安全性向上に向けた舗装構造の健全度評価についての一考察

中日本ﾊｲｳｪｲ・ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ名古屋株式会社　正会員　○高井　健志
中日本高速道路株式会社　名古屋支社　正会員　木曽　茂
中日本ﾊｲｳｪｲ・ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ名古屋株式会社　岩﨑　洋一郎

１．目的

高速道路の安全性向上に向けた取組として、舗装補修の抜本的な対策検討を効率的にかつ実情に沿う形で立案していかなければならない。我々が管理している高速道路には複数の路線があり、各々に交通量・気象条件・舗装構成・舗装使用材料・建設時の設計思想が異なっている。現在、舗装補修は路面性状測定結果を用いて、補修限界値に達する前に補修を行う計画としている。今回、建設時および管理段階における補修の際に、舗装構造により舗装体の寿命が大きく異なることを考慮し、安全性が高く、快適な走行空間を提供するために必要な耐久性に優れた舗装構成を求める手法を確立することを目的として検討を行った。

２．現行の評価手法による問題点

高速道路の維持管理においては、路面性状評価手法としてわだち掘れ・ひび割れ・IRI 測定が実施されており、構造的な健全度評価は FWD 測定が実施されている。この評価手法では、路面性状（わだち掘れ・ひび割れ率・IRI）の劣化予測を行い損傷箇所を抽出する作業であり、構造的な損傷の劣化進行度は加味されていない。そこで、この FWD 測定結果を用いて、舗装の寿命を推定することで構造的な健全度評価を行う。

３．舗装構造解析の実施

舗装の構造解析として、舗装が一様な厚さを持つ多層から構成され、各層は等均一性を有する弾性体が複数重なったものとして考えられた多層弾性理論に基づき、応力・ひずみ・変位を解析し、アスファルト混合物層下面に生じる水平方向の引張ひずみと路床上面に生じる鉛直方向の圧縮ひずみを求め、破壊基準式により舗装の破壊輪数を試算するものである。

解析手法は、FWD 測定で得られた測定たわみ量を用いて、逆解析プログラム「BALM」により未知量である各層の弾性係数を推定する。次に順解析プログラム「GAMES」を用いて、推定した各層の弾性係数と厚み、ポアソン比を既知のものとして入力し、アスファルト混合物層下面に生じる水平方向の引張ひずみと路床上面に生じる鉛直方向の圧縮ひずみを計算する。

3-1　逆解析による弾性係数の推定

FWD 測定においては、各層の弾性係数が未知量であるため、逆解析により、未知の各層の弾性係数をパラメータとして、測定たわみ量に近似する弾性係数の組合せを求める。（図-1～図-3 に解析結果の事例を示す。）

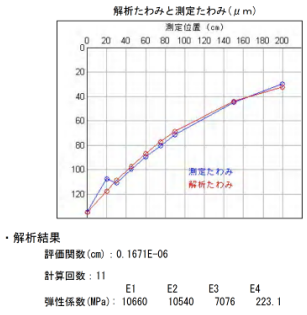

図-1　東名(下)KP313 付近

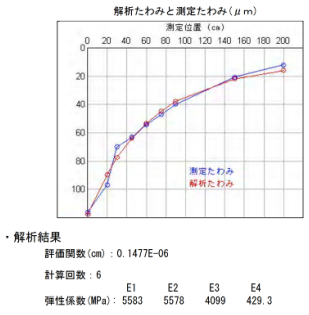

図-2　北陸道(上)KP17 付近

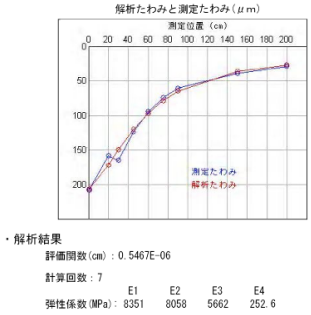

図-3　東海北陸道(上)KP93 付近

舗装表面の損傷が現れていない箇所の FWD 測定データを用いて、路線のインター間の代表測点の弾性係数を求めた。その結果を図-4 に示す。弾性係数が小さい場合、アスファルト混合物層の損傷が懸念される。

