

路面性状調査手法の検証と計画策定支援システムを活用した効率的な舗装個別施設計画の策定について

岩戸 寿明¹

¹公益財団法人 兵庫県まちづくり技術センター まちづくり推進部 市町計画課
(〒650-0023兵庫県神戸市中央区栄町通6丁目1-21神明ビル5F)

2014年の道路法施行規則の改正により、道路橋やトンネル等は5年に1回の近接目視点検が義務化された。舗装については義務化されていないが、市町では舗装の効率的な維持管理を実施するため、点検（路面性状調査）（以下、「点検」という）の実施や個別施設計画（長寿命化修繕計画）（以下、「修繕計画」という）を策定する必要があるなかで、膨大な舗装管理をどのように実施していけばよいか、点検や修繕計画の策定方法について苦慮している。

そこで本論では、市町が抱える課題を解決するために実施した点検手法の比較検証結果と、計画策定支援システムを活用した効率的な修繕計画の策定の内容について述べる。

キーワード コスト削減、メンテナンス、維持・管理、新システム

1. はじめに

兵庫県内の市町においては、総点検実施要領（案）【舗装編】（国土交通省道路局平成25年2月）が策定されたことにあわせて、2013、2014年度に30市町約3,000kmの点検を、当センターの一括発注により実施した。

その後、2014年の道路法施行規則の改正を受け、道路橋やトンネル等の定期点検の実施や修繕計画の策定が進む中で、2016年10月に舗装点検要領（国土交通省道路局）が策定され、健全性の診断に基づき、舗装の修繕を効率的に実施する方針が示された。

このような中、兵庫県内の市町では、2巡目点検の実施や修繕計画の策定に取り掛かっている状況である。

2. 市町の現状と課題について

兵庫県内の市町が抱えている舗装の維持管理の課題について述べる。

(1) 課題1：適切な2巡目点検の実施

舗装の点検については、2013、2014年度の実施から5年が経過する一方で、市町においては橋梁等、他のインフラの維持修繕に多額の費用が必要となっているため、2巡目点検の実施時期や実施方法についてどのように対応すべきか苦慮している状況である。

(2) 課題2：効率的な修繕計画の策定

舗装修繕を、補助事業や地方債制度を活用し事業を実施するためには、①対象施設、②計画期間、③対策の優先順位の考え方、④個別施設の状況、⑤対策内容と実施時期、⑥対策費用について検討し、修繕計画を策定する必要があることから、多くの時間と費用が必要となる。そのため、市町では少しでも効率的・経済的に修繕計画の策定を行いたい、財政面や技術面、人員不足といった点で苦慮している。

3. 2巡目点検の実施に向けた点検手法の検証

2巡目点検にあたりどのような点検手法で実施していくことが、経済性や効率性等の観点から有効であるか比較検証を行うため、2013、2014年度に点検を実施した路線の内、16路線、約20kmを対象に、測定車の違いによる、測定結果の精度や費用の違いについて比較検証調査の結果について述べる。

(1) 比較検証の方法

比較については、測定仕様や計測精度が異なる、表-1に示す3種類の測定車により実施した。比較方法は、各測定車により同一区間を測定し、評価区間5mピッチの「ひび割れ率」、「わだち掘れ量」、「平坦性」、「MCI（Maintenance Control Index：舗装の維持管理指数）」の各計測値について比較検証を行った。

表-1 測定車比較表

No.	測定車A	測定車B	測定車C
	路面性状専用測定車		
測定車両			
調査手法	標準法	簡易法	簡易法
測定時間帯	夜間	昼間	昼間
路面性状	ひびわれ	メッシュ法、ラインカメラ(連続撮影) 測定精度(1mm以上)	ランク法、前方映像(5m間隔) 測定精度3mm以上
	わだち掘れ	レーザスキャン方式	レーザスキャン方式
	平坦性	レーザスキャナによる3点法 IRI(縦断凹凸)平坦性から換算	変位センサ1点とIMU IRI(縦断凹凸)直接算出
	IRI(縦断凹凸)	平坦性から換算	直接算出
道路前方映像	400万画素	200万画素	500万画素

