

論文

一般道の床版更新における床版・舗装の一体施工の検討

大田孝二*, 安井亨**, 橘吉宏***, 塩永亮介****, 薬師寺輝*****, 東洋平*****

* 工博, 大田技術士事務所 (〒108-0074 東京都港区高輪 4-8-9-502)

** 株式会社エイト日本技術開発, 橋梁事業部構造部門 (〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-15)

*** 工博, 株式会社フルテック (〒932-0031 富山県小矢部市岡 312)

**** 工博, 株式会社 IHI, 社会基盤事業領域 (〒135-8710 東京都江東区豊洲 3-1-1)

***** 工修, ショーボンド建設株式会社, 技術本部補修工学研究所 (〒305-0003 茨城県つくば市桜 1-17)

***** パシフィックコンサルタンツ株式会社, 東北交通基盤事業部
(〒980-0811 宮城県仙台市青葉区 1-1-9)

高速道路での床版更新はプレキャスト PC 床版を用いた床版取替工法が多く採用されている。また、高速道路という条件から橋梁延長や道路幅員など、相応の規模が確保されていることが多い。一方、床版更新を必要とする一般道の床版では規模の違いもあり、高速道路と同様な工法は採用できないケースがほとんどである。特に、地方自治体が管理する橋梁はその規模も小さく、昼間の片側での通行を確保しながらの施工や夜間のみの床版取替が要求されることも多い。本報告では、アメリカなどで通常実施されている床版と舗装の同時一体施工を半幅施工で実施することで、防水層の省略による経済化や工期短縮が実現できることを報告する。

キーワード：一般道、床版更新、床版・舗装の一体施工、コンクリート舗装

1. はじめに

現在、高速道路では床版の取替工事が精力的に進められている。その多くは交通車線の切替えを行い、上下線の一方に交通を寄せて、2車線（10m 程度）の幅員を確保して、施工を実施しているようである。高速道路の特性から橋梁延長も大きなものもあり、規模的に大きくなることもあって、プレキャスト PC 床版を工場で製作して現場で設置しているケースがほとんどである。

過去においては、高速道路に用いられた技術は耐震補強技術などに見られるように、一般道においてもその技術が採用されることが多かった。しかし、床版取替においては、橋梁の規模や幅員の制約、また、夜間のみの施工といった施工条件の差異はいかんともしがたく、高速道路の床版取替技術が一般道で採用されるケースはごく稀と考えられる。特に、交通量が少ない地方においては床版取替が経済的に大きな負担となることから、より安価な床版更新技術が望まれていると考えられる。

従来、日本の一般道における RC 床版の更新工法は、既設床版を撤去し、現場で新規の床版を打ち込む床版打換工法が採用されてきた。RC 床版を現場で打ち込む場合、新設橋と同様に床版施工を行い、その後、床版防水層を敷設、最後にアスファルト舗装の施工という順序で

写真-1 アメリカにおける床版工事の状況¹⁾

施工されてきた。

一方、アメリカでは、使用するコンクリート材料の品質やその材料管理の差はあるが、防水層は設置せずに床版コンクリートと橋面コンクリート舗装の打込みは同時に施工するケースが多い。

アメリカにおける床版工事の施工状況を写真-1¹⁾に示す。写真では、奥からブリッジペーパーを用いて床版コンクリートが打ち込まれており、舗装面まで床版コンクリートが施工されている²⁾。床版コンクリートはその上

の橋面コンクリート舗装と一体化されることで、床版の挙動としては部材厚が増加することでたわみが小さくなり、押抜きせん断による抜け落ちも生じにくくなる。

使用されるコンクリートは物質浸透抵抗性の高いコンクリートが指定されていることもあり、床版防水層は設置しない。上側の鉄筋かぶりには大きく、また、塗装鉄筋を使用することが義務付けられているため、塩化物イオンが含まれる凍結防止剤を散布する地方での鉄筋腐食への影響は小さくなる。したがって、打換後の床版寿命を大きく伸ばすことが期待できる。

しかしながら、こうした床版コンクリートと橋面コンクリート舗装を一体化して施工する工法は日本では行われておらず、施工費用や施工工程の検討が行われてい

ない状況である。

そこで、本報告では地方の一般道を想定した比較的小規模の橋梁を対象として、アメリカ式の床版施工法、すなわち床版・舗装の一体施工を床版更新に採用した場合の施工費用と施工工程を試算し、従来、日本で行われてきた床版打換工法ならびに、昨今、高速道路で盛んに行われているプレキャスト PC 床版を用いた床版取替工法との比較検討を行った。

