Y5	

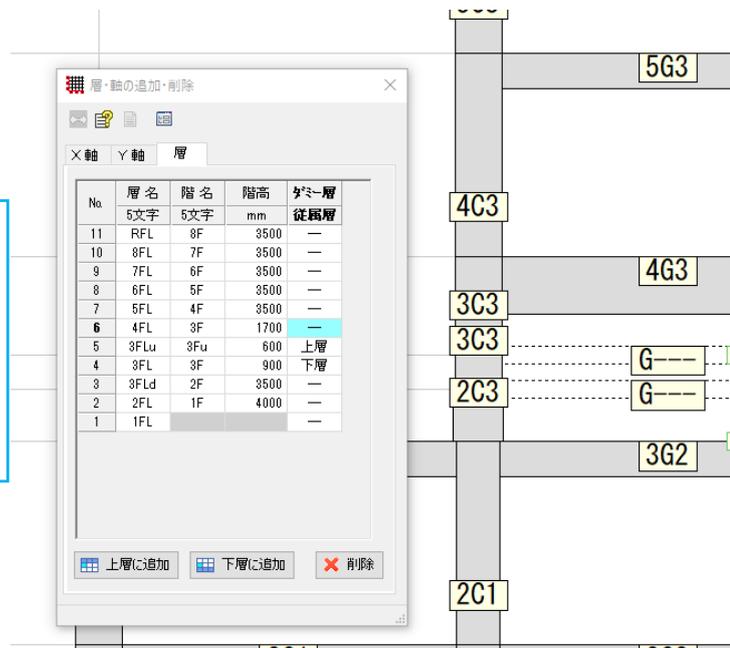
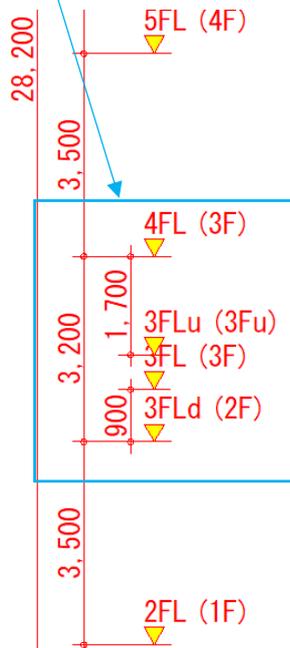
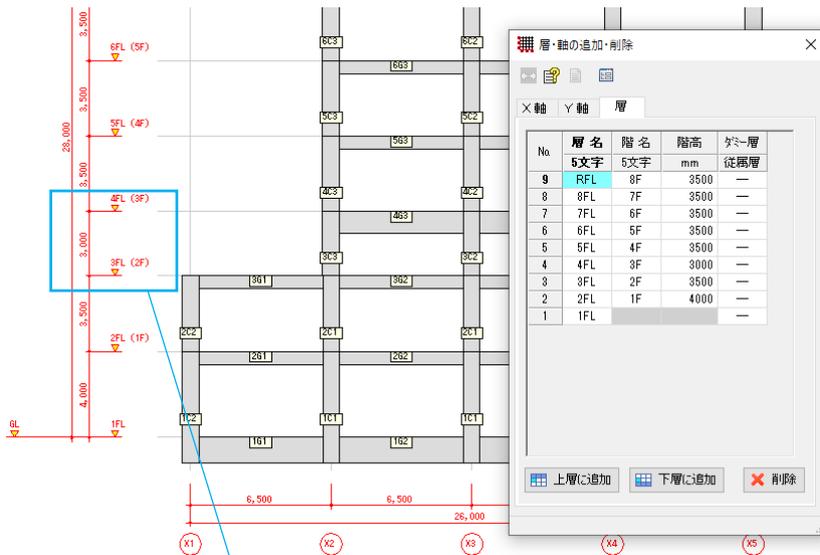
6. 特殊な中間層免震のモデル化

