

直轄国道における舗装の破損実態調査と早期劣化区間の解消

石原佳樹・東 拓生・久保和幸

1. はじめに

従来の舗装の維持管理においては、路面性状値（ひび割れ率、わだち掘れ量）によって、舗装の修繕の要否を判断しており、「壊れたら直す」という対応であるため、長寿命化によるライフサイクルコストの縮減や予防保全といった観点が不足していた。しかし、社会資本整備審議会道路分科会建議「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」（平成26年4月）において、「舗装、照明柱等構造が比較的単純なものは、経年的な劣化に基づき適切な更新年数を設定し、点検・更新することを検討」とされたことを受けて、今後は舗装の「使用目標年数」を意識した維持管理を行うとともに、舗装の長寿命化による長期的なコスト縮減を図ることが求められている。

本稿では、今後の舗装のあり方について、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）で行われた検討の一部を報告する。

2. 予算推移と舗装ストックの関係

最近10年間の舗装関連の予算額及び舗装延長の推移を図-1に示す。全国の舗装ストック量は増加する一方で、舗装の新設の予算は、1970年代をピークに減少傾向にある。一方舗装の維持修繕にかけられる予算は1990年代をピークに減少傾向にあったものの、ストックの増加及び劣化への

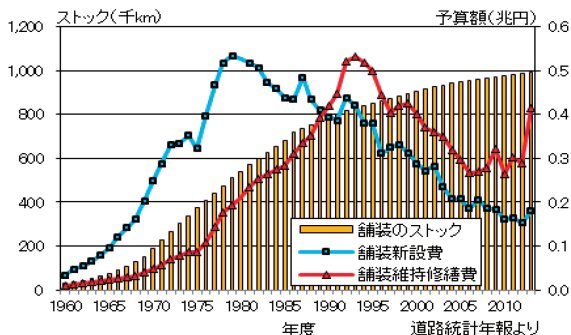


図-1 舗装のストックと舗装関連予算の推移

対応に伴い、2010年以降再び上昇傾向を示している。

国総研ではこのような状況を踏まえ、舗装の維持修繕予算を今後どのように確保すれば、直轄国道の損傷延長の増加を抑え、必要予算額の平準化を図ることができるかについて、シミュレーションを実施した。前提条件として、毎年平成26年度と同割合で路面に損傷が発生することとし、路面補修程度で健全性を保つことができる段階の道路は10年間放置されると舗装打換えが必要な段階に推移することとした。予算額の上限及び年増加率は任意に設定可能で、平成28年度以降30年間、舗装の損傷延長の推移を計算した。

まずは現行の予算から、増額無しで推移とした場合では、概ね10年後（平成38年頃）以降打換えが必要と判断される道路延長が急激に増加しており、現行の予算では適正な維持修繕が行えず、損傷した路面の割合が著しくなることが想定される。

一方、予算上限額及び予算年増加率の制約を一切設けない場合、短期間で要修繕延長が減少し必要予算額も平準化し、路面が健全な状態に保たれるが、次年度舗装にあてる予算の急激な増額が必要となってしまう。

続いて、今後10年間程度で舗装打換えが必要な段階の舗装ストックを消滅させ、かつ、最も予算増加率が低くなる条件（予算増加率25%/年増）に設定した場合、年度ごとの予算の上昇額が最も少なく、現実的に打換えが必要な舗装延長を低減できると考えられる。しかしこの場合でも、少なくとも最初の10年間は予算の大幅な増加が必要である。

3. 舗装の劣化傾向の現状

上記検討の結果、今後舗装を適正に維持管理していくためには、大幅な予算額の増加が必要であると考えられることから、上記の社会資本整備審議会からの提言も踏まえ、舗装維持管理の考え方を抜本的に見直す必要がある。

