

長寿命化修繕計画における道路橋RC床版の現状

Current state of RC slab in order to extend life cycle of bridges

青島亘佐*, 阿部忠**, 川井豊***

Kosuke Aoshima, Tadashi Abe, Yutaka Kawai

*(株)福山コンサルタント リスクマネジメント事業部(〒802-0062 福岡県北九州市小倉北区片野新町 1-11-4)

**博(工), 日本大学教授, 生産工学部土木工学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1)

***工博, 日本大学非常勤講師, 生産工学部土木工学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1)

In the municipal corporation, in response to the "extension-of-life-span repair planning working-expenses auxiliary system" founded in the Heisei 19 fiscal year, a highway bridge extension-of-life-span repair plan is formulated, and the bridge check, the repair, and the construct substitute based on a plan are carried out.

This paper attempts to report the damage condition of the RC slab through the bridge check by the extension-of-life-span repair plan.

And presents some decision example of the actual extension-of-life-span repair plan.

Key Words: preventive repair, RC slab, measure construction method, extension of life cycle

キーワード：予防的修繕, RC床版, 対策工法, 長寿命化

1. はじめに

国土交通省は、平成19年度より、地方公共団体の橋梁管理について、従来の事後的な修繕及び架け替えから、予防的な修繕による長寿命化及び計画的な更新への円滑な政策転換を図り、ライフサイクルコスト（以下、LCCとする）の低減及び維持管理費の平準化の実現のために、「長寿命化修繕計画策定事業費補助制度」を創設した。この制度は、都道府県及び政令市については5年間（平成19～23年度）、その他の区市町村については7年間（平成19～25年度）の時限措置となっており、期間内に長寿命化修繕計画を策定する団体に対して策定費用を補助するとともに、その後の計画に基づく修繕及び架け替えの費用についても補助するものである。これを受けて地方公共団体では、「道路橋長寿命化修繕計画」の策定が実施されている。地方公共団体の道路橋長寿命化修繕計画における橋梁点検の実施率は、都道府県及び政令市では100%、市区町村では77%（平成23年4月現在）となっている¹⁾。

本報告では、橋梁点検において橋梁部材の中でも損傷が著しい傾向にあるRC床版に注目して、現状におけるRC床版の損傷状況を示すとともに、実際の道路橋長寿命化修繕計画の策定事例について述べたものである。

2. 長寿命化修繕計画事業の概要

我が国の一般道路の全橋梁数（橋長15m以上）は平成21年4月現在で155,000橋あり、建設後50年を経過する高齢化橋梁は全橋梁数の8%である。高齢化橋梁は、10年後には26%、20年後には53%に増加し、全橋梁数の50%以上が高齢化を迎えることになる¹⁾。

長寿命化修繕計画策定事業の背景には、このように高度経済成長期に建設された橋梁の多くが、数年後には一斉に更新時期を迎えることになり、従来通りの事後的な修繕及び架け替えを実施した場合には、これを管理する地方公共団体は財政的負担の増大が懸念されることがある。したがって、従来の事後的な修繕及び架け替えから、予防的な修繕による長寿命化及び計画的な更新への円滑な政策転換を図る必要がある。ここで、事後的修繕及び予防的修繕のイメージを図-1に示す。

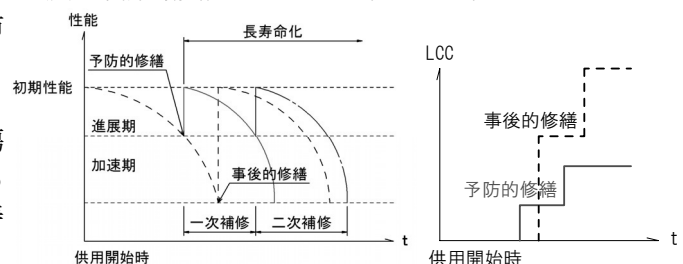


図-1 事後的修繕及び予防的修繕の概念

従来通りの事後的修繕を実施した場合は、大規模修繕により地方公共団体の財政的負担の増大が懸念される。それに対して、老朽化橋梁の増大への対応として、予防的修繕への政策転換を図った場合は、定期点検の結果を活用して小規模修繕を繰り返し行うことにより橋梁の健全度を維持し、長寿命化及び LCC 縮減の効果が期待できる。

