参考資料２　可動・固定型ゴム支承（タイプＢ）の設計例

可動・固定型ゴム支承（タイプＢ）の設計例を以下に示す.

１．ゴム支承本体の照査

ゴム支承本体の設計は，道路橋支承便覧（平成 16 年４月）によるものとする.

1.1 最大圧縮応力度の照査

最大圧縮応力度の照査は次式によるものとする.

$\sigma_{max}=R_{max}/A_{cn} \leqq \sigma_{maxa}$

ここに，R_{max}　：最大反力（N）

A_{cn}　：常時の移動量を控除した有効圧縮面積（mm^2）

σ_{maxa}：許容圧縮応力度（N/mm^2）

$S_1 \geqq 12$ の時　　$\sigma_{maxa}=12\ N/mm^2$

$8 \leqq S_1 < 12$ の時　$\sigma_{maxa}=S_1\ N/mm^2$

$S_1 < 8$ の時　　$\sigma_{maxa}=8\ N/mm^2$

1.2 圧縮応力振幅の照査

圧縮応力振幅の照査は次式によるものとする.

$\Delta\sigma=\sigma_{max}-\sigma_{min} \leqq \Delta\sigma_a$

ここに，σ_{max}：最大圧縮応力度（N/mm^2）

σ_{min}：最小圧縮応力度（N/mm^2）

$\sigma_{min}=R_{min}/A_e$

A_e　：内部鋼板より求まる有効面積（$=a\times b$）（mm^2）

$\Delta\sigma_a$：許容応力振幅（N/mm^2）

$S_1>8$ の時　$\Delta\sigma_a=5+0.375\ (S_1-8)\ N/mm^2$

ただし，最大で $\Delta\sigma_a=6.5\ N/mm^2$

$S_1 \leqq 8$ の時　$\Delta\sigma_a=5.0\ N/mm^2$

1.3 回転性能の照査

斜角の影響を考慮するものとする．なお，斜角は 70° を標準とする.

圧縮たわみ量の算定は，次式によるものとする.

$\delta_c=R\theta/(f_v\times K_v)$

ここに，δ_c：圧縮たわみ量（mm）

$R\theta$　：回転照査反力（最大反力の最小値を用いる）

f_v　：圧縮ばね定数のばらつきを考慮した係数（$=1.3$）

K_v　：圧縮剛性（N/mm）

1.4 総局部せん断ひずみの照査

総局部せん断ひずみの照査は，次式によるものとする.

$\gamma_t=\gamma_c+\gamma_s+\gamma_r \leqq \gamma_{ta}$

ここに，γ_t：総局部せん断ひずみ

γ_c：最大反力による局部せん断ひずみ

γ_s：常時の移動における局部せん断ひずみ
γ_r：回転による局部せん断ひずみ
γ_{ta}：許容総局部せん断ひずみ

$$\gamma_{ta}=\gamma_u/f_a$$

γ_u：破断伸び
f_a：安全率（＝1.5）

1.5 座屈安定性の照査

座屈安定性の照査は，次式によるものとする．

$\sigma_{max} \leqq \sigma_{cra}$
$\sigma_{ce} \leqq \sigma_{cra}$

ここに，σ_{max}：最大圧縮応力度（N/mm²）
σ_{ce}：地震時における圧縮応力度（N/mm²）

$$\sigma_{ce}=R_L/A_{ce}$$

R_L：地震時における下向きの力（N）
A_{ce}：地震時における有効面積（mm²）
σ_{cra}：許容座屈応力度

$$\sigma_{cra}=G_e\times S_1\times S_2/f_{cr}$$

f_{cr}：安全率
常時　$f_{cr}=2.5$
地震時　$f_{cr}=1.5$

1.6 内部鋼板の引張応力度照査

内部鋼板の引張応力度の照査は，次式によるものとする．

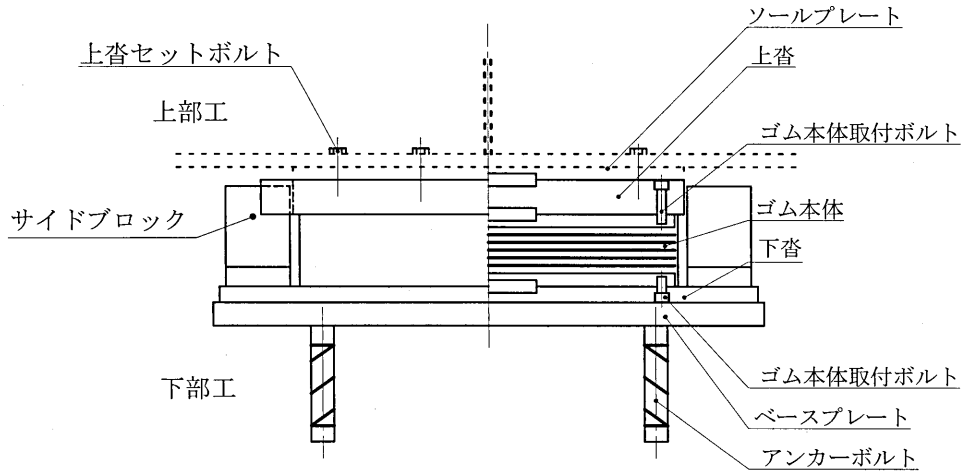
$\sigma_s=f_c\times\sigma_c\times t_e/t_s \leqq \sigma_{sa}$

