

# JCMAS

## 締固め機械－エネルギー消費量試験方法 －ローラ

JCMAS H 024 : 202X

意見受付公告用(制定案)

令和 8 年 X 月 X 日 制定

一般社団法人日本建設機械施工協会

## まえがき

この規格は、一般社団法人日本建設機械施工協会規格（JCMAS）並びに標準化推進に関する規程に基づき、協会機械部会 路盤・舗装機械技術委員会から、原案を具して協会規格を制定すべきとの申出があり、標準部会の審議を経て、一般社団法人日本建設機械施工協会会長が制定した一般社団法人日本建設機械施工協会規格である。この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。一般社団法人日本建設機械施工協会会長及び標準部会は、このような技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について、責任をもたない。

---

初版：令和 7 年 11 月 26 日 一般社団法人日本建設機械施工協会国内標準委員会で審議・承認

WTO/TBT 協定に基づく意見受付開始日：令和 7 年 12 月 8 日（予定）

意見受付終了日：令和 8 年 2 月 5 日（予定）

（制定準備中）：令和 8 年 X 月 X 日

一般社団法人日本建設機械施工協会規格

JCMAS

H 024: 202X

# 締固め機械－エネルギー消費量試験方法－ローラ

## Compaction machinery - Test methods for energy consumption - Rollers

### 1 適用範囲

この規格は、マカダム/タイヤ/タンデム/コンバインド/ハンドガイド/シングルドラムの燃料エネルギー駆動形ローラ、ハイブリッド形ローラ及び電気エネルギー駆動形ローラ（有線式を除く）における燃料消費量及び電力消費量の試験方法について規定する。

－ マカダムローラ

車体屈折（アーティキュレート）式で三輪形の静的及び振動ローラ

－ タイヤローラ

一体フレームまたは屈折（アーティキュレート）式で空気タイヤをもつ静的及び振動ローラ

－ タンデムローラ

二輪形の静的及び振動ローラ

－ コンバインドローラ

振動ドラム及び転圧を目的とした空気タイヤをもつ振動ローラ

－ ハンドガイドローラ

手押し（ハンドガイド）式二輪形の振動ローラ

－ シングルドラムローラ

車体屈折（アーティキュレート）式三輪形の振動ドラム及び牽引を目的とした2個の空気タイヤをもつ振動ローラ

この規格は、各ローラの燃料消費量及び電力消費量の比較、エネルギー効率改善技術の確認などに用いることができる。

この規格における試験方法は、再現性を確保するために、実作業（締固め）に代わって模擬動作による試験を用いている。

### 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。これらの引用規格のうちで、西暦年を付記してあるものは、記載の年の版を適用し、その後の改正版（追補を含む。）には適用しない。西暦年の付記がない引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

**JIS A 8424** 土工機械－締固め機械－用語及び仕様項目

**JIS D 0006-1** 土工機械－エンジン－第1部：ネット出力試験方法

**JIS K 2204** 軽油

**JIS K 2249-4:2011** 原油及び石油製品－密度の求め方－第4部：密度・質量・容量換算表

**JIS Z 8401** 数値の丸め方

**JIS Z 8704** 温度測定方法－電気的方法

**JIS Z 8705** ガラス製温度計による温度測定方法**3 用語及び定義**

この規格で用いる主な用語及び定義は、次による。

**3.1 燃料エネルギー駆動形ローラ**

燃料エネルギーだけを動力源として作動するローラ

**3.2 ハイブリッド形ローラ**

エンジンと、電気エネルギー、油圧エネルギーなどのエネルギーを回収し再利用するためのエネルギー蓄積装置及びそれらエネルギーを動力源とする動力装置とを備えたローラ

**3.3 電気エネルギー駆動形ローラ**

機体に搭載した蓄電装置の電力だけを動力源として作動するローラ

**3.4 エネルギー蓄積装置**

目的とする作業に使用されなかった余剰エネルギー、作業中に回生される位置エネルギーなどの一部又は全部を回収し、そのままの形態又は別の形態に変換し、これを蓄積・再使用する動力用の蓄電装置（蓄電池、キャパシタ）及びアキュムレータ。

外部電力を蓄えて機械を作動させるための蓄電装置も含む。

**3.5 蓄積エネルギー率（State of charge）SOC**

エネルギー蓄積装置の公称エネルギー蓄積容量に対し、その公称値から消費したエネルギー量を差し引いた割合。

**4 試験項目**

試験は、次に示す a)～c)について行う。

ただし、振動機能を持たないローラについては、a)、c)のみ行う。

**a) 走行試験**

無振作業走行時のエネルギー消費量を測定する。

**b) 空中振動試験**

振動作業走行時の振動にかかる模擬動作によるエネルギー消費量を測定する。

**c) 待機試験**

燃料エネルギー駆動形ローラ及びハイブリッド形ローラの場合は待機時エンジン最小負荷回転速度における燃料消費量を、電気エネルギー駆動形ローラの場合は待機時にモータに結合している機器に外部負荷を加えることなく、製造業者の指定する待機運転に要する電力消費量を測定する。

**5 試験条件****5.1 供試機械**

供試機械は、次の条件に適合させる。

**a) 装備など**

供試機械の装備などは、製造業者が指定する標準状態（質量を増加できる機械はバラスト付きを含む）とする。供試機械の動作、質量及び質量バランスに影響を与えない場合は、この限りではない。また、搭載した蓄電池を動力源とする供試機械用の充電器は、供試機械への内蔵・外置きに関わらず供試機械と一体とみなす。

**b) 原動機回転速度**

供試機械の原動機無負荷最低回転速度及び無負荷最高回転速度を、定められた仕様範囲に入るよう調節する。

**c) 燃料充填量**

燃料エネルギー駆動形機械及びハイブリッド形機械における燃料の充填量は、燃料タンク容量の 3 分の 2 以上とする。

**d) 暖機**

試験前に供試機械を十分暖機する。

**e) 充電量及び蓄圧量**

エネルギー蓄積装置を備えた供試機械は、その充電量及び蓄圧量を製造業者が定めるシステム制御上の規定値にして試験する。

**f) 補機類**

エネルギー消費を伴う補機類（エアコン、散水、液剤噴霧、エッジカッター、灯火等）は、切って試験する。

**g) 冷却ファン**

冷却ファンの回転速度を可変制御する構造の供試機械は、最高回転速度においてファン回転速度を最高回転速度の 70 % 以上にして試験する。ただし、原動機回転の低速時にファン回転速度が低下することは許容する。

**h) 散水タンク充填量**

散水タンクの充填量は散水タンク容量の 100% とする。

**i) タイヤ空気圧**

タイヤの空気圧は製造業者仕様値  $\pm 10\%$  以内とする。

## 5.2 使用燃料

試験に用いる燃料は、JIS K 2204 に規定する 2 号軽油とする。燃料密度の測定は JIS K 2249-4 による。

任意の温度における燃料密度と燃料温度を測り、JIS K 2249-4:2011 の付表Ⅱの表 1B を使用して 15°C 密度に換算する。膨張係数は、JIS K 2249-4:2011 の 4.3 の a) の基本式 (2) を用いて求める。

## 5.3 測定項目及び測定機器の正確さ

各試験における測定項目と測定機器の正確さは、次のとおりとする。ただし、エネルギー蓄積装置を有する機械にあって、機体に搭載されたエネルギー蓄積装置の蓄積状態を表示する装置の仕様が e), f) の規定を満たす場合においては、当該装置を用いることができる。

**a) 時間**

正確さは、 $\pm 0.1$  秒以内とする。

**b) 回転速度**

正確さは、測定対象の  $\pm 1\%$  以内とする。

## c) 温度

**JIS Z 8704** 又は **JIS Z 8705** によって測定する。最小目盛りは、1℃以下とする。

## d) 燃料消費量

流量計の正確さは、消費流量を直接測定する場合は測定対象の±1%以内、エンジンへの入り側流量と戻り側流量を各々測定する場合は±0.2%以内とする。サブタンクを用いて質量で測定する場合は、サブタンクのひょう量には測定消費量の±1%以内の正確さを有する精密測定機器を用いる。

なお、測定機器は上記正確さを満足し、かつ、分解能を考慮して選定する。

## e) 充電状態及び電力消費量

動力用蓄電装置の充電状態及び外部から供給される電力を測定する電圧計、電流計、電力計及び電力量計の正確さは、測定対象の±1%以内とする。

なお、測定機器は上記正確さを満足し、かつ、分解能を考慮して選定する。

## f) 蓄圧状態

動力用アキュムレータの蓄圧状態を測定する圧力計の正確さは、±1%以内とする。

## 5.4 大気条件

大気条件（圧力、温度及び湿度）がエンジンの吸入空気量に及ぼす影響を示す大気係数  $f_a$  (**JIS D 0006-1** 参照) は、エンジンの形式によって次の式 (1)、(2)、(3) のいずれかで計算し、その値が 0.93～1.07（できれば 0.98～1.02 の範囲）の範囲内とすることが望ましい。

## a) 無過給及び機械式過給エンジン

$$f_a = \left( \frac{99}{P_d} \right) \times \left( \frac{T}{298} \right)^{0.7} \dots\dots\dots (1)$$

## b) 給気冷却器なし又は給気－空気冷却器付ターボ過給エンジン

$$f_a = \left( \frac{99}{P_d} \right)^{0.7} \times \left( \frac{T}{298} \right)^{1.2} \dots\dots\dots (2)$$

## c) 給気－液体冷却器付ターボ過給エンジン

$$f_a = \left( \frac{99}{P_d} \right)^{0.7} \times \left( \frac{T}{298} \right)^{0.7} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 $T$ : エンジンの空気取り入れ口における絶対温度で、ケルビン (K) で表す。

$P_d$ : 乾燥大気圧で、キロパスカル (kPa) で表し、大気全圧から水蒸気分圧を減じたもの。

## 6 燃料消費量の測定方法

燃料エネルギー駆動形機械及びハイブリッド形機械の燃料消費量は、エンジンからの戻り側も考慮して十分な精度 (5.3 参照) で、6.1 又は 6.2 に示す方法によって測定する。