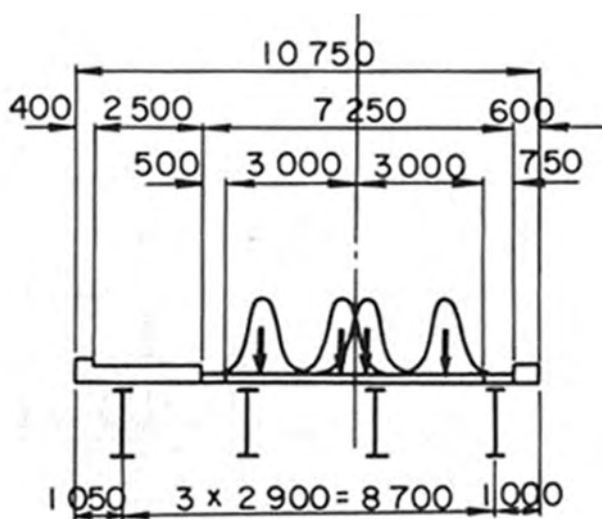
2. 試算検討を行った橋梁の概要

本検討の対象橋としては、地方自治体が管理する中小規模の橋梁を想定した。RC 床版の更新が必要となるのは供用 40～50 年が経過した鋼橋（プレートガーダー橋）が多いことから、1970～80 年代に建設された橋梁と考え、旧建設省制定「土木構造物標準設計（昭和 53 年改訂版）」に示される標準図の中から、以下の条件を仮定して、図－1 の標準断面を引用した。

- ① 地域区分：C 地域（地方部にあつて歩行者自転車の通行が認められる地域）
- ② 支間 30m（単純桁）、橋格 1 等橋、幅員は 2 車線の片側に歩道付き
- ③ 大型交通量は 1000 台／日・1 方向以上 2000 台未満とし、床版厚係数は 1.15

さらに、RC 床版の設計は、旧建設省発行の「道路橋鉄筋コンクリートの設計・施工について（昭和 53 年 4 月）」に準拠し、図－2 に示す断面を引用した。床版支間 2900mm、床版厚 230mm、舗装厚 50mm の橋梁である³⁾。

なお、今回検討する床版取替工法は既設の RC 床版を



図－1 選定した鋼橋の断面寸法図



図－2 選定した橋梁における RC 床版の断面図

撤去した後に、床版コンクリートと同じコンクリートを舗装上面まで同時に打ち込み、床版コンクリートと橋面コンクリート舗装を一体化する工法である。この工法は前述したようにアメリカではごく一般的に用いられている工法である²⁾。

この床版・舗装の一体施工を適用し、床版厚が増すことで、高い耐久性が確保できるのと同時に、床版防水層やアスファルト舗装の施工を省略できることから床版防水層とアスファルト舗装の施工コストの削減と同時に工期の短縮にも寄与することができる。

一方、日本国内では既設床版への橋面コンクリート舗装は一般的に普及してはいない。その理由として、通常の橋面コンクリート舗装と既設床版との接着性が確保されるか、また塩分等の劣化因子の浸透で床版の耐久性に悪い影響を及ぼさないか、という懸念が挙げられる。また、アスファルト舗装と比較すると、車両走行時の騒音が若干大きいこと、部分的な舗装損傷に対しての補修方法がアスファルト舗装ほど容易ではないことなどが、普及妨げの理由に挙げられている²⁾。

床版・舗装の一体施工を適用する場合、既設床版との一体性については問題ないと言える。また、劣化因子の浸透に関しても、前述した通り、上側鉄筋のかぶりを確保できることから解決できる。また、走行性や使用性についても、トンネル内の舗装では明るさ確保の目的から一般的に採用されているように、その使用に問題があるわけではない。

3. 半幅施工のステップと検討ケース

本検討では、施工期間中も橋面の通行止めはせずに、片側交互通行させることを前提に、床版を橋軸直角方向に半断面ずつ施工を行う半幅施工を想定した。なお、更新後の床版断面は、H29 道示に準拠すると床版支間 2900 mm に対して必要床版厚は 240 mm と、既設床版より +10 mm 厚くなるが、ここでは死荷重増に対する主桁補強等の影響は無視している便宜上、床版厚は 230mm のままとして扱った。

