

# ECI方式を活用した舗装修繕設計・工事「舗装ECI」の事例報告

石附 倖太<sup>1</sup>・難波 佑弥<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長岡国道事務所 管理第二課 (〒940-8512 新潟県長岡市中沢4丁目430-1)

2023年3月に日本道路協会より発刊された「アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧」を基にした、全国初となる舗装修繕設計及び工事におけるECI（技術提案・交渉）方式を活用した事例について報告する。

キーワード アスファルト舗装修繕 ECI方式

## 1. はじめに

長岡国道事務所では国道8号、17号、116号の計220kmを管理しており、一部特別豪雪地帯であり、いずれも交通量が多い。これにより舗装においてタイヤチェーン等が原因となる修繕段階の損傷を抱えている区間も多く、毎年舗装修繕工事を実施しているところである。しかし、これまでの実態として工事の発注は、路床までの詳細な損傷状況が把握出来ておらず、契約後の現地調査にて工法変更を余儀なくされていた。昨年度当事務所管内で行った工事では概略設計による切削オーバーレイ工法で発注し、契約から施工までに2～3ヶ月かけて調査・計画を行い、数量・施工方法を変更し、工事完成までに約7ヶ月がかかっていた。

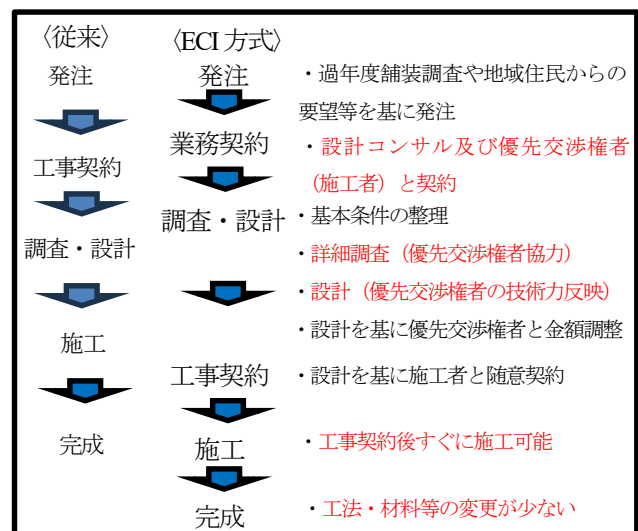
2023年3月に発刊された「アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧（以下設計便覧）」では、点検・診断・措置・記録からなるメンテナンスサイクル構築の一環として、既に一定の損傷が発生した舗装の詳細調査及び修繕の適切な実施を目的として、アスファルト舗装の損傷に対する詳細調査の具体的な方法や、修繕設計の手順等が示された。また、これに加え、設計においては、舗装の損傷状況を的確に捉える計測技術や、施工時に安全で安定的な交通を確保するために、交通規制を最小化する施工方法などの選定も必要である。合わせて舗装の長寿命化により、ライフサイクルコストの低減を図りたいところであったが、そのためには設計に必要な調査及びその結果の確認や、設計便覧による設計が現場施工において妥当なものかという判断が必要であった。しかし、当事務所では設計便覧を用いた設計業務を発注した事例が無かったことから、舗装修繕工事について知見が豊富な施工業者も交えての設計が望ましかったため、大幅な変更の無い適切な工事の発注を行うことを目的として、

技術提案交渉方式を活用した舗装修繕設計・工事「舗装ECI」を実施したため結果について報告する。

## 2. 舗装ECIについて

上記のとおり、これまでの舗装修繕工事は概略設計で工事契約し、工事にて詳細調査・設計・協議を行っていた。このため施工方法などにより増額となっている。ECI方式は設計コンサルタントと工事施工業者（優先交渉権者）の2者と契約することにより、設計業務及び技術協力業務によって詳細調査と優先交渉権者の技術力を反映した設計が可能となる。このため、工事契約後速やかに施工と大幅な増額等の変更の無い完成が可能となる。（表-1）

