TN式防振まくらぎ直結軌道

鉄道軌材工業株式会社株式会社券部員鋼工業

目 次

TN式防振まくらぎ	1~2
写真集〔製作•施工•交換〕	2~9
TN式防振まくらぎ設計諸元	10
測定結果	11~13
防振ゴムの交換について	13
ウレタンゴム経年変化調査結果	14
静荷重試験結果	15 ~ 25
各種ウレタン樹脂の物性	26 ~ 28
参考図	

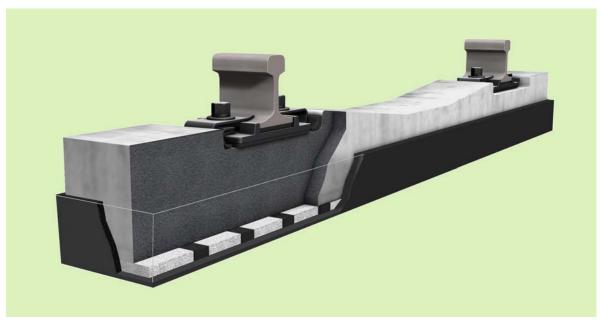
TN式防振まくらぎ

近年は鉄道沿線の環境を良好に保つために振動騒音対策が必要とされ、その対策も多種多様な方法が必要になっております。スラブ軌道やコンクリート道 床直結軌道が経済的に有利なため広く使用されておりますが、これらは振動騒 音の防止対策が困難なので、優良環境の維持に問題があるといわれております。

ここにご案内する防振まくらぎはPCまくらぎとウレタン防振材を一体化したもので、レール上吊り後コンクリートを打設して直結構造とする簡単な従来 工法と組み合わせた防振軌道です。

この工法と防振まくらぎは隧道内と同様に明り区間においても敷設可能ですから、貴軌道の省力化・良好な環境の維持・快適な乗り心地・安全運行等にも 非常に有効かと思われます。

また、営業線におきましても防振直結軌道化のご要望にお応えするため、プレパクト工法直結軌道化用にウレタン防振材の内部に鋼板を設置し、暫定的に砕石軌道にて使用可能な鋼板入りTN式防振まくらぎ(TN-10型)をご用意しております。

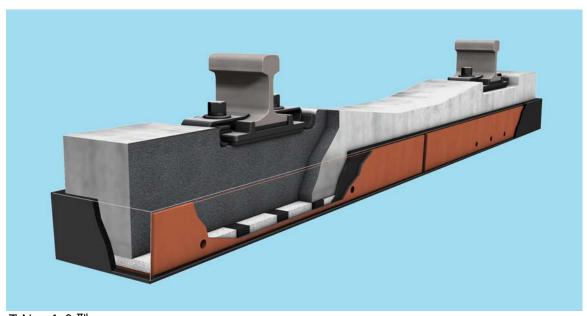


TN-01型(センタードレンタイプTN-02型もあります。)

プレパクト工法直結軌道化用鋼板入りTN式防振まくらぎ[TN‐10型]

営業線直結軌道化(活線直結軌道化)用に、防振ゴム部の側面及び底面の内側に3.2~4.5mmの「コ」の字状の鋼板を配置し、暫定的に砕石道床にて敷設可能とした防振まくらぎです。同防振まくらぎを砕石道床に敷設後、軌道整備を行い、短期間の内にプレパクト工法にてコンクリートを打設し、直結軌道化します。

底面に配置するウレタン樹脂と発泡ポリウレタンフォームの比率を変えることにより、従来型のTN式防振まくらぎ(TN-01型・TN-02型)と同様にばね定数を変えることが可能です。



TN-10型

)上記イラストにおいてまくらぎ底部に被覆された防振部のうち、黒色部はウレタン樹脂を示します (実際の色も黒色です。)。白色部は発泡ポリウレタンフォームを示します(実際の色も白色で す。)。オレンジ色部は、鋼板を示します(鋼板は、表示を見やすくするためにオレンジ色とした もので、実際の色とは異なります。)。

防振まくらぎ製作



[軟質ポリエチレンフォームとウレタンゴム用型枠]



[ウレタンゴム成型]

