

橋面舗装へのコンクリート舗装の 適用・国内外の状況と課題

[主としてコンクリート床版上]

野田 悦郎*

1. はじめに

わが国では、橋面舗装はコンクリート床版上でも、鋼床版上でも「一般的にはアスファルト舗装とすることが多い」¹⁾とされている。すなわち基本的には基層は床版の不陸への対応(レベリング層)としてアスファルト混合物(以下、アスコンと略)の層を施工し、さらにその上にアスコンの表層を施工することが標準である。しかし、明かり部やトンネル部にコンクリート舗装が採用された場合、それに隣接した橋梁の橋面舗装も色彩の統一感から同じ白色系統のコンクリートにできないかとの指摘は従来からあり、試験的に試みられたりしている²⁾。また、米国のインターステートハイウェイは、橋面舗装の多くがコンクリート(写真1)であることが多いが、筆者の体験では特段、機能としてアスコンの橋面舗装より劣るといこともないようである。ここでは、主としてコンクリート床版上の橋面舗装としてのコンクリートの適用性について検討することを目的として、①わが国の橋面舗装の設計基準と設計の考え方、②米国の橋面舗装、③そのほかの国の橋面舗装などをとりまとめた。



写真1 インターステートハイウェイの橋面舗装
[Wikipedia, file Typical USA concrete Bridge Deckより]

2. わが国における橋面舗装の設計基準

主として舗装関係の技術基準から

2-1. 断面と材料

わが国で橋面舗装が比較的多い機関における設計基準類から、床版上の舗装の種類と厚さの例を示したのが表1である。これらおよびその他の公的機関の設計書でも、共通して言えることは、わが国の橋面舗装は、床版種類(コンクリート床版、鋼床版)にも若干異なるが、基本的には水密性を高くできる種類のアスコンを基層またはレベリング層として用い、表層にはその道路で重点を置く機能に応じた種類のアスコンを用いていることであり、橋面舗装としてはアスコンの使用を標準としていることがわかる(合計層厚6~8cm)。

* 日本道路(株) 技術研究所
THE INTERNATIONAL STATE OF THE ARTS OF CONCRETE
PAVEMENT ON CONCRETE BRIDGE DECK (by Etsuro NODA)

表1 橋面舗装の多い機関で橋面舗装の設計基準

		NEXCO 東日本・中日本・西日本 舗装設計要領 舗装編および橋梁建設編				首都高速株式会社 舗装設計施工要領				名古屋高速道路公社 舗装設計基準			
		コンクリート床版		鋼床版		コンクリート床版 (一般部)		鋼床版(一般部)		コンクリート床版 (一般部)		鋼床版(一般部)	
		混合物	厚さmm	混合物	厚さmm	混合物	厚さmm	混合物	厚さmm	混合物	厚さmm	混合物	厚さmm
断面	表層(右の いずれか)	ポーラスアスファルト混合物(13) (高機能舗装Ⅰ型) またはハイブリッド混合物(13) (高機能舗装Ⅱ型)	40	同左		ポーラスアスファルト混合物(13)	40	鋼床版用 ポーラスアスファルト混合物(13)	40	密粒度アスファルト混合物(13)	40	密粒度アスファルト混合物(13)	40
	基層(レベリング層)	砕石マッシュアップアスファルト混合物(13)	設計40mm:厚さ25mm以下となる箇所がある場合は適用しない	グースアスファルト混合物(13)	35	密粒度アスファルト混合物(13)	40	グースアスファルト混合物(13)	40	密粒度アスファルト混合物(13)	35	グースアスファルト混合物(13)	高力ボルト 接合鋼床版 上では厚さ 40mm
		砕石マッシュアップアスファルト混合物(5)	設計40mm:厚さ40mmとなる箇所がある場合には適用不可										溶接接合鋼床版上では厚さ35mm
	防水層	グレードⅡ床版防水			なし		加熱塗布型防水	1.2-1.5kg/m ² + 硅砂0.5- 1.6kg/m ²	なし	なし	加熱塗布型防水シート系防水	なし	なし
接着層				瀝青・ゴム系	0.4リットル/m ²	ゴム入り乳剤	0.4リットル/m ²	瀝青・ゴム系	0.4リットル/m ²	接着剤	瀝青・ゴム系	0.4リットル/m ²	

