

VI-116

履帯用耐摩耗ゴムの切断特性について

愛媛大学工学部 正員 河原 莊一郎
愛媛大学工学部 正員 室 達朗
今治市役所 梶川 真治

1. まえがき 履帯やORタイヤに使用されている耐摩耗ゴムは、碎石などが原因で偶発的にカットがよく発生する。ORタイヤの廃棄の内訳をみると、カットバーストは約35%と完摩の約45%に比べてかなりの割合を占め、寿命も短い。しかし、カットの発生するメカニズムはほとんどわかっていない。

ここでは、耐摩耗ゴムの切断特性を明らかにすることを目的とし、碎石にみたてた切断刃の刃先角、ゴム厚のゴムの切断に及ぼす影響を、静的および動的モデル実験により調査する。

2. ゴム供試体および切断刃 ゴム供試体は、硬度Hs62の天然ゴムを主体とした耐摩耗ゴム（引張強さ 213kgf/cm^2 、伸び573%、引裂強さ 65.0kgf/cm ）で、切断幅 $50\times$ 長さ 100mm 、厚さ5, 10, 15, 20, 30mmの5種類である。碎石にみたてた切断刃（SS41）は、刃先角 θ が30, 45, 60, 75, 80, 85, 90 degの7種類である。刃の大きさは、刃幅 $100\times$ 長さ $80\times$ 厚さ 16mm である。

3. 実験装置および方法 ゴムの切断実験は静的と動的について行った。静的切断装置は、アムスラーの下部昇降台が上昇することにより、切断刃に荷重を与え静的にゴム供試体を切断する機構である。垂直荷重はアムスラーの下部クロスヘッドと切断刃の間に装着したロードセル（2tf用）により、切断刃の貫入量は超音波変位計により測定し、デジタルデータレコーダに記録した。この実験における貫入速度は、約 0.2mm/s に設定した。

動的切断装置は、重錘の落下した衝撃力によりゴム供試体を切断する機構である。高さは約4mで、とんびの紐を引張ると重錘（質量 $M=20.9\text{kg}$ 、直径 10cm の鋼製円柱）が落下する。4本の支柱からなる落下道は、ターンバックルにより鉛直性を微調整できる。

切断部の詳細を図1に示す。刃の回転防止鉛直方向への貫入を保つため、切断刃の横に装着された左右各2本のステンレス製丸鋼（直径 8mm ）がサイドガイドの鉛直溝を滑っていくようになっている。また、切断刃に衝撃力を確実に伝えるため、切断刃プロテクター（厚さ 10mm 、直径 100mm ）を装着している。ゴム供試体は、両端を固定している。ゴム供試体の下部には、3層からなる木製防刃材（層厚 10mm ）を設置して、切断時における刃先の保護をしている。直接、切断時に刃と衝突する部分（幅 20mm ）においては、着脱式で1回毎に交換した。脚部は、重錘落下による衝撃のショックアブソーバーの役割を果たさないよう、落下箇所下部には支柱をいれて補強した。なお、静的実験でも動的実験の切断部と同じものを使用した。

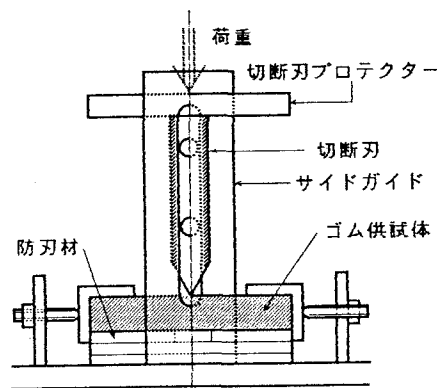


図1 実験装置の切断部

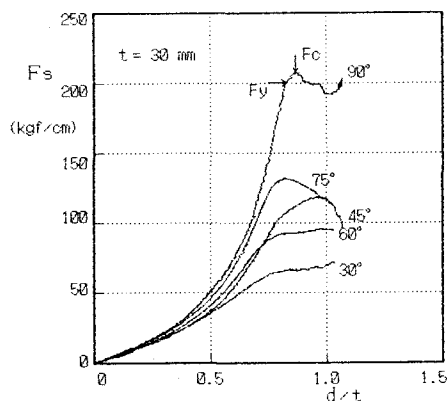


図2 垂直荷重 F_s と貫入量 d/t の関係

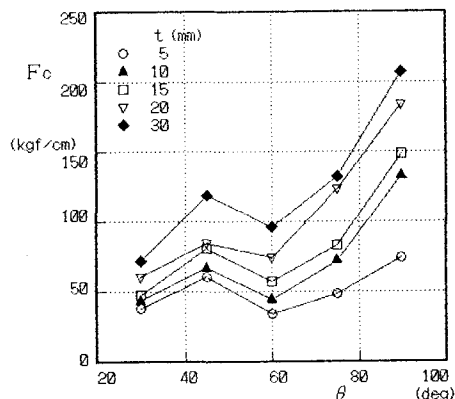


図3 最大荷重 F_c と刃先角 θ の関係

4. 静的切斷実験結果および考察 図2に切斷終了点までの単位幅当りの垂直荷重 F_s と貫入量 d をゴム厚 t で除した d/t の関係をゴム厚30mmについて示す。刃先角 60° の切斷刃に対してゴム供試体（ゴム厚30mm）の側面に5mm方眼を描いて切斷時の様子を観察したところ、ゴム供試体の切斷刃直下において約20%まで圧縮されたのち、実際の切斷が開始されることがわかった。この点は、曲線の曲率最大点（ $d_v/t, F_v$ ）で、切斷開始点に相当する。また、図の曲線は2つのパターンに分けられる。パターン1では、切斷開始点以後垂直荷重 F_s が徐々に増加しながら切斷される。パターン2では、切斷開始点以後荷重にピークがみられる。刃先角 $30^\circ, 60^\circ$ では、全てパターン1であったが、それ以外の刃先角ではゴム厚が厚くなるにつれてパターン2を示す。