## 6.1 流量計を用いた測定方法

流量計を用いた測定方法を、6.1.1 及び 6.1.2 に示す。なお、容積流量から質量流量への換算は、測定箇所の燃料温度を各々測定し、それぞれ質量流量に換算してから質量消費量を求める。

### 6.1.1 直接消費流量測定方法

図 1 に、消費流量を直接測定する方法の例を示す。なお、噴射装置のノズルからの戻り燃料に気泡を発生させないために燃料供給ポンプの追加（戻りラインの加圧）を必要とする場合がある。また、燃料のエンジン入り口温度は、エンジンに定められた温度以下とするために熱交換器が必要になる場合もある。

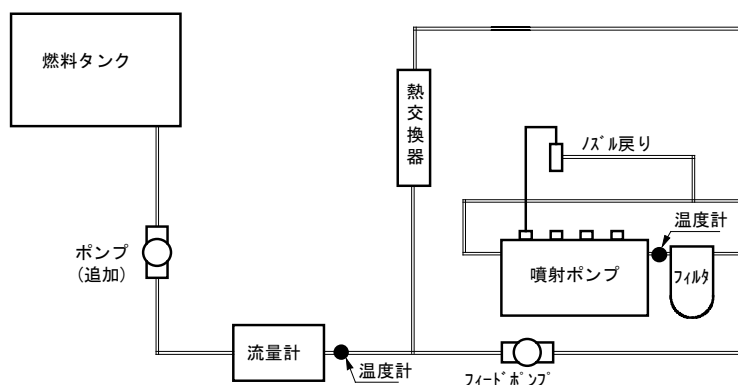


図 1 直接消費流量測定方法の例

### 6.1.2 エンジンへの入り側と戻り側の流量測定方法

図 2 に、エンジンへの入り側流量と戻り側流量との差から消費流量を求める方法の例を示す。この方法では、入り側と戻り側の測定をできるだけ同期させ、双方の流量計の特性（流量と誤差の特性）をできるだけ一致させなければならない。また、戻り側流量測定ラインに気泡の発生がないことを確認する。

なお、測定に用いた流量計の流量特性の試験成績書を用いて流量測定値を補正してもよい。

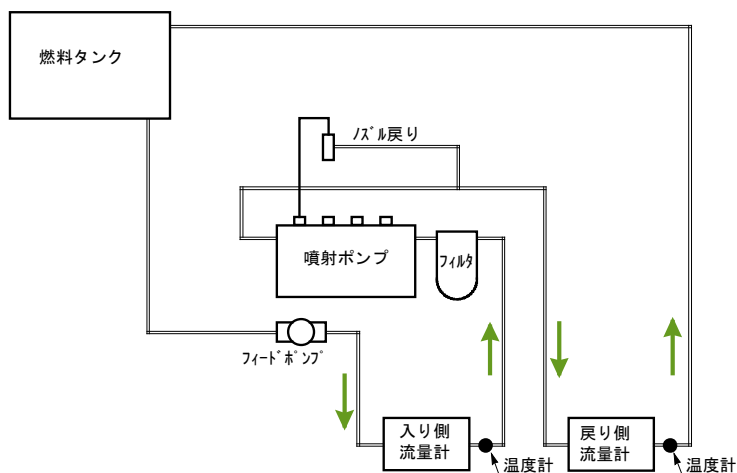


図 2 エンジンへの入り側と戻り側の流量測定方法の例

## 6.2 サブタンクを用いた測定方法

6.1 の代替方法として、図 3 の例に示すエンジン供給用サブタンクとエンジン戻り用サブタンクの試験前後の質量差から消費量を求めてもよい。この方法では、サブタンクの質量を測定する天びんの正確さを保つため、ひょう量時の風などによる外乱を除去しなければならない。また、サブタンク着脱時の燃料漏れやエンジン側への気泡の混入などを避けなければならない。

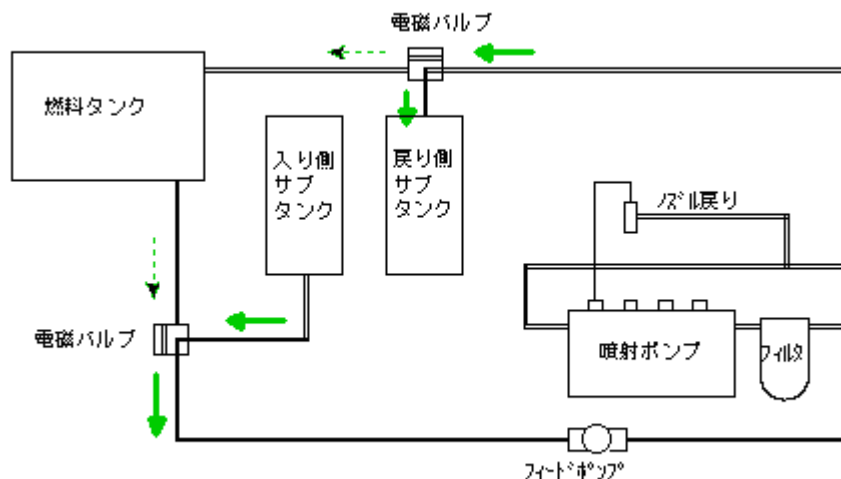


図 3 サブタンクを用いた燃料消費流量測定方法の例

## 7 電力消費量などの測定方法

電気エネルギーのエネルギー蓄積装置を有する機械の場合はエネルギー変化量を、7.1 の a) 又は b) に示す方法によって測定する。油圧エネルギーのエネルギー蓄積装置の場合は、7.1 の c) に示す方法によって測定する。

### 7.1 エネルギー蓄積装置のエネルギー変化量の測定方法

#### a) 電圧計を用いた測定方法

図 4 にエネルギー蓄積装置のエネルギー蓄積状態を電圧計で測定する方法の例を示す。この方法は、蓄電装置が固有の静電容量を有する場合に適用する。

試験開始時の電圧と試験終了後の電圧を記録し蓄電装置のエネルギー変化量を式 (4) によって算出する。

$$E = \left( \frac{(V_1^2 - V_2^2) \times C}{2 \times 3600} \right) \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 $E$  : 試験における蓄電装置のエネルギー変化量 (Wh)

$V_1$  : 試験開始時の動力用蓄電装置の電圧 (V)

$V_2$  : 試験終了時の動力用蓄電装置の電圧 (V)

$C$  : 動力用蓄電装置の静電容量 (F)



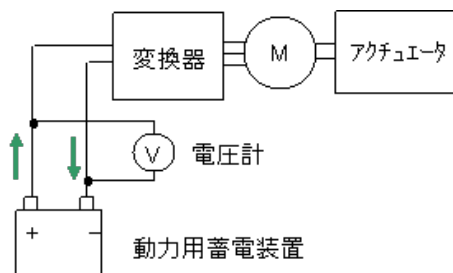


図4 電圧計を用いた蓄電装置のエネルギー変化量測定方法の例

#### b) 電流計と電圧計を用いた測定方法

図5にエネルギー蓄積装置の電力消費量を電流計と電圧計で測定する方法の例を示す。

試験中に消費した電流値と電圧値との積算を記録し蓄電装置のエネルギー変化量を式(5)によって算出する。

$$E = \frac{\sum (I(t) \times V(t) \times T_s)}{3600 \times \eta_b} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、

$E$ : 試験における蓄電装置のエネルギー変化量 (Wh)

蓄電装置の放電電力量／充電電力量 (片道)

$\eta_b$ :

製造業者によって、事前に同一仕様のシステムを使い、その放電量と充電量とを測定して得た値を用いてもよい。ただし、エネルギー効率とする。

$I(t)$ : 動力用蓄電装置の充放電電流値 (A)

$V(t)$ : 動力用蓄電装置の充放電電圧 (V)

$T_s$ : サンプル周期 (s)  $T_s \leq 100\text{ms}$

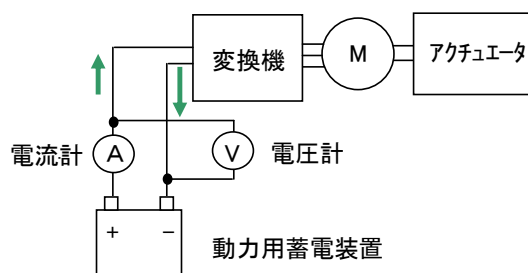


図5 電流計と電圧計を用いた蓄電装置のエネルギー変化量測定方法の例

電流計、電圧計に対し直流電力計を用いてもよい。

#### c) 圧力計と流量計を用いた測定方法

エネルギー蓄積装置が油圧の場合は、その蓄圧消費量を圧力計及び流量計で測定する方法の例を図6に示す。

試験中に消費した圧力値と流量値との積算を記録しアクチュエータのエネルギー変化量を式(6)にて算出する。

なお、ピストンストロークセンサを用いる場合には、これで代替することができる。また、エネルギー蓄積装置の圧力-容積線図を用いて圧力から容積を求め、その圧力と容積とからエネルギー変化量Eを求めてもよい。

この場合、あらかじめ実機と同一仕様のシステムを動作させて、測定によって得られた圧力-容積線図を用い

る。

$$E = \frac{\sum (P(t) \times Q(t) \times T_s)}{3600 \times \eta_a} \dots\dots\dots (6)$$

ここに,  $E$ : 試験におけるアキュムレータのエネルギー変化量 (Wh)

$\eta_a$ : アキュムレータの放油圧エネルギー量/充油圧エネルギー量  
(片道)

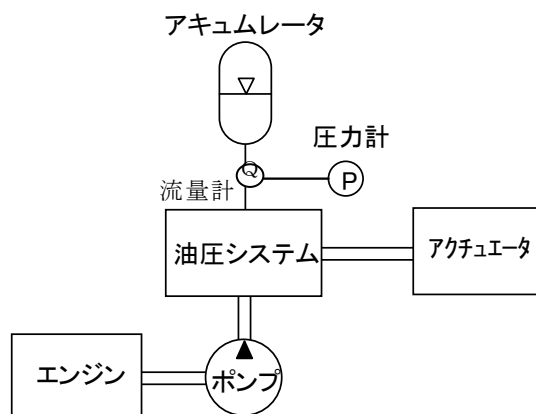
製造業者によって, 事前に同一仕様のシステムを使い, その  
充油圧量と放油圧量とを測定して得た値を用いる。ただし,  
エネルギー効率とする。

