

交通量の多い現道上の舗装修繕工事における I C T 建設機械による施工の実施検討について

田島 卓昌

元 関東地方整備局 横浜国道事務所神奈川出張所（〒221-0012 神奈川県横浜市神奈川区区安台1-7-10）
現 関東地方整備局 道路部 計画調整課（〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1）

国土交通省は建設現場の担い手不足を背景に生産性向上を目的として I C T 活用導入を促進しているが、実施した調査で交通量の多い現道上の舗装修繕工事においては I C T 活用の施工と出来形管理を実施した事例が少ないことが判明した。現状多くの実施事例がある I C T 活用の起工測量と元設計データ作成で得られる生産性向上効果と比較し、施工と出来形管理も I C T 活用で実施することで得られる生産性向上効果は飛躍的に高くなると考えられるため、交通量の多い現道上の舗装修繕工事で I C T 施工と施工管理の導入を促進するにあたっての課題の抽出と解決策を提案し、適用及び実用性の検討について報告する。

キーワード I C T 活用工事, i-Construction, 舗装修繕工事

1. 背景（なぜ I C T 活用促進を進めるのか）

日本社会は2055年には人口の半数が60才以上になる程高齢化が進み生産年齢人口率が低下していくと予測される中、国土交通省は建設現場の担い手不足を背景に生産性向上に向け現場への I C T 活用導入を促進している。

建設現場の担い手不足は実施中の工事においても同様の状況であり、下表-1に概要を記した「R3国道1号川崎市幸区舗装工事」（以下、本工事と記す）では熟練技術者の不足や建設業全体の人手不足、さらにはコロナ過での労働者数減少で人手が集まらず労働者1人あたりの負担増に悩まされていたため、現場に I C T を導入して労働力不足を補うとともに、施工精度向上やデータ活用等による品質向上でよりよいものづくりをしたいと考えた。

表-1 「R3国道1号川崎市幸区舗装工事」の概要

工事名	R3国道1号川崎市幸区舗装工事
路線名	一般国道1号
工事場所	神奈川県川崎市幸区紺屋町～南幸町
工事概要	川崎市内の国道1号において、車道整流化及び歩道拡幅を実施する工事。
交通量	12h 26,363台、24h 38,291台、大混率16.2%、非混雑時速度20.7km/h
現場の特徴	都市部現道上の工事のため施工時間が夜間に制限されている

2. 現状調査（I C T 導入はどこまで進んでいるか）

(1) I C T 活用導入の変遷

国土交通省関東地方整備局が示す I C T 活用工事実施

要領によると、舗装工においては平成29年より、舗装修繕工においては令和2年より活用促進が図られている。この要領では現在、舗装修繕工事での I C T 活用時、3次元起工測量、3次元元設計データ作成及び3次元データの納品は必須実施項目として定められているが、I C T 建設機械による施工及び3次元出来形管理等の施工管理については選択実施項目として定められている。

表-2 I C T 活用導入の変遷

建設生産プロセスの段階	舗装工 (H29~)	舗装修繕工 (R2~)
① 3次元起工測量	△→○ (H30~)	○
② 3次元元設計データ作成	△→○ (H30~)	○
③ I C T 建設機械による施工	○	△
④ 3次元出来形管理等の施工管理	○	△
⑤ 3次元データの納品	△→○ (H30~)	○

※ I C T 活用施工実施時、○は導入必須項目、△は選択項目。

(2) 舗装修繕工事での I C T 活用導入状況

現在 I C T 活用を検討している本工事では、起工測量と元設計データ作成では測量時の交通規制や路面マーキングの手間が不要なことなどから、交通量の多い現道上で実施中の本工事で生産性を十分に向上させられると判断し I C T 活用にて実施したところであるが、施工と施工管理ではより施工時間、施工精度に気を配る必要があり、I C T 活用にあたりより慎重に検討を進めている。

工事で I C T 活用を検討するにあたり類似現場条件の舗装修繕工事の I C T 活用実績を調査したところ、下表のとおり、類似の舗装修繕工事52件中、施工と出来形

