

別添 2

事例 2

目次

	頁
特許請求の範囲及び明細書	2
図面	9
刊行物 1	29

事例2

[特許請求の範囲及び明細書]

明細書

1. 発明の名称

バネ構体

2. 特許請求の範囲

円形のゴム板と金属板とを交互に積層し一体化したものにおいて、ゴム板の厚みを t 、ゴム板の直径を D 、ゴム板の総厚を h としたとき、

- (1) $t = 5\text{mm}$ 、
- (2) $D/t = 50$
- (3) $8 > D/h > 5$ であり、
- (4) 且つゴム板の硬度は 40 以下

であることを特徴とするバネ構体。

3. 発明の詳細な説明

イ. 産業上の利用分野

本発明は質量のある構造物を緩衝作用を持って支持するバネ構体に関する。

ロ. 従来技術

地震発生時に建物に加わる振動は水平動と上下動とに分けられるが、上下動の影響は少なく、地震の破壊力で問題になるのは水平方向の加速度である。水平方向の加速度を受けると建物は第1図(a)(b)(c)のように挙動する。(a)は各階の柱が伸び縮みしないせん断変形、(b)は各階の柱が伸び縮みして起きる曲げ変形、(c)は建物が変形せず地盤が変形して起きるロッキングである。実際の地震時での建物の変形は上記(a)(b)(c)の三種の変形を複合した形で同時に起こり、この変形の中でロッキングは転倒のおそれがあり最も破壊力が大きい。上記三種の変形に対して耐震設計をすると、特に高層の建物の場合に耐地震力を大きくとらねばならず設計が困難になり建築費も多額になる。

そこで建物に加わる水平方向の加速度を減少させる第2図に示すような免震構造が本出願人等によって提唱されている。これは第3図及び第4図に示すように複数枚の金属板(1)と複数枚のゴム板(2)とを交互に積層して構成された複数個のバネ構体(3)(3)...を、建物(4)とその基礎(5)の間に配置したものである。このバネ構体(3)は金属板(1)(1)...の間の薄いゴム板(2)(2)...の部分でのみ弾性変形を生じる。各層のゴム板(2)(2)...の厚みは小さいので、このバネ構体(3)は、大きな鉛直バネ剛性とゴムのせん断変形による小さな水平バネ剛性、すなわち大きな鉛直方向裁荷能力と小さな水平方向のバネ力を有する。なおこのバネ構体(3)の各種試作例に対する特性試験の結果、ゴム板の材質及び寸法形状の選定により鉛直バネ剛性/水平バネ剛性のバネ比を500以上に設定できることが確認されている。従って大重量の建物を安定性良く支持して、地震発生時に地盤に対して第1図(d)に示すような低速のスウェイ運動を行なわせ、せん断・曲げ変形及びロッキングを小さくすることにより、上部構造の強制変形を減少して安全性を確保できる。

別添2

ところで実際の設計に当たって、上記バネ構体(3)には実用上次の二つの条件が必要とされる。

一つは第5図に示す水平方向の変形量 Δ が実際の地震の水平方向の動きを吸収できる大きさのものでなければならないことである。すなわち変形量 Δ が小さいと地震動に対してバネ構体(3)が追従せず転倒モーメントやせん断力が大きくなりロッキングが起り易くなるからである。つまり日本における長周期成分を多く含む地震動にも対応できるように、水平方向の変形能 Δ / h (但し h はゴム板の総厚) が大きいバネ構体が必要とされる。

また他の一つは水平バネ係数(せん断バネ係数 K_H) が鉛直荷重の変動に対して変化しないことが必要である。そうでないと実際の地震発生時に建物がどのように挙動するかを計算するのが困難になり、適切な構造設計ができなくなる。尚、バネ構体(3)の受ける鉛直荷重の大きさは、同一地震力、同一重量の場合でも第2図に示す建物の幅 L と高さ(重心 G の高さ) H によって大きく変動する。変動の大きさはロッキング及び転倒モーメントによって決定されるからである。