3. 実橋 RC 床版の損傷の傾向

3.1 実橋 RC 床版の損傷状況

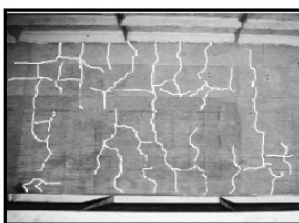
RC 床版の損傷は、基本的には大型車両の繰り返し走行に起因した疲労損傷であるが、建設されている地域環境条件によっても損傷状況が異なる。たとえば、首都圏では大型車両の交通量の増大による疲労劣化であり、その損傷状況は2方向のひびわれやそれに伴う漏水・遊離石灰の発生である。ここで、首都圏の道路橋 RC 床版の損傷状況の一例を写真-1 に示す。写真-1(1)は高速道路における RC 床版下面の損傷状況であり、疲労損傷により2方向のひびわれが発生している。写真-1(2)は、海岸線から 5km 付近に建設された RC 床版であり、かぶりコンクリートがはく離し、さらに鉄筋が露出して飛来塩分の影響により鉄筋には発錆がみられる。

一方、積雪寒冷地域では、大型車両の交通による疲労劣化に加え、凍結防止剤の散布による塩害と寒冷地特有の凍害の影響を受け、RC 床版上面にはコンクリートの砂利化や土砂化、下面には2方向のひびわれと漏水・遊離石灰の発生、さらに鉄筋の腐食の影響などが複合し、首都圏の RC 床版以上に損傷が著しい。ここで、砂利化とは床版ひびわれから侵入する水が凍結・融解と疲労に

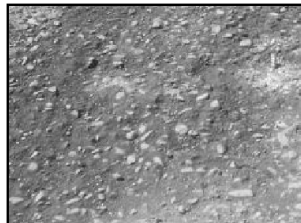
よりセメント成分が遊離して骨材のみとなる現象、土砂化とは床版上面に堆積した土砂がひびわれから雨水と同時に侵入し、凍結・融解と疲労によりセメント成分が遊離して土砂の成分が混入した骨材のみとなる現象と定義する。積雪寒冷地の道路橋 RC 床版の損傷状況の一例を写真-2 及び写真-3 に示す。写真-2(1)は、積雪寒冷地域の RC 床版上面の損傷状況であり、スケーリングが生じている。写真-2(2)は、舗装の損傷及び凍害により上面コンクリートにはひびわれが発生している。また、写真-3(1)は、塩害・凍害と大型車両の繰り返し走行による疲労劣化により、床版上面のかぶりコンクリートは砂利化が生じ、鉄筋が露出している。この床版の下面は写真-3(2)であり、格子状のひびわれの発生と漏水・遊離石灰の発生が著しい。なお、この床版は橋面防水工が施されていない床版であり、供用開始後 33 年で撤去された。

次に、塩害と凍害の複合劣化による RC 床版の損傷の砂利化と土砂化の状況を写真-4 に示す。写真-4(1)は、主桁上の RC 床版上面であり、かぶりコンクリートは砂利化により、鉄筋が露出している。なお、砂利化の深さ方向の範囲はかぶりコンクリートまでであった。また、写真-4(2)は、舗装にポットホールが見られ、その下の RC 床版は圧縮鉄筋の下まで土砂化している。いずれも既に撤去された RC 床版である。

以上のように、RC 床版の損傷状況は交通量の多い首都圏では、2方向のひびわれと漏水・遊離石灰の発生が主である。これに対して積雪寒冷地域では、大型車両の交通量が少ないにもかかわらず、塩害と凍害の複合劣化により砂利化や土砂化が発生し、建設後 30 年程度で新床版に打ち換え等がなされている床版も見られる。



