

# 1. ホイールローダの横揺れの評価

キャタピラー三菱 高木 靖夫

## 1. まえがき

ホイールローダのタイヤと空気圧は、通常、強度、寿命、接地圧、けん引力等の見地から選定されるが、実作業に於て、ダンプトラックへの積み込みや、土砂の運搬作業で、横揺れ（ローリング、ヨーイング）の不安定さを感じることがあり、それらも考慮して選定しなければならぬ。ここで横揺れに関しては、テストオペレータの感覚に頼るわけであるが、個人差や作業条件、先入感等によって結論が変わってくることもある。テスト条件を決めてこの横揺れを定量的に把握しておけば、データに基づいたより正確な議論ができる。本論文は、横揺れ安定性を評価するテスト方法を種々検討し、タイヤを選定する為の一資料とすると共に、車体ローリング時の挙動を調査したので報告するものである。

## 2. 供試機種、タイヤ

本テストで使用した機種の仕様とタイヤの種類は、表-1、2の通り。

表-2のタイヤ縦ばね定数は、実機での車体の沈みと軸荷重の関係から求めた。又表-2で15.5タイヤの方がトレッドが狭いのは、タイヤ外幅をバケット幅以内に納める為、リムのオフセットが13.00タイヤより内側にある為である。(A)、(C)の空気圧は、標準値である。

表-1 供試ホイールローダ

重量	6160 kg
バケット容量	1.0 m <sup>3</sup>
エンジン出力	68 PS / 2400 rpm
操向方式	ア-ティキュレート
運転席位置	後部車体上
懸架方式	前軸固定 後軸揺動
ホイールベース	2340 mm

表-2 タイヤの種類

## 3. テスト方法

ホイールローダの横揺れに与える要素としては、表-1、2の他に重心高さ、バケット積載状態、バケット位置、走行速度、コーナリング状態、路面状態等があり、

タイヤ	空気圧 kg/cm <sup>2</sup>	縦ばね定数 kg/mm	トレッド mm
(A) 13.00-24-10PR	3.5	64.5	172.6
(B) 13.00-24-10PR	3.0	61.7	172.6
(C) 15.5-25-8PR	2.8	58.4	165.1
(D) 15.5-25-8PR	2.0	46.0	165.1

作業面から考えると、積載方向転換時のローリング、ヨーイング、走行路面の凹凸によるローリング、ヨーイング（特にバケット積載上昇させてダンプトラックに接近する場合）等が、オペレータの横揺れ不安定感として受け取られる。これらを考慮して、テスト方法としては、

- オペレータの感覚テスト
- 静的ロール特性を把握する為、バケット積載時のロール剛性調査
- 実作業での横揺れ振幅範囲を把握する為、Vシフト作業を行って、ローリング、ヨーイングを計測又、テスト条件をそろえる為
- バケット積載時スラロームテスト
- 動的ローリングテストの順で行った。

#### 4. テスト

##### (a) 感覚テスト

表-2の各タイヤで、バケットにウエイト2100kgを積載して上昇させ、不整地をF-2で自由走行した所、オペレータ(3名)の評価は以下の様なものであった。

「15.5タイヤ：圧力2.0kg/cmではフラフラして不整地を走行するのは危険である。圧力2.8では多少良くなるが、やはり不安定である。方向転換時、横にふわりと行く感じがする。

13.00タイヤ：圧力3.0kg/cmで、15.5タイヤより安定していて不整地走行でも比較的良い。圧力3.5kg/cmとの差は余り感じられない。

##### (b) 静的ロール剛性テスト

車体に遠心力が作用した時の挙動を調査する為、以下の条件で車体の重心位置の横にワイヤロープをつけ、ロードセルを介して他の車両で横に引張り、各タイヤで車体の傾きと、タイヤの横歪量を計測した。

バケット積載量：2100kg(前後転倒荷重の約50%)