(2) 比較検証結果

各測定車両による計測結果は下記のとおりである。

a) ひび割れ率 (図-1)

ひび割れ率は、測定車Aで一番大きな値が出ており、次に測定車C、Bの結果となった。この違いは、主にひび割れの評価を行う時の解釈方法の違いによるものと考えられる。

b) わだち掘れ量 (図-2)

わだち掘れ量は、路線別、測定車別の計測値を比較した場合、2mmより大きい差がないことから、測定手法による大きな差異はないと考えられる。

c) 平坦性 (図-3)

平坦性についても、路線別、測定車別の計測値で、1mmより大きい差がないことから、測定手法による大きな差異はないと考えられる。

d) MCI (図-4)

MCIの値は、舗装の供用性を「ひび割れ率」、「わだち掘れ量」及び「平坦性(σ)」の各測定値によって定量的に評価する値である。

今回の検証では、主にひび割れ率の計測値に大きな差が生じていることが影響し、若干MCIの値にも違いが生じたものと考えられる。

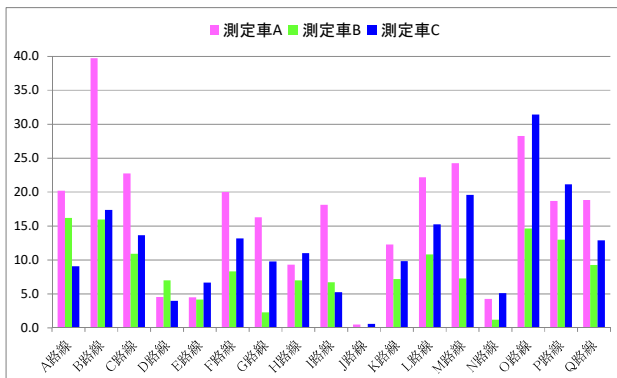


図-1 ひび割れ率

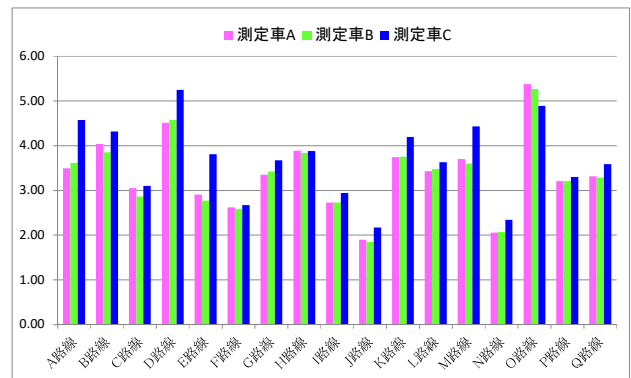


図-3 平坦性

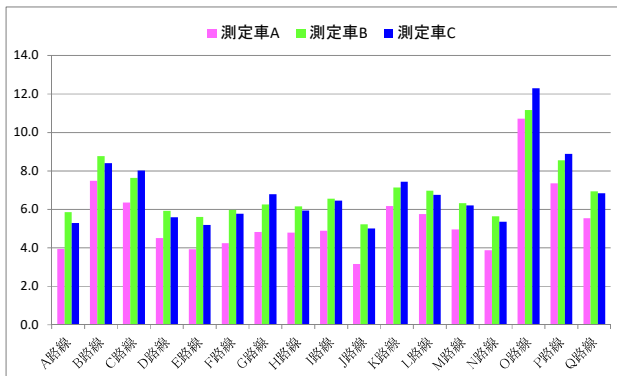


図-2 わだち掘れ量

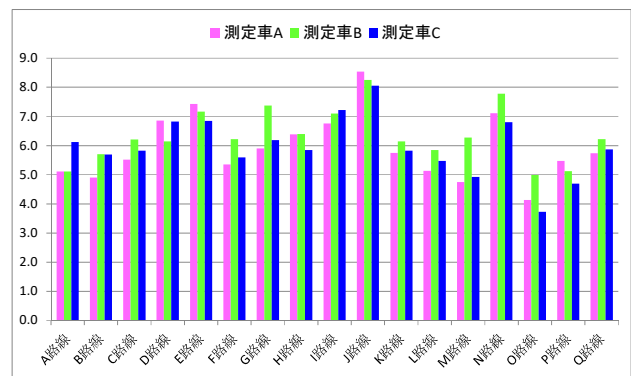


図-4 MCI

(3) ひび割れ率の誤差の要因について

比較検証では、ひび割れ率の値に大きな差が生じた。これは主に解読手法の違いによる誤差と想定されることから、その要因について下記に示す。

a) 測定車A (図-5)

