

18. ホイールローダ用タイヤの摩耗と路面粗さに関する研究

愛媛大学：室 達朗・*河原莊一郎
光洋機械産業(株)：高木 博人

1. まえがき 走路の表面粗さがタイヤの摩耗に与える影響を調査するため室内摩耗試験を実施し、タイヤゴムと石灰岩の碎石との接地圧のみならず晴天（乾燥）時と雨天（水浸）時のタイヤゴムの摩耗に与える影響を定量的に調べ、基礎的なデータをえた。さらに、爆砕された石灰岩の積込み作業を行う2機種ホイールローダに使用されているORタイヤ45/65-45について、それらの摩耗履歴曲線¹⁾を現地で調査するとともに、稼働路面の表面粗さ等の走路特性を調べた。

2. 室内摩耗試験 (1) 供試体 タイヤゴム試験片として実際に使用されていたORタイヤ21.00-35より直径30mm、高さ50mmの供試体を切り出し、新品および再生品の計4種類について摩耗試験を行った。相手材料は種々の粒度からなる石灰岩碎石をセメントで固結し、表面粗さ±2.06, ±1.89および±1.46mmの走路面（路面I, II, III）をもつブロック（34x34x12cm³）である。

(2) 実験装置と方法 写真1に実験装置²⁾の供試体摩耗試験部分を示すように、ゴム試験片に作用する垂直荷重および摩擦抵抗力をそれぞれロードセルで計測した。垂直応力は15.0 kgf/cm²まで空気シリンダーによって載荷させ、摺動速度2.12 km/h(58.9cm/s)を与えた。摺動半径は25cmで、同一円周上を摺動させるために発生するゴム摩耗粉は試験後除去した。摩耗量は摩擦熱による材質変化を避けるため100℃以上の温度上昇がないよう平均5秒間の摩擦による重量変化を計測した。また、試



写真1 室内ゴム片摩耗試験機

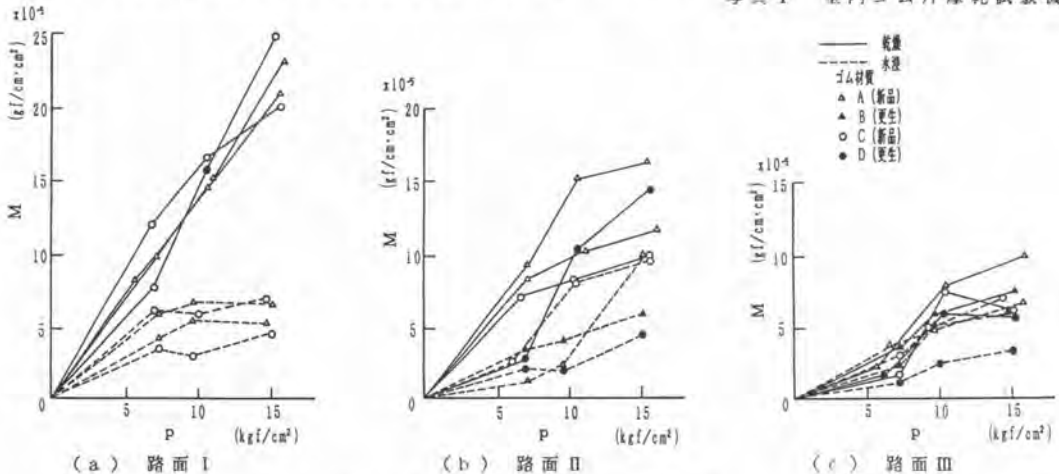


図1 摩耗量Mと接触面圧pの関係

験条件は乾燥と水浸状態において実施した。

(3) 実験結果と考察 ゴム試験片の摩耗量と接触面圧の関係を図1(a)(b)(c)に示す。一般に、摩耗量は接触面圧の増加とともに増大するが、路面が粗い程、また乾燥状態にある方がより増大することが判明した。一方、摩擦係数と接触面圧の関係は図2に一例を示すように、乾燥状態において高接触面圧では摩擦係数が減少している。これは、高面圧においてゴムの摩耗粉が摺動面に付着したためである。水浸状態においては、摩擦係数はハイドロプレーン現象により低面圧で減少しているが、高面圧では噴射水による摩耗粉の除去のために乾燥状態における程は低下していない。なお、石灰石のショア硬さは35.1であり、ゴム硬度は材質A:67.6, B:59.0, C:66.2, D:59.4であり、ゴム材料の平均密度は1.12

