



評 定 書 (工法等)

申込者 日鉄エンジニアリング株式会社 建築・鋼構造事業部長 村上 信行 様
扶桑機工株式会社 代表取締役社長 渡瀬 昌明 様

件 名 長周期地震動に対する免震材料の性能変化
(新日鉄住金エンジニアリング式球面すべり支承 (N, C, MNタイプ))

令和元年8月9日付けで評定の申し込みのあった本件については、下記のとおり評定申込事項に係る技術的基準に照らし妥当なものと評定します。

なお、本評定書の有効期間は、本評定日より令和6年9月26日までとします。

令和元年9月27日



記

1. 評定申込事項

本評定は、新日鉄住金エンジニアリング式球面すべり支承 (N, C, MNタイプ) の長周期地震動に対する性能変化について評定申込がなされたものである。

2. 評定の区分

変更

3. 評定をした工法等

別紙1のとおり

4. 評定の内容

(1) 方法

本評定は、免震材料評定委員会 (委員長: 北村春幸) において、申込者から提出された資料に基づき審査を行ったものである。

(2) 審査内容

別紙2のとおり

5. 備考

本評定は、設計・施工・品質管理等が適切に行われることを前提に、提出された資料に基づいて行ったものであり、個々の製品の適切性は評定の範囲に含まれていない。

1. 対象となる免震材料

1) 認定番号一覧

表 1 対象となる免震材料の一覧

認定番号	日付	件名
MVBR-0571	平成 28 年 3 月 28 日	新日鉄住金エンジニアリング式球面すべり支承(Cタイプ)
MVBR-0572	平成 28 年 3 月 28 日	新日鉄住金エンジニアリング式球面すべり支承(Nタイプ)
MVBR-0579	平成 29 年 9 月 14 日	新日鉄住金エンジニアリング式球面すべり支承(MNタイプ)
MVBR-0586	令和元年 5 月 10 日	新日鉄住金エンジニアリング式球面すべり支承(MNタイプ)

2) 製品概要

新日鉄住金エンジニアリング式球面すべり支承は、すべり板及びコンケイブプレートよりなる上下の摺動板部と、上下のすべり板間を摺動する支承材部により構成される。支承材部は、スライダとその上下面のすべり材によって構成されており、すべり材はスライダに接着にて固定されている。摺動板部の各部品はボルト接合によって組立てられる。支承材部の上下面とすべり板表面は曲率半径が同一の球面状となっている。図 1 に N タイプ (MVBR-0572) 及び MN タイプ (MVBR-0579) の概略図を、図 2 に C タイプ (MVBR-0571) の概略図を示す。N タイプは基本タイプであり、MN タイプは N タイプの限界変形を拡大 (最大 950mm) したものである。MN タイプについては、スライダ最小高さ変更、接着剤の物性管理値および硬化条件などを追加し新たな認定番号を取得している (MVBR-0586)。C タイプは、N タイプのストッパーリングを省略したタイプで、極稀地震時はスライダはすべり板内にあるものとし、限界変形時のスライダのはみ出しを許容したものである。いずれのタイプも、すべり材には PTFE 繊維を、すべり板にはステンレス鋼を使用しており、摩擦係数の基準値は 0.043 (中摩擦) で、摩擦特性は同一である。

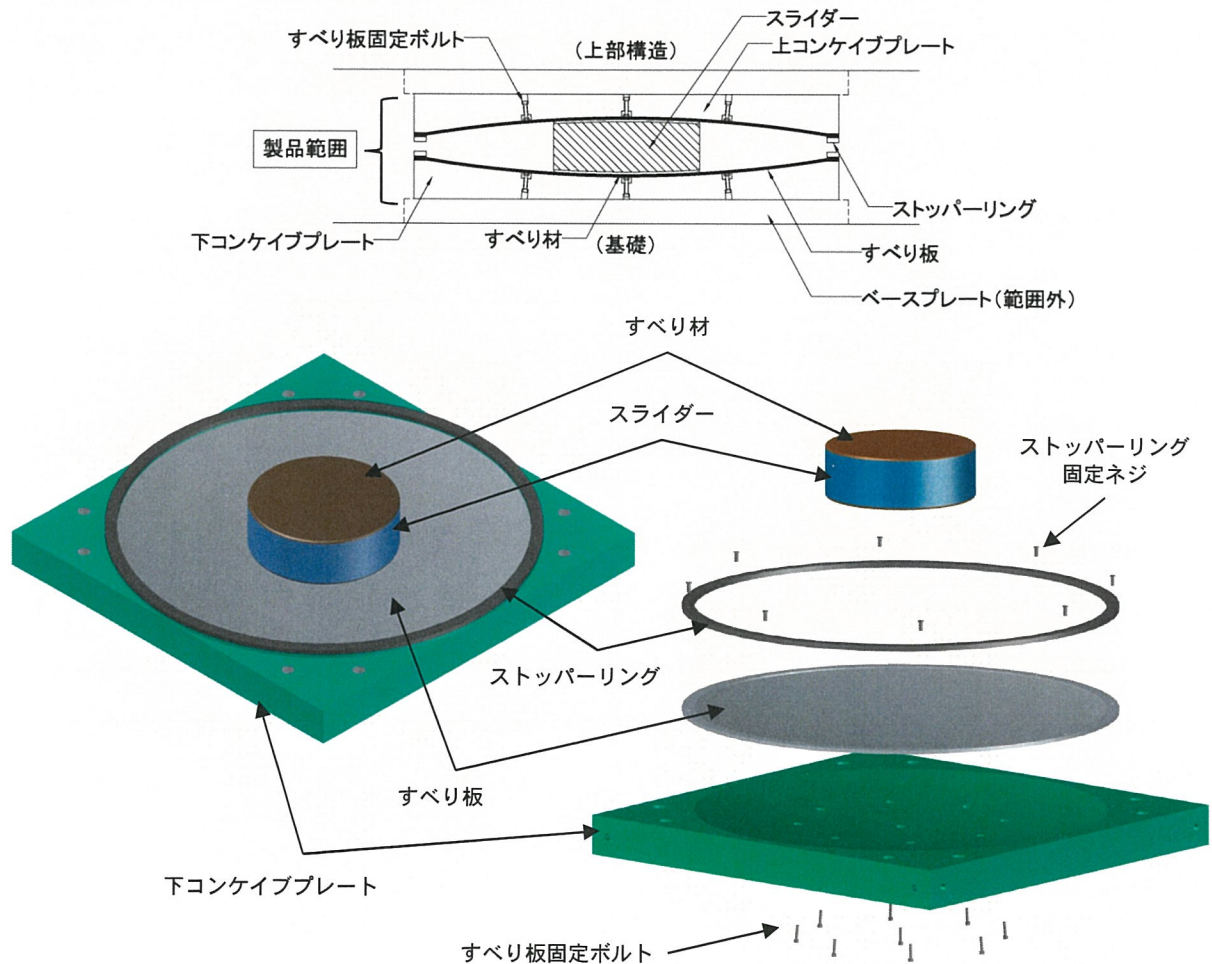


図 1 製品概略図 (Nタイプ、MNタイプ)