管理をICT活用で実施した工事は3件に留まっていることがわかった。

表-3 類似現場条件の舗装修繕工事でのICT活用導入状況

事務所名	出張所名	H27交通量 24h、大混率 (代表地点)	対象工事数 (件)	建設生産プロセスの段階毎のICT活用実施有無					
				①	②	③	④	⑤	
東京国道事務所	品川出張所	59,158台、19.2%(国道1号)	6	○	○	○	○	○	ICT1件
	亀有出張所	56,657台、19.0%(国道6号)	6	○	○	×	×	○	
	代々木出張所	63,732台、13.8%(国道20号)	6	○	○	○	○	○	
	万世橋出張所	66,624台、28.7%(国道17号)	6	○	○	×	×	○	
相武国道事務所	八王子出張所	39,927台、17.1%(国道16号)	7	○	○	×	×	○	
	日野出張所	54,357台、11.1%(国道20号)	3	○	○	×	×	○	
川崎国道事務所	川崎磯辺出張所	59,158台、19.2%(国道357号)	-	○	○	○	×	○	ICT1件 (ただし施工管理は不実施)
	神奈川出張所	88,367台、17.1%(国道1号)	5	○	○	×	×	○	
横浜国道事務所	金沢町出張所	44,266台、31.5%(国道357号)	3	○	○	×	×	○	
	小田原出張所	24,203台、7.9%(国道1号)	1	○	○	×	×	○	
	保土ヶ谷出張所	156,729台、32.1%(国道16号)	2	○	○	×	×	○	
	厚木出張所	59,158台、19.2%(国道1号)	4	○	○	×	×	○	
	湘南出張所	62,650台、16.8%(国道1号)	3	○	○	×	×	○	
合計			52	52	52	3	2	52	

3. 課題整理等 (なぜICT導入が進まないか)

2. (2) で実施した調査で類似現場条件の舗装修繕工事ではICT活用の施工と出来形管理を実施した事例が少ないことが判明したが、施工と施工管理をICT活用で実施することで、測量と元設計データ作成のICT活用のみの実施と比べその効果は飛躍的に高まることが期待されるため、現道における舗装修繕工事でICT施工・施工管理導入を促進するにあたっての課題の抽出と解決策を提案し、適用及び実用性の検討について報告する。

(1) ヒアリングによる課題の抽出

2. (2) の調査で判明した施工と施工管理のICT活用を選択しなかった49件の工事に対して追加でヒアリング調査を実施し、ICT活用による施工と施工管理の選択に際してどのような懸念(課題)があるのかを抽出した。

実施した追加調査の結果、舗装修繕工事を現道上で実施する上で課される様々な制限とICT機器の繊細さが相反するという特性から、主に4点の懸念事項がICT活用促進の足枷となっていることがわかった。

a) 初期コスト

ヒアリングの中で最も多く挙げられた課題はICT活用にあたっての初期コストであった。

ICT活用にあたっては初期コストが莫大にかかる。例えばICT切削機は未だ日本全国にわずか3台しかなく、この希少なICT切削機のレンタルには1日150万ほどと、通常の7倍ほどの費用を要する。加えてICT切削機に付随する機器の用意にも費用が多くかかる。ICT機器を自社保有していれば費用は抑えられるが、現状自社保有の企業は希少であり、殆どの企業はICT活用にあたり莫大な初期費用を支払うことが難しいため、本来は省人化省力化に繋がるはずのICT活用が初期費用がネックとなりできていない現状となっている。

b) 規制時間(作業時間確保)

現道上で実施する舗装修繕工事では警察協議により規制時間が夜間に限られており、近年更にその規制が厳しくなる傾向にあるため作業時間の確保が難しい。この作業時間の確保がICT施工導入時にはICT機器の特性によりさらに難しくなる。例えばICT切削機の始動時には、マシンコントロールの基礎となる位置情報の初期設定に1.5h程度を要するため、本来確保できる作業時間が削られてしまう等の懸念がある。またその他にもICT活用での施工実施時には様々なICT関連機器の持ち込み及び設定が必要となっており、それらの設定にかかる作業時間や人手をいかに減らすかが課題となっている。

c) 交通の振動

現道上で実施する舗装修繕工事現場では、常に一般交通と隣り合わせになっているため、交通の振動がある。ICT切削機はマシンコントロールの際、衛星と地上に設置したトータルステーション(TS)と相互に常時通信し自らの位置を割り出して制御しているが、交通の振動があると、GNSS通信による自位置割り出しに誤差を生じさせ、マシンコントロール精度が下がり、施工精度に影響する懸念がある。

d) 架空物

現道上で実施する舗装修繕工事では架空物の損傷に注意が必要だが、ICT切削機にはマシンコントロールに必要な衛星等通信用アンテナが必ず設置されており、巨大な切削機自身による電波死角をクリアするのにアンテナ高が5mあるため、場所により架空物等とアンテナが支障し作業が実施出来ないという懸念がある。



図-1 ICT切削機に付属する高さ5mのアンテナ

(2) 解決策の提案

3.(1)で抽出した課題について、3件のICT施工・施工管理の導入工事でも同様の課題はあったものの、現場での工夫を重ねてICT活用をおこなうことができていたため、この実績事例を参考に解決策を示す。

a) 初期コスト

舗装修繕工事のICT機器の損料が高い原因は、現在需要が少なすぎるためと考えられる。これは今後国土交通省の取組により舗装修繕工事でのICT活用が促進されることで徐々に費用が下がっていくものと考えられるが、導入初期段階の今は国土交通省として継続的かつ積極的に導入を促進していくしかないものと考えられる。

b) 規制時間(作業時間確保)