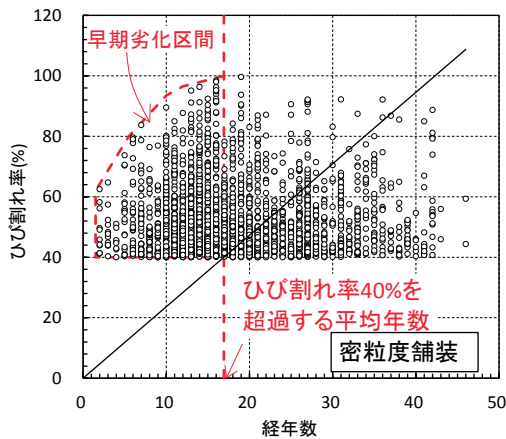


図-2 経過年数とひび割れ率の関係

図-2は、平成26年度の路面性状データを用いて、直近の舗装の、新設または舗装修繕工事からの経過年数とひび割れ率の関係を整理したものである。ひび割れ率40%に達する年数にはかなりバラつきがあるが、実際にひび割れ率が40%に達した区間に絞り、年数の平均値を取ると概ね17年程度であった。図中の斜線は平均的な破損の傾向を示しており、この斜線の上側にある個所は比較的早期に劣化している区間と言える。ここでは特に17年も経たずにひび割れ率40%を超える区間を早期劣化区間と位置づけ、早期劣化の原因を分析し、その解消を図ることで舗装管理に関するコスト削減のための検討を行った。

4. 早期劣化区間における破損実態調査

上記を踏まえ国総研では、現道における舗装の構造調査を行った。

4.1 調査方法

舗装の構造調査は、表-1に示す早期劣化（ここでは、平成26年度の路面性状データに基づき、経年数10年以内にひび割れ率が40%を超過、またはわだち掘れ量が40mm超過を超過している区間を指す）が発生している直轄国道の4区間で実施した。区間選定にあたっては、①損傷形態（区間Cはわだち掘れ卓越、区間A、B、Dはひびわれ卓越）による早期劣化要因の違い、②一般地域と雪寒地域による早期劣化要因の違いに着目し、車両走行範囲の中で劣化の著しい箇所（以下「非健全部」という。）と比較的健全な箇所（以下「健全部」という。）の両方がある区間から選定した（舗装構成は図-3のとおり）。

表-1 構造調査箇所一覧

調査区間	経過年数	健全部・非健全部間の距離	ひび割れ率(%)	最大わだち掘れ量(mm)	大型車交通量(台/日・方向)	一般/雪寒の区分	路盤安定処理・材料
A	9	4m	44.6	12	2,012	雪寒	瀝青安定処理
B	7	66m	43.3	9~11	1,042	雪寒	粒度調整砕石
C	9	10m	8.6	50	1,208	一般	瀝青安定処理
D	7	3m	47.0	9	1,898	一般	瀝青安定処理

調査区間 A	調査区間 B	調査区間 D
表層(t=5cm):改質Ⅱ密粒度 基層(t=5cm):粗粒度	表層(t=5cm):改質Ⅱ密粒度 基層(t=5cm):密粒度	表層(t=5cm):改質Ⅱ密 基層(t=5cm):改質Ⅱ粗
上層路盤(t=10cm):瀝青安定	上層路盤(t=10cm):粒調砕石	上層路盤(t=10cm):瀝安
上層路盤(t=15cm):粒度調整		
	下層路盤(t=25cm):切込砂	上層路盤(t=35cm): 粒度調整砕石
下層路盤(t=40cm):砂利	調査区間 C	
	表層(t=5cm):改質Ⅱ密 基層(t=5cm):再生粗	
	上層路盤(t=10cm):瀝安	
	上層路盤(t=12cm):粒調砕石	下層路盤(t=40cm): クラッシュラン
	下層路盤(t=15cm):砂	

図-3 各調査区間の舗装構成

構造調査項目は表-2のとおりである。現地においてFWDによるたわみ量測定を行うとともに、アスファルト混合物層のコア採取（φ300mm×1本、φ100mm×3本）を行った。FWDによるたわみ量からは路床のCBR及び残存等値換算厚 T_{A0} を算出するとともに、多層弾性理論に基づく静的逆解析により舗装各層の弾性係数を求めた。

またコア採取と併せて、φ300mm削孔部において、人力掘削により路盤・路床材料を採取した。採取したアスファルト混合物層のコアについては、圧裂強度試験を行うとともに、アスファルト成分を抽出し、骨材の粒度試験、針入度試験を行った。また、採取した路盤・路床材料については、ふる

表-2 構造調査項目（試験法便覧²⁾より）

試験名		試験方法
FWD試験		S043-3T
アスファルト混合物	目視計測	S002
	アスファルト抽出試験	G028, A003
	回収試験	G029
	針入度試験	A041
	密度試験	B008
路盤材料	圧裂強度試験	B006
	粒度試験	A003
路床材料	キャスボル試験	S043-2T
	粒度試験	F004
	キャスボル試験	S043-2T

*土木用語解説：等値換算厚(T_A)と残存等値換算厚(T_{A0})