防振まくらぎ 軌道 施工



[防振まくらぎ取付け]



[コンクリート打設前]



[コンクリート打設前]



[コンクリート打設]



[コンクリート打設]



[完成]

防 振 ま く ら ぎ 軌 道 [試験施工区間]



[扛上作業](1)



[扛上作業](2)

ウレタンゴム交換作業 (1) [工場内交換作業試験]

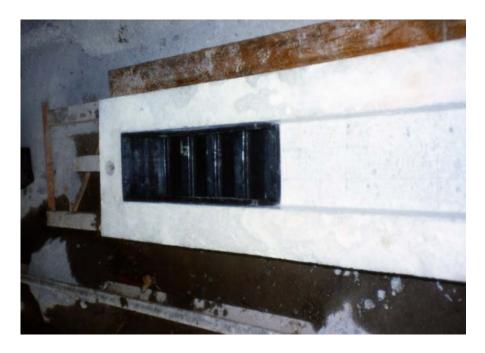


[防振まくらぎ交換]



[レール下ウレタンゴムはく離]

ウレタンゴム交換作業 (2) [工場内交換作業試験]



[レール下ウレタンゴム新品設置]



[完 了]

1. TN式防振まくらぎ設計諸元(標準タイプ)

(1) 荷 重

軸 重: 150 kN

輪 重: W≒100kN(150kN×1/2×1.3)

横 圧: H= 60kN

(2) ばね定数(まくらぎ片側)

1. 締結装置(TK-11型)

レールパッドばね定数 K1=70 MN/m

タイプレートパッドばね定数 K₂=70 MN/m

パッド合成ばね定数 K

$$K = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2} = \frac{70 \times 70}{70 + 70} = 35 \text{ MN/m}$$

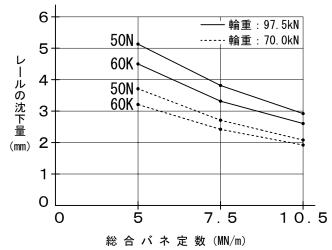
2. 防振ゴム

防振ゴムばね定数 K₃=15 MN/m

3. 総合ばね定数:KT

$$K_{T} = \frac{K \cdot K_{3}}{K + K_{3}} = \frac{35 \times 15}{35 + 15} = 10.5 \text{ MN/m}$$

