

積層ゴム支承の性能に影響を及ぼす諸要因に関する実験的検討

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 ○ 栢木 正喜
三井住友建設 (株) 竹之井 勇

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震では、高速道路橋において積層ゴム支承に水平方向の亀裂・破断が確認された。現地における被災の痕跡より最大応答変位を推定したところ許容せん断ひずみの 250%に満たない変位で破断しているものも確認された。このことから積層ゴム支承の性能低下の可能性が疑われた。積層ゴム支承の変形性能に影響を及ぼす要因としては、負反力の影響、大変形の繰返し履歴の影響、オゾン劣化や経年劣化などが考えられる。本稿では、オゾン劣化によるクラックを模擬した傷や繰返し変形、面圧及び温度が、積層ゴム支承のせん断変形性能に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 実験方法

試験体は図-1 に示す $260 \times 260 \times 125.5 \text{mm}$ の天然ゴム系積層ゴム支承（せん断弾性係数 1.2N/mm^2 ）を用いた。積層ゴムは、厚さ 2.3mm の内部鋼板 5 枚と厚さ 5mm のゴム 6 層とからなる。載荷方法は図-2 に示す載荷装置の鉛直載荷板と水平載荷板との間に試験体をボルトで固定し、鉛直ジャッキで試験体に面圧を与えながら水平荷重を与える方法である。鉛直載荷板は鉛直方向のみスライドが可能で、水平載荷板は水平一方向のみスライドが可能な構造である。試験は最初に個々の積層ゴムの特性を把握するために $1.5 \text{N/mm}^2 \sim 6 \text{N/mm}^2$ の荷重範囲で圧縮ばね定数を算出する圧縮試験と、 $\pm 175\%$ のせん断ひずみ（= 水平変位/総ゴム厚）を与えせん断剛性を算出するせん断試験を実施した。その後、表-1 に示す試験条件を与えた。面圧は、鉛直力を積層ゴムの有効面積（ $240 \text{mm} \times 240 \text{mm}$ ）で除した値であり、標準的な面圧として 6.0N/mm^2 、鉛直力が作用しない場合を想定して 0.3N/mm^2 （鉛直載荷板の自重のみ）を設定した。クラックを模擬した傷は、表面のゴム伸長が最大となるゴム積層の最上層部分及び再下層部分の被覆ゴムにカッターナイフで試験体幅（ 260mm ）の切り込

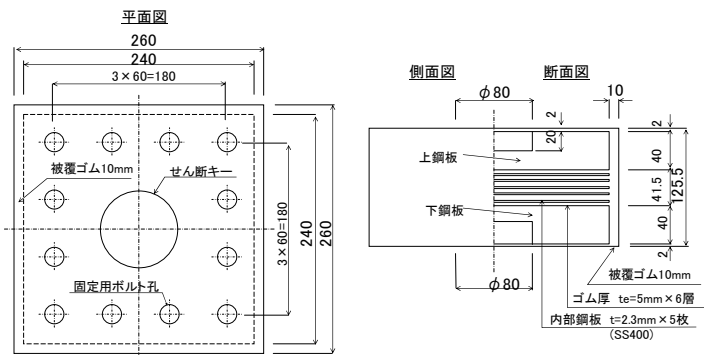


図-1 積層ゴム試験体形状

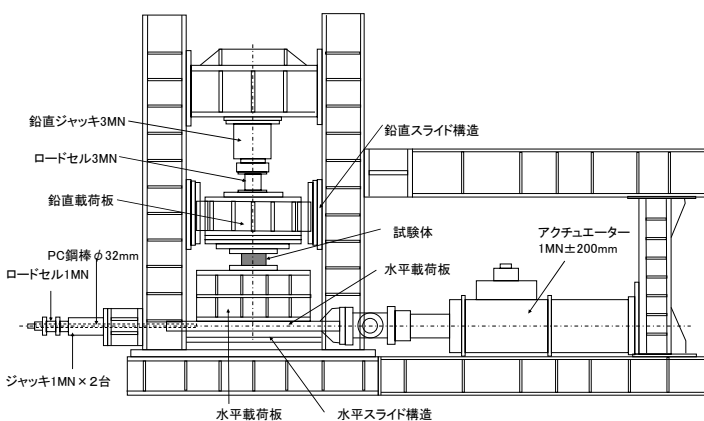


図-2 試験装置

表-1 試験条件

試験温度 (°C)	繰返し (回)	面圧 (N/mm ²)	クラック深さ(mm)			
			0	5	10	20
23	0	0.3	●	○	○	—
		6.0	○	—	○	—
	10	0.3	○	—	○	—
		6.0	○	—	○	—
	20	6.0	○	—	—	—
5	0	0.3	●	—	●	○
	10	0.3	○	●	●	—

●:3社(A, B, C)の試験体で実施 ○:1社(A)の試験体で実施

み（全4箇所）を設けた．実橋におけるクラックも当該部分に多く発生している．繰返し載荷は， $\pm 175\%$ ， $\pm 200\%$ ， $\pm 250\%$ をアクチュエーター（1MN）により連続で載荷した．最後に，アクチュエーターを試験機から切り離し，センターホールジャッキ（1MN）

