

定期点検結果からみた点検時応急措置の予防保全的効果の考察

山下 欣也¹・塚本 成昭²・安藤 翠³

¹ 法人正会員 阪神高速技術株式会社 技術部 (〒550-0005 大阪市西区西本町 1-4-1)

E-mail: kinaya-yamashita@hex-eng.co.jp

² 法人正会員 阪神高速技術株式会社 技術部 技術統括・開発課 (〒550-0005 大阪市西区西本町 1-4-1)

E-mail: shigeaki-tsukamoto@hex-eng.co.jp

³ 法人正会員 阪神高速技術株式会社 保全マネジメント室 保全マネジメント課 (〒550-0005 大阪市西区西本町 1-4-1)

E-mail: midori-ando@hex-eng.co.jp

阪神高速技術(株)は、阪神高速道路の維持管理を担当して、点検から診断、補修までを一括で実践している。このような役割の中で、法令に基づく5年周期の構造物点検(以下、定期点検)では、損傷の確認と記録に加え、構造物に接近する機会を捉え可能な限り各種の応急的な補修(以下、点検時応急措置)を施している。点検時応急措置は、効率的な維持管理の実践と剥落等第三者被害の抑制だけでなく、老朽化した構造物の延命化も目論んでいる。本論文は、これら点検時応急措置を施した構造物の定期点検結果を対象として、その損傷数の推移と損傷ランクの進展経緯から劣化傾向を分析し、構造物の延命化に繋がる予防保全的効果を考察したものである。

キーワード：予防保全、定期点検、点検時応急措置、延命化

1. はじめに

阪神高速技術(株)は、阪神高速道路の維持管理を担当して、点検から診断、補修までを一括で実践している。このような役割の中で、法令に基づく5年周期の構造物点検(以下、定期点検)では、損傷の確認と記録に加え、構造物に接近する機会を捉え可能な限り各種の応急的な補修(以下、点検時応急措置)を施している。同措置は、平成8年から「点検時における損傷の応急処置マニュアル(案)」¹⁾としてとりまとめて取り組んでおり、以降措置方法の改善及び対象工種を拡大し、近年では年間約1万件の措置を実施している。点検時応急措置とは、発見した損傷に対して、点検員が現場で同時に措置出来る軽微な補修のことである。点検時応急措置には以下に示す3つのメリットがあると考え、今日まで手法や材料を改善し続けてきた。この中でメリット3の構造物延命化については、効果の確認に長期間を要することから、今まで定量的な検証をしていない。そこで本論文では、点検時応急措置を施した構造物の劣化状況について、その損傷数の推移と損傷ランクの進展経緯の観点から分析し、点検時応急措置の効果を考察したものである。

メリット1：経済的な維持管理の実践

点検後に補修工事を行う場合、損傷発見から補修までに期間を要することに加え、同じ場所に複数回接近することから、その分各種費用も増大する。一方、点検員が点検と同時に措置をすれば、補修までの期間と各種費用を削減することができる。コンクリート対応の直工費ベースで試算³⁾すると、コストは概ね10分の1程度に圧縮できる。

メリット2：第三者被害の抑制

落下の危険性のある損傷は、発見後直ちに措置することで、第三者被害の危険性を回避することができる。このような損傷発見後直ちに措置した損傷は、2018年度で570箇所である。

メリット3：構造物の延命化

阪神高速道路の点検要領²⁾におけるBおよびCランクといった劣化過程にある損傷に対して措置することで、損傷の進展を抑制できる。このような延命化に繋がる効果は、点検時応急措置を実施した5年後の定期点検結果に、生じているものと考えられる。

2. 点検時応急措置の取組み

(1) 措置の内容

平成 30 年度の定期点検では、下記に示す 11 工種の措置を点検員が現場で実施した。この措置は、劣化した部材片等の撤去に加え、簡易塗装などの延命措置も施している。（下線は延命化を期待する措置を示す）

