

大型コアによる調査を行ったアスファルト舗装の詳細調査・修繕設計手法の提案

大貫 孝之

関東地方整備局 関東道路メンテナンスセンター 技術第一課

(〒330-0843 埼玉県さいたま市大宮区吉敷町1-89-1 タカラビル2階)

2023年3月に「アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧」が日本道路協会より発刊された。舗装の長寿命化を図り予防保全を実現するためには、定期点検結果に基づき、適切に舗装の状態を診断し、LCCを考慮した最適な設計による修繕を実施していくことが必要である。

詳細調査において、レベル3相当は開削調査と示されているが、供用中の道路では長時間の交通規制により交通渋滞等が発生する課題がある。そこで、交通渋滞を緩和させる目的等から、レベル3相当の調査を大型コアφ30で開削調査と同等の調査ができないか検討を行った。その調査結果や課題等を報告する。

キーワード 詳細調査 開削調査 大型コア FWDたわみ量調査 劣化メカニズム

1. 目的と背景

損傷した舗装の適切な修繕の実施を目的として、2023年3月に日本道路協会から「アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧」（以下、本書と略記する）が発刊された¹⁾。本書は、損傷が生じた舗装に対して、詳細調査を行うことでその要因を把握し、適切な修繕を行うことを目指したものである。

本書は、主たる詳細調査として表-1に示す3種類の調査を提案している。

コア抜き調査は、アスファルト混合物層のみを対象とした調査である。このため、アスファルト混合物層より深い層の状況について把握することは難しい。ただし、採取したコアによりアスファルト混合物層のひび割れ深さや材料試験を実施できることから、アスファルト混合物層の詳細な情報を得ることが出来る。

FWDたわみ量調査は現場で非破壊にて効率的に測定

ができるため、多くの箇所の情報を把握することが出来る。また、舗装構成が明らかな場合には逆解析によって静弾性係数による評価も実施できる。ただし、これらの情報についてはあくまでも路面のたわみ量から得られた推定値であることに留意する必要がある。

開削調査はアスファルト混合物層や路盤、路床の状況を幅広く知ることが出来る。このため、損傷が発生している舗装の状況を詳細に調べることが出来るが、一方で調査が大規模になることから交通規制の条件や費用の観点から実施までのハードルは高い。

そのため、理想としては開削調査で幅広く情報を集めることが有効であるが、実際にはコア抜き調査やFWDたわみ量調査、あるいは目視によって損傷の要因を推定し、舗装の修繕設計をすることが多いと思われる。

先述したコア抜き調査は、一般にφ10cmにて行われるが、φ30cmの大型コアによる調査であれば、アスコン層下の路盤材の採取や、孔を利用した支持力調査を実施することが出来る。このため、大型コアによる調査を行うことで、開削調査に近いデータを得ることが出来る²⁾と期待される。さらに、大型コアによる調査であれば交通への影響は開削調査と比較して小さく、実施へのハードルも相対的に低いと考えられる。

そこで、今回は交通量が多く開削調査の実施が難しい直轄国道を対象として、φ30での大型コアによる詳細調査を行い、劣化要因の推定等を試みた。さらに、開削調査を実施した場合と比較した場合のメリットやデメリット、留意点についても整理を行った。なお、本報の主題は詳細調査であるが、併せて机上調査等も実施しているため、この調査内容や結果の整理方法についても報告する。今回の検討の流れを図-1に示す。

表-1 主たる詳細調査¹⁾

主な詳細調査の種類	対象とする深さ（層）	本書での呼称	備考
コア抜き調査	アスファルト混合物層	レベル1	目視観察と材料試験がある
FWD たわみ量調査	アスファルト混合物層・路盤・路床	レベル2	・層毎の評価は推定値 ・非破壊で効率的に多くの箇所で実施可能
開削調査	アスファルト混合物層・路盤・路床	レベル3	目視観察と材料試験がある

