

試作した低剛性荷重変換器の出力特性

守谷商会 正会員 宮下 秀樹
 信州大学 曹 西
 信州大学 正会員 三井 康司

1. はじめに

弾性論に立脚すると、金属板とゴム板から成る積層ゴムに作用する圧縮力が、中間補強板のひずみで検知可能である¹⁾。これを応用すると、本体構造の剛性が小さい荷重変換器（以下、低剛性荷重変換器という）を造ることができる。しかし、ゴム材料は弾性と粘性を共有するので、これが変換器の出力特性に与える影響を検証する必要がある。本文では、試作した低剛性荷重変換器の出力特性を示し、ゴム物性の影響を考察する。

2. 低剛性荷重変換器の荷重変換機構

ゴム材料は非圧縮性を有し、ポアソン比は0.5に近い値を示す。積層ゴムのように上下面が鋼板等で拘束された円柱状のゴムブロックを、上下方向から一軸圧縮すると、軸方向に収縮した体積に見合う側方膨出を生じ、図-1のようになる。このゴムの側方膨出を拘束するために積層した金属板（以下、受圧板という）のひずみをピックアップすることで、積層板に作用する荷重を検知するものが本荷重変換器である²⁾。

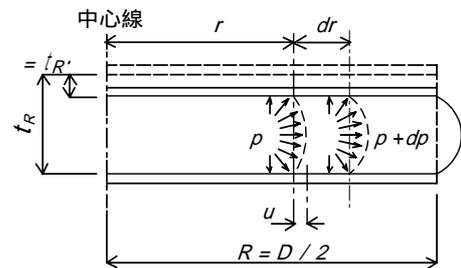


図-1 積層ゴムの圧縮と側方膨出

3. 試作した低剛性荷重変換器の概要

低剛性荷重変換器の出力に及ぼす、接着剤の影響、ゴム物性の影響、寸法の影響を確認するために、表-1に示す組合せにより7種類の変換器を試作し、軸圧縮試験を行った。受圧板は、厚さ0.2mmのアルミ板で、外径が120mmである。この受圧板の上下面に、外径120mm、内径40mmのゴム板を各々1枚積層し、その外側に厚さ5mmのステンレス板を積層した。

受圧板のひずみは、ゴム板の中空部でゴムのせん断ひずみの影響を直接受けない、受圧板中央部のひずみを計測した。ひずみの計測は、ゲージ長3mm、幅2mm、抵抗値350Ω、線膨張係数 23×10^{-6} の箔ゲージを、半径10mmの中心対称位置に上下面それぞれ4枚を貼布し、各々の平均値を求めた。

