

－ (IRI の原資) からの処理で廉価な健全度予測技術－

1. はじめに

国の舗装維持管理手法は、H29 年「舗装点検要領」に改訂され、「舗装の構造的健全性評価」が追加されたが、目標値の根拠が乏しいと危惧されている。最近、土木研究所の調査・研究報告書で路面性状値（クラック率・等の）と舗装強度の関係が開示された。其れによると「**相関低く・バラツキが大きい**」ことが判り、「舗装の構造的健全性」の評価に従来通り活用するには疑問が残る。^{*1)}

また違う指標（クラック密度・クラック総延長）では、「**相関は高く好ましい**」が解読処理に膨大な時間と費用がかかり、「**従来指標からの変更は難しい**」と予想され、次の秘策が必要になっている。

諸外国では、当初から動的振動（DM テスター）やクラック度（≒クラック総延長）**+**クラックの状態を表すディストレスパターンも含めて評価する手法である。

そこで土研報告書で相関係数が 2 番目に高い「**平坦性（現行：IRI）**」^{*1)}に注目して、調査・研究を実施し、可能性を見出したので報告する。

2. 舗装点検要領の問題点：

利用者は「**表層の路面性能（滑らず・平らな）**」が重要であるが、其れを支える「**下層の構造的健全度**」は、社会資本の資産管理として、管理者は必須事項である。

基本の健全度調査手法は、平板荷重・FWD による負荷荷重でのたわみ（D0）から強度を算出する「**力学的な評価法**」である。しかし、費用高や交通規制で新しい方法論の開発に国も動き出している。（MWD 法：実車走行時のホイール変動荷重での路面の歪み測定）しかし、諸国現状の大半は、路面性状値からの推計が主流であり、USA では動的強度試験と路面性状値（PSI）から推計する手法で管理している。

2.1 点検要領の「**問題点と有用な点**」

(1) 管理目標値から何が判るか？（直轄国道（N7 交通区分）とした）

N7 での管理目標は、「**許容たわみ：300 μm > ・強度：4700Mpa <**」となる。

- ① 従来経験則の管理目標値：Cr40%では、推計残存強度が 3000Mpa（図-1）^{*1)}、また、別図では≒5500Mpa（図-2）^{*2)}と乖離し、またバラツキは≒±2500Mpa（図-2）と大きく**強度予測は難しい**のではないか？
- ② わだち掘れ項目に付いても≒2000Mpa で「**クラック率と同じ傾向**」である。
 ∴ 都市伝説化している「**クラック率・わだち掘れによる管理**」は不適切と判明
 ∴-2 クラックの違う指標（クラック密度・クラック総延長）では、「**相関は、高く好ましい**」が解読処理に膨大な時間がかかり、「**率から新指標への変更は難しい**」
 ∴-3 「**経年変化の曲線は本案と略同じ**」（回帰式の傾き：a）である。
 ∴-4 回帰式から寄与率： R^2 ・Y 切片：b（供用前の強度）は本案と略同じである。