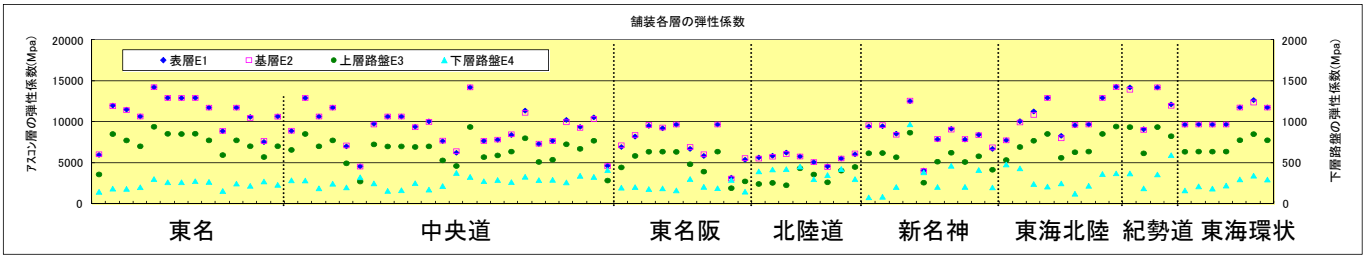

図-4　路線ごとの舗装各層の弾性係数

キーワード　FWD、弾性係数、引張ひずみ、疲労破壊輪数
連絡先　〒460-0003　愛知県名古屋市中区錦 1-8-11　中日本ﾊｲｳｪｲ・ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ名古屋株式会社　TEL052-212-4552

3-2 アスファルト混合物層下面と路床上面に生じるひずみ Uz の推定

路線ごとのアスファルト混合物層下面と路床上面に生じるひずみ Uz の平均値を表-1 に示す。

表-1 路線ごとのひずみ Uz 平均値

路線名	ｱｽｺﾝ下面ひずみ Uz1（cm）	路床上面ひずみ Uz2（cm）	路線名	ｱｽｺﾝ下面ひずみ Uz1（cm）	路床上面ひずみ Uz2（cm）
東名	1.232E-02	9.845E-03	新名神	2.188E-02	1.539E-02
中央道	1.223E-02	9.449E-03	東海北陸	1.752E-02	1.331E-02
東名阪	1.585E-02	1.220E-02	紀勢道	1.433E-02	1.066E-02
北陸道	1.100E-02	8.173E-03	東海環状	1.889E-02	1.426E-02

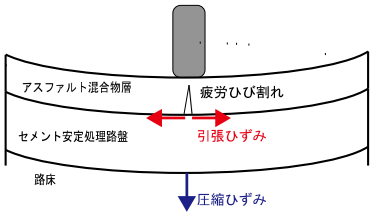

図-5 引張ひずみ-圧縮ひずみ

3-3 順解析による引張ひずみ・圧縮ひずみの推定

3-1 で求めた弾性係数を用いて、アスファルト混合物層下面に生じる水平方向の引張ひずみと路床上面に生じる鉛直方向の圧縮ひずみを順解析プログラム「GAMES」により計算した。その結果を図-6 に示す。