以上の如くバネ構体(3)の設計には、水平方向の変形能 Δ / h を大きくしながら変動荷重のせん断バネ係数 K_H への影響を小さくすることが重要である。

而して従来バネ構体の設計に使用するせん断バネ係数 K_H の設計式として、次の2つの式が知られている。

$$K_H = \frac{V^2 / h_B}{2 (Kr/n) - q \tan^{-1} (q h_B/2) - V} \quad \dots (1)$$

$$\text{但し、 } q^2 = \frac{nV}{Kr h_B} \left(1 + \frac{nV}{K_s h_B} \right)$$

v : 圧縮荷重 n : ゴム板層数
 h_s : ゴム総厚 Kr : 回転剛性(ゴム板一層当り)
 K_s : せん断剛性(ゴム板一層当り)

$$K_H = (h / AG + h^3 / 12EI)^{-1} \quad \dots (2)$$

但し、 h : ゴム板層厚 E : ゴム板の総弾性率
 A : ゴム板断面積 G : ゴム板せん断弾性率
 I : ゴム板の断面二次モーメント

しかしながら上記(1)式及び(2)式は変形能 Δ / h に制限を設け、その範囲内におけるせん断バネ係数 K_H を調べて立てた式であり、鉛直荷重の変動や制限を超える大きな水平方向の変動があった場合には適用できず、日本における長周期成分を多く含む地震動(バネ構

体に大きな水平変位を必要とする)に対して有効ではない。

八．発明の目的

本発明は上記従来の問題点に鑑みこれを改良して、大きな変形能 δ/h が得られ、且つ鉛直荷重が変動してもせん断バネ係数 KH があまり変化しないバネ構体を提供することを目的とする。

二．発明の構成

本発明は円形のゴム板と金属板とを交互に積層し一体化したものにおいて、第3図及び第4図に示すようにゴム板一枚当りの厚みを t 、ゴム板の直径を D 、ゴム板の総厚(ゴム板の層数 $n \times t$) を h としたとき、 $t = 5 \text{ mm}$ 、 $D/t = 50$ 、 $D/h = 5$ であり、且つゴム板の硬度は40以下であることを特徴とするバネ構体である。

ホ．実施例

上記構成におけるゴム硬度並びに形状規制は、バネ構体の性質が、ゴムの硬度、弾性率、ゴム板一層の暑さ t 、ゴム板の厚さ t と直径 D との比 D/t (一次形状率)、ゴム板の総厚 h と直径 D との比 D/h (二次形状率) 等によって決定されることに着目し、各種試作例に対する実験によって、上記目的が達成される範囲を調べた結果見出したものである。上記規制の中でゴムの硬度と二次形状率 D/h の組合せが、上記目的特に変形能 δ/h を増大するのに重要な要素であり、この規制を有するバネ構体は今まで一般化されていなかった領域に属する。なおバネ構体に今まで一般的に使用されていたゴムの硬度は50～70程度である。

上記構成の規制を満たすバネ構体の具体例を次に示す。

すなわちゴム板の厚み t は6 mm、ゴム板の直径 D は30～40 mm、ゴム板の総厚 h は直径 D が30 cmのとき5～6 cm、直径 D が40 cmのとき7～8 cm、ゴムの硬度は37、ゴム板に挟まれる金属板の厚みは2～3 mmである。

この場合の変形能 $\delta/h \times 100$ はバネ構体の非破壊領域で約300%、破壊領域で約400%が期待できる。なお破壊領域とはバネ構体が有効な免震効果を発揮するが、その後バネの特性が変化する領域をいう。

へ．発明の効果

本発明の上記構成を有するバネ構体は、水平方向の変形量を $\delta = D/1.5$ 程度まで確保できる。すなわちゴム板の直径 D が45 cmならば変形量 δ は30 cm、直径 D が60 cmならば変形量 δ は40 cmである。日本における地震動に対しては実用的には30 cmの変形量 δ が確保されれば十分な免震効果が期待でき、余裕をもって大きく見積もっても変形量 δ が40 cmあれば良いと考えられるから、上記規制のバネ構体で、日本における大地震に対して十分な免震効果を挙げるができる。