ここに，σ_s：内部鋼板の引張応力度（N/mm²）
f_c：割増係数（＝2.0）
t_e：ゴム一層の厚さ
t_s：内部鋼板の厚さ

2．構造

2.1 ゴム支承本体

ゴム支承本体は，ボルトによる連結構造とする（**図参 2-1** 参照）.



図参 2-1　ゴム支承の構造

2.2 サイドブロックの設計

2.2.1 材質

サイドブロックの材質は SM490A を標準とする.

2.2.2 サイドブロックの最小板厚

サイドブロックの最小板厚は，20mm を標準とする．ただし，小反力の支承において，最小板厚を使用することにより他の部材が構造的要因により不経済な設計になると判断される場合は 15mm まで許容するものとする.

2.3 セットボルトの設計

2.3.1 セットボルトの配置

セットボルトは，上沓にねじ込む構造を標準とする.

2.3.2　材質

セットボルトは，溶融亜鉛めっきを考慮して強度区分 8.8 を用いるものとする.

2.4 アンカーボルトの設計

2.4.1 アンカーボルトの配置

ベースプレートへのアンカーボルトの取り付けは，ねじ込み方式を基本とする．また，ねじ込み深さはネジ部呼び径×0.8 以上とする．このとき，ベースプレートの板厚は市販サイズを用いるものとする．

2.4.2 異形棒鋼および異形丸鋼の使用

アンカーボルトは，丸鋼，異形棒鋼，異形丸鋼の順に選定していくものとする．また，異形棒鋼を用いる場合，呼び径とネジ径の関係は**表参 2-1** に示すとおりとする．

表参 2-1　異形棒鋼製アンカーボルトのネジ径

呼び径	ネジ径	呼び径	ネジ径
D29	M27	D41	M39
D32	M30	D51	M42
D35	M33	D51	M45
D38	M36	D51	M48

D51 を超えるアンカーボルトで付着強度を高める場合は，異形丸鋼（スパイラル鉄線巻き）を用いるものとする．この場合，鉄線の径はアンカーボルト径の 0.05 倍以上を用いるものとし，その巻付けピッチはアンカーボルト径の 0.7 倍以下を原則とする．これは，JIS G 3112 に準拠して定めたものである．

2.4.3　アンカーボルトの埋め込み深さ

アンカーボルトの埋め込み深さは 10D とし，付着応力度が許容値を超える場合は異形棒鋼を用いるものとする．なお，異形棒鋼を用いる場合の有効付着長さは完全異形棒鋼状態の長さとする．

以下，可動固定ゴム本体の設計例を示す．なお，鋼材部については鋼製支承における考え方と同様であり，ここでは省略する．

3．可動固定ゴム支承計算例

3.1 設計条件

(1) 支承タイプ　タイプＢ可動固定支承

(2) 使用ゴム支承　積層ゴム支承（NR＋SM490A＋SS400）

(3) 地域別補正係数　地域別補正係数　C_z：A 地域
　地盤種別　：１種

(4) 設計水平震度
　橋軸方向　レベル１地震動　K_h（L）＝0.20
　　レベル２地震動（タイプⅡ）　K_{hc}（L）＝0.89
　橋軸直角方向　レベル１地震動　K_h（T）＝0.20
　　レベル２地震動（タイプⅡ）　K_{hc}（T）＝0.89

(5) 温度変化　△T＝±50℃

(6) 移動量の集計　全移動可能量ｅ　ΔL_{el}＝±40 mm

(7) 反力一覧表

支点番号			A１（可動）	A２（固定）
最大反力	R_{max}	kN	860.0	980.0
最小反力	R_{min}	kN	447.0	510.0
死荷重反力	R_d	kN	559.0	637.0
回転照査反力	$R\theta$	kN	620.0	720.0
最大活荷重	R_{1+i}	kN	301.0	343.0
橋軸方向水平力	R_{H1e}	kN	497.5	1133.9
橋軸直角方向水平力	R_{H2e}	kN	497.5	566.9

3.2 ゴム沓

NR＋SM490A＋SS400

3.2.1 ゴム沓の寸法

(1) ゴムの最大許容圧縮応力度　σ_{max}＝8.0 N/mm^2

(2) ゴムの最小許容圧縮応力度　σ_{min}＝1.5 N/mm^2

(3) ゴムの許容圧縮応力振幅　$\triangle\sigma_a$＝5.0 N/mm^2

(4) ゴムの許容せん断ひずみ　常時　γ＝ 70 (%)