バケット位置：走行位置      アーティキュレート角：0度

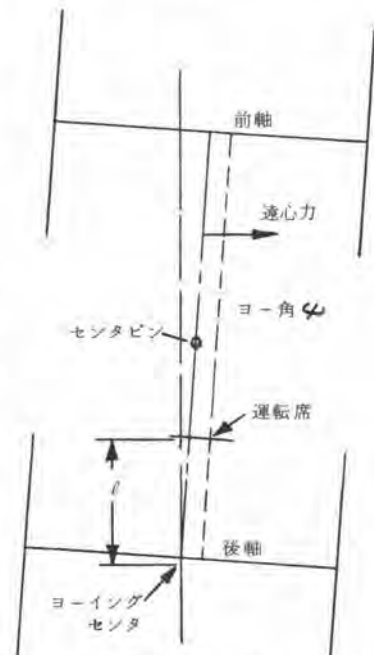
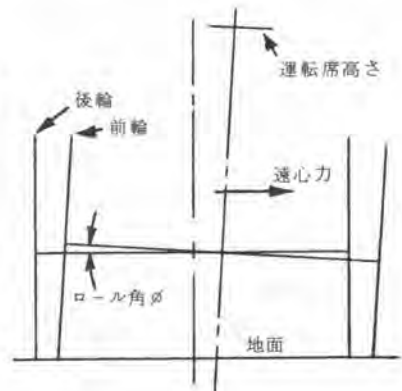
重心位置は、JIS D 6003に準じたが、後部釣上荷重で計算した。

車体の傾きの様子は図-1に示す様に、タイヤの横歪と車軸の傾きは殆んど前軸だけで生じた。これは後軸揺動機構になっていることと、積載している為、重心位置が非常に前軸に近い為である。本テストの結果、ロール角変位は、タイヤ縦ばね定数、トレッドが大きい方が少く、ヨー角変位は、タイヤ幅が広い方が少い傾向を示した。

ここで、運転席での横方向変位 $y$ は、ローリングとヨーイングの合成によるもので、 $y = h\phi + l\psi$ となる。(図-1の記号参照) 本テストの場合、ヨーイングセンタは、ほぼ後軸の位置にあり、 $h\phi/l\psi$ の値は、13.00タイヤで1.8~2.0、15.5タイヤで2.7~2.9、即ち、運転席ではローリング成分による横揺れの方が、ヨーイング成分より2~3倍大きく、ほぼローリングに注目して調査を進めればよいことがわかった。

##### (c) 実作業テスト

土上でV形のローディング作業を設定し、車体の横揺れを計測した。サイクルは、F2前進-掘削積荷-後進-方向転換-F2前進-排土-後進の順である。計測は積分ジャイロを使用し、その出力と前後進レバーからのタイミング信号を、データレコーダに記録し、後で電磁オシロに描かせた。データの一部を図-2に示す。この結果、最大ローリングは、積荷方向転換時に生じ、ロー



ル角は±2°〜±3°の範囲にあることがわかった。しかし各タイヤ間で若干の差は出たものの、運転操作条件、路面条件、ジャイロのドリフト等でデータのばらつきを生じ、結論を出せる程の差は出なかった。

(d) スラロームテスト

ホイールローダの場合、スラロームコースをJ I V A Sに基づいて設定すると走行時ロール角が小さく、測定誤差の範囲になることが判ったので、次の条件でスラロームテストを行うことにした。

バケット積載量：2100kg

バケット位置：最高位置

車速：F2（約13〜14km/hr）

ポール間距離：10m×6本

測定方法は、前項と同じだが、ジャイロはフリージャイロを使用し、装着場所は運転席の直後とした。

データの一部分を図-3に示す。ここで、ヨー角速度を $r$ 、車速を $V$ 、曲率半径を $R$ とすれば、 $R = \frac{V}{r}$ となり、これとデータから最小曲率半径約5mを走行したことになる。