レールの沈下量



輪 重: W=150×1/2×1.3=97.5kN

まくらぎピッチ間隔 : 62.5cm

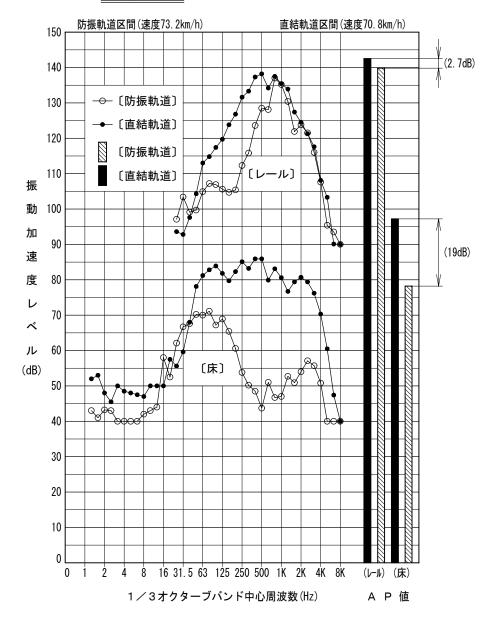
2. 測 定 結 果

TN式防振まくらぎ軌道及び直結軌道区間における実験の結果、以下の測定データを得ました。

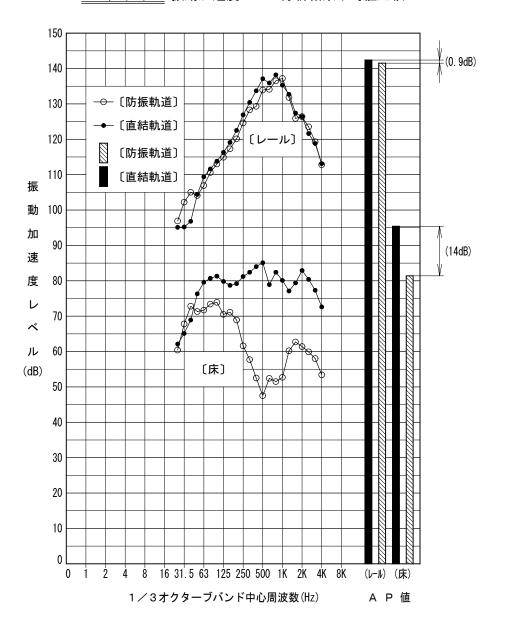
線路状況及び列車速度

	直結軌道	防振軌道
曲線半径	R = 1500 m	R = 500 m
レール	60 kg/m	60 kg/m
まくらぎ 間隔	58.2 cm	62.5 cm
トンネル重量	47.5 t/m	48.7 t/m
締結 装置	TK-11型	TK-11型
列 車 速 度	平均約70km/h	平均約70km/h

15MN/mタイプ 振動加速度レベル分析結果比較



15MN/mタイプ 振動加速度レベル分析結果平均値比較



3. 防振効果(振動加速度レベル測定平均値、オーバーオール値比較) 単位(dB)

	\			レール	床	壁
直	結	軌	道	142.4	95.4	98.9
防	振	軌	道	141.5	81.4	79.5
差		0.9	14.0	19.4		

4. 防振ゴムの交換について

防振ゴムの耐用年数については、PCまくらぎと同等に考えておりますが、万一交換の必要が生じた場合には防振ゴムのみの交換が可能です。尚、交換作業については、確認試験済みです。

ウレタンゴム経年変化調査結果

[三井東圧化学㈱ 化成品建材研究所]

S59. 1

供試体

- ・使 用 品 実使用より撤去した防振まくらぎ (2本)
- ・未使用品 予備として同時期に制作し使用していない防振まくらぎ (1本)
- ・敷設期間 S55.11~S58.7(32ヶ月)
- ・累積通屯 5950万トン

機械物性結果(平均値)

まくらぎ 項 目	使用品	未使用品
表 面 硬 度	64.2 Hs (JIS-C)	65.1 Hs (JIS-C)
引 張 強 度	2.20 N/mm ²	2.19 N/mm ²
100% 引張応力	0.77 N/mm ²	0.81 N/mm ²
伸 び 率	248 %	250 %
引裂強度	13.4 N/mm	13.5 N/mm

T - N 式 防 振 まくらぎ 静 荷 重 試 験 結 果

昭和58年5月

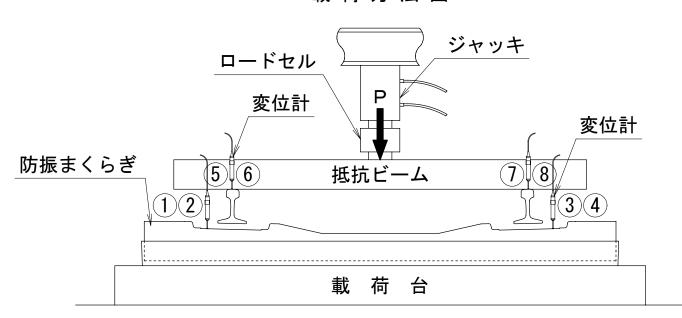
鉄道軌材工業株式会社 株式会社安部日鋼工業

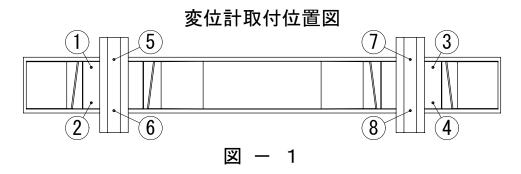
1. ばね定数測定試験

1) 防振まくらぎの周囲に拘束がない場合

図-1に示す要領にて、各載荷荷重時における変位量 を測定しばね定数を算出する。

載荷方法図





[載荷方法]