2-2. 橋面舗装の舗装としての構造設計

橋面舗装の舗装厚は、「一般部の舗装厚と異なって、どのような交通条件でも6~8cmを標準としている。これは追跡調査によるひび割れなどの破損実態と、橋梁の死荷重をできるだけ低減することから設定されている」¹⁾。すなわち、剛性のある床版上で、床版の防水と車両が走行できる平坦性を確保できるように厚さと材料が決められているといえる。

アスコンでは通常、敷均し転圧という施工形態であるので、その層厚は用いるアスコンに使う骨材の最大寸法の3倍以上が必要である。したがって、表層は、アスコンに用いる骨材の最大寸法は13mmであるので、表層混合物の厚さは13×3≒40mmとなっている。基層(レベリング層)は文字通りレベリング、すなわち不陸修正する層である。ここで通常、床版の出来形規格値は基準高±20mmとなっていることから極端な場合は40mmの基準高さの差が生じることになる。高い部分に合わせるとレベリング層は80mm厚にもなるので高い部分の上のレベリング層厚は薄くする必要がある。以上の状況および、防水層上下の滞水の課題などから、舗装の構造と耐久性の観点からは、「床版の仕上がり高さの誤差は±10mm以内にすることが望ましい」¹⁾としている。

2-3. 橋面舗装の床版設計への寄与

床版の構造設計に関しては、橋面舗装は床版保護と平坦性確保のためにあり、そのアスコンの厚さと密度は床版の死荷重としてのみ算入されている。たとえアスコン層が床版の一体挙動をすることも、このアスコン層を床版の一部の構造部材として算定はしていない(ただし海外では、鋼床版を有する長大橋で、死荷重の軽減が必要であったため、剛性もたわみ性も大きいエポキシアスコン5cmを橋面舗装として用い、その層も構造部材として解析設計した事例もある)。

3. 米国の道路橋コンクリート床版上の橋面舗装

米国では、道路橋コンクリート床版の橋面舗装としてコンクリートを用いて床版と一体打ちする事例が多い。最近の施工事例としては、日本の建設業者が施工したコロラドリバー橋の事例³⁾も紹介されている。ここではこれらの米国の設計施工の状況を文献調査してみた。

3-1. 米国の橋面舗装の種類と内訳

2010年の米国連邦道路局(以下、FHWAと略)の統計⁴⁾によればコンクリート床版上の橋面舗装種類

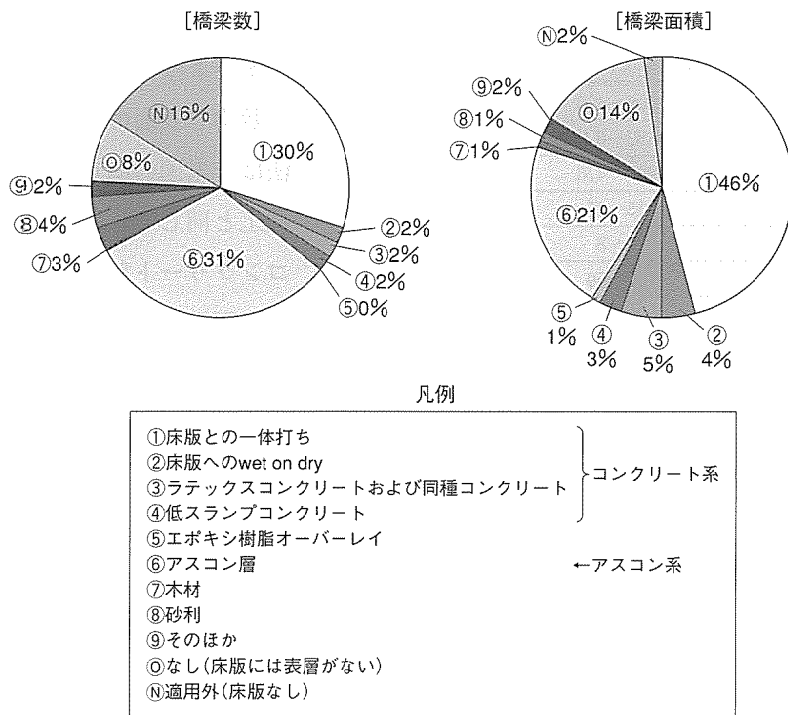


図1 米国コンクリート床版上の橋梁数と橋梁面積 (橋面舗装種類別)

