

装軌車の惰行性能試験方法

制定 昭和 57.12.14

改正 平成 16. 5.27

目 次

	ページ
1 . 適用範囲	1
2 . 引用規格	1
3 . 試験条件	1
3 . 1 路面状態	1
3 . 2 その他	1
4 . 試験装置・器具	1
5 . 試験方法	1
5 . 1 測定区間	1
5 . 2 試験走行	1
5 . 3 測定	2
5 . 4 試験回数	2
5 . 5 試験車両各部の観察	2
5 . 6 その他	2
6 . 記録・分析の方法	3
6 . 1 記録	3
6 . 2 分析の方法	3
6 . 3 その他	6
解説書 装軌車の惰行性能試験方法 解説	1 1

装軌車の惰行性能試験方法

制定 昭和 57.12.14

改正 平成 16. 5.27

1. 適用範囲 この規格は、装軌車の惰行性能試験方法について規定する。

なお、本試験方法を適用する装軌車は、走行中機関と変速装置等の動力遮断が安全に行われる車両に適用する。

2. 引用規格 次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版を適用する。

NDS D 1001 装軌車の定地試験方法通則

3. 試験条件

3.1 路面状態 路面状態は、原則として、コンクリート舗装路又はアスファルト舗装路とするが、必要がある場合は、砂利道、土砂地、砂地、軟弱地及び積雪地で試験を行うことができる。

3.2 その他 その他の試験条件は、NDS D 1001 によるものとする。

4. 試験装置・器具 試験装置及び器具のうち、普通用いる主なものは、NDS D 1001 によるほか、次の精度を持つ装置とする。

なお、当該装置・器具の製造業者が定める取り扱い要領に基づいて点検、整備及び校正をしたものであること。

a) 秒時計

b) 距離計の精度は、 $\pm 1\%$ とする。

c) 車速計の精度は、 $\pm 0.5\text{km/h}$ とする。

d) 距離・車速・秒時が同時計測可能な装置

5. 試験方法

5.1 測定区間

a) 測定開始地点を定めて行う場合 試験路のほぼ中央に惰行に必要な測定区間を設け、その両側 20m以上を初速度測定区間とし、それぞれの端部には標点を設けるものとする。

