

鋼道路橋RC床版を更新する施工技術に関する小委員会

小委員会報告

2021.9.15
第24回 橋に関するシンポジウム



齊藤史朗 (株)HIインフラシステム

土木学会 鋼構造委員会
鋼道路橋RC床版を更新する施工技術に関する小委員会

1

本日の報告内容

1. 小委員会設立の趣旨, 委員構成, 活動スケジュール
2. 活動の成果(報告書の概要)
 - 2.1 RC床版の現状(報告書第1章)
 - 2.2 課題への対応と設計・施工における配慮事項(報告書第2章)
 - 2.3 施工事例からわかるRC床版更新の要点(報告書第3章)
 - 2.4 RC床版更新のための知見と情報(報告書第4章)
3. 研究討論会, 講習会

2

1. 小委員会設立の趣旨, 委員構成, 活動スケジュール



3

委員会設立の趣旨

<背景>

- ・日本国内には約11,000kmの道路橋
- ・その大半は1950年代後半から1970年代をピークに建設された。
- ・現在では, 3割程度の道路橋が供用後40年を迎えている。
- ・急速に進む高齢化に加え, 予期せぬ重量車両の通行や冬季の凍結防止剤による塩化物イオン供給量の増加など厳しい環境下で使い続けられている。
- ・その結果, RC床版に複雑かつ深刻な損傷が生じている橋梁もある。

<土木学会の取り組み>


- ・道路橋床版の複合劣化に関する調査研究小委員会 (2013年5月~2016年3月, 委員長:大田孝二)
- ・毎年秋に開催される床版シンポジウム
- ・鋼橋の大規模修繕・大規模改築に関する調査研究小委員会 (2013年6月~2016年5月, 委員長:水口和之)
- ・この流れを受け, 最新の施工事例と施工技術を収集し, 課題に対して解決方法を検討するために, **鋼道路橋RC床版を更新する施工技術に関する小委員会**が2016年に設置された。

4

委員会設立の趣旨

<活動の進め方>

- ・本小委員会の委員は, 産官学の幅広いメンバーから構成
- ・それぞれの経験や得意分野を持ち寄る形で, 意見交換と報告書作成を進めた。
- ・報告書を取りまとめるにあたっては, ただ床版更新の施工事例を掲載するだけではなく, 施工事例から得られた設計・施工における配慮事項を掲載することに留意した。
- ・3年間の活動の成果として2020年4月にまとめられた報告書「鋼道路橋RC床版更新の設計・施工技術」
- ・2020年11月には講習会を実施



5

鋼道路橋RC床版を更新する施工技術に関する小委員会 委員

委員長 並川賢治(首都高速道路(株))	委員 則竹義辰((株)エイト日本技術開発)
幹事長 齊藤史朗((株)HIインフラシステム)	委員 服部雅史((株)高速道路総合技術研究所)
委員 青柳竜二((株)長大)	委員 平塚慶彦(ショーボンド建設(株))
委員 秋山充良(早稲田大学)	委員 平野勝彦(東日本高速道路(株))
委員 岩井 学(川田工業(株))	委員 松井隆行(西日本高速道路(株))
委員 岩崎郁夫(大成建設(株))	委員 光川直宏((株)建設技術研究所)
委員 大垣賀津雄(ものづくり大学)	委員 村越 潤(東京立大学)
委員 加藤順一(東京都)	委員 横間耕一(日本製鉄(株))
委員 岸田政彦((株)フタバ(元首都高速道路(株)))	
委員 小島弘幸((株)福山コンサルタント)	
委員 後藤俊吾(中日本高速道路(株))	
委員 小林 寛(阪神高速道路(株))	
委員 白水晃生((株)横河ブリッジ)	
委員 橋 肇((株)駒井ハルテック)	
委員 田中伸尚(宮地エンジニアリング(株))	
委員 田中裕明(JFEエンジニアリング(株))	
委員 玉置一清(三井住友建設(株))	
委員 玉越隆史(京都市大学経営管理大学院(元国立研究開発法人土木研究所))	
委員 中村定明((株)HIインフラ建設)	
委員 中山良直(川田建設(株))	
委員 新倉利之(パシフィックコンサルタンツ(株))	