6. 2. 1. 取付部材を含めた中間層免震の解析

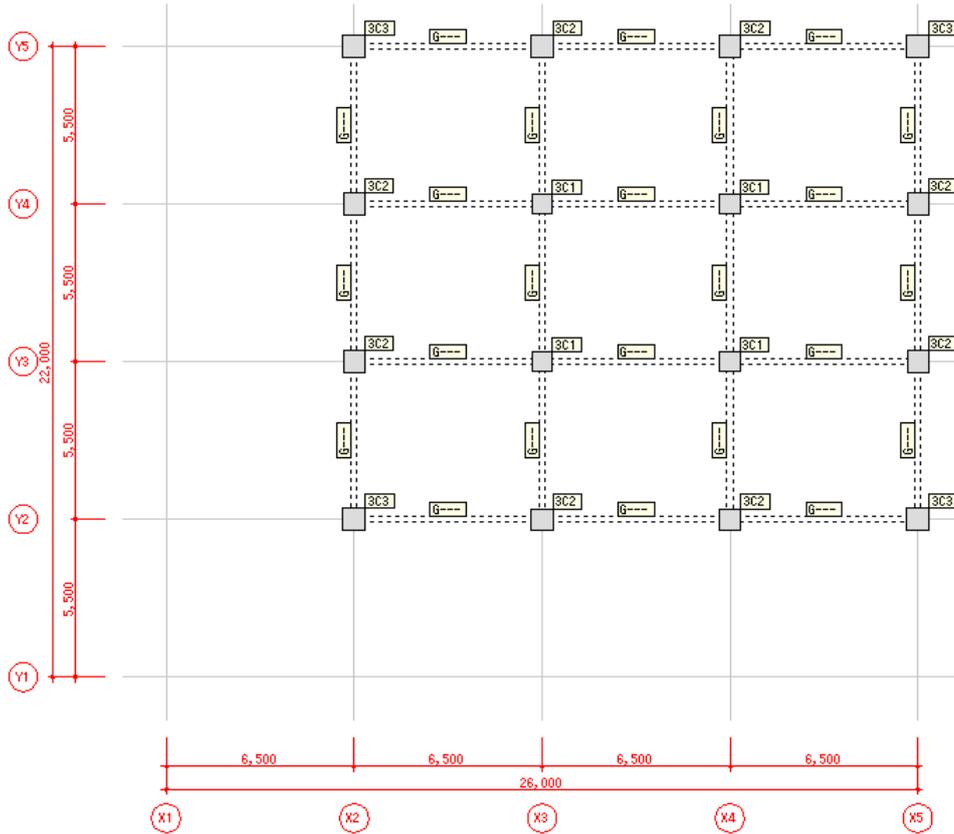
免震階に配置した柱を免震支承材に置き換えた場合、免震支承材が取り付け上層節点から免震支承材位置まで、および免震支承材位置から免震支承材が取り付け下層節点までは「剛」(変形しない)として計算します。ただし、ダミー層やダミー梁を用いて『SS7』で取付部材を配置しておくことによって、取付部材を含めた解析が行えるようになります。

はじめに、『SS7』で中間層免震となる層にダミー層を追加します。

ダミー層は従属層を「上層」、「下層」の2つを追加し、免震支承材を配置(置き換え)する層を実層とするように入力します。



また、2つのダミー層にダミー梁を配置し、実節点を生成し、柱を分割しておきます。



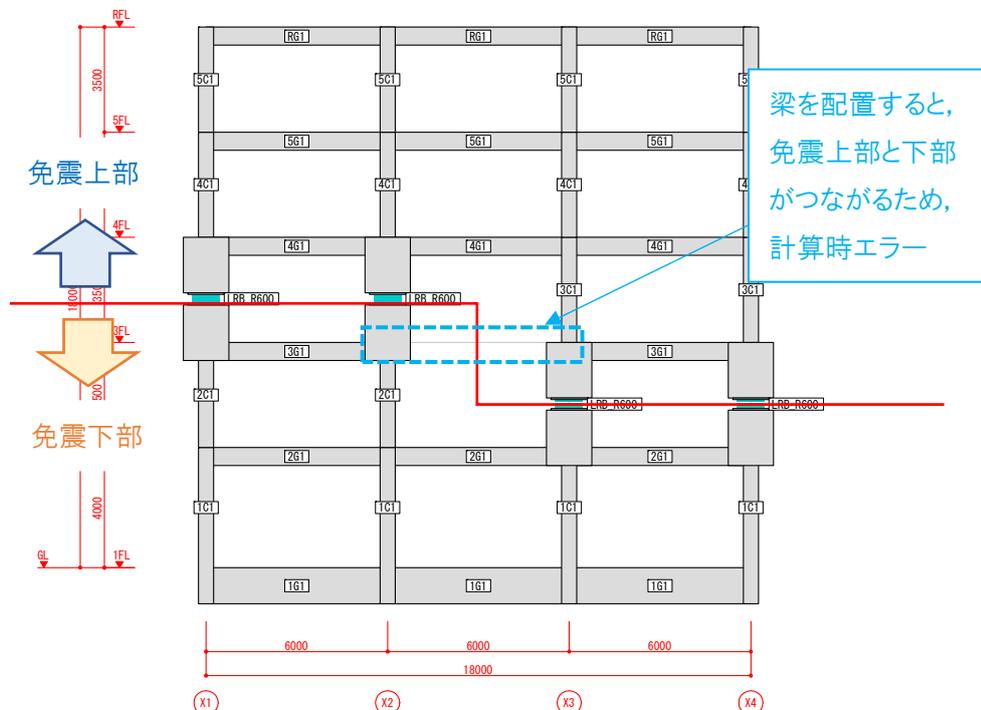
次に『3D・DynamicPRO』へリンクしたときには、実層に免震支承材が配置されるよう入力することで、取付部材を含めた解析が行えます。このとき、取付部材の剛性は『SS7』の結果が用いられます。

部材符号	層	Qh付加曲げh[mm]			
	X1	X2	X3	X4	X5
Y5	なし	3FLu	3FLu	3FLu	3FLu
Y4	なし	3FLu	3FLu	3FLu	3FLu
Y3	なし	3FLu	3FLu	3FLu	3FLu
Y2	なし	3FLu	3FLu	3FLu	3FLu
Y1	なし	なし	なし	なし	なし

6. 2. 2. 段差形状の中間層免震

免震支承材を配置する層(階)は平面グリッド毎で指定できるため、以下のような高さ方向に段差となるような中間層免震を扱うことができます。ただし、免震層を境に免震上部と免震下部が明確に分かれている必要があります。

なお、同じ平面グリッドの直上または直下に免震支承材を配置することはできません。



また、『SS7』では多剛床とし、副剛床を設定しておく必要があります。