（措置分類）

- ①コンクリート片の叩き落とし（遊離石灰含む）
- ②露出鉄筋等の防錆措置（防錆スプレー）
- ③さび片の除去
- ④ボルト・ナットの応急措置
- ⑤存置物・放置物の撤去
- ⑥鋼桁さびの簡易塗装補修（防錆スプレー）
- ⑦コンクリート表面防護（表面保護スプレー）
- ⑧ゴム支承劣化予防措置（ゴム劣化保護剤）
- ⑨標識板落下防止措置
- ⑩日常点検 A ランク措置（遊離石灰撤去など）
- ⑪その他（落書き除去等）

(2) 措置の件数

平成 18 年度から平成 30 年度までの点検時応急措置件数の推移を図-1 に示す。

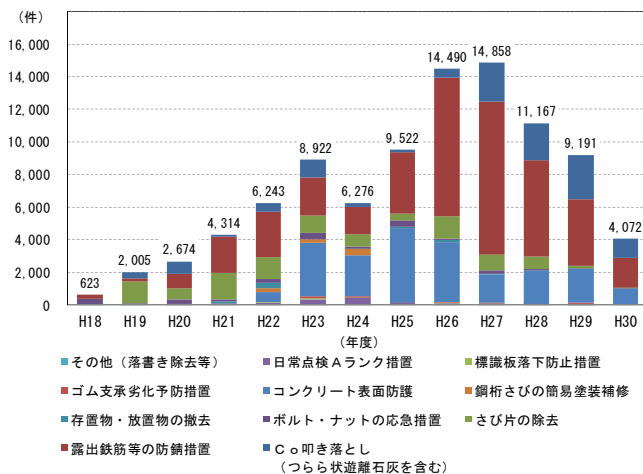


図-1 点検時応急措置件数の推移

平成 20 年度までの点検時応急措置の運用は、点検時の補足的な運用として扱っていたが、平成 21 年度からは点検行為に対する点検時応急措置の運用方針を明確にして、平成 22 年度より点検時応急措置の数量に応じた精算を可能にした 3)。これにより点検行為で実施する作業内容が明確になり、措置件数も増加した。平成 26 年度以降で措置件数にバラツキがあるが、平成 26 年度と平成 27 年度の増加は、一部 8 年間隔であった阪神高速道路の点検周期を、法令に基づき 5 年周期に調整したためであり、平成 30 年度の減少は、防錆で使用していた

溶剤の構成物質における取り扱い方法が見直され、閉鎖空間における措置を制限したためである。それらを勘案した平均的な措置は、年間約 9 千件である。近年の傾向として、落下対策の「コンクリート片の叩き落とし」や、延命化を目論む「露出鉄筋等の防錆措置」「コンクリート表面防護」が上位を占めている。

(3) 措置の費用

平成 23 年度から平成 30 年度までの点検時応急措置の費用の推移を図-2 に示す。

前述の特異値を勘案すると、平均的な費用は年間約 4 千万円であり、構造物点検の全体費用に占める割合は数%程度である。維持管理費用全体でみると、点検時応急措置を実施することで重複する工程を減少させていることから、本取組みがトータルコストを増額すること無く進めているものと認識している。