図-2 に示した床版断面に対して、半幅施工で行う施工ステップを図-3 に示す。まずステップ 1 として、歩道のない側の車線部の床版を撤去し、新しい床版へ更新する。この間に、G2-G3 桁間には仮設増設桁を設置する必要がある。

次にステップ 2 では、もう一方の車線部と歩道部を撤去し、新しい床版に更新する。なお、この期間中、歩道は別途設ける必要も想定される。

最後にステップ 3 では、車線中央部の間詰めコンクリートの施工を行う。

このような半幅施工による床版更新工事において、床版・舗装の一体施工を採用した際の概算工費および概算工期を試算し比較検討するために、以下に示す 3 つの工

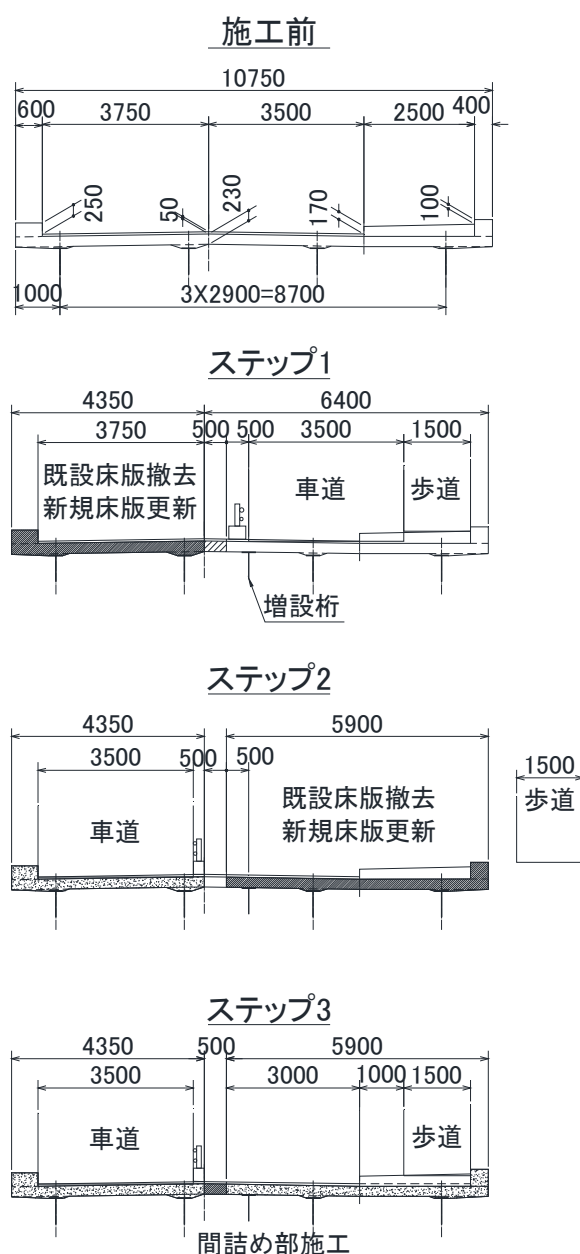


図-3 床版更新の施工ステップ

法 (A 工法～C 工法) を取り上げた。

A 工法は、従来工法の位置付けで、新しく場所打ち RC 床版に打ち換え、床版防水層を設置、アスファルト舗装を敷設する工法とした。

B 工法は、本論文で提案している床版・舗装の一体施工で、新しく場所打ち RC 床版を打ち換える際に、床版コンクリートを舗装面まで打ち込む。したがって、橋面はアスファルト舗装ではなくコンクリート舗装として構築する。

C 工法は、高速道路で一般的に採用されている工法で、プレキャスト PC 床版を橋軸方向に敷き並べ、パネル間接合部の施工をした後に、床版防水層を設置、アスファルト舗装を敷設する。

上記 3 つの工法は共通して図-3 に示した半幅施工で

行うものとした。また、間詰めコンクリートの種別は、A 工法および B 工法では早強コンクリート、C 工法では工期短縮が主目的のため超速硬コンクリートを想定した。なお、設計試算では、床版厚は 230mm、アスファルト舗装厚は 50mm であるが、B 工法の一体施工の場合は、床版厚 280mm として一気に施工される。

