

I-27 情報化技術を用いた舗装工における出来形管理手法の一提案

A New Method to Progress Control of Working Form in Paving Work
by using Information Technology藤島崇¹・篠原雅人²・小林一郎³・樋口明彦⁴・橋本大志⁵

Fujishima Takashi, Shinohara Masato, Kobayashi Ichiro, Higuchi Akihiko, and Hashimoto Taishi

抄録：現在、技術進歩を見越して業務プロセスを見直す次世代 CALS/EC の導入が推進されている。この次世代 CALS/EC の実現には、情報化技術を利用して施工フェーズの業務改善を目指す情報化施工が必要不可欠である。

本論文では、まず現行のアスファルト舗装工の出来形管理について、規格値や現場のニーズを分析し、課題と問題点をまとめる。この問題点を踏まえ、情報化施工の観点から IT 機器を用いた新たな出来形確認手法を提案する。さらに、提案する手法を用いて実証実験を行う。最後に実証実験の結果から、提案する手法の有効性を検証する。

Abstract: With the development of information technology, the next generation of CALS/EC is expected to improve the whole construction process. In order to implement this new CALS/EC, observational construction that aims at optimization of the construction process by using the information technology is necessary.

In this paper, firstly, about progress control of working form of asphalt paving work, the technical standard value and the needs of the site are analyzed, and the subject and problem are summarized. Based on them, a new method of progress control of working form using IT apparatus is proposed from a viewpoint of observational construction. Moreover, the verified experiment was made by suggested method. Its affectivity is considered.

キーワード： 情報化施工, 電子データ, アスファルト舗装工, 出来形管理

Keywords : Observational construction, Electronic data, Asphalt paving work, Progress control of working form

1. はじめに

近年、コンピュータや通信技術、測量機器などの情報化技術革新が進んでおり、建設現場への情報化施工¹⁾の適用が行われている。情報化施工は、建設生産に情報化技術を活用し、設計から施工、維持管理に至るトータルのプロセスにわたって建設情報を利活用し、「建設 CALS/EC²⁾」とも連携することにより、施工の効率化、品質の向上、安全性の確保、環境保全を含めた施工全体としての生産の向上を図るシステムで、次世代の建設生産システムと位置付けられている。

このような情報化施工において実現しなければならないことは、業務効率の改善を目指した管理手法の変更であり、さらには管理基準の変更を目指すことでもある。これらの実現には紙面での情報交換、メジャーやレベルを用いた測量から、3次元 CAD やトータルステーション (以下 TS) を用いた測量といった、IT 機器への道具の変更が前提となる。

一方、国土行政は建設から管理に移行しつつあり、道路事業においても維持管理に重点が移ってきている。道路の維持管理においては、国土交通省が中心となり、維持管理業務の基盤となる道路基盤データの整備を検討している。これらの道路基盤データの取得項目、取得精度は国土交通省・国土技術政策総合研究所 HP³⁾に記述されており、道路施工時に発生する出来形形状情報が利用できるデータの一つとして考えられる。

情報化施工に関して藤島らは、地形確認業務における新たな業務システムの提案、実装モデルの運用実験や、道路土工事における出来形の管理手法の検討、提案を行っている^{4), 5)}。これらの研究により道路土工事に関する最終形状の管理については検証が行われた。しかし、道路工事の一貫した情報化出来形管理を行うためには、土工よりも複雑な手順を踏むアスファルト舗装工 (以下舗装工) についても考慮する必要がある。舗装工では強度などの品質管理が重要である。現行の方法では、この強度を保証するために、コア抜きなど

1 : 正会員 (社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第3部

(〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154, Tel : 0545-35-0212, E-mail : fujishima@cmi.or.jp)

2 : 非会員 (社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第3部(〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

3 : 正会員 工博 熊本大学工学部環境システム工学科 教授(〒860-8555 熊本市黒髪 2丁目 39-1)

4 : 正会員 工博 九州大学大学院工学研究科 助教授 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

5 : 学生員 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪 2丁目 39-1)

による施工層厚の管理が行われている。

そこで本研究では、舗装工を対象とし、IT機器を利用した管理業務の見直しを図る。コア抜きによる厚さ管理に代わる手法として、IT機器から得られた3次元情報による高さ管理手法の提案を行う。提案は①現行のコア抜きと同様の、指定点での計測による管理手法(指定点管理)と、②IT機器の特性を利用した任意点での計測による管理手法(任意点管理)の2通り行う。これらの手法を用いて実際の工事現場において実証実験を行い、取得データの信頼性、業務効率の改善を検証し、それが現場に適用できるかを検討する。

2. 舗装出来形管理の現状と問題点

舗装工は、図-1に示すとおり、下層路盤、上層路盤、基層、表層の層順で構成され、各層ごとに出来形および品質管理基準・規格値が定められており、土工と比べると管理頻度は大幅増となっている。

舗装工の出来形管理項目は、高さ、幅、層厚、平坦性の4項目であるが、品質に最も影響する要因の一つとして、施工層厚が挙げられる。施工者は施工層厚の出来形規格値を確保するために、まず路床面と最終仕上げ面との差を確認する起工測量を行い、この測量結果と出来形の規格値とを照査し、各層の施工基面高を設定している。現状の施工層厚指示は、トンボ丁張り、センサーロープによる標高管理が主であるが、最終的な層厚調整はオペレータの経験と勘に頼るところが大きい。

