

(31) i-Construction における ICT 舗装工に関する基準 類の策定について

近藤 弘嗣¹・森川 博邦²・舛田 裕司³

¹正会員 国土交通省 総合政策局（〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3）

E-mail:kondou-k87rj@mlit.go.jp

²正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）

E-mail:morikawa-h8310@mlit.go.jp

³国土交通省 立野ダム工事事務所（〒861-8019 熊本県熊本市東区下南部 1-4-73）

E-mail:masuta-y8910@qsr.mlit.go.jp

国土交通省は建設現場の生産性向上の施策として i-Construction を提唱し、そのトップランナー施策である ICT の全面的活用について、平成 28 年度より直轄工事での工事公告を開始した ICT 土工に続き、平成 29 年度からは ICT 舗装工の直轄工事での工事公告を開始する。本稿では、ICT 舗装工の核心的な概念である面管理における管理基準の設定根拠について紹介する。

Key Words: i-Construction, information integrated construction, all-over dimensional control, motor grader, terrestrial laser scanning

1. はじめに

国土交通省が推進する i-Construction のトップランナー施策の一つ「ICT の全面的活用」は、土工工事において 3 次元起工測量、3 次元設計データ作成、ICT 施工、3 次元出来形管理及び 3 次元データでの納品を行うというものであったが、土工だけでは国土交通省の直轄工事における総人工の 20%程度に過ぎず¹⁾、対象工種の拡大が求められていたところ、昨年 9 月に政府の「未来投資会議（第 1 回）」において、建設現場の生産性を 2025 年度までに 2 割向上させること、また、今後 3 年以内に、橋梁・トンネル・ダムや維持管理等の工事に ICT の活用を拡大させることを打ち出した。

このような状況のもと、舗装工事については、これまでも情報化施工として MC グレーダによる路盤敷均しの普及が進められていたことや、ICT 土工で作成された各種データの利活用による工程全体での効率化も期待できることから、平成 29 年度より「ICT 舗装工」として直轄舗装工事での取り組みを始めることとした。

具体的取り組みとして、10 の基準類を昨年度末に発出するとともに、直轄の舗装工事でも「ICT 活用工事」の公告が始まったところである。この基準類の中でも、レーザースキャナー（以下「TLS」とする）で得られる

点群データを出来形管理にまで活用するために不可欠な概念である「面管理」を定めた「出来形管理基準」は、ICT 活用工事を規定する中心的な通知である。

本稿では、改訂版の出来形管理基準及び規格値、及び周辺の基準類の技術的背景を記録・整理するとともに、さらなる改善に向けた建設的な議論を喚起する目的で、基準改定にあたっての検討や現場検証の状況を紹介するものである。

2. ICT 舗装工における施工管理の概要

平成 29 年度より「ICT 舗装工」として公告する「ICT 活用工事」は、TLS 等による 3 次元起工測量、3 次元設計データの作成、路盤工における ICT 建設機械による施工（3 次元 MC グレーダもしくは 3 次元 MC ブルドーザ）、TLS 等による 3 次元出来形管理（表層のみ必須）、及び 3 次元データの納品を実施することを要件としている。

ICT 舗装工における施工管理の手順については、詳細は新たに策定した「地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（舗装工事編）（案）」に示したが、特に重要な TLS 等を用いた 3 次元出来形管理の考え方に

ついて、以下のとおり整理する。

(1) 出来形評価点の生成（グリッドデータ化）

出来形計測では、事前の精度確認時の使用条件の範囲内で 10cm メッシュより細かい点群として計測点が取得される必要がある。ここから出来形評価に供するデータ（出来形評価用データ）として 1 点/1m² 以上の評価点（グリッドデータ）を生成させる。グリッドの中央あるいは格子点に設置する評価点(x,y)の標高値の内挿補完方法は、評価点を中心とする 1m² 以内の実計測点の平均値あるいは、設計面との差の最頻値に限定した（図-1）。

(2) 出来形管理基準及び規格値

3 次元の点群データで合否判定を出来るようにするため、「面管理」の考え方を導入し、1 点/1m² 以上の評価点における施工前と施工後の標高差（すなわち「厚さ」）について規格値を定めるものである。抽出管理から全数管理的な評価となるのを受けて、規格値自体については従前の厚さの規格値よりは緩和し、詳細は（表-1）のとおりとした。