(1) 2方向ひびわれ



(1) スケーリング



(1) 凍害による砂利化



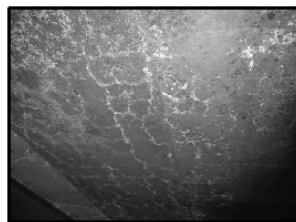
(1) 砂利化によるかぶりコンクリートの損傷



(2) 2方向ひびわれと遊離石灰



(2) 舗装の損傷及び凍害



(2) 凍害による2方向のひびわれと遊離石灰



(2) 凍害による土砂化

写真-1 首都圏の RC 床版の損傷状況

写真-2 積雪寒冷地の RC 床版上面の損傷状況

写真-3 積雪寒冷地の RC 床版上下面の損傷状況

写真-4 複合劣化床版の損傷状況

3.2 道路橋示方書の変遷²⁾

鋼道路橋 RC 床版に関する設計基準は、昭和元年 6 月に「道路構造に関する規則案（内務省土木局）」が定められ、平成 14 年 3 月の道路橋示方書・同解説に至るまで多くの改定が行われてきた。一般的に昭和 39 年鋼道路橋示方書で設計された橋梁床版に損傷が多く発生していると言われている。ここで、RC 床版に関する設計基準の変遷を表-1 に示す。表-1 より、昭和 39 年改訂の設計基準では鉄筋の許容応力度は 180N/mm^2 であり、鉄筋には丸鋼が使用されている。配力筋方向の鉄筋量は主鉄筋の 25% 以上の配置となっている。また、床版厚は有効厚 11cm であることから最小厚さは概ね 15cm 程度である。次に、昭和 43 年の通達では、許容応力度も現在の 140N/mm^2 に改訂され、配力筋は主鉄筋量の 70% 以上の配置となり、最小床版厚は 16cm となった。また、昭和 40 年代後半より異形棒鋼が鉄筋の主流となった。昭和 47 年改訂の道路橋示方書では、主鉄筋方向の曲げモーメント式の改定及び配力筋方向の曲げモーメント式が規定された。昭和 55 年改訂の設計基準では交通量による割り増し係数が適用され、さらに床版厚が厚くなり、耐疲労性の向上が図られている。平成 6 年改定の道路橋示方書では活荷重が 100kN へと引き上げられた。

以上のように、建設年代の設計荷重に対する過大な輪荷重の載荷、交通量の増大、床版厚さの不足、配力筋の不足、主鉄筋の曲上げ位置の不適正による鉄筋量不足、コンクリートの品質不良、施工面からはコンクリートの締固め不足等が考えられるが、このような要因が複雑に作用し合って損傷が生じている。したがって、建設年次、橋梁規模等、多様な管理橋梁が混在する地方公共団体の修繕計画策定においては、建設時代の基準に準拠した補修・補強対策を検討することが重要となる。

4. 千葉県が管理する橋梁

表-1 道路橋 RC 床版の設計基準の変遷

名称	等級	設計活荷重 (tf)		活荷重曲げモーメント式 (tf-m)		鉄筋の許容応力度 (kgf/cm ²)	最小版厚 (cm)	配力筋量
		自動車	歩行者	主鉄筋方向	配力筋方向			
昭和31年 (1956年)	鋼道路橋設計示方書	1等橋 T-20, P=8.0		2.0<L≤4.0 (連続版) [0.4 P×(L-1)× (1+L)/(L+0.4)] ※I=20/(50+L)	規定なし	$\sigma_{sa}=1300\text{kgf/cm}^2$	有効厚11cm以上	主鉄筋量の 25%以上
昭和39年 (1964年)	鋼道路橋設計示方書	同上	同上	同上	同上	$\sigma_{sa}=1800\text{kgf/cm}^2$	同上	同上
昭和42年 (1967年)	鋼道路橋の一方鉄筋 コンクリート床版の配力 鉄筋設計基準(通達)	同上	同上	同上	同上	同上	同上	主鉄筋量の 70%以上
昭和43年 (1968年)	鋼道路橋の床版設計に 関する暫定基準案(通達)	同上	同上	2.0<L≤4.0 (連続版) 0.4 P×(L-1) / (L+0.4)	同上	$\sigma_{sa}=1400\text{kgf/cm}^2$	$t_b=3L+11 \geq 16$	同上
昭和47年 (1972年)	道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	1等橋 T-20, P=8.0 (9.6) ※()内は1方向 1000台/日以上の 大型車の割増		$(0.12L+0.07) \times P$	$(0.10L+0.04) \times P$	同上	同上	配力筋の 曲げモーメント式 により算出
	2等橋	T-14, P=5.6						
昭和55年 (1980年)	道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編 ※SS3通達時に改訂	同上	同上	$(0.12L+0.07) \times P$ 連続版は上記の80%	$(0.10L+0.04) \times P$ 連続版は上記の80%	$\sigma_{sa}=1400\text{kgf/cm}^2$ に対し200kgf/cm ² 程度余裕を持たす ※死荷重時は 100N/mm ² 以内	$t_b=3L+11$ $t_b=k_1k_2t_b$ k_1 :交通量係数 k_2 :付加モーメント係数	配力筋の 曲げモーメント式 により算出
平成2年 (1990年)	道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
平成6年 (1994年)	道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	B活荷重 T荷重, P ₀ =10.0		※支間長により割増 上記を20%低減	※支間長により割増 上記を20%低減	同上	同上	同上
平成8年 (1996年)	道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	A活荷重		同上	同上	同上	同上	同上
平成14年 (2002年)	道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	同上	T荷重, P ₀ =100kN	同上	同上	同上	同上	同上

