

平成26年度 四国3協会合同技術講習会

道路ネットワーク維持管理の必要性 と鋼橋の更新時期について

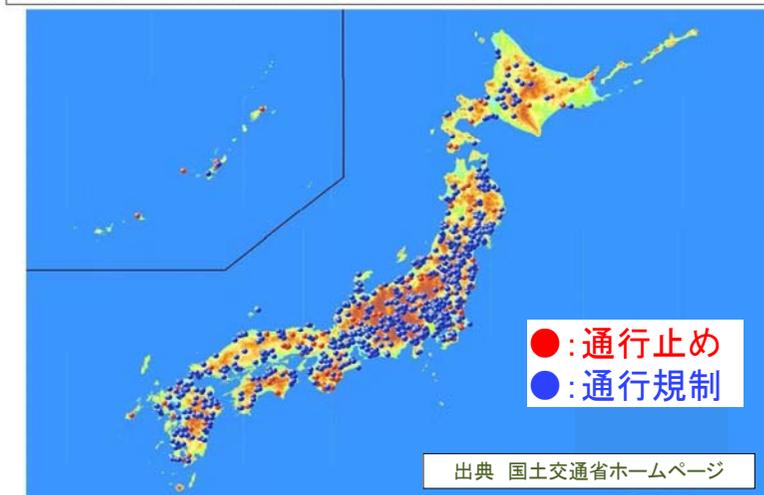
— Fix It First (まず修繕を) —



1

1. はじめに

【全国】通行止め・交通規制橋梁位置図
(平成24.4時点、橋梁L=15m以上)



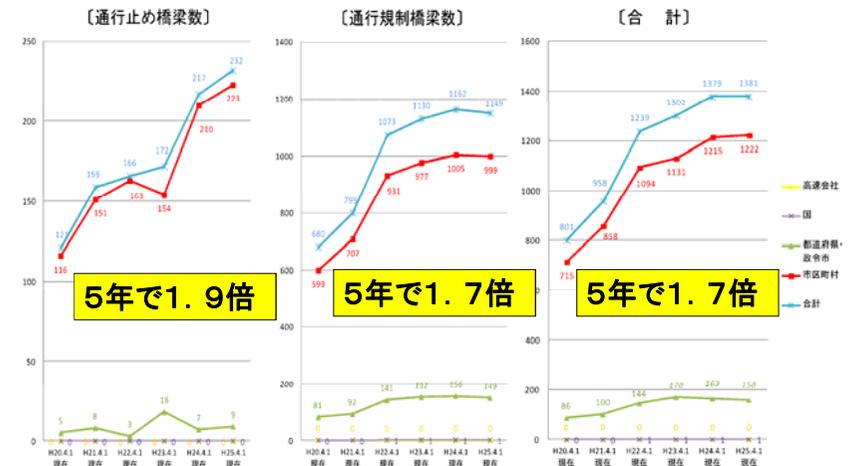
3

目次

1. はじめに
2. 米国におけるインフラの老朽化対策
3. 日本における橋梁の老朽化の現実
4. 「命の橋」原田橋の補修事例
5. 第1弁天橋の撤去事例
6. 鋼橋の更新時期を考える
7. おわりに

2

全国橋梁の通行規制等橋梁数の推移(15m以上)



4

地方公共団体管理橋梁の通行規制等状況 (H25.04現在)

<H23. 4時点>				<H25. 4時点>			
	橋梁数	うち都道府 県管理道路 (政令市含 む)	うち市区町 村管理道路		橋梁数	うち都道府 県管理道路 (政令市含 む)	うち市区町 村管理道路
通行止め	172	18	154	通行止め	232(1.34)	9(0.50)	223(1.44)
通行規制	1,130	151	977	通行規制	1,149(1.01)	149(0.98)	999(1.02)
合計	1,302	170	1,131	合計	1,381(1.06)	158(0.92)	1,222(1.08)

※高速・直轄・地方公共団体が管理する道路橋の合計 (出典元:国土交通省HPを表に加工)
 ※通行規制等には、老朽化による損傷や旧設計条件の使用等に伴う重量制限や通行止め。
 ※対象橋梁は15m以上。
 ※()内数値は、平成23年4月に対する、平成25年4月の増加・減少割合を示す。

