

# 路面性状測定車によるアスファルト舗装の劣化調査及びその評価

愛知県知多農林水産事務所 吉岡 正樹 森田 光治 伊藤 晃一  
 株式会社 アイエスシー 正会員 ○伊藤 裕行  
 株式会社 葵エンジニアリング 盛田 泰史

## 1. はじめに

アスファルト舗装の劣化状態は、「ひびわれ率」、「わだち掘れ量」、「平坦性（縦断凹凸量）」の3要素で評価されている。これらの要素に対する調査は、従来、調査員による目視点検で行っていたが、個人差による誤差が生じやすく、多大な作業や交通規制を必要とした。このため、最近では高精度なレーザ発振器（レーザスキャナを含めて総称する）とデジタルカメラを使用する路面性状自動測定装置を搭載した「路面性状測定車」による点検方法が用いられるようになった。

今回、愛知県の農業農村整備事業において、初めて路面性状測定車を使用したアスファルト舗装の点検調査を実施し、劣化評価及び舗装補修工法の選定を行った。ここに、その事例と得られた知見を報告する。

なお、本報告で行った“劣化調査及びその評価”のフローは図-1 に示すとおりである。

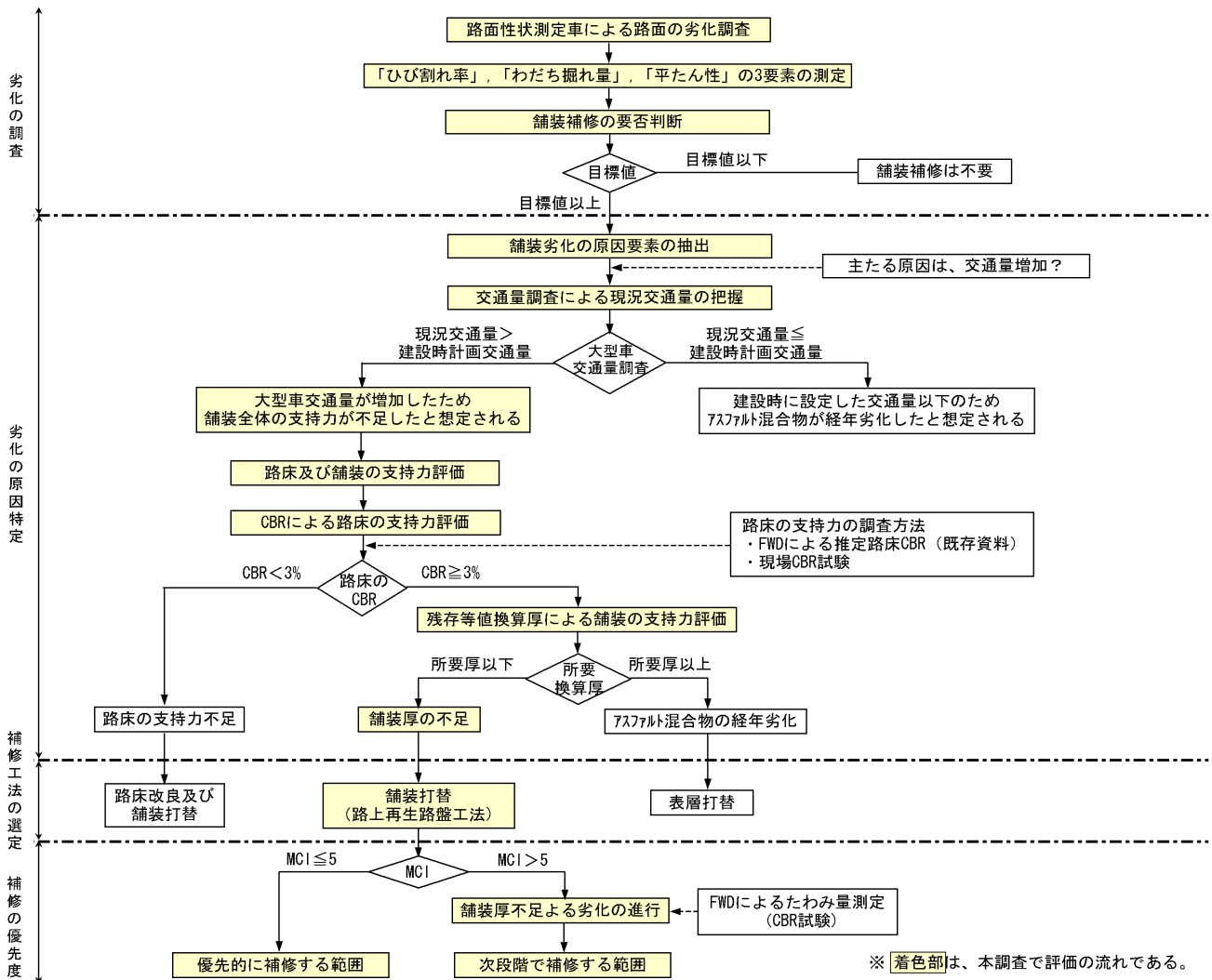


図-1 「アスファルト舗装の劣化調査及びその評価」フロー  
 【劣化の主たる原因が舗装厚不足の場合における例】

Examination and valuation by motorized inspecting vehicle over degrading road surface condition with asphalt pavement: Masaki Yoshioka, Koji Morita, Koichi Ito (Aichi Pref.), Hiroyuki Ito (ISC Co.), Yasushi Morita (Aoi Engineering Co.)