：規定の強化によるスペックの向上となる改訂項目

：規定の緩和によるスペックの低減となる改訂項目

4.1 千葉県橋梁長寿命化修繕計画策定の経緯

千葉県（以下、県とする）においても、高齢化橋梁が今後一斉に更新時期を迎えることになり、県の財政的負担の増大が懸念された。そこで、県が管理する橋梁に対して国土交通省の橋梁点検要領(案)³⁾（以下、点検要領(案)とする）を参考にして作成した千葉県橋梁点検要領(案)⁴⁾（以下、千葉県要領(案)とする）に基づいた点検により損傷を把握し、事後的な修繕及び架替えから予防的な修繕計画への転換を図り、LCCの低減及び維持管理費の平準化を図ることを目的として、『千葉県橋梁長寿命化修繕計画⁵⁾（以下、長寿命化修繕計画とする）』が策定された。

4.2 県が管理する橋梁の状況

2009年9月現在で県が管理する2,146橋の概況を図-2に示す。図-2より、橋種別では、鋼橋が524橋で全橋梁の24%、コンクリート橋が981橋で全橋梁の46%、ボックスカルバートが617橋で全橋梁の29%の比率となっている。また、橋長別では、15m未満の小規模橋梁が1,288橋で全橋梁の60%と最も比率が高い。これらの現況を踏まえて、県が管理する2,146橋について長寿命化修繕計画で対象とする橋梁の選定を行った。

4.3 長寿命化修繕計画対象橋梁

長寿命化修繕計画では、優先的に計画策定を進める対象橋梁を、重要性及び落橋等が生じた場合の影響の大きさから判断し、橋長15m以上の橋梁に加えて橋長15m未満の橋梁についても緊急輸送道路、鉄道等重要な施設を跨ぐ本線橋を選定した。その結果、優先的に計画策定を進める対象橋梁の橋梁総数は776橋（橋梁延長58,136m）で全橋梁数の36%（全延長の約82%）である。ここで、長寿命化修繕計画策定対象橋梁の概況を図-3に示す。なお、建設後の経過年数別では50年以上の高齢化橋梁が49橋で6%を占めている。

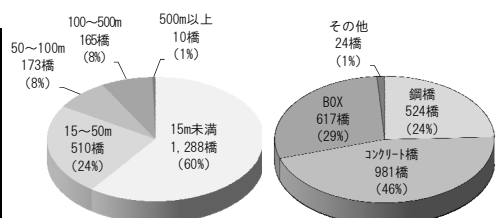


図-2 千葉県の橋梁の概況

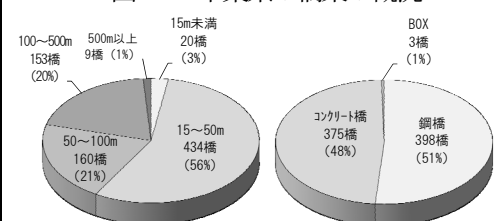


図-3 計画策定対象橋梁

5. 橋梁点検による損傷程度評価と対策区分判定

5.1 橋梁点検における損傷程度及び対策区分の評価

橋梁の定期点検は、安全で円滑な交通の確保、沿道や第三者被害の防止を図る目的で、一般的に供用後2年以内に初回点検、2回目以降は原則として5年以内に行うこととなっている³⁾。県でも全管理橋梁に対して千葉県要領(案)に基づいて5年毎に点検を実施している。