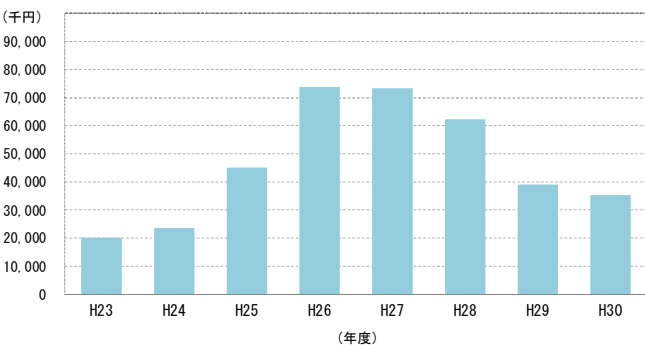


図-2 点検時応急措置費用の推移

3. 点検時応急措置の効果分析対象データ

平成 30 年度に定期点検を実施した分析対象路線と各年度ごとで発見した損傷件数及び分析対象数を表-1 に示す。（点検年度は平成 30 年度、前回、前々回と称す）

表-1 平成 30 年度点検路線の過去の点検年度と損傷数

点検路線	区間	点検年度		
		今回	前回	前々回
12号守口線	全線	H30年度	H25年度	H20年度
18号東大阪線	長田～終点	H30年度	H26年度	H22年度
16号大阪港線	全線	H30年度	H26年度	H22年度
2号淀川左岸線	北港～海老江(対象外)	H30年度	(H25年度)	—
3号神戸線	深江～摩耶	H30年度	H26年度	H21年度
7号北神戸線	箕谷～有馬口～柳谷	H30年度	H25年度	H17年度
損傷件数		47,497	44,091	39,486
分析対象損傷数		1,965		

注) 淀川左岸線の前回点検は初期点検

平成 30 年度の定期点検は、12 号守口線全線、13 号東大阪線の長田から終点まで、16 号大阪港線全線、2 号淀川左岸線の北港から海老江区間まで、3 号神戸線の深江から摩耶区間、7 号北神戸線の箕谷から柳谷区間の 6 路

線を実施した。各路線の前回と前々回の点検実施年度を表-1 に示しているが、2 号淀川左岸線は、前回が供用直前の初期点検のため（点検時応急措置対象外）対象路線から除外した。分析対象の 5 路線における 3 回の定期点検で発見した損傷は約 4 万から 5 万件／回である。データベースに登録されている損傷ランクのうち、点検時応急措置前の「措置前判定」、点検時応急措置後の「一次判定」のみを対象とした。前回、点検時応急措置を施し、平成 30 年度の点検で経緯を確認できた分析対象の損傷は約 2 千件である。

4. 点検時応急措置の効果分析

効果分析は、平成 30 年度の定期点検結果を、前回、前々回の結果と比較することにより、損傷の変状動向から点検時応急措置の効果を考察した。

(1) 損傷数と伸び率

平成 30 年度に定期点検を実施した路線別の応急措置前判定のランク別損傷数と伸び率を表-2 に示す。

路線		12号守口線			13号東大阪線		
		前回	前々回	H30年度	前回	前々回	H30年度
Aランク	損傷数	760	1,075	1,904	61	190	291
	前回比	-	141%	177%	-	311%	153%
Bランク	損傷数	3,185	5,014	5,799	317	771	1,001
	前回比	-	157%	116%	-	243%	130%
Cランク	損傷数	11,694	15,158	14,443	2,176	4,604	4,912
	前回比	-	130%	95%	-	212%	107%
路線		16号大阪港線			3号神戸西宮線		
		前回	前々回	H30年度	前回	前々回	H30年度
Aランク	損傷数	71	164	265	1,165	608	922
	前回比	-	231%	162%	-	52%	152%
Bランク	損傷数	506	718	677	5,829	3,397	3,913
	前回比	-	142%	94%	-	58%	115%
Cランク	損傷数	2,258	3,463	3,440	7,355	3,789	4,534
	前回比	-	153%	99%	-	52%	120%
路線		7号北神戸線			対象路線 計		
		前回	前々回	H30年度	前回	前々回	H30年度
Aランク	損傷数	92	238	262	2,149	2,275	3,644
	前回比	-	259%	110%	-	106%	160%
Bランク	損傷数	902	1,415	1,618	10,739	11,315	13,008
	前回比	-	157%	114%	-	105%	115%
Cランク	損傷数	3,115	3,487	3,516	26,598	30,501	30,845
	前回比	-	112%	101%	-	115%	101%
伸び率前回：前回／前々回 伸び率H30：H30／前回		全損傷レコード数		39,486	44,091	47,497	108%

各路線の損傷数は、定期点検の都度増加傾向にあり、経年劣化が伺える結果が示されている。個別路線では、12 号守口線の C ランク損傷や 16 号大阪港線の B、C ランク損傷で前回点検時よりも損傷数が減少しており、全体傾向と違う変状が生じている。