3.(1)b)で作業時間の確保が課題として抽出されたが、3件の実績事例から、作業計画作成の工夫により解決できることが判明している。下のタイムテーブル図のようにICT初期設定にかかる1.5時間については、規制設置との並行準備実施で30分、路面マーキング不要で30分、さらに3次元施工での舗装後の出来形計測不要で規制替え時間30分を短縮することが可能となるため、結果的に当初想定作業時間より計1.5時間分ICT施工導入で工程を短縮することが可能となり、従来工法と同等の作業時間を確保することが可能と判明している。

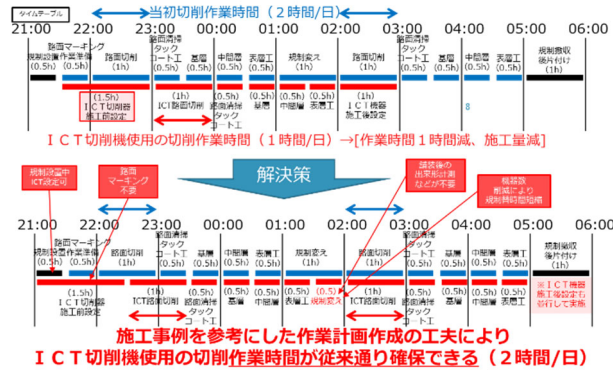


図2 タイムテーブル図

c) 交通の振動

現道の交通による振動がマシンコントロールに誤差を生じさせ精度に影響が出るのではないかと懸念については、地上側で設置するTSの数を増やすことで位置情報の補正を強化して精度を保つことが可能と既往事例で判明している。



図3 現道の交通による振動のイメージ図



図4 TS設置数増による電波強度確保の概念図

d) 架空物

ICT切削機の高さ5mのアンテナが現道上の架空物に支障するという懸念については、架空物位置の事前調査実施でアンテナ支障箇所を特定した上で施工区割りを検討することで、支障しない箇所はICTで実施し、

支障する箇所は従来の切削機を使用するなどの使い分けの計画を立てて部分的にICT活用で実施することができると既往事例から判明している。

(3) 適用の検討

3.(1)および3.(2)で整理した課題と解決策が実際、今回ICT活用を検討している本工事でも適用できるのか、確認および検討を実施した結果を下に記載する。

a) 初期コスト

本工事の施工業者はICT切削機は自社で保有していなかったものの、3Dスキャナー(TS)等の付随機器は保有していたため、初期コスト等について検討の結果ICT施工・施工管理の実施が可能と判断した。

b) 規制時間(作業時間確保)

本工事でも規制時間を夜間9時間に制限されているなかで作業時間を最大限確保し日施工量確保の計画をする必要があるが、(2)b)で示した既往事例のタイムテーブル図と同様の作業計画を立てることで従来と同等の作業時間を確保できるため、本工事でもタイムテーブル上はICT施工・施工管理の実施が可能であると判断できる。

c) 交通の振動

本工事の工事区間は交通量が夜間12h 11,928台と多く、大混率や旅行速度も高い。また工事では常に規制帯横を一般車両が通行する。これらの条件より本工事の工事区間においてもICT切削機の施工精度への交通の振動の影響はあるものと考えられるが、(2)c)で示した作業箇所へのTSの設置数増で施工精度はある程度補うことができるものと考えられる。2.(2)の調査で判明した3件のICT活用工事でも本工事の夜間交通量と大差ない数値であったため、本工事でも同様の対策でマシンコントロールの面ではICT施工・施工管理実施が可能と判断できる。

d) 架空物

本工事の工事区間においても多くの架空物が存在し、これらはICT切削機の高さ5mのアンテナと支障する。支障する箇所については作業実施不可となるため本工事でも架空物位置の事前調査と施工区割れ検討で架空物のない場所のみICT活用で実施することとなる。なお調査の結果工事区間内8区割りのうち6区割りでは架空物がなくICT切削機での実施が可能であり、残り2区割りについてはICT切削機の使用不可と判明している。

(4) 実用性の検討(残る課題)

3.(3)の適用の検討により本工事でのICT施工・施工管理実施が物理的には可能であることが判明したが、実際にICT活用の実施を検討する際には、生産性向上や品質向上等のICT導入効果が導入コストを上回ること、つまりは実用性の確認を実施する必要がある。実際、ICT導入には多くの初期コストを要するため、導入には