長寿命化修繕計画で対象とする776橋は、千葉県要領(案)に基づいた点検において、部材毎の損傷状況に応じて損傷程度が5段階(a, b, c, d, e)で評価されている。ここで、千葉県要領(案)に示す床版ひびわれの損傷程度と損傷状況及び土木学会で示している劣化過程⁷⁾等の関係及び一般的な対策工法等について表-2に示す。

RC床版の損傷は、ひびわれによる判定を基に補修・補強対策が検討される場合が多い。これは、ひびわれが生じた場合には、そこにせん断力やねじりモーメントが作用し、ひびわれ面は上下に擦り合わせが繰り返されてコンクリートの磨耗が促進されるためである。さらに、定量的な評価法としては、ひびわれ密度からも補修・補強時期の推定も行われている。千葉県要領(案)に示す損傷程度a, bは潜伏期に相当する。

次に、損傷程度cは、劣化過程では進展期に相当し、補修等の対策が必要となる。さらに劣化が進み、損傷程度dの場合の劣化過程は加速期(前期)、損傷程度eの場合の劣化過程は加速期(後期)に相当する。さらに、抜け落ち寸前のひびわれ、剥離が生じるなど、橋梁構造の安全性の観点から緊急対応が必要な劣化期となる。

対策の必要性については、当該橋梁の各損傷に対して補修等や緊急対応、補修工事、維持工事対応、詳細調査等の対策の必要性を、橋梁点検で得られる情報の範囲での概略判定により対策区分を判定して検討を行っている。ここで、千葉県要領(案)に示す対策区分の判定内容について表-3に示す。

表-3 対策区分と判定内容

対策区分	摘 要	損傷の 度合
E 1	緊急対応の必要あり(構造的安全性)	↑ 重 ↓ 軽
E 2	緊急対応の必要あり(その他、第三者被害等)	
S 1	早急に詳細調査・検討を行った上で補修を行う必要がある。	
C	次回点検までに(=5年程度以内)、補修を行う必要がある。	
S 2	追跡調査により損傷の進展を確認した上で補修の要否検討を行う。	
B	次回点検までに(=5年程度以内)、補修を行うほどの緊急性はない。	
M	日常管理で対応する必要がある。	
A	損傷なし、軽微な損傷で補修は不要	

5.2 RC床版の損傷状況

(1)各損傷の損傷程度別径間数比率

RC床版の点検結果について、損傷種類毎の各損傷程度の径間数比率の関係として図-4に示す。RC床版の主要な損傷としては、「床版ひびわれ」は50%の径間で(2方向ひびわれ[損傷程度c以上]は14%の径間)、「剥離・鉄筋露出」は35%、「漏水・遊離石灰」は50%の径間で発生している。

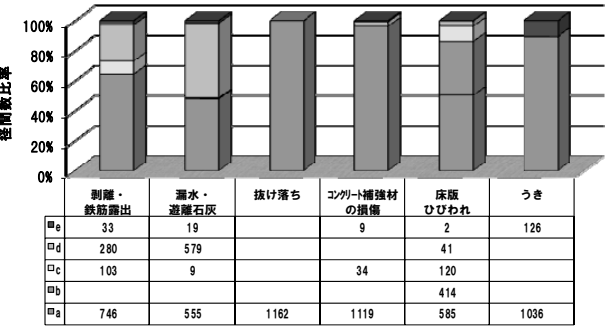


図-4 損傷種類毎の各損傷程度の径間数比率

(2) 損傷程度の経年変化

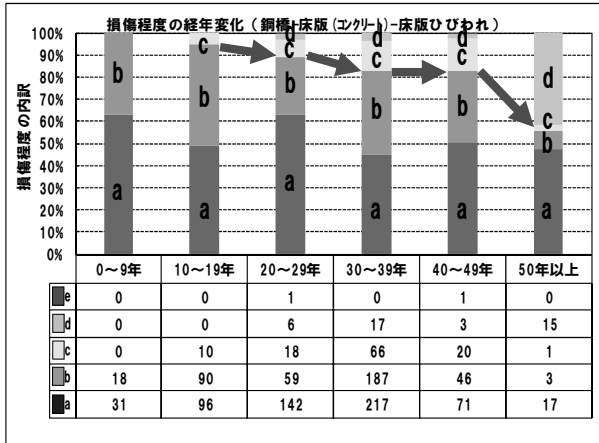
次にRC床版の床版ひびわれの供用年数毎の各損傷程度の径間数比率について図-5に示す。RC床版のひびわれ損傷は損傷程度c、すなわちひびわれ幅0.2mm以上の2方向ひびわれの発生径間数比率は、建設後30年経過以降(昭和36~45年建設)に増加しており、昭和39年道