b) 測定開始地点を定めずに行う場合 試験路のほぼ中央に惰行に必要な測定区間を設け、その両側に 20m以上の初速度測定区間を設けるものとする。

5.2 試験走行 試験走行は、次のとおりとする。

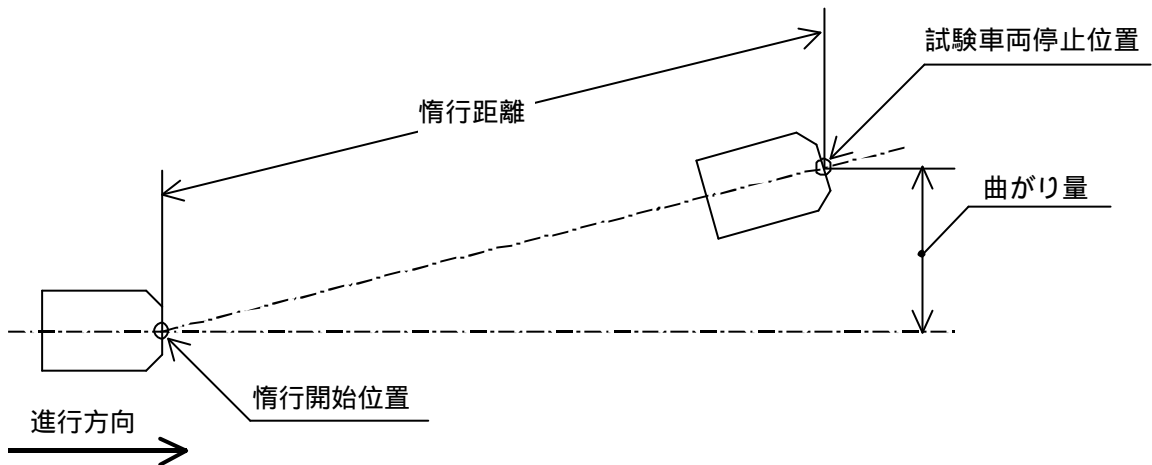
a) 測定方法

1) 測定開始地点を定めて行う場合 試験車両は、初速度測定区間を安定した初速度で走行し、

惰行開始標点で外部からの合図により，速やかに変速機を中立にして惰行するものとする。

- 2) 測定開始地点を定めずに行う場合 試験車両は，初速度測定区間を安定した初速度で走行し，測定開始時点で変速機を中立にして惰行するものとする。
- b) 試験車両の初速度は， $35 \pm 3.5 \text{ km/h}$ とするほか必要に応じて 35 km/h 以上最高速度に近い任意の初速度を選ぶことができるものとする。 35 km/h 以上最高速度に近い任意の初速度から惰行する場合，惰行測定区間が不足するとき及び曲がり量が惰行距離の 10% を超えるときは，任意の初速度と，その初速度のほぼ中間の初速度に分割して試験を行うことができる。この場合，分割したそれぞれの試験記録を継ぎ合わせて，任意の初速度の試験記録とする。
- c) 試験車両が，進行方向中心線上に停止しない場合，図 1 に示す曲がり量が，惰行距離の 10% を超えるときは再試験を行うものとする。

図 1



5.3 測定 測定は，次のとおりとする。

a) 測定開始地点を定めて行う場合

- 1) 秒時計を使用する場合 初速度測定区間の走行時間，惰行時間及び惰行距離を測定するものとする。
- 2) 光電式検出装置などの自動秒時計を使用する場合 初速度測定区間の走行時間及び惰行測定区間に任意の間隔で設置した光電式検出装置間ごとの惰行時間を測定するほか，全惰行距離を測定するものとする。

b) 測定開始地点を定めずに行う場合 初速度測定区間及び惰行測定区間において，連続的に時間，距離及び速度を測定するものとする。

5.4 試験回数 試験回数は，往路及び復路を，それぞれ 1 回以上行うものとする。

5.5 試験車両各部の観察 惰行試験中に，試験車両各部の作動状況，安定性などを観察するものとする。

5.6 その他 必要がある場合に砂利道，土砂地，砂地，軟弱地及び積雪地で行う試験は，この試験方法に準ずるものとする。

6. 記録・分析の方法

6.1 記録 試験記録及び成績は，付表 1 及び付表 2 によりそれぞれ記入するものとする。

6.2 分析の方法 分析の方法は，次によるものとする。

a) 測定開始地点を定めて行う場合

1) 秒時計を使用した場合は，次の式を用い惰行中の平均速度，平均減速度及び平均惰行を求めるものとする。

$$V = \frac{3.6l}{t}$$

$$b = \frac{2l}{t^2}$$

$$f = \frac{b}{g}$$

$$R = b(W + W_f)$$

ここに	V	: 惰行中の平均速度	(km / h)
	l	: 惰行距離	(m)
	t	: 惰行時間	(s)
	b	: 平均減速度	(m / s ²)
	g	: 重力の加速度	(9.8 m / s ²)
	f	: 平均惰行係数	
	R	: 平均惰行	(N)
	W	: 試験時車両総質量	(kg)
	W_f	: 回転部分相当質量	(kg)

ただし， W_f は，原則として，設計からの計算又は実験的に求めるものとするが，やむを得ない場合は，次の近似式を用いることができる。

$$W_f = 0.94W_0 (0.02197 + 0.02118i + 0.0017i^2)$$

ここに	i	: 変速機が直結時の動力伝達系の全歯車比
	W_0	: 車両質量 (空車状態) (kg)