4. 施工費用の試算結果

図-2 に示した標準断面から得られるコンクリートや鉄筋、アスファルト舗装や間詰めコンクリートの使用材料および施工数量から、3 工法ごとに概算工費の算出を行った。例えば、床版コンクリートの場合、コンクリートの打込み・養生に要する施工費用、鉄筋材料費、型枠費等から各々単位価格を算出し、各工法に対しての概算施工費用の算出に使用した。

なお、3 工法の試算では、既設 RC 床版の撤去費については 3 工法に共通する項目としてステップ 1、ステップ 2 でそれぞれ考慮した。ただし、増設柵の付設や地覆・高欄の設置、歩道付け替えなどの付帯工事は共通項目ではあるが、全体の工費に対して割合が小さいため、この概算工費の試算からは除外している。

施工費用を算出する上で使用した単位価格を表-1 に示す。ここで示す単価は、いずれも材料費と施工費を含めた直接工事費であり、施工業者による工事実績（ヒアリング）から設定した。なお、アスファルト舗装の単価には、床版防水層の単価も含まれており、床版防水層の材料費は比較的安価なものを想定した。また、プレキャスト PC 床版は、二次製品工場での製造費に加え、現場での PCa 版の架設・施工（ジベル工、間詰め工）も含めた単価とした。表-2 に、各工法において施工ステップごとで使用する材料の数量を示す。

ステップ 1 について、A 工法および B 工法では RC 床版の現場打ちであるため床版コンクリートを、C 工法ではプレキャスト PC 床版の設置であるためプレキャスト PC 床版として数量を計上している。また、B 工法では床版コンクリートを舗装面まで一体化して打ち込むため、A 工法と比較して床版コンクリートの数量が多く、アスファルト舗装の数量がなくなっている。

ステップ 2 についてもステップ 1 と同様である。ステップ 3 については 3 工法とも共通して間詰めコンクリートを計上しているが、B 工法は舗装面まで床版コンクリートを打ち込んでいる分数量が多くなっている。

これらの単位価格と施工数量を基に、各工法の概算直接工費を算出し、表-3 に整理した。従来技術である A 工法では計 4579 万円、床版・舗装の一体施工である B 工法では計 4596 万円、高速道路で採用されている C 工法では計 2 億 264 万円となった。従来工法の A 工法を 1.00 とした場合の比率は、B 工法では 1.00、C 工法では 4.42 であった。

表-1 各材料の単位価格（材・工）

内容	単価
床版コンクリート	93千円/m ³
プレキャストPC床版	540千円/m ²
鉄筋	130千円/t
型枠	7千円/m ²
アスファルト舗装	5.3千円/m ²
間詰め(早強コンクリート)	30千円/m ³
間詰め(超速硬コンクリート)	180千円/m ³
既設床版の撤去	95千円/m ²

表-2 各工法における材料の数量

施工 ステップ	内容	単位	数量		
			A工法	B工法	C工法
ステップ1	既設床版撤去	m ²	148.4	148.4	148.4
	床版コンクリート	m ³	39.2	44.9	—
	プレキャストPC床版	m ²	—	—	133.1
	鉄筋	t	9.3	9.3	—
	型枠	m ²	148.8	148.8	—
	アスファルト舗装	m ²	114.8	—	114.8
ステップ2	既設床版撤去	m ²	180.5	180.5	180.5
	床版コンクリート	m ³	47.7	56.1	—
	プレキャストPC床版	m ²	—	—	180.5
	鉄筋	t	11.3	11.3	—
	型枠	m ²	181.1	181.1	—
	アスファルト舗装	m ²	91.8	—	91.8
ステップ3	間詰めコンクリート	m ³	3.5	4.3	3.5
	鉄筋	t	0.8	0.8	0.8
	型枠	m ²	13.4	13.4	13.4
	アスファルト舗装	m ²	15.3	—	15.3

表-3 概算直接工費の試算結果

施工 ステップ	概算直接工費(千円)		
	A工法 (場所打ち床版)	B工法 (床版・舗装一体施工)	C工法 (Pca床版取替)
ステップ1	20,597	20,522	86,586
ステップ2	24,807	25,103	115,130
ステップ3	390	332	920
合計	45,794	45,957	202,636
比率	1.00	1.00	4.42

このことから、本報告で提案した床版・舗装の一体施工は従来工法とほぼ同額であり、プレキャスト PC 床版による取替工法と比較して 75%以上、対象とした施工の範囲における工費を削減できることが分かった。