## 2. 対象道路の現状

調査対象とした道路は、愛知県の知多半島を縦貫する基幹的な農道の一部であり、常滑・知多地区 L=9.2km と図-2 に示す東浦第二地区 L=5.5km の2路線である。これらの農道は、建設後 20 年以上経過しており、経年劣化とともに大型車交通量の増加等により路面の劣化が進行し、舗装補修を部分的に行ってきた。今後さらに舗装の劣化が進行することが想定されることから、農作物の運搬時に荷傷みの被害などが生じることが懸念される。

一般的に舗装劣化の原因として、(1)アスファルト混合物の経年劣化、(2)大型車交通量の増加、(3)舗装厚の不足、(4)路床及び路盤の支持力の不足あるいは低下、(5)地盤の不均一などが挙げられ、本路線においてもその兆候が散見される。したがって、両地区の農道では、運搬による農作物の品質低下を防ぎ、かつ、安全に輸送するために、平坦性が求められることから、総延長 L=14.7km のアスファルト舗装について早急に劣化状況を把握することが必要になった。今回、アスファルト舗装の劣化調査を行い、劣化評価及び舗装補修工法の選定を行った。ここでは、このうちの東浦第二地区について報告する。

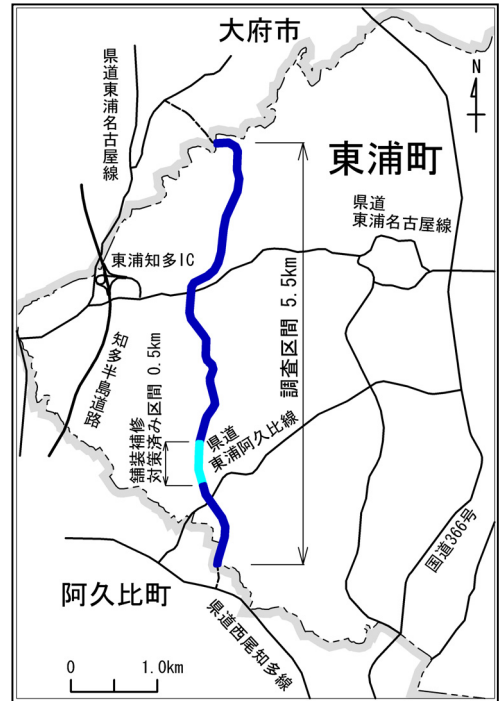


図-2 調査位置図（東浦第二地区）

## 3. 路面性状測定車の概要

路面性状測定車は、「ひびわれ率」、「わだち掘れ量」、「平坦性（縦断凹凸量）」（以下、これら3つを総称して「路面性状を表す3要素」と称す。）の3要素を同時に自動測定できる測定装置を搭載している。これらの測定装置は、図-3のように中型のマイクロバスに搭載されたレーザ発振器とデジタルカメラであり、走行測定時の路面性状が可視化される。このため、高精度な路面性状測定と大量の測定データ管理が可能であるとともに、レーザスキャナ、デジタルカメラ及びレーザ変位計によって、昼夜を問わず測定が可能である。また、測定時には、最大 85km/h での走行が可能であることから、交通規制や後尾警戒車が不要である。