(1) 現行の施工層厚管理

a) 施工管理規格値

舗装工の現行規格値と取得頻度をまとめたものを表-1に示す⁶⁾。特徴を列記すると次のようになる。

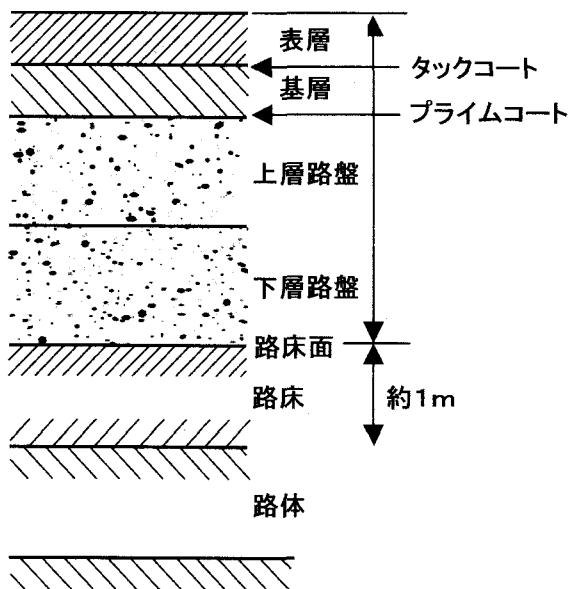


図-1 アスファルト舗装構成

- ① 舗装では上位にくるほど規格値が厳しい。
- ② 下層路盤までは高さ管理、上層路盤からは厚さ管理である。
- ③ 土工と舗装の規格値に相違がある。
 - ・ 基準高さ規格値が路床(土工)では±50mmであるのに対し、路床と接する下層路盤では±40mmである。
 - ・ 幅規格値が路床では-100mmであるのに対し、下層路盤では-50mmである。
- ④ 厚さや締固め度管理のために、一旦締固めた路盤を掘り起こしたり、基層・表層等でコア抜きをしている。
- ⑤ 測定箇所がある程度指定されている。

b) 施工層厚管理に関する現場のニーズ

舗装工の現場経験者(大手2社の6現場から、請負者の主任・所長(12人))を対象に、施工層厚管理に関する意見・ニーズ調査を行った。その結果を表-2に示す。

(2) 施工層厚管理に関する課題と問題点

以上の調査・検討結果から現状の施工管理に関する課題と問題点を抽出した。その結果を表-3に示す。

現状の施工層厚管理方法は、コア抜きあるいは掘り起こしといった破壊検査であるため、高頻度で出来形値を取得する事は物理的に不可能である。したがって、点による管理となり、出来形取得点数が極端に少なく、適正な出来形評価をくだしているとはいえない。

以上より、本研究ではIT機器を用いることで、少ない工数で従来よりも多くの出来形計測点数を取得すると共に、維持管理業務に必要なデータを提供でき

表-1 現行規格値と取得頻度
現行規格値(単位:mm)

管理項目	厚さ			基準高さ			幅
	中規模	小規模	10個平均	中規模	小規模	10個平均	
路体・路床盛土	—			±50			-100
下層路盤	-45	-15	—	±40	±50	—	-50
上層路盤	-45	-30	-8	—			-50
基層(AS)	-9	-12	-3	—			-25
表層(AS)	-7	-9	-2	—			-25

現行取得頻度

管理項目	厚さ			基準高さ			幅
	中規模	小規模	10個平均	中規模	小規模	10個平均	
路体・路床盛土	—			1箇所/40m 中心、端部で測定			40mごとに1箇所
下層路盤	200mごとに1箇所			1箇所/40m 中心、端部で測定			40mごとに1箇所
上層路盤	200mごとに1箇所			—			40mごとに1箇所
基層(AS)	1000m ² ごとに1コア採取			—			40mごとに1箇所
表層(AS)	1000m ² ごとに1コア採取			—			40mごとに1箇所

(出展:土木工事共通仕様書 中部地方建設局監修 土木工事施工管理基準(案),平成9年4月)

るような出来形確認手法の実現を目的とし、以下のコンセプトにより提案を行う。

- ① 3次元座標を取得し、各層（表層、基層、路盤）の標高の差異から層厚管理を行う。
- ② 出来形取得点数は現状より増やすが、現行の確認手間よりも少ない工数（時間・手間）で行えるようにする。

3. 情報化出来形管理方法の提案

以下の理由により、本研究では測量機器として TS を使用する。

- ・ 舗装工の規格値と同等の mm 単位の精度が必要
- ・ 現場で汎用的に利用できること

(1) 情報化出来形管理の流れ

ここでは、舗装工の情報化出来形管理における測量

データ、設計データの流れを示す。図-2は出来形管理情報の一連の流れを示したものである。まず測量者はTSを用い、舗装の3次元測量を行う。ここから得られた測量データを工事現場において出力し、3次元設計形状の入力データと比較確認を行う。次に現場事務所にて、測量データと平面・縦断線形、横断形状といった設計形状パラメータから、それぞれの3次元形状を作成する。両者をPC上で参照した後、出来形管理帳票を作成し、現場での出来形確認を行う。その後、測量データは発注者事務所に提出される。発注者事務所では同様に、測量データと3次元設計形状データにより最終的な出来形管理帳票を作成し、この帳票により舗装の高さ、厚さなどの検査を行う。なお図-2のLDT (Autodesk Land Desktop 3;Autodesk社製⁷⁾)は土木用3次元CADである。