2020年11月時点, 五十音順

6

委員会 活動スケジュール

橋道路橋のRC床版更新の設計・施工技術 活動スケジュール

項目	2016												2017												2018												2019												2020																							
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
連絡状況	← 活動期間: 2016年10月～2019年9月 (32年) →																																																												2020年11月24日 講習会											
事務局・紹介	12/1 2/14 4/13 6/2 9/19 11/21 2/13 14 4/17 8/6 11/15 5/23 9/3																																																																							
議題の整理	2016年9月23日 沖崎自動車道福地川橋(上)線 床版更新現場視察																																																																							
施工技術の整理	2019年9月3日 秋12:40～14:40 土木学会 令和元年全国大会 調査発表会(1) 9/12 第9期1号巻 第21次講義室																																																																							
原簿作成作成	→																																																																							
調査・設計	→																																																																							
原簿作成	→																																																																							
発注(本工事発注)	→																																																																							
原簿作成及び修正	→																																																																							
発注(補助工事発注)	→																																																																							
原簿作成及び監修許可	→																																																																							
講習会	→																																																																							

7



8

報告書の目次

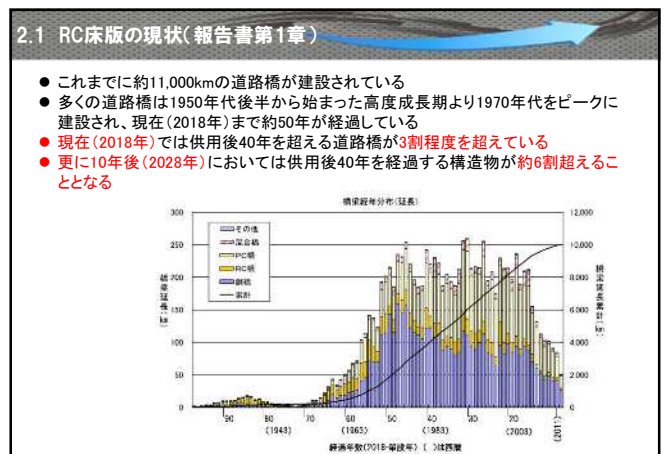
はじめに

第1章 RC床版の現状
 第2章 課題への対応と設計・施工における配慮事項
 第3章 施工事例からわかるRC床版更新の要点
 第4章 RC床版更新のための知見と情報

資料 RC床版更新の施工事例
 あとがき

- 第1章は現在のRC床版の現状をまとめた。
- 第2章はRC床版を更新するにあたり抱えている問題や課題への対応方法を示すとともに設計・施工の進めるにあたり配慮すべき事項を整理した。
- 第3章は課題別に解決のヒントとなる施工事例を集めた。
- 第4章はよりRC床版に関する理解を深めるために合成桁の種類と考え方などの最新の知見と技術を紹介している。

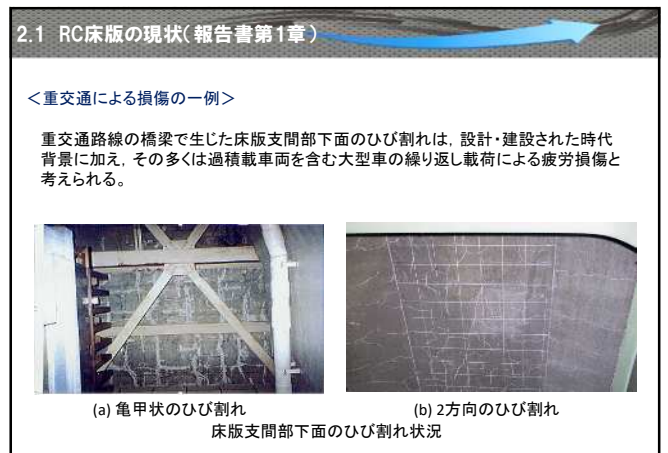
9



10

- ### 2.1 RC床版の現状(報告書第1章)
- 必ずしも明確ではないが、このようなRC床版の劣化と損傷には、設計・建設された時代背景や地理的条件などの関係性が見られ、概ね以下のような傾向がある。
- ① 昭和30年代～40年代に建設された供用後50年程度経過した橋梁
 - ② 重交通路線に架橋された橋梁
 - ③ 凍結防止剤の散布や凍結融解するような積雪寒冷地に架橋された橋梁
 - ④ 飛来塩分による影響を受ける沿岸部に架橋された橋梁
 - ⑤ 海砂を使用していた時代・地域に架橋された橋梁
 - ⑥ 防水層が設置されていない橋梁