つぎに示す載荷順序で徐々に載荷し、各荷重での変位量を記録する。 ばね定数は、20 kN と 50 kNの平均変位量より算出する。

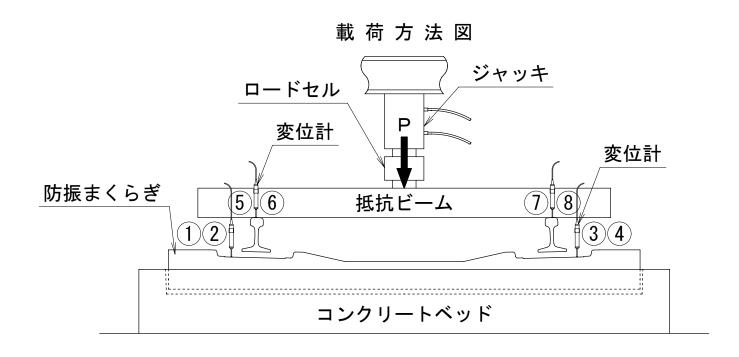
(載荷順序)・・・・・・ 1締結当り

 $0 \text{ kN} \rightarrow 80 \text{ kN} \rightarrow 0 \text{ t}$ (2分間放置) $\rightarrow 80 \text{ kN} \rightarrow 0 \text{ kN}$ (2分間放置) $\rightarrow 10 \text{ kN} \sim 80 \text{ kN} \rightarrow 0 \text{ kN}$

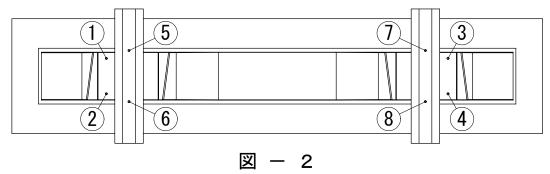
測 定 結 果

					変	位	量(r	nm)			
			まく	らぎる	本 体		総合				
荷重 kN	No.	1	2	3	4	平均	5	6	7	8	平均
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	10	0.82	0.78	0.97	0.98	0.89	1.07	1.09	1.18	1.42	1.19
締	20	1.49	1.48	1.75	1.69	1.60	2.15	2.09	2.30	2.50	2.26
結	30	2.17	2.13	2.43	2.35	2.27	3.06	2.98	3.31	3.48	3.21
当	40	2.76	2.72	3.02	2.93	2.86	3.96	3.88	4.19	4.36	4.10
b	50	3.25	3.31	3.60	3.52	3.42	4.80	4.65	4.99	5.17	4.90
荷重	60	3.73	3.78	4.12	4.00	3.91	5.48	5.38	5.74	5.85	5.61
k k	70	4.22	4.20	4.60	4.39	4.35	6.17	5.98	6.33	6.45	6.23
N	80	4.68	4.59	5.06	4.78	4.78	6.67	6.48	6.84	6.96	6.74
	0	0.12	0.10	0.19	0.10	0.13	0.19	0.20	0.12	0.21	0.18
20kN~50kN 変位差						1.82					2.64
ばね定数	MN/m					16.4					11.3

2) 防振まくらぎをコンクリート道床に接置した場合 図-2に示す通り、まくらぎ側面・端部をコンクリートで 拘束した状態(直結道床)において、各載荷荷重時による 変位量を測定し、ばね定数を算出する。



変位計取付位置図



[載荷方法]

