

鉛プラグ入り積層ゴムの引張方向の特性に関する実験

独立行政法人土木研究所	正会員	○植田 健介
独立行政法人土木研究所	正会員	星隈 順一
国土交通省 道路局	正会員	岡田太賀雄
独立行政法人土木研究所	正会員	堺 淳一

1. はじめに

現在、支承部には積層ゴムが多く用いられており、地震時の鉛直方向上向きの力に対しては、積層ゴムの引張で抵抗させ、発生する引張応力が許容値以下になるよう設計されている。しかし、積層ゴムの引張方向の特性については、実験データの蓄積も少なく、十分な知見が得られていない。そこで鉛プラグ入り積層ゴム(LRB)に対して引張特性を把握すべく同一試験体による圧縮剛性検証試験及び引張破壊実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験方法

実験は、ゴムのせん断弾性係数 1.0N/mm^2 および 1.2N/mm^2 の供試体を各 2 体ずつ用意して行った。実験供試体を図-1 に、その諸元を表-1 に示す。LRB の引張方向の特性を圧縮方向の特性と比較できるように、各供試体とも最初に圧縮剛性検証試験を行った後に引張破壊実験を行った。全ての供試体は実験前に 12 時間以上の温度調整時間を設け、図-2 に示す鉛直荷重 3MN 、水平荷重 700kN の 2 軸試験機を使用して実験を実施した。本研究では、積層ゴムの軸方向の特性のみに着目するため、実験においてせん断方向のひずみは与えないこととした。圧縮剛性検証試験では、圧縮方向に面圧 $0.5\sim 8.0\text{N/mm}^2$ 相当の荷重変動を 0.1Hz の正弦波で繰返し 4 回載荷し、道路橋支承便覧¹⁾に従い 3 回目の履歴における載荷時の面圧 $1.5\sim 6.0\text{N/mm}^2$ に相当する範囲の割線剛性を圧縮剛性として評価した。20 分の試験間隔をとり、次に圧縮方向に面圧 0.5N/mm^2 相当の荷重を載荷した状態から、 1.0mm/sec の速度でゴムが破断するまで引張方向に変位を与えた。引張剛性については、引張方向の面圧 0.5N/mm^2 から静的せん断弾性係数 1.0N/mm^2 および 1.2N/mm^2 の積層ゴムの引張許容応力である 2.0N/mm^2 相当の荷重の範囲の割線剛性を引張剛性として評価した。

3. 実験結果

圧縮剛性検証試験および引張破壊実験の結果を表-2 に、圧縮剛性検証試験の履歴曲線を図-3 に、引張破壊実験の応力-ひずみ曲線を図-4 に示す。図-3 において、圧縮試験の履歴を実線で示し、圧縮剛性を太線で示した。また、引張破壊実験の引張剛性として評価した $0.5\sim 2.0\text{N/mm}^2$ の範囲のデータを破線でプロットしている。

表-1 実験供試体の諸元

項目	記号	単位	G10-1.2	G12-1.2
せん断弾性係数	Ge	N/mm ²	1.0	1.2
ゴム設計寸法	a	mm	240	240
	b	mm	240	240
ゴム厚	te	mm	5	5
ゴム層数	nR	—	6	6
総ゴム厚さ	Σte	mm	30	30
鉛プラグ径	Pb	mm	34.5	34.5
鉛プラグ本数	np	—	4	4
1次形状係数	S1	—	11.221	11.221
2次形状係数	S2	—	8	8
圧縮剛性	Kv	kN/mm	907	1088

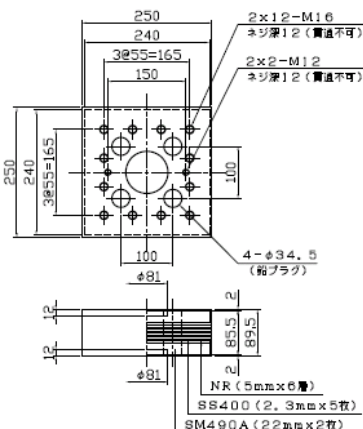


図-1 実験供試体

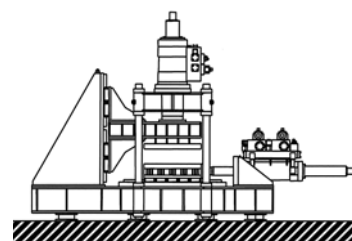


図-2 2軸試験機

キーワード 鉛プラグ入り積層ゴム、引張破壊実験、引張剛性

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 (独)土木研究所 TEL:029-879-6773 FAX:029-879-6739

表-2 圧縮剛性確認試験および引張破壊実験結果

供試体	G10-1	G10-2	G12-1	G12-2
せん断弾性係数 (N/mm ²)	1.0	1.0	1.2	1.2
圧縮剛性 (kN/mm)	674.8	963.6	676.1	897.9
引張剛性 (kN/mm)	103.7	104.4	97.3	121.2
引張/圧縮	0.154	0.108	0.144	0.135
破断荷重 (kN)	297.9	319.8	316.4	269.5
破断応力度 (N/mm ²)	5.53	5.94	5.87	5.00
破断変位 (mm)	64.5	41.1	53.8	21.3
破断ひずみ (%)	215	137	179	71