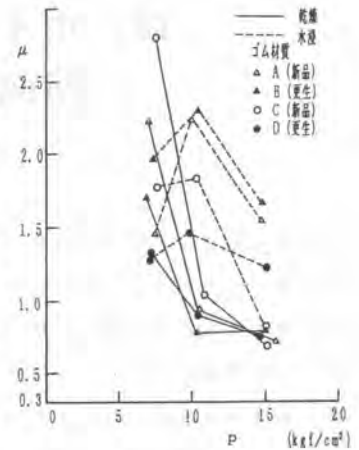


図2 摩擦係数 μ と接触面圧 P の関係(路面I)

g/cm³である。走路面I, II, IIIの路面粗さについてパワースペクトル密度解析²⁾を行った結果を図3に示す。ゴム試験片の摩耗重量に与える路面粗さの影響は、ゴム片長3cmに対して路面周波数0.3c/cmのパワースペクトル密度 S との相関性が最も高いことが判明した。従って、タイヤゴムの摩耗重量 M (g/cm²・cm)を接触面圧 p (kgf/cm²)と路面周波数0.3c/cmに対するパワースペクトル密度 S (cm²/c/cm)について重回帰分析した結果、次式をえた。

$$M = k p^{1.03} S^{2.63} \quad (R = 0.83)$$

ここに、 k は乾燥状態で1.342、水浸状態で0.645と与えられる。なお、ゴム材質による影響は殆んど見られなかった。

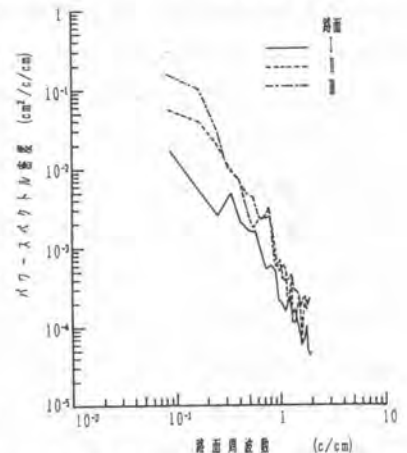


図3 路面粗さのパワースペクトル密度解析(室内実験)

3. 現場特性 ホイールローダによる積込み作業現場は露天掘の石灰岩鉱山であり、高さ15mのベンチカット切羽において爆砕された石灰岩の重タンブトラックへの積込みを行うため6台のホイールローダが稼働している。当現場での平均年間降雨日数は18.4%であり、その降水量は最高1491mm/月にも達している。7.7m³ホイールローダ用タイヤ37.25-35-30/36PRについて調査した昭和49年から11年間の廃棄タイヤ計21本の廃棄内訳は、図4に示すように、新品および更新タイヤを含めて完廃廃棄率38.1%が最も多く次

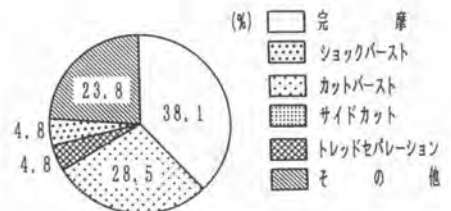


図4 廃棄タイヤの内訳(7.7m³ホイールローダ用タイヤ37.25-35-30/36PR)

いでカットバーストによる廃棄が28.5%となっている。また、タイヤの平均摩耗寿命は5212±1264SMHであり、近年次第に寿命は増加しており最高7682SMHにも達している²⁾。積込作業地は石灰岩盤上にあり、バケット・ショベルによって平滑に整備し転石の除去に努めている。この石灰岩および岩盤の力学定数は、ショア硬さ35.1、一軸圧縮強度433kgf/cm²、ロサンゼルスすり減り減量34.0%であ