$P(t)$ : 動力用アキュムレータの充/放油圧値 (MPa)

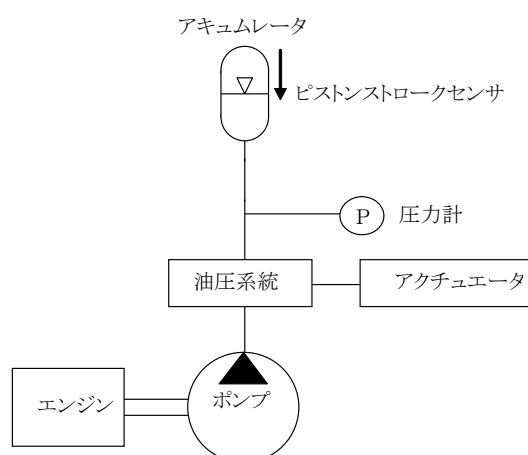
$Q(t)$ : 動力用アキュムレータの充/放油圧流量値 (mL/s)

なお, 流量計の代替として動力用アキュムレータ内部容量検  
出用ピストンストロークセンサを用いる場合は, その検出値  
に応じた油圧流量換算値を用いる。

$T_s$ : サンプルング周期 (s)  $T_s \leq 100\text{ms}$



a) 圧力計と流量計とを用いた測定方法の例



b) 圧力系と動力用アキュムレータの内部容量検出用ピストンストロークセンサとを用いた測定方法の例

図6 アキュムレータのエネルギー変化量測定方法の例

## 8 各機械に応じた燃料消費量及び電力消費量の測定方法の適用と換算方法

各機械に適用する測定方法と換算方法は、次のとおりである。

### 8.1 燃料エネルギー駆動形機械

箇条6によって燃料消費量を測定する。

### 8.2 電気エネルギー駆動形機械であって機体に搭載した蓄電装置（エネルギー蓄積装置）の電力を用いる機械

7.1のa)若しくはb)にて電力消費量を測定する。ただし、この場合は、式(4)又は式(5)で求めた蓄電装置のエネルギー変化量に対し、充電器の充電効率を除算した値をこの供試機械での電力消費量とする。

$$w = E / \eta \quad \dots \dots \dots (7)$$

ここに、 $w$  外部電力の消費量 (Wh)

：

$E$ ： 試験における蓄電装置のエネルギー変化量（Wh）

$\eta$ ： 充電器の充電効率

製造業者によって事前に同一仕様のシステムを測定して得た値を用いてもよい。

充電器の充電効率  $\eta$  は、図 7 から任意の蓄電装置のエネルギー変化量  $E$  に対し、蓄電状態が復帰するまでの外部電力供給量測定値  $w$  との比率で求めてもよい。

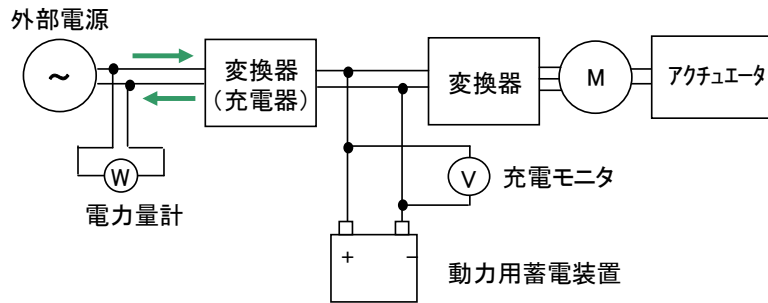


図 7 外部電源を用いて充電器の充電効率  $\eta$  を求める測定方法の例

### 8.3 ハイブリッド形機械

簡条 6 の燃料消費量の測定方法によって燃料消費量を測定すると同時に、7.1 の a)、b)又は c)にてエネルギー変化量を測定する。

各試験を終えた後、簡条 6 における測定方法で測定した燃料消費量  $q_0$  (g) と、7.1 の a)、b)又は c)で測定し、式 (4)、(5) 又は (6) で算出したエネルギー変化量  $E$  (Wh) とが、式 (8) の条件を満たす場合は、この供試機械におけるエネルギー消費量は燃料消費量だけとしてよい。式 (8) の条件を満たさない場合は、次の a) 又は b) の方法で補正する。

$$\frac{|E|}{\frac{q_0}{Z \times 10^3} \times K_e \times 10^6} \leq 0.01 \dots \dots \dots (8)$$

$$3600$$

ここに、 $q_0$ ： 簡条 9 で計測した、エネルギー蓄積装置のエネルギー消費量分の補正を含まない燃料消費量 (g)

$E$ ： 7.1a)の式 (4)、7.1b)の式 (5) 又は 7.1c)の式 (6) で算出したエネルギー変化量 (Wh)

$K_e$ ： 軽油の（単位体積あたり）真[低 (位)]発熱量 35.2 (MJ/L)

$Z$ ： 5.2 で求めた燃料の 15°C密度 (kg/L)

#### a) 蓄積エネルギー率を運転で復帰させる方法

エネルギー蓄積装置の蓄積状態を試験開始前の状態に復帰させるために、それぞれの試験終了後に連続して待機運転を行う。ただし、その待機運転は、簡条 4 の d)の運転内容に限られる。

各試験においてエネルギー蓄積装置が初期状態に復帰するまでに要する待機運転による燃料消費量  $A_1 \sim A_3$  とその時間  $R_1 \sim R_3$  とを測定し、記録しておく。復帰終了の判断は式 (8) の条件を満たすまでで良い (図 8 参照)。

$A_1$  : 走行試験後の蓄積エネルギー復帰に掛かる待機運転での燃料消費量 (g)

$R_1$  : 走行試験後の蓄積エネルギー復帰に掛かる待機運転時間 (s)

$A_2$  : 空中振動試験後の蓄積エネルギー復帰に掛かる待機運転での燃料消費量 (g)

$R_2$  : 空中振動試験後の蓄積エネルギー復帰に掛かる待機運転時間 (s)

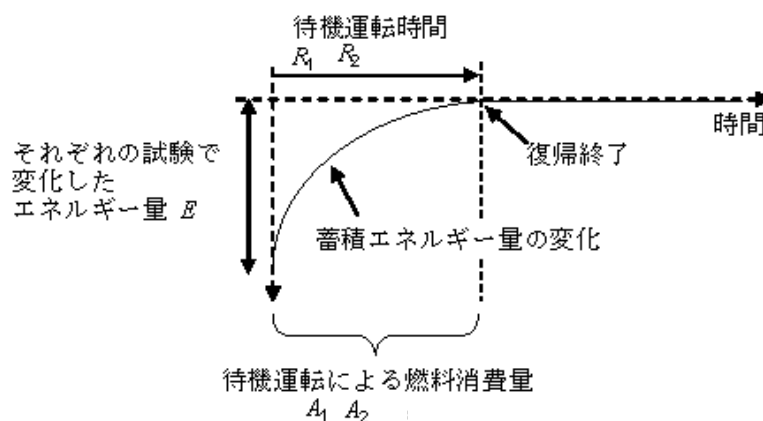


図 8 エネルギー蓄積装置のエネルギー (量) 復帰状態の例

#### b) エネルギー変化量を燃料消費量へ換算する方法

エネルギー蓄積装置のエネルギー変化量が復帰するだけのエネルギーを燃料消費量として換算する。換算は、蓄積エネルギー変化率  $\Delta SOC$  に対する燃料消費量特性及び待機運転時間特性に基づき、各試験において消費したエネルギー変化率に該当する燃料消費量及びそれに要する待機運転時間を導き出せばよい (図 10 参照)。エネルギー蓄積装置の持つ公称エネルギー蓄積容量に対するエネルギー変化量の割合 (蓄積エネルギー変化率) を式 (9) によって求める。

$$\text{蓄積エネルギー変化率}(\Delta SOC) = \left( \frac{\text{式(4), 式(5)又は式(6)で算出したエネルギー変化量 E(Wh)}}{\text{エネルギー蓄積装置の持つ公称エネルギー蓄積容量(Wh)}} \right) \times 100 \quad \cdots (9)$$

上記の  $\Delta SOC$  に対する燃料消費量特性及び待機運転時間特性の求め方の例を、次に記述する。

燃料消費特性及び待機運転時間特性は、任意の蓄積エネルギー率に対し、そのエネルギー率が試験開始前の状態にまで復帰させるのに要した燃料消費量  $A$  とそれに要した待機運転時間  $T$  を、各エネルギー変化率の値に応じて座標に複数点記入し、それを直線近似することで得られる (図 9, 図 10 参照)。

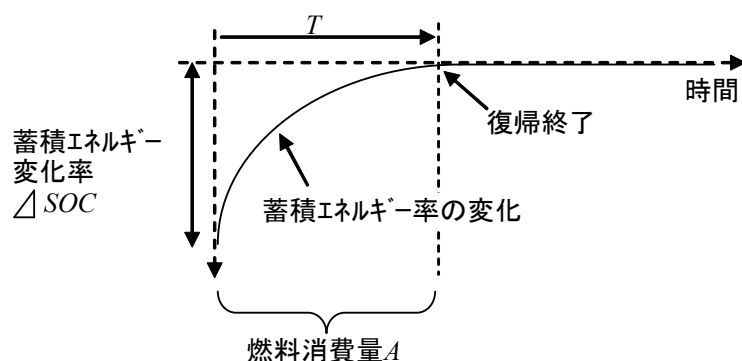


図9 エネルギー蓄積装置のエネルギー（率）復帰状態の例

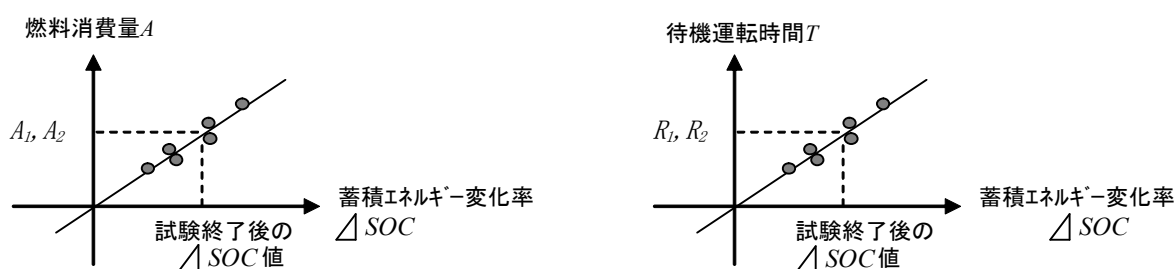


図10 エネルギー蓄積装置のエネルギー復帰に要する燃料消費量特性及び待機運転時間特性

この換算特性は、任意の値までエネルギー量を消費したエネルギー蓄積装置に対し、そのエネルギー量が試験開始前の状態に復帰するまで待機運転を行い、その間の燃料消費量と、それに要した待機運転時間とを測定することで求めることができる。