測定車Aの手法は、路面の直下視画像を撮影し、画像上に解析用のメッシュ(0.5m×0.5m)を重ね合わせ、そのメッシュ内のひび割れ(線上ひび割れ、面状ひび割れ)を目視にて解読し、マウスを用いてメッシュに判読結果を入力することから、比較した方法の中で最も精度が高い測定手法となる。

b) 測定車B (図-6)

測定車Bの手法は、道路前方撮影映像をもとに、評価区間5mの範囲に、どの程度ひび割れが分布しているか、6つのランクに分類する。画面上に5m区間の表示はなく、斜めからの撮影画像のため判定者による誤差が生じ易い。

c) 測定車C (図-7)

測定車Cの手法は、道路前方映像に評価区間5mの範囲を明示し、その範囲内にひび割れがどの程度分布しているか、目視にて解読し6つのランクに分類する。また、前方映像の解読補助として、道路前方映像をもとにオルソ画像(真上からの画像)により解読できる。

前方画像を用いる点は、測定車Bと同様であるが測定範囲が明示されることや、オルソ画像(真上からの画像)により確認できるため判定精度が向上する。

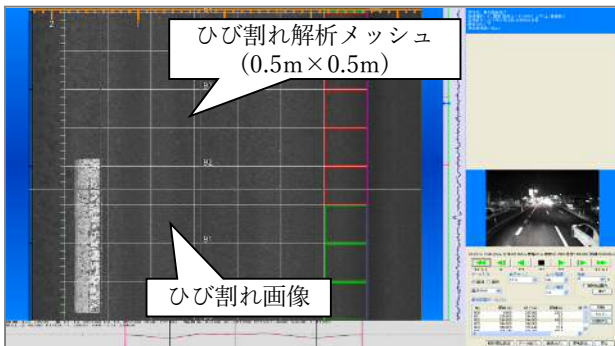


図-5 測定車A ひび割れ解読イメージ



図-6 測定車B ひび割れ解読イメージ



図-7 測定車C ひび割れ解読イメージ

(4) 比較検証結果と費用について

表-2 調査結果と費用の比較

測定車両	測定車A	測定車B	測定車C
ひび割れ率(%)	18.8	9.3	12.9
わだち掘れ量(mm)	5.5	6.9	6.8
平坦性(mm)	3.31	3.29	3.59
MCI	5.7	6.2	5.9
測定費用(500km以上1km当り経費込)	約7.5万円/km	約3万円/km	約4.5万円/km

路線別の比較結果や表-2に示す計測値全体の平均値を比較しても、ひび割れ率の計測値に大きな違いが生じたが、その他の値に大きな違いは生じない結果となった。

修繕計画の策定にはMCI値を使用するため、どの測定車を用いて点検を行っても、修繕計画への影響は少ないと考えられる。

一方、測定車別の測定費用(表-2)は、測定車Aが最も高く、次にC、Bの順番となる。測定車Aは調査費用が非常に高いことから、測定車B又はCを活用することが経済的である。

また、測定車BとCの選定については、経済性を重視する場合は測定車Bとなるが、計測精度がより高く、三次元点群データを同時に取得でき、データの二次利用が可能であることを踏まえると、測定車Cも有用であることから、目的に応じた選定を行う必要がある。

(5) 調査結果に基づく劣化予測の検証

今後実施する2巡目の点検と、1巡目の点検データを用いることで、劣化予測が可能であると考えられるため、1巡目点検を実施した路線の内、16路線、約2kmを対象に、前回点検と同等の計測車両である測定車Bにより2巡目点検を実施し劣化予測の検証を行った。