プレキャスト PC 床版を用いた C 工法は、施工規模が大きければ、急速施工や安全施工というメリットも見いだせるが、地方自治体が管理する小規模な橋梁の床版更新には不経済となると考えられる。

また、B 工法において、一体化したコンクリートの表層部分に性能の高いラテックスやレジンを使用した舗装仕様のコンクリートを使用するケースも検討したが、施工費用が従来工法である A 工法と比較して約 1.5 倍程度という結果となった。圧縮強度 30N/mm² のコンクリートが舗装コンクリートとしてどの程度の耐久性があるのか、また採用した橋梁にどれほどの交通量かによって、表層コンクリート種別を変更するといった判断も必要になると考えられる。

さらに、支間が 15m といったより小さな橋梁に対する検討も考えたが、そのような橋梁は通常、桁数が少なくなり床版更新時に余分な桁増設などが生じる可能性、また幅員が狭く半幅施工を適用できない可能性もあることから検討対象から除外した。支間が短くなれば、プレキャスト PC 床版を用いる工法は相対的に高価になると考えられることや、検討が煩雑になることから、本検討では行わなかった。

5. 施工工程の検討結果

4 章では、支間 30m の橋梁の床版更新に対し、床版撤去や増設桁の設置、歩道の付け替えなど床版更新に伴う付帯工事（A、B、C 工法で共通となる項目）を除いた概算直接工費の比較を行った。その結果、本検討で提案した床版・舗装の一体施工（B 工法）は、従来工法（A 工法）とほぼ同額となり差異はなかった。

しかし、床版防水層やアスファルト舗装などの工種が減ることで施工期間の短縮が望めることや、さらに床版コンクリートの増厚効果や上段鉄筋に対するかぶり厚の増加などから、B 工法で施工した床版の方が耐久性に優れると考えられる。

そこでまず前者について、既往の工事実績を基に、各工種で要する所要日数を割り出し、3 工法に対する概算工期の比較を試みた。全体工程を検討する上では、床版本体の更新以外の床版撤去工や地覆・高欄の設置工についても考慮した。ただし、準備期間と片付け期間は含んでいない。また、各工種の所要日数の累積から算出される実働日数に対し、不稼働率 1.7 を乗じた日数を想定される概算工期とした⁴⁾。

表-4 に 3 工法（A 工法～C 工法）の概算工期の算出結果を示す。この検討結果から、概算工期として A 工法では 145 日、B 工法では 131 日、C 工法では 95 日となり、基準とする従来工法を 1.0 とした場合、B 工法は 0.91（9%減）、C 工法では 0.66（34%減）となった。

プレキャスト PC 床版を用いた C 工法を一般道に採用した場合は A、B 工法と比較して工期を約 3 割程度短縮できることが分かったが、その分、高額となり、その傾向は支間が短くなれば、さらにその差が大きくなると考えられる。

表-4 概算工期の検討結果

施工 ステップ	工種	所要日数(日)		
		A工法	B工法	C工法
共通	足場工	5	5	5
ステップ1	撤去工	10	10	7
	床版工	16	16	5
	舗装工	4	—	4
	付帯工	3	3	6
ステップ2	撤去工	12	12	9
	床版工	18	18	5
	付帯工	3	3	6
ステップ3	間詰工	10	10	5
	舗装工	4	—	4
実働日数		85	77	56
概算工期 (実働日数×1.7)		145	131	95
比率		1.00	0.91	0.66

6. 結論

一般道の橋梁を半幅施工により床版の更新を行う場合において、支間 30m の橋梁を想定し各工法での工費や工期を比較した。

比較した工法は、従来用いられてきた RC 床版の現場打ちを行い、床版防水層とアスファルト舗装を施工する A 工法、RC 床版の現場打ちであるが、床版コンクリートを舗装上面まで使用し、床版防水層とアスファルト舗装を省略できる床版・舗装の一体施工である B 工法、さらに、現在高速道路で多く採用されているプレキャスト PC 床版を用いた C 工法の 3 つの工法を比較した。本検討では、施工費用と施工工程の試算検討を行い、結果として以下のことが分かった。