ここで、厚さの管理に代えて、3次元設計データの設計面に対する「標高較差」での管理も可能とした。

このとき、3次元設計データの設計面に対してそのまま施工をすると、下層が高く仕上がっていた場合に設計厚さを満たさなくなる等について懸念されることから、設計面に対して、高さのオフセットにより目標高さを設定し、その高さとの標高較差で管理することとした。例えば、上層路盤の目標高さ（図-2）を例にとると、上層路盤の当初設計高さ（下層路盤の基準高に上層路盤の設計厚さ分を高さに加えたもの）に、下層路盤の設計基準高（図-2 の①）と仕上がり高さの標高差の平均値（図-2 の②）をさらに加えたものが、上層路盤の目標高さとなる。

また、表-1において幅の評価を省略しているのは、出来形評価を設計幅員の内側でのみ行うことと、設計厚さ（表層の場合 5cm 程度）に対して厚さの規格値が-17mm と十分小さく、設計幅に対する不足は必ず厚さ不足として現れることから（図-3）、厚さの評価のみで十分とした。

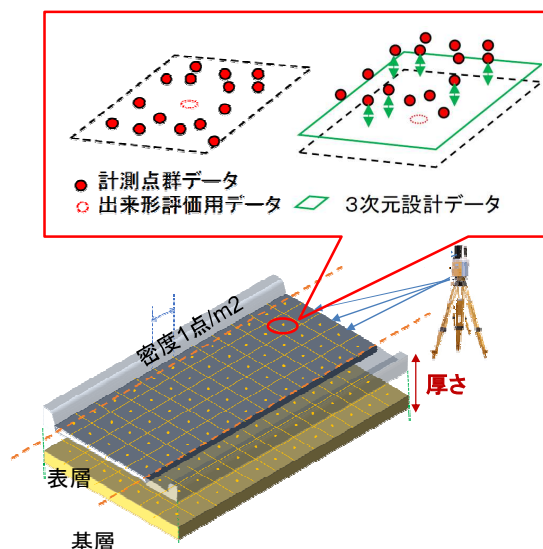


図-1 出来形評価用データ生成に関する規定

表-1 出来形管理基準及び規格値（舗装・面管理）

工種	計測箇所	個々の測定値		全点平均		測定間隔
		中規模	小規模	中規模	小規模	
表層	平坦性	$\sigma = 2.4\text{mm}$ 以下				1.5m 毎
厚さある 基層	厚さある いは標高 較差	-17	-20	-2	-3	計測は設計幅員の内側全面とし、全ての点で標高値を算出する。計測密度は 1 点/m ² （平面投影面積当たり）以上とする。
上層路盤		-20	-25	-3	-4	
上層路盤		-54	-63	-8	-10	
下層路盤	基準高及び厚さ、あるいは標高較差	± 90		-15 40	-15 50	

※厚さは直下層の標高値と当該層の標高値との差で算出

※厚さを標高較差として評価する場合は、直下層の目標高さ＋直下層の標高較差平均値＋設計厚さから求まる高さとの差とする。なお、この場合は下層路盤基準高の評価に代える。

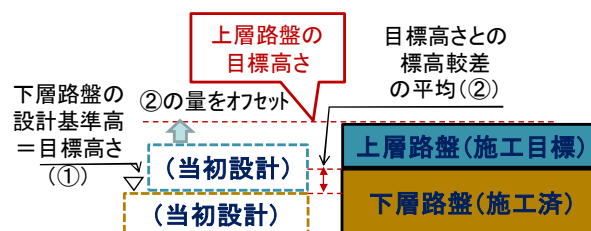


図-2 目標高さの設定について

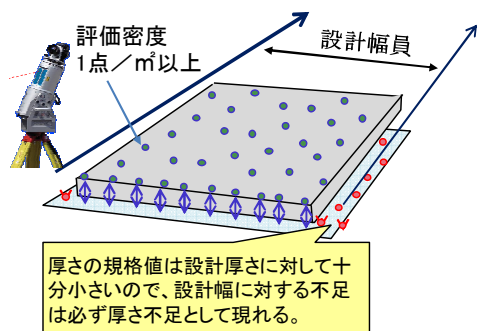


図-3 厚さ不足として現れる幅員不足の例

3. 出来形管理基準における面管理基準の考え方

出来形管理を効率的に行うために TLS 等により多量に取得した点群データの活用をするうえで、従来の抽出管理を前提とした規格値では過剰に厳しいものになると想定される。そこで ICT 土工同様に²⁾、施工の結果のバラツキは正規分布によるものと仮定し、施工実態から不良率を割り出したうえで、不良率を許容する分布を是とした上で、全数管理に相応しい規格値を再設定するものである。