表-2 RC床版の損傷状況と損傷度・劣化過程・健全度区分及び対策

損傷程度 ^{3) 4)}	ひび割れ幅に着目した程度 ^{3) 4)}	損傷メカニズム	ひびわれ密度 ⁶⁾	劣化過程 ⁷⁾	一般的な対策工法
a	[ひび割れ間隔と性状] ひび割れは主として1方向のみで、最小ひびわれ間隔が概ね1.0m以上 [ひび割れ幅] ひび割れ幅が0.05mm以下(ヘアクラック程度)	版として挙動	0~3 m/m ²	潜伏期	定期点検
b	[ひび割れ間隔と性状] 1.0m~0.5m、1方向が主で直角方向は従、かつ格子状ではない [ひび割れ幅] 0.1mm以下が主であるが、一部に0.1mm以上も存在する	並列クラック	3~6 m/m ²		定期点検 橋面防水工
c	[ひび割れ間隔と性状] 0.5m程度、格子状直前のもの [ひび割れ幅] 0.2mm以下が主であるが、一部に0.2mm以上も存在する	二方向クラック	6~8 m/m ²	進展期	・橋面防水工 ・ひび割れ補修 ・曲げ補強 (炭素繊維下面接着補強、 上面増厚工、下面増厚工、 増設桁)
d	[ひび割れ間隔と性状] 0.5m~0.2m程度、格子状に発生 [ひび割れ幅] 0.2mm以上が目立ち部分的な角落ちもみられる	貫通クラック	8~9 m/m ²	加速期	・橋面防水工 ・曲げ・せん断補強 (上面増厚、炭素繊維下面 接着補強、これらの併用)
e	[ひび割れ間隔と性状] 0.2m以下、格子状に発生 [ひび割れ幅] 0.2mm以上がかなり目立ち連続的な角落ちが生じている	擦り磨き発生			
—			9~ m/m ²	劣化期	・床版取替、床版打ち換え、 部分打ち換え

路橋示方書で設計された時期とも概ね整合する。

また、剥離・鉄筋露出については床版ひびわれと同様の建設後 30 年以降の鉄筋露出が生じている径間数比率の急激な増加が確認された。漏水・遊離石灰については建設後初期からの遊離石灰の析出が約 50%の径間で確認され、以降その比率はほぼ横ばいとなっている。



図ー5 床版ひびわれの各損傷程度の径間数比率の経年変化

5.3 健全度区分及び管理水準

計画の策定に先立って点検結果の整理・分析を実施したが、それに際して対策区分判定のばらつき等に対する統一的観点での見直し、適切な補修工法選定のための損傷要因毎の分類を目的として健全度の区分を評価した。健全度区分は点検結果から判定された対策区分を基に 4 区分（E, C, B, A）で評価を行い、この健全度区分により管理水準の設定を行った。

長寿命化修繕計画の基本コンセプトは、損傷・劣化が軽微な段階で予防的な修繕を行って長寿命化を図るものであり、健全度区分 E 及び C の損傷を発生させず、健全度区分 B の水準の維持を目標とする管理水準とし、健全度区分 B の損傷に対しても、予防的かつ抑制的な対策を講じることとした。健全度区分と管理水準の対応を表ー3 に示す。

表ー3 健全度区分と管理水準の対応

千葉県橋梁点検要領（案）		長寿命化修繕計画		
対策区分	判定内容	健全度区分	管理水準	
E1	緊急対応の必要あり（構造的安全性：落橋等）	E	許容しない	
E2	緊急対応の必要あり（その他：第三者被害等）			
S1	早急に詳細調査・検討を行った上で補修の必要あり			
C	速やかな（5年程度以内）補修等の必要あり	C	予防的かつ抑制的な対策を実施	
B	軽微な損傷（5年程度以内に補修を行う必要はない）	B		
S2	追跡調査により損傷の進展を確認した上で補修の要否検討を行う	A		対策なし
M	日常的維持管理で対応する必要あり			
A	損傷なし、修繕は不要			