2) 光電式検出装置などの自動秒時計を用いて，任意の距離間隔の走行時間又は任意の時間間隔の走行距離を測定した場合は，次の式を用いて速度，減速度及び惰行を求めるものとする。

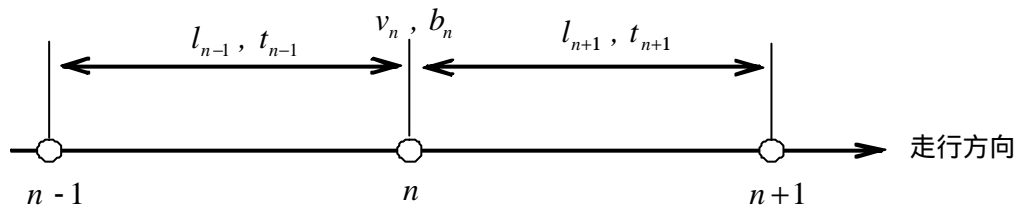
$$v_0 = \frac{3.6l_0}{t_0}$$

$$v_n = 1.8 \left(\frac{l_{n-1}}{t_{n-1}} + \frac{l_{n+1}}{t_{n+1}} \right)$$

$$b_n = \frac{\frac{l_{n+1}}{t_{n+1}} - \frac{l_{n-1}}{t_{n-1}}}{\frac{t_{n+1} + t_{n-1}}{2}}$$

ここに v_0 : 初速度 (km/h)
 v_n : 瞬間速度 (km/h)
 b_n : 瞬間減速度 (m/s²)
 l_0 : 初速度測定区間距離 (m)
 t_0 : 初速度測定区間走行時間 (s)
 l_{n-1} , l_{n+1} , t_{n-1} , t_{n+1} : 図 2 による。

図 2



n : 任意の位置
 $n-1$: n から測定時間又は測定距離前の位置
 $n+1$: n から測定時間又は測定距離後の位置
 l_{n-1} : $n-1$ から n までの距離 (m)
 l_{n+1} : n から $n+1$ までの距離 (m)
 t_{n-1} : $n-1$ から n までの走行時間 (s)
 t_{n+1} : n から $n+1$ までの走行時間 (s)

$$f_n = \frac{b_n}{g}$$

$$R_n = b_n (W + W_f)$$

ここに f_n : 瞬間惰行係数
 b_n : 瞬間減速度 (m/s²)
 g : 重力の加速度 (9.8 m/s²)
 R_n : 瞬間惰行 (N)
 W : 試験時車両総質量 (kg)
 W_f : 回転部分相当質量 (kg)

b) 測定開始地点を定めずに行う場合 時間、距離及び速度を連続的に測定した場合は、次の式

を用いて減速度及び惰行を求めるものとする。

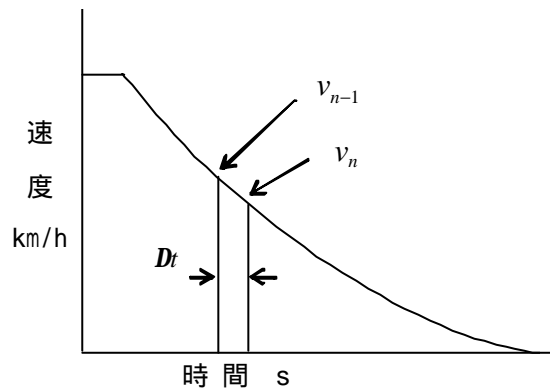
$$b_n = \frac{v_n - v_{n-1}}{3.6 t}$$

$$f_n = \frac{b_n}{g}$$

$$R_n = b_n (W + W_f)$$

ここに	b_n	: 瞬間減速	(m / s^2)
	f_n	: 瞬間慣行係数	
	g	: 重力の加速度	($9.8 m / s^2$)
	R_n	: 瞬間惰行	(N)
	v_n, v_{n-1}	: 瞬間速度 (図 3 による。)	(km / h)
	t	: 時間刻み	(s)
	W	: 試験時車両総質量	(kg)
	W_f	: 回転部分相当質量	(kg)