つぎに示す載荷順序で徐々に載荷し、各荷重での変位量を記録する。 ばね定数は、20 kN と 50kNの平均変位量より算出する。

(載荷順序)・・・・・・ 1締結当り

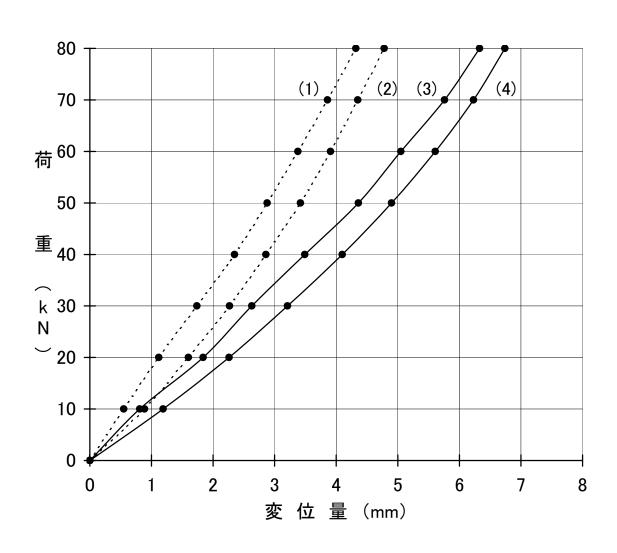
 $0 \text{ kN} \rightarrow 80 \text{ kN} \rightarrow 0 \text{ t}$ (2分間放置) $\rightarrow 80 \text{ kN} \rightarrow 0 \text{ kN}$ (2分間放置) $\rightarrow 10 \text{ kN} \sim 80 \text{ kN} \rightarrow 0 \text{ kN}$

測 定 結 果

					変	位	量(r	nm)			
			まく	らぎる	本 体			糸	総合		
荷重 kN	No.	1	2	3	4	平均	5	6	7	8	平均
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	10	0.45	0.62	0.58	0.55	0.55	1.01	0.61	0.56	1.07	0.81
締	20	1.05	1.21	1.12	1.10	1.12	2.04	1.48	1.34	2.50	1.84
結	30	1.69	1.87	1.72	1.69	1.74	2.97	2.37	2.31	2.88	2.63
当	40	2.26	2.50	2.29	2.36	2.35	3.88	3.29	3.13	3.66	3.49
b	50	2.86	3.02	2.86	2.79	2.88	4.76	4.15	4.04	4.48	4.36
荷	60	3.31	3.55	3.34	3.30	3.38	5.44	4.83	4.71	5.22	5.05
重 k	70	3.77	4.02	3.91	3.73	3.86	6.11	5.58	5.44	5.89	5.76
N N	80	4.31	4.46	4.32	4.20	4.32	6.68	6.16	6.04	6.45	6.33
	0	0.17	0.18	0.12	0.10	0.14	0.19	0.17	0.23	0.24	0.21
20kN~50kN 変位差						1.76					2.52
ばね定数	MN/m					17.0					11.9

総合ばね定数測定結果

- (1) 防振ゴム(周囲拘束) K3=17.0 MN/m
- (2) 防振ゴム(周囲フリー)K3=16.4 MN/m
- (3) 総 合(周囲拘束) KT=11.9 MN/m
- (4) 総 合(周囲フリー)KT=11.3 MN/m



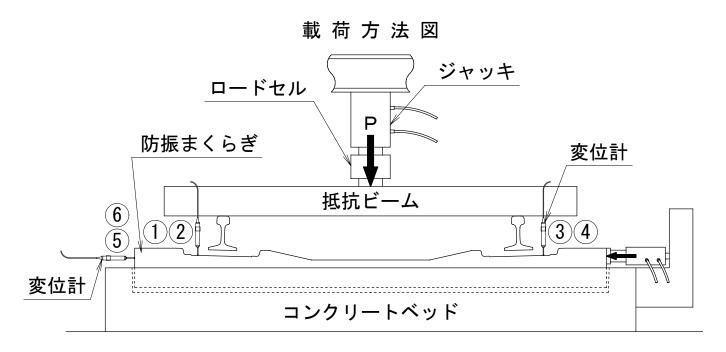
2. レール直角方向・横圧荷重による変位量測定試験 図-3に示す要領にて、まくらぎ端部断面防振ゴムの変位量 を測定する。

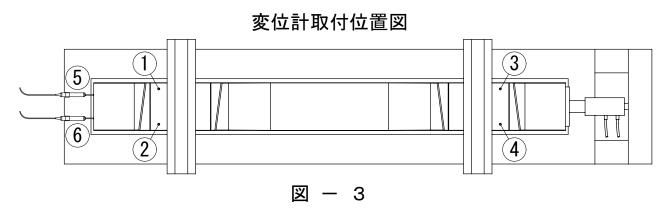
「荷重載荷方法]

鉛直載荷荷重を下記の通りとし、横圧荷重を徐々に与え、 その時の変位量を測定する。

鉛直荷重 60 kN ・・・・・・・・・ (1締結当り30 kN)

