

災害復旧工事におけるICT施工を活用した 工程確保の取組について

石田 竜太郎¹・阿部 良司¹・上田 浩雅²・杉本 裕哉¹

¹金沢河川国道事務所 工務第二課 (〒920-8648 石川県金沢市西念4丁目23番5号)

²金沢河川国道事務所 (〒920-8648 石川県金沢市西念4丁目23番5号)

令和6年能登半島地震により被災した国道249号七尾田鶴浜バイパスは、国道470号能越自動車道と一体となって七尾市街地や和倉温泉と各方面を連絡する重要な幹線道路であり、早期復旧が求められる一方で、土日・祝日の交通開放や資材供給など厳しい施工条件における対応が課題となった。

本稿では、災害復旧工事においてICT施工を活用した工程確保の取組と、材料確保への対応事例について報告する。

キーワード 国土交通省、令和6年能登半島地震、災害復旧、権限代行、生産性向上

1. はじめに

国道249号は、石川県七尾市から輪島市を經由し金沢市へ至る能登半島の広域道路ネットワークを形成する幹線道路であり、地域住民の生活や物流・観光を支える重要な路線である。令和6年能登半島地震発生後、当路線は一般車両および物流車両に加え、復旧・復興を支援する車両の通行路としても利用されている。このため、工事の実施にあたっては、道路利用者への交通影響を最小限に抑えつつ、効率のかつ着実に施工を進めることが重要な課題であった。

本稿で紹介する復旧工事の対象区間となる七尾市赤浦町から同市高田町においても、令和6年能登半島地震の発災により甚大な被害を受け、各所で法面崩壊や路面陥没などが発生した。

このため、早期の本復旧に対する社会的要請は極めて高く、道路法第91条第2項に基づき、2024年1月23日の石川県知事からの要請等を踏まえ、国土交通省による権限代行で本復旧を進めているところである。

本報告では、早期の交通機能回復が求められる災害復旧において、ICT施工の活用による工程確保の取組及び、復旧需要の集中により資材確保が困難な状況下で実施した施工上の工夫とその効果について報告する。

2. 施工箇所の概要

本稿の対象区間である、国道249号七尾田鶴浜バイパスのうち直津IC付近から高田IC間では、能登半島地震の影響により盛土部で著しく沈下し、測量結果から、被災前の路面高と比較して最大約1mの沈下が生じていることが確認された(図-1)。

これまでは、応急的に実施した仮復旧工事と日々の巡回によって、道路利用者の安全を確保してきた。しかし、仮復旧舗装は本来必要とされる舗装構成を満足しておらず、あくまで早期の交通確保を目的とした暫定的な措置であったことから、被災前と同等の道路性能および走行性を確保することを目的として、2024年7月より本格的な舗装復旧工事に着手した。



図-1 本復旧工事の位置図

3. 工程確保に向けた取組

(1) 工事着手時に把握した被災箇所への対応

工事に先立ち、あらためて被災調査を実施し、法面の崩落や舗装下の空洞化による道路陥没、走行段差が各所で確認した(写真-1,2)。道路利用者に対して日常生活における安全な走行環境を提供するためには、車道の本復旧に加えて、限られた規制期間の中で様々な緊急補修作業が必要とされた。

これらは緊急対応であったことから、本復旧工事を進めながら時間を割いてその都度準備・計画・実施を短期間で行う必要があり、現場での対応に苦慮したことに加え、工事を効率的に実施するため、適切な現場作業員の配置計画、土木工事に関する高度な技術・知識を有した施工体制、安全を優先した施工計画等の立案・適宜見直しが必要とされる工事であった。

(2) 施工における制約条件への対応

工事実施に当たり、警察との協議で交通規制は平日に限った昼夜連続施工による片側交互通行とし、土日および祝日は規制を解除して全面交通開放することが条件とされた。このため、連続して施工できる期間は原則として平日の5日間に限定され、限られた期間内で効率的に復旧工事を完了させる必要があった。