次に損傷数の伸び率を前回比と前々回比でみると、前

回比の方が伸び率が低い結果が 4 路線で表れている。

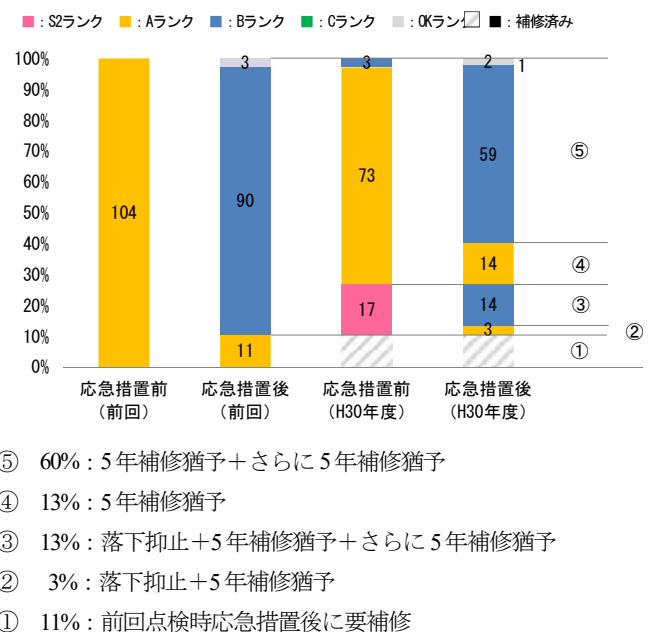
（表-2 の水色着色部が該当箇所を指す）損傷数の経緯では、定期点検ごとの損傷数は増えつつあるが、B 及び C ランクといった A ランクに進展する前段階の損傷ランクで進展が鈍化している傾向が表れている。

(2) 損傷ランクの進展経緯

前節では、全体の傾向を踏まえるため、路線毎の損傷数で分析した。一方、本節では、分析可能となる対象の損傷数が約 2 千件と少ないことから、5 路線全体で変状傾向を分析した。図-3～9 では、定期点検ごとの点検時応急措置を施す前の「応急措置前」と、点検時応急措置を施した後の「応急措置後」を列記して示す。また構成比グラフに示す数値は各損傷ランクの損傷箇所数量を示す。

① 点検時応急措置を施した A ランク損傷の経緯

前回点検時に点検時応急措置を施した A ランク損傷の進展経緯を図-3 に示す。

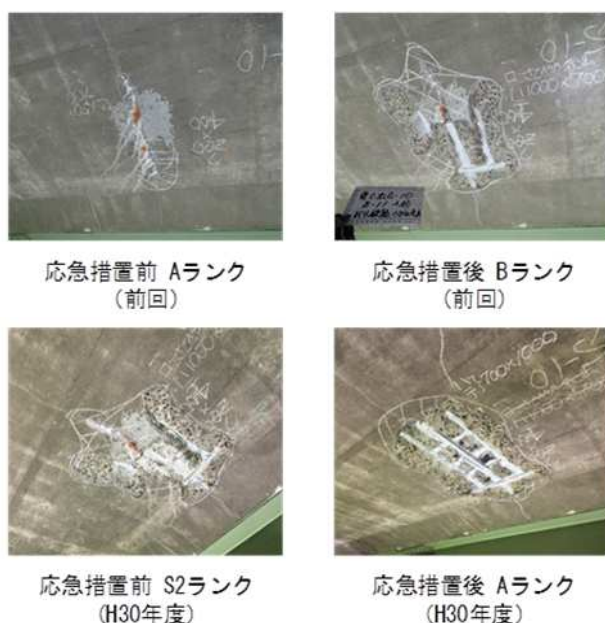


- ⑤ 60% : 5年補修猶予+さらに5年補修猶予
- ④ 13% : 5年補修猶予
- ③ 13% : 落下抑止+5年補修猶予+さらに5年補修猶予
- ② 3% : 落下抑止+5年補修猶予
- ① 11% : 前回点検時応急措置後に要補修

