

「FWD」と「路面ひびわれによる損傷層推定方法」を組合せた新たな舗装損傷診断の研究

東日本高速道路(株) 東北支社 正会員 皆方 忠雄
 東日本高速道路(株) 東北支社 正会員 中西 勉
 (株)ネコスコ・エンジニアリング東北 正会員 名須川 剛

1. はじめに

NEXCO 東日本東北支社の高速道路では、お客さまの走行安全性・快適性を確保する観点から、舗装の表層に高性能舗装を採用している。これに伴い、基層以深では上層からの浸透水の影響を大きく受けることになり、基層以深に損傷がある場合、浸透水により損傷が促進されることが懸念される。このため、舗装補修計画の立案においては、従前以上に基層以深の健全度診断が重要となる。

舗装構造の一般的な健全度診断として「FWD による構造評価(以下、FWD 法)」があり、弊社でも舗装補修計画において、損傷深さと補修範囲の判定に用いている。FWD 法は非破壊手法であるため、従前の切取コアや開削調査に比べて効率的であり、広範囲な調査が可能といった利点がある。

一方、供用後長期経過した舗装の健全度診断では、FWD 法による診断結果と実際の損傷に明らかな乖離があるケースも認められている。そこで、FWD 法の診断精度を検証して精度が低い領域を把握し、この領域を補完するものとして、路面のひびわれ幅より損傷層を推定する方法を研究開発した。

2. FWD 法の精度検証

FWD による健全度診断は、「表面たわみ値(以下、D0)による直接的評価」と「たわみ値からの逆解析による弾性係数での評価」があるが、弊社では解析結果への影響因子が少なく、かつ簡易に評価できるで行っている。健全度診断の指標は、D0 = 0.3 mmを閾値¹⁾として、舗装構造としての損傷の有無を評価している。

D0 を閾値として、「0.3 mm未満=表層のみ損傷」「0.3 mm以上=基層以深まで損傷」の2区分で評価した時の診断精度の検証結果を図1に示す。検証は、FWD 法により診断された損傷層と実際の損傷層の相対比較により行なった。実際の損傷層は、FWD 測定箇所付近の切取コアデータを用いた。検証のサンプルは、平成18年から20年のFWD 測定データ1,298のうち、切取コアデータとの比較が可能な245データを対象とした。なお、全1,298データを母集団とした場合、統計処理上の必要サンプル数は125であり、今回のサンプル数は母集団全体を検証できるものである。

全データ(n=245)では診断精度が約70%と高く、実際の損傷層が「表層のみ損傷(図1の×(n=134))」においてはほぼ100%である。しかし、「基層以深まで損傷(図1の●▲(n=111))」に対しては、診断精度が22%と極端に低下しており、診断不可の全てが「表層のみ損傷」と診断されたものである。なお、D0が0.3 mm以上の領域(図1の[A])(n=25)は、診断精度がほぼ100%であり、的確に評価されている。

以上の結果より、FWD 法では、D0が0.3 mm未満の領域において、基層以深の損傷に対する診断精度が低いことが確認された。そこで、この領域の損傷診断を補完する方法について研究開発することとした。

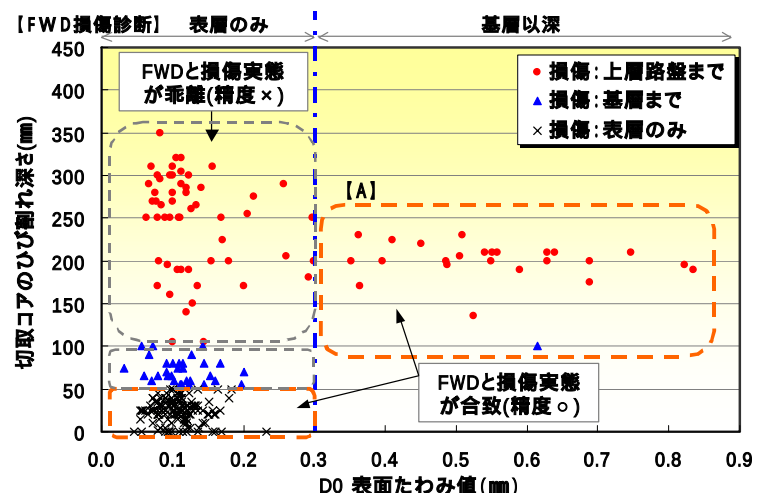


図1 表面たわみ値(D0)と損傷実態の関係 (n=245)

3. 路面のひびわれ幅からの損傷層の推定

路面のひびわれ幅とひびわれ深さは関係があると考えられるが、現時点では確立されたものがない。そこで、両者の関係を分析して、路面のひびわれ幅によりひびわれ損傷深さを推定する方法を研究開発することとした。

キーワード 舗装損傷、FWD、ひびわれ、健全度診断、構造的損傷
 連絡先 住所: 仙台市青葉区中央3-2-1 電話: 022-217-1746 FAX: 022-217-1791

路面のひびわれ幅とひびわれ深さの関係は、舗装補修工事等で採取された切取コア 319 データを対象として、両者の相関分析により行なった。なお、管内 15 事務所の切取コア数 ($n = 1,725$) を母集団とした場合、統計処理上の必要サンプル数は 314 データであり、今回のサンプル数は母集団を検証できるものである。

