

III-378

ゴム履帯の摩耗特性と摩耗寿命予測

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
㈱日建技術コンサルタンツ 山崎 洋一

1. まえがき ゴム履帯の摩耗特性を、雰囲気（乾燥・水浸状態）および種々の接触面圧での天然ゴム要素に対する室内摩耗試験により調査する。さらに、4t級ブルドーザのゴム履帯の摩耗寿命予測を行う。

2. ゴム供試体および供試路面 ゴム供試体（ $\phi 30 \times 30 \text{mm}$ ）として、A、Bの天然ゴムを主体とした耐摩耗ゴムおよび比較のためCのウレタンゴムを使用した（表1）。供試路面（ $300 \times 300 \times 130 \text{mm}$ ）はモルタル製で、凹凸の標準偏差は1.05mmである。

3. 摩耗特性 使用した室内摩耗試験機^{1), 2)}は、モーター（7.5KW）によって駆動される直径40cmの回転テーブル、空気圧シリンダー（777 kgf）を用いた载荷装置および摩擦抵抗測定器からなる。ゴム供試体をホルダーに21mm埋め込んだ状態で、半径10.3cmの供試路面上を摺動させた（摺動速度61.4cm/s、距離約210cm）。水浸状態では接触面に口径1.5mmのノズルより水道水を約30cc/sの流量で噴射させた。なお、発生した摩耗粉は吸引機にて除去した。

図1に単位摩耗量 M と接触面圧 p の関係を示す。ゴム供試体の摩耗量は、単位摺動距離、単位接触面積当りの摩耗質量（単位摩耗量）として $\text{g/cm} \cdot \text{cm}^2$ なる単位で表示する。明らかに、天然ゴムが耐摩耗性に優れている。低面圧（5.0kgf/cm²以下）で天然、ウレタンゴムとも供試体底面が摩耗していたが、高面圧（5.0kgf/cm²以上）になると、天然ゴムはウレタンゴムに比べ圧縮せん断変形が大きく角部が摩耗する状態から次第に引裂き現象を生じ、ついには引裂き面が裏返しになった形で摩耗していた。したがって、天然ゴムは低面圧での使用にとどめるべきである。2つの天然ゴムを比べると、低面圧でBが、高面圧でAの方が摩耗量が少ない。また、水浸状態の単位摩耗量は乾燥状態の半分程度である。これは、噴射水による冷却効果による考えられる。

単位摩耗量 M （ $\text{g/cm} \cdot \text{cm}^2$ ）と接触面圧 p （ kgf/cm^2 ）との関係は次式のべき乗関数で表される^{2), 3)}。

$$M = a_0 \cdot p^{a_1} \quad (1)$$

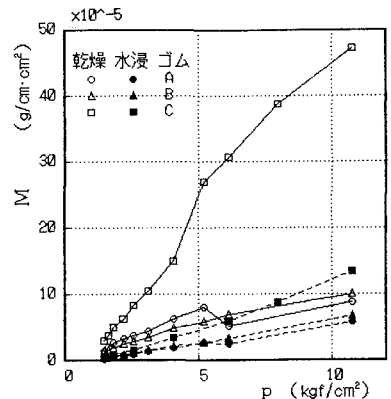
相関係数がすべて0.9以上と相関性が高く、指数 a_1 は水浸状態で乾燥状態に比べ大きい（表2）。

図2に摩擦係数 μ と接触面圧 p の関係を示す。低面圧で天然、ウレタンゴムとも摩擦係数の変動が激しい。高面圧では一定値に収まるが、水浸状態で乾燥状態に比べ摩擦係数が高い傾向がある。

5. ゴム履帯の摩耗寿命予測 グラウサが路面に貫入しないような硬い路面におけるゴム履帯の摩耗寿命を予測する式を導く。スリップ率 i 、履帯接地長 D （cm）の履帯1回転当りのグラウサの摩耗高さ dH （cm）は次式で与えられる。

表1 ゴム供試体の物理試験結果

ゴム供試体	A	B	C
硬度 H_s	64	69	90
引張り強さ (kgf/cm^2)	219	223	530
M_{100} (kgf/cm^2)	24	24	77
引裂き強度 (kgf/cm)	94	104	103

図1 単位摩耗量 M と接触面圧 p の関係表2 回帰式における係数 a_0 、
指数 a_1 の値

ゴム	a_0 $\times 10^{-6}$	a_1	r
乾燥状態			
A	14.7	0.86	0.947
B	10.1	1.03	0.994
C	20.4	1.39	0.992
水浸状態			
A	2.22	1.37	0.965
B	2.68	1.34	0.979
C	3.47	1.56	0.999

$$dH = M \cdot i \cdot D / \rho \quad \rho : \text{ゴムの密度 (g/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

グラウサの縦断面形状は、簡単のため長方形と仮定している。

ゴム履帯の摩耗限界を初期グラウサ高さ H (cm) の α_c とすると、限界回転数 n_c (回) および摩耗寿命 t_c (hr) は次式で算定される。

$$n_c = \frac{(1 - \alpha_c) \cdot H}{dH} = \frac{(1 - \alpha_c) \cdot H \cdot \rho}{i \cdot D \cdot M} \quad (3)$$

$$t_c = \frac{n_c \cdot L}{v} = \frac{(1 - \alpha_c) \cdot H \cdot \rho \cdot L}{i \cdot D \cdot M \cdot v} \quad \begin{array}{l} L : \text{履帯長 (cm)} \\ v : \text{履帯速度 (cm/hr)} \end{array} \quad (4)$$

