

既設の構造評価を考慮したアスファルト舗装の検討

○外間勝貴¹・新垣 政弥¹・屋良隆司¹

¹(株)沖縄建設技研（沖縄県浦添市字前田1124番地）

キーワード：路面の定量調査、性能設計、残存等値換算厚、ライフサイクルコスト

1. はじめに

舗装の性能は供用に伴い低下する。その要因は、建設当初に比べ大型車交通量の増加や舗装材の劣化が挙げられる。それらの補修を行うためには、路面の状況、構造の状況を的確に調査し、既設舗装の状態を正確に把握することが大切である。これらの調査結果に基づき、破損の原因を特定し、適切で効果的な補修工法を選択する必要がある。

ここでは、既設の構造評価を考慮した、アスファルト舗装(以下、As 舗装と略称する)における舗装構成の検討について報告する。

2. 設計概要

国道 58 号の車道部一部区間において、ひび割れが顕著に表れていることが確認された。その状態は亀甲状に表れていた。その状況を写真-1～3 に示す。

本設計の目的は、ひび割れの原因究明および補修工法の検討である。



写真-1 起点部におけるひび割れ状況



写真-2 中間部におけるひび割れ状況



写真-3 終点部におけるひび割れの状況

一般的に、既設の構造評価に係る調査は簡易調査、路面の定量調査、開削調査が実施されており、当該設計箇所は、すでにひび割れが発生している状況にあるため、簡易調査を除く路面の定量調査、開削調査を実施した。その調査結果を踏まえ、As 舗装の検討を行った。

3. 調査の概要及び調査結果

路面の定量調査にあたっては、ひび割れ率、わだち掘れ量・平坦性の調査を実施し、開削調査にあたっては、As 舗装版のコア採取による目視観察、舗装構成の確認および CBR 試験を実施した。各調査の概要と調査結果は次のとおりである。

3.1 路面の定量調査

3.1.1 ひび割れ率

(1) 概要

ひび割れ率は、As 舗装の面積に占める路面のひび割れの割合を百分率で表したものである。ひび割れ面積は、ひび割れの包絡線を多数の矩形により置きかえ、算出するものである。その概要を図-1 に示す。

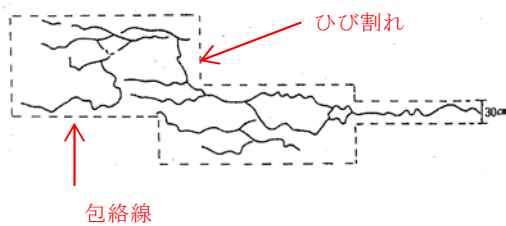


図-1 ひび割れ面積の概要

(2) 調査結果

ひび割れ率は 23.4%~57.9%が算出され、平均値で 40.6%と算出された。

3.1.2 わだち掘れ量・平坦性

(1) 概要

わだち掘れ量・平坦性は、路面形状測定機により路面の凹凸を計測するもので、横断方向の場合をわだち掘れ量、縦断方向の場合を平坦性と表現されている。

(2) 調査結果

わだち掘れ量は 6.8~24.2 mmが計測され、平均値で 15.5 mmと算出された。

平坦性は 1.13~4.71mm が計測され、平均値で 2.9mm と算出された。

3.2 開削調査

3.2.1 コア採取による目視観察及び舗装構成の確認

(1) 概要

コア採取による目視観察にあたっては、

As 系材料の舗装区分、粒径を計測するとともに、ひび割れがどの程度まで及んでいるのかを確認する。あわせて、下層路盤の構成材料、厚さを確認する。

(2) 調査結果

As 系材料の厚さ、構成材料および粒径は、表層において厚さが 5cm、構成材料は密粒度 As コン、最大粒径が 20~31mmであった。上層路盤においては、厚さが 8cm、構成材料は瀝青安定処理材、最大粒径が 19~32mmであった。下層路盤については、写真-4 に示すとおり厚さ 40cm、構成材料は切込砕石であった。



写真-4 下層路盤の状況

ひび割れは、表層から上層路盤の下端まで達している状態にあった。その状態を写真-5 に示す。



写真-5 コアの状況

3.2.2 CBR 試験

(1) 概要

設計 CBR は、舗装構成の設計に際し基本

となるものである。ここでは、ひび割れの顕著な箇所(不健全部)と近接しているひび割れの少ない箇所(健全部)の両者から試料を採取し、比較した。

(2) 試験結果

CBR 試験結果は、健全部において 30.9%~75.1%であった。これに対し、不健全部においては、13.8%~18.1%であった。この試験結果から設計 CBR は、健全部で 20%、不健全部で 12%とした。