図-3 点検時応急措置を施した A ランク損傷の進展経緯

前回、応急措置前に A ランク損傷と判定した損傷のうち、応急措置後も A ランクと判定した損傷は、全体の 11%（図中添付番号①、以下番号のみ表記）であり、残りの 89%（②～⑤）は、B ランク以下の判定になっている。これらは次回点検時まで補修対象の位置づけから除外される。また B ランク損傷以下になった損傷（②～⑤）では、平成 30 年度で A ランク損傷に戻るが、再度、点検時応急措置を施すことにより、73%は B ランク以下（③+⑤）の判定となっている。再度 A ランクと

判定された損傷は 16% (②+④) である。その中で S2 ランクで発見した事例を図4 に示す。前回の応急措置後写真 (右上) と平成 30 年度の応急措置前写真 (左下) を比較すると、床版下面の露出した鉄筋に施した防錆措置が部分的に残っていることが確認できる。平成 30 年度の応急措置後写真 (右下) では、再度発生したコンクリートの浮きをたたき落とし、再度防錆措置及び表面防護を施した。この事例は、単にコンクリートの浮きをたたき落とすだけでは無く、防錆措置等を施すことで点検時応急措置が有効に作用し、5 年間落下に至ること無く措置出来たものと考えられる。



(損傷概説)
部材：床版本体
状況：鉄筋腐食 0.7㎡、
鉄筋露出 0.7㎡(はく離 0.7㎡(0.7×1.0m)含む)
前回措置前判定：A ランク、二次判定：B ランク
平成 30 年度措置前判定：S2 ランク、二次判定：A ランク

図4 前回 A ランクで要補修と判定された損傷例

図-5 には、応急措置後 B ランクと判定された損傷 (③+⑤) の事例を示す。前回、鋼製橋脚と根巻コンクリートの境界部に発生した「さび腐食」は、点検時応急措置により B ランクとなった。前回施した防錆措置 (右上) が、平成 30 年度では剥がれかかっているが、前回と比べ損傷の広がり確認できない (左下)。再度点検時応急措置を講じたことで B ランクのまま次回に引き継いだ。この事例は、さらに 5 年間補修時期を遅らすことの出来た事例である。A ランク損傷への対応として、前回 A→B ランクと引き継いだ損傷で、5 年後 B→A は補修期間の延長、B→B は進展抑制の効果が伺える。



(損傷概説)
部材：鋼製橋脚
状況：正面 断面減少 2.5/24mm(1400×30)
前回措置前判定：A ランク、二次判定：B ランク
平成 30 年度措置前判定：A ランク、二次判定：B ランク

図-5 前回 A ランクで補修不要と判定された損傷例

②点検時応急措置を施した B ランク損傷の経緯

前回、点検時応急措置を施した B ランク損傷の進展経緯を図-6 に示す。

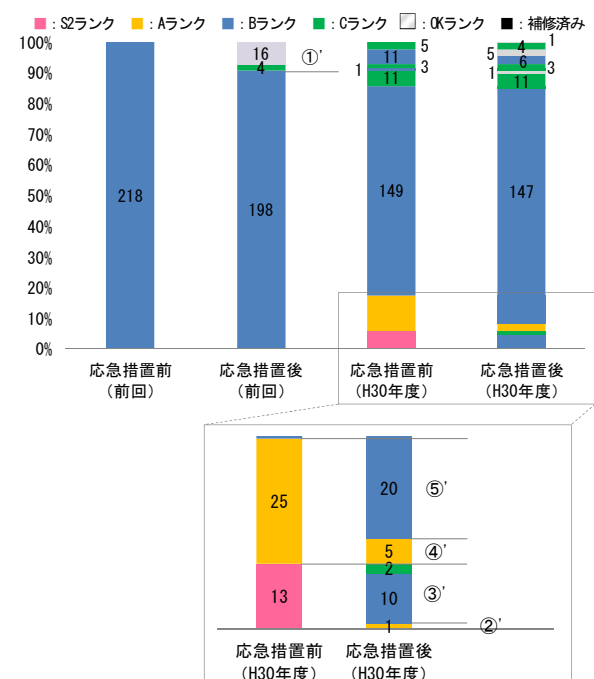
前回、応急措置後も B ランクと判定した損傷のうち、平成 30 年度に A ランクに進展した損傷は 17% (②' ~ ⑤') である。それらの損傷 (②' ~ ⑤') のうち、再度、点検時応急措置を行うことにより、A ランクとして残るのは、3% (②' + ④') であり、残りの 14% (③' + ⑤') は、B ランク以下となる。