調査員によるプロフィールメータ等を用いた測定や目視による従来の路面性状調査方法と比較すると、調査の効率性と精度において有利な方法である。すなわち、路面性状測定車の特長が、(1)法定速度内での通常の走行測定により、渋滞の原因とならないこと、(2)非接触で路面性状を表す3要素の高速度・高精度な同時測定が可能で、効率的に長距離にわたる調査が行えることから、本調査にこの方法を採用した。

なお、本調査での走行速度は、平均約 30km/h として実施した。

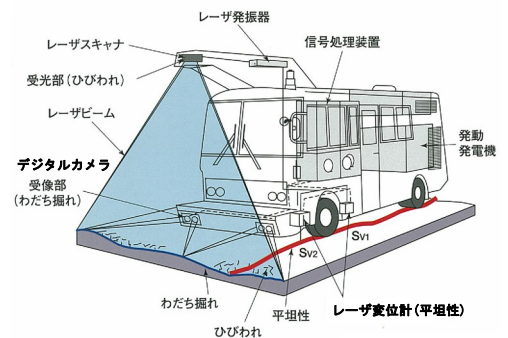


図-3 路面性状測定車<sup>1)</sup>

## 4. 既設舗装の劣化調査

### 4.1 ひび割れ率測定

ひび割れ率は、「舗装調査・試験法便覧」<sup>2)</sup>に準拠して、路面に生じたひび割れの割合を測定する。測定方法は、図-3のようにレーザを路面の横断方向に走査して反射光量の変化を光センサーによって収録する「レーザスキャニング方式」を採用し、調査の単位区間を舗装補修の工事区間単位に合せて 100m とした。

### 4.2 わだち掘れ量測定

わだち掘れ量は、「舗装調査・試験法便覧」に準拠して、舗装路面の摩擦、路盤の沈下、アスファルト混合

物の流動などで車輪の走行位置に発生するわだち掘れ量を測定する。測定方法は、図-3のようにレーザを路面の横断方向に走査し、レーザの軌跡をデジタルカメラによって撮影する「レーザ光切断方式」を採用し、調査の単位区間をひび割れ率測定と同様に100mとした。

### 4.3 平坦性測定

平坦性は、「舗装調査・試験法便覧」に準拠して、走行時における乗心地に影響する進行方向の凹凸量を測定する。測定方法は、測定車の前輪部に図-3に示すように1.5mの間隔で設置されたレーザ変位計 Sv1 と Sv2 によって、進行方向の凹凸量を測定する「レーザ光点変位方式」を採用し、調査の単位区間をひび割れ測定と同様に100mとした。この区間で50mm毎に進行方向の凹凸量を測定した。

## 5. 劣化状況に対する調査結果及び考察

ひび割れ率、わだち掘れ量、平坦性の調査結果を舗装補修の工事区間単位に合せて100mごとに整理し、図-4に示す。この図は、図-2に示す東浦町と大府市の境界を起点とする南行き車線の調査結果のうち、現況の大型車交通量に応じた舗装補修の対策後、約2年を経過した4.0km～4.5kmと隣接する4.5km～5.0km区間を抜粋したものである。この4.5km～5.0kmの区間は、未補修区間で目視調査からも劣化進行が確認できる。調査結果及び考察については、次のとおりである。

- (1) 舗装補修の対策済み区間における調査結果を見ると、路面性状を表す3要素のうち、わだち掘れ量とひび割れ率の調査結果は「道路維持修繕要綱」<sup>3)</sup>に基づくアスファルト舗装の補修要否判断の目標値(図-4の※1参照)以下の値であった。しかし、平坦性については、一部の4.3～4.4km区間で、補修要否判断の目標値である4～5mmを少し上まわる5.5mmとなっていた。
- (2) 補修未対策区間における調査結果は、平坦性とわだち掘れ量が目標値以下であったが、ひび割れ率は目標値である30～40%以上の値であった。
- (3) アスファルト舗装の舗装構成の設定条件である大型車交通量の調査を行ったところ、調査区間の現況の大型車交通量は273台/日・1方向であり、建設時に設定した大型車交通量である19台/日・1方向に比べて、約14倍であった。このように、建設当初の計画交通量に比べて現況交通量が大きく増加しているため、舗装の支持力不足が懸念される。
- (4) 一方、補修未対策区間については、建設時に設定した舗装構成のままであることから、現時点での平坦性とわだち掘れ量は、アスファルト舗装の補修要否判断の目標値を満足しているものの、今後、舗装の支持力不足に起因する劣化の進行により、この目標値を超える状況になることが想定される。
- (5) 補修未対策区間のひび割れの状態は、車両走行部における亀甲状のひび割れであった。この状態は、路床及び路盤の支持力不足や舗装厚の不足が原因で発生することが経験的に知られている。そこで、現況路床の支持力とアスファルト混合物と路盤で構成される舗装の支持力の評価を行うこととした。