図 3



- c) 走行抵抗⁽¹⁾を求める場合 a)又 b)で求めた速度と惰行の関係を基に、最小二乗法の測定式が未知量の線形関数の場合を用い、次に示す関係式の、及びを計算するものとする。ただし、速度と惰行の関係が、ほぼ直線で示されるときは、を計算しは削除するものとする。

$$R = (a W + \beta W v + ? A v^2) g$$

ここに	R	: 走行抵抗 ⁽¹⁾	(N)
	a	: ころがり抵抗係数	
	β	: 衝撃抵抗係数	(km / h) ⁻¹
	$?$: 空気抵抗係数	
	W	: 試験時車両総質量	(kg)
	g	: 重力の加速度	($9.8 m / s^2$)
	v	: 速度	(km / h)

6

D 1015B

A : 車両前面投影面積 (m²)

注(1) 走行抵抗とは、動力伝達機構内の諸抵抗を含むころがり抵抗、衝撃抵抗、空気抵抗をいい、惰行 = 走行抵抗とする。

6.3 その他 その他の記録は、NDS D 1001 によるものとする。

付表1 惰行試験記録及び成績(その1)

試験車両形式名称	_____	試験期日	_____年 月 日
試験時車両総質量 (乗員名含む)	_____ kg	試験場所	_____
試験時車両重心位置 (前後) (左右) (上下)	_____	路面状態	_____
回転部分相当質量	_____ kg	天候	_____
履帯の種類	_____	気温	_____
使用測定器具	_____	風向・風速	_____
指定初速度	_____ km/h	測定者	_____
		運転者	_____

1. 試験記録

試験回数	走行向き	測定初速度 v_0 (km/h)	惰行(停止まで)		平均速度 v (km/h)	平均減速度 b (m/s ²)	平均惰行係数 f	曲がり量 左 右 (m)	備考(2)
			時間 t (s)	距離 l (m)					

2. 試験成績

平均初速度 (km/h)	平均惰行速度 v (km/h)	平均減速度 b (m/s ²)	平均惰行係数 f	平均惰行 R (N)

3. 観察

注(2) 備考欄には、操向の有無、走行向きと風向きの相対的な関係などを記入する。

付表 2 惰行試験記録及び成績(その 2)

試験車両形式名称	_____		試験期日	_____年 月 日	
試験時車両総質量(乗員名含む)	kg	_____	試験場所	_____	
試験時車両重心位置(前後) (左右) (上下)	_____			路面状態	_____
回転部分相当質量	kg	_____	天候	_____	
履帯の種類	_____			気温	_____
使用測定器具	_____			風向・風速	_____
指定初速度	km/h	_____	測定者	_____	
			運転者	_____	

1. 試験記録(連続した記録を取得した場合)