表-2 舗装工の施工および施工管理に関する意見・ニーズ

意見・ニーズ	
1	各層ごとの出来形・品質管理に手間がかかるため、次工程へスムーズに移行できない。
2	厚さ測定は、締固めた路盤を掘り起こしたり、基層・表層ではコア抜きを行うなど、不合理な管理手法である。
3	舗装厚さが規格値を満足していても、各層におけるマイナスへの差は嫌がられる。
4	舗装工事は工程が厳しく休日作業が多くなる。立会検査による工程への影響がある。
5	発注者が抜き取り検査と管理データの両方で検査するケースがあるため、必要以上のデータ整理が生じることがある。
6	路床(土工)と舗装の出来形規格値が異なるため、すり合わせるのが困難。
7	舗装厚さの決定が、最終仕上がり時の高さを基に決定されるため、路床の大幅な手直しが生じることがある。
8	路床仕上がり面の高さを信頼性のあるデータでほしい。

表-3 現状の施工層厚管理に関する課題と問題点

課題・問題点	
1	厚さ、高さ等の測定方法は長い間変わっていない。新技術を活用した測定ができるような実績づくりが必要である。
2	広い面積を点で管理しているので、面管理手法の導入が必要である。
3	施工管理の頻度と項目が非常に多いため、次工程への移行がスムーズでない。
4	施工管理のために、締固めた路盤を掘り起こしたり、舗装のコア抜きを行っている。
5	路床(土工)と舗装工の情報共有がなされていない。

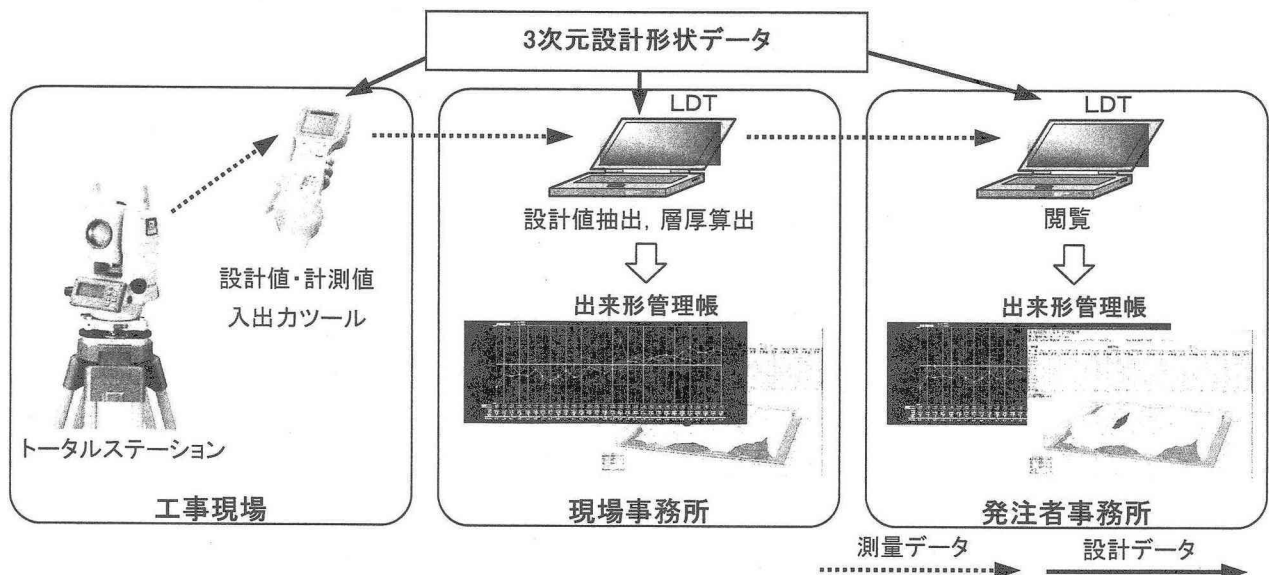


図-2 情報化出来形管理の流れ

(2) 舗装厚管理出来形取得方法の提案

本研究では、提案-1. 指定点管理と提案-2. 任意点管理の2通りの舗装厚管理出来形取得方法を提案する。

a) 提案-1. 指定点管理

提案-1. では、現行のコア抜きと同様の指定点による管理を、IT機器を用いた高さ管理で行うことを目的とする。図-3に示すように提案-1. では、各層において同一平面座標にミラーマンを誘導して測量を行う。取得する座標は3次元座標である。出来形取得頻度は25mに1箇所であり、中央付近、右端、左端を交互に取得する。これは取得頻度を現行の40mに1箇所よりも高く設定し、取得点数の増加を目指したものである。また、管理対象項目は表層、中間層、基層、上・下層路盤それぞれの舗装層厚とする。

b) 提案-2. 任意点管理

提案-2. では、出来形座標を効率的に取得して、出来形管理を実現すると共に、取得座標を転用しやすい形にすることを目的とする。図-4に示すように各層において出来形線上と出来形面上を任意に測量する。提案-1. と同様に取得する座標は3次元座標である。出来形取得頻度は横断方向に中央付近、右端、左端の3箇所で取得する。左右端部の位置座標を押えることで幅員と厚さ管理が可能になり、中央付近を押えることで、排水勾配の確認、標高確認（下層路盤）、拌み勾配に