レベル１地震動　γ＝150 (%)

レベル２地震動　γ＝250 (%)

(5) ゴムの静的せん断弾性係数　G_e (N/mm^2)

(6) ゴムの諸寸法

a’ ＝ 外形寸法　(橋軸方向)

b‘ ＝ 外形寸法　(橋軸直角方向)

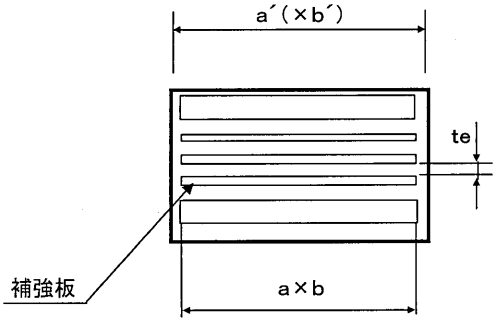
a ＝ 補強板寸法　(橋軸方向)

b ＝ 補強板寸法　(橋軸直角方向)

t_s ＝ 補強板の厚さ

t_e ＝ ゴムの一層厚

n ＝ t_eの層数



支点番号			A1(可動)	A2(固定)
橋軸方向	a’	mm	370	370
橋軸直角方向	b’	mm	370	370
橋軸方向	a	mm	350	350
橋軸直角方向	b	mm	350	350
ゴム一層厚	t_e	mm	14	15
層数	n	層	5	4
補強鋼板厚	t_s	mm	3.2	3.2
せん断弾性係数	G_e	N/mm^2	0.8	0.8
破断ひずみ	γ	%	550	550

3.2.2 ゴム沓の応力度

(1) ゴム沓の常時変形を考慮した圧縮応力度

$\sigma_{max}=R_{max}/A_{cn} \leqq \sigma_{maxa}=8.0\ N/mm^2$

A_{cn}：常時の移動量を控除した有効圧縮面積（mm^2）

(2) ゴム沓の最小圧縮応力度

$\sigma_{min}=R_{min}/A_e \geqq \sigma_{mina}=1.5\ Nmm^2$

A_e：有効圧縮面積（mm^2）

(3) ゴム沓の圧縮応力振幅

$\triangle\sigma=\sigma_{max}-\sigma_{min} \leqq 5.0\ N/mm^2$

(4) 座屈安定性

a) 常時　$\sigma_{max}=G_e\times S_1\times S_2/f_{cr} \leqq \sigma_{cra}$

b) 地震時　$\sigma_{ce}=G_e\times S_1\times S_2/f_{cr} \leqq \sigma_{cra}$

G_e　：ゴムのせん断弾性係数（N/mm^2）

S_1　：一次形状係数 $a\times b/(2\times(a+b)\times t_e)$

S_2　：二次形状係数 $a/\Sigma t_e$

f_{cr}　：許容座屈応力度の係数　常時　2.5

地震時　1.5

(5) ゴム沓の引張応力度

a) 地震時　$\sigma_{te}=R_u/A_{te} \leqq \sigma_{ta}$

A_{te}：地震時の移動量を控除した有効引張面積（mm^2）

ただし地震時上揚力を $0.3R_d$ または $0.1R_d$ とする場合は移動量を考慮しない.

σ_{ta}	地震時	G6	1.2	N/mm^2
		G8	1.6	N/mm^2
		G10 以上	2.0	N/mm^2

(6) 内部鋼板の引張応力度

a) 常時　$\sigma_s=f_c\times\sigma_{max}\times t_e/t_s \leqq \sigma_{sa}$

地震時　$\sigma_{se}=f_c\times\sigma_{ce}\times t_e/t_s \leqq \sigma_{sa}$

f_c：引張り応力度の割り増し係数

ただし，積層ゴム支承、高減衰積層ゴム支承の場合 $f_c=2.0$ とする.

【計算結果】

支点番号			A1(可動)	A2(固定)
常時最大反力	R_{max}	kN	860.0	980.0
常時最小反力	R_{min}	kN	447.0	510.0
地震時橋軸方向	R_L(軸)	kN	874.0	978.0
地震時橋軸直角方向	R_L(直)	kN	1006.0	1147.0
常時移動量	ΔL_e	mm	40.0	0.0
橋軸寸法	a	mm	350	350
橋直寸法	b	mm	350	350
一層厚	t_e	mm	14	15
層数	n	層	5	4
補強鋼板厚	t_s	mm	3.2	3.2
一次形状係数	S_1		6.25	5.83
二次形状係数	S_2		5.00	5.83