調査の結果、ひび割れ率(図-8)は、前回点検よりも良くなる逆転現象が生じた。わだち掘れ量(図-9)は、ほぼ同じ値が計測された。縦断凹凸(図-10)は、全ての路線で劣化が進行している結果となった。MCI(図-11)は、10路線で逆転現象が生じる結果となった。

これらの要因は、測定車Bは座標制度が低く5m評価区間にズレが生じたことや、判定者の個人誤差であると考えられる。そのため、測定車Bによる点検データを用いて劣化予測することは難しいことが確認できた。

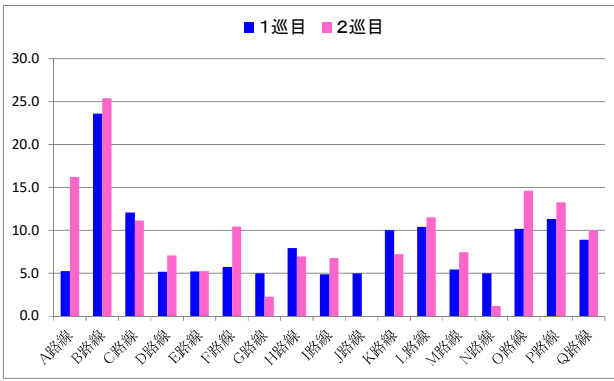


図-8 ひび割れ率

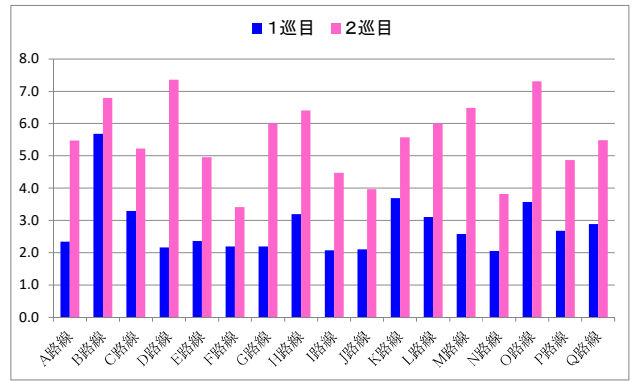


図-10 縦断凹凸

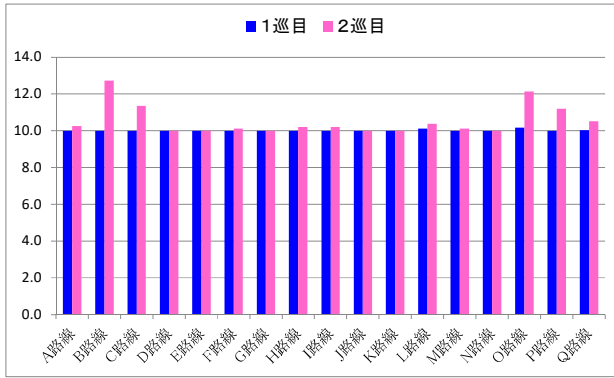


図-9 わだち掘れ量

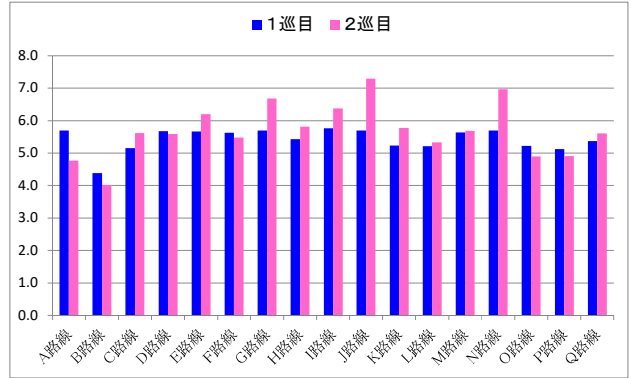


図-11 MCI

4. 効率的な修繕計画の策定手法の確立

調査した点検データを活用し、効率的な修繕計画策定を行うため構築した、計画策定支援システムの内容について述べる。

(1) 点検データの蓄積と活用

修繕計画の策定にあたっては、点検データの蓄積が重要であることから、市町路面性状調査台帳システム（図-12）に点検データを蓄積し、日常的な点検データ管理を行うとともに、計画策定支援システムと連携することで、効率的な修繕計画の策定に活用している。