も対応可能となる。また、3次元設計図を採用し、中央の出来形を取得することで、取得点の(X, Y)座標から設計標高を自動算出することも可能となる。縦断方向には10m以下の間隔で取得する。取得間隔に関しては、舗装出来形管理を実現するために必要な頻度とするが、どの程度の頻度で取得するかは、評価方法、精度により異なるため、今回の実験の検証項目とする(初期設定10m以下)。各点とも取得間隔は規制するが、管理断面上とはせず任意位置において取得するものとする。管理対象項目は表層、中間層、基層、上・下層路盤それぞれの舗装層厚と標高、幅員とする。ただしここでは幅管理ではなく、端点位置の座標管理とする。

幅員、標高、層厚の管理方法を図-5に示す。幅員はTSから取得した端部位置の座標を中心からの距離に換算して、中心から左右別々に管理する。これにより、端部それぞれでの評価が可能となる。幅員の現行規格値が50mm以上の上・下層路盤の場合、その半分の25mm以上を本提案の規格値とする。標高は、公共座標系をベースとした3次元測量が可能なTSにより取得された座標のZ(高さ)方向の値を管理する。層厚

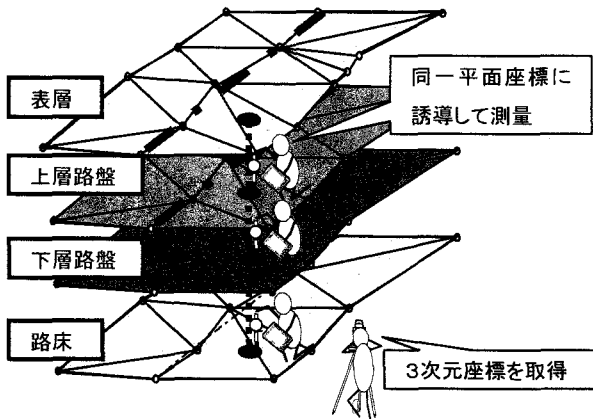
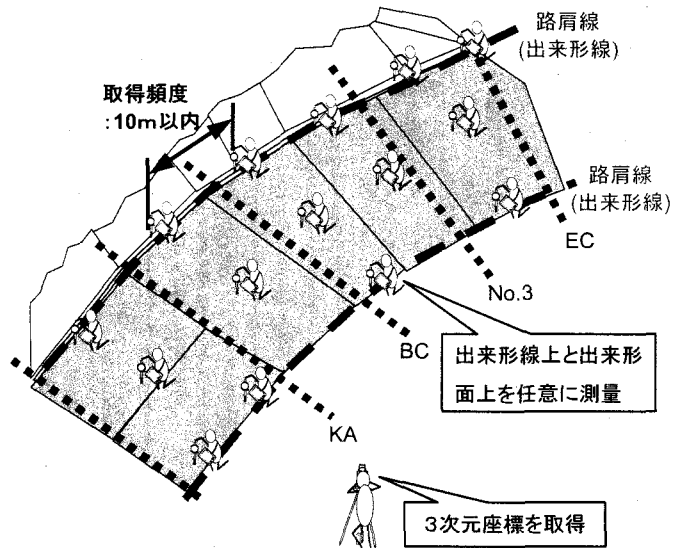
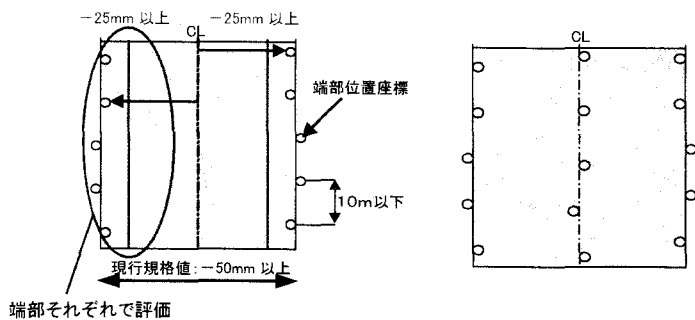


図-3 提案-1. 指定点管理



(KA: クロソイド始点, BC: 円曲線始点, EC: 円曲線終点, No.3: 測点)

図-4 提案-2. 任意点管理



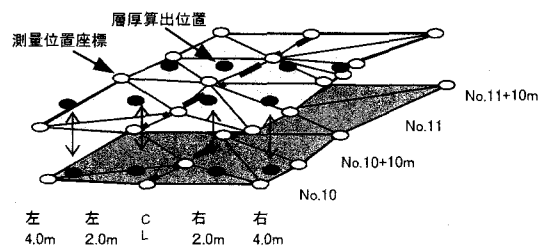
端部それぞれで評価

取得座標を中心からの距離に換算して、中心から左右別々に幅員を管理する。

幅員管理

取得座標のZ方向を管理する。

標高管理



取得座標を不等三角網で結び、各層の仕上がり面形状を構築する。指定点における上面と下面との標高差異を算出して、層厚とする。

層厚管理(計算値)