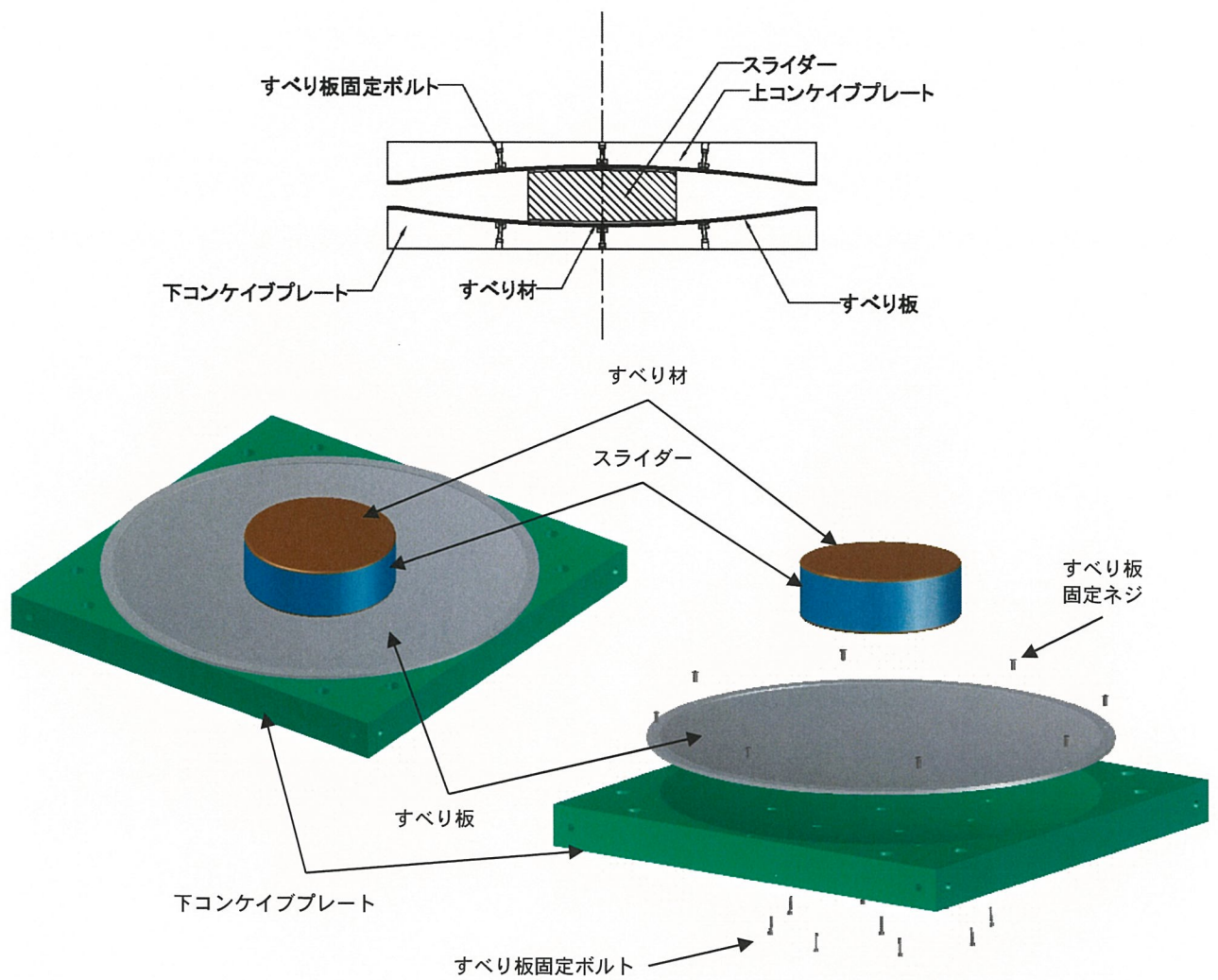


図2 製品概略図 (Cタイプ)

3) 品質基準一覧

各タイプの品質基準一覧を表2～表6に示す。

表 2 品質基準一覧 (N タイプ(MVBR-0572)、MN タイプ(MVBR-0579)) (限界変形 450mm~600mm)

項目	タイプ1 (2次剛性の固有周期4.5秒タイプ)		タイプ2 (2次剛性の固有周期6.0秒タイプ)		備考
	材料の構成	PTFE	PTFE	PTFE	
すべり材	SUS304またはSUS316	SUS304またはSUS316	SUS304またはSUS316	SUS304またはSUS316	
すべり版					
摩擦係数 μ	0.043	0.043	0.043	0.043	
基準速度 V0	400	400	400	400	
各部の形状、寸法	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600	
スライダー 高さ Hsl の最小値	98 104 114 122 132 142 152 164 174 186	98 104 114 122 132 142 152 164 174 186	98 104 114 122 132 142 152 164 174 186	98 104 114 122 132 142 152 164 174 186	
スライダー 球面径 Rsl	2,500	2,500	2,500	2,500	
コンケイププレート 外形 Dc	Dc = Ds + 50以上	Dc = Ds + 50以上	Dc = Ds + 50以上	Dc = Ds + 50以上	
コンケイププレート 厚さ tc0	25以上 (※)	25以上 (※)	25以上 (※)	25以上 (※)	
すべり版 厚さ Ts	5	5	5	5	
すべり版 球面径 Rs	2,500	2,500	2,500	2,500	
すべり版 外径 (ストッパーリング内径) Ds	Ds = Dsl + δc + 20	Ds = Dsl + δc + 20	Ds = Dsl + δc + 20	Ds = Dsl + δc + 20	
ストッパーリング 幅 Br	25	25	25	25	
ストッパーリング 厚さ tr	9~12	9~12	9~12	9~12	
支承材高さ(全体高さ) Ht	Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1	Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1	Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1	Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1	
限界変形 δc	450mm以上 600mmの範囲で50mm刻み	450mm以上 600mmの範囲で50mm刻み	450mm以上 600mmの範囲で50mm刻み	450mm以上 600mmの範囲で50mm刻み	図Q1に限界変形 δc に至るまでの荷重履歴を示す。
荷重履歴	すべり出し時荷重 Qd 50%限界変形時荷重 Q50 100%限界変形時荷重 Q100	すべり出し時荷重 Qd 50%限界変形時荷重 Q50 100%限界変形時荷重 Q100	すべり出し時荷重 Qd 50%限界変形時荷重 Q50 100%限界変形時荷重 Q100	すべり出し時荷重 Qd 50%限界変形時荷重 Q50 100%限界変形時荷重 Q100	
鉛直性能	圧縮限界強度 σcr 鉛直剛性 Kv 基準面圧 σo 引張限界強度 二次剛性 K2 切片荷重 Qd 等価剛性 Keq 等価粘性減衰定数 heq 規定変形 $\delta 1$	235 Kv = Ks * Kp / (Ks + Kp) 60 0 K2 = Pv / (2 * Rs) Qd = Pv * μ Keq = (Qdmax - Qdmin) / (2 * $\delta 1$) heq = 2Qd / (π * Keq * $\delta 1$) 200	235 Kv = Ks * Kp / (Ks + Kp) 60 0 K2 = Pv / (2 * Rs) Qd = Pv * μ Keq = (Qdmax - Qdmin) / (2 * $\delta 1$) heq = 2Qd / (π * Keq * $\delta 1$) 200	235 Kv = Ks * Kp / (Ks + Kp) 60 0 K2 = Pv / (2 * Rs) Qd = Pv * μ Keq = (Qdmax - Qdmin) / (2 * $\delta 1$) heq = 2Qd / (π * Keq * $\delta 1$) 200	$\sigma cr = Per / (\pi * Dsl^2 / 4)$, Per: 圧縮限界強度時の鉛直荷重 Ks: 鋼材部分の鉛直剛性, Kp: すべり材部分の鉛直剛性
水平性能	摩擦係数のばらつき 温度依存性 湿度依存性 面圧依存性 速度依存性 繰返し依存性	± 0.01 1.40 1.26 0.81 1.13 0.89 1.15 1.17 1.08 1.00 1.30 0.80 0.80	± 0.01 1.40 1.26 0.81 1.13 0.89 1.15 1.17 1.08 1.00 1.30 0.80 0.80	± 0.01 1.40 1.26 0.81 1.13 0.89 1.15 1.17 1.08 1.00 1.30 0.80 0.80	図Q1に水平性能の定義を示す。