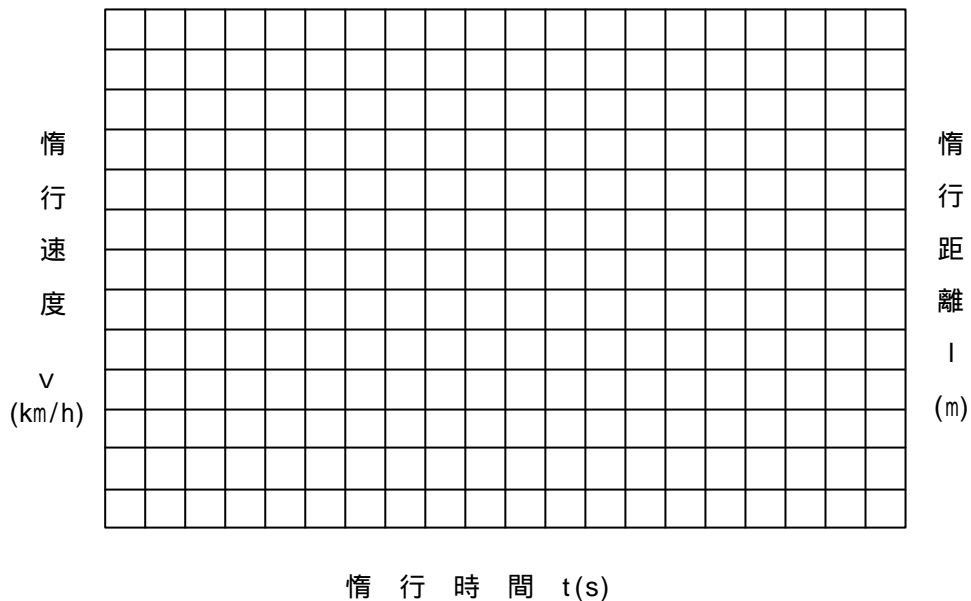
試験回数		走行向き			測定初速度 v_0 (km/h)		試験回数		走行向き			測定初速度 v_0 (km/h)		
位置 n	時間 t_n (s)	距離 l_n (m)	速度 v_n (km/h)	備考(2)	位置 n	時間 t_n (s)	距離 l_n (m)	速度 v_n (km/h)	備考(2)	位置 n	時間 t_n (s)	距離 l_n (m)	速度 v_n (km/h)	備考(2)

観 察 _____

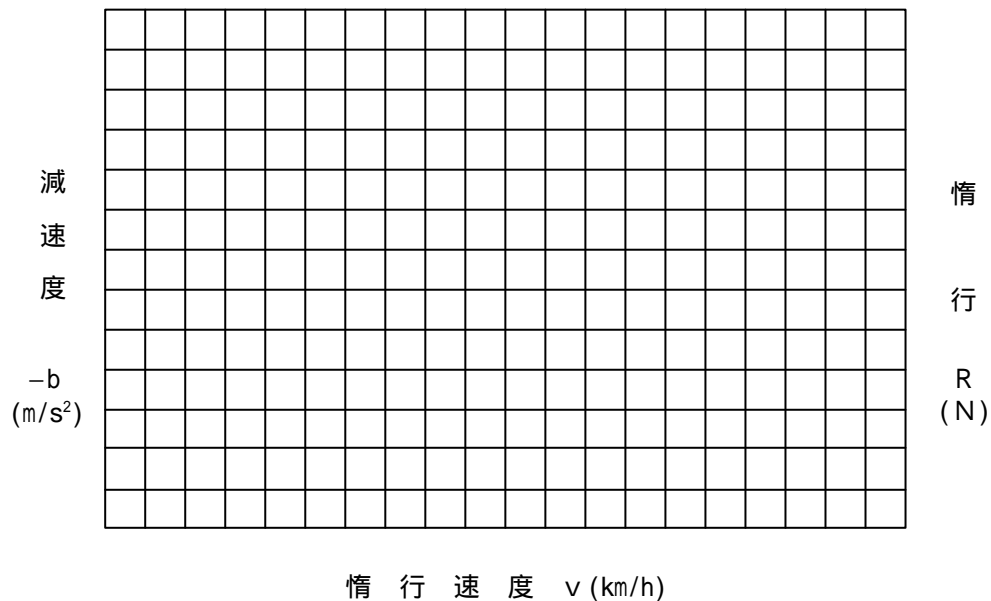
付表2 (続 き)

2. 試験成績 (連続した記録を取得した場合)

a) 惰行時間と惰行速度及び惰行距離 初速度 v_0 _____ (km/h)



b) 惰行速度と減速度及び惰行



c) 走行抵抗⁽¹⁾

$$R = (a W + \beta Wv + \gamma A v^2) g$$

(3)

