

積層ゴム支承の局部せん断ひずみに関する実験的研究

日本道路公団 正会員 村山 陽
 (株)ブリヂストン 正会員 須藤 千秋
 (株)ピービーエム 配野 英朗

1. はじめに

橋梁用支承として長年にわたり用いられてきた積層ゴム支承は、近年、優れた耐久性や、反力分散・免震などの新たな機能が評価され、その適用範囲が大きく広がっている。このような動きに対応し、平成3年7月に改訂された道路橋支承便覧では、積層ゴム支承の耐久安全性を定量的に照査するために局部せん断ひずみの考え方が導入された。局部せん断ひずみの照査は、積層ゴム支承が鉛直荷重、水平力、ならびに回転変形を受けて変形する際に、ゴムの端部の鋼板との境界に局部的に発生するせん断ひずみの大きさを照査するもので、ヨーロッパ諸国で取り入れられている理論をもとに日本道路公団による耐久性試験結果から設定された許容値が規定されている。¹⁾

本研究は、上記照査理論の妥当性を実験的に確認すること、及び実際の適用において不明確になっている回転変形の軸が、支承の辺の方向に対し斜めになっている場合の取扱いを明確化することを目的とした。

2. 実験の概要

(1) 局部せん断ひずみ γ の測定： ゴムの側方への膨出断面形状が放物線であるとすると、式(1)により膨出量 δ から局部せん断ひずみ γ を算出できる。(図-1)

$$\gamma = 4 \cdot \delta / t. \quad (1)$$

ここに、 t ：ゴム1層厚

(2) 試験装置：

1) 3軸偏心試験装置(写-1)[純回転変形、純圧縮、純せん断、及び複合载荷]

2) レーザ変位計及びスキャン装置(写-2)

[非接触式でゴム膨出量、分布を測定]

(3) 供試体： 3種類使用(表-1)。

いずれも天然ゴム単層構造。ゴム層上下に加硫接着された補強鋼板を試験機面盤にボルト固定し、偶力による純回転変形を加えられる構造とした。(図-2)

(4) 実験項目と载荷条件： ①膨出ゴム断面形状の確認、②局部せん断ひずみ理論値と実験値の整合性及び加算性の確認、③回転軸と支承辺方向の斜め角の影響の確認を目的とし、表-1に示す载荷条件で実験を行った。せん断変形については、局部せん断ひずみへの寄与が明確なので本実験では考慮しなかった。

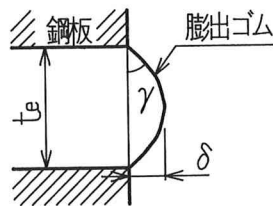


図-1 局部せん断ひずみ

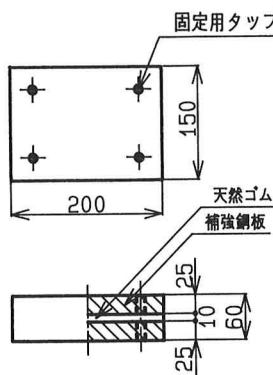
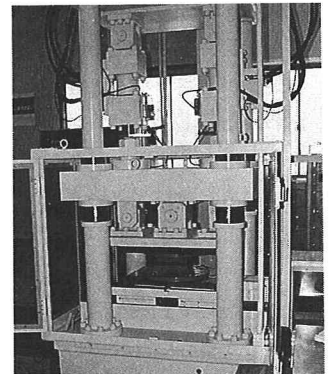


図-2 供試体構造(2)



写-1 3軸偏心試験装置

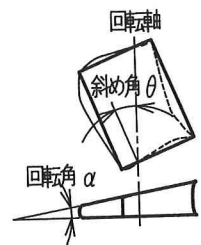


図-3 回転軸と回転角

表-1 供試体の諸元及び実験条件一覧

供試体	平面形状 $a \times b$ [mm]	ゴム 厚 t [mm]	形状 係数 S	せん断 弾性係数 G_0 [kgf/cm ²]	実験条件		
					回転軸の斜め角 θ [deg]	回転角 α [rad]	圧縮応力 σ [kgf/cm ²]
①	200×200	30	1.67	8	0, 45	0, 1/100, 1/50	0, 5, 10
②	200×200	10	5.00	10	0, 22.5, 45	0, 1/150	0, 15, 80
③	150×200	10	4.29	8	0, 22.5, 45, 67.5, 90	0, 1/150	0, 15, 80