6. 補修・補強工法の選定

次に、各健全度区分の RC 床版に対する補修・補強方針について示す。

健全度区分 A の床版は、損傷は見られず対策の必要は

ないため、5 年毎の定期点検のみの対応とした。

健全度区分 B の床版は、概ね損傷程度 b～c 相当の床版ひびわれが生じた状態である。対策としては、予防的修繕対策として舗装打換えと同時に橋面防水工を行うこととした。ただし、橋面防水工は床版の劣化の進行速度を抑制する効果のみで、発生応力レベルを下げて耐疲労性を高める効果までは期待出来ない。そのため、点検時に損傷程度 c に相当する床版ひびわれが確認され、かつ耐疲労性の向上の必要性が高い場合は健全度区分 C の対策方針に応じた対策工法を選択して修繕を行うこととした。

次に、健全度区分 C の床版は概ね損傷程度 c～d 相当の床版ひびわれが生じ、一部にうきや角落ちが見られ、遊離石灰も併発している状況である。ひびわれが格子状に発生していることから、曲げ耐力及び耐疲労性の向上を目的とした補強対策の検討が必要となる。橋面防水工、ひびわれ注入工と炭素繊維補強を併用した修繕を実施することとした。昭和 47 年改訂以前の示方書で設計された床版については鉄筋には丸鋼が使用されており、さらに昭和 43 年通達以前の示方書で設計された床版は、床版厚も非常に薄い床版であるため、耐疲労性向上としての炭素繊維補強の必要性が高い。また、跨線橋等の下面からの修繕が困難な橋梁床版においては橋面防水と上面増厚補強の併用を行うこととした。

最後に、RC 床版の連続性が失われ、耐力性能の低下が進む健全度区分 E は、力学的性能の回復の必要性から、補強による性能の回復が可能な段階では上面増厚工を、補強による性能の回復が困難な段階では床版取替工あるいは床版打換工により対策を行うこととした。補強による性能の回復が困難な段階の対策については、示方書の設計基準改訂等により、異形鉄筋が本格的に採用され始めた時期を境に、架設年次が 1975 年以前を「床版取替工」、1976 年以後を「床版打換工」として、普通丸鋼と異形鉄筋の付着強度の違いにより採用工法を区分した。

7. 長寿命化修繕計画策定による効果

7.1 短期計画及び中長期計画

長寿命化修繕計画では、計画対象橋梁 776 橋に対して、定期点検と健全度の診断を基に損傷の顕在化前に対策を講じる「予防的な修繕」の実施を計画し、限られた財源の中で、道路交通網の安全・安心を確保するための長寿命化、LCC の縮減及び維持管理費の平準化を行った。

予算の計画については、「短期計画」及び「中長期計画」の予算シミュレーションにより検討を行った。ここで、「短期計画」とは予防的な修繕への移行期間として、管理水準を満たさない健全度区分 E, C に対する修繕及び健全度区分 B の損傷に対する予防的な修繕についての計画である。次に、「中長期計画」とはマクロ的な視点で橋梁群の修繕費用の動向を把握した上で行う、短期

計画における修繕実施後の状態の保持により管理水準を維持するための予防的な修繕についての計画である。

短期計画では、健全度区分 E、C を許容しない管理水準の維持及び健全度区分 B の損傷に対する予防的な修繕の実施のための予算計画として、①短期計画における修繕費用（健全度区分 E、C、B の損傷に対する修繕費用）の集計、②優先順位を考慮した修繕計画の立案、③年間予算を変動させた条件で各々の対策完了期間及び修繕費の把握を行うことによる年間予算の検討、の流れで予算シミュレーションを行った。RC 床版の修繕に関する費用は、短期計画における全修繕費用の約 47%と高い比率を占めた。