また上記形状規制を有するバネ構体のせん断バネ係数 KH は、鉛直荷重が三倍程度にまで変動しても殆んど変化しない。従ってバネ構体を免震装置として建物の下に組み込まれた場合の建物の挙動の計算が容易になり、建物の構造設計上甚だ有利である。

別添2

なお上記説明はバネ構体を建物の免震装置として使用したものについて行ったが、本発明のバネ構体は大型プラント等の重量のある構造物の免震装置として使用できるものである。

4. 図面の簡単な説明

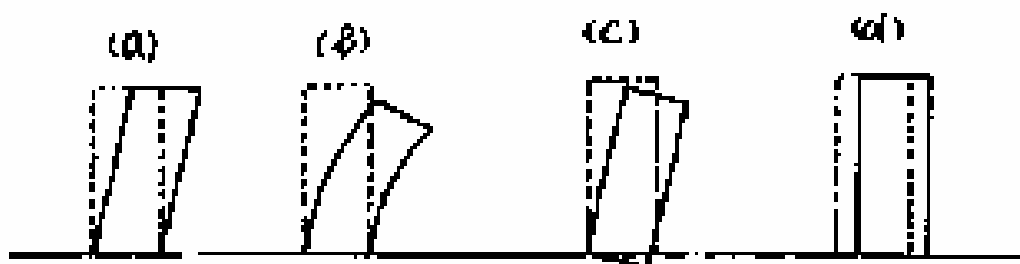
第1図は地震動によって建物が地盤に対して挙動する各状態を説明する図、第2図はバネ構体を用いた免震構造を示す概略図、第3図はバネ構体の正面図、第4図はバネ構体の平面図、第5図は水平方向に変位したバネ構体の正面図である。

(1)・・・金属板、(2)・・・ゴム板、(3)・・・バネ構体、(t)・・・ゴム板の厚み、(D)・・・ゴム板の直径

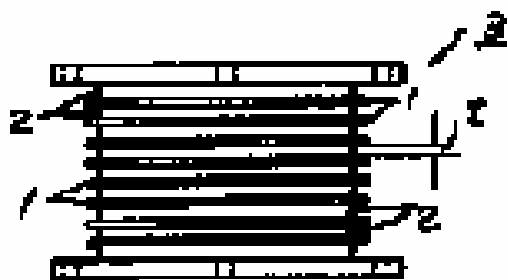
事例2

[図面]

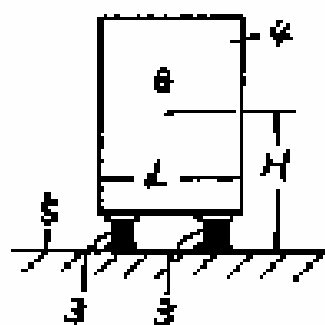
第1圖



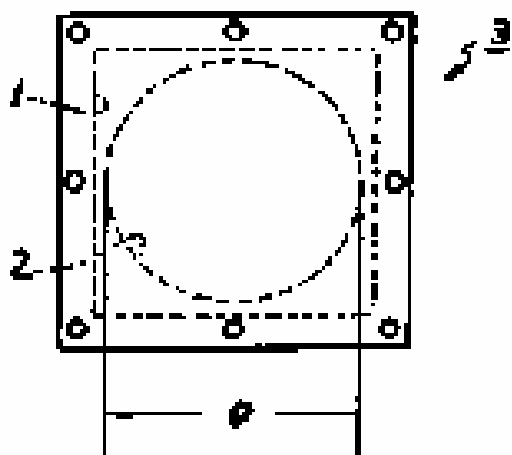
第3圖



第2圖



第4圖



第5圖



事例2

[刊行物1]¹

¹ 多田英之，高山峯夫，「Aseismic Isolatorに関する研究（その7）実大Isolatorの静的実験」，昭和57年度秋季大会（東北）学術講演梗概集<構造系>，社団法人日本建築学会，1982年，8月，p.785-p.786