4. 問題点

4.1 既設 As 舗装の定量的評価

既設 As 舗装の不具合はひび割れという現象で路面に顕著に現れてくるものの、補修設計をどのように定量的に評価するかが問題となった。

4.2 As 舗装のコスト縮減

従前の舗装設計にあたっては、一律の耐久性を期待して定められた仕様の設計(仕様設計)が行われてきた。ここでは、性能設計の考え方に立ち、舗装の性能が一定のレベルまで低下した際に、性能設計を踏まえたコスト縮減が問題となった。

5. 解決策

5.1 残存等値換算厚(TAO)による評価

(1) 残存等値換算厚

残存等値換算厚(以下、TAO と略称する)は、舗装のひび割れの状況に応じて既設の残存価値を As 混合物の等値換算厚で評価したものである。TAO の計算に用いる換算係数を表-1 に示す。

表-1 TAO の計算に用いる換算係数

層	既設舗装の構成材料	各層の状態	係数	摘要
表層・基層	加熱アスファルト混合物	破損の状態が軽度で中度の状態に進行するおそれのある場合	0.9	破損の状態が軽度に近い場合を最大値、重度に近い場合を最小値と考え、中間は破損の状況に応じて係数を定める
		破損の状態が中度で重度の状態に進行するおそれのある場合	0.85~0.6	
		破損の状態が重度の場合	0.5	
上層路盤	瀝青安定処理(加熱混合) セメント・瀝青安定処理 セメント安定処理 石灰安定処理 水硬性粒度調整スラグ 粒度調整砕石		0.8~0.4	新設時と同等と認められるものを最大値にとり、破損の状況に応じて係数を定める
			0.65~0.35	
			0.55~0.3	
			0.45~0.25	
			0.55~0.3	
下層路盤	クラッシュマラン、鉄鋼スラグ、砂など セメント安定処理および石灰安定処理		0.35~0.2	
			0.25~0.15	
セメントコンクリート版		破損の状態が軽度または中度の場合	0.9	
		破損の状態が重度の場合	0.85~0.5	

TAO の評価にあたっては、舗装破損の状態により区分される。その概要は以下のとおりである。

- ①軽度：ひび割れ率 15%以下。ほぼ、完全な供用性を有しており、当面の補修は必要ないレベル。
- ②中度：ひび割れ率 15~35%未満。ほぼ、完全な供用性を有しており、局部的・機能的な補修が必要とされるレベル。
- ③重度：ひび割れ率 35%以上。大規模な補修が必要とされるレベル。

この考え方に基づいて、既設の残存価値を評価した。ひび割れ率の調査結果が平均値で 40.6%であるため、舗装破損の状態は重度と判定した。表-2 に等値換算係数を示し、あわせて建設当初の等値換算係数(推定値)を示す。

表-2 等値換算係数

区分	残存等値換算係数	等値換算係数(建設当初)
表層(加熱 As 混合物)	0.50	1.00
上層路盤(瀝青安定処理材)	0.40	0.80
下層路盤(切込砕石)	0.15	0.20

(2) 建設当初の必要等値換算厚(TA)の推定

建設当初の設計図書が不明であるため、必要等値換算厚は、昭和 63 年版と平成 5

年版の技術基準を参考に目標とする TA を次に示す設計条件により 17cm とした。

交通区分は、地域条件から B 交通と想定した。また、設計 CBR は CBR 試験結果より、健全全部で 20%、不健全全部で 12% となるため、安全設計となるように 12% として設定した。表-3 に昭和 63 年版、表-4 に平成 5 年版の目標とする TA を示す。

表-3 昭和 63 年版技術基準における目標とする TA

設計 CBR	目標とする値 (cm)									
	L 交通		A 交通		B 交通		C 交通		D 交通	
	T _A	H	T _A	H	T _A	H	T _A	H	T _A	H
2	17	52	21	61	29	74	39	90	51	105
3	15	41	19	48	26	58	35	70	45	83
4	14	35	18	41	24	49	32	59	41	70
6	12	27	16	32	21	38	28	47	37	55
8	11	23	14	27	19	32	26	39	34	46
12	-	-	13	21	17	26	23	31	30	36
20	-	-	-	-	-	-	20	23	26	27