注(3) 惰行速度と惰行の関係がほぼ直線の場合は, は計算しない。

装軌車の惰行性能試験方法 解説

この解説は、本体に規定・記載した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

1. 改正の主旨 NDS D 1015(以下、旧規格という。)は、昭和 57 年 12 月 14 日制定以来、装軌車の惰行性能試験に利用されてきた。旧規格は自衛隊が使用する装軌車両としての特殊性に重点を置き、従来からの実績、JIS D 1015(自動車惰行試験方法)、MTP2 - 2 - 605(Towing resistance)を参考に、走行抵抗の立場から装軌車両の出来の善し悪しを判定できる方法であること、ほかの装軌車両又は従来とのデータとの比較が可能で、試験結果の再現性が得られること、試験の目的に応じて試験・評価ができるようにすることなどを目的として作成している。

しかしながら、近年の計測技術、試験装置・器具及び車両機構などの進歩から一部試験方法の見直しが必要になったため、改正するものである。

2. 改正の経緯 防衛庁技術研究本部(以下、技本という。)は、平成 14 年度、工業会へ本規格の改正規格原案(案)作成を委託した。工業会は(株)大原鉄工所、(株)小松製作所、(株)日立製作所、三菱重工業(株)による委員会[委員長：三菱重工業(株)]を組織して改正規格原案(案)を作成した。

3. 今回の主たる改正点

3.1 適用範囲 本規格の試験方法では安全上試験出来ない車両の適用を除外した。

3.2 引用規格 防衛庁規格原案の作成要領及び JIS Z 8301(規格票の様式)に基づき引用規格の項目を追加した。

3.3 試験装置・器具

a) NDS D 1001 の装置・器具が基本的なものであることを明確にするため語順を変更した。

b) 測定装置・器具の機能・精度の確保のため“点検・整備及び校正したもの”とした。

c) 試験装置・器具は今回改正の防衛庁規格と同様個別の装置名を記載せず将来の発展も考慮し一般的な名称とした。

従って従来之光電式検出装置は自動起動及び停止の可能な秒時計とし秒時計に分類した。

また第 5 輪は距離、速度を計測する装置に分類した。

スタンプ装置は使用実績もなく本試験において精度上問題があるため削除した。

記録計は具体的に「距離・車速・秒時が同時計測可能な装置」としその機能を明確にした。

3.4 試験方法

a) 測定区間 測定開始地点を定めて行う方法のほか、車両に積載した記録計により自動記録が可能な試験器材を考え“測定開始地点を定めずに行う方法”を追加した。

b) 試験走行 上記 a) の追加に伴い“測定開始地点を定めずに行う方法”の試験走行を追加した。

c) 測定 b)と同様 a)の追加に伴い“測定開始地点を定めずに行う方法”の測定を追加した。
3.5 記録・分析の方法 単位系を国際単位に統一し NDS D 1015(1) (装軌車の惰行性能試験方法 (改正票))を本文中に含めた。

3.6 付表 単位系を国際単位に統一し NDS D 1015(1)を本文中に含めた。

以降の 4. ~9. の各項目は、旧規格の解説に書かれていた惰行性能試験の各項目に対する見解を示すものであり、試験の根底をなす考えであるため、重要と考え敢えてここに同文を記載する。

4. 路面状態 試験結果の再現性、データの比較及び設計に反映できるデータを得ることから、路面状態を一定に保てるコンクリート舗装路又はアスファルト舗装路を規定した。

しかし自衛隊が使用する装軌車両としては、その他の路面でも惰行性能を把握し、舗装路に対する性能を比較する必要があるため、その他の路面状態で試験する場合は、この規格を準用することを規定した。

5. 試験方法 この規格では、量産している装軌車両の組立検査の一つの手段として、また、ほかの同種類の装軌車両との走行抵抗の比較値を得る方法として、日常広く行われ、従来の実績の積み重ねもあり、JIS D 1015 でも規定している全惰行距離及び全惰行時間を測定する簡単な惰行試験方法を規定した。