※長期及び短期荷重時の鉛直力に対して、スライダーの接触面積からの応力伝達を適切に考慮して、上下躯体のコンクリートの応力がそれぞれ長期及び短期許容応力度以下となるように、コンクリートの強度、コンケイププレート及びベースプレートの厚さを定めることとする。

表 3 品質基準一覧 (MN タイプ(MVBR-0579)) (限界変形 650mm~950mm)

項目	タイプ1 (2次剛性の固有周期4.5秒タイプ)		タイプ2 (2次剛性の固有周期6.0秒タイプ)		備考					
	SUS304またはSUS316	PTFE	SUS304またはSUS316	PTFE						
材料の構成	SUS304またはSUS316		SUS304またはSUS316							
すべり摩擦係数	0.043		0.043							
すべり摩擦係数	400		400							
各部の形状、寸法	mm/s		mm/s							
スライダー 外径 Dsl	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
スライダー 高さ Hsl の最小値	105	113	122	132	142	152	163	171	187	199
スライダー 球面径 Rsl	2,500		2,500		4,500		4,500		4,500	
コンケイププレート外形 Dc	Dc = Ds + 50以上		Dc = Ds + 50以上		Dc = Ds + 50以上		Dc = Ds + 50以上		Dc = Ds + 50以上	
コンケイププレート厚さ tc0	25以上 (※)		25以上 (※)		25以上 (※)		25以上 (※)		25以上 (※)	
すべり板 厚さ Ts	5		5		5		5		5	
すべり板 球面径 Rs	2,500		2,500		4,500		4,500		4,500	
すべり板 外径 (ストッパリング内径) Ds	Ds = Dsl + δc + 20		Ds = Dsl + δc + 20		Ds = Dsl + δc + 20		Ds = Dsl + δc + 20		Ds = Dsl + δc + 20	
ストッパリング幅 Br	25		25		25		25		25	
ストッパリング厚さ tr	9~12		9~12		9~12		9~12		9~12	
支承材高さ(全体高さ) Ht	Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1		Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1		Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1		Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1		Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1	
限界性能	mm		mm		mm		mm		mm	
限界変形 δc	650mm以上 δc,max以下の範囲で50mm刻み		650mm以上 δc,max以下の範囲で50mm刻み		650mm以上 δc,max以下の範囲で50mm刻み		650mm以上 δc,max以下の範囲で50mm刻み		650mm以上 δc,max以下の範囲で50mm刻み	
最大限界変形 δc,max	700	800	950	950	950	950	950	950	950	950
すべり出し時荷重 Qd	kN		kN		kN		kN		kN	
50%限界変形時荷重 Q50	kN		kN		kN		kN		kN	
100%限界変形時荷重 Q100	kN		kN		kN		kN		kN	
鉛直性能	N/mm2		N/mm2		N/mm2		N/mm2		N/mm2	
圧縮限界強度 σcr	N/mm2		N/mm2		N/mm2		N/mm2		N/mm2	
鉛直剛性 Kv	x10 ⁶ kN/m		x10 ⁶ kN/m		x10 ⁶ kN/m		x10 ⁶ kN/m		x10 ⁶ kN/m	
基礎面圧 σo	N/mm2		N/mm2		N/mm2		N/mm2		N/mm2	
引張限界強度	N/mm2		N/mm2		N/mm2		N/mm2		N/mm2	
二次剛性 K2	kN/m		kN/m		kN/m		kN/m		kN/m	
切片荷重 Qd	kN		kN		kN		kN		kN	
等価剛性 Keq	x10 ³ kN/m		x10 ³ kN/m		x10 ³ kN/m		x10 ³ kN/m		x10 ³ kN/m	
等価粘性減衰定数 heq	mm		mm		mm		mm		mm	
規定変形 δ1	mm		mm		mm		mm		mm	
製造ばらつき	二次剛性のばらつき		二次剛性のばらつき		二次剛性のばらつき		二次剛性のばらつき		二次剛性のばらつき	
摩擦係数のばらつき	±0.01		±0.01		±0.01		±0.01		±0.01	
水平性能の	μ の変化率		μ の変化率		μ の変化率		μ の変化率		μ の変化率	
変化率	(-10°C)/(20°C)		(-10°C)/(20°C)		(-10°C)/(20°C)		(-10°C)/(20°C)		(-10°C)/(20°C)	
	(0°C)/(20°C)		(0°C)/(20°C)		(0°C)/(20°C)		(0°C)/(20°C)		(0°C)/(20°C)	
	(40°C)/(20°C)		(40°C)/(20°C)		(40°C)/(20°C)		(40°C)/(20°C)		(40°C)/(20°C)	
	(0.5σo)/(σo)		(0.5σo)/(σo)		(0.5σo)/(σo)		(0.5σo)/(σo)		(0.5σo)/(σo)	
	(2.0σo)/(σo)		(2.0σo)/(σo)		(2.0σo)/(σo)		(2.0σo)/(σo)		(2.0σo)/(σo)	
	(20mm/s)/(400mm/s)		(20mm/s)/(400mm/s)		(20mm/s)/(400mm/s)		(20mm/s)/(400mm/s)		(20mm/s)/(400mm/s)	
	(100mm/s)/(400mm/s)		(100mm/s)/(400mm/s)		(100mm/s)/(400mm/s)		(100mm/s)/(400mm/s)		(100mm/s)/(400mm/s)	
	(200mm/s)/(400mm/s)		(200mm/s)/(400mm/s)		(200mm/s)/(400mm/s)		(200mm/s)/(400mm/s)		(200mm/s)/(400mm/s)	
	(600mm/s)/(400mm/s)		(600mm/s)/(400mm/s)		(600mm/s)/(400mm/s)		(600mm/s)/(400mm/s)		(600mm/s)/(400mm/s)	
繰り返し依存性	μ の変化率		μ の変化率		μ の変化率		μ の変化率		μ の変化率	
	(1回)/(3回)		(1回)/(3回)		(1回)/(3回)		(1回)/(3回)		(1回)/(3回)	
	(10回)/(3回)		(10回)/(3回)		(10回)/(3回)		(10回)/(3回)		(10回)/(3回)	
	(40回)/(3回)		(40回)/(3回)		(40回)/(3回)		(40回)/(3回)		(40回)/(3回)	

※長期及び短期荷重時の鉛直力に対して、スライダーの接触面積からの応力伝達を適切に考慮して、上下躯体のコンクリートの応力がそれぞれ長期及び短期許容応力以下となるように、コンクリートの強度、コンケイププレート及びベースプレートの厚さを定めることとする。

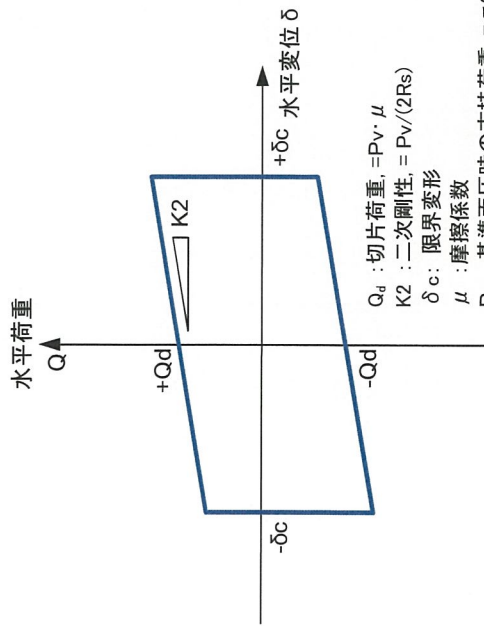


図3 限界変形に至るまでの荷重履歴 (Nタイプ、MNタイプ)