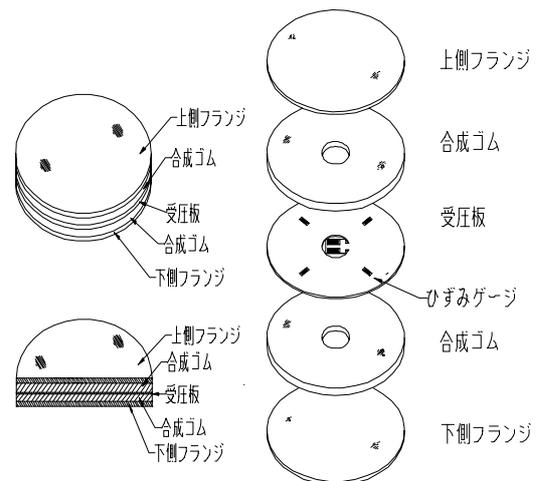


図-2 低剛性荷重変換器の概念図

表-1 試作した変換器の製作意図

着目した評価項目	固定の評価項目	評価対象物性	備考	変換器名
A 接着剤の影響 (接着剤別)	Bは で固定 Cは で固定	加硫接着剤	メタロック XF-636	2P-1
		エポキシ接着剤	ナガセムテックス AW-106	2P-2
		エポキシ弾性接着剤	ゼメダイン EP-001	2P-3
B ゴム物性の影響 (ゴム材質別)	Aは で固定 Cは で固定	天然ゴム 65°	TB=3.7, EB=300, CS=34, HS=67	2P-4
		クロロプレンゴム 65°	TB=8.2, EB=330, CS=15, HS=64	2P-1
		クロロプレンゴム 80°	TB=8.6, EB=310, CS=15, HS=82	2P-5
C ゴム寸法の影響 (形状係数別)	Aは で固定 Bは で固定	t=2@5mm, D=120mm, d=40mm	1次形状係数 $S_1=4.00$	2P-5
		t=2@10mm, D=120mm, d=40mm	1次形状係数 $S_1=1.89$	2P-6
		t=2@15mm, D=120mm, d=40mm	1次形状係数 $S_1=1.28$	2P-7

キーワード 低剛性荷重変換器, 積層ゴム, ヒステリシス, 非直線性, 粘弾性

連絡先 〒380-8533 長野県長野市南千歳 878 番地 (株)守谷商会 技術研究所 TEL 026-223-8192

4. 結果及び考察

軸方向圧縮荷重を載荷した場合の受圧板のひずみを図-3に示す。受圧板の実測ひずみ値は上下面で大きく異なり、かつ荷重の増減に対し非線形を示す。この上下面のひずみを平均して曲げ成分を消去したものを、図中に平均（引張りひずみ）として示した。上下面の実測ひずみに対し、非直線性、ヒステリシス、0点移動などの特性が優れている。以後、これを変換器の出力という。また、図中に示した上下面の曲げひずみは、実測ひずみから引張り成分を消去したものである。実測ひずみの非線形性、0点移動などは、この曲げ成分であることが分かる。これは、ゴム圧縮力の放物線分布による圧縮変位の不均一と、ゴム板及び接着剤の層厚の不均一により生じるものと思われる。

図-4に示した荷重と積層ゴム圧縮ひずみの関係を見ると、大きな非線形性と粘弾性的な挙動が認められる。しかし図-3と4を対比すると、これらの挙動が変換器の出力特性に与える影響が少ないことは明らかである。受圧板に作用する引張り力は、積層ゴムの側方膨出圧の静水圧的挙動に支配されており、ゴムの粘弾性的な挙動の影響を受けていないといえる。

ゴム圧縮ひずみの非線形性を表す非直線性と変換器出力の非直線性との関係を図-5に示す。接着剤の種類によってはゴム圧縮の非線形性が出力の非直線性に影響を及ぼすが、加硫接着剤を使用することでゴム圧縮ひずみの非線形性に関係なく、変換器出力の非直線性を±2%F.S.以内に納めることができる。

図-6で示す、ゴム圧縮ひずみのヒステリシスと変換器出力のヒステリシスの関係は、ある程度の相関が見られる。しかし、図-7で示したゴム圧縮の残留ひずみと変換器出力の除荷時の0点移動量には相関は認められない。クロロプレンゴムと加硫接着剤を組合せて使用すれば変換器出力のヒステリシスを3%F.S.程度に納めることができる。

5. まとめ

試作した低剛性荷重変換器の中間補強板（受圧板）のひずみは、積層ゴム側方膨出圧の静水圧的挙動に支配され、ゴム圧縮ひずみの非線形性や粘弾性的挙動の影響が少なく、線形的で可逆的であることがわかった。

参考文献

- 1)宮下秀樹：荷重計,圧力センサー(特許第3001577号),1999.11
- 2)宮下秀樹,三井康司：荷重検知付加型ゴム支承の開発に関する基礎的研究,土木学会構造工学論文集 VOL.46A,2000.3