11

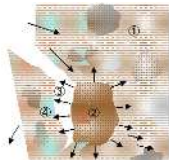


12

2.1 RC床版の現状(報告書第1章)

<凍結融解>

- RC床版上面の微細なひび割れから浸入した水がコンクリート内で凍結融解を繰り返して、コンクリート中に細かなひび割れと材料分離を引き起こす
- 長年にわたり凍結融解の繰り返しを受けることでコンクリートが徐々に劣化しコンクリート表面が剥離し鉄筋の損傷となる。一般のコンクリート構造物では、寒冷地において水が供給され凍結融解を繰り返す南向きの箇所では凍害が生じることが多い。



①コンクリートが吸水
②吸水した水が凍結して膨張
③凍結による膨張が繰り返されてひび割れが生じる



凍害によるひび割れ

13

2.1 RC床版の現状(報告書第1章)

<塩化物(塩害)>

- RC床版のコンクリート中に浸入した塩化物は鉄筋の腐食を促進し、錆の膨張圧力はコンクリートにひび割れを引き起こす。
 - ①海岸線近傍で海からの飛来塩分によるもの
 - ②凍結防止剤の使用により塩化ナトリウムなどの塩化物イオンが床版上面から拡散あるいは浸透することによるもの
 - ③海砂などの使用によりコンクリート中に当初から塩化物イオンが一定量以上含有しているもの(内在塩分)
- 既設RC床版上面・下面における凍結防止剤による塩害の加速期・劣化期の事例である。RC床版の上面、下面の状況から、鉄筋の腐食膨張によるひび割れおよびコンクリートの剥離、剥落が発生しており、床版の耐力は大きく低下しているものと推定される

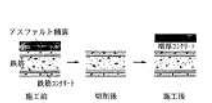


14

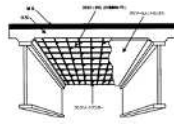
2.1 RC床版の現状(報告書第1章)

<床版補強>

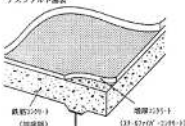
- 床版上面から補強する工法と床版下面から補強する工法など、様々な種類の補強工法が開発されている。



縦筋補強工法



床版下面増厚工法



床版上面増厚工法



鋼板接着工法



炭素繊維格子接着工法

15

2.2 課題への対応と設計・施工における配慮事項(報告書第2章)

第2章は、RC床版更新において「最も適切な構造・工法」を選定するために、床版と上部構造の設計・施工における問題と課題を示すとともにその対応について、今後、増加が見込まれる合成桁への対応を含め設計・施工の進め方を解説している。



16

2.2 課題への対応と設計・施工における配慮事項(報告書第2章)

○合成桁のメリット

欧米では1940年代、日本では1950年代以降、経済性に優れていることから、RC床版と鋼主桁との合成桁が建造されるようになった。

表 2.1.1 合成桁と非合成桁との比較¹⁾

項目	合成	非合成
断面図		
曲げ耐力	100%	100%
自重	100%	159%
構造高さ	100%	127%
剛性	100% (80%, t=∞)※	72%

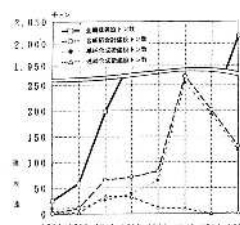
※合成桁はコンクリートのクリープの影響により、活荷重ではなく死荷重等の持続荷重については最終的に80%の剛性となる。

⇒経済的だから、合成桁を採用 (米国や欧州のほとんどが合成桁)

17

2.2 課題への対応と設計・施工における配慮事項(報告書第2章)

合成桁の歴史と代表的な建設事例



5か年ごとの合成桁の建設の推移

- ・連続合成桁が建設されなくなったのは設計・施工の煩雑さが原因と言われている。
- ・単純合成桁は、建設省の標準設計に掲載されたこともあり、経済的であったため1980年ごろまで増えて、それ以降減少した。

⇒多くの合成桁は古い基準で設計されている。

☆床版更新を行っても、鋼主桁が現在の設計基準を満たすには補強が必要となる場合もある。

18

2.2 課題への対応と設計・施工における配慮事項(報告書第2章)

○合成桁の床版更新で配慮すべき事項

合成桁は床版も桁の一部であると理解していないと、床版撤去時に落橋事故が生じる。



合成桁の撤去中の落橋事故事例

合成桁は、合成効果が無くなると
⇒落橋

- 合成桁は更新工事のみならず撤去工事においても、鋼桁と床版との合成効果を配慮した工法が必要となる。

⇒設計や施工情報の収集が必要となる。

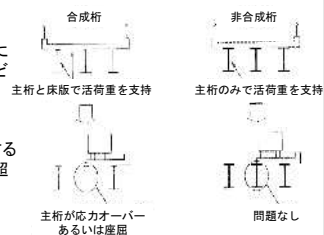
19

2.2 課題への対応と設計・施工における配慮事項(報告書第2章)