圧縮応力度

最大圧縮応力度（許容値）	σ_{max} （≦ σ_{maxa}）	N/mm²	7.9 （≦8.0）	8.0 （≦8.0）
最小圧縮応力度（許容値）	σ_{min} （≧ σ_{mina}）	N/mm²	3.6 （≧1.5）	4.2 （≧1.5）
応力振幅（許容値）	$\Delta\sigma$ （≦ $\Delta\sigma_a$）	N/mm²	4.3 （≦5.0）	3.8 （≦5.0）

座屈安定性

常時（許容値）	σ_{max} （≦ σ_{cra}）	N/mm²	7.9 （≦10.0）	8.0 （≦10.9）
地震時橋軸方向（許容値）	σ_{ce} （≦ σ_{cra}）	N/mm²	7.1 （≦16.7）	8.0 （≦18.1）
地震時橋軸直角方向（許容値）	σ_{ce} （≦ σ_{cra}）	N/mm²	8.2 （≦16.7）	9.4 （≦18.1）

引張り応力度

地震時（許容値）	σ_{te} （≦ σ_{ta}）	N/mm²	1.37 （≦1.60）	1.56 （≦1.60）

内部鋼板の引張り応力度

常時（許容値）	σ_s （≦ σ_{sa}）	N/mm²	69.4 （≦140）	75.0 （≦140）
地震時橋軸方向（許容値）	σ_{se} （≦ σ_{sa}）	N/mm²	62.4 （≦210）	74.8 （≦210）
地震時橋軸直角方向（許容値）	σ_{se} （≦ σ_{sa}）	N/mm²	71.9 （≦210）	87.8 （≦210）

3.3 変位追随

(1) ゴム沓の変形量

常時変形量　ΔL_e

全移動可能量　ΔL_{el}

(2) せん断ひずみ

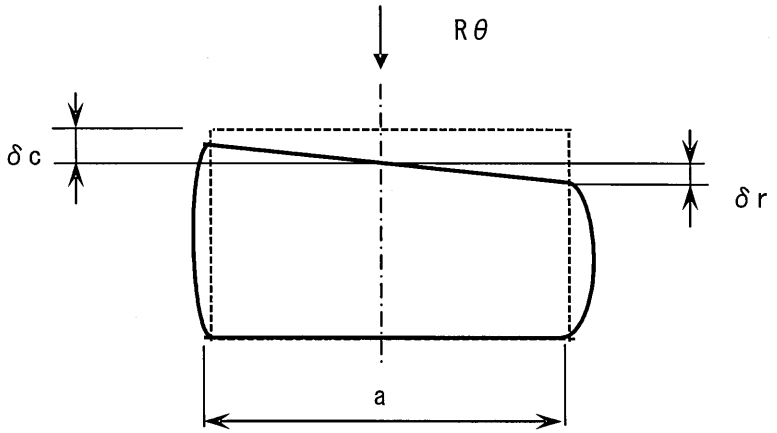
常時　$\gamma_s = \Delta L_e / \Sigma t_e \times 100 \leqq \gamma_{ea} = 70\%$

【計算結果】

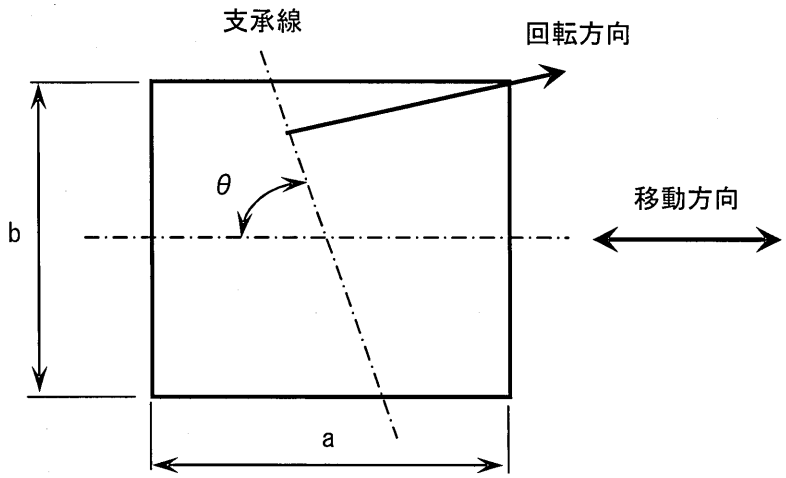
支点番号			A1(可動)	A2(固定)
ゴム支承の変形量	ΔL_e	mm	40.0	0.0
ゴム総厚	Σt_e	mm	70	60
常時（許容値）	γ_s（≦γ_{sa}）	%	57.1（≦70）	0.0（≦70）

3.4 回転性能

全反力による鉛直ひずみと回転ひずみ



斜橋の場合の回転ひずみ



(1) 回転照査　$\delta_c/f_v \geqq \delta_r$

(2) 鉛直ひずみ量　$\delta_c = R\theta/K_v$

$= R\theta \times \Sigma t_e/(\alpha \times \beta \times S_1 \times G_e \times a \times b)$