また、一步進んで、惰行試験を精密に行って走行抵抗係数を求め、その結果を設計に反映できる惰行試験方法までを含めて規定した。したがって、この規格により試験を行う場合、試験の目的、入手できる計測器材などを検討して、どの試験方法を適用するかを決めなくてはならない。

6. 初速度 $35 \pm 3.5 \text{ km/h}$ の初速度による試験は必ず実施し、必要に応じて 35 km/h 以上最高速度に近い任意の速度を選ぶことができることとしたが、JIS D 1015 で規定している 100 m を $20 \pm 2 \text{ s}$ で惰行する初速度を推定すると $10 \pm 1 \text{ m/s}$ (36 km/h) であることから $35 \pm 3.5 \text{ km/h}$ の規定を設けた。

また、必要に応じて 35 km/h 以上最高適度に近い任意の初速度としたのは、惰行から走行抵抗係数を求め、その結果から実走行状態における走行抵抗を計算するためには、なるべく高速から惰行させた試験データを基に求めた方がより正確になるからである。

7. 回転部分相当質量(相当荷重) NDS D 1013 (装軌車の加速性能試験方法) の解説で述べているとおりであるが、NDS D 1013 の解説による回転部分相当質量 $W_f = W_1 (0.02197 + 0.02118i + 0.0017i^2)$ は、変速機が接続状態のため、変速機副軸や機関の惰行を含んでいる。

惰行試験では、変速機が中立のため、変速機の副軸や機関は回転体の慣性に関係がない。そこで回転部分相当質量の仮定式を決めるため、“? AHK? TEOP??, 1944”及び設計計算上のデータから、変速機が直結状態と中立状態の惰行質量の割合を求め、加速試験の変速機が直結状態

における回転部外相当質量に乗ずることとし，その結果，次の仮定式を得た。

$$W_f = 0.94 W_1 (0.02197 + 0.02118i + 0.0017i^2)$$

ここに， i は変速機が直結時の動力伝達系の全歯車比である。

8. 空気抵抗係数 基礎自動車工学（近藤政市著）によると，空气中を運動する物体に働く空気力に関する動的相似則に従えば，空気抵抗は次の式で表される。

$$R_a = C_x \frac{\rho}{2} \cdot A \cdot v^2 \quad \dots \dots (1)$$

ここに R_a : 空気抵抗 (kg)
 C_x : 無次元の空気抵抗係数
 ρ : 空気密度 (kg · s² / m⁴)

(単位体積当たりの空気の質量で，地上 1 気圧，15 °C の標準大気で，

$$0.125 = \frac{1}{8} \text{ (kg} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4 \text{)}$$

$$\rho = \frac{z}{g}$$

z : 空気の比質量，標準大気（地上） (1.225 kg / m³)
 g : 重力の加速度 (9.8 m / s²)
 A : 車両前面投影面積 (m²)
 v : 対気速度 (m / s)

しかし，自動車関係の文献によると，自動車業界では，空気密度がひどく変化する場合に遭遇することはまれで，標準状態の空気密度を採用しても差し支えない事情から，空気抵抗を次のように表す例が多い。

$$R_a = C_x A \cdot v^2 \quad \dots \dots (2)$$

ここに， C_x : 空気抵抗係数

そこで，この規格では，(2)式の考え方を採用した。空気抵抗係数は，一般に車両の大小にあまり関係がなく，主に形状により決まる係数で，車両前面投影面積とともに空気抵抗を支配するような値とはならない。空気抵抗は，大部分が対気速度の二乗に比例する考え方から，従来の装軌車両のように低速域で使用される車両は，空気抵抗を無視して，走行抵抗を速度の一次式で表すことが一般的である。

また，一般に装輪車両の惰行試験から求めた空気抵抗係数は，模型風洞実験などから求めた空気抵抗係数よりかなり大きくなるのが普通である。これは動力伝達機構内の馬力損失による分が空気抵抗に含まれてくるからで，装軌車の場合，ほとんどの種類の実験資料がないため，速度の二乗に比例する項の走行抵抗の考え方は，今後データを積み重ねて検討されるべき課題であろう。

