

「舗装工事における品質管理手法の検討」の概要

水島達朗* 川村和幸**

はじめに

一般の製品における品質管理は、消費者の製品に対する品質への関心の高まり、各種の管理・検査に関する技術の進歩、製造全般にわたる合理化の必要性から、① 高度な、先端的な技術の適用により細部にわたり品質管理を行う。② 管理・検査の自動化により、人員の減少と人的ミスの要因を排除する。③ 制御技術の向上とあわせ、製造工程管理の高度化で安定した製品を提供する。といった流れにあるといえよう。

一方、舗装工事においては、受注者は発注者の指定する機能を確保するため、設計図書や仕様書の規格に合格する舗装の施工に務め、出来形・品質管理および検査を実施している。しかしながら、一般の製品にみられるような管理・検査手法の進歩は非常に少ない現状にあり、現在行われている管理・検査は「アスファルト舗装要綱」の規定に従っているが、そこに示されている管理・検査の方法や各種基準値および測定頻度などの事項は従来からほとんど変化していない。結果としていえることは、施工技術が進歩しても舗装工事全般の合理化が進まず、管理・検査の項目および基準値が旧態依然のままで10数年見なおされたことがなく、現状にそぐわないことなどが指摘されていた。

このような現状から建設省技術研究会の一課題として、舗装工事の管理・検査の規定などについて平成3～4年度の2ヵ年で見直しを行うもので、本報告は平成3年度分の概要を述べるものである。

1. 管理・検査の問題点

現在、舗装工事における管理・検査については、膨大な管理データの提出や試験の手数など、また品質管理の管理限界値や合格判定値などの規定について、見なおしの検討が必要となっている。

このため、舗装工事全般にわたり品質管理、検査の実態を調査し、適切な管理項目、管理頻度、管理限界値および検査項目、頻度、合格判定値の設定を

目指すものである。

そこで、これらの問題を次の3項目に整理した。

(1) 測定・試験技術の問題

① 舗装の破壊

アスファルト混合物層の粒度、アスファルト量、厚さ、締固め度の測定において、完成時の舗装から試料を採取する必要があるが、舗装体が損傷する。

② 試験精度などの問題

砂置換法による路盤の密度測定や、ソックスレー抽出法による粒度試験などの精度の高度化を図る必要がある。また、ソックスレー抽出法は有機溶剤の使用による安全対策などが必要である。

③ 管理試験の有効性の問題

管理は本来、施工中に出来形・品質を試験・計測して、その結果を施工管理にフィードバックするものであるが、試験に時間を要することなど有効な管理とならない場合が多い。

(2) 管理・検査規定の問題

① 管理限界値、合格判定値の意義

現行の管理限界値、検査合格判定値は、舗装として必要な性能の面から定めたものは少なく、施工の実態から、ほぼすべての工事がその値を満足するよう定めている。したがって、現時点での実態から見なおしの検討が必要となっている。

② 施工技術の進歩に対する対応の遅れ

現行の管理・検査の規定は昭和50年より変わっておらず、施工技術の進歩に対応する必要がある。

③ 施工規模の変化への対応の遅れ

近年の舗装工事はますます小規模化しているが、中規模以上の管理・検査手法がそのまま適応されることが多い。

④ 工法の多様化への遅れ

近年、多種・多様な工法が開発されつつある

*前維持管理研究室副室長 現帯広開発建設部大津道路建設事業所長 **維持管理研究室長

ものの、これらの管理・検査の規定がない。

(3) 管理・検査体制の問題

各種調査資料を作成する受注者、内容を点検する発注者の双方とも、現状では多大な負担となっている。

以上のように、これらの課題は、舗装工事における管理・検査の問題点を解決しようとするものである。

2. 調査研究の概要と結果

アスファルト舗装の出来形・品質の基本的な事項（管理・検査の頻度、方法、管理限界値、合格判定値など）は、アスファルト舗装要綱に従っている部分が多いため、その内容と問題を整理して、以下に示す事項について調査検討した。