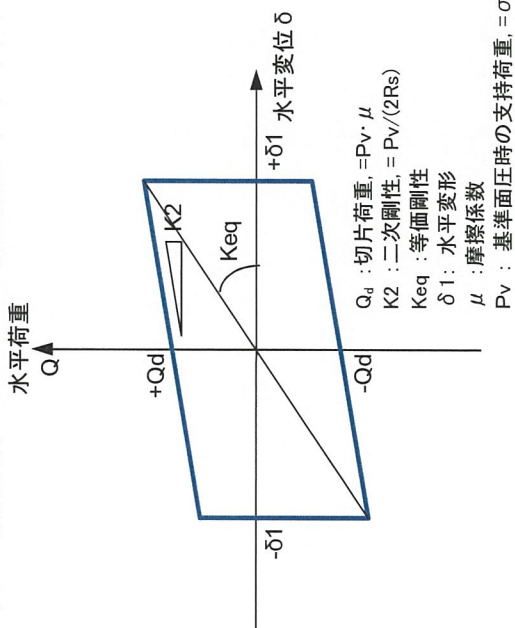
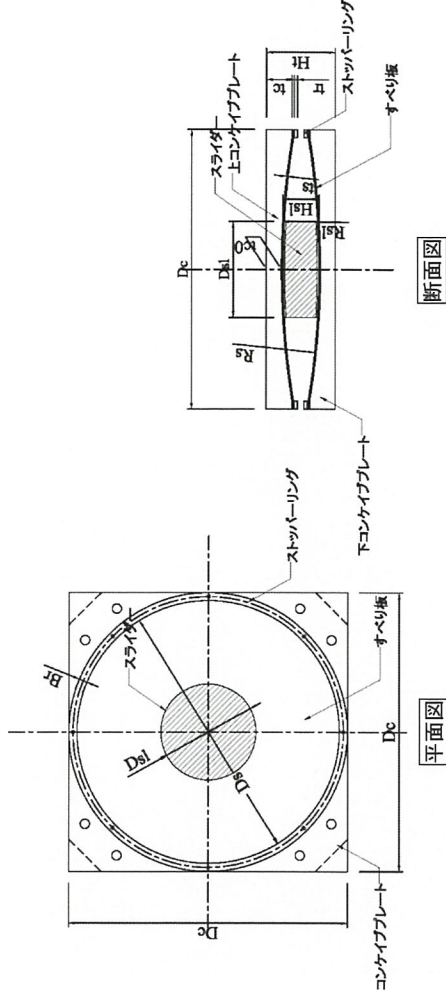
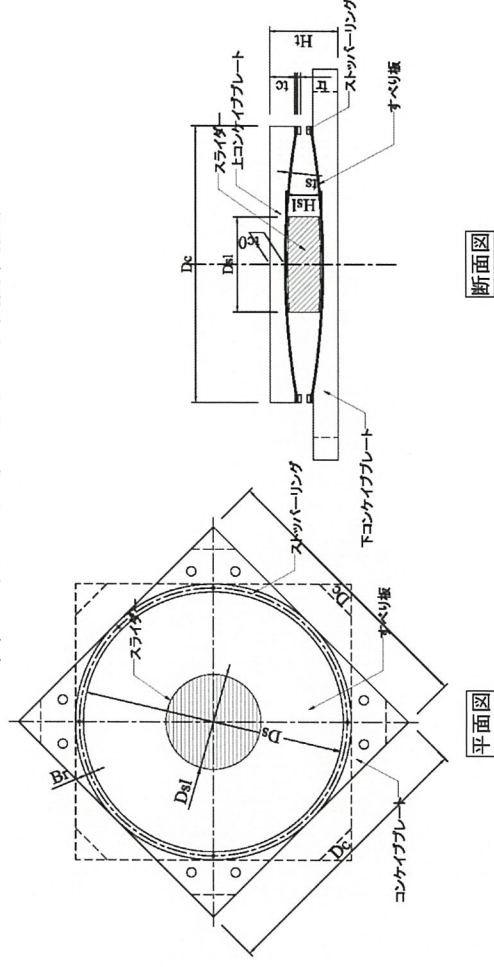


図4 水平性能の定義 (Nタイプ、MNタイプ)



(a) 上下コンケイブプレート同方向配置



(b) 上下コンケイブプレート45度回転配置
※コンケイブプレートの四隅の角を落とした形状も可とする。

図5 製品概略形状 (Nタイプ、MNタイプ)

表 4 品質基準一覧 (C タイプ (MVBR-0571))

項目	タイプ1 (2次剛性の固有周期4.5秒タイプ)	タイプ2 (2次剛性の固有周期6.0秒タイプ)	備考
材料の構成	すべり材 すべり板	PTFE SUS304またはSUS316	PTFE SUS304またはSUS316
すべり摩擦係数	摩擦係数 μ_0	0.043	0.043
各部の形状、寸法	基準速度 V0	400	400
	スライダー 外径 Dsl	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600
	スライダー 高さ Hsl	98 104 114 122 132 142 152 164 174 186	72 74 80 84 90 94 100 106 114 120
	スライダー 球面径 Rsl	2,500	4,500
コンケイププレート 外形 Dc	コンケイププレート 厚さ tc0	Dc = Ds + 70 25以上50以下	Dc = Ds + 70 25以上50以下
	すべり板 球面径 Rs	2,500	4,500
	すべり板 内径 (すべり板球面部) Ds	Ds = Dsl/2 + δc Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl	Ds = Dsl/2 + δc Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl
	支材材高さ Ht	450mm ~ δc , maxの範囲で50mm刻み	450mm ~ δc , maxの範囲で50mm刻み
限界性能	限界変形 δc	650 700 750 800 850 900 950 1000	650 700 750 800 850 900 950 1000
	限界変形最大値 δc , max	50%限界変形時荷重 Qd	50%限界変形時荷重 Qd
鉛直性能	荷重履歴	すべり出し時荷重 Qd	すべり出し時荷重 Qd
	50%限界変形時荷重 Q50	KN	KN
	100%限界変形時荷重 Q100	KN	KN
	圧縮限界強度 (δ_1, σ_1)	mm, N/mm ²	mm, N/mm ²
鉛直剛性 Kv	(δ_2, σ_2)	mm, N/mm ²	mm, N/mm ²
	規定変形 δ_1	mm	mm
	基準面圧 σ_0	N/mm ²	N/mm ²
	引張限界強度	N/mm ²	N/mm ²
水平性能	二次剛性 K2	K2=Pv/(2-Rs)	K2=Pv/(2-Rs)
	切片荷重 Qd	KN	KN
	等価剛性 Keq	KN/m	KN/m
	等価粘性減衰定数 heq	x10 ³ KN/m	x10 ³ KN/m
製造ばらつき	規定変形 δ_1	mm	mm
	二次剛性のばらつき	-	-
	摩擦係数のばらつき	±0.01	±0.01
	温度依存性	(-10°C)/(20°C)	(-10°C)/(20°C)
水平性能の 変化率	温度依存性	(0°C)/(20°C)	(0°C)/(20°C)
	面圧依存性	(40°C)/(20°C)	(40°C)/(20°C)
	速度依存性	(0.5 σ_0)/(σ_0)	(0.5 σ_0)/(σ_0)
	繰り返し依存性	(2.0 σ_0)/(σ_0)	(2.0 σ_0)/(σ_0)
繰り返し依存性	速度依存性	(10mm/s)/(400mm/s)	(10mm/s)/(400mm/s)
	繰り返し依存性	(100mm/s)/(400mm/s)	(100mm/s)/(400mm/s)
	繰り返し依存性	(200mm/s)/(400mm/s)	(200mm/s)/(400mm/s)
	繰り返し依存性	(800mm/s)/(400mm/s)	(800mm/s)/(400mm/s)
繰り返し依存性	繰り返し依存性	(1回)/(3回)	(1回)/(3回)
	繰り返し依存性	(10回)/(30回)	(10回)/(30回)
	繰り返し依存性	(40回)/(120回)	(40回)/(120回)
	繰り返し依存性	(80回)/(240回)	(80回)/(240回)