前記待機運転は、4のc)の運転内容に限られる。

各試験における蓄積エネルギー変化率  $\Delta SOC$  に対し、そのエネルギー復帰に要する燃料消費量  $A_1, A_2$  及び復帰にかかる待機運転時間  $R_1, R_2$  を図10の燃料消費量特性と待機運転時間特性とから求める。

$A_1$  : 走行試験における  $\Delta SOC$  復帰に掛かる待機運転での燃料消費量 (g)

$R_1$  : 走行試験における  $\Delta SOC$  復帰に掛かる待機運転時間 (s)

$A_2$  : 空中振動試験における  $\Delta SOC$  復帰に掛かる待機運転での燃料消費量 (g)

$R_2$  : 空中振動試験における  $\Delta SOC$  復帰に掛かる待機運転時間 (s)

なお、エネルギー蓄積装置には、蓄電装置とアキュムレータの2種類が存在するが、いずれの場合でも同様にこの箇条の測定方法、及び、換算方法が適用できる。

## 9 試験方法

### 9.1 走行試験

無振走行での締固め動作を模擬したもので、停止→加速→一定速度→減速→停止までのエネルギー消費の測定を行う（図 11 参照）。

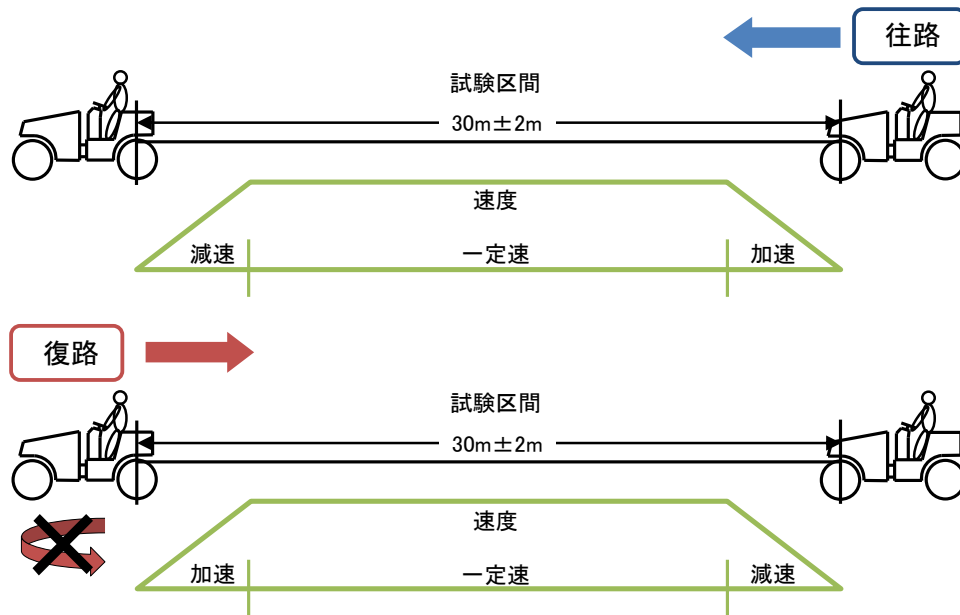


図 11 走行試験

#### 9.1.1 試験条件

走行試験は、次の状態で行う。

- 走行速度段** 作業モード（低速度段）とする。
- アクセル又はスロットル** 最高回転速度とする。
- 走行速度** 最高走行速度とする。  
ただし、作業モード（低速度段）標記が無い又は、多段変速機構の場合は、時速 6km (±0.2km) とする。
- 発進停止操作** 前後進レバー又はスイッチ操作の場合、発進・停止共に可能な限り素早く（1 秒以内）、かつ、レバーは最大ストロークで操作し、走行所要時間が最短となるようにする。  
前後進レバー又はスイッチ操作で停止する機械の場合は、ブレーキを使用しないで停止する。  
アクセルペダルでの操作の場合、発進地点では前後進レバー又は前後進スイッチを進行方向に入れておき、アイドリング状態にてブレーキペダル又はパーキングブレーキにて停止状態とし、発進はブレーキを開放すると同時にアクセルペダルを踏み込む。  
アクセルペダル操作のみで停止しない機械の場合は、アクセルペダルを放しアイドリング状態にてブレーキペダル又はパーキングブレーキにて停止させる。
- 走行距離** 往路及び復路（復路では方向転換をせずにそのまま後進する）でそれぞれ 30m（誤差±2m）とする。

燃料エネルギー駆動形ローラ及びハイブリッド形ローラであって、測定機器の分解能を考慮した測定量以上とならない場合は、往路走行と復路走行を連続して切替えて行う。所要時間は、前後進の切替えを含めて測定する。

- f) 走路 水平で平坦なアスファルト又はコンクリート舗装路面の直線路とする。  
g) 操向 操向は行わない。ただし、微細な操向制御操作は許容する。

### 9.1.2 試験回数及びエネルギー消費量の算出

#### a) 燃料エネルギー駆動形機械及びハイブリッド形機械

試験は往路と復路について行い、各々の燃料消費量と所要時間を測定する。ハイブリッド形機械は、必要に応じて **8.3** の補正を行う。

試験は往路及び復路の測定を各 5 回実施し、所要時間が最長と最短の試験を除いた 3 回を試験結果として付表 1 に記録する。

所要時間が同一の場合は燃料消費量が小さい方を採用する。

時間当たり燃料消費量は、式(10)によって算出する。

$$F_1 = q/t \times 3.6 \quad \dots\dots\dots (10)$$

ここに、 $F_1$  : 走行の時間当たり燃料消費量 (kg/h)

$q$  : 燃料消費量 (g)

$t$  : 所要時間 (s)

なお、ハイブリッド形機械において、エネルギー蓄積装置におけるエネルギー消費量を **8.3** の a) の運転方法によって復帰させた場合は、測定燃料消費量に蓄積エネルギー変化量の補正が含まれている。この方法を適用した場合は、この試験の終了後、エネルギー蓄積量が試験開始前の状態に復帰するまでの所要時間を  $R_1$  (s) として記録しておく。

一方、エネルギー蓄積装置におけるエネルギー消費量を **8.3** の b) の換算方法によって換算する場合は、蓄積エネルギー変化量又はエネルギー蓄積状態の偏差に応じた燃料消費量  $A_1$  を図 10 から求め、測定燃料消費量に補正量として加える。同様にその偏差に応じた復帰所要時間  $R_1$  も図 10 から求め記録しておく。

#### b) 電気エネルギー駆動形機械

試験は往路と復路について行い、各々の電力消費量と所要時間を測定する。

試験は往路及び復路の測定を各 5 回実施し、所要時間が最長と最短の試験を除いた 3 回を試験結果として付表 2 に記録する。

所要時間が同一の場合は電力消費量が小さい方を採用する。

時間当たり電力消費量は、式(11)によって算出する。

$$W_1 = w/t \times 3.6 \quad \dots\dots\dots (11)$$

ここに、 $W_1$  : 走行の時間当たり電力消費量 (kW)

$w$  : 電力消費量 (Wh)

$t$  : 所要時間 (s)

## 9.2 空中振動試験

本試験は、振動機構を有する機械について実施する。

供試機械を地面に接地しない様に機体を架台に載せ、振動機構部を空中に浮かせた状態で振動動作を行い、



振動時のエネルギー消費の測定を行う（図 12 参照）。

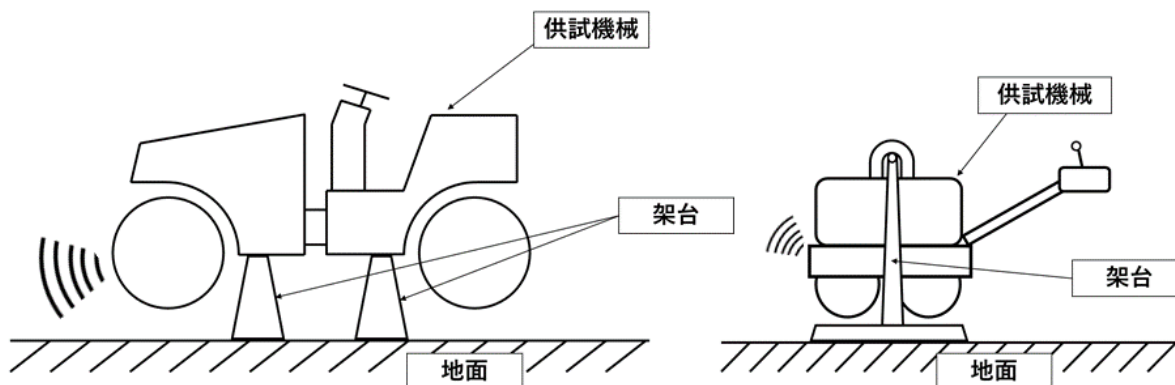


図 12 空中振動試験

### 9.2.1 試験条件

空中振動試験は、次の状態で行う。

- a) **振動段** 振動で消費するエネルギーが最も大きなモード（振動 Lo/Hi 等）で計測する。
- b) **振動輪** 振動機能が片輪の場合は片輪のみ、両輪の場合は両輪を振動する。
- c) **アクセル又はスロットル** 最高回転速度とする。ただし、原動機の回転速度を任意に変更出来ない機構の場合は、直ちに規定された振動を開始できる状態であること。
- d) **試験時間** 振動スイッチを入れてから停止するまでの 300 秒（±2 秒）とする。