検証材料を下記に参考文献から抜粋した。→：管理目標値, ←：舗装の予測強度

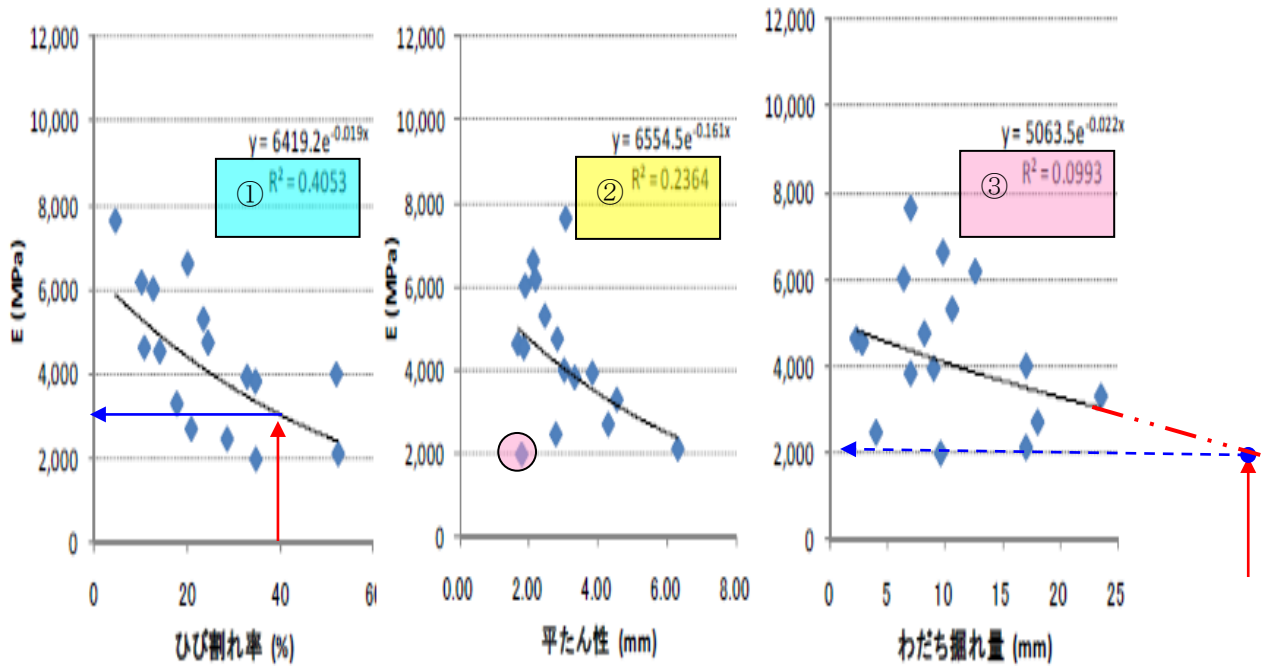


図-1 密粒度舗装における各路面性状とアスコン層弾性係数の関係 *1)

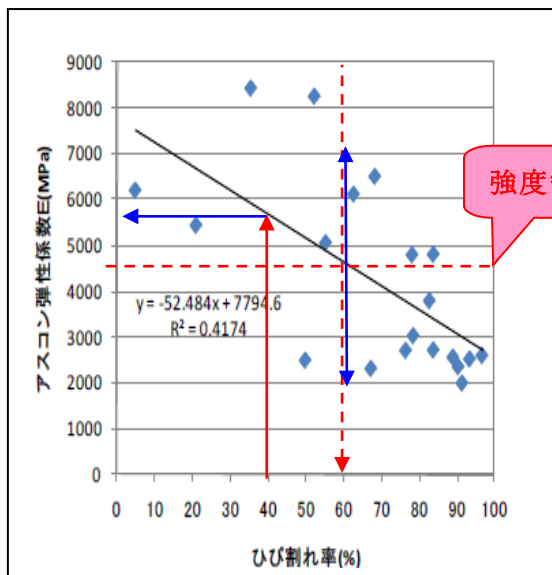


図-2 クラック率と強度の関係 *2)

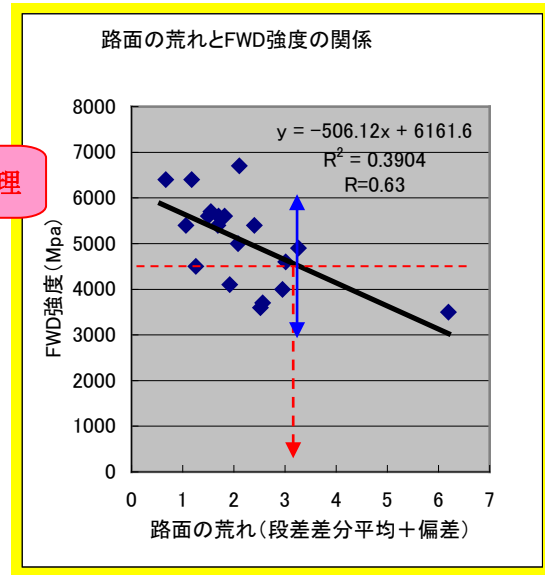


図-3 縦断形状変化と強度の関係 *3)

(凡例：-----：N7の管理目標, ---▶：その時の指標値, ←▶：バラツキ)

