

長大橋のリスク評価に基づく最適点検政策の検討

阪神高速道路(株) 正会員 ○間嶋 信博

阪神高速道路(株) 正会員 小林 寛

(財)阪神高速道路管理技術センター 正会員 金治 英貞

1. 目的

阪神高速道路では湾岸線を中心に長大橋を有し、これらは一般橋梁と区別され、橋梁毎に点検マニュアルを作成し点検を実施している。しかしながら、長大橋であるため点検対象部材が多く、予算の制約等から当初想定している点検間隔を満足していないのが実情である。

また、いくつかの長大橋では点検用検査車が更新時期を迎えるが、更新には莫大な費用が必要となるため、今後の更新について判断が求められる。そこで、本稿では長大橋点検の合理化を目的として、検査車使用の場合および未使用の場合に着目し、長大橋のリスク評価に基づく最適点検間隔決定手法の検討を行ったので報告するものである。

2. 最適点検政策の検討

2.1 長大橋 FTA の構築

フォールト・ツリー分析（以下「FTA」という）は、システムの構成部品の故障（長大橋では部材レベルの劣化事象の発生）がシステム全体の故障（長大橋全体の劣化）に発展するメカニズムを階層的に表現し、下位レベルにある劣化事象の発生確率に基づいて、分析対象とするシステム全体の機能障害リスクを評価するための手法である。本稿では、簡便のため点検ランクが A 以上になった時を故障と判定し、頂上事象として落橋相当の事象を取り上げる。なお、本検討では地震や事故などの突発的事象によるリスクは考慮していない。

今回の検討に用いた斜張橋の終局限界状態のフォールト・ツリーを図-1 に示す。

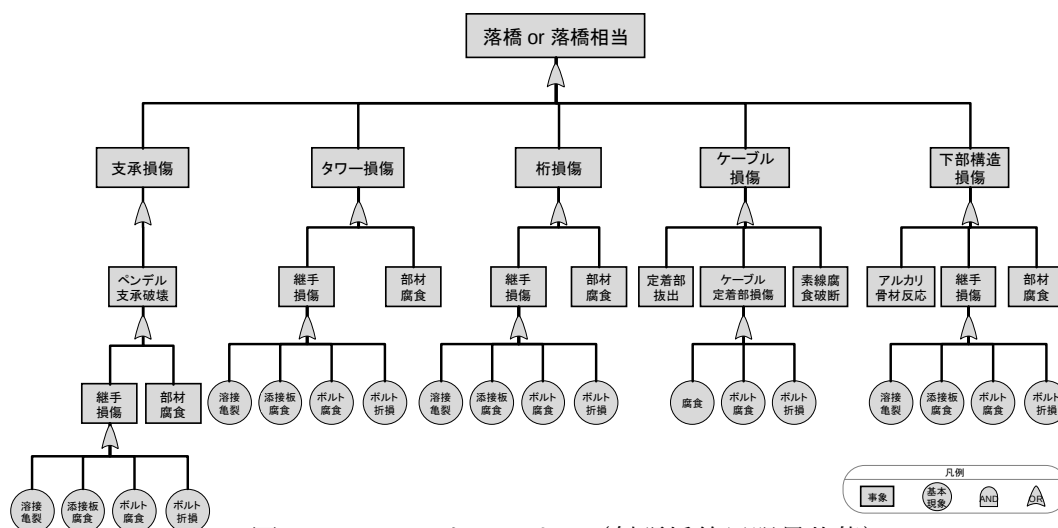


図-1 フォールト・ツリー（斜張橋終局限界状態）

2.2 ハザードモデルの構築とリスク評価結果

各構成部材の経年劣化は、点検データに基づき確率論的手法でモデル化したハザードモデルを用いた。阪神高速では、目視点検において部材の健全度を5段階(OK,C,B,A,S)で評価しているが、サンプル数確保の観点から A と S を同一ランクとした4段階評価を採用し、集計的推計法によってハザードモデルの推計を行った。

斜張橋（一面吊り・供用後27年）の腐食に着目し、表-1 に点検結果、表-2 にハザードモデルを集計的に推計しマルコフ推移確率を算出した結果を示す。マルコフ推移確率は点検間隔を1年とした時の推移確率を表し

キーワード 長大橋, FTA, 最適点検政策, LCC

連絡先 〒552-0006 大阪市港区石田3-1-25 阪神高速道路株式会社 大阪管理部 TEL 06-6576-3881

ており、表-2 左上の値が 0.951 となっているが、これは現在 OK という健全度であった部材が 1 年後に OK に留まる確率であることを示している。これらを基に FTA における下位事象の発生確率（各損傷の健全度 A&S の発生確率）から頂上事象の発生確率を分析する。