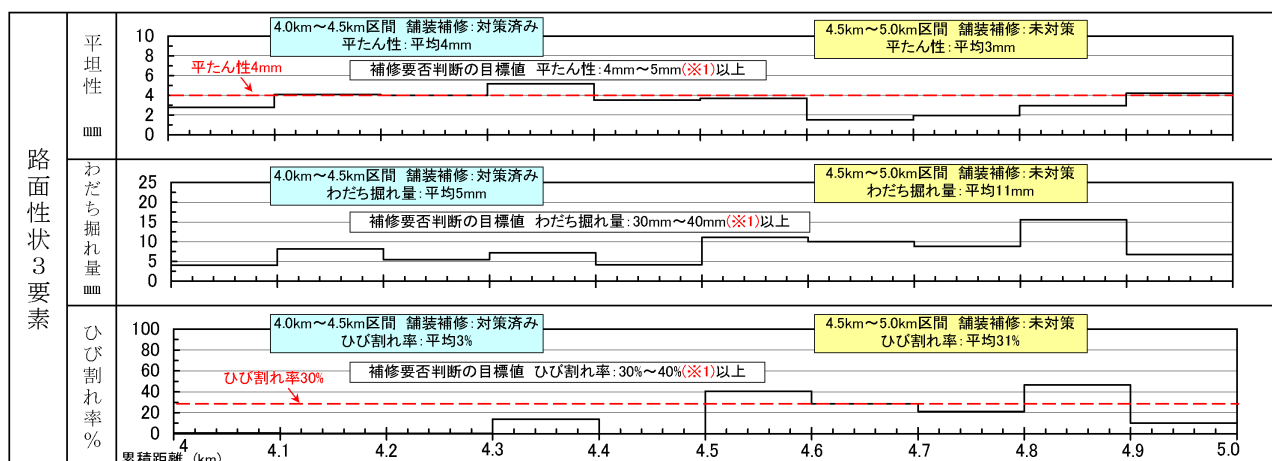


図-4 調査結果 (南行き車線 4.0km～5.0km 区間)

## 6. FWD たわみ測定結果による現況路床の支持力の評価

基層下である路床及び路盤の支持力の評価方法としては、路面の劣化状況に応じた残存等値換算厚による舗装構成の評価法、FWD による舗装の支持力評価法、現場 CBR 試験による路床の支持力評価法などがある。

ここに FWD とは、49kN の荷重を路面に載荷したときに、舗装表面に生じるたわみ量を複数点で同時に測定する非破壊の舗装構造評価装置を称するものである。測定方法については、図-5 のように車載式の装置で測定する 경우가多く、この FWD によるたわみ測定によって、“推定による路床の CBR (以下、「推定路床 CBR」と称す。)” と “舗装の支持力” を求めることができる。

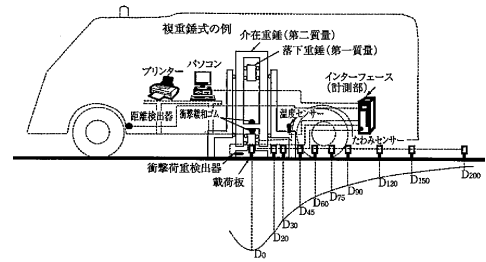


図-5 FWD の主な測定機器の概念<sup>4)</sup>

FWD によるたわみ測定については、本地区は延長の 2/3 程度が既に実施されていることから、先ずこの既存資料より得られる“推定路床 CBR”を用いて現況路床の支持力の評価を行った。なお、この FWD たわみ測定が実施されていない残りの 1/3 程度の区間については、今回の調査で開削による現場 CBR 試験を行った。これは、この未調査区間の現況路床の支持力を把握することが主目的であるが、これに加え、FWD によるたわみ測定が行われていた区間で算定した推定路床 CBR との検証を行うことも目的とした。この検証を兼ねた現場 CBR 試験の実施箇所については、後述する MCI が 2.2 という舗装の劣化が著しいとされるレベルの結果が得られている 5.05km の地点(表-1 の※2 参照)で行った。