所で、車体アーツィキュレート角が小さければ、車体重心はほぼ車体中心線上にあり、定常円旋回では次の式が成り立つ。

$$\phi = -W/g \cdot h V r \cdot 1/K_{\phi} \dots\dots(1)$$

$$a = V r \dots\dots(2)$$

$\phi$ ：ロール角  $a$ ：横加速度  $r$ ：ヨー角速度

$W$ ：車体重量  $h$ ：重心高さ

$V$ ：車速  $K_{\phi}$ ：ロール剛性

図-3のデータではロール角とヨー角速度の

位相が明らかでない。これは車両がアーツィキュレート式の為、蛇行時は重心部の横加速度とジャイロ搭載部（車体後部）のヨーイングの位相がずれた為で、(1)、(2)式は成り立たない。しかし後部席のヨー角速度が大の時は、重心点横加速度も大きかったものと想定し、 $\phi_{MAX}$ と $a_{gMAX}$ の比（平均値）を計算し、表2の様にまとめた。これは、先のオペレータ感覚と同じ傾向を示すものの、15.5タイヤと13.00タイヤでかなり感じが違うという感覚は説明し切れない。

図-2 実作業テストの横ゆれ

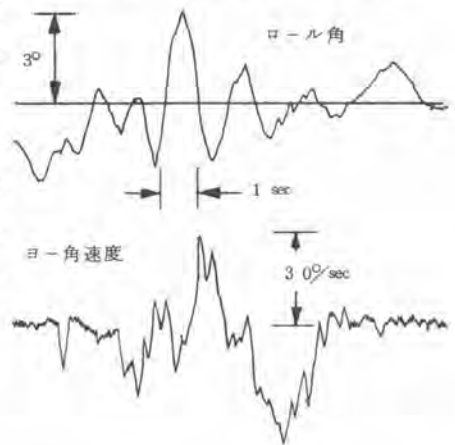


図-3 スラロームテスト

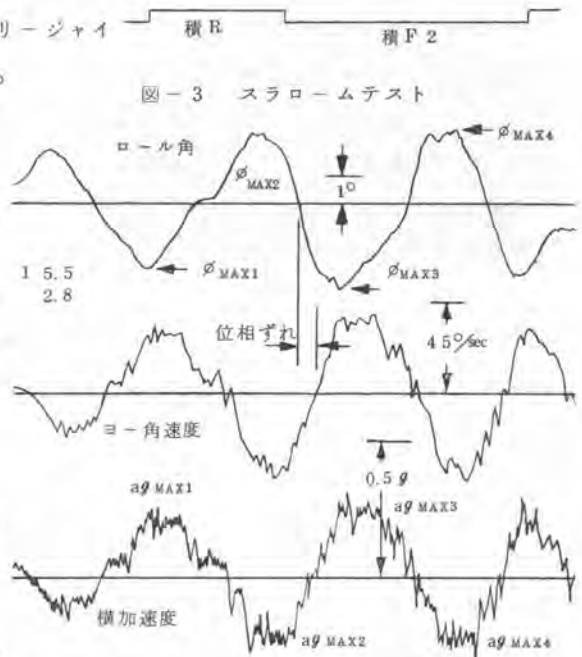


表-2 ロール角/横加速度

タイヤ	圧力	$-\phi_{MAX} / a_{gMAX}$
(A) 13.00	3.5	1.0.9
(B) 13.00	3.0	1.1.3
(C) 15.5	2.8	1.1.3
(D) 15.5	2.0	1.3.6