(2) その他について

次に平たん性 (点検要領：IRI) と強度の相関で点(○)(2-2000)のデータは不自然であり (逆相関), 削除すると極めて高い相関が期待できる。原資は縦断プロファイルであり, ∴「縦断形状の変化量からの強度推計予測の可能性」に期待ができる。

3. 舗装の構造的健全度とは：

道路建設は、自然土壌（路床）の上に路盤・中間層・表層とEを大きくしながら層状に積み上げた「層状構造の人工物」である。層の厚みとEを組み合わせた全体の強度で構造体の性能を評価している。

昔は経験則を基にした Ta 法が盛んであったが、近年は、多層弾性論を用いた設計が主流である。その様な背景を鑑みると舗装の構造的健全度は、「強度で評価する方法」が適切。

供用後の評価は衝撃荷重の FWD と静荷重の負荷によるたわみ調査法があるが、どちらも「交通規制と費用が高く、使われるケースは少ない」のが現状である。

従来は、路面性状値からの判断をしている。しかし前項で述べたように「従来のクラック率からの判断」は不適切で相応しくない事が判り、改革が必要である。

4. 新案（本案）発想の源：「粘・弾性材料の特性に着目」

自動車が世に出た当時から使われていたラフネスメータ（現在の I R I の原器）値と現場技術者の結果は良く合う事が解っている。^{*4)}

この「老化度（強度の低下）が縦断形状の変化量に現れる」と理解・推測できる。

アスファルト舗装の材料特性は図-1の如く、弾性・塑性を示す。負荷が大きければ徐荷後に「永久ひずみ」として残る。

これが「縦断形状の変化として現れる」。

また、材料内に蓄積されてゆく転位密度が高くなり、微細なクラックになり、更に成長して破壊変形も加わり「縦断形状の変化」は、更に大きくなる。

しかし、形状変化がどの様になるかは判らない。其処で統計処理技術を使い試行した。

具体的には、IRI 調査で取得した「縦断プロファイルの 250mm ピッチでの差分」の「20m 毎の平均値・標準偏差」を此処に求めその「20m 間の代表値」にした。

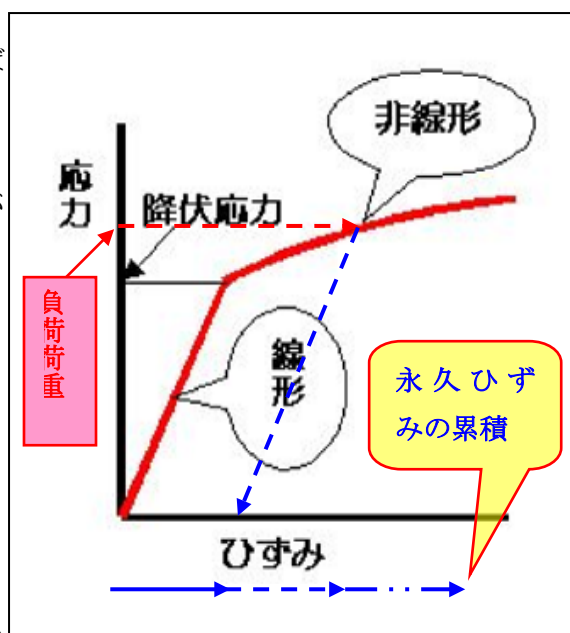


図-4 アスファルトの材料特性

5. 本案の基準値の決め方

データは、IRI 調査で取得した縦断プロファイルの差分量を 20m 毎に統計処理する方法論を採用した。施行直後は、差分の平均値・分布も小さいが、供用経時増加に伴いその両方は大きくなるのは摂理である。図-6 に示す。

この 2 つのファクターから①強度の予測②下層の損傷が判る手法である。

5.2 現象論から「舗装強度の予測」・「下層の損傷程度」が判る。

① 「強度の予測」:

ア: 各 20m 毎に FWD 試験を実施する。(FWD 既知の場所の IRI 調査)

イ: FWD 値と ((20m 毎の平均値 + 2σ) の相関図をつくる (図-3))

② 「下層の損傷予測」:

ア: 管理基準値を全データの差分平均・σ を算出する。

管理基準値 = 平均値 + 2σ とする。

②: 各 20m 平均値 + 2σ を基準値と比較して下層の損傷場所を決める。

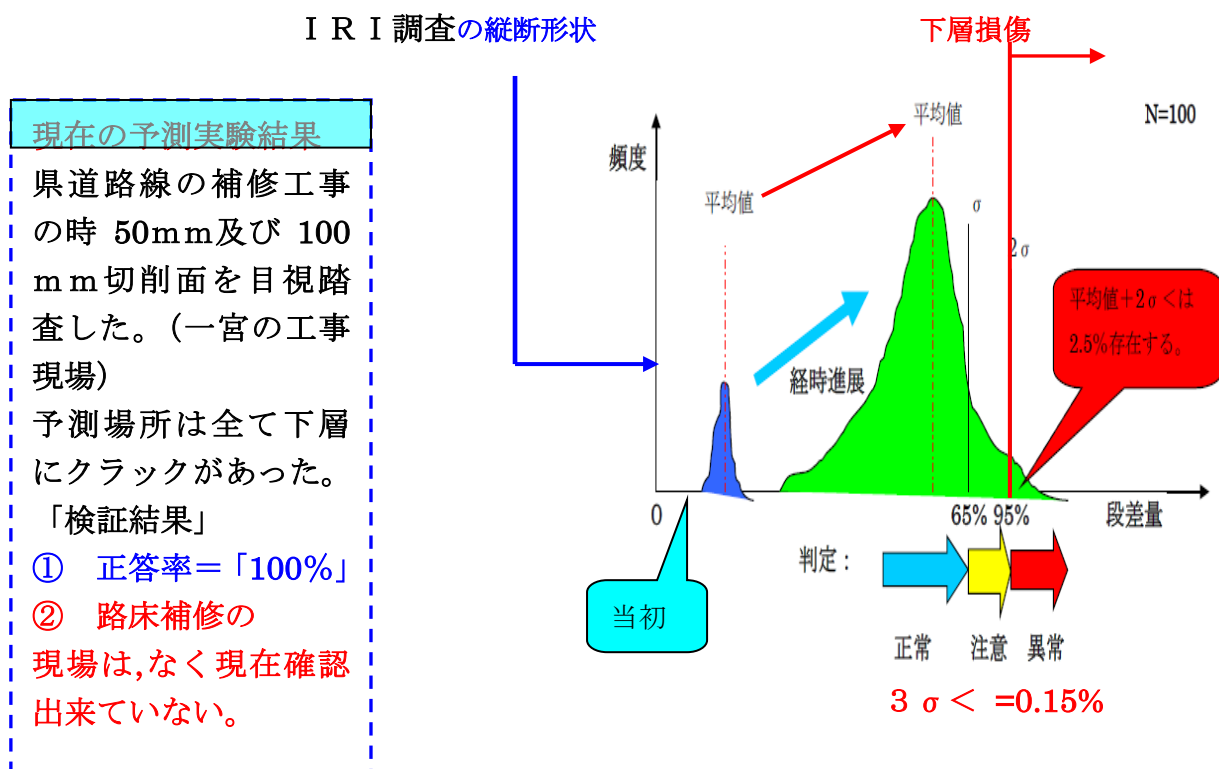


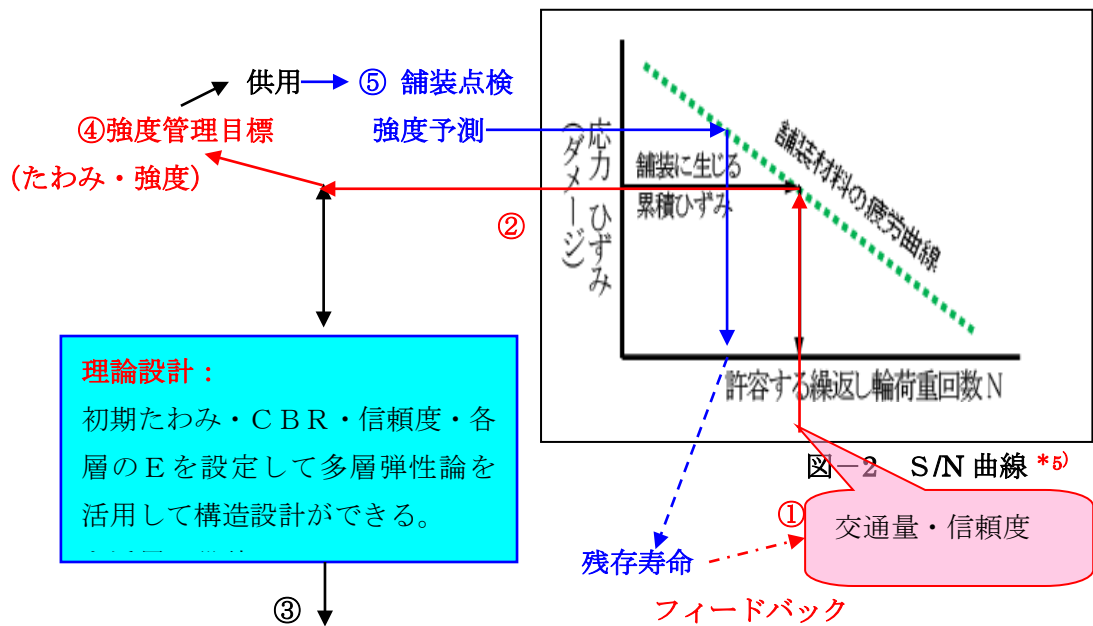
図-5 路面の荒れの分布図例

6. 理論設計と供用後の健全性の関係について: 力学的ループが理想的に完成 (①~⑤)

∴ 経験則から強度予測に変えると下記の力学的にループが出来上がり論理性が高まる。

- ① 設計: 修繕場所の交通量と信頼度の設定で舗装体の疲労破壊輪数が決める。
- ② 輪数が決まると初期たわみが決まる。
- ③ 初期たわみ以下になるように多層弾性論を使い各舗装層の厚みが決まる。
- ④ 管理: D0 管理目標が決まる。(強度) ↑ (図-6 参照)
- ⑤ 舗装点検で強度が判れば寿命判り次の修繕計画に活用できる。

これ等のループが回転するごとに管理の質が向上して経済効果が高まる。



層番号	舗装材料	厚さ		
層1	表層・基層	t=4cm	舗装材料はまとめる	
	基層	t=5cm		
	中間層	AS混合物 基層:粗粒度AS $\Sigma t=14\text{cm}$		t=5cm
層2	上層路盤	AS安定処理	t=6cm	弾性係数 同じ
	上層路盤		t=6cm	
層3	下層路盤	40mm	t=50cm	弾性係数 200 $\nu=0.4$