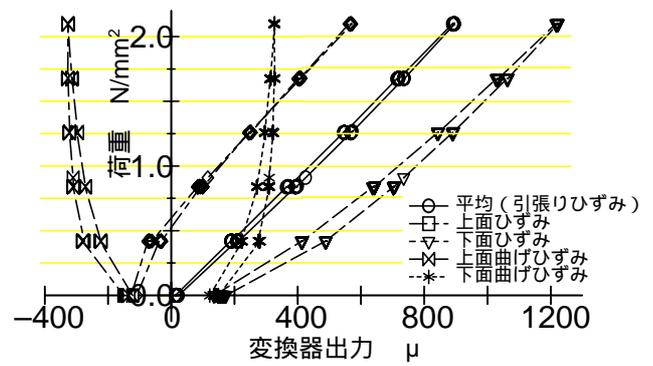


図-3 載荷荷重と変換器出力の関係

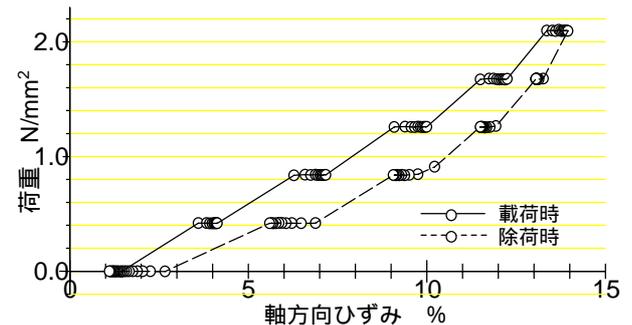


図-4 載荷荷重とゴム圧縮ひずみの関係

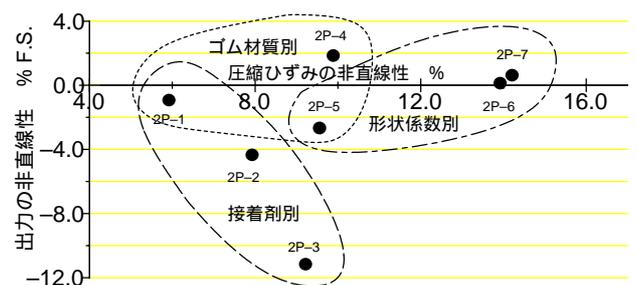


図-5 ゴム圧縮ひずみと出力の非直線性の関係

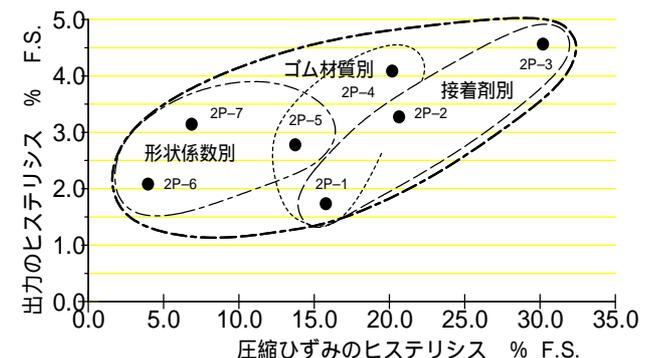


図-6 ゴム圧縮ひずみと出力のヒステリシスの関係

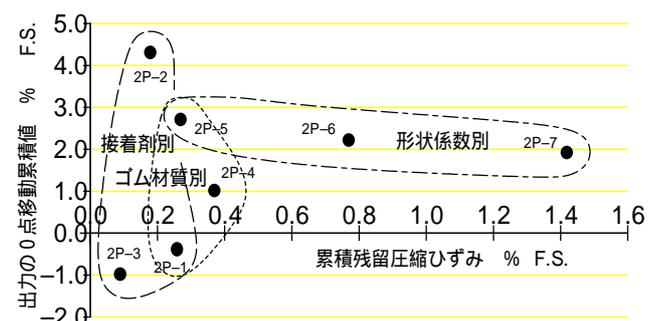


図-7 ゴム圧縮の残留ひずみと出力の0点移動