(1) 測定・試験技術の問題

1) R I 密度測定器の適用性

砂置換法やコアによる密度測定は、舗装体を傷め、またその場で結果が得られないなど問題がある。このため、リアルタイムで結果が得られる R I 密度測定器（放射性同位元素を利用）

に関して、舗装工事においても R I 密度測定器が適応可能であるかを検討した。

a. R I 密度測定器の適用性の検討結果

R I 密度測定器（以下、R I 測定器という）は、アスファルト混合物や路床・路盤などの密度を測定する計器で、舗装施工時における締固め度の管理への利用が期待されていた。R I とは放射性同位元素（Radio Isotope）で、線源にコバルト 60 など放射性物質が用いられている。測定原理は、線源から発せられたガンマ線と測定対象物質の相互作用（コンプトン散乱）を利用している。すなわち、ガンマ線が物質中を、通過する際に散乱される割合は、物質の単位体積当たりの電子数に比例することから、ガンマ線の物質中の通過量を検出し、そこから物質の密度を求めている。

測定方法には、測定対象物質の表面から放射線を散乱させる散乱型（図-1）と直径 2 cm 程度の穴（深さ 5 ~ 20 cm）線源棒を挿入して放射線を発する透過型（図-2）の 2 種類がある。

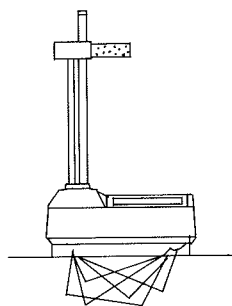


図-1 散乱型測定方法

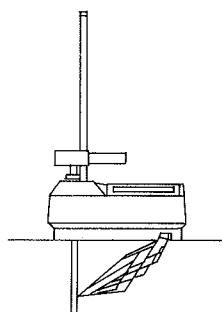


図-2 透過型測定方法

2つの測定方法を比較すると、散乱型はその性質上、検出管に到達するエネルギー量は透過型より少なく、測定精度は透過型の方が優れている。しかし、散乱型は路面に置くだけで測定を行うことができるので非破壊測定のメリットがある。測定時間は舗装の密度測定で 1 ~ 4 分程度であるが、測定時間の長いほど精度がよい。

R I 測定器の放射線源が法律に規定されている放射線量（100 μ ci）以内であれば、使用にあたって資格などの制限はない。また、操作が

簡単で持ち運びも可能なので手軽に実施できる。

R I 測定器の適用性判定の実験は、建設省土木研究所構内の舗装走行実験場に舗装を施工して、R I 測定器および抜き取りコア、砂置換法による密度測定を行い、測定結果を比較した。使用した R I 測定器は、米国・Troxler社製の水分密度計である。

各工種における転圧終了時の密度を表-1に示す。

表-1 転圧終了時の密度測定結果

(単位: g/cm³, 平均値の()は締固め度)

測定法 工 種	R I 散 乱 型		R I 透 過 型		コア密度, 砂置換密度	
	平 均 値	分 散	平 均 値	分 散	平 均 値	分 散
表層アスコン	2.757 (116.1)	0.0086	2.596 (109.4)	0.0043	2.381 (100.3)	0.0021
基層アスコン	2.735 (115.0)	0.0094	2.530 (106.4)	0.0022	2.347 (98.7)	0.0011
瀝安路盤	2.336 (99.4)	0.0020	2.408 (102.4)	0.0034	2.311 (98.3)	0.0006
粒調路盤	—	—	2.137 (94.0)	0.0027	2.151 (94.6)	0.0041
下層路盤	—	—	2.220 (103.2)	0.0019	2.135 (99.2)	0.0062

R I 測定器による密度測定値は, コア・砂置換法の値より大きく, 表・基層のアスファルト混合物では締固め度が100%を越えたものが多い。また, R I 測定器による測定値のばらつき(分散)はアスファルト混合物層ではコア密度より大きく, 粒状路盤層では砂置換法より小さい。散乱形と透過形との比較は, 瀝青安定路盤では散乱形のばらつきは小さいが表・基層では大きかった。