表-1 ECI方式活用工事の完成までの流れ



### 3. 舗装修繕箇所の選定

#### (1) 詳細調査実施箇所

「設計便覧」では「詳細調査及び修繕設計の対象は、点検結果から路盤以下の健全性の確認が必要となった場合や、舗装の構造的損傷が想定される場合」と記載されており、詳細調査については、「点検要領に示す損傷の進行が早い道路等において、診断区分Ⅲ-1、Ⅲ-2の場合に実施する（表-2）、路盤以下を含む各層の構造的な健全性を確認するための調査及び損傷の進行が緩やかな道路等の場合も、短期間に繰り返し修繕や補修を実施している区間や、当初の設計交通量よりも著しく交通量が増加している区間が存在する場合の調査も対象とするとよい。」との記載がある。

表-2 アスファルト舗装の診断区分

| 診断区分 |       | 状態                                      |
|------|-------|---|
| I    | 健全    | 劣化の程度 小                                 |
| II   | 表層    | 劣化の程度 中                                 |
| III  | 修繕段階  | 管理基準を超過又は早期の超過が見られる                     |
|      | III-1 | 表層の供用年数が使用目標年数を超過している                   |
|      | III-2 | 表層の供用年数が使用目標年数未満だが路盤以下の層が損傷していると想定される状態 |

このことから、今回詳細調査を実施した箇所は過年度点検において、上下線で複数箇所Ⅲ-1と診断されている国道8号柏崎バイパスの柏崎市茨目交差点から柏崎市城東交差点間の上下線2.6kmと、下り線で複数箇所Ⅲ-2と診断されている国道17号長岡市中潟町から長岡市六日市町間の下り線1.6kmとした。（図-1）

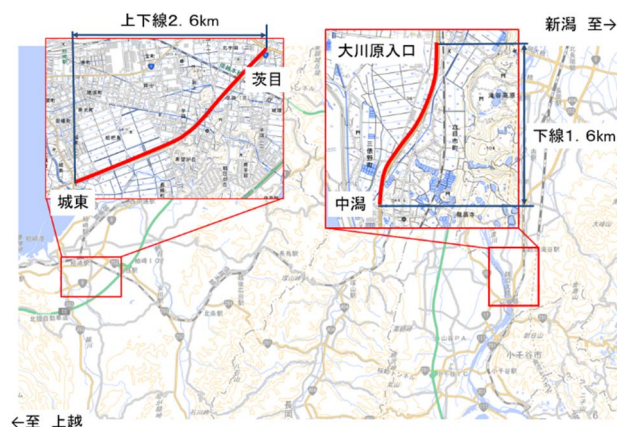


図-1 照査調査実施箇所

#### (2) 詳細調査について

アスファルト舗装の路面特性の調査を行い、舗装修繕設計に必要な構造評価を得るとともに、既設舗装構成の調査結果から最適な修繕工法及び範囲を選定する目的として「設計便覧」で示されているFWD調査、コア抜き

調査、開削調査に加え、技術協力業務の技術提案から路面の損傷状況を的確に判定出来る測量美術を実施した。コア抜き開削調査は直接目視して各層の損傷状況を観察することができ、必要に応じて材料試験や支持力試験が可能であり、損傷の有無の確認に加えて、修繕設計に必要な情報を得る事ができる。FWDでは推定値により、非破壊で効率的に各層の評価ができ、測量美術では、路面のひび割れの数値化などが出来るものとなっている。調査の順番は比較的短時間で出来るFWD調査にて路床までの健全度を推定後、測量美術にて路面の損傷状況を確認し、最後にコア抜き開削調査の順で行った。（表-3）

表-3 各調査の調査対象箇所

|       | FWD   | 測量美術  | コア抜き  | 開削   |
|-------|-------|-------|-------|------|
| 路面    |       | 調査対象  |       |      |
| 表層・基層 | 調査対象※ | 調査未実施 | 調査対象  | 調査対象 |
| 路盤    | 調査対象※ | 調査未実施 | 調査未実施 | 調査対象 |
| 路床    | 調査対象※ | 調査未実施 | 調査未実施 | 調査対象 |

#### a) FWDたわみ量調査

FWD調査は、「設計便覧」から弾性係数より残存等値換算係数を算出既設舗装の損傷程度を評価することと、測量美術、コア抜き開削調査の実施箇所を選定するため実施した。舗装を構成する各層の硬さが異なるとたわみの形状も変化するため、その形状を基に「逆解析」を用いて各層の弾性係数を推定した。更に弾性係数から路床土CBR及び等値換算係数を算出し、現況の等値換算舗装厚を算出した。また、舗装厚と残存等値換算係数から求められる各地区の等値換算舗装厚を過年度点検時と比較し損傷の進行状況を確認した。