慎重な検討が必要となっている。そこで、以下に改めて I C T 施工・施工管理の実施効果を整理し実用性の検討を実施するとともに、残る課題の洗い出しをおこなう。

a) 実用性の検討（実施効果整理）

本工事のような交通量の多い現道上の舗装修繕工事で I C T 施工・施工管理を実施することで、以下のような生産性向上・品質向上の効果が見込めると考えられる。

- ・従来より安定した切削作業進行による作業効率向上
- ・路面マーキング不要による省力化、安全性向上
- ・マシンコントロール自動化による熟練オペ不足解消
- ・3D舗装データ管理による省力化と品質向上

さらには、実施済の3次元起工測量・3次元元設計データ作成と併せて実施することで、これまでの I C T 施工・施工管理を不選択で実施しなかった工事では有効活用できていなかった3次元元設計データを、施工や施工管理に生かすことができ、工事内で一貫して3次元元設計データで施工管理を実施することでさらなる生産性向上・品質向上につながるものと考えられる。

b) 残る課題

前項の実施効果の反面、今後解決しなければならない残課題もある。

まずは3.(2)a)に記載した初期コスト等の課題であるが、これについては記載のとおり継続的かつ積極的に I C T 導入促進を進めていくしかないものと考えている。

次に3.(1)d)で挙げていた I C T 切削機のアンテナと架空物との支障の課題であるが、架空物がある場所の I C T 切削機での施工は現状不可能である。この課題については I C T 切削機の改良でアンテナ高を抑えることができれば簡単に解決できるため、メーカーにヒアリング（開発要望）等を今後実施し解決させたいと考えている。

最後に3.(1)c)で挙げていた切削誤差の懸念について、T S の設置数を増やすことで機械誤差を抑える解決策を提案したが、それでも何らかの理由で切削誤差が生じる可能性は否定し切ることができない。この際、現状の技術では切削誤差の解析に半日程度の時間を要するため、切削後すぐに I C T 切削機から切削誤差を読み取ることができず、実際のところは日々交通開放の必要性から舗設前に従来の測量も実施して誤差無しを確認しており、生産性・作業効率が上がっているとは言えない

4. 「R3国道1号川崎市幸区舗装工事」での取組

3.の課題整理で判明した残る課題等について、本工事では2022年7月頃に予定する I C T 活用による舗装修繕工の施工と施工管理の実施に向けて、下記のような課題解決につながる取組の実施を計画している。

(1) I C T 試験施工による通信性能等事前確認の実施

これまでの課題整理で、 I C T 切削機の初期設定にか

かる時間や I C T 切削機の通信環境不良による誤差発生が課題として挙げられていたが、今回本工事では事前に試験施工を実施し、初期設定作業の事前練習や通信環境確認を実施することで、本番の作業を円滑に進めるよう備える取組を実施することとした。

(2) メーカーへのヒアリング（マシン改良）

I C T 切削機のアンテナと架空物が支障するという課題については、アンテナ高を抑えることができれば解決すると考えられるため、本工事の工事機械選定時に併せてメーカーへアンテナ高を抑える案を提示し、機械改良の可能性についてヒアリングをおこなう。なお改良案については、1本アンテナの四方への分散設置や伸縮可能アンテナへの変更等を検討している。

(3) 施工日程の工夫

今回、3.(3)d)で8区割り中2区割りは従来工法で切削することを計画しているが、 I C T 施工実施日の間に従来工法実施日を配置することで、工事期間内にデータ収集と改善を実施する。これにより、工事で新たな課題が発生しても、本工事内で克服できることが期待できる。

(4) 現場の整備（基準点の追加設置）

課題整理の中で I C T 切削機の自位置特定のための初期設定に時間を要する課題が挙げられたが、提案したタイムテーブル作成の工夫の他に、基準点の追加設置を実施することを検討している。この基準点の追加設置で予め機器の始動位置情報を把握しておくことができ、初期設定時間を大幅に短縮する効果が期待される。

5. まとめと今後の展開（展望）

(1) まとめ

今回の調査で現道における舗装修繕工事で I C T 施工・施工管理導入を促進するにあたって課題抽出と解決策提案を実施し、その適用及び実用性の検討を実施したことで、本工事のような交通量の多い現道上の舗装修繕工事でも精度の高い I C T 施工・施工管理を実施することが可能であり、さらにその I C T 活用により工事の生産性と品質を高めることができると判明した。

(2) 今後の展開（展望）

今後、今回整理した内容をもとに本工事での I C T 施工・施工管理を含めた I C T 活用を実際に実施していく。

I C T 施工・施工管理の実施時には、残課題である切削機誤差等についてデータを収集し、とりまとめる。

実施でとりまとめたデータについては今後の舗装修繕工事で解析等に役立つように整理することで、舗装修繕工事での I C T 施工のさらなる導入につなげていく。