(3) 回転ひずみ量　$\delta_r = \{(a/2) \times \mathrm{Sin}\,\theta + (b/2) \times \mathrm{Cos}\,\theta\} \times \Sigma\,\theta$

(4) 圧縮バネ定数のばらつきを考慮した係数で1.3とする

$R\theta$　：回転照査反力（最大反力の最小値を用いる）

α　：ゴム支承の種類による係数

	NR	HDR
α	35	45

β　：ゴム支承の平面形状による係数

$0.5 \leqq b/a \leqq 2.0$　の場合1.0

S_1　：一次形状係数

G_e　：せん断弾性係数

Σt_e：ゴム総厚

(5) 端支点部の活荷重による鉛直ひずみ量

$\delta_{l+i} = 1/2 \times R_{l+i}/K_v \leqq 1.0$ mm　（δ_{l+i}：最大活荷重）

【計算結果】

支点番号			A1(可動)	A2(固定)
ゴム寸法	a	mm	350	350
	b	mm	350	350
	t_e	mm	14	15
	n	層	5	4
一次形状係数	S		6.25	5.83
許容回転角	θ_a		1/150	1/150
斜角	θ		70	70

回転の照査

圧縮ひずみ量（回転ひずみ量）	δ_c（$\geqq \delta_\gamma$）	mm	1.557（≧1.495）	1.661（≧1.495）

活荷重による鉛直ひずみ量

圧縮ひずみ量（許容ひずみ量）	δ_{l+i}（$\leqq \delta_a$）	mm	0.491（≦1.0）	0.514（≦1.0）

3.5 疲労耐久性

(1) 鉛直反力による局部せん断ひずみ

$\gamma_c = 8.5 \times S_1 \times R_{max} / (E \times A_{cn})$

E ：$(3 + 2/3 \times \pi^2 \times S_1^2) \times G_e$

A_{cn} ：常時移動量を控除した有効圧縮面積

(2) 桁の回転による局部せん断ひずみ

$\gamma_r = 2 \times \{1 + (a/b)\}^2 \times S_1^2 \times \alpha_e$

(3) 常時せん断ひずみ

$\gamma_s = \Delta L_e / \Sigma t_e$

(4) 総局部せん断ひずみ

$\gamma_t = \gamma_c + \gamma_s + \gamma_r \leqq \gamma_u / f_s$