い分けによる粒度試験を行った。

これらの構造調査を早期劣化区間の非健全部と健全部それぞれについて実施し、両者を比較することで、早期劣化区間の劣化状況について検討を行った。



写真-1 路面状態、コア採取の様子

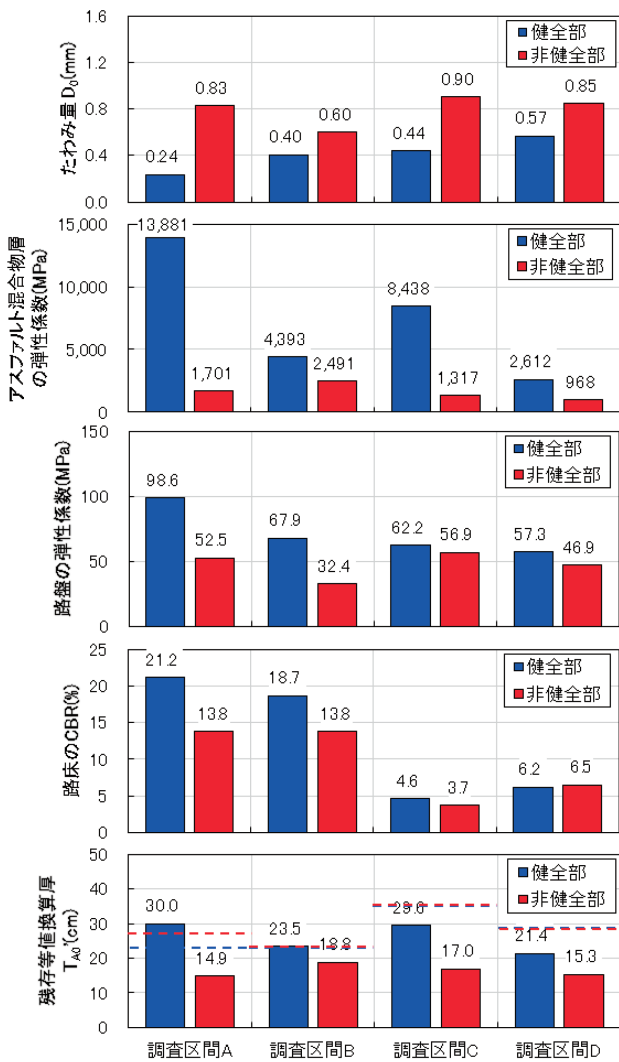


図-4 FWD調査結果まとめ

4.2 調査結果

写真-1に調査区間Aの健全部と非健全部の路面状況及び採取コア(φ300mm)の状況を示す。非健全部は亀甲状のクラックが集中している箇所を選定し、健全部については路面の健全性に影響のあるクラック等を避けた箇所を選定した(調査区間B~Dも同様)。

FWDの調査結果を図-4に示す。図-4中の赤、青の点線は、健全部、非健全部それぞれの必要等値換算厚を示す。FWDによるたわみ量及び算出したCBR、残存等値換算厚 T_{A0}' 、逆解析により算出した各層の弾性係数を見ると、非健全部は、4区間とも健全部と比較してたわみ量が大きく、アスファルト層の弾性係数が低い傾向があり、特にA区間においてはその傾向が顕著である。一方、路盤の弾性係数及び路床のCBRについては、積雪寒冷地域である調査区間AとBは健全部に比べて非健全部が明らかに低い傾向が見られるが、一般地域である調査区間C、Dは非健全部と健全部