既存資料である FWD による推定路床 CBR と現場試験による路床の CBR の値は、表-1 に示すとおりである。これより、1 点だけの検証ではあるが、両方法による路床の CBR を見ると、現場 CBR による試験値は 3.7%であり、推定路床 CBR である 4.0%とほぼ同程度の値であった。よって、FWD たわみ測定から得られる推定路床 CBR を用いることは妥当であると判断した。なお、路床の CBR は、本路線における全ての区間において 3%以上であり、支持力として問題ない結果であった。

建設時の工事資料によれば原地盤の CBR は 1.4%であり、路床改良が必要な地盤であったことから、現況の路床は良質土の置換による路床改良を行った構築路床である。今回の現場 CBR 試験において構築路床上面の状態を目視で確認した結果、地下水位は存在せず、健全な路床であった。これより、本路線の路床については、改良の必要性はないと判断した。

表-1 現況路床の評価

区間	0km～0.7km	0.7km～2.2 km	2.2km～3.6 km	3.6km～4.4 km	4.4km～5.5 km
調査方法	現場 CBR 試験	FWD たわみ測定	現場 CBR 試験	FWD たわみ測定	FWD たわみ測定 (現場 CBR 試験:※2)
路床の CBR	5.8%	3.0%	4.9%	6.0%	4.0% (3.7%)
改良の要否(※1)	不要	不要	不要	不要	不要

※1 軟弱地盤では、路床の CBR が 3%未満の場合、その上の路盤の強度が確保しにくいいため、路床改良が必要である。

## 7. 残存等値換算厚による舗装の支持力の評価

前章において、路床を改良する必要はないと判定されたことから、残存等値換算厚による舗装構成に対する補修未対策区間における現況の舗装の支持力を評価する。現況の舗装構成を路面の劣化状況に応じた残存等値換算厚で評価すると、表-2 のように今回実施した交通量調査における大型車交通量に応じた舗装厚において必要な換算厚  $T_A \geq 26\text{cm}^5$  を満足していない。ここに、建設時において必要とされた換算厚は、 $T_A \geq 15\text{cm}$  であり、その結果から舗装厚を 24cm として施工している。これより、現況の舗装構成では舗装厚が不足している、すなわち、舗装の支持力が不足しているものと判定された。

以上より、本路線における舗装の劣化は、大型車交通量の増加に伴う舗装の支持力不足が主要因であると判断した。

表-2 残存等値換算厚によるアスファルト舗装の評価

現況の舗装構成及び舗装材		舗装厚(cm):①	換算係数:②	換算値(cm):①×②	
舗装構成	表層	密粒度 As	5	0.725	3.625
	上層路盤	粒度調整スラグ HMS25	8	0.425	3.400
	下層路盤	クラッシュレンスラグ CS-40	11	0.200	2.200
現況の舗装厚と残存等値換算厚の合計		24	—	9.225(T <sub>A0</sub> )	

(1) T<sub>A0</sub>=9.225cm (T<sub>A0</sub>:残存等値換算厚,換算係数は「舗装設計便覧」<sup>6)</sup>よりひび割れ率より算定した。)

(2) T<sub>A</sub>=26cm (現況の大型車交通量(IV交通(B))と路床のCBRが3%の場合に必要な基準<sup>5)</sup>の換算厚(T<sub>A</sub>))

(3) T<sub>A</sub>=26cm>T<sub>A0</sub>=9.225cmより、必要T<sub>A</sub>が約17cm不足する。現況の舗装構成では、舗装の支持力を有していない。

8. 劣化評価に基づく舗装補修の判定及び工法の選定

本路線のアスファルト舗装は、大型車交通量の超過により、舗装補修の未対策区間で必要な舗装厚である T<sub>A</sub>≥26cm に対して約 17cm 不足するため、舗装打替が必要と判断した。