Aseismic Isolator に関する研究 - 実大 Isolator の静的実験 -

1. はじめに

前報で Pad 型 Isolator の具体的利用を目的に実大実験を行い、その使用可能性に一応の確信を得た。本報は実施構造物を対象に Isolator を Full-Scale で扱い特にその載荷能力及び変形性能等、更には単層供試体を追加することによりその物理特性の調査を行ったものである。Isolator (以後供試体) は 3 種のゴム (表 - 1. 参照) について総計 120 個を扱った。本報はこのうち硬度 37 の 72 個 (表 - 2. 参照) に関するものである。尚、供試体番号は右のシステムによって名命されている。又 D/t で形状係数を表している。

各供試体は圧縮・圧縮せん断の実験を行い、更に大型試験機による破壊実験を行ってその最終耐力を調査した。

2. 実験概要

i) 圧縮実験

径 180mm 以下の供試体は 100t アムスラーで、径 180mm 以上の供試体は 500t 構造物試験機を使って計測した。

ii) 圧縮せん断実験

組み合わせにより、径 250、300 及び単層型については、図 - 1. に示す 2 方向載荷試験機 (最大水平出力 30t、最大圧縮力 50t、ストローク 200mm) によって調べ、更に大形圧縮せん断装置 (最大水平出力 50t、最大圧縮力 500t、ストローク 600mm) を使用し最終破壊状況の観察を行った。

3. 実験結果及び考察

i) 圧縮実験

形状係数の増加及び積層数の減少に伴って鉛直バネ係数 K_v が増加することが確認された。

ii) 圧縮せん断実験

圧縮荷重の増加及び積層数の減少に伴って同一せん断力に対する変形量が増加する傾向が認められる。しかしこの減少は径 180 以下の積層型の特徴であり径 250 以上のものについては圧縮荷重の増加によるせん断変形量の増加は殆ど認められない。ここで厳密には径 300 の場合、圧縮荷重 $\delta_c=45 \sim 90\text{kg/cm}^2$ ($N = 31.8 \sim 63.6\text{t}$) に増加させたとき 5 ~ 8% のせん断変形量の増加が観測された。

単層型 (図 - 2 参照) では何れも初期から安定した直線性をみせ、圧縮荷重 $\delta_c=23\text{kg/cm}^2 \sim$

90kg/cm² (N = 4.0 ~ 15.9t)の間ではせん断変形量の変化は認められなかった。ここで形状係数が増加すると同一せん断荷重で変形量が減少することが確認された。表 - 2 に低せん断荷重減でのバネ係数表を示す。

図 - 3.4. に圧縮せん断大変形及び破壊実験の結果を示す。径 250、300 は何れも 50%変形 (30mm) から 150%変形 (90mm)の間では他の積層供試体と同様に剛性低下の傾向がみられたが、150%を越えて破壊迄は剛性の上昇が確認された (図 - 4. 参照)。供試体は 330%変形 (200mm) 附近から端部の剥離がみられ、400 ~ 430%変形 (240 ~ 250mm) でゴム層のひきちぎれ、中間板の変形等により以後載荷不能となった。

単層型 (図 - 3 参照) では、圧縮特性と同様に剛性は変形の増加と共に単調増加の傾向をみせている。又 300%変形時でも水平バネ係数に殆ど動きがないことが確認された。しかし、300%を越える附近から供試体端部で一部剥離現象が観察された。破壊は圧縮荷重階によって一様ではないが本実験の条件下では 600 ~ 800%変形で生じている。その特徴は何れの供試体でも剛性の急上昇を伴い接着面の剥離及びゴム層のひきちぎれを発生させている。尚大変形時には圧縮力の上昇も観察された。このことが更に水平バネ係数の上昇につながるとも考えられる。以上により圧縮せん断特性として以下のことが確認された。何れの供試体も初期には純せん断型の変形を示し、径 180 以下の積層供試体では全体高さの影響等により曲げせん断型の変形に移行して破壊に至るが (図 - 5. 中曲線 (a))、径 250 以上のもは形状の安定性から P- δ 効果も意外に小さく (b) の様な変形性を示した。単層型においては積層型にみられるような様相は見られず、(c) の様な曲線となっている。又、何れの場合も完全ひきちぎりを除いて良好な復元性能を有することが確認された。

