

# 舗装の非破壊密度測定器の施工管理に向けた活用

日本道路（株）生産技術本部 技術研究所 ○黒毛利 信自  
同 落合 優斗  
同 立花 徳啓

## 1. はじめに

舗装の密度測定は、現場の品質管理に欠かせない指標である。通常、舗装の密度は直接測定を基本とするが、時間と労力を要すること等が常となっている。また、橋面舗装では、床板の損傷や防水性能の低下が懸念されることから、コア採取による直接測定が実施しにくいのが現状である。

近年、舗装の密度を非破壊で測定可能な機器が研究・開発され、コア採取などの直接測定法の補完あるいは施工管理用として利用されている。非破壊密度測定器は、切り取りコアなどの既知の密度との差分(キャリブレーション)を試験施工等で事前に把握することで、精度の良い測定が可能とされている。本検討では、各機器から取得した密度データと切取コアによる直接測定した密度データを基に、機器ごとの補正值(キャリブレーションや現場定数、オフセット値)について評価した。本文ではその結果について報告する。

## 2. 非破壊密度測定器の概要

### 2.1 RI密度測定器

RI密度測定器（以下、RI密度計）は、放射線源にBa-133（バリウム133）を使用し、微弱な放射線源のため原子力規制委員会への届け出無しで安全に使用できる試験機である。Ba-133から放出されたガンマ線のコンプトン効果という性質を利用し密度を測定するものである。測定時間は1回あたり1分程度である。RI密度計の外観を写真-1に示す。



写真-1 RI密度計

### 2.2 PQI

PQI密度計（以下、PQI）は、本体底円盤部よりラジオのAM、FMの中間に位置する1MHzの周波数の電磁波を放出し、設定した舗装厚さの密度を数秒で測定できる。また、路面温度0~175°Cまでの範囲であれば測定可能とされている。PQIの外観を写真-2に示す。



写真-2 PQI密度計

## 3. 試験施工の概要

非破壊密度測定機の差分試験（キャリブレーション）を実施するため、幅2.5m・延長15mの試験施工を実施した。また、非破壊密度測定時に施工基面（下地）の影響を少なくするため舗装厚さを $t=6$ cmとし、混合物種類は密粒度アスファルト混合物（20）とした。工区割りの概略図を図-1に、転圧状況を写真-3に示す。

1工区	2工区	3工区
初転圧：1.5往復(3pass) 二次転圧：2.5往復(5pass)	初転圧：2.5往復(5pass) 二次転圧：2.5往復(5pass)	初転圧：4.5往復(9pass) 二次転圧：2.5往復(5pass)
← (転圧方向) →	← (転圧方向) →	← (転圧方向) →

図-1 工区割り



写真-3 施工状況

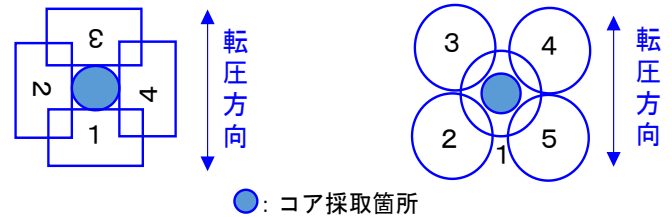
## 4. 差分試験とコア採取について

各工区5箇所抽出し、計15箇所では非破壊密度測定器「RI密度計」と「PQI」

をそれぞれ同一地点で測定し、最終的にはコアを採取し直接測定も実施した。各試験機の同一測点での測定する際の向きや測定回数を図-2に示す。

RI 密度計 (4回測定/箇所)  
(試験機横向き90°回転)

PQI (5回測定/箇所)  
(向き変更なし, 同心円状)



●: コア採取箇所  
図-2 測定回数など

#### 4.1 RI 密度計の現場定数 (補正值) について

現場定数を求めるには、RI 密度計で得られた測定結果とコア採取で得られた密度との比較を行い、最小二乗法による回帰係数 (近似直線) から現場校正定数 A、B を求める。求めた結果を図-3に示す。RI 密度計の測定値と採取したコア密度の測定結果を表-1に示す。結果から、概ね相関があることが確認された。