図-5 幅員、標高、層厚管理方法

は取得座標を不等三角網で結び、各層の仕上がり面形状を構築し、指定点における上面と下面との標高差異を算出して管理する。座標位置情報を組み合わせて面形状を構築することで、層厚算出位置に測量位置座標が存在しなくとも、面形状から座標を算出することが可能である。これにより、層厚出来形の全数管理が可能となる。

工数を比較する。また、それぞれの取得点数も考慮に入れ、作業工数との関係も検証する。

4. 実証実験

(1) 実験概要

以下に実証実験の工事現場概要を示す。

道路区分: 1種3級

車線数: 暫定2車線(完成形:4車線)

主な工事内容: 舗装工(アスファルト舗装工)

・舗装構成(表層/中間層/基層/上層路盤2層/下層路盤)

・排水構造物工

・側溝工・集水樹工・管渠工

・道路付属施設工・防護柵工・区画線工・縁石工

実験対象項目: 舗装工の出来形管理業務

・実験区間: No. 274~No.289(300m), 線形要素; クロソ付~クロソ付 S字区間

(2) 評価項目と方法

本実証実験では以下の2項目についての評価を行う。

① 業務効率の改善検証

現行作業工数と情報化型実験結果から抽出した作業

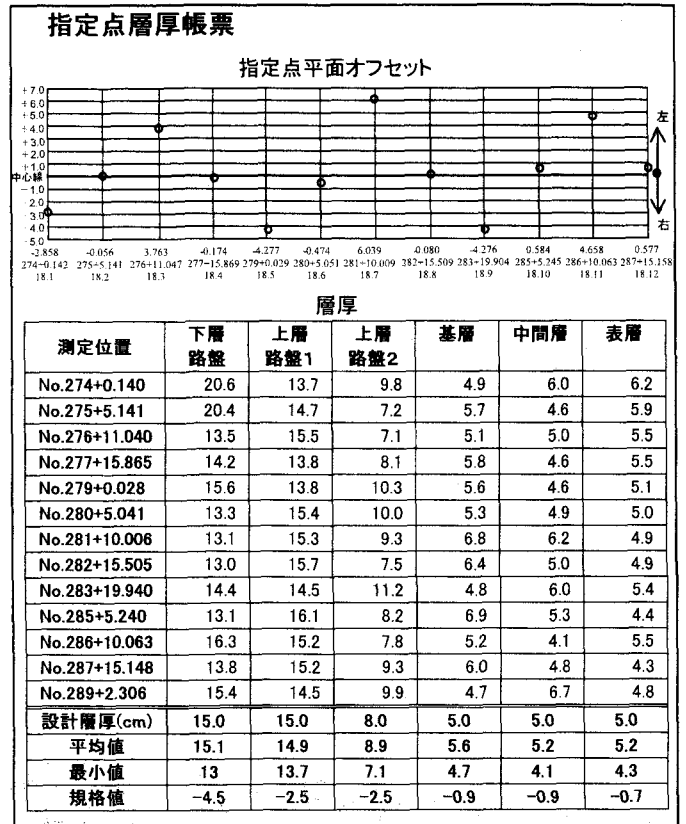


図-6 指定点層厚出来形帳票

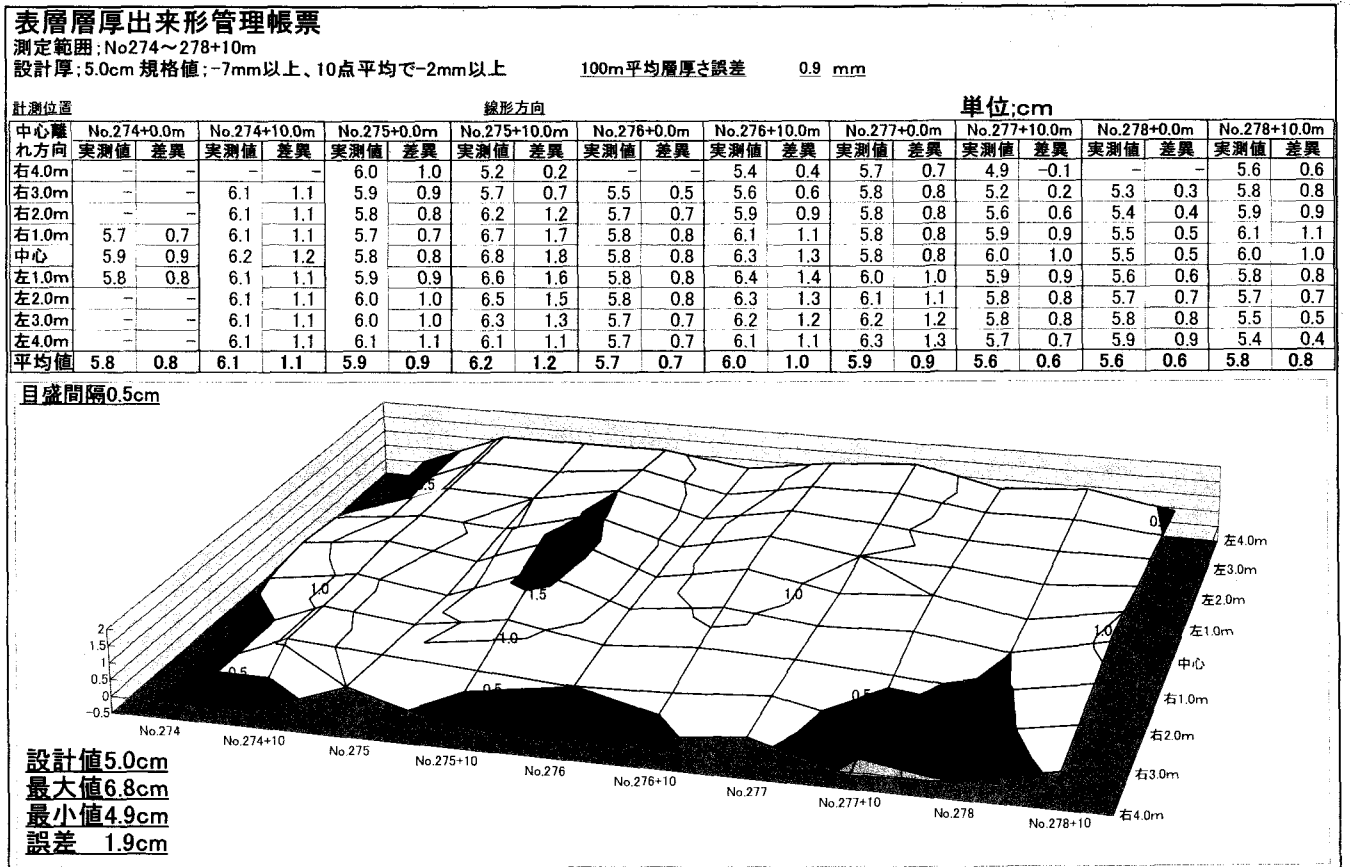


図-7 任意点層厚出来形帳票

② 提案-2.による面的管理の検証

今回、実工事でのデータ収集であったため、情報化出来形計測位置において、実験のためのコア抜きができなかった。このため、提案-1.による層厚計測結果を真値として、提案-2.の層厚算出結果による面的管理が点的な管理に対してどの程度ずれるかを検証する。

舗装工情報化出来形管理方法の検証手順は以下のとおりである。

- I. 層厚の確認手法は、TSを用いて、座標から換算する手法を用いる。
- II. 確認手法を提案-1.と提案-2.の2通りで実施し、帳票を作成する。
- III. 提案-2.の層厚算出結果の精度を検証する。
- IV. 実際に、施工時にデータを取得して、作業人数、時間を記録する。

(3) 実験結果

a) 作成帳票

提案-1.による指定点層厚出来形帳票の出力図を図-6に示す。提案-1.による出来形帳票は、各測点における平面オフセット距離をグラフ化したものと、舗装各層の層厚を表で表したものである。提案-2.による100m区間の任意点層厚出来形帳票の出力図を図-7に示す。提案-2.による出来形帳票は、表層に関するものである。帳票上部の表は、任意点測量により得られた計測データから面形状データを作成し、縦断方向に10m間隔、横断方向に中心から左右1m間隔で4mまでの層厚算出位置を設定し、算出した値を示している。また、帳票下部の図は規格値との差を0.5cm間隔の等高線状に表し、3次元的な表現をしたものである。