4. 結論

- i) 今回の供試体で鉛直バネ係数 K_v /水平バネ係数 $K_H=600 \sim 800$ が実現された。
- ii) 圧縮実験で $c = 700\text{kg/cm}^2$ 、圧縮せん断実験でせん断強度 19kg/cm^2 、伸び 250mmを記録した。このことから、鉄筋コンクリート構造のあらゆる規模の構造物に使用可能なことが判明したといえる。
- iii) 今回の一連の実験で圧縮力の変化の影響を無視しうる程度の一定水平バネの設計が可能となった。

表-1 ゴムの物性表

ゴム硬度 (JIS - A)	16	19	37
25%モデュラス (kgf/cm ²)	1.08	1.27	3.2
50%モデュラス (kgf/cm ²)	1.49	1.89	5.5
100%モデュラス (kgf/cm ²)	1.98	2.42	8.3
200%モデュラス (kgf/cm ²)	2.66	3.33	14.3
300%モデュラス (kgf/cm ²)	3.18	4.22	24.5
引張強さ (kgf/cm ²)	20以上	74.6	184
せん断弾性率 (kgf/cm ²)	1.5	1.67	5.2
伸び (%)	1000以上	810	630

注) 試験法は、JIS-K6301による。

A₃₇ - 300 × 5 - 12

ゴム組成 ゴム硬度 D(mm) t(mm) 層数

表 2-1 バネ係数表

供試体番号	形状係数	ゴム総厚	変形率 %	水平バネ係数 K_H kg/cm				鉛直バネ係数 K_V kg/cm	バネ比 K_V/K_H			
				① σ_{23}	② σ_{31}	③ σ_{45}	④ σ_{60}		⑤/①	⑤/②	⑤/③	⑤/④
A ₃₇ -130×10-6	13	60	50	71	51	-	-	9300	131	182	-	-
			100	59	-	-	-		158	-	-	-
A ₃₇ -150×10-1	15	10	50	780	760	700	740	65500	84	86	94	89
			100	760	740	700	730		86	89	94	90
A ₃₇ -180×10-6	18	60	50	157	134	93	-	27000	172	201	290	-
			100	147	125	85	-		184	216	317	-
A ₃₇ -150×75-1	20	7.5	50	1060	1030	970	940	106000	100	103	109	113
			100	1000	960	940	920		106	110	113	115
A ₃₇ -150×75-8	20	60	50	-	100	74	35	19800	-	198	268	566
			100	-	90	65	34		-	220	305	582
A ₃₇ -150×75-10	20	75	50	71	60	29	-	16100	227	268	555	-
			100	63	51	-	-		256	316	-	-
A ₃₇ -150×6-1	25	6	50	1320	1290	1260	1260	148000	112	115	117	117
			100	1250	1210	1180	1180		118	122	125	125
A ₃₇ -150×6-10	25	60	50	-	102	82	59	26700	-	262	326	453
			100	-	98	75	49		-	272	356	549
A ₃₇ -150×6-13	25	78	50	76	65	41	-	20800	274	330	507	-
			100	63	51	-	-		330	408	-	-