ところで、単位摩耗量は接地圧の関数となるので、ゴムグラウサに作用している接地圧を剛性履帯とたわみ性履帯に分けて決定する。剛性履帯の場合、接地圧は均一に分布するとみなすと、グラウサ頂面に作用する接地圧 p (kgf/cm²) は次式で与えられる。

$$p = \frac{W}{2 \cdot a_t \cdot B \cdot D} \quad \begin{array}{l} W : \text{車両重量 (kgf)} \\ B : \text{履帯幅 (cm)} \end{array} \quad (5)$$

真接地面積比 a_t は、次式で表される。

$$a_t = \frac{A_t \cdot G_n}{B \cdot D} \quad \begin{array}{l} A_t : \text{グラウサ頂面積 (cm}^2\text{)} \\ G_n : \text{接地グラウサ数 (1履帯)} \end{array} \quad (6)$$

たわみ性履帯の場合、転輪分担荷重 W' (kgf) が1個のグラウサに作用すると仮定する。

$$p = \frac{W'}{A_t} = \frac{G_n \cdot W'}{a_t \cdot B \cdot D} \quad (7)$$

表3に示す4 t級ブルドーザを解析対象とし、真接地面積比 a_t はたわみ性履帯で15、25%、剛性履帯で15%として計算を行った。図3にゴム供試体Aに対する摩耗寿命 t_c および限界回転数 n_c とスリップ率 i の関係を示す。図中、 $p = 1.57 \text{ kgf/cm}^2$ が剛性履帯に対するものである。摩耗寿命 t_c は、水浸状態で乾燥状態に比べ約3倍以上と長い。また、スリップ率 i が5%から10%にかけて急激に減少する。さらに、低接地圧ほど摩耗寿命 t_c は向上する。解析ではグラウサ縦断面形状を長方形としたが、実機は台形であるので摩耗するにつれて接地圧は低下する。加えてゴム自体の体積も台形の方が大きい。さらに、室内摩耗試験はかなりの過酷度を有することも考え合わせると、実機の摩耗寿命は解析結果よりもかなり向上するものと考えられる。

6. あとがき 天然ゴムは、ウレタンゴムに比べ優れた耐摩耗性を示す。摩耗対策として、グラウサ頂面積を広くする、スリップ率を5%程度に抑える、ゴムを冷却することが挙げられる。今後、室内試験の過酷度を正確に求め、また台形グラウサにつ

いても摩耗寿命予測式を示すことで、より実機に近いゴム履帯の摩耗特性を解明することが課題である。

参考文献 1) 室達朗, 榎明潔, 亀岡均: 岩盤掘削刃の摩耗に及ぼす金属材料と雰囲気の影響, 愛媛大学工学部紀要, 10巻1号, pp. 281-293, 1982. 2) 室達朗, 河原莊一郎, 河野幸一: ホイールローダ用タイヤの摩耗速度特性, 愛媛大学工学部紀要, 11巻3号, pp. 395-407, 1988. 3) 室達朗: 重ダンプトラック用タイヤの摩耗速度特性, テラメカニクス, 第7号, pp. 26-32, 1987.

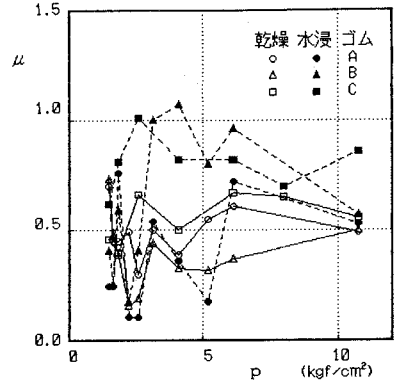


図2 摩擦係数 μ と接触面圧 p の関係

表3 ブルドーザ (4 t級) の諸元

車両重量 W (kgf)	4000
履帯長 L (cm)	500
履帯接地長 D (cm)	170
履帯幅 B (cm)	50
グラウサ高さ H (cm)	6.5
接地グラウサ数 (1履帯) G_n	10
転輪分担荷重 W' (kgf)	400
履帯速度 v (km/hr)	2.0

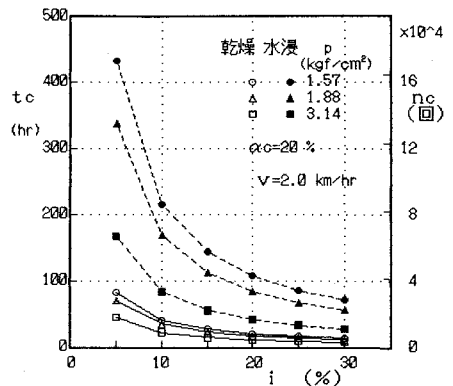


図3 摩耗寿命 t_c および限界回転数 n_c とスリップ率 i の関係