○合成桁の床版更新で配慮すべき事項

①合成桁の種別や施工時の情報収集

合成桁は合成の程度以外にも、施工方法によって、活荷重合成桁や死活荷重合成桁などの種類がある。



②施工時における鋼げたの応力超過

桁を構成する床版を撤去して交通を開放するような半断面施工の場合、鋼げたの応力が超過する可能性がある。

合成桁の半断面施工における桁の応力超過概念図

20

2.2 課題への対応と設計・施工における配慮事項(報告書第2章)

○合成桁の床版更新で配慮すべき事項

③合成桁の上フランジの座屈

圧縮作用を受ける上フランジを固定していた床版を撤去すると、下の写真に見られるように上フランジに座屈を生じる可能性がある。



合成桁の撤去中の落橋事故事例

上フランジを固定していた床版を撤去すると
⇒上フランジに座屈が生じ落橋

④キャンパの管理

30m程度の支間長の単純合成桁でもキャンパは100mm程度となる。RC床版を撤去し、軽量の床版に替える場合キャンパ管理に留意する必要がある。

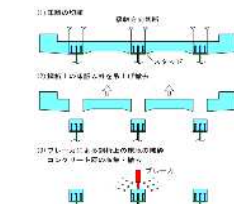
21

2.2 課題への対応と設計・施工における配慮事項(報告書第2章)

○合成桁の床版更新で配慮すべき事項

⑤ずれ止め周りのコンクリートの撤去

RC床版と鋼桁とを接合するずれ止めは頭付きスタッドや馬蹄形ジベルなどで構成され、コンクリートを取り除くには、左下図に示すようにブレーカーで研ることが一般的である。このため、騒音や粉塵が発生する。



合成桁のずれ止め周りのコンクリートを研るイメージ図



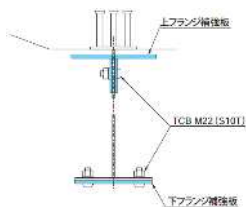
合成桁のずれ止め周りを研る状況

22

2.2 課題への対応と設計・施工における配慮事項(報告書第2章)

○合成桁の床版更新で配慮すべき事項

⑥上フランジの補強が難しい



合成桁の断面補強概念図



上フランジの取付部材の接続状況

- 上フランジを補強するときの補強部材と上フランジ間が狭く、塩分などがたまりやすく、塗装もしにくいメンテナンスの難しい構造となる。
- 上フランジの補強部材の連続化は圧縮側なら良いが引張側は引張ボルトになる。

23

2.3 施工事例からわかるRC床版更新の要点(報告書第3章)

第3章では、すでに実施されているRC床版更新の中から、課題解決や目的に目撃して施工事例を収集し、今後の設計および施工のヒントになる点について取りまとめている。

本委員会で収集した施工事例を得られた知見や工事の目的ごとに整理すると、以下のようになる。

- ① 設計・施工上の課題に対応した施工事例
- ② 機能を向上した施工事例
- ③ 工期短縮のための施工事例研究
- ④ 高速施工を目指す米国のABCプロジェクト

24

2.3 施工事例からわかるRC床版更新の要点(報告書第3章)

安全確保と効率化を目的として実施した対策の一例として、ロードジッパーシステムの使用状況を以下に示す。車線の切替にロードジッパーシステムを用いることにより、大きな渋滞なく切替を行うことができた事例である。



ロードジッパーシステムによる車線切替状況

25

2.4 RC床版更新のための知見と情報(報告書第4章)

第4章では、以下の知見と情報を取りまとめた。

- ① RC床版更新の参考になる合成桁の歴史および床版と鋼桁の合成に関すること
- ② 輪荷重走行試験とそれに伴うRC床版の乾燥収縮の影響
- ③ 疲労に配慮した鋼床版
- ④ 炭素繊維シートによる主桁補強
- ⑤ 軽量化と急速施工を目指した技術開発