*長期及び短期荷重時の鉛直力はスライダーの接触面積からの応力伝達を適切に考慮して、上下駆体のコンクリートの応力がそれぞれ長期及び短期許容応力以下となるように、コンクリートの強度及びベースプレートの厚さを定めることとする。

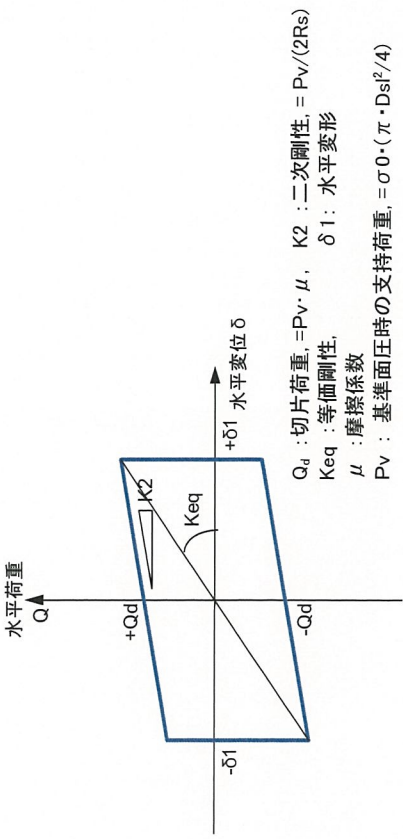


図8 水平性能の定義 (Cタイプ)

Q_d : 切片荷重, $= P_v \cdot \mu$, K_2 : 二次剛性, $= P_v / (2R_s)$
 K_{eq} : 等価剛性, δ_1 : 水平変形
 μ : 摩擦係数
 P_v : 基準面圧時の支持荷重, $= \sigma_0 \cdot (\pi \cdot D_{sl}^2 / 4)$

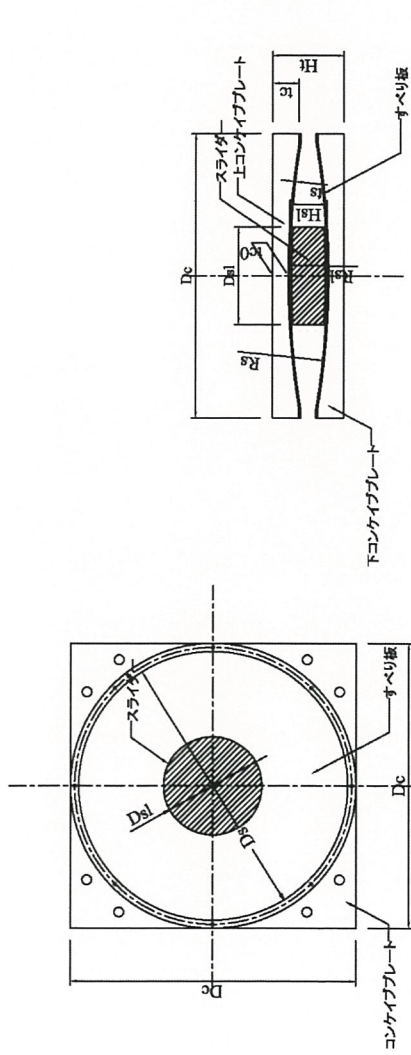


図6 製品概略形状 (Cタイプ)

平面図

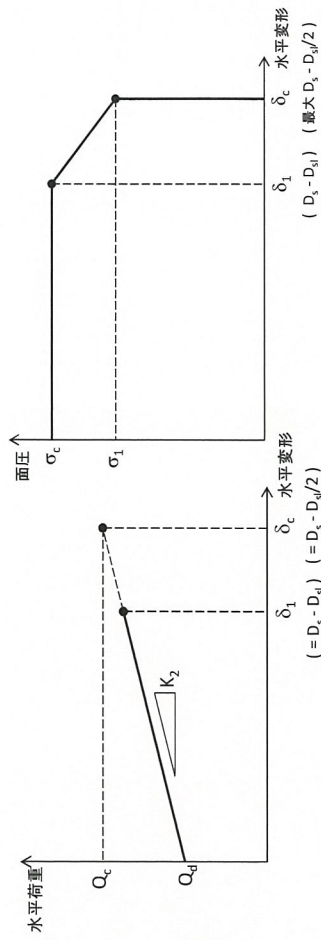


図9 限界性能の荷重履歴 (Cタイプ) 図10 圧縮限界強度 (Cタイプ)

δ_1 : スライダ上下面が全面が全面すべり板上にあるときの最大変形量
 δ_c : 限界変形量 (スライダ一径の1/4はみ出した時の変形量)
 σ_c : 圧縮限界強度, 235MPa
 σ_1 : 限界変形時の面圧, $= \sigma_c \cdot A_0 / A_c$
 Q_d : 切片荷重
 Q_c : 限界変形時の水平荷重

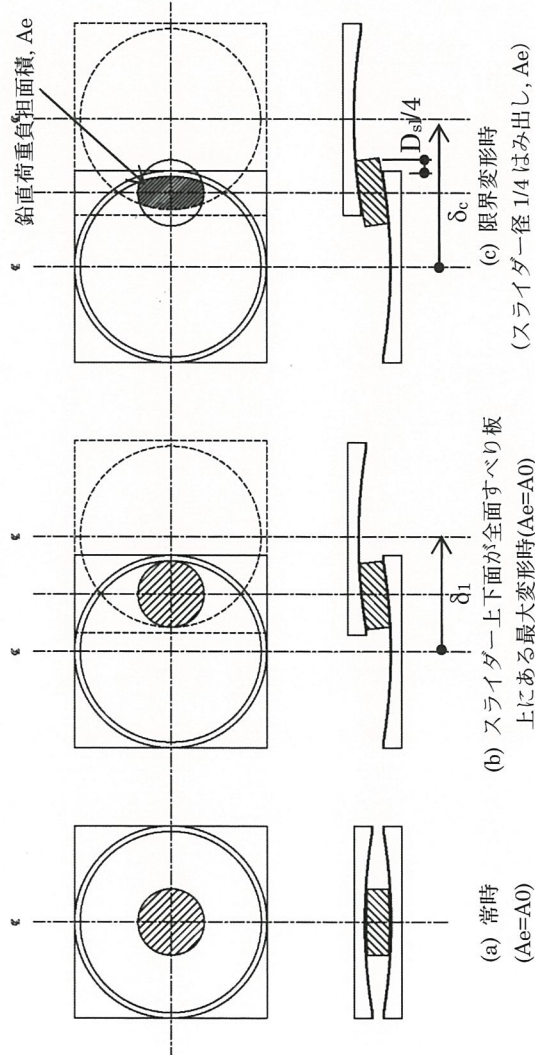


図7 水平変形の状態 (Cタイプ)

表 5 品質基準一覧 (MN タイプ(MVBR-0586)) (限界変形 450mm~600mm)