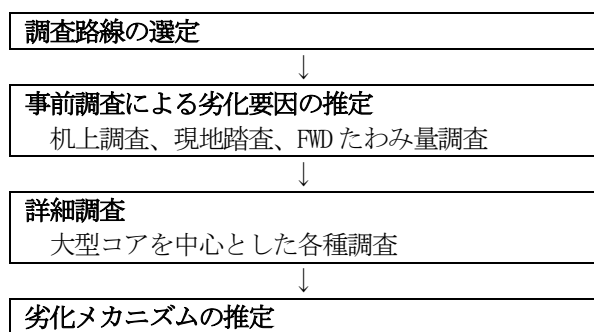


図-1 検討の流れ

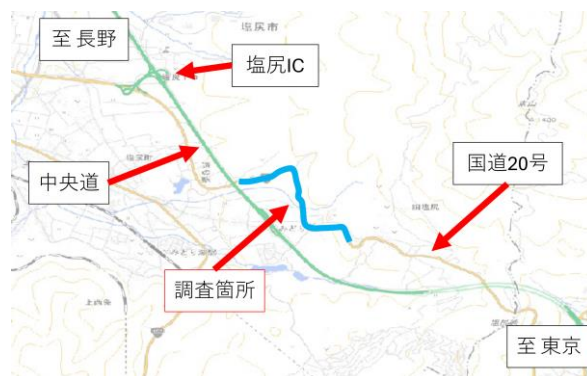


図-2 調査位置図

2. 調査路線の選定

調査路線は関東地方整備局管内の直轄国道の中から以下の観点で選定した。

- i 路面性状測定車による調査を実施している区間であること。
- ii 路面性状測定による診断区分がIII-2であり、損傷が早期に進行していること。
- iii 現時点で修繕が計画されていないこと。

選定の結果、図-2に示す長野国道事務所管内の国道20号215.9kp～218.0kp付近を本調査の対象路線と決定した。

3. 事前調査による劣化要因の推定

3.1 机上調査による劣化要因の推定

詳細調査に先立ち、机上調査により舗装の劣化要因について検討した。今回は机上調査として舗装構成、供用年数、舗装計画交通量、修繕履歴、現地地盤情報、縦断勾配および現況大型車交通量について調査を実施した。その結果、舗装構成が薄いことによる支持力不足、線形改良工事による支持力の変化、急カーブかつ急こう配による制動力および大型車交通量の増大が舗装の早期劣化を引き起こした要因である可能性が高いと推定された。

3.2 現地踏査による劣化要因の推定

現地踏査では、ひび割れの形状等の舗装の劣化状況や周囲環境について把握することで舗装の劣化要因を推定することとした。その結果、低温ひび割れや凍上によるひび割れ、制動によるひび割れ等が確認された。

3.3 FWDたわみ量調査

机上調査や現地踏査のみでは表面的な損傷は把握できるものの路盤や路床等の構造的な損傷まで把握することが出来ない。そこで、レベル2のFWDたわみ量調査を対象路線で実施し、舗装の構造的な損傷状況を俯瞰的に把握することとした。図-3に示すFWDたわみ量調査の結果より、表層のひび割れの発生状況が類似していても、舗装体内部の損傷状況は対象路線の中で異なる場合があることが推定された。

3.4 劣化要因の推定と詳細調査箇所の選定

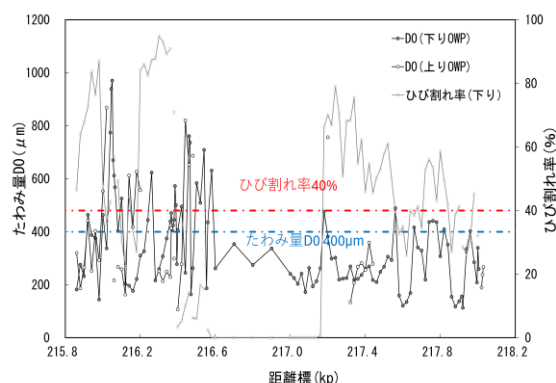


図-3 FWD たわみ量調査の結果

これまでの調査結果をもとに劣化要因を推定し、詳細調査箇所を選定することとした。ここで、それぞれの詳細調査結果については内容を俯瞰的に把握するため、台帳形式で情報を整理した。

今回の調査範囲では主に以下の劣化要因が推定された。

- ① 凍上および低温ひび割れ
- ② 急こう配と急カーブに伴う制動力等によるひび割れ
- ③ 支持力不足（TA不足）によるひび割れ
- ④ 線形改良に伴う盛土部の支持力不足による疲労ひび割れ
- ⑤ 地下埋設物による不同沈下、支持力不足の変化によるひび割れ

以上の要因による損傷が見られた箇所の中から、今回は合計で7箇所(A～Gとナンバリングする)を選定し、大型コアを中心とした詳細調査を実施することとした。

4. 詳細調査

4.1 調査項目および調査方法

本調査では、φ30の大型コアによる詳細調査はドライで実施することとし、舗装の層間の水の有無や、路盤の含水状態まで把握することとした。ただし、φ30のドライによる採取はφ10のウェット採取ほど一般的な調査でないため、経済性の観点から数多く採取することが困難であった。そこで、φ30の大型コア採取に加えて、採取