図2は、損傷層毎のひびわれ幅の範囲を示したものである。ひびわれ幅の範囲は、データのバラツキを考慮し、95%信頼区間とした。ひびわれ幅の範囲は損傷層により異なり、損傷層が深いほどひびわれ幅が広がる傾向にある。このひびわれ幅の範囲が損傷層推定の指標として実用性があるかを検証するため、損傷層毎の平均ひびわれ幅の差について有意性を検定(t検定)したところ、各々に有意性が認められた。また、損傷層毎の平均ひびわれ幅は表層種別(密粒舗装と高機能舗装)によっても異なっており、両者の平均ひびわれ幅の差にも有意性が認められた。

以上の結果より、今回研究開発した「路面ひびわれ幅から損傷層を推定する方法(以下、路面ひびわれ法)」は、損傷診断方法として実用性があることが確認できた。

4. 新たな舗装損傷診断手法の開発

『FWD法』と『路面ひびわれ法』を組合せた新たな舗装損傷診断方法(以下、新診断法という)を図3に示す。この新診断法は、FWDで測定されたD0により、FWD法と路面ひびわれ法を使い分けるものであり、FWD法で診断が困難な領域を路面ひびわれ法が補完するものとなっている。

【D0が0.3mm未満】路面ひびわれ法により補完
【D0が0.3mm以上】FWD法

新診断法の診断精度を検証した結果($n=191$)、精度が約80%と高く、従前のFWD法よりも向上した。特に、『損傷層が基層以深』に対する診断精度が75%(FWD法は22%)と大きく改善されており、本研究の目的であるFWD法で診断できない領域の補完ができています。

なお、路面ひびわれ法のひびわれ幅測定は、クラックスケール等による目視調査で行なっているが、測定においては人的誤差等の課題があり、下記のとおり対処した。

ひびわれ幅測定において最大0.5mmの測定誤差が認められる
ひびわれ上部に角欠けがある場合、実質より大きく測定される

損傷層推定の閾値を0.5mm単位で設定
角欠けの収束部でひびわれ幅を測定

以上のとおり、『FWD法』とこれを補完するため新たに開発した『路面ひびわれ法』を組合せた新診断法が、アスファルト舗装の損傷診断方法として実用可能であることが確認できた。

現在は、新診断法による舗装損傷診断のマニュアルを作成して現場で実践するとともに、診断データを蓄積しながら継続して精度向上を図っている。

参考文献 1) 舗装標準示方書, (社)土木学会, 2007.3

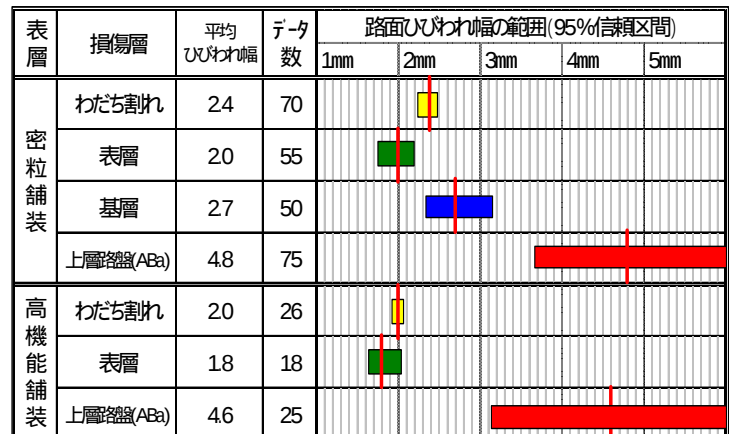
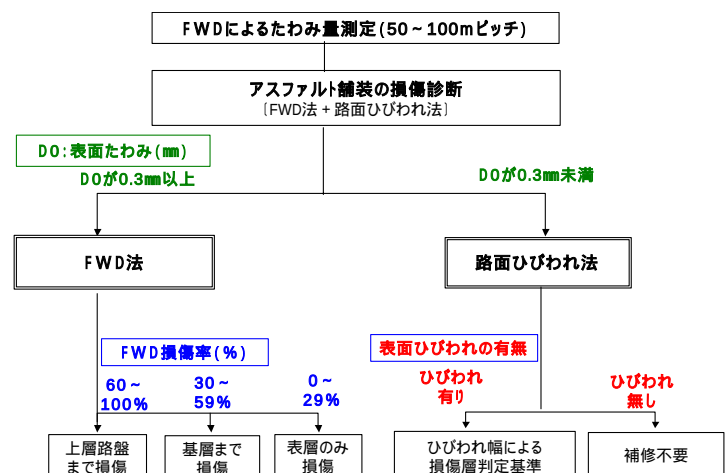


図2 損傷層毎の路面ひびわれ幅の範囲(95%信頼区間)



【路面ひびわれ幅による損傷層判定基準】

表層種別	損傷層	ひびわれ幅の範囲	舗装表面のひびわれ幅					
			0	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
密粒舗装	表層	0~2.5mm						
	基層	2.5~3.0mm						
	上層路盤	3.0mm以上						
高機能舗装	表層	0~2.0mm						
	基層	2.0~3.0mm						
	上層路盤	3.0mm以上						

図3 FWD法と路面ひびわれ法を組合せた新診断法