b) 層厚測定頻度について

現行管理における層厚測定頻度では、適正な出来形評価とはいえないという仮定の下、IT機器による層厚全数管理手法を提案した。図-7の帳票のような表現方法は、取得された点データにより構築した面形状での全数管理を行うことで可能となっており、視覚的に判断しやすい表現である。また、各層ごとに層厚を管理できるので、表層施工後の確認ではなく、順次確認することができる。実験区間100m区間における設計値、施工層厚平均値、最大・最小層厚、最大・最小差異を表-4に示す。最大・最小差異は、路盤から表層に向けて徐々に小さな値となるが、最小の差でも表層で1.9cmもあり、規格値と比して大きな値になっていることがわかる。また、平均値が設計厚に最も近い中間層において、コア抜きによる計測結果が平均値程度の場合、実際の中間層には最大層厚が10.0cmの箇所が存在しており、設計値との誤差は5.0cmとなる。このように面形状での全数管理を実際に行ってみると、100m区間内にこれだけの厚さのばらつきが見られる。すな

わち、コア抜きによる1箇所での代表値での層厚評価は適正とはいえないと考えられる。

c) 層厚測定精度の検証

今回は情報化型の計測位置においてコア抜きが行えなかったため、提案-2.の層厚算出結果の精度検証の真値として提案-1.による層厚計測結果を使用した。結果は図-8のとおり、数cmから数mm程度に収まっている。また、下層路盤で誤差が大きく表層ほど誤差が少ない。この原因としては、表層に向かって徐々に平坦性が向上することによる他、路盤では表面の凹凸が多く、TSのミラーのような棒状のサンプリングでは、面を計測できていない可能性が考えられる。測定点数を増やすことで精度が向上するものと想定できるが、これ以上の点数増大は、測量の負担が増大するため、施工機械による計測点座標の自動取得が現実的であると判断できる。

d) 出来形管理工数の検証

図-9にヒアリング調査結果から算出された現行の出来形管理工数と提案-2.の情報化実験結果から得られた出来形管理工数を対比した結果を示す。現行の管理工数には、監督職員の立会確認にかかる工数も含まれるため、出来形測量時間が増大している。情報化型では、取得点数は従来の4倍に増えているが、取得方法の変更(効率化)と、帳票をIT機器にて自動作成することにより、出来形管理業務の負担が軽減できるものとする。