表-2 調査項目および調査方法

試験項目	方法等	備考
大型コア採取	φ30cm	ドライにて採取(1本/箇所)
コア採取	φ10cm	ウェットにて採取(3本/箇所)
路盤材採取	—	φ30のドライ位置で採取
AS混合物層の損傷確認	目視、写真	—
地盤反力係数	小型FWD	φ30のドライ位置で測定
層厚確認	目視、スケール	—
AS針入度	A041	φ10のコアからASを抽出
路盤材含水比	—	—
路盤材粒度分布	A008	—
微粒分量	JISA1103	—

調査箇所	Point E 国道20号 下り 217.35kp	写真など
現地の路面状況 現地調査時の所見	216.300kp～216.400kp付近では、たわみ量には問題がないもののひび割れ率が大きくなっている。ひび割れが粗い亀甲状ひびわれであることから、低温ひび割れである可能性がある。	
層厚 剥離	表層40mm、中間層90mm、基層55～60mm、55～70mm 全層厚 230～250mm ひび割れは表層に生じているのみであった。	
浸水	層間からの漏水は確認されなかった。	
アスファルトの硬さ	調査中	
含水比 支持力	採取時の路盤材はやや水分を含んでいることを確認したが、含水比としては上層路盤で3.64%、下層路盤で4.66%であり、極端に水分を多く含んでいる状況ではないことを確認した。<ふり分け、微粒分量は調査中> 小型FWDによる上層路盤上での弾性係数は約318MN/m ² と評価されたため、支持力としては十分堅牢であることが判明した。 ※参考：コンクリート舗装では、コンクリート版下の支持力を50～200MN/m ² として疲労破壊の設計を行う。	
想定される 劣化要因	亀甲状のひび割れが著しいものの、ひび割れは表層のみであり路盤の健全性も良好であった。また、コア採取時に剥離が生じたことから舗装の一体化は低下している可能性はあるが、層間からの浸水は確認されなかった。このため、本区間は層間剥離による一体化の低下によって疲労への抵抗性が低下したことで、急カーブ区間であることから表層の極端に制動が作用したことによってひび割れが生じたものと推定した。	

図-4 詳細調査結果の整理例（イメージ）

が容易なφ10のウェットによるコア採取も併せて実施することとした。さらに、採取したアスファルト混合物層や路盤材については室内試験により詳細な情報を得ることとした。調査項目および調査方法を表-2に示す。

4.2 調査結果

詳細調査の結果については、それぞれの調査箇所ごとに図-4に示すような台帳形式で整理した。詳細調査の概要は以下のとおりであった。

(1)大型コア採取：一部箇所では層間から水がしみ出していることを確認した。また、小型FWDによる支持力調査や路盤材の採取も実施できることを確認した。

(2)コア採取：ウェットでの採取であり、ドライよりも短時間で効率的に実施できることを確認した。

(3)路盤材採取：上述のとおりφ30の大型コア採取部で実施できた。ただし、人力での採取であるため、採取できる量は1箇所あたり3kg程度であった。

(4) AS混合物層の損傷および層厚確認：φ30およびφ10のコアを外観から確認した。

(5)地盤反力係数：小型FWDにより評価できることを確認した。

(6)AS針入度：採取したコアからASを抽出し、計測できることを確認した。

(7)路盤材の含水比、粒度分布、微粒分量：試験自体は実施できるものの、採取できる路盤材の試料量が限られるため、日本産業規格等に定められた試料量での試験は難しいことを確認した。

5. 劣化メカニズムの推定

詳細調査結果をもとに箇所ごとの劣化メカニズムを推定し、まとめたものを表-3に示す。

層間の透水が確認された箇所では、舗装の一体化が損なわれているため、疲労ひび割れが生じやすくなっていると考えられる。また、小型FWDの結果や路盤材の含水比等から、路盤が凍上した可能性は低いと考えられる。当初、FWDたわみ量調査から路盤や路床の損傷に伴う支持力不足も想定されたものの、大型コアを中心とした詳細調査を実施したことで正確な情報を得ることが出来た。