図-12 路面性状調査台帳システムの構成と画面

(2) 計画策定支援システムによる計画策定の流れ

計画策定支援システムを活用した、修繕計画策定の進め方については、下記のフロー図（舗装修繕事業の進め方）（図-13）の緑枠①～⑧の流れにより実施する。

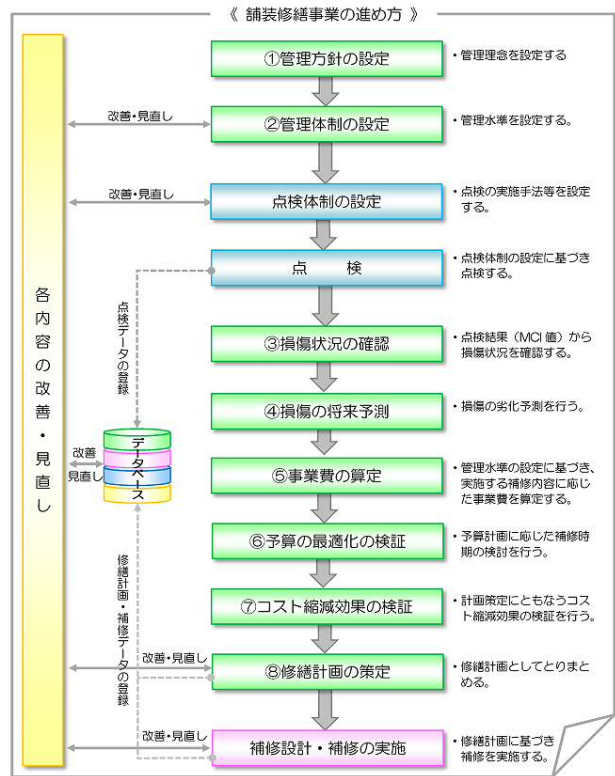


図-13 計画策定支援システムによる計画策定の流れ

a) 管理方針の設定

修繕計画を策定するにあたり、舗装の維持管理について各市町の思想にあった方針や戦略等の管理理念の設定を行う。

b) 管理体制の設定

各市町が管理する道路は、地域の拠点を結ぶ幹線道路から生活道路まで様々な役割の道路を管理している。これらを一律的に管理することは、効率性や経済性等の観点から望ましくないため、各道路の特性を考慮し図-14の事例のような管理水準の設定を行う。

c) 損傷状況の確認

点検結果（MCI値）により、当該市町における損傷状況を確認する。（図-15）

d) 損傷の将来予測

アスファルト舗装の耐用年数は、TA法で設定している設計期間は10年であるが、直轄国道の実態調査における耐用年数は、平均で20年程度であるとの調査結果も出ている。（舗装構造に関する技術基準・同解説）

また、兵庫県における実測値を用いた耐用年数も平均で25年という類似した結果となっている。

これらのことから、直轄国道や県道と比べ大型交通量が少ない市町道においては、さらに耐用年数は長いと推定されるため、県内市町における舗装の耐用年数は、道路の使用状況等を踏まえ、下記の耐用年数と劣化モデルを設定した。

○県内市町における舗装の耐用年数
 (MCIの値が10から2になるまでの期間)
 路線の状況に応じて30年～40年とする
 当初は一律35年とする。

○劣化モデル式

$$y = (X1 - X2) / 0.2$$
 y : 補修までの残年数
 X1 : 建設時のMCI
 X2 : 過年度調査時のMCI
 ※今後の路面性状調査等の結果を検証し、適宜見直しを行っていくものとする。

e) 事業費の算定

各市町の舗装を効率的、経済的に維持管理するにあたり設定した管理水準AからDの4段階の管理水準に基づき、各管理水準における維持管理シナリオによる補修工法を設定し、事業費の算定を行う。（図-16）

f) 予算の最適化の検証

各市町における舗装の維持管理にあたっては、設定した管理水準を維持することで、安全・快適な道路ネットワークを維持できる。また、計画的かつ効率的な修繕を実施することで、維持管理費の削減を図ることが可能となる。そのためには、管理水準や損傷状況等を総合的に判断した上で、優先順位を決定する必要がある。これらのことから、各市町における道路舗装補修の優先順位の考え方は図-17のとおりとした上で、設定した年間予算額にあわせて年間の事業費算定を行っている。