5. 考察

以上の結果を踏まえ、以下に考察をまとめる。

- ・現行の層厚計測頻度では、計測範囲を代表する値にはなり得ないといえる。
- ・出来形計測点数を増やしても、IT機器によるデータの変換、加工を行えば業務の負担にはならないと考えられる。帳票の作成は自動作成システムを構築することで業務の負担を軽減できる。
- ・今回提案した層厚計測方法(提案-2.)では、計測精度に検討課題がある。誤差要因としては、①TSの誤差(機器誤差、読み取り誤差、測量距離による誤差、周辺温度による誤差)、②層厚計測対象層の下層の沈下による誤差、③面的処理を行うことで計測点間を直線処理する事により生じる誤差、が考えられる。これらの誤差のうち②の影響は結果的に上部側の舗装層厚が厚くなることで、安全側への誤差となり、ほぼ無視できる。①の機器誤差、読み取り誤差による影響は層厚規格値が数mm程度にあるのに対し無視できないが、計測点数を増やし統計処理を行うことで、現行よりも信頼性の高いデータが取得できると考えられる。また、測量距離による誤差

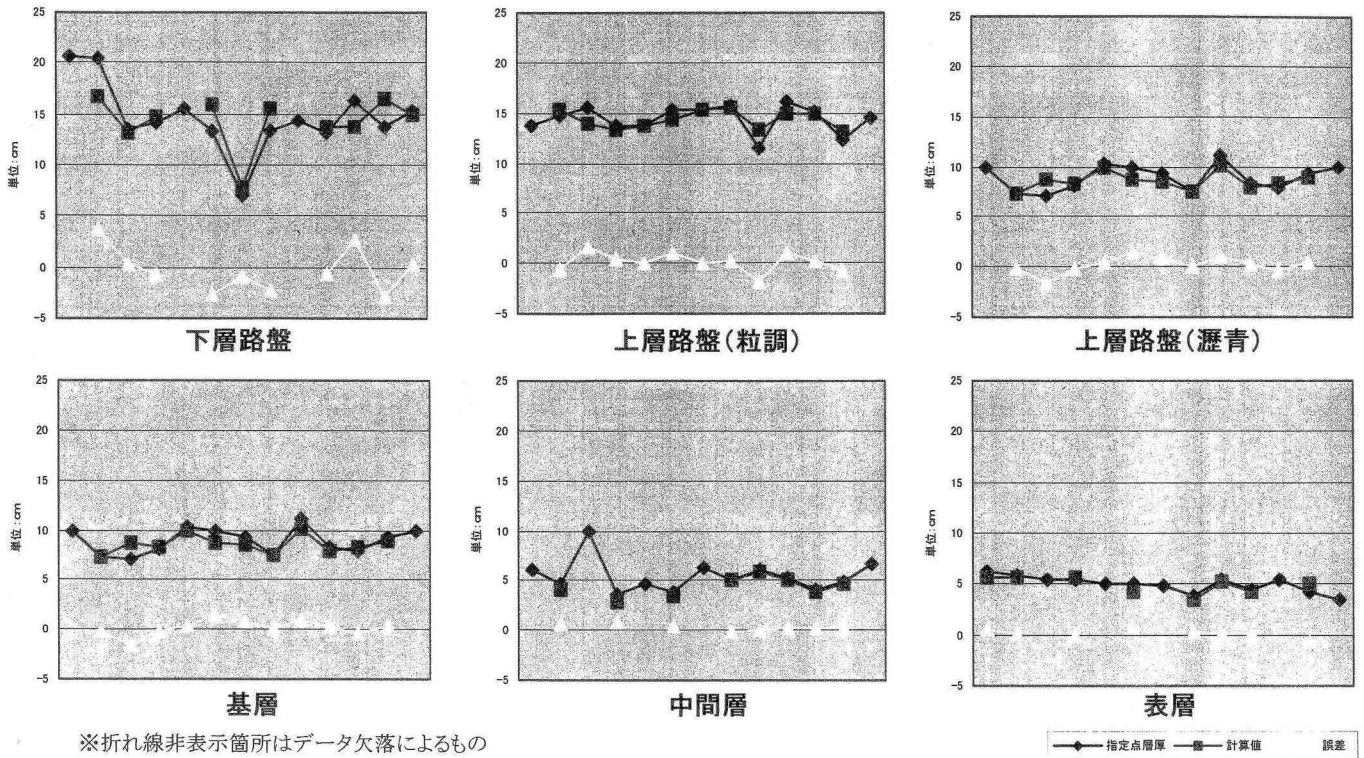


図-8 層厚精度検証結果

は 100m 程度を推奨する機器が主流であり、今回の計測もその範囲内で行ったためほぼ無視できる。周辺温度による誤差は調整機能が機器に搭載されているものもあり、温度誤差がある場合でも 1mm 程度である。③の誤差は計測点数を増やすことで小さくなる。しかし、計測手間が増えることで現行よりも計測者に対する負担が増えることが問題である。

- ・ 今回のような層厚全数管理を行うためには、従来の管理手法を改め、IT 機器を利用した情報化施工管理手法が必要であるといえる。従来の管理手法では、平坦性を上げるためにはオペレータの経験が有効であるが、層厚を制御しきれない欠点がある。