註 1. ゴム総厚単位はmm

註 2. 変形率%はせん断変形/ゴム総厚を示す。

註 3. σ_{23} は圧縮応力度 $\sigma = 2.3 \text{ kg/cm}^2$ を示す。

表 2-2 バネ係数表

供試体番号	形状係数	ゴム総厚	変形率 %	水平バネ係数 K_H kg/cm				鉛直バネ係数 K_V kg/cm	バネ比 K_V/K_H			
				① σ_{23}	② σ_{31}	③ σ_{45}	④ σ_{60}		⑤/①	⑤/②	⑤/③	⑤/④
A ₃₇ -130×5-12	26	60	50	87	82	67	27000	310	329	403	-	
			100	79	73	48		342	370	563	-	
A ₃₇ -150×5-1	30	5	50	1540	1460	1420	175000	114	120	123	123	
			100	1420	1380	1370		120	127	128	128	
A ₃₇ -150×5-6	30	30	50	-	240	224	69700	-	290	311	327	
			100	-	232	222		210	-	300	314	332
A ₃₇ -150×5-12	30	60	50	-	99	75	39400	-	398	525	773	
			100	-	88	68		43	-	448	579	916
A ₃₇ -150×5-15	30	75	50	84	76	54	29900	356	393	554	-	
			100	73	64	40		410	467	748	-	
A ₃₇ -180×5-7	36	35	50	340	329	320	129000	379	392	403	-	
			100	317	311	308		404	415	419	-	
A ₃₇ -180×5-12	36	60	50	170	170	153	86000	483	506	562	-	
			100	164	155	138		524	555	623	-	
A ₃₇ -250×5-12	50	60	50	327	317	307	214300	655	676	698	-	
			100	297	293	290		722	731	739	-	
A ₃₇ -300×5-12	60	60	50	507	-	500	390600	770	-	781	-	
			100	463	-	448		844	-	872	-	