R I 測定器による適用性については, 密度における測定方法の差について検定した。異なる測定法の集団間において差の有無について t 検定を行った。

母集団 X , Y 間の差の検定値 (t 値) は, 式(1)により,

$$t = \left(\frac{x - y}{\sigma_{xy}} \right) \times \sqrt{\frac{n_x \times n_y}{n_x + n_y}} \dots \dots \dots (1)$$

ここで,

$$\sigma_{xy} = \sqrt{\frac{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}{n_x + n_y - 2}}$$

x : 母集団 X の平均値

y : 母集団 Y の平均値

n_x : 母集団 X のデータ数

n_y : 母集団 Y のデータ数

σ_x : 母集団 X の標準偏差

σ_y : 母集団 Y の標準偏差

R I 測定器による測定値と従来型測定法(抜き取りコア・砂置換法)との t 検定値は, 表-2 に示した。データ数は母集団48であり, 有意水準を5%とすると母集団間の差の有無しの判定

表-2 測定法間の差の t 検定値

工 種	密 度		
	R I 散乱型	R I 透過型	散乱: 透過
表層アスコン	24.907	18.491	— 9.714
基層アスコン	26.061	22.145	— 13.125
瀝安路盤	3.394	10.615	6.716
粒調路盤	—	-19.341	—
下層路盤	—	89.999	—

値は, t 分布表によって $t_0 = 1.661$ となる ($|t| > t_0$ ならば, 母集団間に差がある)。

表-2を見ると, すべての組合せにおいて t 検定値は判定値 t_0 より大きく, すべての組合せにおいて測定法間の測定値に差があることがわかった。よって, R I 測定器による測定値と従来型測定法とによる値に差があると判断された。

すなわち, R I 測定器による密度はアスファルト混合物の表・基層では大きい値となり危険側に測定されることになる。このように調査結果から総合的に判断して, 現時点では, アスファルト舗装の品質管理に用いることは問題があるといえる。ただし, 事前に使用材料に対して十分なキャリブレーションを行えば良好な結果が得られるという報告もあり, 今後の可能性が残されている。特に粒状路盤に関しては,

キャリブレーション方法の見なおしにより12/200㎡の測定頻度で適用の可能性は高い。しかし、アスファルト混合物層では、測定値の違いが大き過ぎるため、さらなる検討が必要である。

2) アスファルトプラントの自記記録装置によるアスファルト混合物の品質管理・検査

アスファルト混合物の品質は、抽出・フルイ分け試験を実施し、これにより得られたアスファルト量、粒度で合格の判定を行う。しかし抽出試験は非常に時間を要し、また有機溶剤使用の危険性を有している。一方、近年のアスファルトプラントの多くがアスファルト量や粒度ごとの骨材量を自動的に記録する装置を備えており、その信頼性が高いといわれている（北海道以外は、アスファルトプラントの自記記録装置による管理・検査方法は使われていない）。そこで、自記記録装置によるアスファルト混合物の品質の管理・検査方法について、全国的に調査し検討された。

a. アスファルトプラントの自記記録装置による管理・検査方法の検討結果

自記記録装置による管理・検査の精度などについて確認するため、調査対象はバッチ式プラント種60t/h級、90t/h級以上について、北海道開発局・北陸地方建設局・中部地方建設局・四国地方建設局・中国地方建設局管内におい各2カ所、ドラム式プラントを中部地方建設局管内から1カ所選出し、自記記録装置の実態調査を実施した。調査アスファルトプラントの一覧は、表-3に示す。

自記記録装置の精度は、各ロットごとの自記記録と抽出試験結果の相関関係を求め表-4に示した。

自記記録データと抽出試験の関係をとりまとめると、以下のことがいえる。

- ① 表・基層用混合物における自己記録と抽出結果は、粒度・アスファルト量とも高い相関を示しており、また、回帰式でほぼ $y = x$ となっていることから、抽出試験の代替に自記記録データを用いても得られる結果は、ほぼ同じと判断してよい。
- ② 瀝青安定処理においては、表・基層用混合物に比べて相関は高くなかったが、これはプ