管理水準	管理水準A ネットワーク幹線	管理水準B 地域幹線	管理水準C 主要道路	管理水準D 生活道路
MCI値	4.0 ≤ MCI	3.5 ≤ MCI < 4.0	3.0 ≤ MCI < 3.5	2.5 ≤ MCI < 3.0
4.0 ≤ MCI	日常管理域			
3.5 ≤ MCI < 4.0	↓ A下限値			
3.0 ≤ MCI < 3.5		↓ B下限値	↓ 管理水準ライン	
2.5 ≤ MCI < 3.0	補修対策域		↓ C下限値	
2.0 ≤ MCI < 2.5	↓ 管理水準限界ライン			↓ D下限値
MCI < 2.0	管理限界域			

図-14 管理水準の設定事例

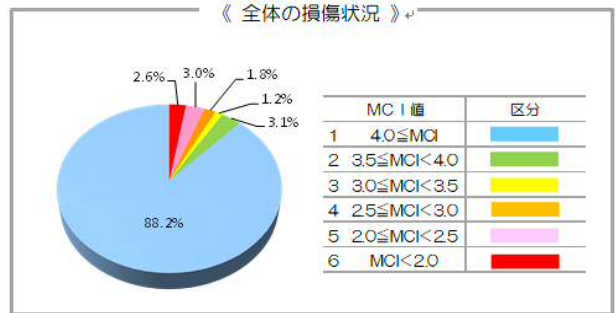


図-15 損傷状況の確認事例

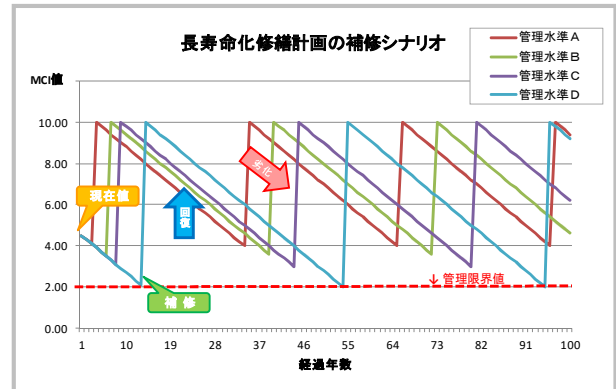


図-16 維持管理シナリオの設定事例

① 第1位
 管理水準の限界値（MCI=2.0未満）以下箇所
 ・管理水準の限界値を下回っている箇所については、損傷が著しく、安全な交通の確保に支障をきたしている可能性があることから最優先とする。

② 第2位
 維持管理指数（MIC値）が低い箇所
 ・安全・快適な交通ネットワークを維持するため、損傷が著しい箇所を優先的に補修する。

③ 第3位
 維持管理指数（MIC値）が低い路線（区間）
 ・維持管理指数（MIC値）が同じ値の場合は、該当路線（区間）の維持管理指数（MIC値）が低い路線（区間）を優先することで、路線（区間）全体の健全性を高める。

④ 第4位
 管理水準ラインからの下落が大きい箇所
 ・第3位までが同じ場合は、該当路線の管理水準ラインからの下落が大きい箇所を優先する。

図-17 優先順位の決定事例

g) コスト縮減効果の検証

コスト縮減効果の検証については、対症療法による費用として、MCI値が2に低下するまで補修しない場合の費用と、修繕計画により計画的に修繕を行った場合の修繕費用の差を算定し、図-18の資料等によりコスト縮減効果を検証する。