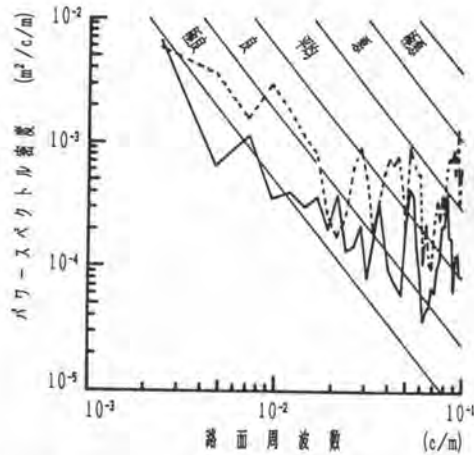


図5 路面粗さのワースペクトル密度解析(現場)

り、路盤の縦波伝播速度1042 m/s、き裂係数0.88である。ORタイヤの走行路面の粗さは7m区間を5cm間隔で基準スチール棒を用いてノギスで計測した結果、±10.7mmとなり、ワースペクトル密度解析を行った結果を図5に示す。また、タイヤ接地長に相当する50cm区間での表面粗さは±3.86mmである。

4. ホイールローダ用タイヤ 調査対象とした2種類のホイールローダ3機種およびタイヤの諸元を表1に示す。空車および実車重量、前後輪左右タイヤへの荷重配分は現地において実測したものである。図6(a)(b)は、ORタイヤ45/65-45-50PRについてホイールローダ9.1m³と12.0m³の摩耗履歴曲線を示したものである。次に、ORタイヤの摩耗速度とタイヤ荷重との相関性を求めるため図7を作成した。タイヤ荷重としては空車と実車時の平均値をとっている。全体的には摩耗速度 M_d (mm/SMH)とタイヤ荷重 W (tf)の間には顕著な相関性は見られない。一般に、前輪輪重が後輪より大きいにも拘らず、後輪タイヤの方が摩耗速度は増大している。写真2に示すように、前輪ステアリングであるため前輪タイヤの横スリップが少ないこと、および後輪タイヤの積込み時の横スリップや掘削時の空転スリップの増大によるものと考えられる。なお、タイヤの接地圧を現地測定した一例を図8に示す。摩耗速度を支配する要因は、タイヤの接地圧、トレッド幅、空気圧、路面粗さおよび

表1 ホイールローダの機種

機種(バケット容量)	9.1 m³	12.0 m³	
空車重量 (tf)	89.9	103.1	
前輪	左 (tf)	26.2	29.6
	右 (tf)	26.6	29.7
後輪	左 (tf)	19.4	21.7
	右 (tf)	17.7	22.1
実車重量 (tf)	105.5±0.4	129.3±4.1	
前輪	左 (tf)	38.8±2.7	50.8±5.0
	右 (tf)	39.6±2.1	50.9±3.8
後輪	左 (tf)	14.0±2.3	13.9±2.7
	右 (tf)	13.2±2.3	13.7±2.9
軸距 (m)	4.83	5.64	
前輪軸距 (m)	4.50	3.73	
後輪軸距 (m)	4.50	3.73	
タイヤ	45/65-45-50PR		
標準空気圧 (kgf/cm²)	5.5		
使用空気圧 (kgf/cm²)	6.0		
外径 (mm)	2730		
幅 (mm)	1146		
トレッド幅 (mm)	1030		
トレッドCR (mm)	2000~		
初期溝深さ (mm)	115.3		