層4	凍上抑制層	80mm	t=35cm	弾性係数 40 $\nu=0.4$

図-6 多層弾性論による各層の厚み値決定 *5)

∴ 舗装計画値⇒疲労破壊輪数⇒強度管理目標：たわみ⇒供用⇒舗装点検⇒強度予測 (残存寿命) ⇒改良計画が力学的に閉ループが完成して改善効果・修繕計画・将来予想・経済的算出等が可能になり,舗装計画が完成する。

6.2 纏めると

(1) 都市伝説は消滅

- ① 土研の調査・研究で科学技術的に明白になったので今後改善が必要。
- ② 従来の経験則による定性的基準値は有用でない事が判った。
- ③ 点検要領の基準値では強度的には不適切である事が判った。
- ④ 急ぎ強度的評価法に変える必要がある。(持続可能な方法)

7. 参考文献

*1) : 久保 和幸, 渡邊 一弘, 綾部 孝之 : 舗装の管理目標設定手法に関する研究 : 土木研究所研究報告書, 平 17~21 実施

*2) : 久保和幸, 渡邊一弘, 綾部孝之 : 10.4 舗装の管理目標設定手法に関する研究 : 土木研究所研究報告書,

*3) : 福原敏彦他 2 名 : 2010 地方道路の健康診断機械・予測診断技術の研究 : 第 32 回日本道路会議・口頭発表, 2017・10・31

*4) : Michael W, Sayers / Steven M, Karamihas 著, 土木学会 舗装工学委員会 路面性状小委員会 訳 : 路面のプロファイリング入門 : 丸善株,

*5) : 瀬藤 潮二 : 多層弾性理論による舗装構造設計の紹介 : 交通業本部 交通第 1 部