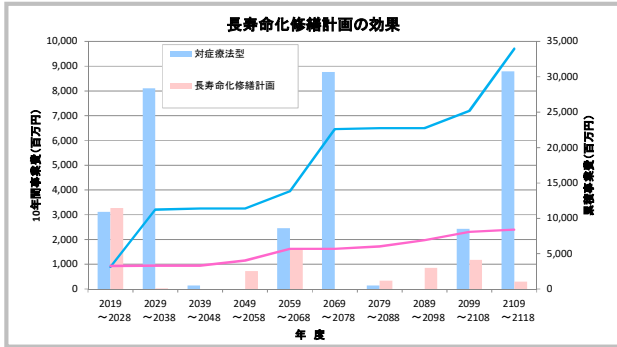


図-18 コスト縮減効果の算定事例

h) 修繕計画の策定

これまでの検討内容をもとに、修繕計画に記載が必要な次の6項目、①対象施設、②計画期間、③対策の優先順位の考え、④個別施設の状況等、⑤対策内容と実施時期、⑥対策費用、について図-19や図-20等の資料を作成し、修繕計画書としてとりまとめる。

<修繕計画・年度別修繕費一覧表>

年度	施設名	種別	区分	計画期間	実施時期	計画費用	実施費用	計画期間	実施時期	計画費用	実施費用	計画期間	実施時期	計画費用	実施費用
2019	1	道路	1	2019	2019	1000	1000	2020	2020	1000	1000	2021	2021	1000	1000

図-19 年度別の補修計画の事例

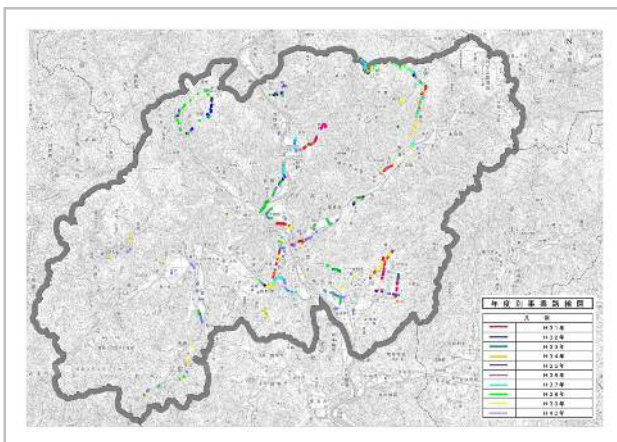


図-20 補修箇所図の事例

5. 今後について

今回の検証結果を踏まえ、今後もより効率的な点検や修繕計画の策定を実施していくため、以下の内容について検討し改善を行っていく。

(1) 適切な点検データの取得

今回検証を行った各点検手法はいずれも、MCIを用いた修繕計画作成に必要な精度を有していることが確認できた。ただし、ひび割れ率は判定者による誤差が大きく計測精度が低いことから、今後はAI等の技術を活用し、ひび割れ評価の自動判定等、点検の精度向上について検討する。

(2) 点検費用の削減

舗装点検は、諸経費体系が測量業務であり、直接人件費が高くなると諸経費率が低くなるため、一括発注によるスケールメリットを活かし、各市町が計画的な点検を実施することで点検費用の削減を図る。

(3) 劣化予測等の解析による効率的な修繕計画の策定

測定車Cを用いることで、計測座標の位置精度が高まり、より詳細なデータが取得できることから、劣化予測についての精度向上を検証し、より効率的で経済的な修繕計画の策定を目指す。

6. おわりに

現在兵庫県内の市町では2巡目点検を、10市町、約840 kmで一括発注により実施している。また、修繕計画策定についても9市町が実施している。

点検については、市町路面性状調査台帳システムを活用し、点検データを確実に蓄積することで、効率的で継続的な、蓄積や活用が可能となる。

また、修繕計画の策定についても、蓄積した点検データを基に計画策定支援システムを活用することで、効率的に修繕計画の策定が可能となる。さらに今後は、劣化予測手法を構築することで、より効率的で経済的な修繕計画の策定が可能になると考えている。

これらのことから、本検証により確認できた検討事項について改善するとともに、新たな知見の導入を積極的に行う等、今後もPDCAサイクルにより常に見直しを行っていくことで、兵庫県内の道路の安全・安心の確保を支援していきたいと考えている。