別の、橋梁数、橋梁面積は、図1に示すとおりである。

これより米国では、橋面舗装として①コンクリート床版との一体打ち、⑥床版上のアスコン施工が多く、橋梁数でいえば⑥の方がやや多く、橋梁面積では①が多いことから、比較的大規模橋面舗装には「①コンクリートの床版との一体打ち」が採用されている傾向が読み取れる。ただし、小規模であっても、写真2のように延長が短い場合でも後で説明するbridge deck paverを用いてコンクリートの床版との一体打ちを施工している場合もある。

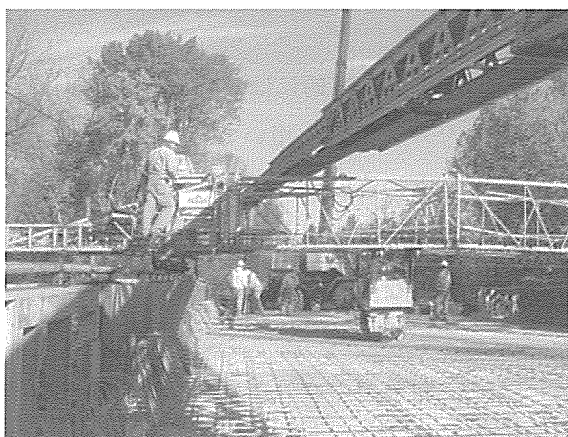


写真2 短い橋梁の床版との一体打ちの例

[<http://www.descoco.com/display/swamp-creek-bridge-montgomery-county/>より]

3-2. FHWAのコンクリート床版と橋面舗装の一体打ち

コンクリート床版と橋面舗装の一体打ちであるので、舗装に相当する部分の材料や構造的意味合いを床版設計の点でどう取り扱っているのか、FHWAの推奨設計基準、およびその設計施工の実態を調べてみた。

(1) コンクリート床版の推奨設計基準³⁾

舗装にかかわる部分に関しては以下のようになっている。

① 床版かぶり

表面部で最少6.4cm、これは床版が融氷剤やスパイクタイヤ、タイヤ

チェーンに曝されるため厚くしている。このかぶりには1.3cmの車両走行などによる摩耗損失分が含まれ、この損失分は床版の構造計算に含まない。

② 床版の最少版厚

18cmで、これには、将来の表面の切削分やグライインディング分は含まない。

③ 床版のコンクリートの圧縮強度

材齢28日圧縮強度は28MPa以上、凍結融解地域や融氷剤使用地域ではAEコンクリートとする。

④ 想定する将来のアスコンオーバーレイ

密度2.24g/cm³で厚さ6.4cmを想定する。

表2 米国の道路橋の床版設計施工の実態

		典型的な値もしくは頻度の高いもの	
コンクリート	単位セメント系材料量	kg/m ³	299~476
	水セメント系材料比		0.32~0.47
	単位セメント量	kg/m ³	297~476
	フライアッシュ量	%	15~25
	シリカヒューム量	%	6~8
	高炉スラグ量	%	25~50
	粗骨材最大寸法	mm	20~38
	空気量	%	4~7
	圧縮強度	MPa	24~62
	スランプ	cm	4~7
鉄筋	鉄筋腐食対策	エポキシ塗装鉄筋	
施工法	施工上の注意	・適切な打設コンクリート温度 ・表面蒸発防止のための施工時のフォグスプレイや風防止 ・過度な仕上げの禁止	
	コンクリートの荷卸し	ポンプ打設	
	表面の仕上げ	タイングルーピング、硬化後ルーピング、 ほうき目など州により異なる。 滑り抵抗値を規定している州もある。	

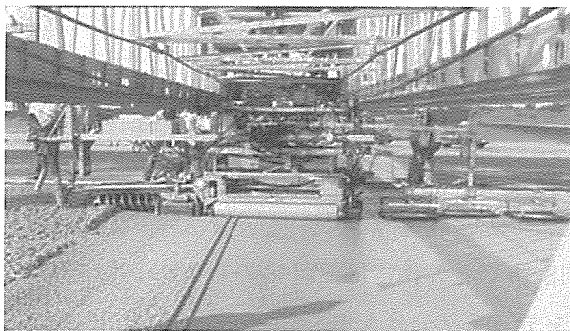


写真3 bridge deck paverの稼働状況IPRF⁷⁾

(2) 米国の道路橋の床版設計施工の実態⁶⁾

いささか古いですが2004年に米国各州に対してコンクリート床版に関して調査が行われた。その集計結果および施工上の注意点等を表2に示す。

この表より注目される点は以下のとおりである。

- ① 床版コンクリートの水/セメント比は、舗装用コンクリートで規定される0.5よりも小さい場合が多い。また圧縮強度も24~62MPaと、舗装用コンクリートの曲げ強度4.5MPaに相当するような強度のコンクリートを用いている。
- ② コンクリートの荷卸しは、橋面の配筋上での施工が多いせいかわポンプ打設である。
- ③ コンクリートの締め固め・仕上げ方法の回答はないが、写真3のように、bridge deck paver^{脚注)}と呼ばれる、軟練りコンクリートの敷均し締め