燃料エネルギー駆動形ローラ及びハイブリッド形ローラであって、測定機器の分解能を考慮した測定量以上とならない場合は、振動スイッチを入れてから停止するまでの 300 秒（±2 秒）を連続して繰り返し行う。

### 9.2.2 試験回数及びエネルギー消費量の算出

#### a) 燃料エネルギー駆動形機械及びハイブリッド形機械

試験は 5 回実施し、燃料消費量が最大と最小の試験を除いた 3 回を試験結果として付表 1 に記録する。  
時間当たり燃料消費量は、式(12)によって算出する。

$$F_2 = q/t \times 3.6 \dots\dots\dots (12)$$

ここに、 $F_2$ ：空中振動の時間当たり燃料消費量 (kg/h)

$q$ ：燃料消費量 (g)

$t$ ：所要時間 (s)

なお、ハイブリッド形機械において、エネルギー蓄積装置におけるエネルギー消費量を 8.3 の a) の運転方法によって復帰させた場合は、測定燃料消費量に蓄積エネルギー変化量の補正が含まれている。この方法を適用した場合は、この試験の終了後、エネルギー蓄積量が試験開始前の状態に復帰するまでの所要時間を  $R_2$  (s) として記録しておく。

一方、エネルギー蓄積装置におけるエネルギー消費量を 8.3 の b) の換算方法によって換算する場合は、蓄積エネルギー変化量又はエネルギー蓄積状態の偏差に応じた燃料消費量  $A_2$  を図 10 から求め、測定燃料消費量に補正量として加える。同様にその偏差に応じた復帰所要時間  $R_2$  も図 10 から求め記録しておく。

#### b) 電気エネルギー駆動形機械

試験は5回実施し、電費消費量が最大と最小の試験を除いた3回を試験結果として付表2に記録する。  
時間当たり電力消費量は、式(13)によって算出する。

$$W_2 = w/t \times 3.6 \quad \dots\dots\dots (13)$$

ここに、 $W_2$ ：空中振動の時間当たり電力消費量 (kW)

$w$ ：電力消費量 (Wh)

$t$ ：所要時間 (s)

### 9.3 待機試験

#### 9.3.1 試験条件

試験は、次の状態で行う。

- a) **アクセル又はスロットル** 最低回転速度とする。ただし、電気エネルギー駆動形機械は製造業者の指定する待機運転とする。
- b) **前後進レバー又はスイッチの位置** 前後進レバーは中立位置、パーキングブレーキスイッチ又はレバーは効かせておく。
- c) **試験時間** 600秒以上とする。また、待機試験中にファン等の補器類が周期的に運転される場合は、補器類運転時と非運転時の時間構成比を保った試験時間を設定する。ただし、電気エネルギー駆動形機械であって製造業者の指定する待機運転において600秒の中で回転速度が自動的に低下する機構を有する場合は、 $600 \pm 1$ 秒とする。

ハイブリッド形機械については、試験開始前のエネルギー蓄積量と試験終了後のエネルギー蓄積量との差が式(8)の条件を満たすまで実施する。

#### 9.3.2 試験回数及びエネルギー消費量の算出

##### a) 燃料エネルギー駆動形機械及びハイブリッド形機械

試験は1回実施し、付表1に記録する。

時間当たり燃料消費量は、式(14)によって算出する。

$$F_3 = q/t \times 3.6 \quad \dots\dots\dots (14)$$

ここに、 $F_3$ ：待機の時間当たり燃料消費量 (kg/h)

$q$ ：燃料消費量 (g)

$t$ ：所要時間 (s)

##### b) 電気エネルギー駆動形機械

試験は1回実施し、付表2に記録する。

時間当たり電力消費量は、式(15)によって算出する。

$$W_3 = w/t \times 3.6 \quad \dots\dots\dots (15)$$

ここに、 $W_3$ ：待機の時間当たり電力消費量 (kW)

$w$ ：電力消費量 (Wh)

$t$ ：所要時間 (s)

## 10 試験結果の記録

付表 1 及び付表 2 に記録する数値の丸め方は、次による。(JIS Z 8401 参照)

- a) 所要時間(s)及び測定時間(s)は小数点以下第 1 位に丸める。
- b) 燃料消費量関係(g)は小数点以下第 1 位に丸める。
- c) 走行速度(km/h)は小数点以下第 1 位に丸める。
- d) 時間当たり燃料消費量(kg/h)は小数点以下第 1 位に丸める。
- e) 走行距離当り燃料消費量(g/m)は小数点以下第 2 位に丸める。
- f) 施工面積当り燃料消費量(g/m<sup>2</sup>)は小数点以下第 2 位に丸める。
- g) 蓄電装置の電力消費量及び外部電源電力消費量(Wh)は整数に丸める。
- h) 時間当たり電力消費量(kW)は小数点以下第 1 位に丸める。
- i) 走行距離当り電力消費量(W/m)は小数点以下第 1 位に丸める。
- j) 施工面積当り電力消費量(W/m<sup>2</sup>)は小数点以下第 1 位に丸める。

付表 1 燃料エネルギー駆動形及びハイブリッド形ローラの燃料消費量試験結果記録表

製造業者名 \_\_\_\_\_ 試験期日 \_\_\_\_\_ 試験場所 \_\_\_\_\_

機械型式 \_\_\_\_\_ 製造番号 \_\_\_\_\_

機械形式 (例) 燃料エネルギー駆動形 ハイブリッド形

機械質量 \_\_\_\_\_ t バラスト質量 \_\_\_\_\_ t

燃料流量測定装置 測定方式 直接消費流量測定, 入りと戻りの流量測定, サブタンク方式

装置型式 \_\_\_\_\_

測定環境 大気圧 \_\_\_\_\_ kPa 外気温度 \_\_\_\_\_ °C 相対湿度 \_\_\_\_\_ %

使用燃料 密度 \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ °C) 膨張係数 \_\_\_\_\_ k<sup>-1</sup>

運転モード \_\_\_\_\_

(標準モード, 省エネモードなど試験時に使用した製造業者の規定する運転モードを記録する。)

蓄電装置の放電電力量/充電電力量 (片道)  $\eta_b$  :

アキュムレータの放油圧エネルギー量/充油圧エネルギー量 (片道)  $\eta_a$  :

| (1) 走行試験 |                | 試験場               | 締固め距離(実測値) $L_1$ m                      |                | 締固め幅 $W$ m                            |                        |               |  |
|----------|----------------|-------------------|---|----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------|--|
| 試験番号     | 所要時間 $t_1$ (s) | 走行燃料消費量 $q_0$ (g) | エネルギー蓄積装置を試験前の状態に復帰させるときの <sup>a)</sup> |                | 合計燃料消費量 $q$<br>$q_0$ 又は $q_0+A_1$ (g) | 時間当り燃料消費量 $F_1$ (kg/h) | 最高走行速度 (km/h) | 施工面積当り燃料消費量 $=q/(L_1*W)$ (g/m <sup>2</sup> ) |
|          |                |                   | 燃料消費量 $A_1$ (g)                         | 所要時間 $R_1$ (s) |                                       |                        |               |  |
| 往路       |                |                   |   |                |                                       |                        |               |  |
| 復路       |                |                   |   |                |                                       |                        |               |  |
| 往路       |                |                   |   |                |                                       |                        |               |  |
| 復路       |                |                   |   |                |                                       |                        |               |  |
| 往路       |                |                   |   |                |                                       |                        |               |  |
| 復路       |                |                   |   |                |                                       |                        |               |  |
| 平均       |                |                   |   |                |                                       |                        |               |  |

注<sup>a)</sup> 8.3 a) の待機運転による燃料消費測定量及びその所要時間, 又は, 8.3 b) の換算で求めた燃料消費量及び所要時間

| (2) 空中振動試験 |                | 振動段                 | 振動輪                                     |                | 振動方向                                  |                        |  |  |
|------------|----------------|---------------------|---|----------------|---------------------------------------|------------------------|--|--|
| 試験番号       | 所要時間 $t_2$ (s) | 空中振動燃料消費量 $q_0$ (g) | エネルギー蓄積装置を試験前の状態に復帰させるときの <sup>a)</sup> |                | 合計燃料消費量 $q$<br>$q_0$ 又は $q_0+A_2$ (g) | 時間当り燃料消費量 $F_2$ (kg/h) | 施工面積当り燃料消費量 $=q/(L_1*W)*t_2/t_1$ (g/m <sup>2</sup> ) |  |
|            |                |                     | 燃料消費量 $A_2$ (g)                         | 所要時間 $R_2$ (s) |                                       |                        |  |  |
| 1          |                |                     |   |                |                                       |                        |  |  |
| 2          |                |                     |   |                |                                       |                        |  |  |
| 3          |                |                     |   |                |                                       |                        |  |  |
| 平均         |                |                     |   |                |                                       |                        |  |  |

注<sup>a)</sup> 8.3 a) の待機運転による燃料消費測定量及びその所要時間, 又は, 8.3 b) の換算で求めた燃料消費量及び所要時間。

| (3) 待機試験     |             | エンジン無負荷最低回転速度 仕様値 _____ min <sup>-1</sup> (± _____ min <sup>-1</sup> ) | 測定値 _____ min <sup>-1</sup> |
|--------------|-------------|--|-----------------------------|
| 測定時間 $t$ (s) | 待機燃料消費量 (g) | 時間当り燃料消費量 $F_3$ (kg/h)   |                             |
|              |             |  |                             |