このように B ランク以下となり、5 年間補修不要と判定した損傷 (③' + ⑤') の事例を図-7 に示す。

前回点検では PC 桁主桁端部のコンクリート浮きに対し「コンクリート片の叩き落とし+防錆措置+表面防護」を施した。

前回の応急措置後写真 (右上) と平成 30 年度の応急措置前写真 (左下) を比較すると、露出した鉄筋の防錆措置が部分的に残っており、表面防護措置も若干残っていることが確認できる。平成 30 年度では、再度「コンクリート片の叩き落とし+防錆措置+表面防護」を行って損傷進展を抑えた。損傷が進展する前に措置を施したことで効果が現れた事例となる。

B ランク損傷への対応として前回 B→B 以下と引き継いだ損傷で、5 年後 B→B 以下のパターンは進展抑制の効果が伺える。



- ⑤' 9% : 5年補修猶予+さらに5年補修猶予
- ④' 2% : 5年補修猶予
- ③' 5% : 落下抑止+5年補修猶予+さらに5年補修猶予
- ②' 1% : 落下抑止+5年補修猶予
- ①' 9% : 前回応急措置後に損傷ランクの下がった損傷

図-6 点検時応急措置を施した B ランク損傷の進展経緯



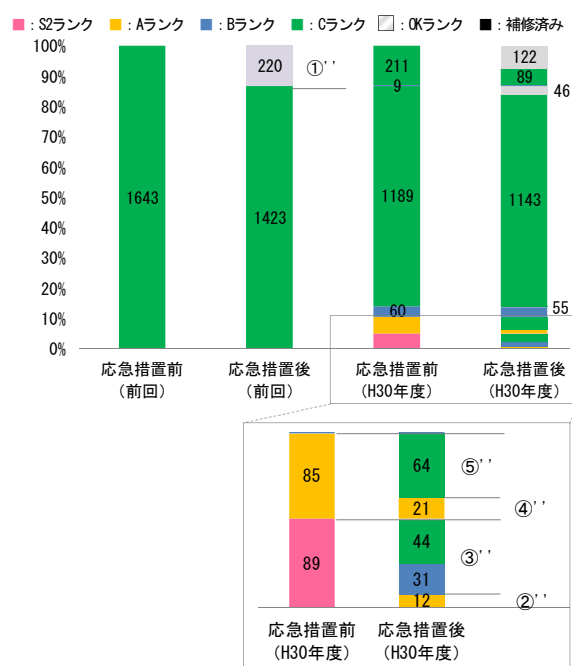
(損傷概説)
 部材 : PC 桁端部主桁
 状況 : 側面 鉄筋腐食 L=計 800mm,
 鉄筋露出(はく離 0.16㎡(0.8×0.2m)含む)
 前回措置前判定 : B ランク, 二次判定 : B ランク
 平成 30 年度措置前判定 : S2 ランク, 二次判定 : B ランク

図-7 前回 B ランクで補修不要と判定された損傷例

③点検時応急措置を施した C ランク損傷の経緯

前回点検において点検時応急措置を施した C ランク損傷における経緯を図-8 に示す。

前回の点検時応急措置後に C ランクと判定した損傷は 87%であり, 13% (①') は損傷として残らない OK ランクとなった。平成 30 年度に損傷ランクが補修対象の A ランクまで進展した損傷は 11% (②' ' ~ ⑤' ') であるが, 再度, 点検時応急措置を施すことで A ランクとして残るのは 2% (②' ' +④' ') である。残る 9% (③' ' +⑤' ') の損傷は補修対象外となり, 次回に引き継いだ。C ランク損傷の対応として, 前回 C →C 以下で引き継いだ損傷で, C→C, B→C といったパターンは進展抑制の効果が伺える。