今回調査箇所はD0たわみ量の基準値400μm未満となるため、これを超えると支持力不足という判断となる。結果は柏崎において、たわみ量で一部大きい変動が確認されたが基準を超える箇所は少ない結果となった。長岡においても、たわみ量で一部大きい変動が確認されたが基準を超える箇所は少ない結果となった。（表-4,5）

表-4 FWD 調査で得たたわみ縦断面（柏崎）

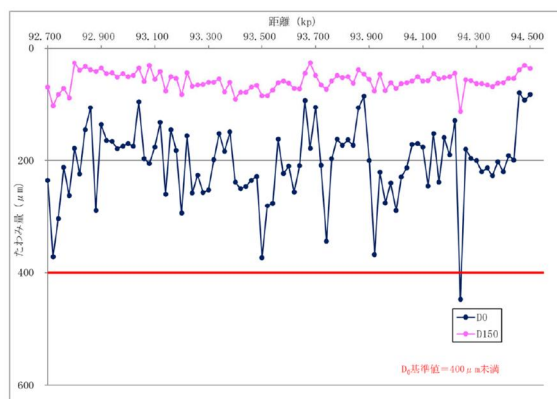
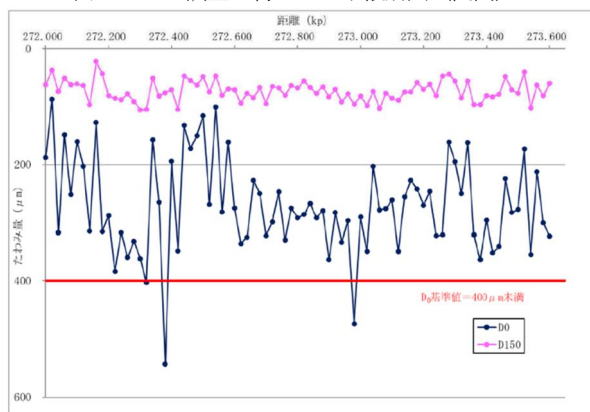


表-5 FWD 調査で得たたわみ縦断面図（長岡）



各地区で路床土CBRと等値換算舗装厚の過年度からの変化を確認すると、柏崎では大幅な変化はなく、長岡では前回調査から時間が経ったこともあり等値換算舗装厚が大幅に減少しており、劣化の進行が確認できた。（表-6）

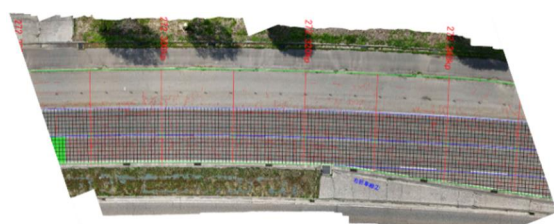
表-6 調査結果の比較

| 柏崎      | 2020   | 2024   | 差       |
|---------|--------|--------|---------|
| 路床土CBR  | 8.0%   | 8.8%   | +0.8%   |
| 等値換算舗装厚 | 26.0cm | 24.7cm | -1.3cm  |
| 長岡      | 2005   | 2024   | 差       |
| 路床土CBR  | 8.0%   | 9.5%   | +1.5%   |
| 等値換算舗装厚 | 30.0cm | 17.2cm | -12.8cm |

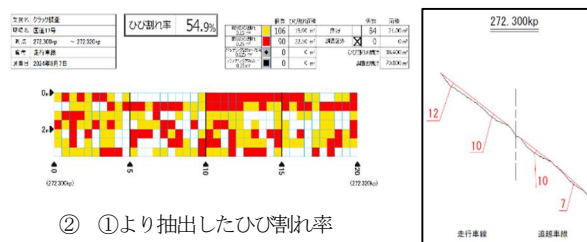
## b) 測量美術

測量美術とは、地上レーザースキャナーで得た地表の3DデータとUAVで撮影したオルソ画像を組み合わせたもので、ひび割れ率、わだちの深さ、位置など多くの情報を持つ高精度なCAD画像を作成した。（図-2）