表-3 調査アスファルトプラントの一覧

地 建 等 名	会 社 ・ プ ラ ン ト 名	能 力 (t/h)	混 合 方 式	プ ラ ン ト 検 査		資 料 提 供 混 合 物 種		
				自 主	公 共	最大粒径13mm	最大粒径20mm	瀝青安定処理
北 海 道 開 発 局	道路工業(株) 由仁混合所	50	バ ッ チ	○		○	○	○
	世紀東急工業(株) 札幌混合所	100	バ ッ チ		○	○	○	○
東 北 地 方 建 設 局	大成道路(株) 花園合材工業	60	バ ッ チ		○	○	○	—
	日本舗道(株) 千葉合材工業	210	バ ッ チ	○		○	○	○
北 陸 地 方 建 設 局	新潟舗材(株) 寺地工場	60	バ ッ チ	○		○	○	—
	日本道路(株) 新潟合材センター	90	バ ッ チ	○		○	○	—
中 部 地 方 建 設 局	鹿島道路(株) 刈谷合材製造所	60	バ ッ チ	○		○	○	—
	前田道路(株) 名古屋合材混合所	120	バ ッ チ		○	○	○	—
	大有建設(株) 名古屋北工場	80	ド ラ ム		○	○	○	—
四 国 地 方 建 設 局	日本舗道(株) 坂出合材工業	60	バ ッ チ	○		○	○	—
	日本道路(株) 香川合材センター	100	バ ッ チ		○	○	○	○
中 国 地 方 建 設 局	(株)相原組 瀬野川工場	60	バ ッ チ		○	○	○	—
	前田道路(株) 広島合材混合所	90	バ ッ チ		○	○	○	—

表-4 自記記録データと抽出試験結果の相関関係

項 目	表・基層用混合物	瀝青安定処理
自記記録データによる合成粒度と抽出粒度(2.36mm通過量)	$y = 0.970x + 1.383$ ($r = 0.99$)	$y = 0.205x + 27.82$ ($r = 0.27$)
自記記録データによる合成粒度と抽出粒度(0.075mm通過量)	$y = 0.977x + 0.016$ ($r = 0.91$)	$y = 0.943x + 0.055$ ($r = 0.98$)
自記記録データによるアスファルト量と抽出アスファルト量	$y = 0.885x + 0.627$ ($r = 0.97$)	$y = 0.484x + 2.231$ ($r = 0.84$)

ここに、y：自記記録、x：抽出試験結果、r：相関係数

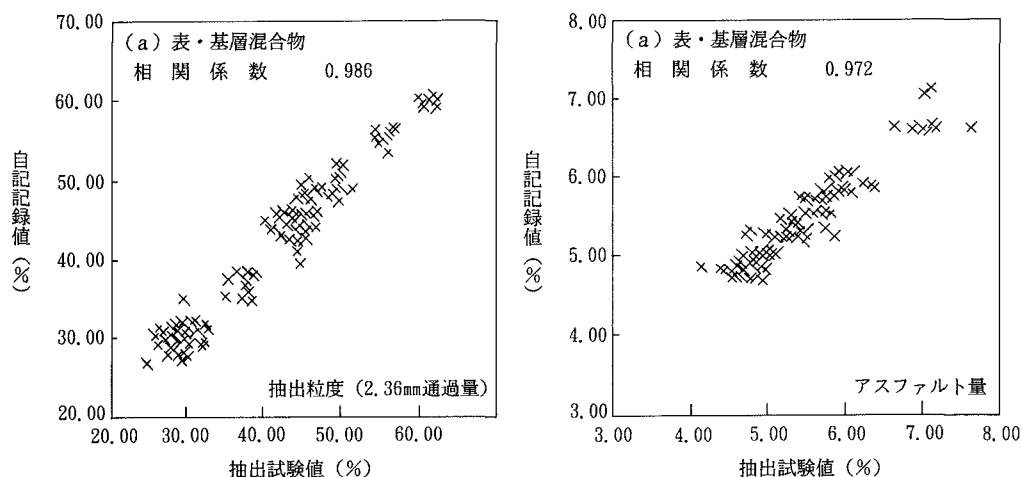


図-3 自記記録データと抽出試験の関係

ラントの計量精度が粒径に関係ないことや表・基層用混合物の相関が高いことからみて、むしろ抽出試験におけるサンプリング誤差に起因していると考えられる。よって、瀝青安定処理の品質管理は抽出試験より全数調査である自記記録による方が適していると判断される。