9. 走行抵抗 この規格では，惰行速度と惰行のデータを基に最小二乗法を用いて走行抵抗係数

を求めることとしたが、測定データによっては、速度の2次の項が負になることがあるので注意が必要である。データ処理に関し一例をあげると、まず時間と速度の測定データを平均処理し、その結果から微小時間における速度を基にして、速度と減速度の関係式

$$\frac{dv}{dt} = (a + bv + cv^2) \quad \dots \dots (1)$$

を最小二乗法などの手法で求め、(1)式の計算結果を

$$R_n = \frac{W + W_f}{g} \frac{dv}{dt} \quad \dots \dots (2)$$

に代入して、速度と惰行の計算結果を基に最小二乗法を用いて走行抵抗係数 α 、 β 、 γ を求めるか、又は、(1)式を

$$R = \frac{W + W_f}{g} \frac{dv}{dt} = -(aW + \beta Wv + \gamma Wv^2) \quad \dots \dots (2)$$

に代入し、走行抵抗係数 α 、 β 、 γ を計算する。

$$\alpha = \frac{a(W + W_f)}{g \cdot W}$$

$$\beta = \frac{b(W + W_f)}{g \cdot W} \quad (\text{m/s})^{-1}$$

$$\gamma = \frac{c(W + W_f)}{g \cdot W}$$

ただし、

$$a = \frac{a \cdot W \cdot g}{W + W_f} \quad (\text{m/s}^2)$$

$$b = \frac{b \cdot W \cdot g}{W + W_f} \quad (\text{s}^{-1})$$

$$c = \frac{c \cdot W \cdot g}{W + W_f} \quad (\text{m}^{-1})$$

なお、時間と速度の測定データを平均処理するとき、惰行開始位置を0位置とししないで、惰行開始位置から約1秒間後を0位置として処理した方がよい。これは、変速機を中立にする時間及び動力伝達装置が完全に惰行状態に移る時間を計算から除くためである。

なお、前項でも述べているように装軌車の走行機構は、装輪車のそれとは基本的に異なり、履帯駆動及び転動輪の抵抗が複雑な要素となって、大部分が速度の1次項を支配すると同時に、2次項への影響も大きいものと推定されるが、この分野には、未解決の問題が多いので、この規格では将来、これら未解決の問題が明らかになったときに、改正することを前提に、装輪車の例にならい走行抵抗を求めることとした。

しかし、速度の2次項を単純に、空気抵抗として処理することは、問題を残すので、空気抵抗係数 g を速度の二乗に比例する係数と仮定して、 $g \cdot A$ を $g \cdot W$ で処理した方が、より現実的と思われる。この際、(2)式及び(2)式は、(3)式のように言い換えて用いる。

$$R_n = \frac{W+W_f}{g} \frac{dv}{dt} = -(aW + \beta Wv + \gamma Av^2) \quad \dots \dots (3)$$

従って

$$\alpha = \frac{a(W+W_f)}{g \cdot W}$$

$$\beta = \frac{b(W+W_f)}{g \cdot W}$$

$$\gamma = \frac{c(W+W_f)}{g \cdot W}$$

10. 改正規格原案調査作業委員会の構成 この規格は技本第 4 研究所第 2 部車両システム研究室が主管となり，下記に示す（社）日本防衛装備工業会会員の協力により改正規格原案（案）を作成したものである。

NDS D 1015（装軌車の惰行性能試験方法）改正規格原案調査作業委員会（小委員会）構成表

所 属

- | | |
|--------|---------------|
| （委員長） | 三菱重工業株式会社 |
| （副委員長） | 三菱重工業株式会社 |
| （委員） | 三菱重工業株式会社 |
| | 株式会社小松製作所 |
| | 株式会社日立製作所 |
| | 株式会社大原鉄工所 |
| （事務局） | 社団法人日本防衛装備工業会 |