

I-B340

実物大を含めた積層ゴムのゴム破断伸びの実測試験

ゴム支承協会 正会員 須藤 千秋
 日本道路公団 正会員 猪熊 康夫
 ゴム支承協会 正会員 牧口 豊
 日本支承協会 正会員 森重 行雄

1. 背景と目的

- (1) 積層ゴム支承の設計では局部せん断ひずみの照査が行われており、ゴムの破断伸び値に対し所定の安全率を確保しなければならない。道路橋示方書V耐震設計編(平成8年)8.4.2では、天然ゴムとクロロプレンゴムの破断伸び値の参考値が記載された。
- (2) 日本道路公団静岡建設局（以下JH静建）向け免震支承の設計において、新たに高減衰ゴム(HDR)と、LRB用天然ゴム(NRX)の破断伸び規格値を、最近の材料開発の成果を採り入れた高い値（表-1）に設定した。このためその実施に先立ち、新規格値の妥当性を確認するために、支承メーカー9社の実際の積層ゴム体からゴムを切り出し、その破断伸び値を実測するという従来にない評価試験を行った。

表-1 JH静建 破断伸び規格値

対象 ゴム種	HDR			NRX		
	G8	G10	G12	G8	G10	G12
道示V	—	—	—	500	500	400
新規格値	600	550	500	600	550	500

2. 試験方法

(1) 着目したパラメータ

- 1) ゴムの種類：JH静建の免震設計で対象とする全ゴム種 [表-1 HDR,NRX それぞれ G8,G10,G12]
 2) 供試体寸法：サイズ効果の確認＝4水準の供試体寸法 [□300,□400,□500,□1500]
 3) 試験片採取部位：積層体内の部位の影響の確認＝5箇所の測定 [図-1の①②③④⑤]

(2) 破断伸び値実測試験

各パラメータに対し、接着処理をしない積層体を作成、加硫後解体し、(財)化学品検査協会にて試験片の作成（スライス加工、ダンベル打ち抜き）、引張り試験を行った。引張り試験はJIS K 6251に則り、各試験箇所毎にJIS3号ダンベル試験片4本のデータのJIS平均値をもって測定値とした。

(3) 実験の精度を補完するための確認試験

1) 試験片作成工程（スライス加工）の影響（測定値の低下）確認試験

t10 ゴムシートをt2にスライス加工後作成した試験片と、t2非スライス試験片の破断伸び値対比

2) 等価剛性確認試験（弾性係数の整合性照査）

□300 接着供試体(±175%,0.5Hz,面圧60kgf/cm²,10回載荷)の1～10回平均値で評価

表-2 供試体の寸法、数量

記号	平面サイズ [mm]	ゴム層厚 [mm]	ゴム層数 [層]	数 量		
				G8	G10	G12
シートA	□150	2	1(総ゴム)	3	3	3
シートB	□150	10	1(総ゴム)	0	3	3
積層A	□300	7	6	0	3	3
積層A'	□300	7	6	0	1注	1注
積層B	□400	10	3	0	3	3
積層C	□500	12	3	0	3	3
積層D	□1500	34	5	0	0	1

注：接着タイプ（等価剛性確認用）

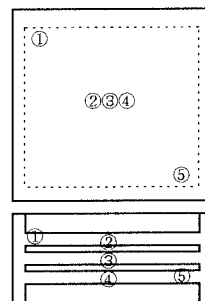


図-1 試験片採取位置

3. 試験結果

- (1) 実測値と規格値の関係 [表-3]： いずれのゴム種・形状においても、新しい破断伸び基準値に対し、「平均値-3σ」が上回った。
- (2) 形状・サイズの影響 [表-4]： 有効寸法と破断伸び値の相関係数は大きくばらついた。