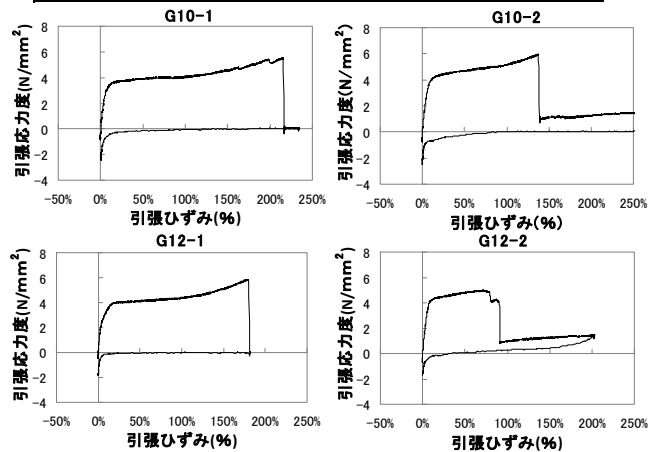


図-4 引張破壊 応力-ひずみ曲線

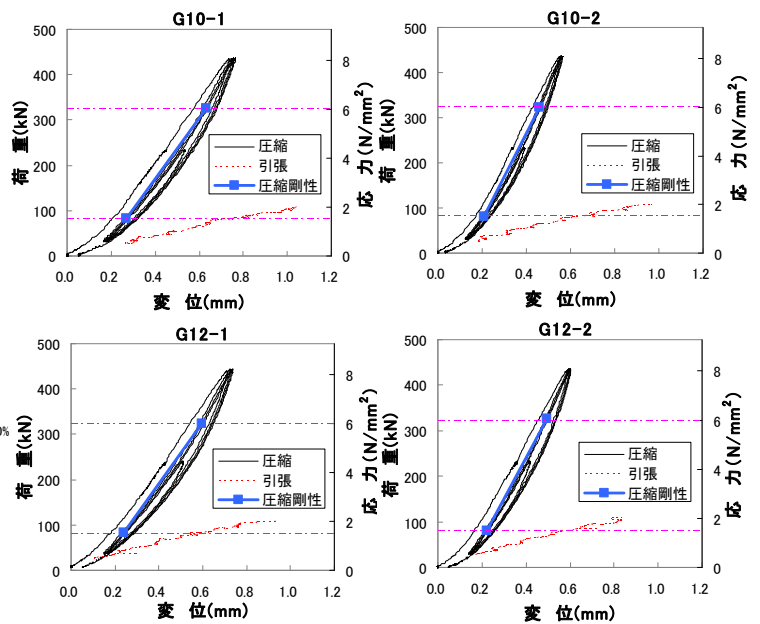


図-3 圧縮剛性 履歴曲線

なお、比較の行いやすいよう、どちらの履歴も荷重載荷方向の変位を正とした。どの供試体も圧縮剛性に比べて引張剛性は軟らかく、その比率は G12-1 と G12-2 では 0.144 と 0.135 と近い値であったが、G10-1 と G10-2 では 0.154 と 0.108 とばらついており、圧縮剛性の高い G10-2 の方が、圧縮剛性に対する引張剛性の比率が低い結果となった。次に引張特性としては図-4 より、今回実験した 4 体の供試体については 2N/mm^2 付近まで直線的に応力が変化した後剛性が低下した。さらに 4N/mm^2 付近で大きく剛性が低下し、その後なだらかに応力は増加していき $5.0\sim 5.9\text{N/mm}^2$ で破断に至る履歴となっている。これはせん断弾性係数 1.0N/mm^2 の積層ゴムの引張破断応力が概ね 5N/mm^2 とする既往の試験結果²⁾とも一致している。しかし、破断ひずみについては、71~215%とばらつきがみられる。このばらつきの原因は、今回の実験の範囲内だけからはよく分からないが、同じせん断弾性係数の供試体で比べると、圧縮剛性の低い供試体のほうが、破断ひずみの大きい結果となっている。なお、破断の形態は、ゴムと内部補強鋼板もしくは上下鋼板との接着面の剥離ではなく、ゴム層内におけるゴム破断で、破断面にはボイド（空隙）の発生した痕跡が確認できた。

4. まとめ

LRB に対する圧縮剛性検証試験および引張破壊試験より以下の結果を得た。

- (1) LRB の引張剛性は圧縮剛性よりも軟らかく、圧縮剛性に対する引張剛性の比率は 10~15%程度であった。
- (2) LRB の引張破壊実験の応力-ひずみ曲線は 2N/mm^2 付近までは弾性的な挙動を示し、その後剛性が低下し、 4N/mm^2 付近でさらに剛性が大きく低下し $5.0\sim 5.9\text{N/mm}^2$ で破断に至る履歴を描いた。破断ひずみは 71~215%であった。

なお、今回の実験は、2 種類のせん断弾性係数の LRB 各 2 体に対する結果であり、積層ゴムの引張方向の特性を把握するには、今回と異なる形状や積層構成の積層ゴムに対する実験データによる分析が必要であり、今後更なる実験データの蓄積を行っていくことが必要である。

謝辞：LRB の圧縮剛性検証試験及び引張破壊試験を実施するにあたり、(社)日本道路協会 耐震設計分科会 支承 WG のメンバーの皆様より御意見・御指導ならびに御協力を賜りました。特にゴム支承協会の協会員の皆様には大変お世話になりました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) (社)日本道路協会，道路橋支承便覧，2004.4
- (2) (社)日本支承協会・ゴム支承協会，免震支承の引張り・せん断力同時載荷特性の確認試験 報告書，1996.3