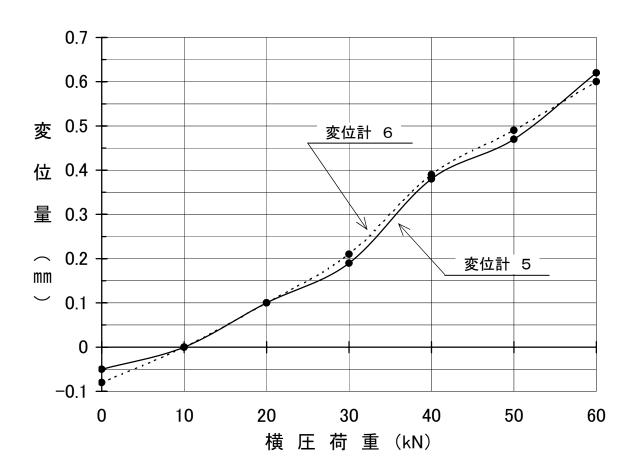
横圧荷重 $0 \text{ kN} \sim 60 \text{ kN} \rightarrow 0 \text{ kN}$





測定結果

	横圧荷重(kN)		変	位	量 (mr	m)	
鉛	海江彻里(KIV)	1	2	3	4	5	6
直	0	1.36	1.46	1.42	1.35	-0.05	-0.08
荷	10	1.27	1.43	1.42	1.41	0.00	0.00
重	20	1.26	1.41	1.49	1.41	0.10	0.10
3	30	1.27	1.37	1.46	1.41	0.19	0.21
0 k	40	1.27	1.37	1.45	1.40	0.38	0.39
N	50	1.26	1.31	1.46	1.41	0.47	0.49
	60	1.22	1.32	1.46	1.41	0.62	0.60



3. レール方向・匐進荷重による変位量測定試験

図-4に示す要領にて、レール断面に匐進荷重を与えて、各荷重時における防振ゴム側面の変位量を測定する。

[荷重載荷方法]

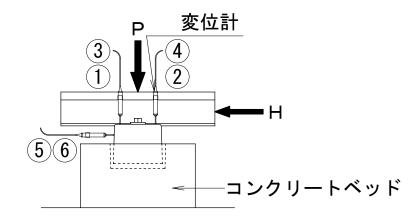
鉛直載荷荷重を下記の通りとし、匐進荷重を徐々に与え、その 時の変位量を測定する。

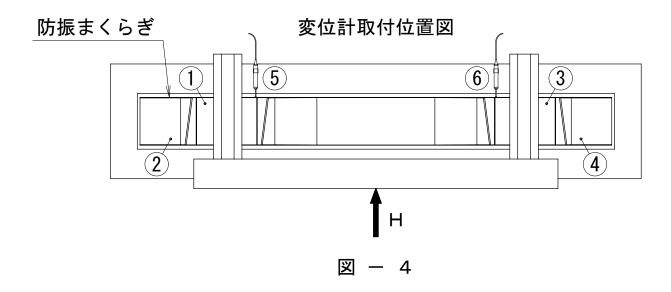
鉛直荷重 60 kN · · · · · · · (1締結当り30 kN)

横圧荷重 $0 \text{ kN} \sim 40 \text{ kN} \rightarrow 0 \text{ kN}$

(上記荷重は2締結分であるので1締結当り換算は1/2とする。)