次に、中長期計画では、管理水準を維持するための予防的な修繕についての予算計画として、④中長期計画における修繕費用（短期計画における修繕実施後の対策費用）の算定、⑤年間予算の平準化、の流れで予算シミュレーションを行った。中長期計画における RC 床版の修繕に関する予算には、材料劣化に対するメンテナンスとして炭素繊維シート表面保護を目的とした 15 年間隔での表面保護塗装の費用を計上した。また、RC 床版の補強に関する既往の研究報告によると、補強後の再劣化に対する再補修が必要となっていること⁸⁾、補強対象となる RC 床版のコンクリートが健全であれば SFRC 上面増厚補強と炭素繊維シートによる下面接着補強の併用が可能であること⁹⁾から、炭素繊維シート補強後の再度の疲労劣化に対する次期修繕対策として、上面増厚工による対策費用を考慮した。さらに、短期計画における修繕実施以降、引き続き予防的に修繕を実施していく工種として、橋面防水工に関する費用も併せて計上を行った。

7.2 事業効果

事業効果の確認として、鋼橋の RC 床版以外の部材も含めた橋梁全体の維持管理に係わる 50 年間の累積費用の比較を行った結果、従来の事後保全型 3,026 億円に対して、長寿命化修繕計画に基づく予防保全型 1,172 億円で約 60%のコストの縮減となった⁵⁾。また、長寿命化による高齢化橋梁の集中的な架替えの回避により、廃材の減少、CO₂ 削減等の環境負荷の低減、道路利用者にとっての走行時間及び走行経費の増大の抑制等にも大きな効果が期待できる。

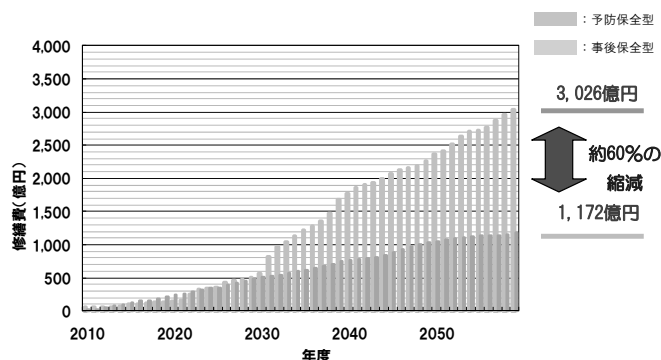


図-6 累積維持管理コストの比較

8. まとめ

本報告では、長寿命化修繕計画における実際の RC 床版の維持管理計画に関する検討事例について述べた。RC 床版の損傷に対する修繕費用は、修繕費用全体に対して高い比率を占めるため、各橋梁部材の中でも重要な検討項目となる。

長寿命化修繕計画では、橋梁点検結果に基づいて管理水準を設定し、修繕計画の立案 (Plan)、修繕の実施 (Do)、継続的に橋梁点検 (Check) を行うことにより、新たな劣化現象の調査と修繕効果の検証を行う。そして、橋梁点検結果や修繕結果に基づいて、補修効果の期待値等の修正を行った後に修繕計画の見直し (Action) を繰り返す PDCA サイクルによる「予防的保全型の維持管理」が実施されることとなる。

現在は、第 1 次の修繕計画に基づいて修繕が進められている。一方、各研究機関や企業では新たな補修・補強法の開発が進められていることから、耐疲労性や LCC の算定等による評価を行って、PDCA サイクルの中で新工法を取り入れていく必要もあると考える。

参考文献

- 1) 国土交通省：道路ストックの長寿命化の取組み，国土交通省道路局，2011.11
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，2002
- 3) 国土交通省道路局 国道・防災課：橋梁定期点検要領（案），2004.3
- 4) 千葉県県土整備部 道路環境課：千葉県橋梁点検要領（案），2010.3
- 5) 千葉県県土整備部 道路環境課：千葉県橋梁長寿命化修繕計画，2010.9
- 6) 国土交通省国土技術政策総合研究所：道路橋の計画的管理に関する調査研究－橋梁マネジメントシステム (BMS)，2009
- 7) 土木学会：コンクリート標準示方書(維持管理編)，2007.
- 8) 高野真希子，阿部忠，木田哲量，小森篤也，伊藤清志：劣化した RC 床版の二次補修法に関する耐疲労性及び破壊形状，土木学会第 65 回年次学術講演会，pp.1213-1214，2010
- 9) 高野真希子，阿部忠，木田哲量，児玉孝喜：劣化 RC 床版の CFSS 底面補強及び SFRC 上面増厚補強による耐疲労性，セメント・コンクリート論文集，No. 64，pp.507-514，2011.2