作成したCAD画像を基にMCI（維持管理指数）及びIRI（縦断平坦性）を算出し補修の必要性を確認した。柏崎については、目視調査及びFWD調査の結果から実施不要と判断し、長岡のみで実施した。



① オルソCAD画像



② ①より抽出したひび割れ率

③ ①より抽出したわだち掘れ

図-2 測量美術で作成したオルソCAD画像

MCIでは、CAD画像から抽出したひび割れ率とわだちの深さを用いて2特性による維持管理指数を算出し、最も小さい値を採用することで補修の必要性を判断する。判断基準は5以上が望まし管理水準で、5未満で補修が必要となり、3未満で早急に補修する必要がある状態となる。調査結果は3未満箇所が大半となっており、早急に補修が必要という判定となった。（表-7）

表-7 MCIの判定結果

| 長岡地区      |           | MCI 2 要素の算出結果 |            |        |        | 走行車線   |        |
|-----------|-----------|---------------|------------|--------|--------|--------|--------|
| 測点        | 区間距離 (m)  | ひび割れ率 (%)     | わだち掘れ (mm) | MCI 10 | MCI 11 | MCI 12 | MCI 13 |
| 272.000kp | 272.020kp | 20.00         | 18.9       | 8.5    | 5.01   | 4.61   | 7.58   |
| 272.020kp | 272.040kp | 20.00         | 60.3       | 7.5    | 3.61   | 2.37   | 7.79   |
| 272.040kp | 272.060kp | 20.00         | 56.3       | 6.5    | 3.83   | 2.53   | 8.00   |
| 272.060kp | 272.080kp | 20.00         | 71.6       | 5.5    | 3.57   | 1.97   | 8.22   |
| 272.080kp | 272.100kp | 20.00         | 56.2       | 13.5   | 3.99   | 2.53   | 6.66   |
| 272.100kp | 272.120kp | 20.00         | 68.6       | 14.0   | 2.73   | 2.07   | 6.57   |
| 272.120kp | 272.140kp | 20.00         | 68.3       | 6.5    | 3.53   | 2.08   | 8.00   |
| 272.140kp | 272.160kp | 20.00         | 60.1       | 9.5    | 3.39   | 2.38   | 7.39   |
| 272.160kp | 272.180kp | 20.00         | 43.4       | 9.5    | 3.87   | 3.09   | 7.39   |
| 272.180kp | 272.200kp | 20.00         | 48.9       | 9.0    | 3.77   | 2.96   | 7.49   |
| 272.200kp | 272.220kp | 20.00         | 56.7       | 13.5   | 3.07   | 2.51   | 6.66   |
| 272.220kp | 272.240kp | 20.00         | 51.6       | 15.0   | 3.07   | 2.72   | 6.41   |
| 272.240kp | 272.260kp | 20.00         | 51.0       | 18.5   | 2.78   | 2.75   | 5.84   |
| 272.260kp | 272.280kp | 20.00         | 39.4       | 24.5   | 2.64   | 3.29   | 4.93   |
| 272.280kp | 272.300kp | 20.00         | 39.2       | 19.0   | 3.10   | 3.30   | 5.76   |
| 272.300kp | 272.320kp | 20.00         | 54.9       | 11.0   | 3.37   | 2.58   | 7.11   |
| 272.320kp | 272.340kp | 20.00         | 63.3       | 9.0    | 3.36   | 2.26   | 7.49   |
| 272.340kp | 272.360kp | 20.00         | 56.4       | 8.0    | 3.65   | 2.52   | 7.68   |
| 272.360kp | 272.380kp | 20.00         | 61.9       | 8.5    | 3.45   | 2.31   | 7.58   |
| 272.380kp | 272.400kp | 20.00         | 64.6       | 14.0   | 2.82   | 2.21   | 6.57   |

IRIは、舗装の表層の厚さ及び材質が同一である区間で、各車線において縦断平坦性をCAD画像から抽出し、補修の必要性を判断するものである。判断基準は「0～3mm/mが健全」、「3～8mm/mが補修が必要」、「8mm/m程度以上が早期に補修が必要」という判断となる。結果は第1走行車線で2.806mm/m、第2走行車線で2.538mm/mとなり、損傷レベルが小さく補修不要という判断となった。（図-3）