付表2 電気エネルギー駆動形ローラの電力消費量試験結果記録表

製造業者名 \_\_\_\_\_ 試験期日 \_\_\_\_\_ 試験場所 \_\_\_\_\_  
機械型式 \_\_\_\_\_ 製造番号 \_\_\_\_\_  
機械質量 \_\_\_\_\_ t バラスト質量 \_\_\_\_\_ t  
機械形式 (例) バッテリー式 \_\_\_\_\_  
電力消費量測定器 測定方式 電力量測定, 電圧測定, 電流測定  
型 式 \_\_\_\_\_  
測定環境 大気圧 \_\_\_\_\_ kPa 外気温度 \_\_\_\_\_ °C 相対湿度 \_\_\_\_\_ %  
運転モード \_\_\_\_\_  
(標準モード, 省エネモードなど試験時に使用した製造業者の規定する運転モードを記録する。)  
充電器の充電効率  $\eta$  : \_\_\_\_\_  
蓄電装置の放電電力量/充電電力量 (片道)  $\eta_b$  : \_\_\_\_\_

(1) 走行試験 試験場 締固め距離(実測値)  $L_1$  \_\_\_\_\_ m 締固め幅  $W$  \_\_\_\_\_ m

| 試験番号 | 所要時間<br>$t_1$<br>(s) | 蓄電装置の<br>電力消費量<br>$E$ (Wh) | 外部電源電力消費量<br>$w$<br>(Wh) | 時間当り<br>電力消費量<br>$W_1$ (kW) | 最高走行速度<br>(km/h) | 施工面積当り<br>電力消費量<br>$=w/(L_1*W)$ (Wh/m <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|--|
| 往路   |                      |                            |                          |                             |                  |  |
| 復路   |                      |                            |                          |                             |                  |  |
| 往路   |                      |                            |                          |                             |                  |  |
| 復路   |                      |                            |                          |                             |                  |  |
| 往路   |                      |                            |                          |                             |                  |  |
| 復路   |                      |                            |                          |                             |                  |  |
| 平均   |                      |                            |                          |                             |                  |  |

## (2) 空中振動試験 振動段 振動輪 振動方向

| 試験番号 | 所要時間<br>$T_2$<br>(s) | 蓄電装置の<br>電力消費量<br>$E$ (Wh) | 外部電源電力消費量<br>$w$<br>(Wh) | 時間当り<br>電力消費量<br>$W_2$ (kW) | 施工面積当り<br>電力消費量<br>$=w/(L_1*W)*t_2/t_1$ (Wh/m <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|
| 1    |                      |                            |                          |                             |  |
| 2    |                      |                            |                          |                             |  |
| 3    |                      |                            |                          |                             |  |
| 平均   |                      |                            |                          |                             |  |

## (3) 待機試験 試験時間 (例) 600 秒以上 600±1 秒

| 測定時間<br>$t$<br>(s) | 蓄電装置の電力消費量<br>$E$<br>(Wh) | 外部電源電力消費量<br>$w$<br>(Wh) | 時間当り電力消費量<br>$W_3$<br>(kW) |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
|                    |                           |                          |                            |

## JCMAS H 024: 202X

# 締固め機械－エネルギー消費量試験方法－ローラ

## 解 説

### 序文

この解説は、本体に規定・記載した事柄、参考に記載した事柄、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 制定・改正の趣旨

### 1.1 初版制定の趣旨

地球温暖化は、地球全体の環境に深刻な影響を及ぼすので、早急に対策を行うことが人類共通の課題となっている。建設施工における地球温暖化対策は、資材・機械の燃料などエネルギー消費にかかわる対策が主要なものとなるが、このうち機械についてはエネルギー消費効率の改善と、効率の良い機械の選択を可能にすることが求められている。そのためには機械のエネルギー消費効率を精度良く測定し、その結果を評価・判定して機械の使用者に分かり易く伝える必要がある。

この規格は、ローラの運転動作におけるエネルギー消費量の比較、またはエネルギー消費量改善技術の確認を目的に十分な技術的検討を重ねた結果、エネルギー消費効率の試験方法としては現在得られる最良の方法であると判断して制定したものである。

## 2 制定・改正の経緯

### 2.1 初版制定の経緯

この規格は、路盤・舗装機械技術委員会が作成し、標準部会国内標準委員会の審議・承認後、世界貿易機関(WTO)/貿易の技術的障害に関する(TBT)協定の適正実施規準(CGP)に基づく意見受付公告を行った上で制定したものである。

規格原案の作成にあたっては、土質変化(締固め材料の種類や密度などの性状)の影響が大きい実締固め作業に代わる模擬試験方法を設定することにした。

ローラの作業内容は、無振走行または有振走行による締固め作業であるため、移動を含む走行試験を試験項目とした。走行試験は、再現性を高めるためアスファルトまたはコンクリート舗装路面での走行で評価することとし、振動ローラの有振走行については、土質の影響を受けない空中振動試験を模擬試験とし、作業無振走行試験結果に加算することとした。

今後、この試験方法によるデータを積み重ねることによって、このエネルギー消費量試験方法による評価の有用性を検証していく必要がある。

## 3 審議中に特に問題となった事項

### 3.1 エネルギー消費量評価値の単位

エネルギー消費量評価値の単位として、仕事量(面積、距離)当たりエネルギー消費量が考えられるが、締固める対象材料によってパス回数が異なるため、平均的な仕事量当たりエネルギー消費量としては不適である。従って、施工業者や製造業者などのローラ関係者にとって使い勝手の良い時間当たりエネルギー消費量で評価することとした。

### 3.2 仕事量当たりエネルギー消費量の評価

エネルギー消費量評価値としては時間当たりエネルギー消費量として評価するが、同一の締固め対象材料と仮定した仕事量当たりエネルギー消費量として機械同士を比較・評価できるように、試験結果記録表には、施工面積当たりエネルギー消費量を記載することとした。

### 3.3 走行速度

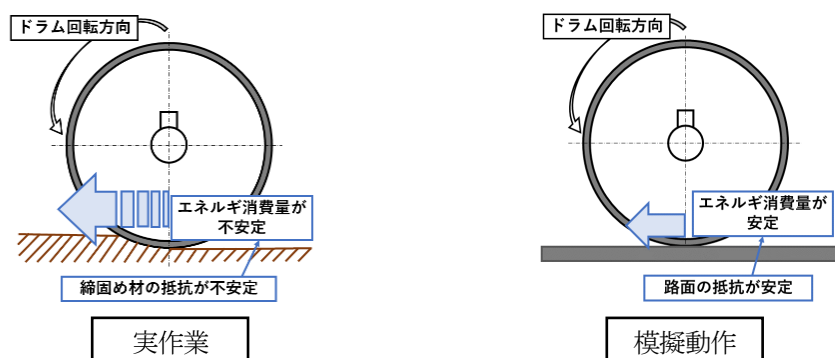
走行試験時の走行速度について、国内で販売されているローラの作業モード（低速度段）での最高速度を調べたところ、施工許容速度の範囲内であったため、妥当な速度であると判断した。

一方、作業モードが設定されていない又は多段変速機構の場合は、最高速度とすると施工許容速度の範囲外となることが多いため、振動ローラの一般的施工速度 3～6km/h と静的ローラの一般的施工速度 6～10km/h から共通値である6km/hに設定した。

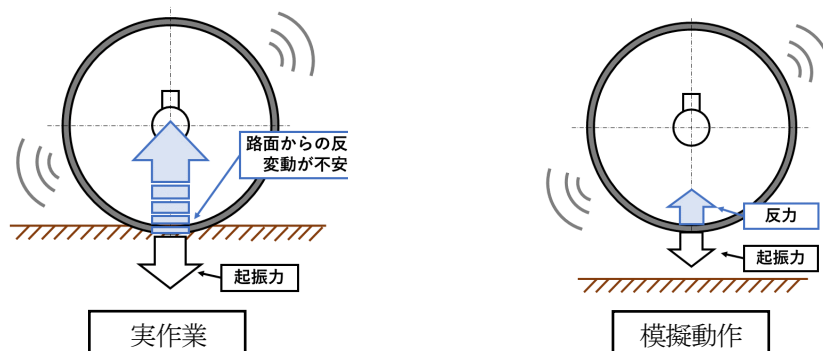
### 3.4 エネルギー消費量測定方法について

エネルギー消費量測定では、本来、実作業で使用する締固め対象材料を用いて試験することが望ましいが、実作業及び製造業者による性能確認試験の測定データを確認した結果、ドラム・タイヤ(以下、ロールと称す)が受ける締固め対象材料（土、アスファルト合材など）からの反力や走行抵抗の変動により、測定結果にばらつきが大きく、再現性を確保することが困難であることが分かった。さらに、締固め対象材料の状態を統一的に管理することも難しい。

走行時（実作業・模擬動作）及び走行を除く振動時（実作業・模擬動作）の各状態を模式的に解説図1及び2に示す。



解説図1 走行時の模式図



解説図2 振動時の模式図

以上より、再現性の高い試験方法を検討した結果、走行に要するエネルギー消費量測定方法は模擬動作として舗装路面(アスファルト又はコンクリート)での走行試験を、走行を除く振動に要するエネルギー消費量は空中振動試験を採用した。

舗装路面は路面状態の変動が小さいため再現性が高く、空中振動試験は路面の影響を受けないため再現性が高い。

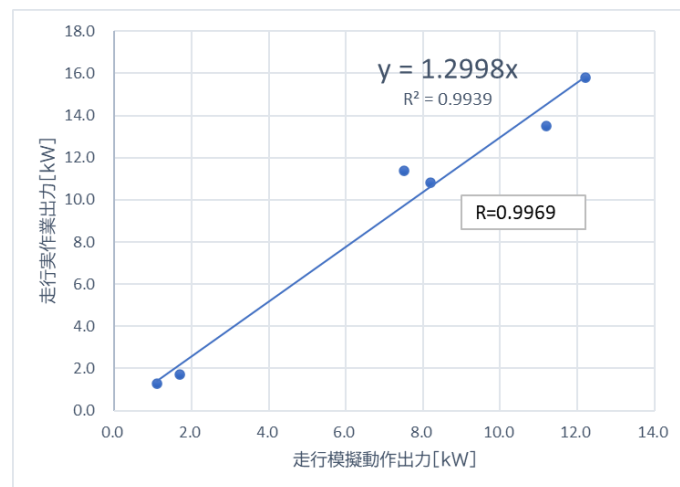
ただし、実作業と模擬動作による測定値との間には差が生じるため、この差を補正するための補正係数を設定した。なお、補正係数の設定における実作業の基準は、十分に締め固められた土を対象とした。