キーワード：免震支承、局部せん断ひずみ、天然ゴム、高減衰ゴム、ゴム破断伸び

連絡先：〒244-8510 横浜市戸塚区柏尾町1番地 TEL 045-825-7589 FAX 045-825-7676

表-3 全社分の $\bar{X}-3\sigma$

項目	ゴム種	会社	□300 G10	□400 G10	□500 G10	□300 G12	□400 G12	□500 G12	□1500 G12	t2シート G10	t10シート G10	t2シート G12	t10シート G12	t2シート G8
伸び %	HDR	A	647	616	672	531	544	533	552	618	689	570	529	661
		B	554	592	589	568	559	540	505	699	709	619	591	721
		C	593	562	618	571	568	598	518	660	659	650	586	716
		D	596	573	583	570	571	572	530	639	629	636	609	679
		E	603	564	559	503	524	516	569	679	650	639	588	709
	NRX	F	584	579	587	562	551	570	554	609	534	586	579	679
		G	614	621	614	556	552	539	583	642	630	600	579	668
		H	616	551	576	576	534	503	519	660	580	606	560	660
		I	577	559	562	532	536	540	512	629	558	589	590	670
		規格値	550	550	550	500	500	500	500	600	-	550	-	650
引張強さ kgf/cm ²	HDR	A	112	103	133	176	191	186	168	110	149	186	185	140
		B	118	114	115	130	118	110	113	132	137	143	144	105
		C	155	180	180	166	188	196	206	186	185	189	197	179
		D	186	168	170	171	197	193	201	185	184	191	191	184
		E	165	172	159	178	173	158	157	170	186	178	177	164
	NRX	F	267	245	249	291	286	277	292	275	264	264	250	306
		G	248	256	242	222	248	234	259	300	293	271	271	280
		H	298	311	310	311	279	305	321	366	303	338	332	323
		I	294	315	271	309	286	309	321	364	279	349	342	311
		規格値	-	-	-	-	-	-	-	100	-	110	-	100

表-4 サイズと伸びの相関係数

[供試体有効寸法 vs 破断伸び JIS 平均値]

ゴム種	会社	G10	G12
HDR	A	-0.0662	0.2247
	B	0.4466	-0.7817
	C	0.6574	-0.5499
	D	0.1718	-0.0669
	E	-0.8309	0.5483
NRX	A	0.0521	0.3193
	B	-0.1822	0.2727
	C	-0.5710	-0.2800
	D	0.3537	-0.0499

表-5 部位と伸びの相関係数

[試験片採取部位 No. vs 破断伸び JIS 平均値]

ゴム種	会社	G10	G12
HDR	A	-0.0328	0.0757
	B	-0.1791	0.0522
	C	-0.0339	0.0966
	D	0.0361	-0.0492
	E	-0.0763	-0.1364
NRX	A	0.1803	-0.0511
	B	-0.0601	0.0636
	C	0.1194	-0.0796
	D	0.0888	0.0184

表-6 スライス加工の影響

[t2シート打ち抜きゲルとt10スライスゲルの破断伸び差異]

ゴム種	会社	G10			G12		
		t2	t10	差異	t2	t10	差異
HDR	A	618	689	-71	570	529	41
	B	699	709	-10	619	591	28
	C	660	659	1	650	586	64
	D	639	629	10	636	609	27
	E	679	650	29	639	588	51
NRX	A	609	534	75	586	579	7
	B	642	630	12	600	579	21
	C	660	580	80	606	560	46
	D	629	558	71	589	590	-1

(3) 試験片採取部位の影響 [表-5] : 採取部位に対しては、相関係数は小さくかつ、±にばらついた。

(4) スライス加工の影響 [表-6] : t2(非スライス)とt10(スライス)の「平均値-3σ」では、概ねスライス加工を伴うt10の方が低い、その大きさはゴム種によって大きくばらついた。

(5) 等価剛性試験結果 [表-7] : いずれのゴム種においても等価せん断弾性係数が設計値±10%以内にあることが確認された。HDR については、等価減衰定数も設計値以上であることが確認された。

4. 考察

(1) JH 静建免震支承の設計に適用したゴム破断伸び新規規格値の妥当性が確認された。ゴム破断伸び性能の大幅な向上は局部せん断ひずみの照査に余裕を与え、免震支承の小型化に資することができる。

(2) 大サイズを含む実機積層体のゴムの破断伸びが初めて直接測定された。「形状・サイズ」、「積層体内の部位」に対する相関関係は明確ではなかった。これには製造技術の進歩による製品内部の均一性の向上と、煩雑な測定方法（解体、スライス）に由来するばらつきの影響が考えられる。

(3) 煩雑な測定方法に由来するばらつきの影響を避けるため、日常品質管理方法としては□300 供試体において局部せん断ひずみを直接照査する方法を採用することとした。

表-7 等価剛性試験結果

[□300供試体10サイクル載荷平均値]

	会社		G10		G12		判定
			平均値	設計値	平均値	設計値	
HDR	A	G	10.0	10.1	11.8	12.0	OK
		heq	14.6	14.2	14.3	13.9	OK
	B	G	10.3	10.1	11.2	12.0	OK
		heq	15.0	14.2	14.3	13.9	OK
	C	G	9.9	10.1	12.4	12.0	OK
		heq	16.1	14.2	15.7	13.9	OK
	D	G	10.8	10.1	12.7	12.0	OK
		heq	16.2	14.2	16.6	13.9	OK
	E	G	10.8	10.1	12.7	12.0	OK
		heq	14.5	14.2	14.7	13.9	OK
NRX	A	G	10.2	10.0	11.8	12.0	OK
	B	G	10.6	10.0	11.6	12.0	OK
	C	G	10.3	10.0	11.0	12.0	OK
	D	G	10.5	10.0	11.3	12.0	OK