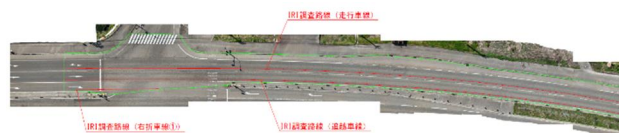


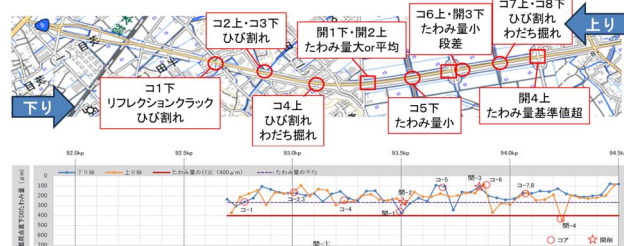
図-3 IRI 調査結果

## c) コア抜き・開削調査

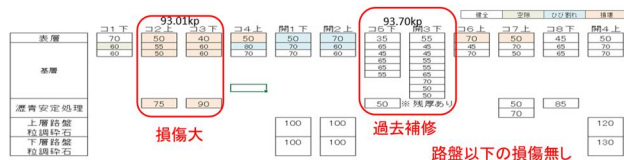
コア抜き・開削調査はFWD調査と測量美術の結果を基に設計コンサルタントと優先交渉権者、発注者の3者で合同現地踏査を行い調査箇所を選定した。通常、舗装修繕の際は200m程度は舗装構成を変化させないようにしていることからコア抜き箇所は200m毎に1箇所は選定し、FWD調査において基準を超えていた箇所、平均的な箇所、小さい箇所、の3パターンの他、測量美術においてひび割れやわだち掘れが目立つ箇所から選定した。



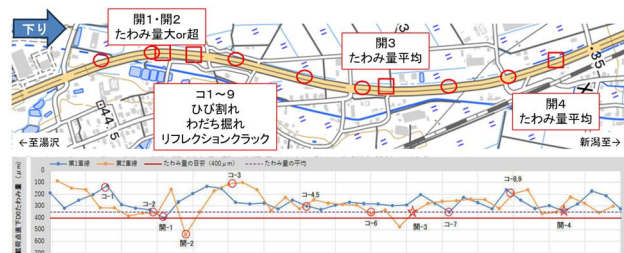
開削調査は、FWD調査においてたわみ量が大きかった箇所及び平均的な箇所から選定した。柏崎ではコア抜き8箇所、開削4箇所とし、調査結果は一部激しい損傷が確認されたが多くの箇所で2層目までの損傷となっており、路床では損傷が確認されなかった。長岡ではコア抜き9箇所、開削箇所はたわみ量の平均値が大きかったため、平均的な箇所3箇所及び基準を超えていた1箇所の計4箇所とした。結果は、全体的に損傷が激しいことが確認された。しかし、損傷が確認されたのはアスファルト層のみで路盤以下の損傷は確認されなかった。(図-4)