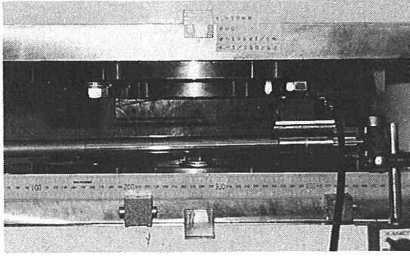


写真-2 測定装置と供試体

表-2 測定換算値と理論値の整合性

供試体 測定条件		測定換算値			理論値 D
		測定 m_1	測定 m_2	測定 m_3	
供試体①	γ_{cmax}	0.424	0.436	0.368	0.416
$\sigma=5\text{kgf/cm}^2$	(m_i/D)	(1.019)	(1.048)	(0.885)	
供試体①	γ_{cmax}	0.804	0.772	0.692	0.832
$\sigma=10\text{kgf/cm}^2$	(m_i/D)	(0.966)	(0.928)	(0.832)	
供試体②	γ_{cmax}	0.480	0.384	0.396	0.381
$\sigma=15\text{kgf/cm}^2$	(m_i/D)	(1.260)	(1.008)	(1.039)	
供試体②	γ_{cmax}	1.932	1.944	2.004	2.030
$\sigma=15\text{kgf/cm}^2$	(m_i/D)	(0.952)	(0.958)	(0.987)	
供試体③長	γ_{rmax}	0.828	—	—	1.333
$\alpha=1/150\text{rad}$	(m_i/D)	(0.621)			
供試体③短	γ_{rmax}	0.696	—	—	0.750
$\alpha=1/150\text{rad}$	(m_i/D)	(0.928)			

3. 実験結果

(1) 膨出ゴム断面の形状 膨出部の投影写真により測定し放物線によく適合することが確かめられた。しかし、局部せん断ひずみが2.5を超えるような大きな変形においては、次第に放物線からずれていくことが確認された。

(2) 理論値と実験値の整合性、及び加算性の確認

1) 表-2に、供試体①②の圧縮による局部せん断ひずみ γ_c 、及び③の回転による局部せん断ひずみ γ_r の測定結果を例示する。測定換算値は、本実験で得られた膨出量最大値から式(1)によって局部せん断ひずみに換算した値であり、理論値は支承便覧の照査式に則った値である。測定値にばらつきはあるが、両者は概ね整合することが確認された。

2) 図-4に、積層ゴムの1辺上の局部せん断ひずみの分布状況の例を示す。純粋圧縮による局部せん断ひずみ γ_c 、純粋回転による局部せん断ひずみ γ_r 、圧縮と回転を同時に載荷した状態で測定された局部せん断ひずみ γ 、支承便覧で取り入れている γ と γ_r の算術和 γ_T を示す。 γ と γ_T が非常によく一致し、加算性が成り立つことが確認された。また、 γ_c 、 γ_r 共に辺の両端では小さくなることも確認された。

(3) 回転軸と支承辺方向の斜め角の影響

図-5に長方形供試体③の各辺における純粋回転による局部せん断ひずみの最大値 γ_{rmax} を斜め角 θ に対しプロットした。 γ_r は回転軸から離れるほど大きくなるが、辺の両端では小さい。斜めに置かれ支承頂点が回転軸から遠くなくても、辺端のため発生する γ_r は小さい。この結果、回転軸が斜めの場合でも斜め角の無いものとして γ_{rmax} を照査して安全側である。長方形の場合は、回転軸をまたがない辺に関し照査すればよいと考えられる。

4. まとめ

(1) 支承便覧で規定されている局部せん断ひずみの照査の理論式の妥当性が実験の範囲内で確かめられた。

(2) 積層ゴム支承が回転軸に対し斜めに置かれている場合でも、局部せん断ひずみの照査にはその影響を考慮する必要はない。

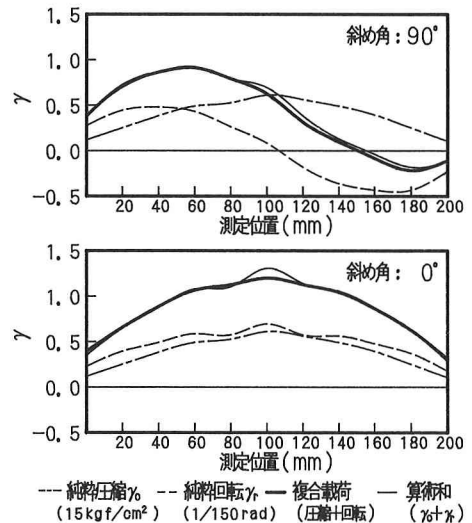


図-4 局部せん断ひずみの分布

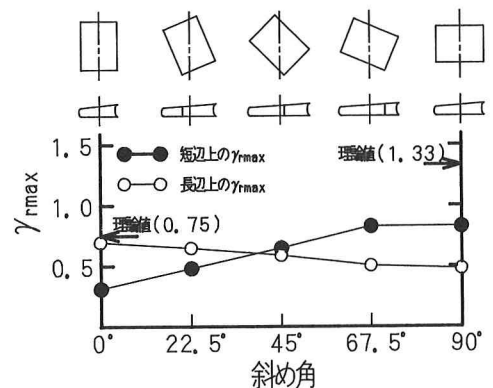


図-5 斜め角と回転局部せん断ひずみ

参考文献 1) (社)日本道路協会：道路橋支承便覧、平成3年7月