- ① A 工法と B 工法の施工費には有意な差はなかった。床版防水層の有無の差はアスファルトとコンクリートの価格差で相殺し、差が生じなかったためである。これは、アスファルトの材料や施工が安価であることを示している。また、今回検討に使用した床版防水層は安価なものを想定したためであり、グレードが高く高価なものを使用すると想定すれば、B 工法が安価となると考えられる。
- ② A、B 工法と比較すると C 工法は約 4 倍近い施工費となった。高速道路と同等のスケールメリットがある場合を除き、一般道の規模ではプレキャスト PC 床版を用いる工法は高価となることが分かった。

- ③ 施工工程を比較すると、A 工法と B 工法に有意な差はないが A 工法には床版防水層施工、アスファルト舗装施工と異なる工種が含まれるため、一気に舗装面までコンクリートの打込みが可能な B 工法の方が交通規制の期間は短くなると期待される。

以上より、床版・舗装の一体施工で行う床版更新はプレキャスト PC 床版による床版取替よりも経済性で優位であり、従来工法と比較して交通規制期間の短縮が期待できる。したがって、床版・舗装の一体施工で行う床版更新は地方の一般道に採用するのに適した工法と考えられる。ただし、橋面コンクリート舗装は床版上面が直接路面となるため、床版施工時の平たん性や表面仕上げ、コンクリートの養生には通常の床版施工より一層の注意が必要である。

更新した床版の耐久性や維持管理については、A 工法と B 工法の差異は舗装に使用する材料がアスファルトかコンクリートかの違いとなる。コンクリート舗装は橋梁での採用事例は少ないが、トンネルなどでは多くの実績を有している。

アスファルト舗装は走行時の騒音が小さく、都市部などでは一般に使用されるほか、部分的な補修・改修でも比較的簡単に補修できるメリットがある。

一方、コンクリート舗装はとくに補修・改修時に時間を要することがデメリットと言われているが、耐久性はコンクリート舗装が優ると考えられる。

また、B 工法において、舗装部により物質浸透抵抗性の高い舗装コンクリートを使用する検討も試みた。舗装コンクリートとしては、アメリカなどで一般的に用いられているラテックスやレジンを用いたコンクリートなどを調査したが、いずれも通常の床版コンクリートと比較して高額となった。

これらの舗装コンクリートは米国では一般的に補修に用いられているが、現状、日本ではまだ一般にはそれらの材料が使用される体制が整備されていないと考えられる。ただし、床版の損傷が激しくなく、床版を更新するほどではない場合は橋面コンクリート舗装のみの施工が更新よりも経済的で有効な案と考えられる。

また、部分的にポットホールや土砂化が生じている場合でも上面を一定量切削（アメリカではダイヤモンドグ

ラインディングやウォータージェット、日本ではウォータージェットやショットブラストなど）し、橋面コンクリート舗装とすることで経済的な補強が可能と考えられる。

7. おわりに

一般道に用いられる道路技術の多くは、高速道路における技術を一般道の条件に沿うように適合させて用いてきたと考えている。しかし、今回検討した床版更新の各技術においては施工条件、具体的には施工規模の差が大きく、高速道路の技術は経済的観点から一般道ではほとんど転用して採用できないのが現状である。結果として、小さな自治体の床版更新の技術は停滞し、自治体の経済力不足もあり、橋の継続供用そのものを断念する例もあるのではと危惧するところである。

小さな自治体では、財政難に加えて担い手不足の問題も相まって、インフラの維持が困難な状況で、それが過疎化を加速させているとも考えられる。本検討がそのような社会課題の解決の一助になることを願うとともに、我々が建設し、守ってきたインフラが、安価にかつ安全に維持・供用され、これからも日本の地方が元気な姿を見せてくれることを期待したい。

参考文献

- 1) IRONMARKETS : 4836B Bridge Deck Finisher , <https://www.forconstructionpros.com/concrete/equipment-products/concrete-pavers/product/10082862/allen-engineering-corporation-4836b-bridge-deck-finisher>, (入手 2024.7.16)
- 2) 土木学会:道路橋床版の長寿命化を目的とした橋面コンクリート舗装ガイドライン 2020, 2020.10
- 3) 社団法人全日本建設技術協会:建設省制定土木構造物標準設計第 23~28 巻, 活荷重合成プレートガーダー橋, 昭和 54 年 5 月
- 4) 国土交通省 大臣官房 技術調査課:直轄土木工事における適正な工期設定指針, <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001334745.pdf>, 2020.3

(2024 年 7 月 12 日受付)