表-4 平成 5 年版技術基準における目標とする TA

設計 C B R	L 交通	A 交通	B 交通	C 交通	D 交通
(2)	(17)	(21)	(29)	(39)	(51)
3	15	19	26	35	45
4	14	18	24	32	41
6	12	16	21	28	37
8	11	14	19	26	34
12	11	13	17	23	30
20	11	13	17	20	26

(3) 等値換算厚の算出

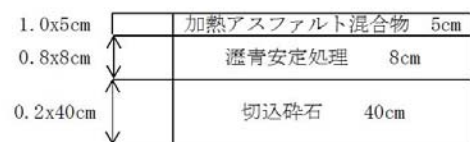
① 建設当初の等値換算厚の算出

建設当初の等値換算厚の算出にあたって、設計条件を整理すると表-5 のとおりとなる。

表-5 建設当初の設計条件

設計期間	10 年
設計交通量	B 交通 (250 以上 1000 未満 (台/日・方向))
設計 CBR	12%
必要 TA	17cm

建設当初の等値換算厚は、必要 TA=17cm に対し 19.4cm と算出される。図-2 に算出結果を示す。



$$T_{A0}' = (1.0 \times 5 \text{cm}) + (0.8 \times 8 \text{cm}) + (0.2 \times 40) = 19.4$$

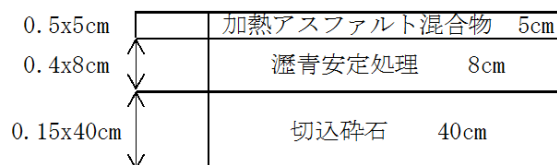
$$T_{A0}' = 19.4 \text{ cm}$$

建設当初の $T_{A0}' = 19.4 \text{ cm}$

図-2 建設当初の等値換算厚

② 既設の残存等値換算厚

既設の残存等値換算厚の算出にあたって、設計条件は、建設当初の場合と同様である。既設の残存等値換算厚は、必要 TA=17cm に対し 11.7cm と算出される。図-3 に算出結果を示す。



$$T_{A0} = (0.5 \times 5 \text{cm}) + (0.4 \times 8 \text{cm}) + (0.15 \times 40) = 11.7$$

$$T_{A0} = 11.7 \text{ cm}$$

既設の $T_{A0} = 11.7 \text{ cm}$

図-3 既設の残存等値換算厚

(4) 既設舗装の破損原因の推定及び考察

残存等値換算厚の評価より、建設当初の等値換算厚は、必要 TA=17cm に対し $T_{A0}' = 19.4 \text{ cm}$ と満足する結果となる。

既設の残存等値換算厚は、必要 TA=17cm に対し $T_{A0} = 11.7 \text{ cm}$ となった。ひび割れの状態が亀甲状であること、さらには周辺立地条件から大型車交通量の増大が見込められないことを踏まえると、As 舗装を主体とする舗装材料の経年変化による劣化が原因と考えられた。

ひび割れ率、わだち掘れ量および平坦性から求められる MCI 評価(舗装の維持管理指数)では、2.7~4.7 となり、「修繕が必要」又は「急速に修繕が必要」と判断される。

表-6 に MCI 評価基準を示す。

これらの対応により、破損の影響を定量的に評価できたと考える。

表-6 MCI 評価の基準

望ましい管理水準	MCI ≥ 5
修繕が必要	3 < MCI < 5
急速に修繕が必要	MCI ≤ 3

5.2 LCC を考慮した補修工法の検討

舗装の設計期間は、一般的に 10 年および 20 年となり、前者が現道舗装修繕の場合等、後者が新設又は大規模な打ち換えの場合等となる。この設計期間について、ライフサイクルコスト(以下、LCC と略称する)を考慮した比較検討を行った。以下にその概要を示す。

(1) 設計期間 10 年の場合の舗装構成

既設舗装との設計条件の整合性、性能設計の条件を踏まえ、表-7 に設計期間 10 年の場合の設計条件を示す。

表-7 設計期間 10 年における設計条件

設計期間	10 年
設計交通量	B 交通 (250 以上 1000 未満 (台/日・方向))
疲労破壊輪数	1,000,000 回
信頼度	90%
設計 CBR	12%
必要 TA	17cm

As 系材料による表層、上層路盤はコアの目視観察から、ひび割れの影響が大きいと考えられた。したがって、既設舗装を完全に撤去した上で、下層路盤を有効利用する舗装構成を検討した。