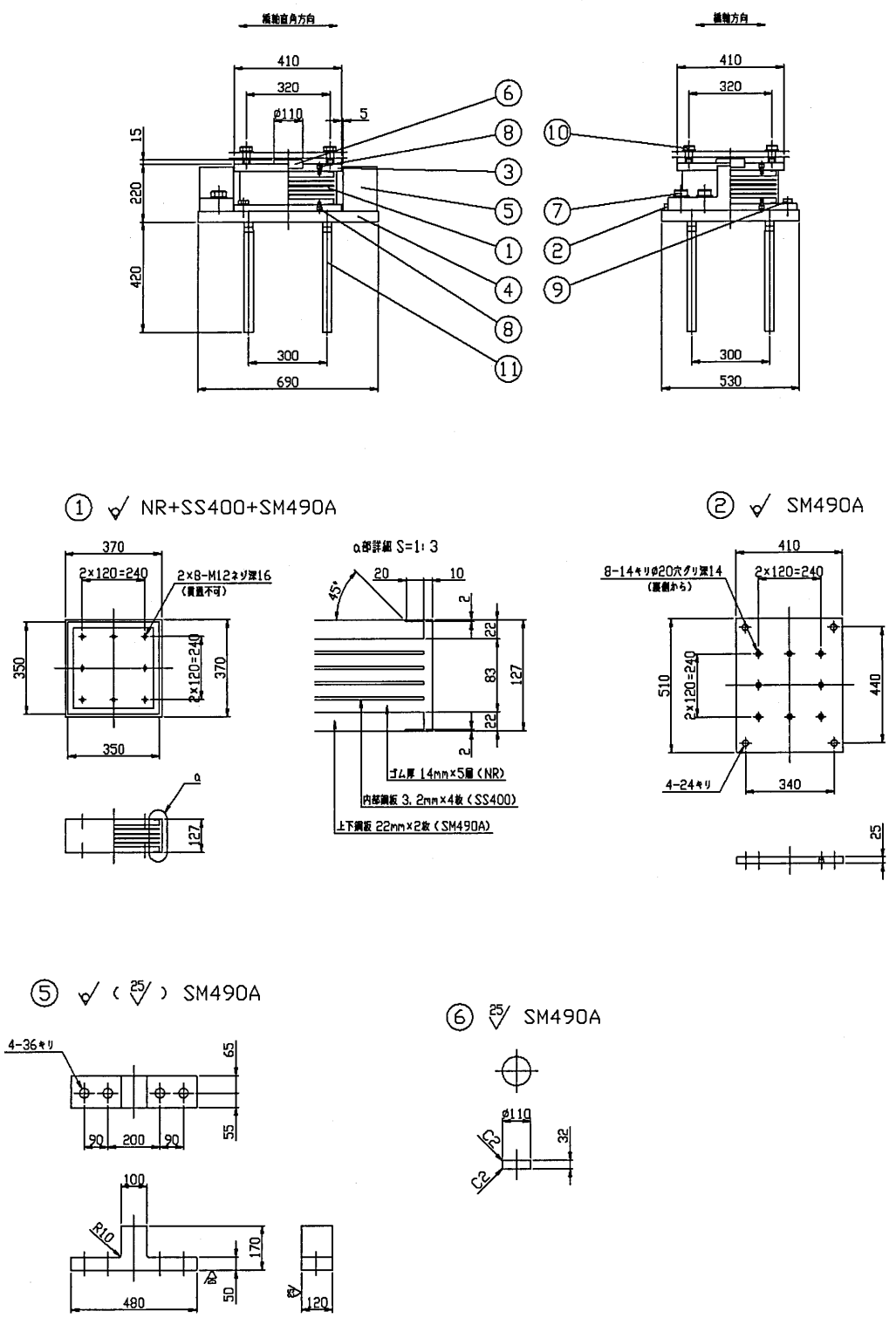
f_s ：安全率 1.5

γ_u ：破断伸び

種類	係数	破断伸び
NR	G6	600
	G8	550
	G10	550
	G12	500

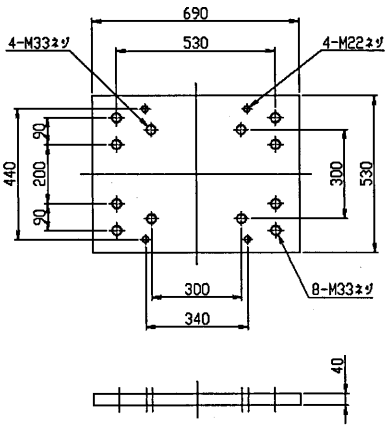
【計算結果】

支点番号			A1(可動)	A2(固定)
鉛直ひずみ量	δ_o	mm	2.667	2.644
圧縮ひずみ	γ_c	%	202.4	218.5
せん断ひずみ	γ_s	%	57.1	0.0
回転ひずみ	γ_r	%	41.7	45.4
総局部せん断ひずみ（許容値）	γ_t ($\leqq \gamma_{ta}$)	%	301.2 (≦366.7)	263.9 (≦366.7)

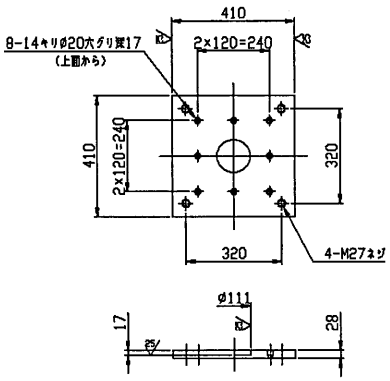

橋軸直角方向
橋軸方向
410
320
ø110
5
15
220
420
300
690
530
① NR+SS400+SM490A
② SM490A
⑤ SM490A
⑥ SM490A
2×8-M12ネジ深16
(貫通不可)
a部詳細 S=1:3
ゴム厚 14mm×5層(NR)
内部鋼板 3.2mm×4枚(SS400)
上下鋼板 22mm×2枚(SM490A)
8-14キリø20穴グリ深14
(裏側から)
4-24キリ
4-36キリ
R10

タイプBゴム支承
RB-860M-2005
R860-Mov-H498
(b b a)

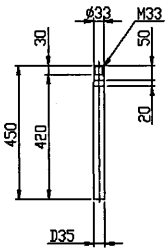
④ ▽ SM490A



③ ▽ (25▽) SM490A



⑪ ▽ SD345



設計条件

最大反力		860	kN
回転照査反力		620	kN
活荷重反力		301	kN
死荷重反力		559	kN
最小反力		447	kN
橋軸方向水平力	L1時	112	kN
	L2時	498	kN
橋軸直角方向水平力	L1時	112	kN
	L2時	498	kN
上揚力（地震時）		168	kN
下向きの力RL	橋軸	874	kN
	橋軸直角	1006	kN
上向きの力RU	橋軸	259	kN
	橋軸直角	112	kN
最大移動量（常時）		± 40	mm
回転角		1/150	rad
下部工との許容支圧応力度		10.5	N/mm²
上部工との許容支圧応力度		210	N/mm²
ゴム沓			
静的せん断弾性係数	Go	0.8	N/mm²
鉛直たわみ量（回転照査反力時）	δ	1.56	mm