6. おわりに

本論文では、舗装工における情報化出来形管理手法を提案し、実証実験を通じて考察を行った。以下に本論文の内容をまとめる。

第2章では、現行の舗装工出来形管理について、規格値や現場のニーズを分析し、施工層厚管理に関する課題と問題点をまとめた。

第3章では、情報化出来形管理における測量データと設計データの施工業務上での流れを示した。また、IT 機器を用いて、少ない工数で従来よりも多くの出来形計測点数を取得すると共に、維持管理業務に必要なデータを提供できるような出来形確認手法を提案した。

第4章では、提案した手法を用いて実際の工事現場で実証実験を行った。ここで得られた情報により出来

表-4 施工層厚差異算出結果

層名	設計厚	平均値	最大層厚	最小層厚	差 (最大-最小)
下層路盤	15.0cm	17.1cm	25.3cm	10.8cm	14.5cm
上層路盤1	15.0cm	14.5cm	17.5cm	12.6cm	4.9cm
上層路盤2	8.0cm	7.8cm	10.3cm	5.8cm	4.5cm
基層	5.0cm	5.6cm	7.7cm	4.4cm	3.2cm
中間層	5.0cm	5.1cm	10.0cm	4.1cm	5.9cm
表層	5.0cm	5.9cm	6.8cm	4.9cm	1.9cm

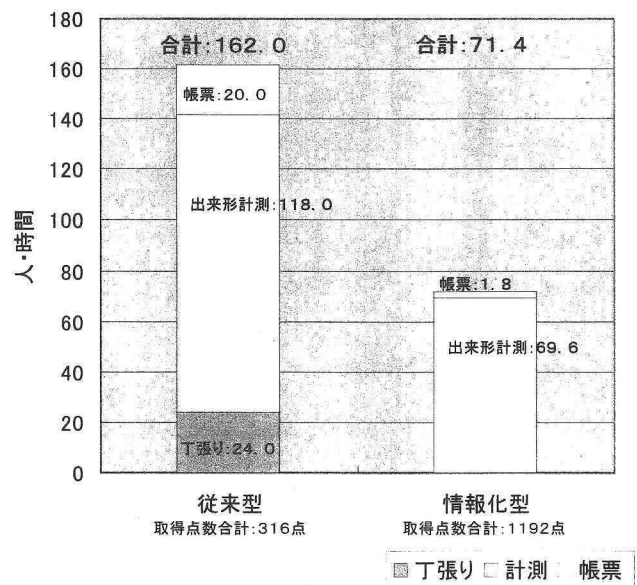


図-9 管理工数検証結果

形帳票を作成し、出来形取得頻度と層厚測定精度の検証を行った。また、取得点数と管理工数から出来形管理業務の改善について検証した。

第5章では、実証実験の結果から、現行の管理手法と提案した情報化型の手法について頻度、精度、業務効率の面から考察を加えた。

以上より、明確になった点を以下に示す。

- ・ 従来のコア抜きによる計測頻度では実際に存在する層厚のばらつきを認識することができない。つまり、コア抜きによる1箇所代表値での層厚評価は適正とはいえない。
- ・ 提案-2.の面的な管理による算出値の精度は数 cm から数 mm 程度に収まっており、提案-2.は有効な手法であるといえる。
- ・ 提案-2.による手法は従来の手法よりも、管理工数が56%削減する。

今後の課題を以下にまとめる。

- ① 今回の実験では、設計情報を3次元設計形状データに変換して利用したが、紙図面の資料から3次元データ化するには多くの工数がかかった。変換利用しやすい形式で設計データを提供する手段を構築することが課題といえる。
- ② コア抜きの代替手法として提案した提案-1.とコア抜きとの対比を実施し、高さ管理で厚さを管理ができるのかを直接確認する必要がある。
- ③ 管理工数の負担は軽減できたが、許容できる精度を維持し、計測者の負担を軽減するためには、計測頻度を上げつつ、計測時間のかからない計測機器を導入する必要があると思われる。

- ④ 施工品質を向上させるためにIT機器が必要であるが、その導入コストを施工管理効率の向上により補う必要がある。また、効率向上につながる基準の改正が必要であると思われる。

謝辞：本研究を進めるに当たって、国土技術政策総合研究所情報基盤研究室、(株)トプコン、(株)トリオン、(株)国際航業など多くの方々にご協力を頂きました。記して謝辞を表します。

参考文献

- 1) (財)日本建設情報総合センター、情報化施工ホームページ：<http://www.gis.nilim.go.jp/kokusouken/jouho/>、2005年5月現在
- 2) 国土交通省ホームページ：<http://www.mlit.go.jp/tec/cals/>、2005年5月現在
- 3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室ホームページ：<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/sekojoho.html>、2005年5月現在
- 4) 藤島崇他：情報化施工における道路土工事の出来形管理の実証実験、2004年度土木情報利用技術論文集、VOL.13、pp.251-260、2004年。
- 5) 藤島崇他：地形確認業務への情報化施工の適用に関する一提案、2004年度土木情報利用技術論文集、VOL.13、pp.261-270、2004年。
- 6) 土木工事共通仕様書 中部地方建設局監修 土木工事施工管理基準(案)、平成9年4月。
- 7) Autodesk 株式会社ホームページ：<http://www.autodesk.co.jp/>、2005年5月現在

(2005.5.20 受付)