

第10話 免震部材の変形と付加応力を確認しよう

ここまでの免震部材、免震層、上部構造の設計計算が一定の仮定条件の下で終了している状態とします。

次に免震部材の変形による取り付け部材に作用する応力を算定します。免震層の設計では変動性能を考慮しているため、付加応力の算定は、上限性能の応答から算定します。

ただし、告示ではこの付加応力に関する規定はなく、構造設計技術者の常識に委ねられています。

しかし、この付加応力をフレームで負担しなければ免震層の変形時の応力の釣り合いは成立しない。

10-1. 免震部材の変形・部材せん断力・支持荷重を算定する

上限性能時の変形、部材せん断力を表 10-1.1 に[告示モデル:変動性能を考慮したシステム計算]の結果を示します。軸力は、長期軸力に上限性能時の変動軸力、および上下震度 0.3 による付加荷重を考慮します。時刻歴解析では、設定した上下震度を用います。

$$\text{告示設計による短期時最大軸力} : N_{s,\max} = 1.3 \times NL + \Delta N_s \quad (\text{kN})$$

[告示モデル:変動性能を考慮したシステム計算]

表 10-1.1 上限性能時の変形、部材せん断力

配置No	免震部材	部材No.	長期軸力 (kN)	部材の種類	(上限性能時)							せん断力 (kN)		
					水平剛性 K1(kN/m)	塑性剛性 K2(kN/m)	応答変位 (m)	摩擦係数 (-)	降伏荷重 (kN)	変動係数 K1	変動係数 K2		変動係数 Qd	
支 承 材	1	RB80S	101	2539	積層ゴム	990	-	0.371	-	-	1.25	-	-	458.5
	2	SC60	121	3767	弾性すべり支承	11000	0	0.371	0.011	41.2	1.47	-	1.40	57.7
	3	SC60	121	3728	弾性すべり支承	11000	0	0.371	0.011	41.2	1.47	-	1.40	57.7
	4	RB80S	101	2504	積層ゴム	990	-	0.371	-	-	1.25	-	-	366.8
	5	RB80	102	4363	積層ゴム	1090	-	0.371	-	-	1.25	-	-	403.9
	6	SC70	122	5161	弾性すべり支承	15000	0	0.371	0.011	54.0	1.47	-	1.40	75.6
	7	SC70	122	4659	弾性すべり支承	15000	0	0.371	0.011	54.0	1.47	-	1.40	75.6
	8	RB80S	101	2975	積層ゴム	990	-	0.371	-	-	1.25	-	-	366.8
	9	SD	301	0	鋼棒ダンパー	7600	128	0.371	-	184.0	1.15	1.10	1.12	254.8
	10	SD	301	0	鋼棒ダンパー	7600	128	0.371	-	184.0	1.15	1.10	1.12	254.8
	11	SD	301	0	鋼棒ダンパー	7600	128	0.371	-	184.0	1.15	1.10	1.12	254.8
	12	SD	301	0	鋼棒ダンパー	7600	128	0.371	-	184.0	1.15	1.10	1.12	254.8

10-2. 免震部材の取り付け部に作用する応力を算定する

免震部材の変形による付加モーメントは下記の要領で算定します。図 10-2.1 に積層ゴム系支承と弾性すべり支承の変形-応力関係模式図を示します。表 10-2.1 に部材位置別の付加曲げモーメントを示す。