また、本工事は被災前の現況縦断形状への復旧を基本方針としており、縦断・横断方向に段差を残した状態では交通開放が困難であった。そのため、一度施工を開始すると、上下線を一体的に施工し、所定の復旧高さまで完了させることが求められた。

このように、本工事では本復旧と緊急工事を並行して進める必要があったことから、不測の事態にも対応できる工程計画の立案が重要となった。そこで、1週間のうち4日間を主施工日として集中的に施工を行い、残る1日を軽作業および突発事象に対応する予備日として位置付けた。また、現場条件に応じて作業員配置や施工体制を適宜見直し、安全性と施工効率の両立を図りながら工事を進めた。



写真-1 路面被災状況



写真-2 法面崩落状況

(3) ICT施工による工程管理の取組効果

今回の施工では、上下線を片側ずつ規制して施工し、土日や祝日に上下線ともに安全に交通を開放するため、1週間のうち平日期間中に必ず上下線の路面高さを同一水準に施工し、横断方向の段差を解消しておく必要があったため、既設舗装版破碎後の碎石盛土による下層路盤の施工にあたり、材料の搬入から施工までの工程の効率化が肝心であった。

本線における本体工事となる舗装打換え工は、施行区間全線にてICT施行を活用し、その結果計画工程に対して安定した進捗を確保することができた。具体的なICT施行と従来施行における段取り毎のタイムスケジュール比較を表-1に示す。

従来施行では、舗装版破碎後に丁張設置を行う必要があり、この準備作業が下層路盤施工の開始を遅らせる要因となっていた。また、上層路盤（安定処理1層目）の施工完了後には丁張撤去が必要となるため、各工程間に作業の中断が生じ、週末の交通開放を目標として施工する

施工スケジュール		1日目				2日目				3日目				4日目			
		9	12	15	17	9	12	15	17	9	12	15	17	9	12	15	17
従来工法	舗装版破碎	■	■	■						■	■	■					
	丁張設置		■	■							■	■					
	下層路盤				■	■	■	■					■	■	■		
	上層路盤（安定処理1層目）								■	■	■	■				■	■
ICT工法	舗装版破碎	■	■	■						■	■	■					
	下層路盤（ICT）		■	■	■	■	■	■					■	■	■		
	上層路盤（安定処理1層目）								■	■	■	■				■	■

表-1 ICT施工と従来施工における段取り毎のタイムスケジュールの比較

場合は、1日目・2日目で残業を前提として作業する必要があった。

一方で、ICT技術を活用した施工方法では丁張設置・撤去の工程が不要となるため、舗装版破碎後に直ちに下層路盤（ICT施工）へ移行することが可能となった。これにより、工程間の待ち時間が解消され、従来施工と比較して各工程をより早い時間帯に完成させ、残業を前提とする作業を不要とすることができた。

路盤および舗装の基準高管理は、ミリ単位での制度が求められるため、沈下が不均一とならないよう1～4層程度に分割して巻き出した上で、十分な転圧を行いながら盛土していく必要があったことから、被災前の現況縦断面図を基に作成された三次元設計データを使用し、縦断・横断方向の段差が生じないように管理しながらマシンコントロール（MC）施工による碎石敷均しおよび、仕上がり高さの管理を行った。

上層路盤・基層・表層の各層における出来形管理については、現道上の施工であることから多くの時間を割り当てることが困難な状況であった。そのため、出来形管理を効率的に実施するための手法として、レーザスキャナを使用して点群データを一括取得し、ヒートマップによる面管理を行うこととし（写真-3）、最終層の仕上がり高さの検測においては、杭ナビ[®]および運動型端末アプリである快測ナビ[®]を導入したスマートフォン端末を組み合わせることで、事前に取り込んだ三次元設計データと、TSによりリアルタイムで取得した計測点の三次元座標とを即時に照合・表示させながら検測を実施した（写真-4）。「杭ナビ」とは、自動で座標取得や自動整準を行うトータルステーション（TS）のことで、「快測ナビ」は取得したデータを視覚的に水平離れなどの計測結果を設計データと連動して表示するシステムである。