(1) 現行管理で想定している不良率の導出

現行の厚さの管理基準では、1000m² に 1 点の管理密度として、10 点計測のうち 1 点まで規格値から外れても良いとしている。したがって、少なくとも 10%以上の不良率は織り込んでいると考えられる。面管理することで実質的に全数管理を行う場合は、不良率を直接計測することが出来ることから、発注者として受忍すべき不良率を明らかにする必要がある。そこで、現場実態調査により、当該不良率を決定した。

現行管理で不良率を 10%以上見込んでいる状況を把握するため、現に合格した舗装工事の現場において施工精度の実態調査を実施した。図-4 で示すように、施工面上に横断 2m 間隔、縦断 4m 間隔の測点を設け、標高を別途レベルで計測した。厚さについては施工前後の標高差（同一平面上）、基準高は施工後の標高値とした。

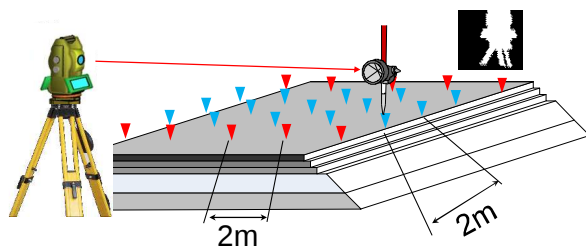


図-4 現場実態調査の模式図

表-2 実態調査結果

		単位 mm	平均 値	標準 偏差	不良 率(%)	(参考) 規格値	サプ ル数
下 層 路 盤	中規 模	基準高	-5	26	11.3	±40	577
		厚さ	14	43	8.0	-45	577
	小規 模	基準高	14	22	5.8	±50	104
		厚さ	5	23	1.0	-45	104
基層(中規模)厚さ			2	8	10.9	-7	871

※この表の規格値とは、従来の管理項目における「個々の測定値」に対する規格値

表-2 は、実態調査現場の全計測値について平均値、標準偏差、現行基準の「個々の測定値」の規格値の範囲外となる計測点の割合、すなわちこの調査から判明した不良率を示した。

不良率が 10%を超える管理項目についてはその不良率を採用し、超えないものについては 10%を採用とする。なお、下層路盤（小規模）や基層（小規模）についても、施工方法が同じであることから、中規模と同じ不良率を見込むべきものとした。また、上層路盤については下層路盤と、基層は表層と施工方法が同じことから、仕上がり精度に対する能力は同じものとして、それぞれ下層路盤、表層の結果に準じ、不良率 10%として以後の処理を行った。

(2) 受忍すべき不良率から上下限管理値の設定

不良率に規格値を設けて計測後に不良率を求める管理も可能であるが、現場で良否結果がすぐに判断出来ないのは不便なので、従来の管理項目における「個々の測定値」の規格値に対する不良率が実態調査から得られた P%となる正規分布を合格とすべき分布とし、当該正規分布に関して不良率が 0.3%となるような上下限値を、面管理における「個々の測定値」の規格値として再設定することとした。

ここで合格とさせるべき正規分布とは、次のとおりである。従来の管理項目における「個々の測定値」の規格値の上限を SU、下限を SL、10 点平均の下限規格値を m、正規分布における無限小から SL までの累積分布関数が P%となるときの当該正規分布の標準偏差を σ_p と置いたとき、分布の中心が m より大きく、標準偏差が σ_p より小さい正規分布である（図-5）。

m 、 σ_p と SL の関係は、不良率 P により累積分布関数を計算することで定まる k_p により次の式(1)で定められる。

$$m - SL = k_p \sigma_p \quad (1)$$

この正規分布について、新たな下限値 SL_{new} を不良率

0.3% (両側に規格値がある場合は 0.15%) となるように設定すると、累積分布関数を計算することで、 m , α_3 もしくは α_{15} との関係は次の式(2a)~(2c)で与えられる. なお, 式(2b), (2c)は両側規格値の場合を想定しており, m は 0, $-SL_{\text{new}}=SU_{\text{new}}$ とした.