その結果、設計期間 10 年の場合は、必要 TA=17cm に対し、TA0=17.4cm と算出される。図-4 に算出結果を示す。



$$T_{A0} = (1.0 \times 5) + (0.8 \times 8) + (0.15 \times 40) = 17.4$$

$$T_{A0} = 17.4 \text{ cm}$$

図-4 設計期間 10 年の場合の舗装構成

(2) 設計期間 20 年の場合の舗装構成

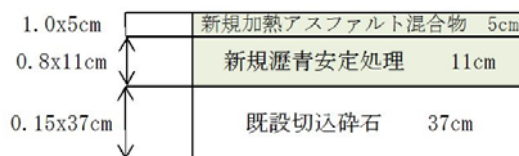
既設舗装との設計条件の整合性、性能設計の条件を踏まえ、表-8 に設計期間 20 年の場合の設計条件を示す。

表-8 設計期間 20 年における設計条件

設計期間	20 年
設計交通量	B 交通 (250 以上 1000 未満 (台/日・方向))
疲労破壊輪数	2,000,000 回
信頼度	90%
設計 CBR	12%
必要 TA	19cm

設計期間 10 年と同様に、As 系材料による表層、上層路盤はコアの目視観察から、ひび割れの影響が大きいと考えられた。したがって、既設舗装を完全に撤去した上で、下層路盤を有効利用しながら、目標 TA の増加分は上層路盤を厚くすることで補うこととした。

その結果、設計期間 20 年の場合は、必要 TA=19cm に対し、TA0=19.4cm と算出される。図-5 に算出結果を示す。



$$T_{A0} = (1.0 \times 5) + (0.8 \times 11) + (0.15 \times 37) = 19.35$$

$$T_{A0} = 19.4 \text{ cm}$$

図-5 設計期間 20 年の場合の舗装構成

(3)LCC の検討

LCC の設定にあたっては、耐用年数は 20 年に設定する。

①設計期間 10 年の場合の概算工事費

概算工事費は直接工事費一式(610m×7m=4,270m²)で表し、表-9 に詳細を示す。また、耐用年数は 20 年であることから、10 年目に As 系材料を打替えることを条件とした。

表-9 設計期間 10 年の場合の概算工事費

	10 年目	20 年目
舗装工	6,900 千円	13,800 千円
路盤工	11,600 千円	23,200 千円
区画線工	300 千円	600 千円
舗装切断工	600 千円	1,200 千円
舗装破砕工	100 千円	200 千円
運搬+処分費	2,800 千円	5,600 千円
合計	22,300 千円	44,600 千円

②設計期間 20 年の場合の概算工事費

設計期間 10 年の場合と同様に、概算工事費は直接工事費一式(610m×7m=4,270m²)で表し、表-10 に詳細を示す。

表-10 設計期間 20 年の場合の概算工事費

	20 年目
舗装工	6,900 千円
路盤工	12,500 千円
区画線工	300 千円
舗装切断工	600 千円
舗装破砕工	100 千円
運搬+処分費	2,800 千円
合計	23,200 千円

③考察

初期建設費は、設計期間 10 年の場合が約 1,000 千円安価になる。耐用年数 20 年を踏まえたトータルコストでは、設計期間 10 年の場合 44,600 千円に対して、設計期間 20 年の場合は、23,200 千円となり、設計期

間 10 年の場合が約 20,000 千円高額になる。舗装における LCC の算定手法は、確立されたものはないが、耐用年数を長期に設定することが、トータルコストで安価になる傾向が明らかとなった。したがって、耐用年数は長期に設定することが有効であると考ええる。

6. おわりに

LCC の一般的な費用項目は、道路管理者費用(例、建設費、補修費など)、道路利用者費用(車両走行費用、時間走行費用など)、沿道および地域社会の費用(騒音、振動による沿道地域への影響など)の三つに大別できるとされている。

当該業務では、主として道路管理者費用に着目した LCC を検討した。検討箇所が市街地であれば、沿道および地域社会の費用は大きいことが想定されるので、適切に評価することは重要であると考ええる。

当該業務では工事記録がなかったため、耐用年数は想定した上での比較検討となっている。補修履歴を含めた工事記録を適切に管理し、データベース化することは、更新サイクルを設定する上で、有効な情報になるので、今後のデータの蓄積が望まれる。

参考文献

- 1) 舗装設計便覧 平成 18 年 2 月
社団法人日本道路協会
- 2) 舗装設計施工便覧 平成 18 年版
社団法人日本道路協会
- 3) アスファルト舗装要綱 昭和 63 年版
社団法人日本道路協会
- 4) アスファルト舗装要綱 平成 5 年版
社団法人日本道路協会