キーワード ゴム支承, オゾンクラック, 面圧, 繰返し載荷, 破断ひずみ

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1621

2 台で水平載荷板に荷重を与えて試験体を破断に至らせた。

3. 試験結果及び考察

図-3～7 に試験結果の抜粋を示す。

(1) 圧縮ばね定数とせん断剛性

圧縮ばね定数とせん断剛性は、製造会社及び製造ロット (a: 2012 年 9 月, b: 2012 年 11 月, c: 2013 年 2 月) によって値が異なる。圧縮ばね定数では製造ロットごとの平均値に対して最大 17% の違いが認められた。せん断剛性では最大 8% の違いが認められた。

(2) せん断荷重とせん断ひずみの関係

試験温度 23℃, 面圧 0.3N/mm², クラック無, 繰返し無の条件のせん断荷重とせん断ひずみとの関係を図-3 に示す。せん断ひずみが 143% 程度までは荷重ひずみ曲線はほぼ同じであるが, せん断ひずみの増加に伴う接線剛性の増加 (ハードニング) の程度は製造会社及び製造ロットによって異なる。

(3) 面圧の影響

面圧の影響を図-4 に示す。面圧が小さい方が破断ひずみは小さくなる傾向を示し, クラックを有する場合も同様の傾向が認められる。

(4) クラックの影響

クラック深さと破断ひずみとの関係を図-5 に示す。クラックの深さが深いほど破断ひずみは低下する。クラック深さが被覆ゴムを超え本体に至る深さ 20mm の場合も同程度の低下割合であった。また, 面圧が 6N/mm² の場合でも低下する傾向は同じであった。

(5) 温度の影響

試験温度 23℃ と 5℃ の結果を比較して図-6 に示す。A 試験体は 23℃ に比べて 5℃ で破断ひずみが低下するのに対して, B 及び C は若干増加する傾向を示している。これは, ゴム材料や接着剤の性能の違いが影響していると考えられる。

(6) 繰返しの影響

繰返し載荷の影響を図-7 に示す。繰返し載荷を行うと破断ひずみは増加している。これは, 繰返し載荷によって積層ゴムのせん断剛性が低下し, せん断変形が生じやすくなるためと考えられる。面圧が 6N/mm² の場合でも一部例外はあったが, 同様の傾向を示した。

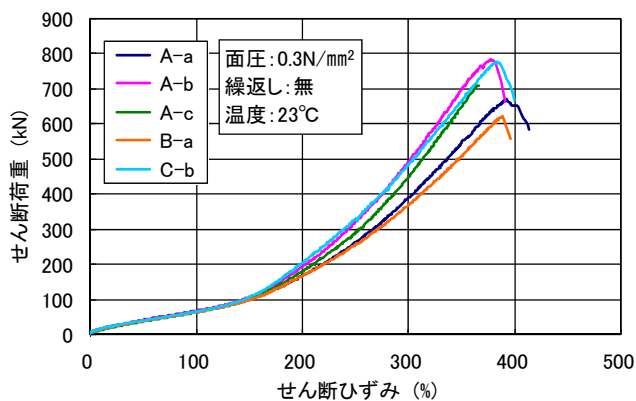


図-3 荷重－せん断ひずみの関係

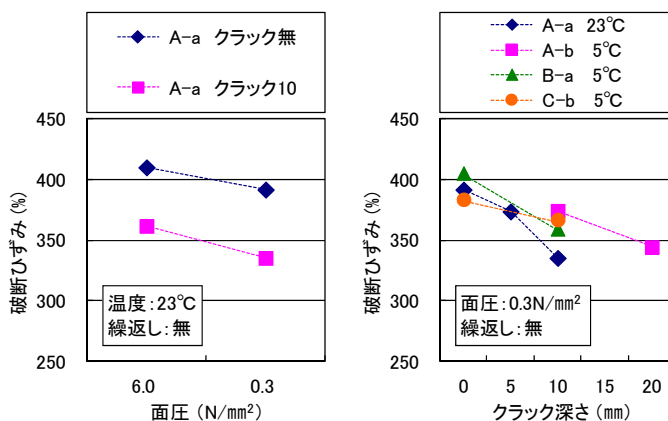


図-4 面圧の影響

図-5 クラックの影響

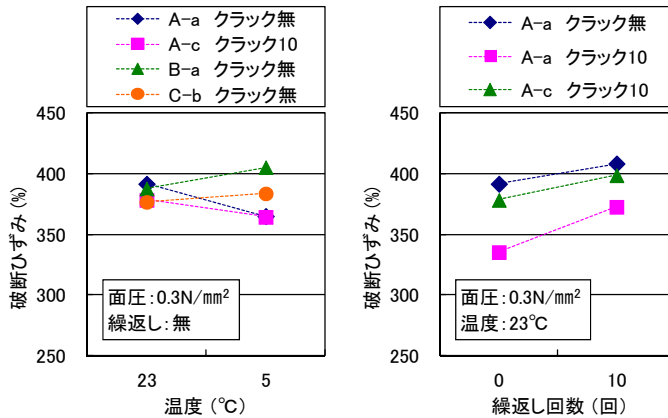


図-6 温度の影響

図-7 繰返しの影響

4. まとめ

- (1) 面圧が小さい場合, 破断ひずみは低下する。
- (2) クラックを有する場合, 破断ひずみは低下し, その深さが深いほど低下する。
- (3) 繰返し載荷を与えるとせん断剛性が低下し, 破断ひずみは増加する。
- (4) 性能低下が助長されるような要因の組合せは確認されなかった。

今後はクラックの補修方法について, 材料や施工性などの面から検討していく予定である。