b. 自記記録装置を利用した管理・検査方法の提案

精度について検討の結果、自記記録装置を利用した管理・検査方法は問題ないと判断された。このことから、北海道開発局で実施している考え方が全国的に準用されることとなった。

合格判定値については、今回の調査結果から自記記録装置による最終計量値の変動係数は最大で1.2%，変動率について4%を見込めば十分であるとされた。また、アスファルト量の管理限界値について±0.6%が提案されている。合格判定値は、表-5のように示された。

(2) 管理・検査規定の問題

1) 平坦性合格判定値の妥当性

平坦性の合格判定値は、現行ではどの工事でも $\sigma = 2.4\text{mm}$ であり、現在のように小規模化した修繕工事にまでこの値を適用することなどが妥当か、といった議論があり、修繕工事における実態を調査し現行規定の見なおしについて検討した。

調査は関東地方建設局管内で実施された平成2年度の工事箇所16工事について行われ、その結果を分類したデータの平均値と分散を表-6に示した。

平坦性に影響する要因として、工種・時間帯・測定器・算出方法などについて検定を行った結果、以下のことが考えられる(表-7参照)。

① 工種による違いは大きく、新設工事の平坦性は切削オーバーレイや打換え工事よりかなり良好である。

② 平坦性の算出方法による違いもある程度は認められた。

③ 工種と算出方法の交互作用による影響はない。

表-5 自記記録による合格判定値 I

品質項目		品質の判定項目	合格判定値 I
粒 度	1	2.5mm 真近ホットビンまでの骨材累計計量値	骨材累積最終ビン計量値がその規準値の $\pm 0.01 \times W_A \times (8.6 - 0.04 S_1)$ $\pm 4\%$ であるとともに
	2	“	“ $\pm 0.01 \times W_A \times (8.6 - 0.04 G)$
石 粉 量		石粉計量値	“ $\pm 0.01 \times W \times F \times (0.30 - 0.013 F)$
アスファルト量		アスファルト計量値	“ $\pm 0.01 \times W \times (0.62 - 0.04 A)$

表-6 平均値と分散

工 種	8 輪				16 輪			
	旧 方 法		新 方 法		旧 方 法		新 方 法	
	平均値	σ^2	平均値	σ^2	平均値	σ^2	平均値	σ^2
打 換 え	1.2228	0.0132	1.46	0.0290	——	——	——	——
切削オーバーレイ	1.125	0.0240	1.305	0.0090	0.906	0.0099	1.06	0.0058
新 設	1.19	0.0009	1.205	0.00003	0.8617	0.0149	0.8683	0.0100

表-7 工種と産出方法の分散分析表

要 因	平方和 (SS)	自由度 (ϕ)	平均平方 (MS)	F 値	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
産出方法による効果	0.1770	1	0.1770	5.9396	4.22	7.72
工 種 による 効果	0.6133	2	0.3067	10.2919	3.37	5.53
交互作用による効果	0.0124	2	0.0062	0.2081	3.37	5.53
残 差	0.7748	26	0.0298			
合 計	1.5775	31				

平坦性については、その算出方法や工事種別によって差は認められるものの、新たな合格判定値を提案するまでにいたらなかった。

新たな合格判定値を設定するにあたっては乗り心地などとの関係も考慮して検討する必要がある、今後の課題といえる。

当面、現行の合格判定値によるものとする。

2) アスファルト量、粒度の管理・検討規定の見なおし

アスファルト要綱に記載されているアスファルト量、粒度の管理限界値および合格判定値について、規定の見なおしを検討した。これには、(社)日本道路協会のアンケート調査によるデータを解析し、管理限界値および合格判定値は JIS