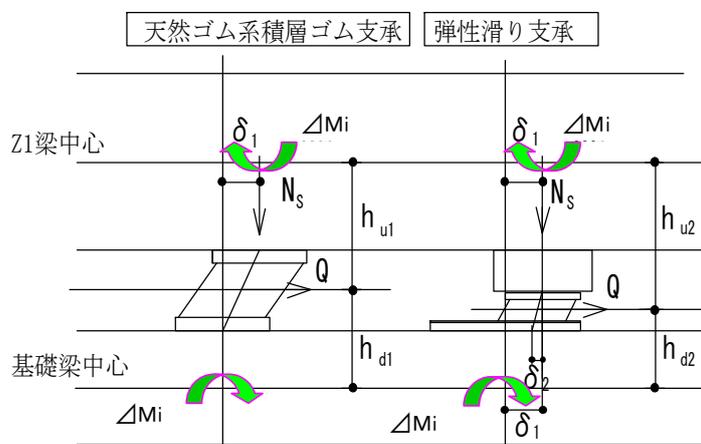


図 10-2.1 に積層ゴム系支承と弾性すべり支承の変形-応力関係模式図

- ① 1次設計による長期時軸力 : N_L (kN)
- ② 告示設計による地震時変動軸力(X,Y方向加力、最大値) : ΔN_s (kN)
- ③ 告示設計による短期時最大軸力 : $N_{s,max}=1.3 \times N_L + \Delta N_s$ (kN)
- ④ 告示設計による地震時免震部材せん断力(上限性能時) : Q_{mi} (kN)
- ⑤ 免震部材の変形に付加モーメント : ΔMi (kNxm)

1階床梁用 : $\Delta Mi_{,1F} = 0.5 \times N_i \times \delta_{max} + Q_{i,max} \times H_u$ (kN・m)

基礎梁用 : $\Delta Mi_{,B} = 0.5 \times N_i \times \delta_{max} + Q_{i,max} \times H_d$ (kN・m)

ここに、 N_i (kN): 短期軸力、 $Q_{i,max}$ (kN) : 各免震部材の負担最大せん断力

	RB	SC	SD
h_u (m): 免震部材の高さ中央から1階床梁構造心高さ =	1.20	1.20	1.20
h_d (m): 免震部材の高さ中央から地中梁(B1F)構造心高さ =	1.20	1.20	1.20

[告示計算モデル: 変動性能を考慮したシステム計算]

算定は、地震時の変動軸力がことなるため、X、Y方向で確認を行う。

表 10-2.1 部材位置別の付加曲げモーメント

X方向加力時												
	RB80	SD	SC70	SC70	SD	RB80S	RB80	SD	SC70	SC70	SD	RB80S
$N_{s,max}$ (kN)	6807	0	6934	6283	0	5005	6408	0	8444	7736	0	4461
Q_{mi} (kN)	404	76	76	76	76	367	404	76	76	76	76	367
$\Delta Mi_{,1F}$ (kNxm)	2094	91	1730	1576	91	1623	1999	91	2087	1919	91	1495
$\Delta Mi_{,B}$ (kNxm)	2094	91	1730	1576	91	1623	1999	91	2087	1919	91	1495
B	5	11	6	7	12	8	6	7	7	8	9	9
	RB80S	SD	SC60	SC60	SD	RB80S	RB80S	SD	SC60	SC60	SD	RB80S
$N_{s,max}$ (kN)	4596	0	4912	4859	0	4548	4036	0	6633	6525	0	3847
Q_{mi} (kN)	459	76	58	58	76	367	459	76	58	58	76	367
$\Delta Mi_{,1F}$ (kNxm)	1637	91	1230	1218	91	1515	1504	91	1637	1612	91	1350
$\Delta Mi_{,B}$ (kNxm)	1637	91	1230	1218	91	1515	1504	91	1637	1612	91	1350
A	1	9	2	3	10	4	1	2	2	3	4	4
	X1		X2	X3		X4	X1	X2	X2	X3	X4	X4

10-3. 免震部材の取り付け部のアンカーを設計する

前節で求めた水平変形による付加モーメント M と部材せん断力 Q を上部構造と下部構造で伝達できるようにフーチング形状、強度、配筋、アンカープレート、アンカーボルト、スタッドボルトの設計が必要です。

- ・常時(長期時) : 図 10-3.1 の示す圧縮応力分布からフーチングのコンクリート強度の設計を行う。
 - ・水平変形時(地震時) : 図 10-3.2 の示す圧縮応力分布とせん断力からフーチングのコンクリート強度の設計、アンカーボルトの引き抜き、付着定着、フランジプレートの曲げ・せん断設計を行う。
- 取り付け部の計算方法は、幾つかの方法がありますが、「付録-3 アンカーボルトの計算例」を参照ください。