今後も引き続き、より多くの機種でデータを収集し、補正係数の精度向上を図ることで、実作業に近いエネルギー消費効率の評価を可能とし、規格としての信頼性を高めていくことが望ましい。

- **走行補正係数 $\alpha$** : 実作業(十分に締め固められた土上走行)と模擬動作(舗装路面走行)に要する走行消費出力の比で表す。理論的には概ね転がり抵抗係数の比に帰着し、機械特性の影響は消去され、主に対象材料の剛性特性の違いに依存する(「補足：走行補正係数」参照)。

これまでに実施した試験における6機種(0.6 tハンドガイドローラ×2・7 tタンデムローラ・7 tシングルドラムローラ・10 tシングルドラムローラ×2)の測定結果を解説図3に示す。解説図3より、走行補正係数 $\alpha$ は1.3となる。

走行補正係数： $\alpha = 1.3$



解説図3 走行補正係数 $\alpha$

○補足：走行補正係数

走行補正係数 $\alpha$ は、実作業(十分に締め固められた土上走行)時の走行消費出力 $P_{re}$ と模擬動作(舗装路面走行)時の走行消費出力 $P_{si}$ の比で定義する。

$$\alpha = \frac{P_{re}}{P_{si}} = \frac{(C_{re} \times m \times g) \times v}{(C_{si} \times m \times g) \times v} = \frac{C_{re}}{C_{si}} \quad \dots \dots \dots \text{解説式(1)}$$

ここに、

$C_{re}$ : 実作業時の転がり抵抗係数

$C_{si}$ : 模擬動作時の転がり抵抗係数



$m$ : ロール質量

$g$ : 重力加速度

$v$ : 走行速度

この式から分かるように、走行補正係数 $\alpha$ は転がり抵抗係数の比で示される。

ここで、転がり抵抗係数 $C$ は、機械特性「ロール部軸重 $m$ 、ロール直径 $D$ 、ロール幅 $L$ 、ロール剛性特性 $E_r$ (弾性係数)」と地盤特性「主に剛性特性(例えば  $E_{re}$ : 土の弾性係数,  $E_{si}$ : 舗装路面の弾性係数)」に依存していると考えられ、これを一般化すると、

$$C \propto f_1(m, D, L, E_r) \times f_2(E)$$

ここに、

$f_1(m, D, L, E_r)$ : ローラの機械的要因を表す比例関数

$f_2(E)$ : 地盤の剛性特性(弾性係数 $E$ )に依存する比例関数

したがって、走行補正係数 $\alpha$ は、

$$\alpha = \frac{C_{re}}{C_{si}} \propto \frac{f_1(m, D, L, E_r) \times f_2(k_{re})}{f_1(m, D, L, E_r) \times f_2(k_{si})} = \frac{f_2(E_{re})}{f_2(E_{si})} \quad \dots \dots \text{解説式(2)}$$

となり、機械特性の因子 $f_1$ は相殺され、 $\alpha$ は主に地盤特性(弾性係数の比)に依存する。

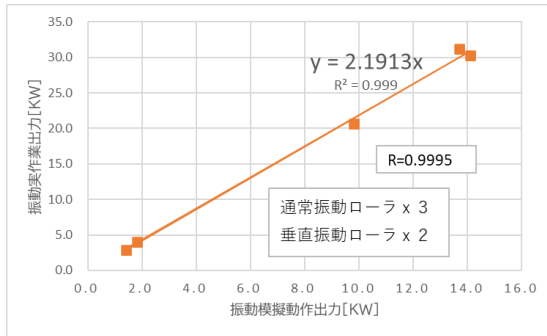
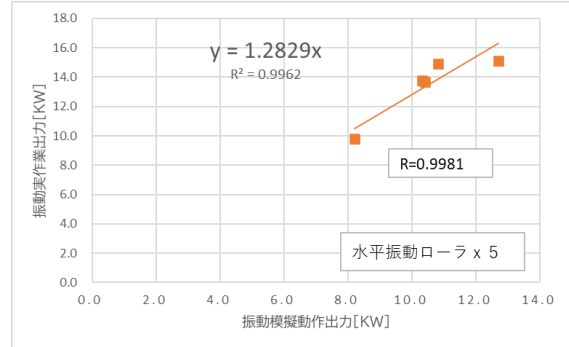
- **振動補正係数 $\beta$** : 実作業(十分に締め固められた土上振動)と模擬動作(空中振動)に要する振動消費出力の比で表す。理論的には概ね等価粘性減衰係数の比に帰着し、機械特性の影響は消去され、主に土と空気の物性(動的弾性係数・損失係数、密度・動粘性係数)の違いに依存する(「補足: 振動補正係数」参照)。

これまでに実施した試験における5機種(通常振動x3機種、垂直振動x2機種)の測定結果を**解説図4**に示す。**解説図4**より、通常振動(ロール全方向の振動)と垂直振動(ロール上下方向の振動)の振動補正係数 $\beta$ は2.2となる。

一方、水平振動(ロール水平方向の振動)では、エネルギーの消費は接触面のせん断作用(摩擦や微小せん断変形)に集中し、土全体を大きく変形させる通常・垂直振動に比べて、等価粘性減衰の比は小さい。このため、水平振動に対する振動補正係数は、通常・垂直振動より小さくなる傾向を示す。

これまでに実施した試験における水平振動5機種の測定結果を**解説図5**に示す。**解説図5**より、水平振動の振動補正係数 $\beta$ は1.3となる。

なお、前輪及び後輪に異なる振動方式が併用される場合は、それぞれの振動補正係数の平均値を用いるものとする。通常・垂直振動 2.2 (2.19から四捨五入) と水平振動 1.3 (1.28から四捨五入) の平均値から振動補正係数 $\beta$ は1.7 (1.74から四捨五入) となる。

振動補正係数(通常振動・垂直振動) :  $\beta = 2.2$ 解説図 4 振動補正係数  $\beta$  (通常振動・垂直振動)振動補正係数(水平振動) :  $\beta = 1.3$ 解説図 5 振動補正係数  $\beta$  (水平振動)

○補足：振動補正係数

振動補正係数 $\beta$  は、実作業（土上振動）時の振動消費出力 $P_{v,re}$ と、模擬動作（空中振動）時の消費出力 $P_{v,si}$ の比として定義する。ここで、振動消費出力は、振動1周期の平均とする。振動対象物（土または空気）からの抵抗力は、等価粘性減衰とロールの速度振幅の積で表される。

$$\beta = \frac{P_{v,re}}{P_{v,si}} = \frac{(C_{v,re} \times v(t)) \times v(t)}{(C_{v,si} \times v(t)) \times v(t)} = \frac{C_{v,re}}{C_{v,si}} \quad \dots \dots \text{解説式(3)}$$

ここに、

$C_{v,re}$ ：実作業時の等価粘性減衰

$C_{v,si}$ ：模擬動作時の等価粘性減衰

$v(t)$ ：ロールの速度振幅

この式から分かるように、振動補正係数 $\beta$  は等価粘性減衰の比で示される。

ここで、等価粘性減衰 $C$ は、ローラの機械特性（代表的な値は ロール直径 $D$ 、ロール幅 $L$ 、ロール質量 $M$ 等）と、対象物の物性に依存すると考えられる。具体的には、

- ・ 空気の場合は密度 $\rho$ 、動粘性係数 $\mu$ が支配的。
- ・ 土の場合は以下2通りが考えられる。

通常振動及び垂直振動では、主に動的弾性係数 $E'$ 、損失係数 $\eta'$ が支配的。

水平振動では、これらに加えて接触面のせん断特性 $G'$ が支配的。

これらを一般化すると次式のように表せる。

$$C_{v,si} \propto f_1(D, L, M) \times f_2(\rho, \mu)$$

$$C_{v,re} \propto f_1(D, L, M) \times f_3(E', \eta', G')$$

ここに、

$f_1(D, L, M)$ ：ローラの機械的要因を表す比例関数

$f_2(\rho, \mu)$ ：空気特性に依存する比例関数

$f_3(E', \eta', G')$ ：土の動的特性に依存する比例関数

したがって、振動補正係数 $\beta$  は、

$$\beta = \frac{C_{v,re}}{C_{v,si}} \propto \frac{f_1(D, L, M) \times f_2(\rho, \mu)}{f_1(D, L, M) \times f_3(E', \eta', G')} = \frac{f_2(\rho, \mu)}{f_3(E', \eta', G')} \quad \dots \dots \text{解説式(4)}$$

となり、機械特性に関する因子 $f_1$ は消去され、比は主に土と空気の特徴に依存する。

### 3.5 試験項目について

当初、試験項目に待機場から作業場までの移動を想定した車両最高速度による「移動走行試験」を考えていたが、実稼働車両の実測データから最高速度付近での走行は0.6%以下と非常に頻度が低く、この条件でのエネルギー消費計測は現実にはそぐわないため、この試験項目を削除し「作業走行試験（走行試験）」に含める事とした。

## 4 特許権などに関する事項

特になし。

## 5 適用範囲

この規格の適用範囲は、ローラの作業内容が機種及び大きさによらず同様であるため、すべてのローラに適用する。

ただし、振動機能を有するローラの評価値算定においては、振動ロールの振動方向が通常振動（全方向）及び垂直振動（上下方向）に限る。

## 6 規定項目の内容

### 6.1 測定機器の正確さ（本体の 5.3, 9.1.1, 9.2.1 ）

分解能を考慮することについて、以下に解説する。

#### 【燃料消費量】

測定量は、「分解能×100%/最大誤差（1%, 0.2%）」よりも多くする必要がある。

消費流量を直接測定する場合（測定機器精度±1%以内）であって測定機器の分解能が 0.1mL の場合、 $0.1\text{mL} \times 100 = 10\text{mL}$  以上の測定量が必要。

分解能が 0.01mL であれば、 $0.01\text{mL} \times 100 = 1\text{mL}$  以上の測定量が必要。

#### 【電力消費量】

分解能は、「連続最大仕様値（電圧・電流・電力）×最大誤差（1%）/100%」よりも高くする必要がある。  
電流計（測定機器精度±1%以内）では、連続最大電流仕様値が 50A の場合、 $50 \times 0.01 = 0.5\text{A}$  以上の分解能が必要。