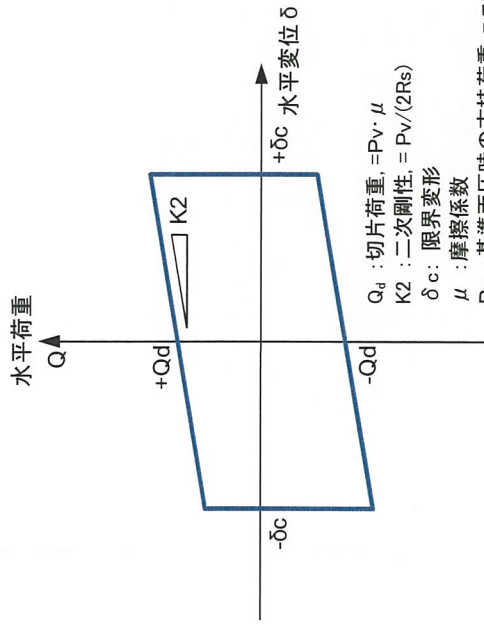
項目	タイプ1 (2次剛性の固有周期4.5秒タイプ)	タイプ2 (2次剛性の固有周期6.0秒タイプ)	備考
材料の構成	PTFE	PTFE	
すべり材	SUS304またはSUS316	SUS304またはSUS316	
すべり板	0.043	0.043	
摩擦係数 μ	400	400	
基礎速度 V0	mm/s	mm/s	
各部の形状、寸法	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 94 104 109 114 124 134 144 154 164 174	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 72 74 80 84 90 94 100 106 114 120	
スライダー外径 Dsl			
スライダー高さ Hsl の最小値			
スライダー球面径 Rsl	2,500	4,500	
コンケイブプレート外形 Dc	De = Ds + 50以上	De = Ds + 50以上	
コンケイブプレート厚さ tc0	25以上 (※)	25以上 (※)	
すべり板厚さ Ts	5	5	
すべり板球面径 Rs	2,500	4,500	
すべり板外径 (ストッパリング内径) Ds	Ds = Dsl + δc + 20	Ds = Dsl + δc + 20	
ストッパリング幅 Br	25	25	
ストッパリング厚さ tr	9~12	9~12	
支承材高さ (全体高さ) Ht	Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1	Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1	
限界変形 δc	450mm以上800mmの範囲で50mm刻み	450mm以上800mmの範囲で50mm刻み	図11に限界変形 δc に至るまでの荷重履歴を示す。
荷重履歴	すべり出し時荷重 Qd 50%限界変形時荷重 Q50 100%限界変形時荷重 Q100	すべり出し時荷重 Qd 50%限界変形時荷重 Q50 100%限界変形時荷重 Q100	
圧縮限界強度 σcr	N/mm2	N/mm2	$\sigma cr = Pcr / (\pi \cdot Dsl^2 / 4)$, Pcr: 圧縮限界強度時の鉛直荷重
鉛直剛性 Kv	$\times 10^6$ N/m	$\times 10^6$ N/m	Ks: 鋼材部分の鉛直剛性, Kp: すべり材部分の鉛直剛性
基礎面圧 σo	N/mm2	N/mm2	
引張限界強度	N/mm2	N/mm2	
二次剛性 K2	kN/m	kN/m	図12に水平性能の定義を示す。
切片荷重 Qd	kN	kN	
等面剛性 Keq	$\times 10^3$ N/m	$\times 10^3$ N/m	
等価粘性減衰定数 heq	mm	mm	
規定変形 $\delta 1$	mm	mm	
製造ばらつき	±0.01	±0.01	
水平性能の 変化率	μ の変化率 (-10°C)/(20°C) (0°C)/(20°C) (40°C)/(20°C) μ の変化率 (0.5 σo)/(σo) (2.0 σo)/(σo) μ の変化率 (20mm/s)/(400mm/s) (100mm/s)/(400mm/s) (200mm/s)/(400mm/s) (600mm/s)/(400mm/s) 繰り返し依存性 μ の変化率 (10回)/(3回) (40回)/(3回)	μ の変化率 (-10°C)/(20°C) (0°C)/(20°C) (40°C)/(20°C) μ の変化率 (0.5 σo)/(σo) (2.0 σo)/(σo) μ の変化率 (20mm/s)/(400mm/s) (100mm/s)/(400mm/s) (200mm/s)/(400mm/s) (600mm/s)/(400mm/s) 繰り返し依存性 μ の変化率 (10回)/(3回) (40回)/(3回)	

※長期及び短期荷重時の鉛直力に対して、スライダーの接触面積からの応力伝達を適切に考慮して、上下躯体のコンクリートの応力がそれぞれ長期及び短期許容応力以下となるように、コンクリートの強度、コンケイブプレート及びびべースプレートの厚さを定めることとする。

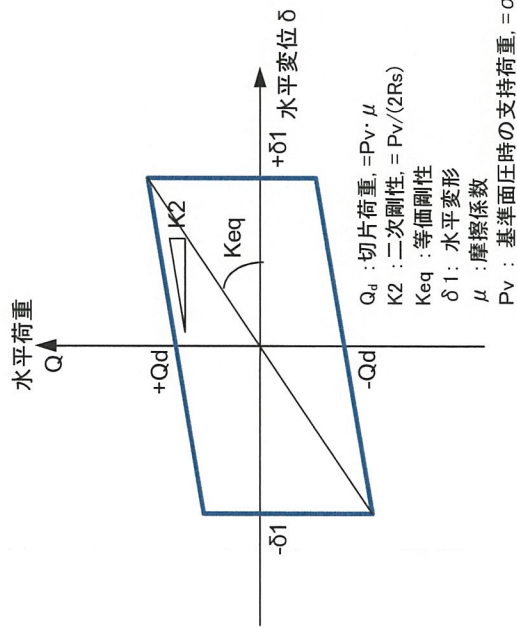
表 6 品質基準一覧 (MIN タイプ(MVBR-0586)) (限界変形 650mm~950mm)

項目	タイプ1 (2次剛性の固有周期4.5秒タイプ)		タイプ2 (2次剛性の固有周期6.0秒タイプ)		備考
	PTFE		PTFE		
材料の構成	SUS304またはSUS316		SUS304またはSUS316		
すべり摩擦係数 μ	0.043		0.043		
基礎速度 V0	400		400		
各部の形状、寸法	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600	150 200 250 300 350 400 450 500 550 600	
スライダー 外径 Dsl	mm	mm	mm	mm	
スライダー 高さ Hsl の最小値	105 113 122 132 142 152 163 171 187 199	105 113 122 132 142 152 163 171 187 199	76 81 86 91 96 102 108 114 121 128	76 81 86 91 96 102 108 114 121 128	
スライダー 球面径 Rsl	mm	mm	mm	mm	
コンクエイプレート 外形 Dc	mm	mm	mm	mm	
コンクエイプレート 厚さ tc0	mm	25以上 (※)	mm	25以上 (※)	
すべり板 厚さ Ts	mm	5	mm	5	
すべり板 球面径 Rs	mm	2,500	mm	4,500	
すべり板 外径 (ストッパバーリング内径) Ds	mm	Ds = Dsl + δ e + 20	mm	Ds = Dsl + δ e + 20	
ストッパバーリング 幅 Br	mm	25	mm	25	
ストッパバーリング 厚さ tr	mm	9~12	mm	9~12	
支承材高さ (全体高さ) Ht	mm	Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1	mm	Ht = 2*(tc0 + Ts) + Hsl + 1	
限界変形 δ c	mm	650mm以上 δ c, max以下の範囲で500mm刻み	mm	650mm以上 δ c, max以下の範囲で500mm刻み	図11に限界変形 δ cに至るまでの荷重履歴を示す。
最大限界変形 δ c, max	700 800 950 950 950 950 950 950 950 950	700 800 950 950 950 950 950 950 950 950	950 950 950 950 950 950 950 950 950 950	950 950 950 950 950 950 950 950 950 950	
荷重履歴	すべり出し時荷重 Qd	kN	Qd=Pv * μ	Qd=Pv * μ	
	50%限界変形時荷重 Q50	kN	Q50=Pv * μ + K2 * (0.5 δ c)	Q50=Pv * μ + K2 * (0.5 δ c)	
	100%限界変形時荷重 Q100	kN	Q100=Pv * μ + K2 * δ c	Q100=Pv * μ + K2 * δ c	
鉛直性能	圧縮限界強度 σ cr	N/mm ²	235	235	
	鉛直剛性 Kv	x10 ⁶ kN/m	Kv = Ks * Kp / (Ks + Kp)	Kv = Ks * Kp / (Ks + Kp)	σ cr = Per / (π * Dsl ² / 4), Per: 圧縮限界強度時の鉛直荷重 Ks: 鋼材部分の鉛直剛性, Kp: すべり材部分の鉛直剛性
	基礎面圧 σ o	N/mm ²	60	60	
	引張限界強度	N/mm ²	0	0	
水平性能	二次剛性 K2	kN/m	K2 = Pv / (2 * Rs)	K2 = Pv / (2 * Rs)	図12に水平性能の定義を示す。
	切片荷重 Qd	kN	Qd=Pv * μ	Qd=Pv * μ	
	等価剛性 Keq	x10 ⁴ kN/m	Keq=(Qdmax-Qdmin)/(2 δ 1)	Keq=(Qdmax-Qdmin)/(2 δ 1)	
	等価粘性減衰定数 heq		heq=2Qd/(π * Keq * δ 1)	heq=2Qd/(π * Keq * δ 1)	
	規定変形 δ 1	mm	200	200	
製造ばらつき	二次剛性のばらつき		-	-	
	摩擦係数のばらつき		\pm 0.01	\pm 0.01	
水平性能の 変化率	温度依存性 μ の変化率	(-10°C)/(20°C)	1.40	1.40	
		(0°C)/(20°C)	1.26	1.26	
		(40°C)/(20°C)	0.81	0.81	
	面圧依存性 μ の変化率	(0.5 σ o)/(σ o)	1.13	1.13	
		(2.0 σ o)/(σ o)	0.89	0.89	
	速度依存性 μ の変化率	(20mm/s)/(400mm/s)	1.15	1.15	
		(100mm/s)/(400mm/s)	1.17	1.17	
		(200mm/s)/(400mm/s)	1.08	1.08	
		(600mm/s)/(400mm/s)	1.00	1.00	
	繰り返し依存性 μ の変化率	(1回)/(3回)	1.30	1.30	
		(10回)/(3回)	0.80	0.80	
		(40回)/(3回)	0.80	0.80	