註 1. ゴム総厚単位はmm

註 2. 変形率%はせん断変形/ゴム総厚を示す。

註 3. σ_{23} は圧縮応力度 $\sigma = 2.3 \text{ kg/cm}^2$ を示す。

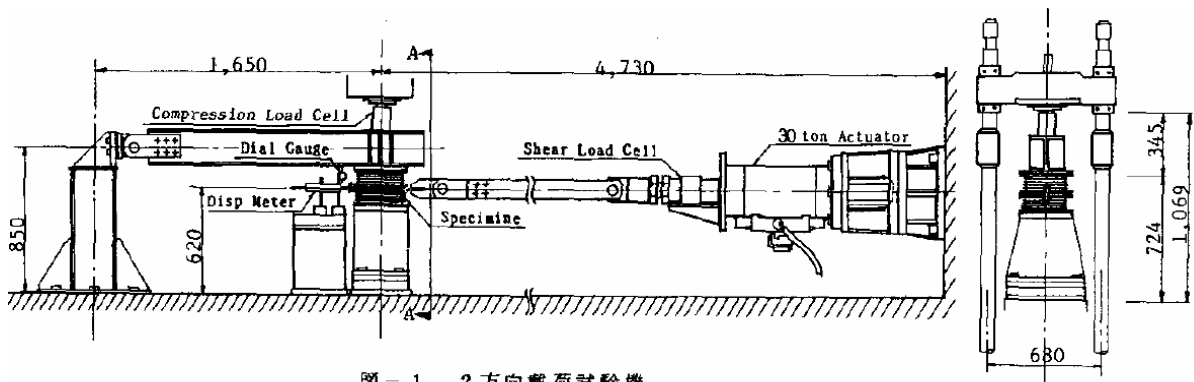


図-1 2方向載荷試験機

A-A 矢視図

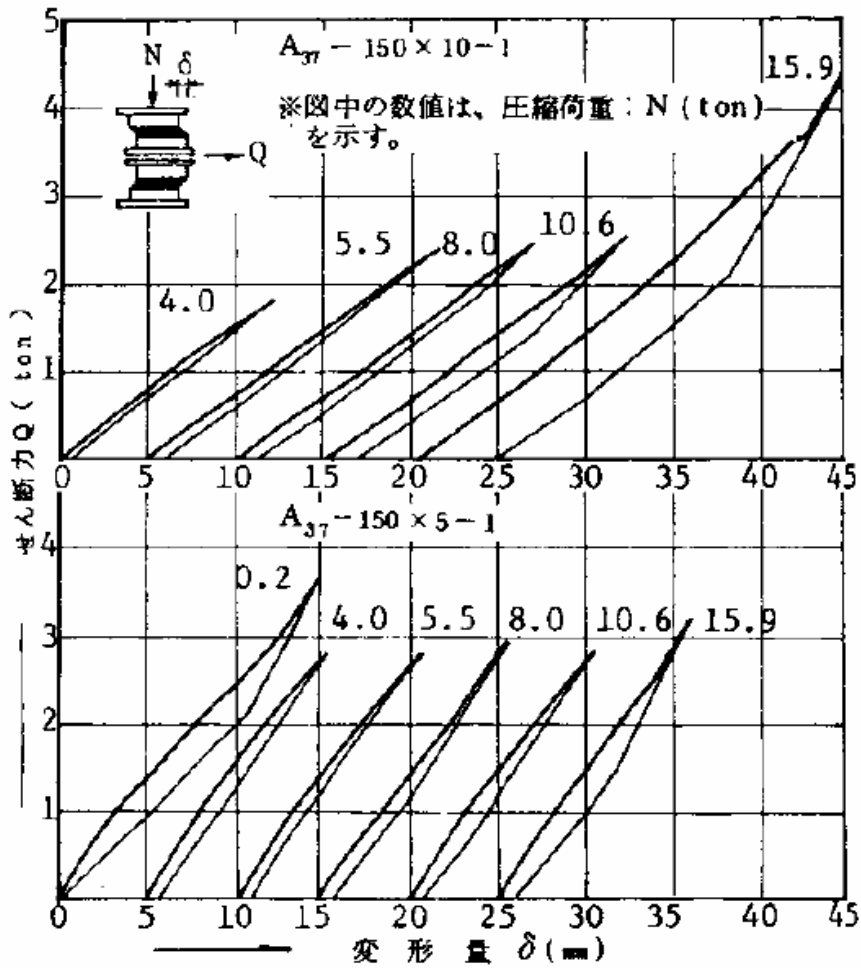