め成型に適した機械を用いることが多いようである。

- ④ 敷均し表面の仕上げ方法は、米国の明かり部の施工と同じで、明かり部コンクリート舗装と同様な表面性状が要求されている。

以上より、米国の橋面舗装は、舗装コンクリートと同等の強度性能を有するコンクリートを床版と一体で、bridge deck paverで締め固め平坦仕上げし、その後滑り止めの表面仕上げを行うことで、土工部のコンクリート舗装と同等の平坦性やすべり抵抗が規定している場合が多いといえる。

4. そのほかの国の道路橋コンクリート床版上のコンクリート舗装

1990年頃、当時のPIARC(世界道路会議)のコンクリート舗装委員会C7は、コンクリート床版上のコンクリート舗装について各国(米国を除く)へアンケートを主体とした調査を行い、報告を取りまとめているので、その結果を以下に要約する。

4-1. 各国の採用状況と工法

15か国(主として欧州12か国、他3か国)19回答の結果では、

- ① 83%が基本的にはコンクリート床版上にコンクリート舗装を用いていないとの回答であり、米国との違いを浮き出した形となっている。
- ② 用いている場合は、付着型が58%、分離型が34%となっており、付着型が多い。

となっている。

なお、付着型のコンクリート舗装による橋面舗装

脚注：鋼製トラス上を、内部振動機、スクリューオーガ、ローラ、プロファイルパンが一体となったユニットが横行しコンクリートを締め固め仕上げする機械で、わが国にも若干数使用されている。

表3 コンクリート床版上のコンクリート舗装の構造

	コンクリート床版とコンクリート表層の関係		床版と表層 コンクリート の同一性	床版と表層 コンクリート の付着	表層コンク リートの床 版としての 耐荷力	利点	欠点	新設での事例	
コンクリート 床版とコンク リート表層が 一体	床版兼 表層コンクリート	一体打ち	床版・表層の一体施工	同じ	付着(一体)	あり	コンクリートの打設がシンプル	中規模以上の場合はbridge deck paverが必要	米国で多数
	表層コンクリート 下層コンクリート床	打ち重ね	wet on wetの2層施工	異なる	付着	あり	性能にあったコンクリートの使用が可能	施工が錯綜	日本でも施工あり、人力施工
	表層コンクリート 下層コンクリート床	打ち継ぎ	wet on dryの2層施工	異なる	付着	あり	かさ上げ用のペーパーが使える	確実な付着処理必要	スイスでの事例、日本での事例
コンクリート 床版とコンク リート表層が 分離	表層コンクリート 分離層 コンクリート床版		コンクリート床版を路盤として	異なる	非付着	なし、むしろ厚いため死荷重増大	前後コンクリート舗装の場合の施工の連続性	自重および高価	ドイツ、スウェーデンの短い橋などで

の構造的利点は、①コンクリート表層部分が床版の構造的耐荷力を有する場合が多く、単なる死荷重にはならないこと、②コンクリート舗装部分に融雪装置などを組み込むことができ、床版破損の原因となる凍結防止剤の散布を減らすことができるなどの利点を有すると報告されている。

4 - 2. 施工事例

アンケートで収集された施工事例は以下のとおりである。この中で、構造については後述の表3の表記によった。

(1) ドイツ

橋梁：延長が15m以下の短い橋の場合

構造：非付着型として版厚22cm程度のコンクリート舗装を施工する。(延長が長い場合は非付着型のコンクリート舗装では自重が重くなるのでアスファルト舗装とする。ただし、渋滞が予想される条件の延長260mの橋梁のコンクリート床版に耐流動対策から非付着型コンクリート舗装を施工した事例⁸⁾も報告されている。)