表-8 管理限界値および合格判定値の提案

区 分		工 種	規定の種別	管 理 限 界 値	合 格 判 定 値		
					X ₁₀	X ₆	X ₃
アスファルト量 (%)		表・基層	現 行	± 0.9	± 0.55	± 0.5	± 0.5
			新 規	± 0.6	± 0.5	± 0.5	± 0.5
粒 度	2.36mm 通 過 量	表・基層	現 行	±12	± 8	± 7.5	± 7
			新 規	± 9	± 8	± 7.5	± 7
	0.075mm 通 過 量	表・基層	現 行	± 5	± 3.5	± 3.5	± 3
			新 規	± 3.5	± 3	± 3	± 3

Z 9003（計量基準型1回抜き取り検査）に従って、表-8のように提案された。

3) 出来形管理・検査の見なおし

出来形の管理限界値、合格判定値の妥当性について検討を行うため、近畿地方建設局・九州地方建設局管内で、平成2年度に実施された工事について調査が実施された。調査の結果は、現行の出来形の管理限界値・合格判定値はほぼ妥当であり、特に変更の必要はないと判断されている。

4) 路床工における管理・検査規定の検討

路床工について舗装の範囲に含めることとし、管理・検査規定の検討を行った。調査方法は、建設省各地方建設局および北海道開発局の共通仕様書で規定されている項目、頻度などについて検討した。

路床は締固め度により管理され土量規定となっているが、舗装工と同様に管理・検討頻度は面積による規定とされ、表-9に示すように管理・検査規定が提案された。

表-9 路床工における管理・検査規定の提案

(出来形)

項 目	頻 度	管理限界値
基 準 高	40mごと	± 50mm
幅	40mごと	- 100mm

(出来形)

項 目	対 象	合格判定値
基 準 高	40mごとの個々の測定値	± 50mm
幅	40mごとの個々の測定値	- 100mm

(品質管理)

項 目	頻 度	管理限界値
締 固 め 度	1000㎡に1個	90 %

※土質条件によっては85%とする。

(品質)

項 目	合 格 判 定 値		
	X ₁₀	X ₆	X ₃
締 固 め 度	92.5% (87.5%)	93.0% (88.0%)	93.5% (88.5%)

※（ ）内は管理限界値を85%としたときの値。

おわりに

本報告は、「舗装工事における品質管理手法の検討」と題して、建設省道路局国道第一課・土木研究所を主体に建設省技術管理部会舗装分科会で作業し、第45回建設省技術研究会道路部門指定課題として発表されたものの概要を取りまとめたものである。

今回の検討結果では十分とはいえないものが多いが、この成果はアスファルト舗装要綱や共通仕様書などに反映されると聞いている。

今回の課題は、舗装工事における管理や検査などの諸問題を解決しようとしたもので、平成3～4年度の2ヵ年にわたり検討するものであり、平成4年度は主に再生舗装工事を中心に検討を行う予定となっている。

参考文献

- 1) アスファルト舗装工事共通仕様書：(財)日本道路協会，昭和54年10月。
- 2) アスファルト舗装要綱：(財)日本道路協会，昭和63年11月。
- 3) 建設省建設経済局建設機械課：機械化施工における施工管理手法の合理化に関する研究，第43回建設省技術研究会共通部門指定課題論文集，平成元年11月，PP52～69。
- 4) 道路土工指針：(財)日本道路協会，昭和63年11月。
- 5) 舗装試験法便覧：(財)日本道路協会，昭和63年11月。
- 6) アスファルト混合物の実態調査結果の解析：土木研究所資料第2780号，平成元年5月。
- 7) アスファルト混合物の配合設計・材料に関する幕張試験舗装および室内試験による研究：土木研究所資料第923号，昭和49年3月。
- 8) 千田：「R I ゲージのアスファルト舗装への利用」，第17回日本道路会議特定課題論文集，昭和62年10月，pp198～200。
- 9) 笠井：「アスファルトプラントの計量自記記録装置について」，第11回日本道路会議論文集，昭和48年。

*

*

*