$$m - \text{SL}_{\text{new}} = 2.75\sigma_{0.3} \quad (2a)$$

$$0 - \text{SL}_{\text{new}} = 2.97\sigma_{0.15} \quad (2b)$$

$$0 + \text{SU}_{\text{new}} = 2.97\sigma_{0.15} \quad (2c)$$

この式から各管理項目について、適用する不良率 P 毎の k_p と、式(2a)～(2c)から、面管理における「個々の測定値」の下限規格値 SL_{new} (両側規格値の場合の上限規格値は SU_{new}) として再設定したのが表-4 である。

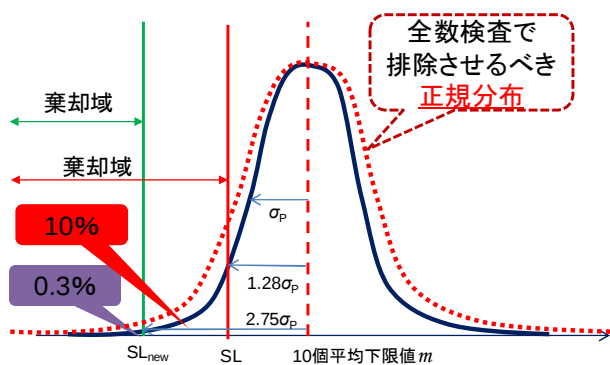


図-5 合格とすべき分布の考え方

表-4 面管理における「個々の測定値」規格値候補

		単位 mm	P%	k _p	$\mathcal{M}$	ϕ	SU _{new} SL _{new}
下層 路盤	中規 模	基準高	5.64	1.59	0	25	±75
		厚さ	10.9	1.23	-15	24	-81
	小規 模	基準高	5.64	1.59	0	32	±94
		厚さ	10.9	1.23	-15	24	-81
上層 路盤	厚さ (中規模)		10	1.28	-8	13	-44
	厚さ (小規模)		10	1.28	-10	16	-53
基 層	厚さ (中規模)		10	1.28	-3	5	-16
	厚さ (小規模)		10	1.28	-4	6	-21
表層	厚さ (中規模)		10	1.28	-2	4	-13
	厚さ (小規模)		10	1.28	-3	5	-16

(3) 計測誤差を踏まえた規格値

ICT 土工同様に²⁾、施工精度から得られた規格値案に計測精度を加えるものとする。土工の出来形管理基準（面管理）によれば、個々の測定値の規格値に含まれる計測精度は、最も高い割合で33%である。一方で、舗装設計施工便覧に記載のある舗装構成の最小設計厚さは表層や基層で5cm、路盤で10cmであることから³⁾、数量算出上も計測精度としては、この10%より小さいことが望ましいと考えられることから、路盤については計測誤差として±10mm、基層表層については、±4mmを SL_{new} 、 SL_{new} に加えるものとする。

その上で、下層路盤の基準高については、中規模の算出結果に統一の上、土工の規格値導出過程同様に、四捨五入により 10mm 単位とし $\pm 90\text{mm}$ を基準高の個々の測定値に対する規格値とした。すると、厚さから導出される -91mm （計測精度含み）より厳しいかほぼ同等なることから、厚さについても基準高の規格値を準用した。結果、表-1 のような規格値をセットするに至ったものである。

5. 終わりに

ICT 活用工事（舗装工）における面的な出来形管理手法は平成 29 年度より開始されたばかりであり、運用初期においては、様々な課題も発生することが想定される。基準類を継続的に「カイゼン」していくことは **i-Construction** の進め方についての核心的な理念の一つであることから、ICT 活用工事（舗装工）の現場実態を調査しつつ、今後とも必要なカイゼンには速やかに取り組んでいく所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省：i-Construction 報告書概要資料，p.10，2016.
- 2) 近藤弘嗣，長山真一，藤島崇，石田大輔，服部達也，池田広貴：“i-Constructionで適用する土工出来形の面管理に関わる基準類の検討”，第16回建設ロボットシンポジウム論文集，2016.
- 3) 日本道路協会：舗装設計施工指針，2006.