(2) ノルウェイ①

橋梁：1スパンの短い橋

構造：床版表層の一体打ち

(3) ノルウェイ②

橋梁：長スパンの橋または多数スパンの延長の長い橋

構造：付着型で、コンクリート床版面をサンドブラストし、セメントグラウトもしくはエポキシを、次に付着剤を塗布し、その上に厚さ80mmのSFRCを施工。

(4) スウェーデン

橋梁：前後の土工部の舗装がコンクリート舗装の場合

構造：分離型(非付着)として版厚22cm程度のコンクリート舗装を施工する。

(5) スイス

橋梁：適用制限はない

構造：付着型で、コンクリート床版面をサンドブラストし、アンカー筋を挿入して、鉄網をセットした後、100mm厚のコンクリート舗装を施工する。

5. まとめと今後の課題

橋梁コンクリート床版上のコンクリート舗装の構造をまとめたものが表3である。コンクリート床版上のコンクリート舗装に関して言えば、米国で主に実施されている床版表層一体打ちの施工が最も面

積、経験が多いものと考えられる。その他、打ち重ね、打ち継ぎ方式による方法を採用する場合は、橋面舗装内に無散水融雪装置を設置する場合など、アスファルト舗装では難しい場合の代替処置として試みられている。コンクリート舗装の施工機械の連続性を生かした分離型は、基本的には土工部と同じコンクリート版厚と構造のコンクリート舗装を橋梁上もそのまま施工するものであり、床版の自重が重くなるため、延長の短い橋梁、もしくは橋梁前後がコンクリート舗装の場合に限られていることが欧州の事例よりわかった。

床版表層一体打施工法は、施工の合理化の観点からはわが国でも検討すべき、一つの有力な橋面舗装施工法と考えられるが、課題として

- ① 打設コンクリートの品質が床版コンクリートの性能はもとより舗装コンクリートの性能も有すべき必要があること(水セメント比、骨材のすりへり減量の基準の相違)、
- ② 日本の環境条件や交通条件に即した設計(床版で舗装部分の厚さはどうするか)、融氷剤などの塩害に対する防護対策の確認、

③ 一体打ちに適しているbridge deck paverの導入と施工習熟が必要なこと、などが挙げられる。

最後に、本稿は、橋面舗装の設計基準から紹介し、主としてコンクリート床版上のコンクリートの適用について述べてきた。一方、鋼床版上のコンクリート舗装については、鋼床版の構造強化の観点から、新設・修繕でもわが国で施工され紹介されており、その技術も海外より進んでいると考えられたのであえてここでは触れていないことを付記する。

[参考文献]

- 1) 日本道路協会／舗装設計便覧 平成18年2月, pp.221~226
- 2) セメント協会／コンクリート舗装への新しい試み(磐越自動車道) 道路とコンクリートNo.89, Sept, 1990
- 3) 小野崎寛和／舗装考, 米国事業とコロラドリバー橋, 舗装, 47-7(2012年), p.1
- 4) FHWA / <http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2010/>
- 5) FHWA / LRFD Steel Girder Super Structure Design Example
- 6) TRANSPORTATION RESEARCH BOARD : NCHRP SYNTHESIS 333 Concrete Bridge Deck Performance, 2004
- 7) IPRF / Report IPRF-01-G-002-1 Best Practices for Airport Portland Cement Concrete Pavement Construction (Rigid Airport Pavement), 2003 p.69より
- 8) R.Gruning / 橋梁上およびトンネル内のコンクリート舗装

・無料でお届けします

パンフレット・セメントの底力 セメントはわが国の防災インフラ整備を支えています



セメント協会は未曾有の被害をもたらした東日本大震災をはじめ、頻発するゲリラ豪雨や竜巻などの自然災害の脅威から、国民の命や生活を守るために必要な措置を施すことが何よりも重要な課題と捉え、防災インフラ整備の重要性を訴えるパンフレット(A4判・16ページ)を作成しました。

様々な自然災害時に対し、強固な躯体を持つコンクリート構造物やセメント系固化材が果たした役割や有用性を、①水害・土砂災害から「セメントが守る力」、②軟弱な地盤を「セメントが固める力」、③災害から人々を「セメントが包む力」、④人と人、街と街とを「セメントがつなぐ力」の項目にわけ、各種の事例を写真と図版でわかりやすく解説しています。

このパンフレットにより人々の命や暮らしを守るセメント・コンクリートの力、これから必要となる公共事業についてご理解いただき、より一層安全への意識を高めるための一助としていただきたく作成しました。ご希望の方には

無料でお届けいたします。申込みは部数と送付先を明記の上、下記までファクスでお申込み下さい。

(社)セメント協会 広報部門(担当:多田) ☎03-5200-5062