- ⑤' ' 4% : 5年補修猶予+さらに5年補修猶予
- ④' ' 1% : 5年補修猶予
- ③' ' 5% : 落下抑止+5年補修猶予+さらに5年補修猶予
- ②' ' 1% : 落下抑止+5年補修猶予
- ①' ' 13% : 前回応急措置後に損傷ランクの下がった損傷

図-8 点検時応急措置を施した C ランク損傷の進展経緯

一方, C ランク損傷は, 損傷進展の初期段階と推定すると, 点検時応急措置の時期として妥当か否か吟味する必要がある。C ランク損傷から大きく進展した事例を図-9 に示す。前回の損傷写真 (右上) をみると PC 桁主桁端部の下面に狭い範囲の浮きがあり, 点検時応急措置で「コンクリート浮き部のたたき落とし+防錆措置」を施した。応急措置後 C ランク損傷として引き継がれたが, 平成 30 年度では浮きの範囲が広がっており (写真左下), 応急措置後写真 (右下) では, 端部断面を大きく

撤去されることが確認できる。コンクリート構造物は、外見による変状や打音検査による劣化課程の特定が難しい。しかしながら、このような落下に至る前に措置出来た事例もあり、軽微な損傷にも点検時応急措置が有効であると考えられる。



応急措置前 Cランク
(前回)

応急措置後 Cランク
(前回)



応急措置前 S2ランク
(H30年度)

応急措置後 Aランク
(H30年度)

(損傷概説)

部材：RC桁端部主桁

状況：側面 鉄筋露出 計 0.12 m²

(はく離計 0.68 m²(0.9×0.6m, 0.35×0.4m)含む)

前回措置前判定：Cランク，二次判定：Cランク

平成30年度措置前判定：S2ランク，二次判定：Aランク

図-9 前回：Cランク要補修に至った損傷例

5. 分析結果の考察と効果の推定

(1) 損傷数と進展経緯の分析結果の考察

点検時応急措置を施した構造物の劣化について、損傷数の推移と損傷ランクの進展経緯の観点から分析した結果を以下に述べる。

① 損傷数の推移では、

定期点検の都度、経年劣化に伴い損傷は増加しているが、前回からの伸びを前々回のそれと比べると全体では伸びが鈍化していた。これは損傷に点検時応急措置を施すことが、構造物の損傷進展を抑制している効果は現れているものと考えられる。

② 損傷の進展経緯では、

Aランク損傷においては、点検時応急措置を施した後にBランク以下となった損傷で、5年後に点検時応急措置を施すことでBランク以下となった損傷は73%であった。また16%は補修対象となったが、この損傷は5

年間補修時期を延長できたことを示している。このことは、数多くある損傷に対して、計画的な補修を進めることが出来るものであり、維持管理費を平準化できたのではないかと考えられる。B及びCランク損傷の場合、5年後に再度点検時応急措置を施すことで、補修対象のAランクとなった損傷は全体の3及び2%であった。Aランク予備軍や進展初期の損傷に対して点検時応急措置を重ねることで、損傷の進展を抑制する予防保全的效果が生じるのではないかと考えられる。