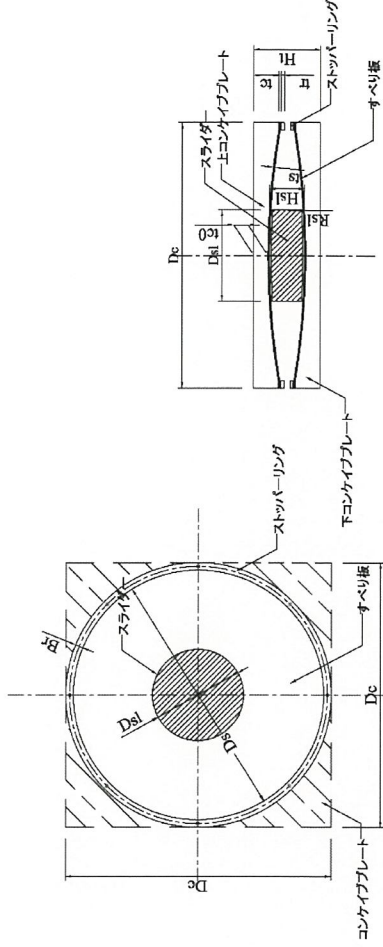
※長期及び短期荷重時の鉛直力に対し、スライダーの接触面積からの応力伝達を適切に考慮して、上下駆体のコンクリートの応力がそれぞれ長期許容応力度以下となるように、コンクリートの強度、コンクエイプレート及びスライダーの厚さを定めることとする。



【図 11 限界変形に至るまでの荷重履歴】



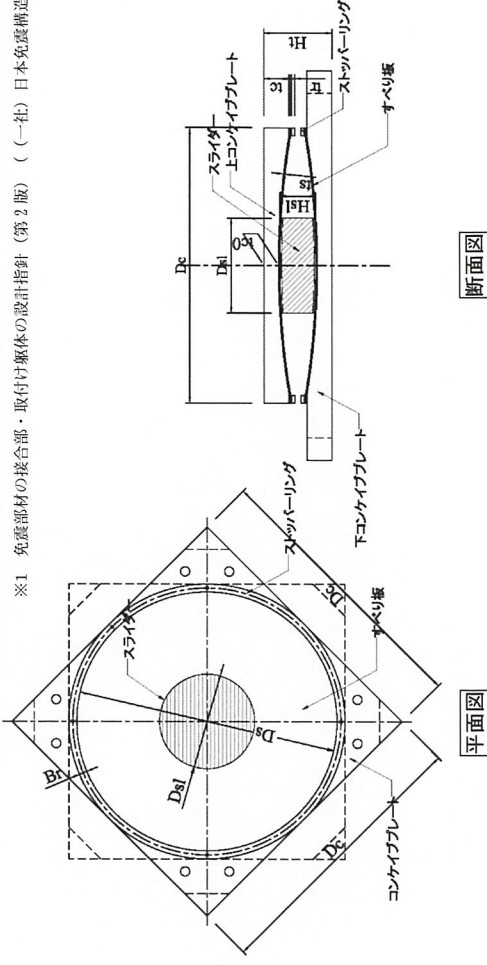
【図 12 水平性能の定義】



【断面図】

(a) 上下コンケイブプレート同方向配置

※ ストッパーリング外側の斜線部分については接合部設計※1により形状、ボルト穴配置等を決定する
 ※1 免震部材の接合部・取付け部材の設計指針 (第2版) (一社) 日本免震構造協会



【断面図】

(b) 上下コンケイブプレート 45 度回転配置

※ コンケイブプレートの四隅の角を落とす形状も可とする。

【図 13 製品概略形状】

2. 長周期地震動に対する摩擦特性の変化率

1) 適用範囲

- ・ 1 回の長周期地震動に対する球面すべり支承の累積変形量の上限值は 50m、摺動による温度限界はスライダ側面で 120(°C)とする。
- ・ 長周期地震動に対する免震層の最大応答変位は、球面すべり支承の限界変形 δ_c 以下とする。

2) 長周期地震動に対する球面すべり支承の応答評価方法

長周期地震動に対する球面すべり支承の応答評価方法のフローチャートを図 11 に示す。

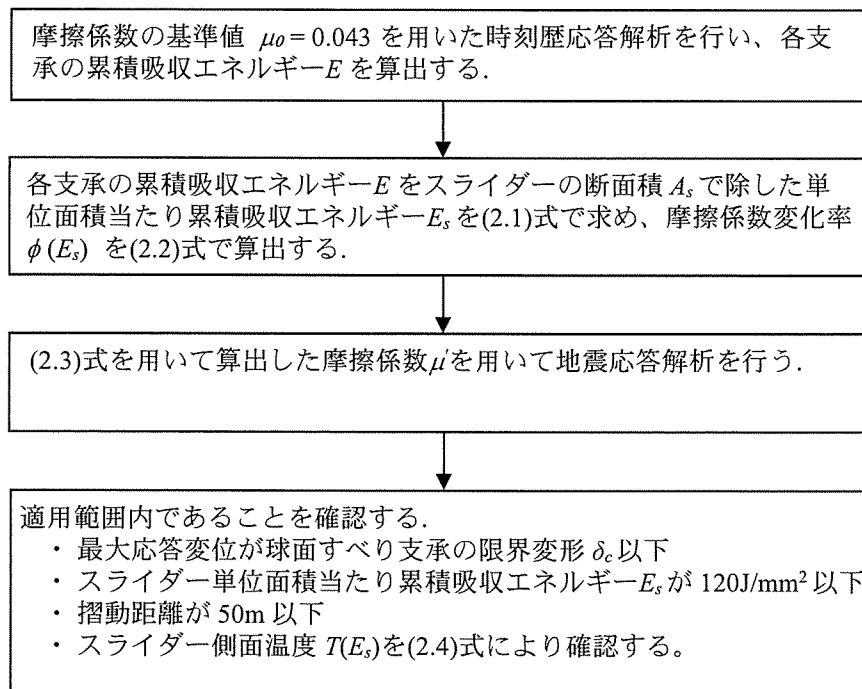


図 11 長周期地震動に対する球面すべり支承の応答評価フローチャート

E_s : スライダ単位面積当たり累積吸収エネルギー (J/mm²) ($E_s \leq 120 \text{ J/mm}^2$)