上記の取組の結果、本工事では平日5日間での限られた期間内での復旧工事を完了させることができた。

ICT施工は、新設道路の工事では広く活用されているところであるが、現道の修繕工事では新設工事ほど活用されていないのが現状である。しかしこれらの活用により、今回のような、特に時間的制約がある場合では、効率的な施工方法として十分に効果を発揮したと言える。

4. 材料確保に向けた取組

(1) 施工材料の不足

能登地域では、復旧工事が集中していることにより、施工に必要なアスファルト合材の確保が困難であった。出荷可能調査を実施したところ、工事施工箇所40km圏内（4工場）より本工事へ出荷できるプラントは無く、遠方の金沢圏内のプラントからアスファルト合材を確保する必要があった（図-2）。

運搬距離が長くなると、通常のアスファルト合材では現地到着までの間に合材温度が低下してしまい、舗装の品質低下が懸念されていた。また、合材出荷が可能であっても運搬距離が62kmと非常に遠いことから、多数の

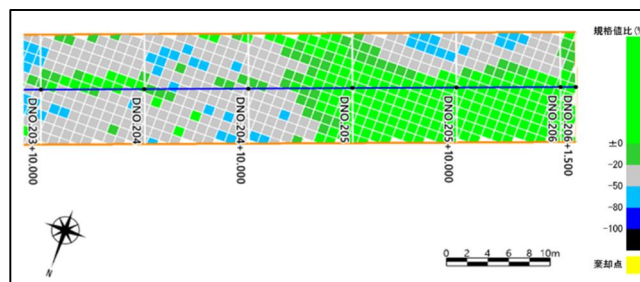


写真-3 ヒートマップによる面管理



写真-4 三次元測器の活用（左：杭ナビ、右：快測ナビ）

運搬用ダンプトラックを準備しなければ日当り施工量が著しく低下する懸念があった。

また、盛土の再構築では下層路盤材として碎石（C-40）をV=6,000m³と大量に必要としていた。しかし、同様に周辺碎石場からの出荷が限定的となっており、必要数量の安定的な確保が困難な状況であり、これらの材料共有が滞れば、週間計画に沿った施工が困難となり、前提条件であった週末交通解放に直接影響を及ぼすことから、本工事を滞りなく施工するうえで、材料確保は非常に重要な課題であった。



図-2 施工箇所から40km圏内のアスファルト工場

(2) 中温化アスファルト混合物の活用

アスファルト合材の不足に対する解決策として、ECOフォームド技術（中温化技術）³⁾を採用した(図-3)。

ECOフォームド技術とは、アスファルト内に少量の水を噴霧して発生させた微細な泡のベアリング効果に、発泡補助剤を組み合わせることで発泡性能と持続性を向上させたものである。これにより、アスファルト混合物の製造温度や施工温度を最大30度程度低下させることができる。

対象のプラントでのECOフォームド技術を取り入れたアスファルト混合物の事前認定が無かったため、試験練りを実施し、施工上の品質に問題がないことを確認することで採用に至った。ECOフォームド技術にはプラントからの出荷温度を下げることができ、加熱に関するCO2排出量を約20%削減できるというカーボンニュートラルの側面もあるが、今回本技術を採用した一番のメリットとしては、アスファルト合材の現場到着温度が、通常の混合物の温度範囲より低下していても目標温度範囲内であれば、施工性・締固め密度が確保されることである。



図-3 ECOフォームドのしくみ

(3) 仮置場の設置による砕石材料の確保

砕石材料の確保に対して受発注者間で協議を実施し、現場に近い仮置場を確保して事前に砕石を一次ストックし、二次運搬により現場へ投入する方法を採用した。仮置場を経由することで、採石場の出荷状況に左右されることなく現場への安定的な材料供給体制を構築することが可能となった。