一連の結果をもとに、図-5に示すように箇所ごとに舗装の修繕断面の検討を進めている。

表-3 推定された劣化メカニズム

調査箇所	想定される劣化メカニズム				
	① 凍上および低温ひび割れ	② 急こう配と急カーブに伴う制動力等によるひび割れ	③ 支持力不足(TA不足)によるひび割れ	④ 線形改良に伴う盛土部の支持力不足による疲労ひび割れ	⑤ 地下埋設物による不同沈下、支持力不足の変化によるひび割れ
A 215.95kp	○	—	—	—	—
B 216.10kp	○	○	—	—	—
C 216.34kp	○	○	○	—	—
D 216.53kp	○	○	○	—	—
E 217.35kp	○	○	—	—	—
F 217.80kp	—	—	—	○	—
G 218.08kp	—	—	—	—	○

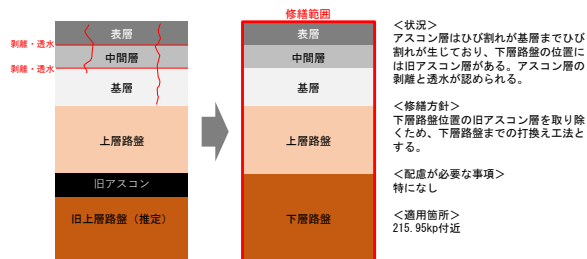


図-5 修繕断面の例

6. 大型コア採取と開削調査の比較

今回の検討を通じて開削調査と大型コアによる調査との比較結果を表-4のとおりまとめた。開削調査は大規模な調査となることから調査費用や交通への影響は大きく、実際に開削調査を実施できる場面は多くないと考えられる。その一方で、開削調査のほうが調査範囲を広く、かつ深くできることから結果の信頼性については大型コアよりも高い。

以上の検討や、大型コアによる調査を通じて分かった大型コアによる調査の利点や留意が必要な点を表-5のとおりまとめた。

大型コアによる調査を行うことで、通常のコア採取やFWDたわみ量調査では得られない層間の透水や路盤材の採取を実施することが出来る。ただし、開削調査よりも小規模になることから結果の信頼性を考慮する必要がある点や、路盤材を採取できる量が少ないこと、開削調査のように路盤や路床の深さ方向の評価はできない点について留意する必要がある。

表-4 開削調査と大型コアによる調査との比較

項目	開削調査		大型コアによる調査	
調査費用	重機等を使用し、復旧面積も広い ため、高価となる	×	コアドリルによる小規模な掘削であるため、開削調査よりも安価	○
交通への影響	半日程度以上の規制が必要であり、交通への影響は大きい	×	数時間程度の規制であるため、開削調査よりも交通への影響は小さい	○
結果の信頼性	大規模な掘削となるため、信頼性が高い	○	局所的な調査となるため、信頼性について検証が必要	×

表-5 大型コアによる調査の利点と留意が必要な点

利点	留意が必要な点
- ドライでの採取を行うことで、層間の通水状態を把握できる。 - アスコン層下の路盤についても、ドライであれば現地の含水比のままで試料の採取が出来る。 - φ30であれば、小型FWDによる路盤位置の支持力調査も実施できる。 - 開削調査と比較すると調査費用や調査時間を縮減できる。 - 開削調査と同様の規制時間や調査費用を確保できる場合、大型コア採取のほうが調査できる箇所数が増えるため、情報量を多く確保できる可能性がある。	- 試料採取が人力であることから、深い位置の試料（路盤材）の採取が難しい。 - 採取できる路盤材の量が少ない場合、ふるい分けや微粒分試験において規格に準じた試験を実施できない可能性がある。 - 小型FWDをコアの孔の深くに収めることが難しいため、路床の支持力の調査は難しい。 - 開削調査と比較すると局所的な調査となるため、得られた結果の信頼性について検証が必要となる。

7. まとめ

今回、大型コアを中心とした詳細調査を行うことで、開削調査と比較したときの利点や留意が必要な点について整理を行った。その結果、開削調査よりも得られるデータの精度や信頼性については課題があるものの、開削調査に近い結果を得ることが出来た。これまで調査費用や交通への影響から開削調査を断念していた場合においても、大型コアを中心とした調査を行うことで開削調査に近い調査結果を得ることが出来ると期待される。

8. 今後の課題と展望

今回は大型コアを中心とした調査を実施したものの、調査内容や調査箇所数についてはあくまでも今回の対象路線にて検討したものである。今後も様々な現場における舗装の詳細調査を重ねることで効果的・効率的な調査手法の検討を行い、得られた知見等をもとにマニュアルとして整備していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本道路協会：アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧、2023