### 6.2 燃料消費量の測定方法（本体の 6 ）

燃料消費量の測定方法は、エンジンの燃料戻り量の多少などの条件によって当該供試機械に対する最良の方法が変わり得るので、測定にあたっては供試機械毎に測定方法を検討する必要がある。

#### 例 システムの測定精度確認の例

本体の図 2 に示す測定方法の場合、入り側と戻り側との差を測定する必要がある、測定される入り側流量と戻り側流量の双方に対して測定器との精度がかかわり、かつ戻り量が多く差が小さくなる場合、測定精度は低下するので注意が必要である。

### 6.3 走行試験の試験条件（本体の 9.1 ）

走行試験の走行距離については、ローラの機種又は大きさによらず最高速度での移動距離が10m以上となる走行距離として設定した。

また、前後進レバー又はスイッチ操作時間を1秒以内としたのは、1秒以内であれば最高速度到達時間が変わらないことによる。

## 7 エネルギー消費量評価値

今回の測定方法を決めるに当たり、標準的な動作割合を想定し、その重み付けによって数値を1本化する方法も検討したので、重み付けエネルギー消費量の1例として紹介する。

ここで、標準的な動作割合とは、施工業者及び製造業者からのヒアリングに基づき、割り振りを決定したものである。具体的には、走行動作 30%、有振作業走行 55%、待機 15%とし、この時間割合を用いて走行試験、空中振動試験及び待機試験の燃料消費量測定結果を解説式(5)に代入し、得られる値を標準動作1時間当たりの重み付け燃料消費量（ローラ燃料消費量評価値） $F_{RR}$ とする。

なお、振動機能を持たない機械については、走行動作 85%、待機 15%とする。

また、土上での試験は土の特性をコントロールすることが不可能であり、測定値のばらつきが大きいため、本規格ではアスファルト走行試験と空中振動試験を採用したが、土上での消費エネルギーとの乖離を低減するため、走行に要するエネルギー消費量と振動に要するエネルギー消費量に補正係数をそれぞれ適用した。

$$F_{RR} = \frac{(F_1 \times \alpha) \times W_{f1} + ((F_1 \times \alpha) + (F_2 \times \beta)) \times W_{f2} + F_3 \times W_{f3}}{1000} \quad \dots \dots \dots \text{解説式(5)}$$

ここに、 $F_{RR}$  : ローラの燃料消費量評価値 (kg/h)

$F_1$  : 走行試験の時間当たり燃料消費量 (g/h)

$F_2$  : 空中振動試験の時間当たり燃料消費量 (g/h)

$F_3$  : 待機試験の時間当たり燃料消費量 (g/h)

$W_{f1}$  : 走行の重み係数 0.30 (振動ローラ), 0.85 (静的ローラ)

$W_{f2}$  : 振動走行の重み係数 0.55 (振動ローラ), 0.00 (静的ローラ)

$W_{f3}$  : 待機の重み係数 0.15

$\alpha$  : 走行補正係数 1.3

( [土上走行データ] 平均値と [アスファルト走行データ] 平均値の比)

$\beta$  : 振動補正係数 2.2 (通常振動及び垂直振動に適用), 1.3 (水平振動に適用),

1.7 (前輪に通常振動及び垂直振動、後輪に水平振動 もしくはこの逆に適用)

( [土上振動データ] 平均値と [空中振動データ] 平均値の比)

なお、ハイブリッド形ローラにおいて、式(8)の条件を満たさず、消費燃料量の補正を行った場合のローラ燃料消費量評価値  $F_{RR}$  は、次の式で求めることができる。

$$F_{RR} = \frac{(F_1 \times \alpha) \times W_{f1} + ((F_1 \times \alpha) + (F_2 \times \beta)) \times W_{f2} + F_3 \times (W_{f3} - W_{f1})}{1000} \quad \dots \dots \text{解説式(6)}$$

ここに、 $W_{f1}$  : 復帰にかかる待機運転の重み係数。ただし、 $W_{f3}$  を上限とする。

$$W_{f1} = 0.30 \times \frac{R_1}{t_1} + 0.55 \times \frac{R_2}{t_2} \quad (\text{振動ローラ})$$

$$W_{f1} = 0.85 \times \frac{R_1}{t_1} \quad (\text{静的ローラ})$$

$R_1$  : 走行試験後の蓄積エネルギー復帰又は  $\Delta$ SOC 復帰に掛かる待機運転時間 (s)

$R_2$  : 空中振動試験後の蓄積エネルギー復帰又は  $\Delta SOC$  復帰に掛かる待機運転時間 (s)

$t_1$  : 走行試験の所要時間(s)

$t_2$  : 空中振動試験の所要時間(s)

また、電気エネルギー駆動形ローラにおいては、標準動作 1 時間当たりの重み付け電力消費量評価値  $W_{RR}$  を次の式で求める。

$$W_{RR} = (W_1 \times \alpha) \times W_{f1} + ((W_1 \times \alpha) + (W_2 \times \beta)) \times W_{f2} + W_3 \times W_{f3} \quad \cdots \text{解説式(7)}$$

ここに、 $W_{RR}$ : ローラの電力消費量評価値 (kW)

$W_1$ : 走行試験の時間当たり電力消費量 (kW)

$W_2$ : 空中振動試験の時間当たり電力消費量 (kW)

$W_3$ : 待機試験の時間当たり電力消費量 (kW)

## 8 その他解説事項

### 8.1 質量別のクラス分け

機械毎にエネルギー消費効率を比較するためのクラス分けについて検討した。

**JIS A 8424**、建設機械等損料表、定格出力及び質量を参考にして、機械の質量や有振機械と無振機械が入り混じった比較とならない様に、静的ローラと振動ローラに分け、各々運転質量により 10 クラスに分類することにした（解説表 1）。

なお、今後、燃費や電費基準値を検討する中で当該クラス分けを見直すことがある。

解説表 1 供試機械のクラス分け

| クラス | 標準運転質量            |                   |
|-----|-------------------|-------------------|
|     | 静的ローラ             | 振動ローラ             |
| 1   | ～1.0t 未満          | ～1.0t 未満          |
| 2   | 1.0t 以上～2.0t 未満   | 1.0t 以上～2.0t 未満   |
| 3   | 2.0t 以上～3.0t 未満   | 2.0t 以上～3.0t 未満   |
| 4   | 3.0t 以上～5.0t 未満   | 3.0t 以上～5.0t 未満   |
| 5   | 5.0t 以上～6.0t 未満   | 5.0t 以上～6.0t 未満   |
| 6   | 6.0t 以上～8.0t 未満   | 6.0t 以上～8.0t 未満   |
| 7   | 8.0t 以上～10.0t 未満  | 8.0t 以上～10.0t 未満  |
| 8   | 10.0t 以上～16.0t 未満 | 10.0t 以上～16.0t 未満 |
| 9   | 16.0t 以上～25.0t 未満 | 16.0t 以上～25.0t 未満 |
| 10  | 25.0t 以上～         | 25.0t 以上～         |

## 9 原案作成委員会の構成表

原案作成委員会の構成表を次に示す。

一般社団法人日本建設機械施工協会 標準部会国内標準委員会 構成表

|       | 氏名      | 所属                        |
|-------|---------|---------------------------|
| (委員長) | 高 橋 弘   | 国立大学法人東北大学大学院             |
| (委 員) | 川 内 拓 行 | 経済産業省製造産業局産業機械課           |
|       | 佐 野 昌 伴 | 施工技術総合研究所                 |
|       | 東 好 宣   | 厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課        |
|       | 増 竜 郎   | 国土交通省大臣官房参事官(イノベーション)グループ |
|       | 本 池 祥 子 | 一般財団法人日本規格協会              |
|       | 山 口 崇   | 国立研究開発法人土木研究所             |
|       | 大 本 康 隆 | コベルコ建機株式会社                |
|       | 加 藤 昭一郎 | キャタピラー・ジャパン合同会社           |
|       | 後 藤 優 太 | 株式会社小松製作所                 |
|       | 鈴 木 義 信 | 住友建機株式会社                  |
|       | 田 原 正 法 | 日立建機株式会社                  |
|       | 大 西 秀 樹 | 株式会社NIPPO                 |
|       | 坂 下 誠   | 前田建設工業株式会社                |
|       | 篠 宮 政 幸 | 佐藤工業株式会社                  |
|       | 中 村 誠一郎 | 株式会社アクティオ                 |
|       | 山 下 晋 仁 | 前田道路株式会社                  |
| (関係者) | 中 田 幹 夫 | 経済産業省イノベーション・環境局国際標準課     |
| (事務局) | 正 田 明 平 | 一般社団法人日本建設機械施工協会          |
|       | 小 倉 公 彦 | 一般社団法人日本建設機械施工協会          |
|       | 大 西 啓二郎 | 一般社団法人日本建設機械施工協会          |

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 JCMAS「ローラ作業エネルギー消費量試験方法」作成WG 構成表

| 区分      | 氏名      | 所属               |
|---------|---------|------------------|
| (委員長)   | 柴 田 大 地 | 酒井重工業株式会社        |
| (委 員)   | 小 池 房 義 | 酒井重工業株式会社        |
|         | 太 田 実   | 株式会社日立建機カミーノ     |
|         | 板 垣 政 治 | 株式会社日立建機カミーノ     |
|         | 山 口 滋 彦 | 株式会社日立建機カミーノ     |
|         | 春 田 曜 介 | ヴィルトゲン・ジャパン株式会社  |
|         | 生 島 聡   | ヴィルトゲン・ジャパン株式会社  |
|         | 藤 井 敬 三 | 西尾レントオール株式会社     |
|         | 高 橋 政 人 | 西尾レントオール株式会社     |
|         | 佐 藤 充 弘 | 施工技術総合研究所        |
| (オブザーバ) | 美 野 隆   | 大成ロテック株式会社       |
|         | 相 田 尚   | 株式会社NIPPO        |
| (事務局)   | 畑 田 健   | 一般社団法人日本建設機械施工協会 |
|         | 綿 井 秀 樹 | 一般社団法人日本建設機械施工協会 |