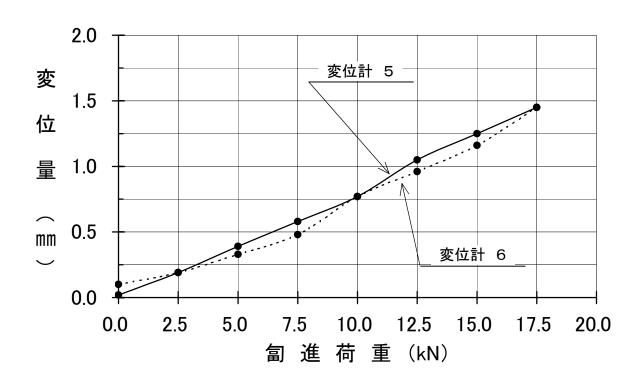
載荷方法図





測定結果

	匐進荷重(kN)		変 位 量 (mm)					
	(1締結当り)	1	2	3	4	5	6	
鉛	0.0	1.56	1.39	1.36	1.15	0.02	0.10	
直	2.5	1.56	1.36	1.40	1.08	0.19	0.19	
荷	5.0	1.66	1.26	1.50	1.06	0.39	0.33	
重	7.5	1.75	1.16	1.59	0.96	0.58	0.48	
3	10.0	1.91	1.07	1.75	0.89	0.77	0.77	
0 k	12.5	2.03	0.97	1.89	0.80	1.05	0.96	
N	15.0	2.15	0.87	1.98	0.70	1.25	1.16	
	17.5	2.25	0.72	2.14	0.50	1.45	1.45	
	20.0							



T-N 防振まくらぎ

振動低減をより効果的にするために、防振ゴムのばね定数 4 MN/m、10 MN/m タイプの施工例もあります。

各種ウレタン樹脂の物性

ウレタン樹脂の物性(15 MN/m タイプ)

項	目	規定値	試 験 法	試験値
(1) 比重		1.13~1.23	硬化物の体積と重量より算出。	
(2) ばね定数	老化前 (MN/m)	2.4 +0.5 -0.7	JIS-K-6385準拠、100×100×25mm のテストピースにより1~4kNの 荷重と変位の関係から算出。	
(343)正数	老化後 (MN/m)	老化前の ±20% 以内	70℃×96Hr加熱老化後のばね定数 を測定。	
(3) 永久圧	縮歪	23 以下	JIS-K-6301準拠、50×50×25mmテスト ピースの70℃×30Hr加熱老化後の 永久歪率を測定。	
(4) 疲れ強さ	外観	粘着、亀裂等 変状のない事	2.5±1.5kN, 10Hz 正弦波振動荷重 を100×100×25mmテストピースに 100万回与えた後の外観調査。	
が交替しい民ご	へたり量 (mm)	1.5mm 以下	永久歪率を測定。	
(5) 10%压剂 (N/m		0.6 以上	100×100×25mmテストピースを圧縮 し、2.5mm変位を生じた時の応力を 測定。	
(6) 硬度	JIS-A	40 以上	JIS-K-6301準拠	
(6) 硬度	SRIS-C	60 以上	SRIS-0101準拠	
(7) 吸水率(%)		5 以下	JIS-K-6301準拠、50×20×3mmテスト ピースの96Hr後の吸水率を測定。	
(8) せん断強さ (N/mm ²)		0.8 以上	$100 \times 20 \times 10$ mmテストピースの中央部 断面 (2cm^2) のせん断強さを測定。	
(9) コンクリ 強さ	Jート接着 (N/mm²)	0.2 以上	JIS-K-6850準拠、プライマー有り。	

ウレタン樹脂の物性(15 MN/m タイプ)

項目		規定値	試 験 法	試験値
(10) 引張強さ (N/mm²)		1.5 以上	JIS-K-6301準拠、ダンベル3号テストピースによる引張強さを測定。	
(11) 伸び	(%)	150 以上	JIS-K-6301準拠、ダンベル3号テスト ピースによる伸びを測定。	
(12) 引裂 ⁵ (N/	強さ mm)	8 以上	JIS-K-6301準拠、引裂B型号テストピースによる引張強さを測定。	
(13) 耐熱	引張強さ (N/mm²)	老化前の ±20% 以内	70℃×96Hr加熱老化後の引張強さを 測定。	
老化性	伸び(%)	150 以上	70℃×96Hr加熱老化後の伸びを測定。	
(14) 耐水性	引張強さ (N/mm²)	浸漬前の ±20% 以内	水道水96Hr浸漬後の引張強さを測定。	
	伸び(%)	150 以上	水道水96Hr浸漬後の伸びを測定。	
(15) 耐アル	引張強さ (N/mm²)	浸漬前の ±20% 以内	Ca(OH)飽和水溶液96Hr浸漬後の 引張強さを測定。	-
カリ性	伸び(%)	150 以上	Ca(OH)飽和水溶液96Hr浸漬後の伸びを測定。	