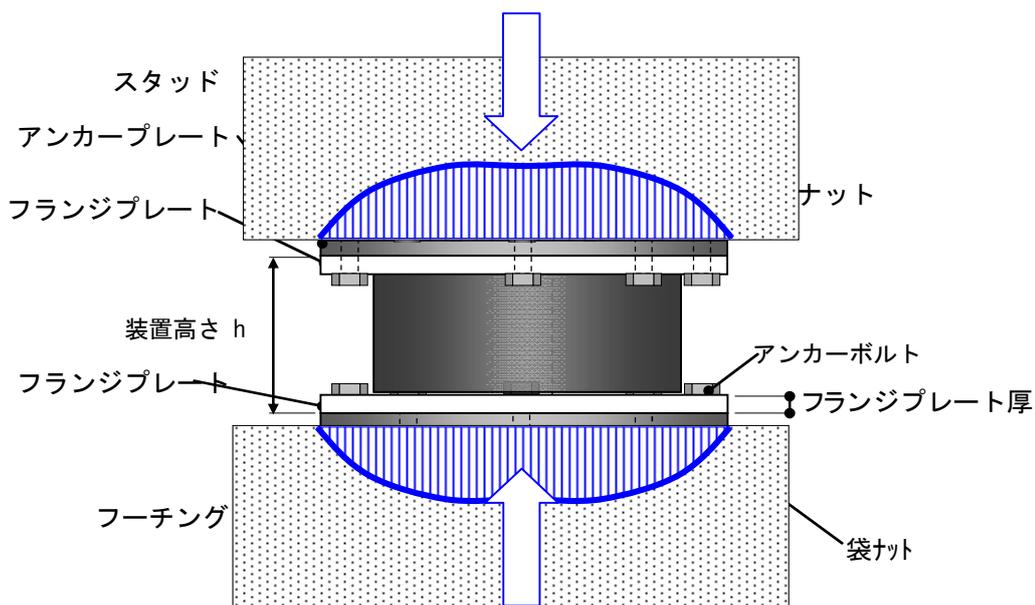


図 10-3.1 常時(長期時)のフランジ裏面の応力分布イメージ

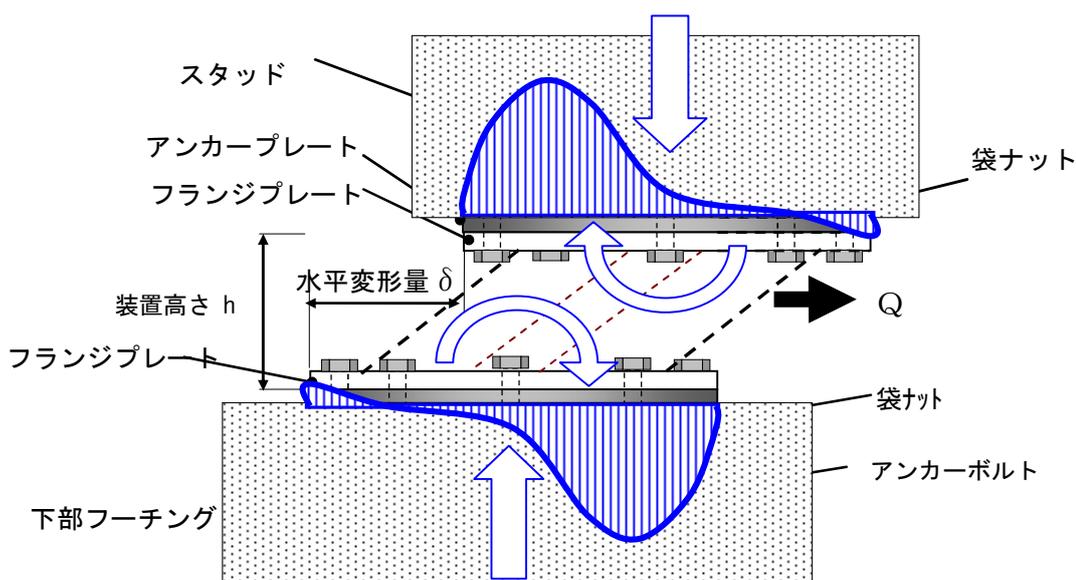


図 10-3.1 水平変形時のフランジ裏面の応力分布イメージ