(2) 予防保全的效果の推定

分析結果からみた前回の点検時応急措置の効果パターンを定義して表-3に、損傷の変動パターン概念図を図-10に示す。

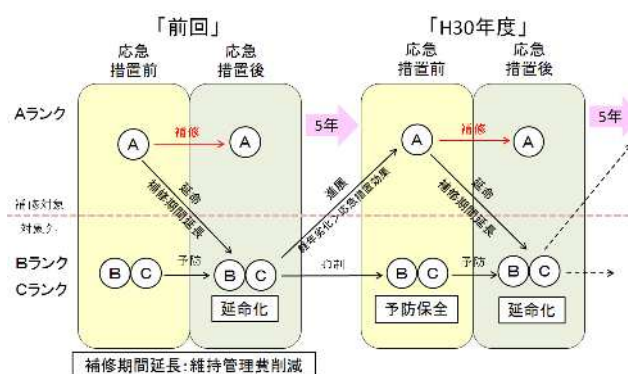


図-10 点検時応急措置による損傷パターン変動フロー

表-3 点検時応急措置の効果の推定

損傷進展パターン				点検時応急措置の効果 (前回の措置効果から定義)
前回点検 措置前 ランク	措置後 ランク	H30年度点検 措置前 ランク	措置後 ランク	
A	A	-	-	補修
A	B	A	A, B, C	維持管理費削減 + 延命化
A	B	A	A, B, C	維持管理費削減 + 延命化
A	B	B	B	維持管理費削減 + 延命化 + 予防保全
A	C	S2	A, B, C	維持管理費削減 + 延命化
A	C	A	A, B, C	維持管理費削減 + 延命化
A	C	B	B, C	維持管理費削減 + 延命化 + 予防保全
A	C	C	C	維持管理費削減 + 延命化 + 予防保全
A	OK	S2	A, B, C	維持管理費削減 + 延命化
A	OK	A	A, B, C	維持管理費削減 + 延命化
A	OK	B	B, C	維持管理費削減 + 延命化 + 予防保全
A	OK	C	C	維持管理費削減 + 延命化 + 予防保全
B	B	S2	A, B	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
B	B	A	A, B	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
B	B	B	B	予防保全
B	C	S2	A, B, C	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
B	C	A	A, B	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
B	C	B	B, C	予防保全
B	C	C	C	予防保全
B	OK	S2	A, B, C	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
B	OK	A	A, B, C	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
B	OK	B	B	予防保全
B	OK	C	C	予防保全
C	C	S2	A, B, C	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
C	C	A	A, B	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
C	C	B	B, C	予防保全
C	C	C	C	予防保全
C	OK	S2	A, B, C	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
C	OK	A	A, B	経年劣化 > 点検時応急措置の効果
C	OK	B	B, C	予防保全
C	OK	C	C	予防保全

□：補修対象の損傷ランクを示す

点検時応急措置によって A から B ランクに下がった損傷は、次の点検以降に補修時期を延長出来たことから、構造物の「延命化」が図れた。この損傷が、次の点検時で損傷ランクが上がった場合、措置効果よりも経年劣化が勝ったといえるが、補修時期を延長出来たことは「維持管理費削減」に繋がった。再度点検時応急措置により、損傷ランクを B 以下で引き継いだ構造物は、点検周期 2 回（10 年間）に渡り「延命化」が図れたことになる。また B ランク以下の損傷に点検時応急措置を施した場合で、B ランク以下に維持できた構造物は「予防保全」が図れたものと推定する。

6. おわりに・まとめ

平成 30 年度、前回、前々回の 3 段階の点検結果データを用いて分析した結果、点検時応急措置は、損傷の進展を抑制する効果があることが伺えた。このような点検時応急措置は、阪神高速技術が目指す「予防保全」に大きく貢献できるものと考えている。具体的な点検時応急措置による効果は、「損傷内容別の進展状況」や「施工後の経過年月」に加え、「どの時点の損傷ランクへの措

置が有効か」など、深掘りして確認すべき項目が残っている。

今後は、年々蓄積するデータを用いた定量的な分析に加え、点検時応急措置が構造物に与える影響を考慮した劣化曲線の推計や、ライフサイクルコストへの効果解明に取り組みたい。このような取り組みは、構造物の効率的かつ効果的な維持管理の実現に繋がると考える。なお、統計的な分析に加え、点検現場で利用できる応急措置材料の開発も併せて継続していきたい。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：点検時における損傷の応急処置マニュアル（案），道路構造物の点検要領（土木構造物編）資料-2, 2002..
- 2) 阪神高速道路株式会社，阪神高速技術株式会社：道路構造物の点検要領, 2018.
- 3) 井口祐樹，坂根英樹，杉本義博：点検時応急措置拡張への取り組み，阪神高速道路第 43 回技術研究発表会, 2011.
- 4) 安藤翠，塚本成昭，山下欣也：点検時応急措置の効果検証，阪神高速道路第 51 回技術研究発表会, 2018