RC床版更新の問題

- 通行止めや車線規制による経済面での社会的損失、
- 床版の撤去時や設置後における既設上部工への荷重負担の増加 など

耐久性向上など配慮すべき事項も多く、それらを解消・解決するために各方面で技術開発が盛んに行われている。

26

2.4 RC床版更新のための知見と情報(報告書第4章)

<疲労フリーの鋼床版構造>

寿命100年を達成させるための具体的性能
⇒道路橋示方書 T荷重の1000万回繰返し載荷が設定

疲労き裂が発生しない=疲労フリーの鋼床版構造



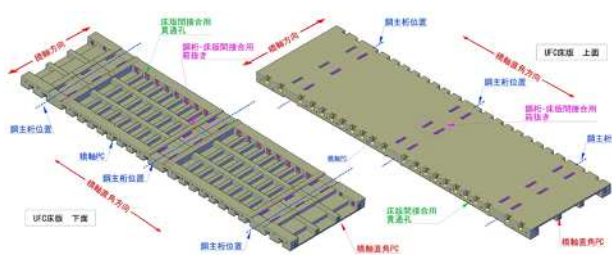
鋼床版に発生している主な疲労き裂

27

2.4 RC床版更新のための知見と情報(報告書第4章)

<UFC床版による更新床版の軽量化と急速施工>

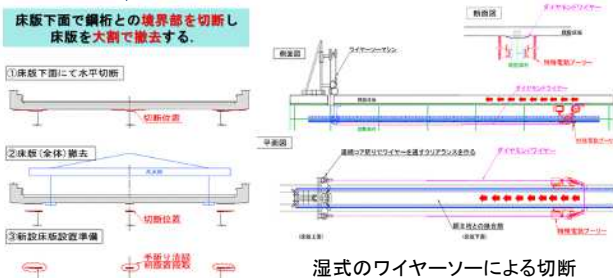
UFC床版開発→軽量化



28

2.4 RC床版更新のための知見と情報(報告書第4章)

<ワイヤーソーによる既設床版の急速撤去(その1)>
合成桁の既設RC床版を撤去する時間←全体工程に占める割合大



湿式のワイヤーソーによる切断

29

2.4 RC床版更新のための知見と情報(報告書第4章)

<ワイヤーソーによる既設床版の急速撤去(その2)>



完全無水式ワイヤーソーによる切断

スイング式研磨装置

30

2.4 RC床版更新のための知見と情報(報告書第4章)

<コア削孔による既設床版の急速撤去>

床版下でコア削孔またはウォールソーによりスタッドを切断

① 床版下のコア削孔によりスタッドをコア削孔

② 既設床版に載せて、鋼桁と床版を養生し、吊上げ船着

床版剥離、および撤去

撤去後(コア削孔) 撤去後(ウォールソー)

31

2.4 RC床版更新のための知見と情報(報告書第4章)

<支持桁による上部工の負担軽減>

既設床版の撤去時⇒主桁上縁の応力が厳しくなる

↓

支持桁を用いてベントを使用しない工法を開発

RC床版 撤去床版 支持桁連結部 油圧ジャッキ 支持桁

実大試験の切断部

32

2.4 RC床版更新のための知見と情報(報告書第4章)

<路下構築による急速鋼床版更新>

既設RC床版の撤去前に、予め既設RC床版の下に新設鋼床版を設置し、既設RC床版撤去とほぼ同時に鋼床版の設置が完了する工法を開発。

33

3. 研究討論会、講習会

34

3.1 土木学会全国大会 研究討論会

2019年9月に土木学会全国大会(香川大学)にて、研究討論会を開催。

35

3.2 本委員会の講習会

2020年11月にオンラインにて、講習会を開催。

36

おわりに

- 補強や部分的な更新で機能を取り戻すことのできないRC床版は、全面的に取り替えることとなるが、その際、最新の知見を盛り込むことで更新される床版は、版厚の増加や荷重の増加に伴う上部工の耐力不足などの新たな問題を抱えることとなる。
- また、現場では交通規制による制約の中、安全な撤去・架設方法が求められ、設計・施工計画の立案に相当な時間を費やすこととなる。
- 今後、更に施工環境が厳しくなるとともに、設計・施工条件が難しい合成桁を対象としたRC床版の更新が増加すると予測され、道路管理者をはじめ設計・施工に関わる実務担当者にとって喫緊の課題となっている。
- 本報告書が今後、多く行われることとなるRC床版の更新に少しでも役立てば幸いである。

最後に、本小委員会の開催、本報告書作成および出版にあたってご尽力いただいた土木学会関係者の皆様、査読者の皆様、執筆者の皆様に心より御礼を申し上げます。