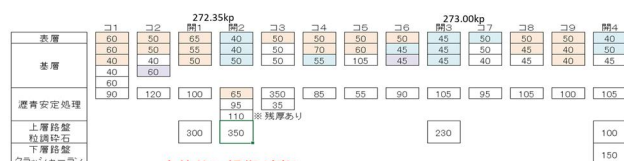
① 柏崎コア抜き開削箇所



② 柏崎コア抜き開削結果



③ 長岡コア抜き開削箇所



④ 長岡コア抜き開削結果

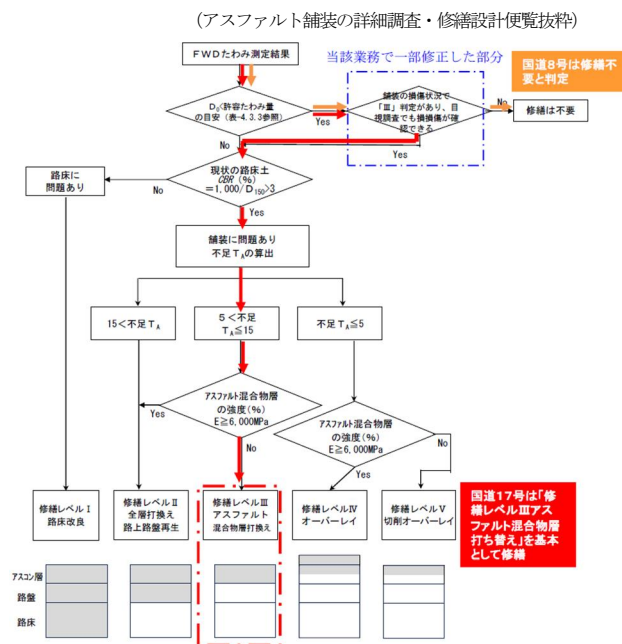
図-4 各地区開削箇所・結果

### (3)修繕工法の選定

詳細調査の結果から「設計便覧」の修繕工法の選定フローに基づいて工法選定すると両地区で修繕不要と判定されるが、測量美術のMC Iで早速に補修必要と判断されたことやコア抜き・開削調査でも損傷が確認され、両地区とも健全な状況ではないことが確認されたため、今回修繕設計では「舗装の損傷状況で「Ⅲ」判定があり、目視調査でも損傷が確認できる」項目を修繕工法の選定フローに追加し修繕工法を選定した。結果は柏崎ではた

わみ量が基準値以下で目視調査でも大きな損傷は確認されていないため修繕設計は不要と判断し、クラック注入工のみ実施することとした。長岡ではたわみ量が基準値以下となっていたが目視調査で大きな損傷が確認され修繕設計が必要となった。修繕工法の選定についてはフローのとおり打換え工法を基本として修繕設計を行った。(表-8)

表-8 修繕工法の選定フロー



修繕設計を行うにあたり、既設の舗装構成や損傷状況が異なっていたため、調査結果と施工性を考慮して区間を3つに分けて修繕工法を検討した。たわみ量が大きく変動していて縦断方向のひび割れが連続している区間680mを①とし、比較的たわみ量の変動が少なく、表層の損壊や縦断方向のひび割れが確認される区間134.7mを②、区間①ほどではないが損傷が確認される区間785.3mを③と設定した。(図-5)



図-5 修繕設計区間分け(長岡)

### 4. 設計・施工

今回舗装修繕箇所は、必要等値換算係数が29だが、全箇所にて必要等値換算係数を下回っている。修繕工法の選定フローから一般的な材料で、全層打換えを検討したが切削深さ65cmとなり工期の長期化が懸念された。そこで、技術提案より高疲労抵抗性アスファルトによる切削オーバーレイ工法を採用した。本材料はクラック貫通

抵抗性と疲労抵抗性が高く、ひび割れ伝播速度が非常に遅いため、長期のひび割れ発生の抑制が可能である。よって、一般的なアスファルト舗装では1cmあたり等値換算係数1.0とするところを本材料では等値換算係数1.7で評価することが出来る。(図-6)



図-6 高疲労抵抗性アスファルト混合物

これらのことから基層及び中間層で使用するにより下層からのクラックの進行を抑制できると考えた。調査結果及び高疲労抵抗性アスファルト混合物の係数を考慮して設計を行った結果、全層打換えの1/5程度の掘削厚で必要等値換算係数を確保できた。一番損傷が激しかった区間①は中間層、基層に長寿命化アスファルト混合物を使用する事により、切削深さが17cmとなり等値換算係数29.51で必要等値換算係数をクリアした。区間②③の計920mを補修範囲とした。区間②③では基層に長寿命化アスファルト混合物を使用することにより、区間②では切削10cmで等値換算係数31.35、区間③では切削11cmで等値換算係数29.45となり、必要等値換算係数を確保した。(図-7)