図-2 圧縮せん断実験単層型

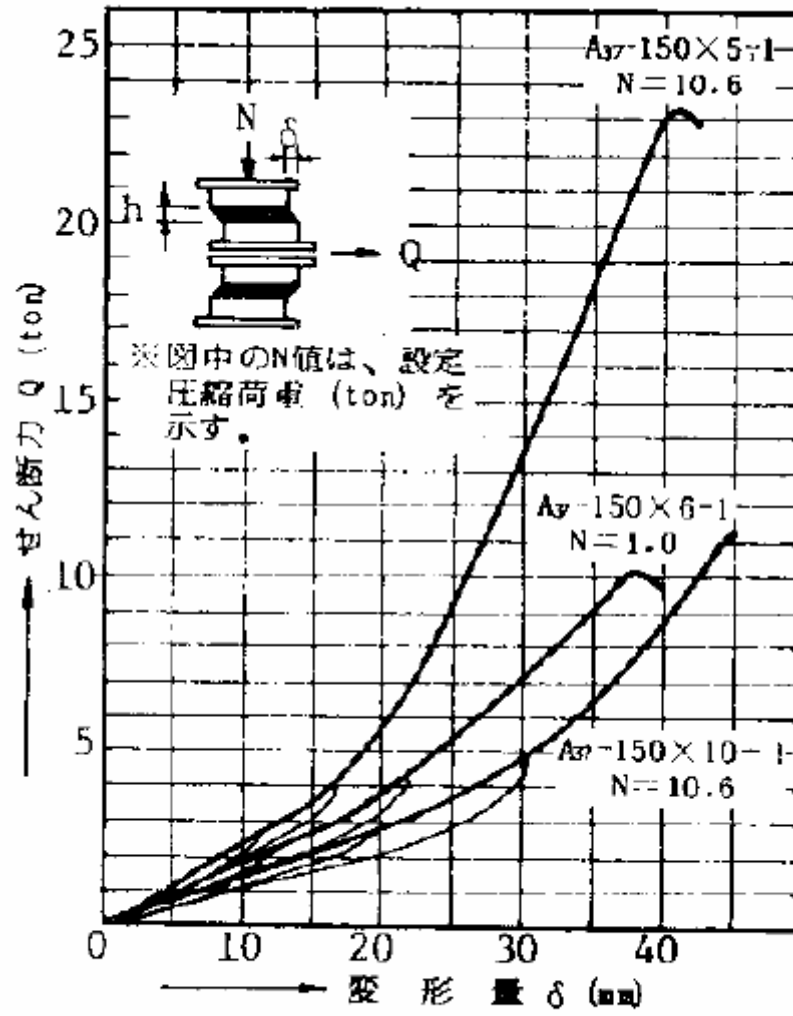


図-3 単層破壊実験

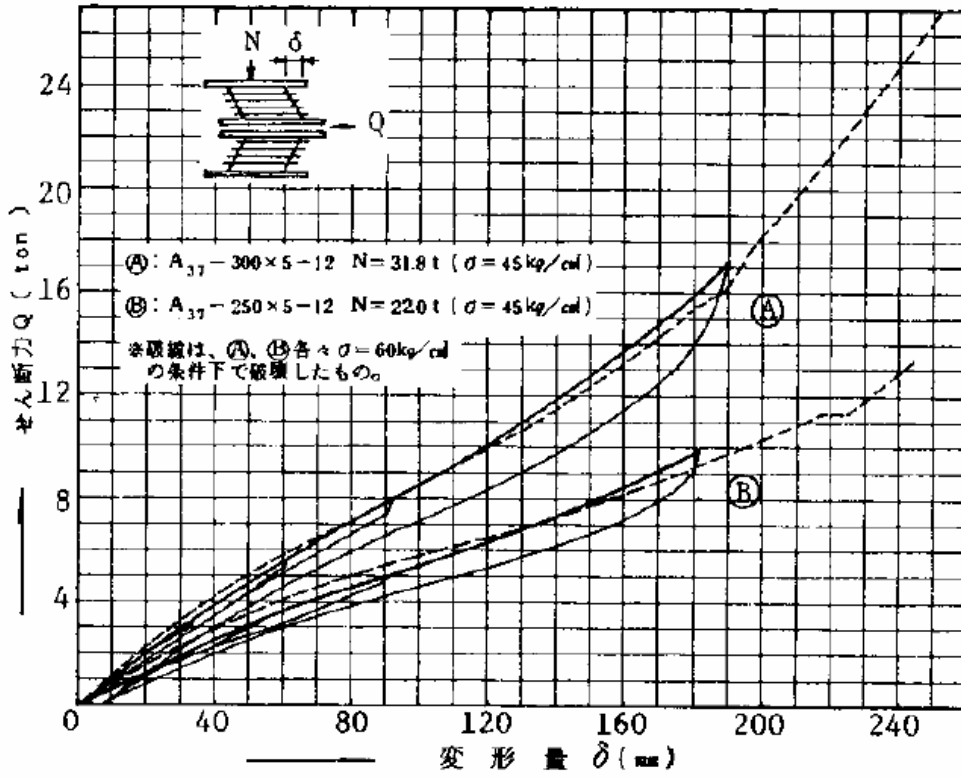
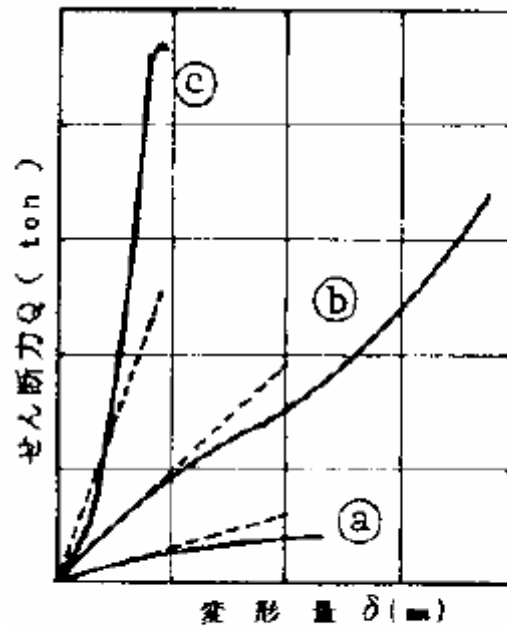


図-4 大型試験機による圧縮せん断実験



注) 図中の破線は、理論式一参による。

図-5 圧縮せん断特性曲線