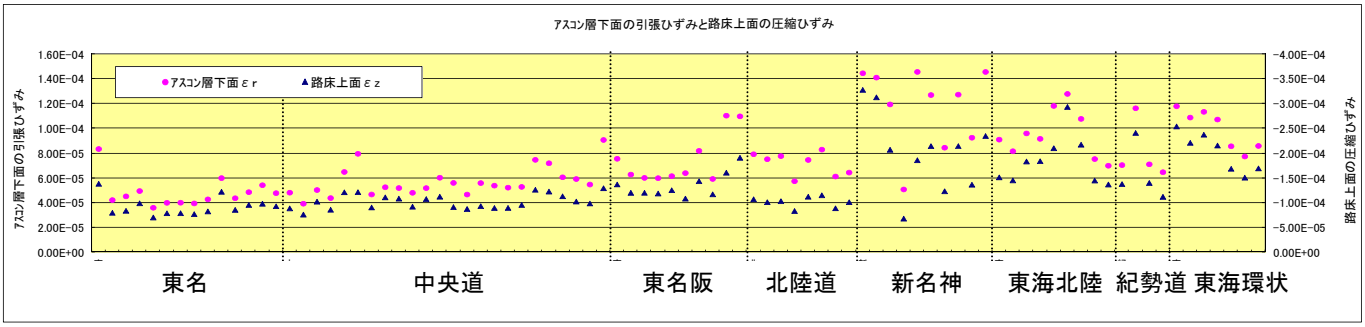

図-6 アスファルト混合物層下面に生じる引張ひずみと路床上面に生じる圧縮ひずみ

3-4 舗装寿命の推定

上記で求めたアスファルト混合物層下面に生じる水平方向の引張ひずみと路床上面に生じる鉛直方向の圧縮ひずみを用いて、式-1 の破壊基準式により舗装の疲労破壊輪数を試算する。

式-1）$Nfa = \beta a1 * 10^{M} * (6.167 * 10^{-5} * \varepsilon_r^{-3.291\beta a2} * E^{-0.854\beta a3})$

（式-1 の Nfa は舗装工学の基礎（舗装工学ライブラリー土木学会）の第 3 章「舗装の設計」式 3.63 を用いる。）

求めた疲労破壊輪数と平成 24 年の大型交通量から、路線毎の舗装寿命を求めた結果を表-2 に示す。アスファルト混合物層が 30cm ある東名・中央道・北陸道は Nfa が大きいが、アスファルト混合物層が 18cm の路線は Nfa が小さい値を示している。

表-2 路線ごとの疲労破壊輪数（Nfa）平均値と大型交通量から求めた舗装寿命

路線名	疲労破壊輪数（Nfa）（百万輪数）	H24 大型交通量から求めた舗装寿命（年）	ｱｽｺﾝ層厚（ｃｍ）	路線名	疲労破壊輪数（Nfa）（百万輪数）	H24 大型交通量から求めた舗装寿命（年）	ｱｽｺﾝ層厚（ｃｍ）
東名	1,400	100 年以上	30～31	新名神	68	24 年	18
中央道	1,161	100 年以上	25～30	東海北陸	87	100 年以上	18
東名阪	641	100 年以上	28	紀勢道	130	100 年以上	18
北陸道	1,385	100 年以上	30	東海環状	62	84 年	18

上記測定箇所は舗装表面に損傷が発生していない健全部であり、舗装体としては東名、中央道、東名阪、北陸道、東海北陸道、紀勢道においては、100 年間の交通量を上回る耐久性がある。しかし、新名神では 24 年、東海環状道では 84 年と推定できる。また、新名神の一部区間で 5 年、東海環状道の一部区間で 44 年、東名阪・東海北陸道の一部区間で 70 年程度の舗装寿命という結果となった。

4．今後の課題

この FWD 測定データを基にした舗装構造解析手法を用いることで、舗装寿命を推定することができる。今回使用した FWD データは健全な箇所を抽出しているため、当然損傷箇所においては引張ひずみが大きくなり、疲労破壊輪数は小さく、早期に損傷が現れる。今後この解析手法を用い、我々が管理する道路（舗装）の余寿命を推定し、短い区間においては日常点検と定期的な調査を行い、損傷が発生する前に最適な補修計画を立案することが安全性の向上に繋がるものと考える。

5．参考文献

・舗装工学の基礎（舗装工学ライブラリー：土木学会）