(4) 取組の効果

当工事の舗装打換工では、主に3種類の混合物を使用した。全てにおいてECOフォームド技術の混合物を使用した。通常の混合物よりも低い温度範囲での施工であったが、アスファルト合材の固まりも無く、敷均しの施工性にも影響が生じなかったことから、問題なく施工を行うことができた。また、肝心のアスファルト混合物の現場密度は、工事全体を通しての平均値が（表層）98.5%、（基層）99.2%、（上層路盤）99.7%といずれも品質管理基準を満足できる結果となった(図4)。

このように、今回のような遠方から材料を確保しなければいけない状況が、石川県内の主に復旧工事が実施されている能登地域で当面の間考えられ、さらに厳しい状

況が想定される奥能登地域にも有用な技術であると考えられる。

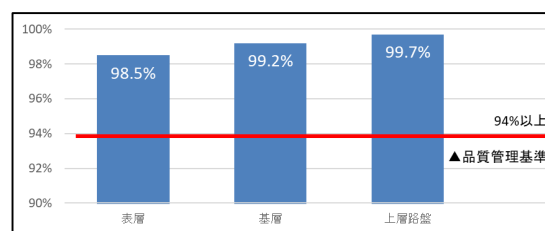


図4 アスファルト混合物の現場密度(%)

5. 考察および今後の展望

近年盛んに取組が推進されているi-Constructionやインフラ分野のDX推進においては、現場における省人化や生産性の向上が主な目的として着目されている。しかし本工事の事例が示すように、ICT施工はこれらの目的に留まらず、土日完全解放・平日5日間施工という厳しい時間的制約が課された災害復旧工事における工程確保という、制約のある現場での課題解決にも有効な手段として機能することが確認された。

ICT施工は、新設道路の工事では広く活用されているところであるが、現道の修繕工事や災害復旧工事での活用はいまだ限定的であり、本工事の取組はその適用拡大に向けた有益な事例となり得る。

材料確保の面においては、仮置場を活用した一次ストックと二次運搬による砕石の安定供給体制の構築、およびECOフォームド技術（中温化技術）の採用により、能登地域における災害復旧工事特有の材料供給の課題を克服することができた。特にECOフォームド技術は、アスファルト混合物の製造・施工温度を最大30度程度低下させることで、加熱に関するCO2排出量を約20%削減するカーボンニュートラルへ寄与する効果のほか、長距離運搬における合材温度低下の問題を解決するという副次的な効果も有することが確認された。これにより、能登地域のみならず資材納入が厳しい地域における今後の工事においても、本技術の積極的な活用が有効であると考えられる。

今後の展望として、本工事で得られたICT施工および新技術活用の知見を、同様の制約条件を有する工事へ展開していくことが期待され、特に災害復旧工事のような緊急性・制約性が高く、かつ通常の新設工事とは異なる現場条件下の工事では、ICT施工の導入効果がより顕著に発揮されることが期待されることから、今後の施工手法の一つとして確立させていくことが望まれる。

6. 最後に

今回のような災害復旧工事のみならず，一般的な規制を伴う工事など，工期に対する制約が設けられる工事や，材料供給に偏りのある地域などにおいては，その状況の克服が重要となっており，本工事での取組が，今後の同種工事における課題解決の一助となれば幸いである．

謝辞：本工事の施工に当たり，施工を通じて得られた知見の収集・整理にご協力いただいた福田道路株式会社の皆様に深く感謝申し上げます．また，令和6年能登半島地震の発災直後より，現地における被災状況の把握や応急復旧活動に尽力され，地域の復旧・復興に大きく貢献された地域の施工業者の皆様に，心より感謝申し上げます．

参考文献

- 1)株式会社トプコン (TOPCON CORPORATION)
<https://www.topcon.co.jp/news/5513/>
(最終閲覧日：2026年7月21日)
- 2)株式会社建設システム (KENTEM)
<https://www.kentem.jp/product-service/ksnavi/>
(最終閲覧日：2026年7月21日)
- 3)株式会社 NIPPO HP
https://www.nippo-c.co.jp/tech_info/general/SG02040_g.html
(最終閲覧日：2026年7月21日)