|       |      |                      |      |                        |                      |                         |        |                        |                         |
|-------|------|----------------------|------|------------------------|----------------------|-------------------------|--------|------------------------|-------------------------|
| 掘削    | 65cm | 表層                   | 5cm  | $5 \times 1.0 = 5.0$   | 既設アスコン               | 表層                      | 5cm    | $5 \times 1.0 = 5.0$   |                         |
|       |      | 中間層                  | 6cm  | $6 \times 1.7 = 10.2$  |                      | 基層                      | 6cm    | $6 \times 1.7 = 10.2$  |                         |
|       |      | 基層                   | 6cm  | $6 \times 1.7 = 10.2$  |                      | 既設アスコン                  | 3cm    | $3 \times 0.77 = 2.31$ |                         |
|       |      | 既設路盤                 | 12cm | $12 \times 0.15 = 1.8$ |                      |                         |        |                        |                         |
|       |      |                      |      | 計29.51cm               |                      |                         | 切削17cm |                        |                         |
| 全層打換え |      |                      |      |                        |                      |                         |        |                        |                         |
|       |      |                      |      |                        |                      |                         |        |                        |                         |
| 区間1   |      |                      |      |                        |                      |                         |        |                        |                         |
| 表層    | 5cm  | $5 \times 1.0 = 5.0$ | 表層   | 5cm                    | $5 \times 1.0 = 5.0$ |                         |        |                        |                         |
|       |      | 基層                   |      |                        | 5cm                  | $5 \times 1.7 = 8.5$    | 基層     | 6cm                    | $6 \times 1.7 = 10.2$   |
|       |      | 既設アスコン               |      |                        | 16cm                 | $16 \times 0.9 = 14.4$  | 既設アスコン | 12cm                   | $12 \times 0.9 = 10.8$  |
|       |      | 既設路盤                 |      |                        | 23cm                 | $23 \times 0.15 = 3.45$ | 既設路盤   | 23cm                   | $23 \times 0.15 = 3.45$ |
|       |      | 計31.35cm             |      |                        | 計29.45cm             |                         |        |                        |                         |
|       |      | 切削10cm               |      |                        | 切削11cm               |                         |        |                        |                         |
| 区間2   |      |                      |      |                        |                      |                         |        |                        |                         |
|       |      |                      |      |                        |                      |                         |        |                        |                         |
| 区間3   |      |                      |      |                        |                      |                         |        |                        |                         |

図-7 全層打換えと高疲労抵抗性アスコンによる切削オーバーレイの比較

アスファルト混合物層は端部や施工ジョイントからの水の浸入により層間で破損することや、層間剥離が表層と基層間で生じるとそれぞれの下面に引張りずみが生じ、ひび割れが発生しやすくなる問題がある。そのため、技術提案より施工ジョイントにL型成形目地を用いた止水処理を施し、タックコートにスーパータックゾールを使用した層間剥離対策を施した。スーパータックゾールは粘着強度が大きく、分解速度が早い利点がある。分解速度が早いことにより寒冷期であっても散布から5分程度

で分解が完了し、タイヤへの付着による部分的に損失するリスクの軽減にもなり、速やかな施工が可能になると考えた。(図-8)



図-8 L型成形目地材(左)とスーパータックゾール(右)

使用する材料だけでなく施工方法等でも時間の短縮を図り、締め固めの仕上転圧に冷却装置付きタンデムローラと呼ばれる舗装面を交通開放温度の50度以下になるまで強制冷却し早期交通開放が可能となる機械を用いて施工を行った。路面切削では切削管理システムを搭載したホイール式路面切削機を使用し、施工と出来形管理の効率をあげた。切削管理システムは、GNSSによる位置情報と切削深さ情報によって出来形ヒートマップの作成が可能となる。また、画面に表示された深さに従い切削するため、路面へのマーキングが不要となる。施工にかかる時間はバックホウによる直接掘削積込に比べ1/3以下に短縮することが可能となる。(図-9,10)



図-9 ホイール式路面切削機による切削オーバーレイ状況



図-10 冷却装置付きタンデムローラによる転圧状況

## 5. おわりに

当事務所は発注者・設計者・優先交渉権者が協力し、優先交渉権者の施工技術に基づく知見を設計に反映させることで現場に適した補修設計を行い、工事着手後の円滑な施工を図ることができた。設計業務・技術協力業務により施工方法・使用材料をよく検討したことにより工事契約後3週間程度で工事着手することができ、工事については1ヶ月程度で終わり交通規制の最小化・舗装の長寿命化を実現した。しかし、今回業務を経て、設計者

及び施工者にヒアリングを行ったところ3者の意見を合わせる事に時間を費やしてしまった問題などがあった。今後、舗装ECIを行っていくことにより発注者・設計者ともに舗装修繕の知見が豊富なものとなり、意見を合わせる時間の短縮を図ることが可能となると感じた。また、今回の舗装ECIで調査・設計に必要な全体の流れが把握できたため次回実施時にはこれを踏まえた発注時期の見直しや工期完了までのスケジュールをより具体的に見据えた発注が可能になると考える。