舗装打替は、(1)構築路床が健全であること、(2)構築路床を掘削しないこと、(3)舗装補修に伴う発生材が少ないことを

総合的に考慮して、原位置においてセメントなどを既設路盤とともに混合・転圧して新たな安定処理路盤を構築することにした。この結果、最適な舗装補修工法として、図-6 に示す「路上再生路盤工法」を選定した。

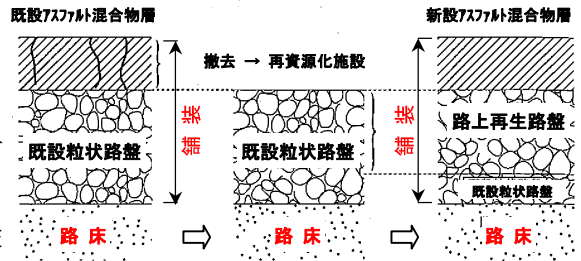


図-6 路上再生路盤工法<sup>7)</sup>

9. MCI (維持管理指数) による舗装補修の優先度評価

MCI<sup>8)</sup>は、旧建設省土木研究所が開発した道路管理者の立場からみた舗装の維持修繕の要否を判断する維持管理指数であり、路面性状を表す 3 要素を総合的に評価する指標となるものである。この MCI は、以下に示す式 1~4<sup>8)</sup>の中で最小値を代表値とし、表-3 に示す評価区分により維持修繕の判断基準資料となる。

式 1 :  $MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2}$

式 2 :  $MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.3D^{0.7}$

式 3 :  $MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3}$

式 4 :  $MCI_2 = 10 - 0.54D^{0.7}$

C : ひび割れ率(%) D : わだち掘れ量(mm) σ : 平たん性(mm)

表-3 MCI 評価による舗装修繕基準

維持管理指数	舗装修繕の判断
MCI ≤ 3	早急に修繕が必要
3 < MCI ≤ 4	修繕が必要
4 < MCI ≤ 5	修繕を行うことが望ましい
MCI > 5	望ましい管理水準

この MCI は、路面性状の評価として舗装補修の優先箇所を示す指標で、かつ、路面の劣化状況を示す指標と位置付けられている。ただし、MCI は、舗装表面の劣化状態に対する評価指標であるため、これで基層下の支持基盤となる路床及び路盤の支持力の評価を行うことはできない。

表-3 に示す舗装修繕基準を参考にして、本路線における舗装補修は、MCI が小さい区間から順に優先的に補修する範囲に設定した。

10. MCI と FWD によるたわみ量を併用するアスファルト舗装の劣化評価

“5.1 劣化状況に対する調査結果及び考察”において、舗装の支持力不足の可能性があると判断された補修未対策区間で、目視点検によって舗装の劣化がかなり進行しているとみなされる南行き車線 4.5km~5.5km に着目して、MCI と FWD の結果を整理し、図-7 に示す。

4.8km~4.9km 区間のように舗装の劣化が著しい MCI が 3 以下では、FWD によるたわみ量は大きくなる傾向がある。4.9km~5.0km 区間においては、MCI が 5 以上で補修が不要とされる劣化状況であるが、FWD によるたわみ量が、4.8km~4.9km 区間と同じ傾向であるため、今後の舗装の劣化が進行するものと想定される。

