

PQI を使用した施工中の舗装密度管理に関する一考察

東亜道路工業(株) 技術研究所 正会員 ○梅田 隼
同 正会員 増戸 洋幸
同 正会員 塚本 真也

1. はじめに

PQI (Pavement Quality Indicator) は電磁波を利用して、アスファルト混合物を形成するアスファルト、砕石、水、空気のそれぞれの誘電率の違いをもとに、混合物の密度を非破壊で瞬時に測定する機器である¹⁾。測定時に発生する電磁波は周波数 1MHz 程度と一般のラジオで使用されている周波数帯域と同程度であり、放射性物質を全く使用していないため特別な許可申請や免許が不要で、誰でも簡易に測定が可能である。一方、舗装施工中に定点にて PQI を使用すると、時間変化とともに測定値にばらつきがあるとの報告もある²⁾。そこで、ばらつきの要因を調べ、実施工に使用した際の精度確認を行った。本稿は、その結果を報告するものである。

2. 室内試験

PQI は電磁波を利用し、混合物内部の誘電率の違いをもとに密度を測定することから、比誘電率が非常に大きい水分により測定結果が大きく影響を受けるものと考えられる。加えて、施工中の密度管理に使用するためには、混合物の温度による影響について把握する必要があると考える。そこで、室内試験で水分量と混合物温度による測定結果への影響について確認した。

2.1 水分量の影響

乾燥状態の密粒度 As 路面に水を散布し、PQI 測定値の変化を調べた。散布水分量は 15, 30, 60, 120 (ml/m²)とし 16 地点で測定した。測定中の路面温度は 8~12℃とほぼ一定であった。測定結果を図-1 に示す。同じ散布水分量であっても、測定場所の違いにより PQI 測定締固め度は 2~3%程度のばらつきがある。

測定した 16 地点の平均値に着目すると、測定路面の水分量増加に伴い PQI 測定締固め度が上昇する線形関係にあることが読み取れる。PQI の測定原理は測定器底板から電磁波を発生させ、機器直下の誘電率を測定し、材料、空気(空隙)、水分の割合から密度に換算するものである。比誘電率は 1MHz 帯において空気が 1、舗装材料(砂利など)が 5~7 程度に対して、水は 80 と大きいので、微小な量でも PQI の測定値に大きな影響を及ぼすということが確認できる。

2.2 混合物温度の影響

供試体を 120℃に設定した恒温槽に入れ、温度と

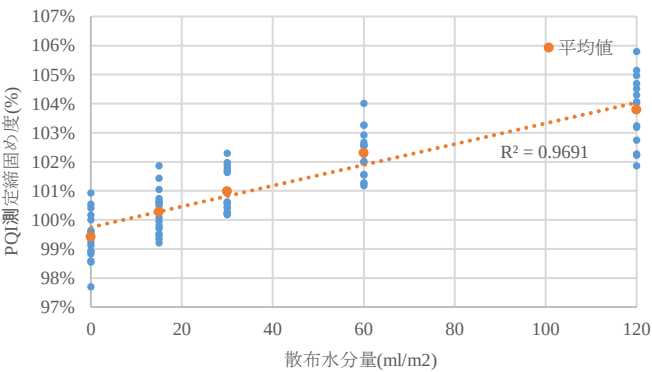


図-1 水分量と PQI 測定締固め度の関係

表-1 供試体一覧

供試体		基準密度 (g/cm ³)	実測密度 (g/cm ³)	締固め度 (%)
密粒度 As	100 %	2.390	2.385	99.8 %
	94 %	2.390	2.261	94.6 %
粗粒度 As	100 %	2.393	2.384	99.6 %
排水性 As	100 %	2.031	2.038	100.3 %
	94 %	2.031	2.277	95.1 %

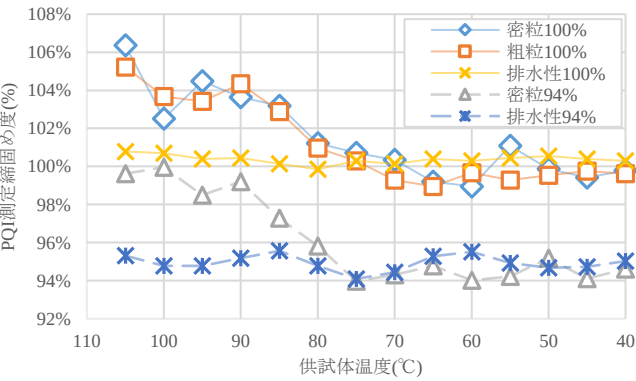


図-2 温度と PQI 測定締固め度の関係

キーワード PQI, 密度管理

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 315-126 東亜道路工業(株)技術研究所 TEL029-877-4150