(e) 動的ローリングテスト

これは車両の固有振動数と振幅に関するテストである。前後共に片輪を高さ15cmの木の台に乗せておき、微速前進して落輪させ、その時のロール振動変位と横加速度をジャイロで計測した。バケット積載荷重2100kg、走行姿勢と、バケット最高位置で行った。データの一部を図-4にまとめた結果を図-5, 6に示す。ここで図-5の様に着地後最大ロール角に明確な差が生じ、先のオペレータの感覚と似通った結果となった。図-5右の台上傾斜角(落輪前の傾斜角)が両タイヤで差があるのは、トレッドと傾斜時の左右への荷重移動によるタイヤ歪の差によるものと思われる。図-6左で、振動の減衰は空気圧の低い方が、又13.00タイヤの方が良い。又、着地後の横加速度は走行姿勢で大きく生じ、13.00タイヤで圧力が低い方が小さく不快感が少ない。図-5, 6を総合的に判断すると、13.00タイヤ、圧力3.0kg/cmが横揺れに関しては最も良いことになる。

図-4 動的ローリング  
15.5 2.8 圧 バケット最高位置

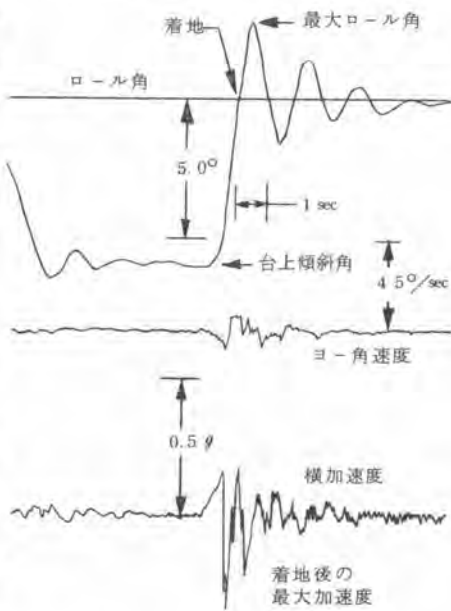


図-5

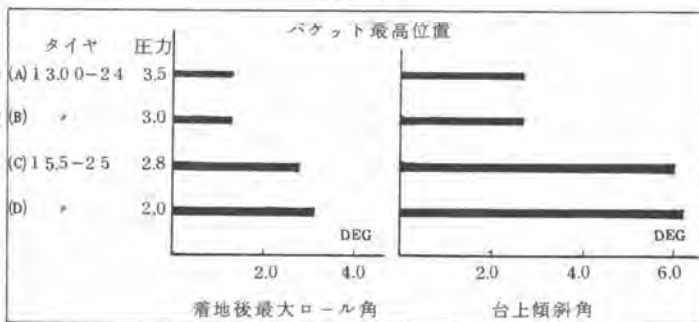
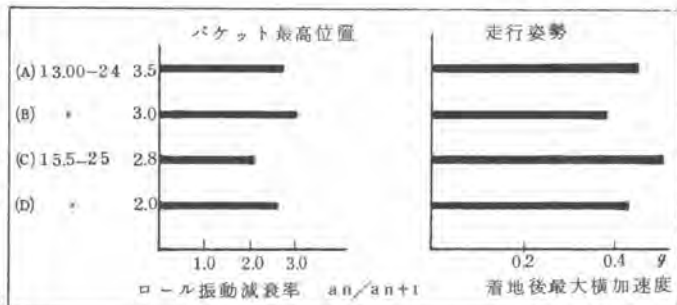


図-6



5. 結論

本調査での結論は次の通り。

- (1) ホイールローダの横揺れは、動的ローリングテストを以ってほぼ感覚に近い相対的評価の一方法とすることができる。
- (2) スラロームテストで、曲率半径が小さなコースを設定すると、アーティキュレート式車両では、ジャイロで検出したヨーレートとロール角の位相差が顕著になり、部分的にはリアでもなくなる。しかしロール角を検出、比較する為には、本テスト程度にシビアな条件が必要である。
- (3) ホイールローダでは、運転席が後寄りにある方が運転席でのヨーイングによる横揺れ振幅が少ない。
- (4) 広幅タイヤでは、横揺れ安定性が悪化する場合もある。

最後に御協力頂いたブリジストンタイヤ、三菱自工の方々に謝意を表します。