

V-25

ツインシンチレーションカウンター方式による表面散乱型RI密度計に関する報告

大成道路株式会社 正会員 ○菅野 克美
 法政大学 工学部 長谷川賢一
 株式会社キメック 渡辺 邦芳

はじめに

近年、表面散乱型RI密度計によってアスファルト混合物の密度を非破壊・リアルタイムで測定し、施工管理へのフィードバックを行うための検討がされつつある。一般的に使われている表面散乱型RI密度計は、GM管を検出器とするものであり、混合物の組成(粒度、軽元素、表面性状等)の影響を受けやすいため、実際に舗設されるのと同じアスファルト混合物で事前に室内または試験施工において密度と計数比(測定γ線カウント数/標準γ線カウント数)のキャリブレーション式を求める必要があり、現場で測定された計数比をキャリブレーション式を使って密度に変換している。

他の種類の検出器としてはシンチレーションカウンターがあり、GM管と比較した場合、入射γ線エネルギーの弁別能力がある、計数効率が高い等のメリットがあるが、計数効率の時間的変化や温度に対する安定性の面で問題があった。密度(締固め度)管理は、舗装工事での重要な品質管理項目であり、より高精度で汎用的な測定装置の開発を目標とし、シンチレーションカウンターを2個使った表面散乱型γ線密度計を試作して室内実験を行った。

本報告は、ツインシンチレーションカウンター方式による表面散乱型RI密度計の測定原理、試作器の室内実験結果について述べるものである。

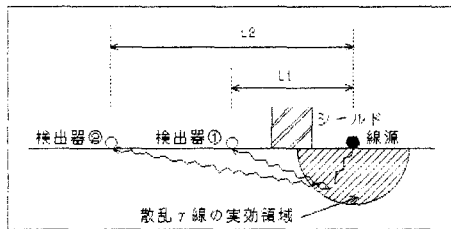


図-1 測定原理

1. 測定原理

2個の検出器(シンチレーションカウンター、以下同じ)を使うことにより、線源から検出器までの2つの異なる距離の散乱γ線計数値N1、N2は、式-1および式-2で表される。

$$N1 = N0 \times B1 \times e^{-\mu \times L1*} \dots\dots\dots (式-1)$$

$$N2 = N0 \times B2 \times e^{-\mu \times L2*} \dots\dots\dots (式-2)$$

ここで、 μ : 吸収・散乱を考慮した場合の平均的なγ線吸収係数

$N0$: 線源の強さ

$B1, B2$: 線源からのγ線が散乱し、検出器に向かう割合

$L1*, L2*$: 表面散乱の場合の線源検出器間距離に関する係数

$L1*$ および $L2*$ は、検出器の幾何学的配置が変わらなければ一定であり、 $N1$ と $N2$ の計数値の比の自然対数 $\ln(N1/N2)$ は、式-3で表される。

$$\ln(N1/N2) = A \times \mu + B \dots\dots\dots (式-3)$$

ここで、 $A : -(L1* - L2*)$ $B : \ln(B1/B2)$

密度 $m = k \times \mu$ (k は定数)の関係から式-3を整理すると式-4で表される。

$$m = C \times \ln(N1/N2) + D \dots\dots\dots (式-4)$$

ここで、 $C : k/A$ $D : -B \times k/A$

C および D は定数と考えられるので、密度は $\ln(N1/N2)$ の1次式で表される。したがって、密度は線源の強さに影響されず、 $N1$ および $N2$ が検出器の計数効率の変化によって変わっても、同じ割合で変化している限りではこの影響を受けず、密度の広い範囲にわたって式-4の1次関係が成立する。

2. 補正方法

表面散乱型 γ 線密度計は、材料の組成(粒度、軽元素、表面性状等)によって等価的な質量吸収係数が変化するために、密度測定値に誤差が生ずる。等価的な質量吸収係数は、検出器に入射してくる散乱 γ 線エネルギーレベルごとに異なるため、2つの異なるエネルギー範囲内で計測された散乱 γ 線から上記の方法で算出された密度の比により、密度を補正することが可能となる。

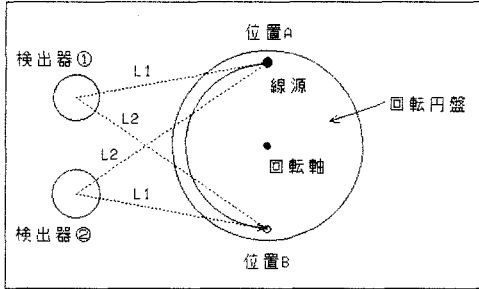


図-2 試作器の基本構造

3. 試作器の基本構造

試作器の基本構造は図-2であり、回転円盤上に取り付けられた線源を位置Aでの一定時間の測定後、180°回転して幾何学的対象位置Bに移動させ、さらに同じ時間の測定を行う。

この操作により、以下の利点が生ずる。

- ・ 検出器の計数効率の変化をキャンセルできる。
- ・ 測定時間の短縮ができる。
- ・ 線源位置を変えているので、より平均的な密度を得られる。

また、試作器は、舗設直後のアスファルト混合物の測定にも使用可能なように耐熱構造とし、線源に ^{137}Cs (セシウム137)を使用することにより感度安定化回路も含んでいる。

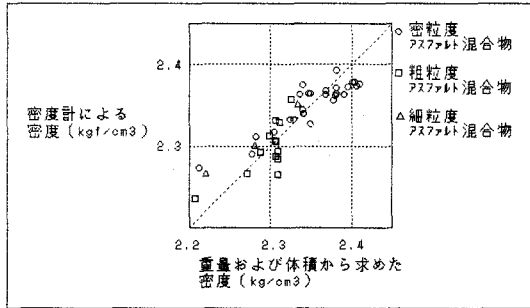


図-3 体積から求めた密度と密度計による密度との関係

4. 測定結果

密粒度、粗粒度、細粒度アスファルト混合物について、試作器によって測定を行った結果を図-3,4に示す。ここで、密度計密度は、2の補正方法によって補正を行った密度であり、体積から求めた密度とほぼ1:1の関係をもち、誤差は±1.5%程度であると考えられる。なお、密度校正直線は、アスファルト混合物以外の密度標準試験体から得られているものである。

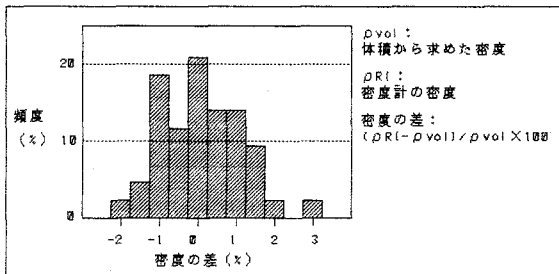


図-4 密度の差の度数分布

おわりに

ツインシンチレーションカウンター方式を採用して表面散乱型RI密度計を試作し、アスファルト混合物について測定を行った結果、測定の安定性、体積から求めた密度との誤差についてある程度満足できるものが得られた。また、 γ 線源と距離の異なる2個の検出器から得られる計数比を利用することにより、混合物の組成による影響を補正できることがわかり、従来行っていた事前のキャリブ

レーションが不要になる可能性が見いだされた。

本密度計の密度校正式は、アスファルト混合物とは全く無関係の密度標準試験体によって求めているので、アスファルト混合物以外の材料についても同程度の性能で測定できる可能性があるが、組成補正パラメータについての修正が必要になると予想される。