図3に最大荷重 F_c と刃先角 θ の関係を示す。ゴム厚 t が厚くなるにつれて、刃先角 60° から 90° にかけて最大荷重 F_c が急激に増加する。刃先角 45° で 60° よりも F_c が大きい場合もあるが、これにはゴムと切斷刃との間の摩擦の影響が考えられる。

図4に切斷開始時貫入量 d_v とゴム厚 t の関係を示す。 d_v (mm)と t (mm)の間には、次式の比例関係が成立する。

$$d_v = 0.803 \cdot t \quad (\text{相関係数 } r=0.976, \text{ データ数 } n=25) \quad (1)$$

ゴム厚 t 、刃先角 θ にかかわらず、貫入量 d が実験前のゴム厚 t の20%になったときに切斷開始点に達している。

5. 動的切斷実験結果および考察 図5に臨界切斷落下高さ h_c と刃先角 θ の関係を示す。臨界切斷落下高さ h_c とはゴム供試体が過不足なくちょうど切斷される高さをいう。図より、どのゴム厚でも刃先角 75° から 90° にかけて、臨界切斷落下高さ h_c が急激に増加する。また、刃先角 90° ではゴム厚15mm、それ以外の刃先角ではゴム厚30mmにおいて、 h_c が急増し切斷されにくくなる。

図6に衝撃力 F_d と静的切斷時の最大荷重 F_c との関係を示す。 F_d (kgf/cm)は、別途実験して求めた次式に $h=h_c$ (cm)を代入して算定した。この実験では、ゴム供試体（厚さ20mm）の上にロードセル（20tf用）を設置し、最高150cmから重錘を落下させて衝撃力をサンプリング間隔1msで測定した。

$$F_d = 22.7 \cdot h^{0.488} \quad (r=0.996, n=21) \quad (2)$$

質点に働く力が非常に大きく作用する時間 T も微小である場合、運動量の原理（力積の法則）より F_d は h の0.5乗に比例する。この実験では、 $h=143$ cmで $T=14$ msと微小であったが、ゴムが変形し衝撃を吸収したため、 h の指数がやや小さくなったと考えられる。 F_d (kgf/cm)と F_c (kgf/cm)の間には、次式の比例関係が成立する。

$$F_d = 1.05 \cdot F_c \quad (r=0.766, n=23) \quad (3)$$

比例係数がほぼ1となるので、 F_d は F_c とほぼ一致する。

6. まとめ 静的切斷において、刃先の貫入量がゴム厚の約20%になったときに切斷が開始される。衝撃力は、静的切斷時の最大荷重とほぼ一致することが判明した。

参考文献 1) 昌昭治郎著：建設機械学，鹿島出版会，pp.102～150，1987。

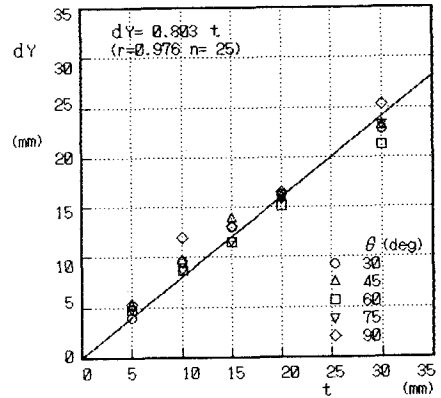


図4 切斷開始時貫入量 d_v とゴム厚 t の関係

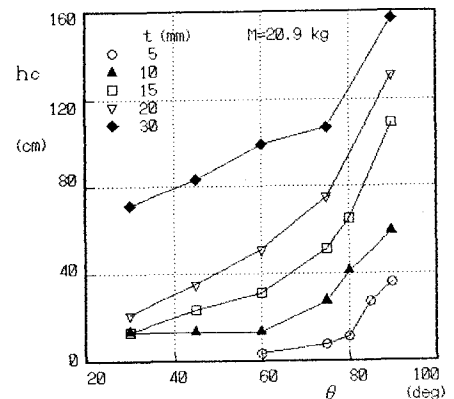


図5 臨界切斷落下高さ h_c と刃先角 θ の関係

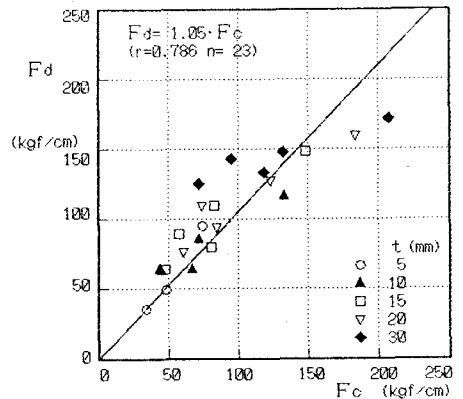


図6 衝撃力 F_d と最大荷重 F_c の関係