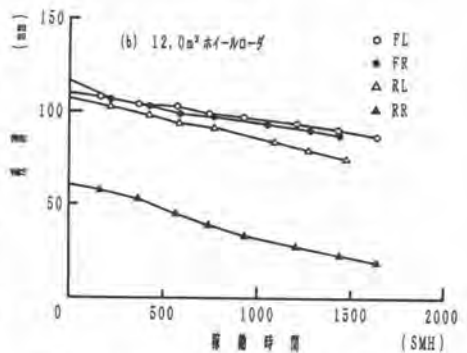
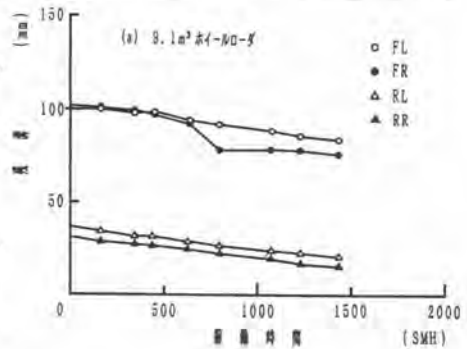


図6 ORタイヤ 45/65-45-50PRの摩耗履歴曲線



写真2 12.0m³ ホイールローダ

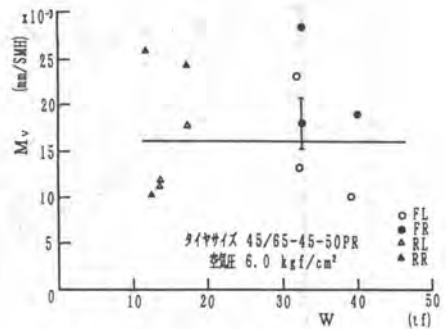


図7 O R タイヤの摩耗速度 M_u と荷重 W の関係

スリップ量等が考えられ、今後より多くのデータを集積し説明する所存である。

5. 結 論 ホイールローダ用タイヤのゴム試験片に対する室内摩耗試験の結果、ゴム片と石灰岩碎石との摩擦係数は乾燥状態の高面圧において摩耗粉の発生とともに低下するが水浸状態では高面圧において乾燥状態におけるよりも増大する。ゴム片の摩耗重量 M ($gf/cm^2 \cdot cm$) は、接触面圧 p (kgf/cm^2) と路面周波数 S ($cm^2/c/cm$) の関数として次式で与えられる。

$$M = k p^{1.05} S^{2.63}$$

ここに、 k は乾燥状態で 1.342、水浸状態で 0.645 である。

ホイールローダ用タイヤの摩耗速度は、スリップ量、トレッド幅、接地圧、路面粗さおよび空気圧等の影響を受けるが、本調査ではタイヤ荷重、接地圧および接地面積において高い相関性は見られなかった。

なお、現地調査において御協力いただいた日鉄鉱業㈱、西川タイヤ加工所の関係各位に謝意を表す。

6. 参考文献

- 1) 三又正信：OR タイヤの摩耗特性，摩耗対策委員会研究成果中間報告書（Ⅱ），日本建設機械化協会関西支部，pp.129-142，1978.
- 2) 室達朗，松永好史：建設機械作業部分における肉盛・溶射金属の耐摩耗性，テラメカニクス 5号，pp.60-66，1985.
- 3) 藤本義二，西ヶ谷忠明，飯盛洋：中距離土工機械の走行路面凹凸のパワースペクトル解析，建設の機械化，第 374号，pp.50-56，1981.
- 4) 相馬三三：鳥形山鉱山の重土工機械の概要と稼働実績，建設の機械化，第 422号，pp.23-28，1985.

タイヤサイズ 45/65-45
空気圧 6.0 kgf/cm²
接地圧 $p=7.40$ kgf/cm²
タイヤ荷重 $W=42.9$ tf
真の接地面積 $S=5800$ cm²

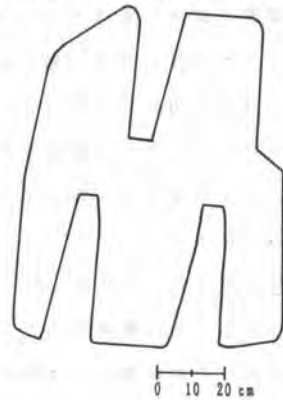


図8 タイヤ接地面積実測例