(時刻歴応答解析の結果から、最終的な各支承の累積吸収エネルギー E を算出し、スライダの断面積 A_s にて割った値である。)

$$E_s = E / A_s \quad (2.1)$$

E : 各支承の累積吸収エネルギー (J)

A_s : スライダの断面積(mm²) = $\pi \cdot D_{sl}^2 / 4$

D_{sl} : スライダ外径(mm)

摩擦係数変化率 $\phi(E_s)$ の算出式

$$\phi(E_s) = -0.159 \ln(E_s) + 1.3154 \quad (2.2)$$

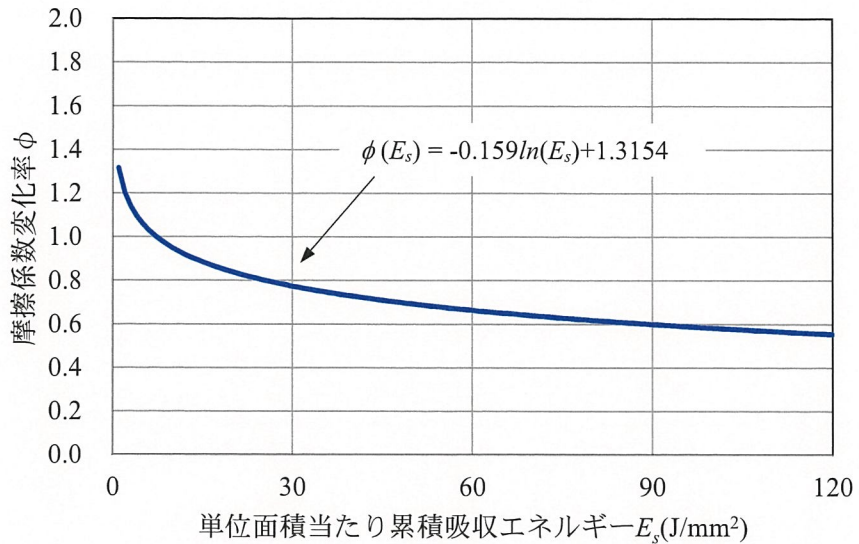


図 12 摩擦係数変化率と単位面積当たり累積吸収エネルギーの関係

低減した摩擦係数

$$\mu' = \phi(E_s) \cdot \mu_0 \quad (2.3)$$

ただし, $\mu_0 = 0.043$

スライダ側面温度算出式

$$T(E_s) = -0.0059E_s^2 + 1.4922E_s + 23.553 \quad E_s \leq 120 \quad (2.4)$$

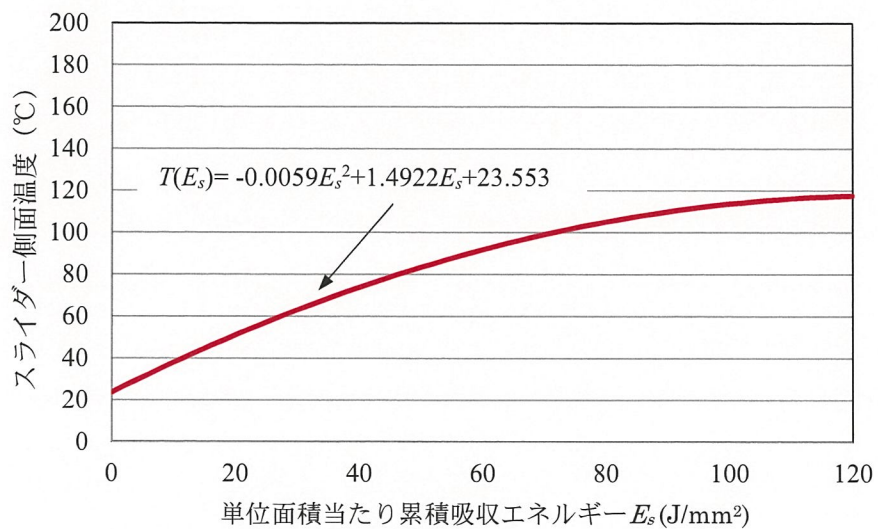


図 13 スライダ側面温度と単位面積当たり累積吸収エネルギーの関係

評定内容

本評定は、長周期地震動に対する新日鉄住金エンジニアリング式球面すべり支承（N，C，MNタイプ）の性能変化の評価法について申込みがなされたものである。対象とする製品は、2016年から2019年に大臣認定を取得した4件である。

本評定は、BCJ評定-IB0025-01において既に評定済みであるが、対象製品の一部（MNタイプ）について、大臣認定の追加取得が行われ、これに関連する内容を本評定に反映するために変更申請された。

主な変更点は以下のとおりである。

1) 大臣認定番号の追加 (MVBR-0586 の追加)

本評定は、下記解析及び試験結果に基づいている。

- ・実大試験体を用いた動的試験：試験体はスライダ径 200～600mm の 5 体で、加振条件は加振波形を正弦波とし、振幅 $\pm 50\sim\pm 200\text{mm}$ 、加振速度 20～200mm/s で、累積摺動距離 50～120m まで載荷している。
- ・熱伝導解析：スライダ径 200～600mm の製品について、加振速度、振幅をパラメータとした 16 ケースの熱伝導解析を行っている。解析では、スライダとコンケイブ間に発生する単位面積当たりの発熱量をスライダ上下面に与え、すべり面の温度、上下コンケイブプレート間の速度、繰り返しによる劣化の影響を考慮し、摩擦係数を変化させる。解析は累積摺動距離が 60～120m になるまで行っている。
- ・大臣認定の追加取得に伴い、スライダ最小高さの変更及びコンケイブ形状の変更が、熱伝導解析の解析モデルおよび解析結果に及ぼす影響がほとんどないこと、すべり材の接着剤物性管理値および硬化条件の変更がスライダ側面温度の上限値に影響を及ぼさないことを、試験及び解析により検討している。

主な評定内容は下記（1）～（4）のとおりである。

（1）長周期地震動による性能変化の算出方法の考え方

長周期地震動の作用により球面すべり支承の摩擦係数が変化するとし、その変化率 $\phi(E_s)$ はスライダ単位面積当たりの累積吸収エネルギー E_s に応じて変化するとともに、エネルギー吸収に伴う発熱による温度の制限を受ける。

（2）エネルギー吸収に伴う摩擦係数の変化率の算出方法の考え方

摩擦係数の変化率 $\phi(E_s)$ とスライダ単位面積当たりの累積吸収エネルギー E_s との関係は、動的試験及び熱伝導解析結果より、摩擦係数の低下が最も大きいスライダ径 600mm（周期 3.1 秒）の結果を基に設定している。

（3）エネルギー吸収に伴うスライダ側面温度の算出方法の考え方

本免震材料の大臣認定条件として、スライダ側面の温度は 120℃以下とすることが定められているため、スライダ側面温度 $T(E_s)$ と E_s との関係を、熱伝導解析結果より規定し、確認している。

（4）適用範囲

適用範囲は、大臣認定及び本評定のために実施された実験・解析より、累積摺動距離は 50m 以下、スライダ単位面積当たりの累積吸収エネルギー E_s は 120J/mm²以下、

スライダー側面温度は 120℃以下としている。

今回の変更申請に伴う主な検討事項は以下の通りである。

- 1) スライダー最小高さ及びコンケイブ形状の変更が熱伝導解析の解析モデル及び解析結果に及ぼす影響
- 2) すべり材の接着剤物性管理値および硬化条件の変更がスライダー側面温度の上限値に及ぼす影響

以上により本件は、申し込みの範囲内において、妥当なものであると判断する。