舗装厚が薄い場合には、ひび割れやわだち掘れが現れると加速度的に劣化が進むことが経験的に知られていることから、なるべく早い対策が必要と言える。

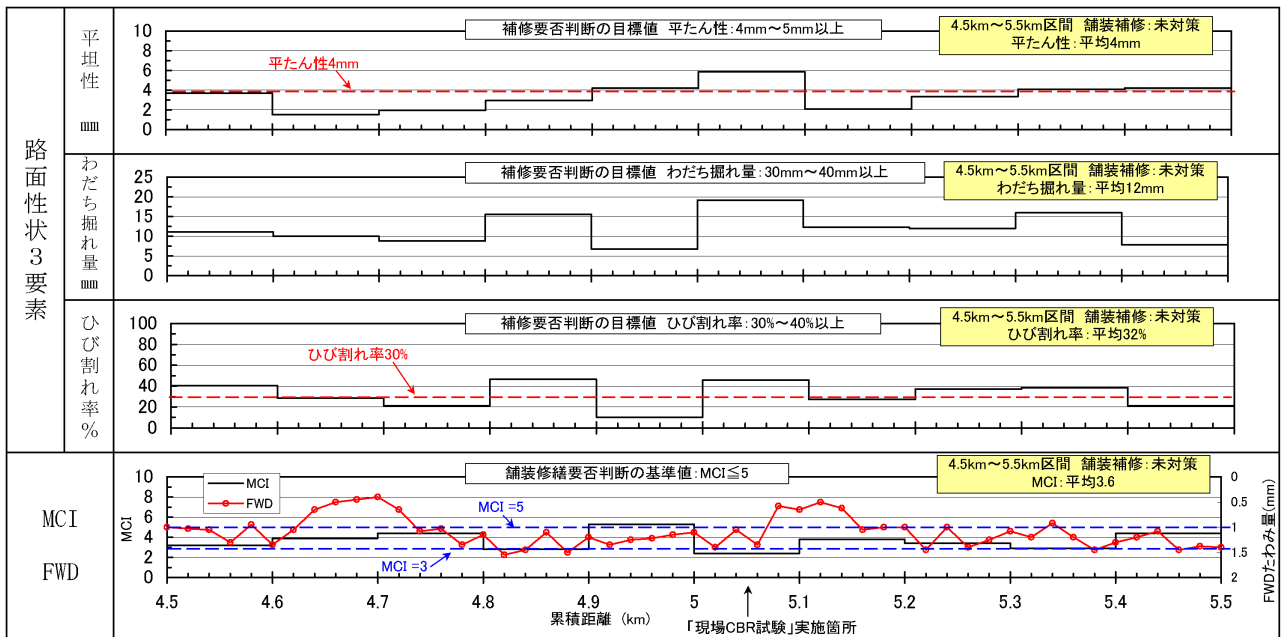


図-7 MCI と FWD たわみ測定 (南行き車線 4.5 km~5.5km 区間)

## 11. まとめ

今回、路面性状測定車を用いた一連の測定解析により、アスファルト舗装の劣化調査及び評価を行った。また、FWD により路床の支持力を把握して、アスファルト舗装の構造評価を行い、MCI により舗装補修の優先度を評価した。今回の調査及び評価で得られた知見をまとめると以下のとおりである。

- ① アスファルト舗装の路面性状に対しては、路面性状測定車を用いた一連の測定解析により、広範囲の路面性状を効率的、短期的に把握できる。
- ② 舗装の劣化状態は、舗装全体の耐荷力に大きく依存しているため、MCI による路面性状の3要素の評価とともに、舗装の支持力評価が必要となる。
- ③ 広範囲における舗装の支持力調査としては、効率的、かつ、経済的な観点から非破壊検査法である FWD によるたわみ測定を行い、路床の支持力を間接的に推定して行う方法が有効である。舗装の劣化が著しい箇所については、FWD による調査だけでなく現場 CBR 試験を行い、路床の支持力を直接把握して、アスファルト舗装の舗装構成を評価するのが望ましい。
- ④ 以上の手法により本路線の調査及び評価を行ったところ、舗装補修の未対策区間において、全体的に路面の劣化は補修が必要とされる状況であった。劣化の主な原因は、大型車交通量の増加に伴う舗装の支持力不足、すなわち、舗装厚不足によるものと判断し、未対策の全区間の舗装打替を行うこととした。

## 謝辞

本報文をまとめるに際して、色々ご協力を頂きました愛知県知多農林水産事務所の関係各位、並びに助言を頂きました(株)アイエスシイの森富雄氏にお礼申し上げます。

## 参考文献・資料

- 1) (株)NIPPO 路面性状測定車 資料
- 2) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧，2007.
- 3) 日本道路協会：道路維持修繕要綱，1978.
- 4) 日本道路協会：舗装性能評価法，2006.
- 5) 土地改良事業計画設計基準設計「農道」基準書，2005.
- 6) 日本道路協会：舗装設計便覧，2006.
- 7) 日本道路協会：舗装再生便覧，2010.
- 8) 日本道路協会：舗装設計施工指針，2006.