材料表

部番	品名	材質	個数	重量(kg)	備考
1	ゴム沓	NR+SS400+SM490A	1	65.8	
2	下沓	SM490A	1	40.3	
3	上沓	SM490A	1	35.1	
4	ベースプレート	SM490A	1	110.7	
5	サイドブロック	SM490A	2	64.6	
6	せん断キー	SM490A	1	2.0	
7	六角ボルト・座金	——	8	3.8	JIS B 1180 JIS B 1256
8	六角穴付ボルト	——	16	0.3	JIS B 1176
9	六角ボルト・座金	——	4	1.0	JIS B 1180 JIS B 1256
10	六角ボルト・座金	——	4		JIS B 1180 JIS B 1256
11	アンカーボルト	S35CN	4	13.5	
全重量				337.1 (kg)	
一般外面の防食処理					
溶融亜鉛めっき	付着量550g/m²以上、350g/m²以上（ボルト類）				
塗装の場合	塗装面積			0.65 (m²)	

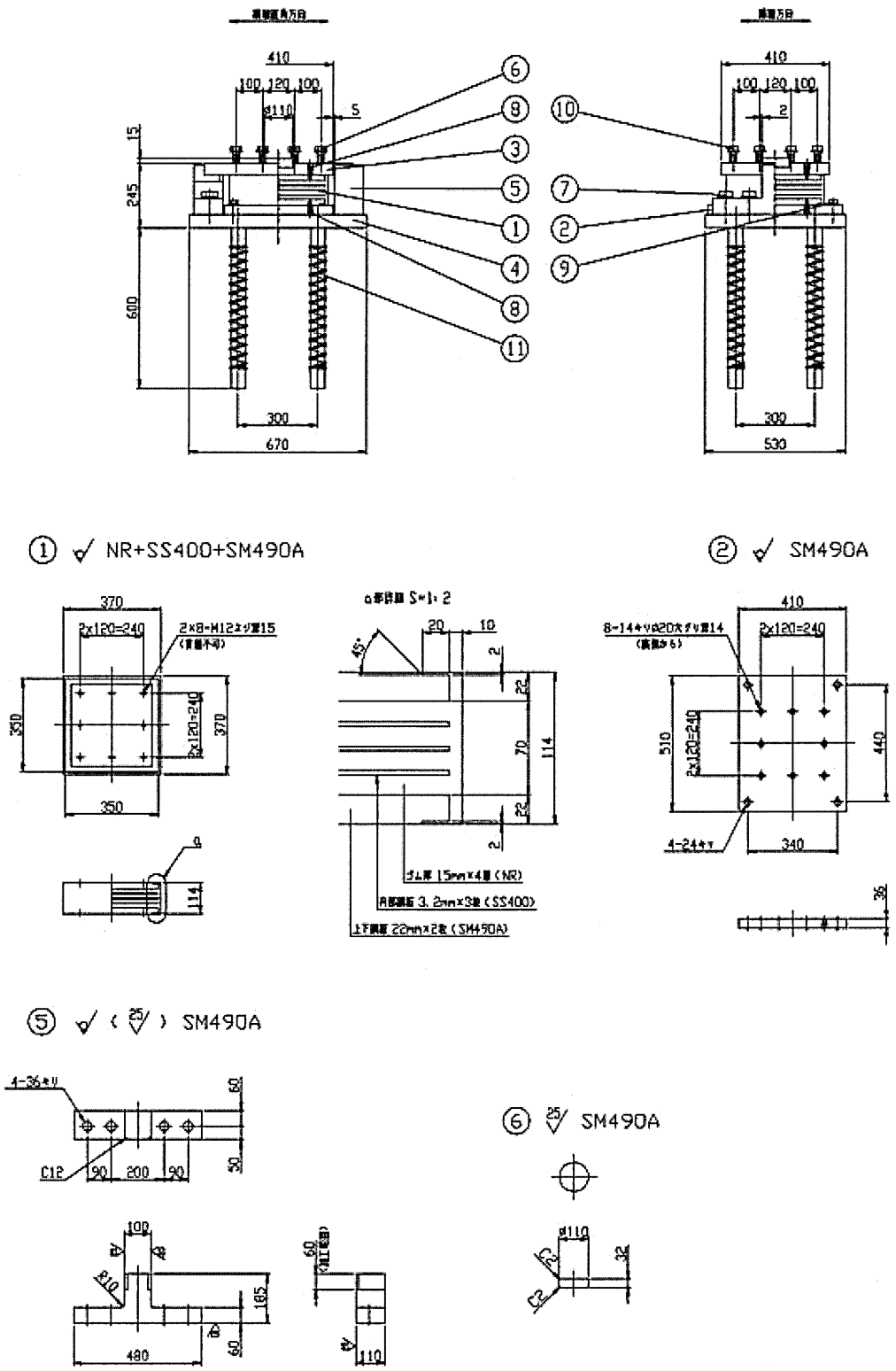
注記）1．ゴム沓上下面は、有機ジンクリッチプライマー塗装（膜厚30μm以上）とする。
2．鉛直たわみ量は、せん断ひずみ0%時の全反力載荷時の値を表わす。