PQI 測定締固め度の関係を調べた。使用した供試体の一覧を表-1に、PQI 測定結果を図-2に示す。密粒度 As、粗粒度 As の供試体において、70℃付近までは温度低下に伴い PQI 測定締固め度が低下し、その後一定となる傾向が見られた。一方、排水性 As は一定の値を示す傾向が観測された。高温時に密粒度 As、粗粒度 As の PQI 測定密度が高くなる要因として、温度変化に伴う体積膨張や誘電率の変化が考えられる。温度変化に伴う体積膨張は、アスファルト混合物の線膨張係数を $20\mu/\text{℃}$ である³⁾とすると、温度が 50℃上昇することによる体積膨張は 0.3%程度とごく僅かである。温度変化に伴う誘電率の変化は、碎石、砂等の素材そのものの誘電率を正確に測定することが困難であるため明確なことは分からない。

以上のとおり、高温時の PQI 測定締固め度が高くなる要因は明らかではないものの、温度による影響の程度は締固め度 100%の密粒度供試体と締固め度 94%の密粒度供試体で同様の傾向を示していることから、高温時の測定であっても相対的な評価は可能であるものと考ええる。また、測定値そのものを評価するためには 70℃以下の状態で測定する必要があることも分かる。

3. 実地試験

実地試験では、アスファルト混合物として最大粒系 20mm の再生密粒度アスファルト混合物を使用し、施工厚 60mm として施工を行った。図-3に示す位置で、敷き均し後、初期転圧後、二次転圧後、施工完了後に測定を実施した。室内試験の結果から、水分は大きく測定結果に影響することから、測定面の水分をウェスで拭き取り、極力水分の影響をなくすことに注意して測定を実施した。ウェスでの拭き取りの程度を厳密に管理するのは難しいものの、室内試験における散布水分量 30ml/m²相当になるまで拭き取りを行った。

施工条件を表-2、表-3に、測定結果を図-4に示す。図ではばらつきが相当程度あるものの個々の測定値に数%の測定誤差が含まれていることを考慮すると、転圧作業が進むことによって密度が増加していく傾向が認められる。舗装中央部と端部の違いに着目すると、敷き均し直後は中央部、端部にあまり差はないが初期転圧後は端部の PQI 測定締固め度が低い傾向が認められる。本実地試験では PQI の測定結果により施工条件を変えることなく、初期転圧後に密度の低い端部についても、通常どおりに二次転圧作業をしていることから、初期

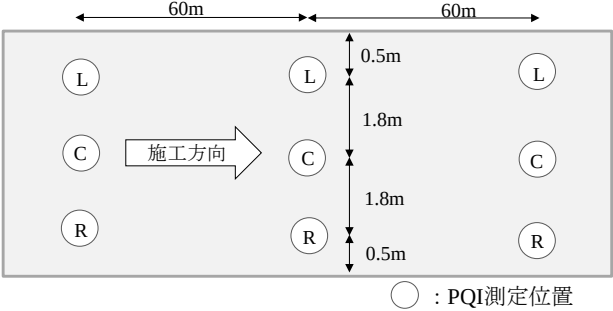


図-3 PQI 測定位置図

表-2 施工温度条件

管理温度種類	温度範囲 (℃)
出荷温度	170℃±10 (160℃～180℃)
現場到着温度	155℃±10 (145℃～165℃)
敷均し温度	150℃±10 (140℃～160℃)
初期転圧温度	143℃±5 (138℃～148℃)
仕上転圧温度	110℃以下

表-3 転圧条件

転圧方法	転圧機械	転圧回数
初期転圧	マカダムローラ	片道7回
二次転圧	タイヤローラ	片道3回

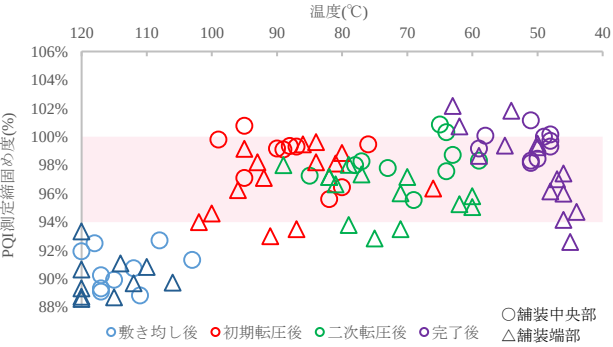


図-4 各施工段階における PQI 測定結果

転圧後に PQI 測定締固め度の低かった端部はそのまま施工完了まで密度が低いままであることが確認できた。

4. おわりに

施工中に PQI による測定を行うことで、密度が不足している箇所を検知することが可能となり、その結果に基づき適切な転圧作業を行うことによって、密度が均一な路面を形成することが可能になるものと考えられる。

参考文献

1) Pedro Romero 他: Laboratory Evaluation of the PQI Model 300, Participants of Pooled Fund Study, 2000.
2) Wim Van den bergh 他: The use of a non-nuclear density gauge for monitoring the compaction process of asphalt pavement, IOP Conference Series, Materials Science and Engineering 236, 2017
3) 久利他: 高温域を考慮したアスファルト混合物のスティフネス測定に関する研究, 土木学会舗装工学論文集, 第 13 巻, 2008/12