図-2 は斜張橋（一面吊り）の終局限界状態に関する頂上事象の発生確率の時間的推移を示したものである。頂上事象の発生確率は点検が実施される（同時に補修が実施されると仮定）までは上昇し、補修と同時に 0 に近づく。これは予算制約を設定していないため、点検時に発見された損傷はすべて補修されると仮定したことと起因している。

表-1 腐食損傷集計（斜張橋）

点検	経年	損傷ランク			
		OK	C	B	A,S
供用開始時	0	186	0	0	0
第1回点検	5	139	39	8	0
第2回点検	11	127	32	27	0
第3回点検	21	105	32	47	1

表-2 腐食のマルコフ推移確率（斜張橋）

	OK	C	B	A,S
OK	0.951	0.046	0.002	0
C	0	0.907	0.093	0
B	0	0	0.995	0.005
A,S	0	0	0	1

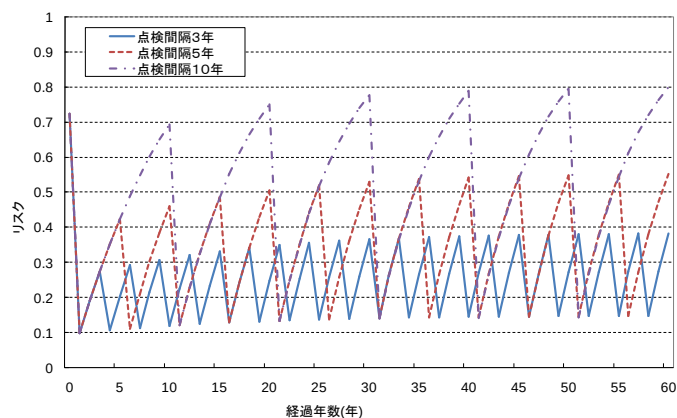


図-2 リスクの推移（斜張橋）

2. 3 ライフサイクル費用評価

点検方法として検査車使用の場合および未使用の場合に着目し、点検間隔を 3～20 年で変化させてライフサイクル費用（以下「LCC」という）評価を行った。図-3 に斜張橋（一面吊り）における LCC 評価と FTA を関連付けた結果を示す。

図中で LCC とリスクを同時に最小化するケースが最適な点検手法と点検間隔の組み合わせ（以下「点検政策」という）といえる。しかし一般的に LCC とリスクの間にはトレードオフの関係が成立するために、同時に両方を最小化する政策を見つけることは難しい。そこで今回は、現状の点検政策（点検間隔 7 年・検査車使用）を基準として相対比較により最適点検政策を確認する。図-3 において点検間隔が 3 年あるいは 5 年で検査車を使用しない場合の 2 点については、LCC・リスク共に基準より小さくなることからわかる。図-1 のフォールト・ツリーの作り込み、点検データの蓄積によるハザードモデルの精度向上は求められるものの、この様な手法を用いることで点検政策決定の根拠を与え得ると考えられる。

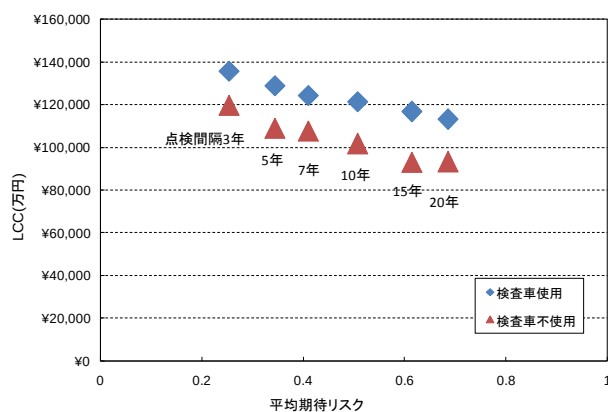


図-3 リスクと LCC の関係（斜張橋）

3. まとめ

今回の検討により以下の事が明らかとなった。

- ・ FTA に基づく長大橋の経年的リスク評価手法を提案し、点検間隔と経年リスクの関係を定量化した。
- ・ 補修費用、検査設備の維持補修費用などの情報を用いて LCC と平均期待リスクの関係を点検間隔ごとに定量化し、点検政策決定の根拠を提供できることを示した。

なお、部材の経年劣化を表すハザードモデルの精度を向上させるため、点検データの蓄積が不可欠であると考えており、引き続き検討を続ける予定である。

謝辞：本検討は「阪神高速道路の長大橋点検手法合理化検討会」で審議いただいた。本検討会の吉川紀委員長（元大阪工業大学）、長井正嗣副委員長（長岡技術科学大学）、貝戸清之委員（大阪大学）には感謝の意を表します。