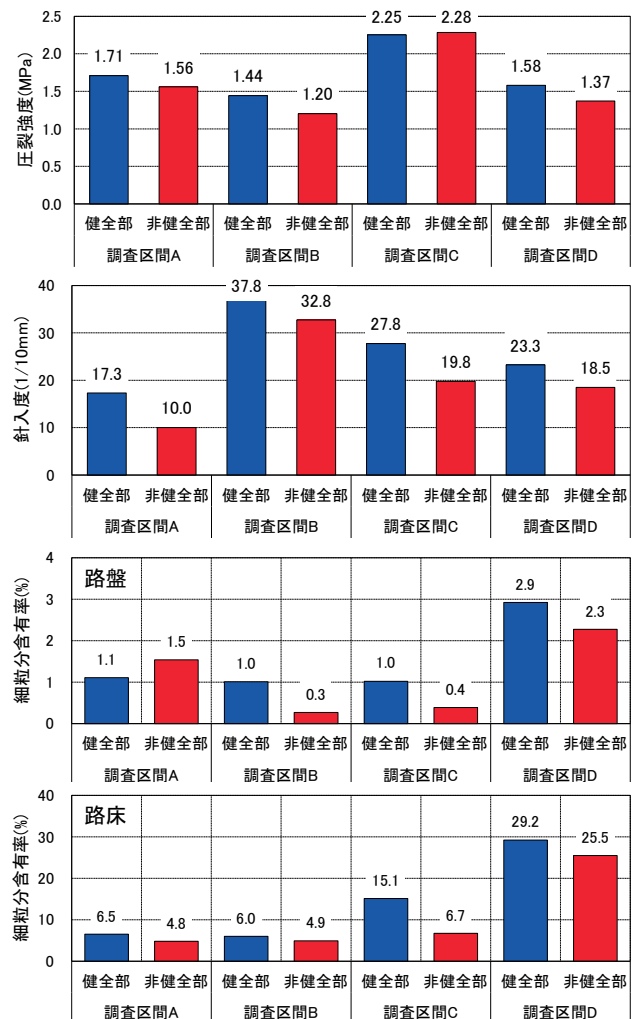


図-5 室内試験結果まとめ

の差が小さい傾向が見られた。

図-5に示す路盤・路床材料の細粒分含有率を見ると、調査区間Aの路盤を除き、非健全部は健全部より細粒分含有率が低くなっており、路盤・路床の細粒分の流出により粒子のかみ合わせのバランスが崩れているということが推測できる。この状態のまま供用していると、路面のひび割れから水分が侵入→路盤・路床の細粒分の流出が進む→さらに路面の供用状態が悪化→水分の侵入量がさらに増加、というプロセスを経て、供用状態がさらに悪化していく可能性がある。

アスファルト混合物に関する試験結果（圧裂強度、針入度）を見ると、針入度については4区間とも非健全部が低い結果となっている。一方、圧裂強度はどの区間も差が少ないものの、わだち掘れが卓越している調査区間Cのみ非健全部と健全部の差が見られず、他の区間は非健全部の方が小さい傾向が見られた。

5. まとめ

本稿では、早期劣化区間の特徴や劣化原因を明らかにすべく、国総研で行われた取り組みを紹介した。供用中の直轄国道にて構造調査を実施した結果、早期劣化区間の非健全部は健全部と比較すると、各区間の道路条件等がそれぞれ異なるため一律には比較できないが、①たわみ量が大きい②弾性係数が低い③路盤・路床の細粒分含有率が低い、という特徴が確認された。

今回現地調査を行った区間においては、健全部と非健全部間がそれほど離れていない（最大で66m）にもかかわらず、アスファルト混合物の弾性係数が大きく異なっている傾向が確認された。

施工時の品質のばらつきによる部分もあるとは思われるが、水によるはく離などによる混合物性状が局所的に悪化した可能性があり、特に早期劣化区間における補修においては、その原因分析を推奨し、単なる切削オーバーレイの繰り返しではなく、劣化原因に応じて構造的な設計の見直しなども行うように現場を誘導する必要がある。

例えば路床・路盤の健全性、特に水分の存在が、アスファルト混合物の早期劣化に影響している場合は、FWD等による既設舗装の非破壊構造診断を行い、原因が路盤や路床にある場合は、原因箇所まで含めて打換えを行わないと、同じ個所で同様の早期劣化が再発する可能性が高い。

このように舗装の管理に関するコスト削減を総合的に行うためには、まず今回の調査でその存在が明らかとなった早期劣化区間解消が必要であり、このような個所では、その原因の把握のためにFWD調査やコア抜きなどの構造診断を推奨し、長期的なコスト削減に資するような舗装の管理方法を誘導していくことが必要である。

謝 辞

現地調査等を実施するにあたり、ご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課：直轄国道の舗装における「予防的修繕」工法の導入について、道路、pp.36～39、2006.8
- 2) (公社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧、2007
- 3) 高橋茂樹、舘岡豊、吉野公朗：高速道路におけるアスファルト舗装の「解体新書」プロジェクト ―主な知見―、土木学会年次学術講演会 V部門、pp.1171～1172、2014

石原佳樹



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路基盤研究室 研究官、現国土交通省関東地方整備局 東京外かく環状国道事務所計画課
Yoshiki ISHIHARA

東 拓生



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路基盤研究室研究官、現土木研究所地質・地盤研究グループ土質・振動チーム主任研究員
Takuo AZUMA

久保和幸



国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路基盤研究室長
Kazuyuki KUBO