⑦ 六角ボルト 中 M33×85 8.8
平座金 並丸 33×60×6.0-22H

⑧ 六角穴付ボルト M12×25 12.9

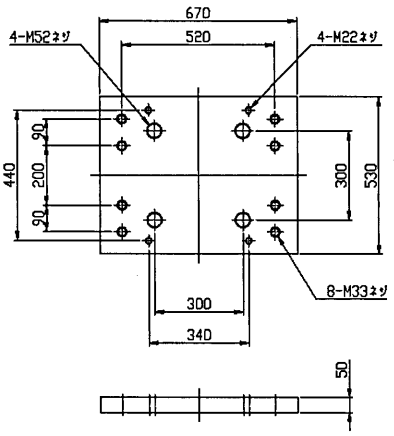
⑨ 六角ボルト 中 M22×50 8.8
平座金 並丸 22×39×3.2-22H

⑩ 六角ボルト 中 M27× 8.8
平座金 並丸 27×50×4.5-22H

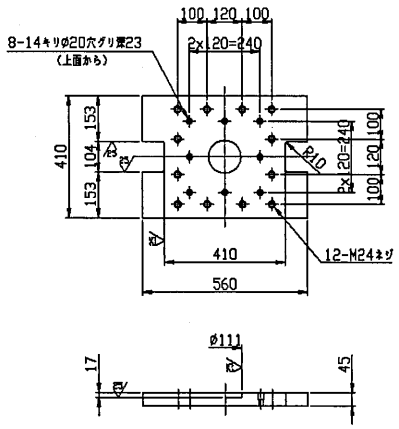

410
100 120 100
φ110
5
15
245
600
300
670
530
2
① NR+SS400+SM490A
② SM490A
370
2x120=240
350
a部詳細 S=1:2
20
10
45°
22
70
114
410
510
440
340
4-24ｷﾘ
36
⑤ (25) SM490A
4-36ｷﾘ
C12
90 200 90
50
100
R10
165
480
60
110
⑥ (25) SM490A
φ110
32
C2

タイプBゴム支承
RB-980F-2005
R980-Fix-H1134
(b b a)

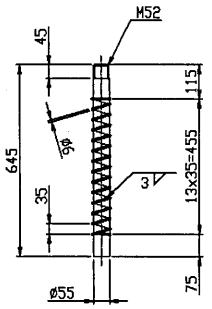
④ SM490A



③ SM490A



⑪ S35CN



設計条件

最大反力		980 kN
回転照査反力		720 kN
活荷重反力		343 kN
死荷重反力		637 kN
最小反力		510 kN
橋軸方向水平力	L1時	255 kN
	L2時	1134 kN
橋軸直角方向水平力	L1時	127 kN
	L2時	567 kN
上揚力（地震時）		191 kN
下向きの力RL	橋軸	978 kN
	橋軸直角	1147 kN
上向きの力RU	橋軸	296 kN
	橋軸直角	127 kN
回転角		1/150 rad
下部工との許容支圧応力度		10.5 N/mm²
上部工との許容支圧応力度		210 N/mm²
ゴム沓		
静的せん断弾性係数	Go	0.8 N/mm²
鉛直たわみ量（回転照査反力時）	δ	1.17 mm

材料表

部番	品名	材質	個数	重量(kg)	備考
1	ゴム沓	NR+SS400+SM490A	1	61.1	
2	下沓	SM490A	1	58.1	
3	上沓	SM490A	1	71.7	
4	ベースプレート	SM490A	1	133.3	
5	サイドブロック	SM490A	2	67.5	
6	せん断キー	SM490A	1	2.4	
7	六角ボルト・座金	——	8	4.2	JIS B 1180 JIS B 1256
8	六角穴付ボルト	——	16	0.6	JIS B 1176
9	六角ボルト・座金	——	4	1.2	JIS B 1180 JIS B 1256
10	六角ボルト・座金	——	12		JIS B 1180 JIS B 1256
11	アンカーボルト	S35CN	4	47.8	
全重量				447.9 (kg)	
一般外面の防食処理					
溶融亜鉛めっき	付着量550g/m²以上、350g/m²以上（ボルト類）				
塗装の場合	塗装面積			1.05 (m²)	

注記）1．ゴム沓上下面は、有機ジンクリッチプライマー塗装（膜厚30μm以上）とする。
2．鉛直たわみ量は、せん断ひずみ0%時の全反力載荷時の値を表わす。

⑦ 六角ボルト 中 M33×95 8.8
平座金 並丸 33×60×6.0-22H

⑧ 六角穴付ボルト M12×35 12.9

⑨ 六角ボルト 中 M22×60 8.8
平座金 並丸 22×39×3.2-22H

⑩ 六角ボルト 中 M24× 8.8
平座金 並丸 24×44×4.5-22H