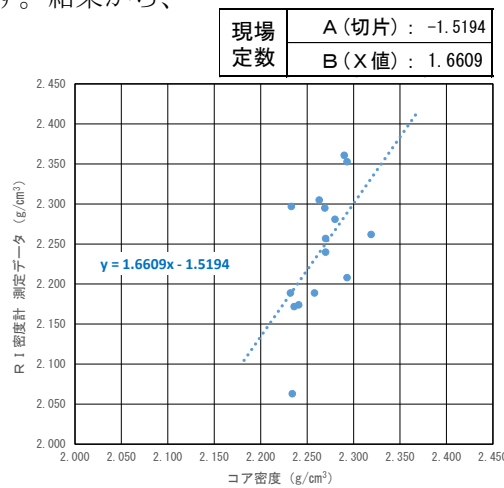


図-3 RI 密度計とコア密度測定結果

表-1 RI 密度計とコア密度結果

測点	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	
	採取コア	RI 密度計
1 工区-1	2.234	2.063
1 工区-2	2.258	2.189
1 工区-3	2.232	2.189
1 工区-4	2.236	2.172
1 工区-5	2.233	2.297
2 工区-1	2.270	2.240
2 工区-2	2.241	2.174
2 工区-3	2.269	2.295
2 工区-4	2.270	2.257
2 工区-5	2.293	2.353
3 工区-1	2.280	2.281
3 工区-2	2.293	2.208
3 工区-3	2.319	2.262
3 工区-4	2.263	2.305
3 工区-5	2.290	2.361

#### 4.2 PQI のオフセット値 (補正值) について

オフセット値を求めるには PQI で得られた測定結果とコア採取で得られた密度との比較を行い、過不足分する差をオフセット値とする。PQI の測定値と採取したコア密度の測定結果、および求めたオフセット値を表-2に示す。

表-2 PQI とコア密度結果

測点	密度 (g/cm <sup>3</sup> )		オフセット値 (=コア-PQI)
	採取コア	PQI	
1 工区-1	2.234	2.025	0.209
1 工区-2	2.258	2.050	0.208
1 工区-3	2.232	2.037	0.195
1 工区-4	2.236	2.006	0.230
1 工区-5	2.233	2.069	0.164
2 工区-1	2.270	2.022	0.248
2 工区-2	2.241	2.063	0.178
2 工区-3	2.269	2.102	0.167
2 工区-4	2.270	2.068	0.202
2 工区-5	2.293	2.124	0.169
3 工区-1	2.280	2.075	0.205
3 工区-2	2.293	2.133	0.160
3 工区-3	2.319	2.087	0.232
3 工区-4	2.263	2.116	0.147
3 工区-5	2.290	2.175	0.115
平均値	2.265	2.077	0.189

#### 5. 実橋での密度および締固め度測定結果

上記の補正值を用いて、県道の実橋において橋面舗装修繕工事の施工管理の一環として、非破壊密度測定器「RI 密度計」と「PQI」を使用し、舗装の密度を測定した結果を表-3に示す。また、橋面舗装修繕工事の概要を表-4に示す。「RI 密度計」と「PQI」で測定した密度から算出した現場締固め度は概ね 100%を示した。

表-3 非破壊密度測定器 (RI 密度計および PQI) の測定結果

機器名	管理測点	No. 1	No. 3	No. 5	No. 7	No. 9	No.11	平均
RI 密度計	密度	2.360	2.411	2.383	2.387	2.391	2.344	2.379
	締固め度 (%)	99.4	101.5	100.4	100.6	100.7	98.7	100.2
PQI	平均密度	2.432	2.338	2.554	2.322	2.360	2.299	2.384
	締固め度 (%)	102.4	98.5	107.6	97.8	99.4	96.8	100.4

基準密度 (g/cm<sup>3</sup>) : 2.374

#### 6. まとめ

非破壊密度測定器「RI 密度計」と「PQI」は、事前に試験施工を実施し、各機器に適切な補正值 (現場定数やオフセット値) を把握・入力することで精度よく測定できることを確認した。このことから、舗装修繕工事の密度測定や締固め度といった施工管理の品質検査機器として十分活用できると考える。今後は、各種アスファルト混合物でのデータ収集や現場における諸条件の変化に対応した検討を続けていきたい。

表-4 橋面舗装修繕工事の概要

施工場所	新潟県三条市 橋長 : 237.7m、幅員 : 6.0m
舗装構成	表層 : 密粒度アスコン (新20FH) 改質 I 型 (1層施工、t = 6cm)
床版	コンクリート床板 (防水層あり)