架け替えなど抜本的な対策も必要である

5

2. 米国におけるインフラの老朽化対策 米大統領 一般教書演説

2013年2月13日 の演説

- ・アメリカで7万もの橋梁の老朽化問題を指摘
- ・緊急修繕事業 ("Fix-It-First" program)

「(新設よりも)まず修繕を」

連邦道路予算の8割に当たる400億
ドルを緊急補修に充てる考えを示した。

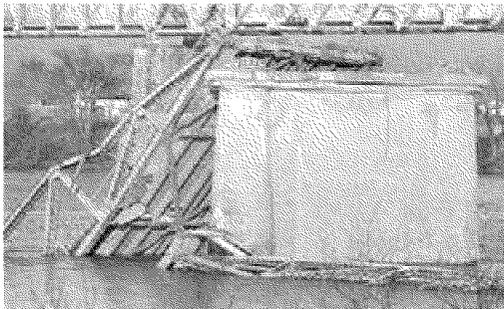
6

アメリカシルバー橋(吊橋)の落橋

(所在地:オハイオ州/ウエストバージニア州間のオハイオ川架橋)

発生日時:1967年12月15日(供用39年)
 事故:46人が死亡

- アイバー型式のメインケーブル破断による落橋



出典:Charlestone Daily Mail

日本橋梁建設協会 保全委員会

7

当初の連邦プログラム

・アイゼンハワー政権時に1956年連邦補助道路法が制定され、国防インフラという理由で連邦負担9割という高い補助率で推進された。

・道路財源は、国防インフラである州際道路網を「完成させるまで」の財政措置として創設された。

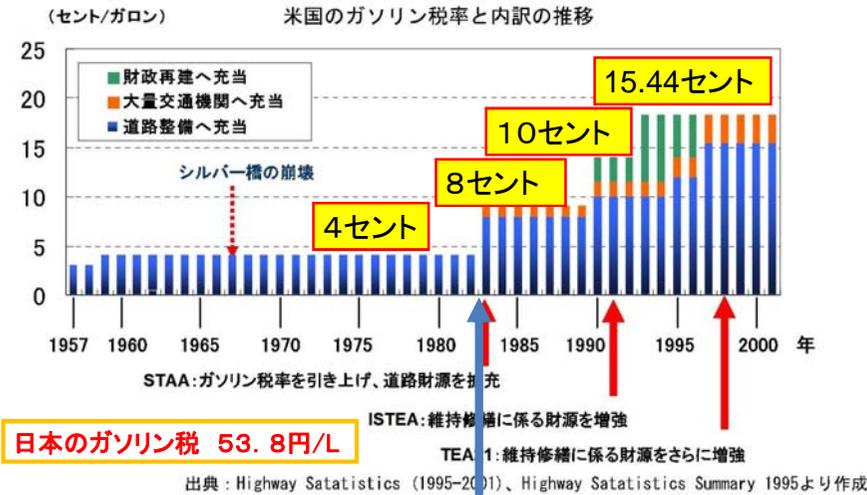
・アメリカ合衆国は州が基本であり、連邦には合衆国憲法に定められた権限しかない。

・新設費は助成するが、維持管理費は連邦からの助成対象とはならず、これが結果的に「荒廃するアメリカ」を招くことになった。

日本橋梁建設協会 保全委員会

8

米国のガソリン税と内訳の推移



日本のガソリン税 53.8円/L

【荒廃するアメリカ】出版

維持管理・更新プログラムの導入

- 1976年 連邦補助道路法。再舗装、復元、復旧の3R*。
*環境キーワード (Reduce, Reuse, Recycle)
 - 1982年 陸上交通支援法 レーガン政権時代にガソリン税率を1ガロン4セントから8セントへと倍増。
 - 1991年 ISTEA法** 従来の4R(3R+Repair)を改訂して予防的維持管理にも充てることにした。
**統合陸上輸送効率化法
 - 1998年 TEA-21法*** IM(州間道路整備Interstate Maintenance)に改築が含まれることとなり2003年までに238億ドルが計上された。
***ISTEA法の後継法。ITS(高度道路交通システムインフラ整備)に着目
- ↓
- 維持管理費の増大とサブプライムローン問題、リーマンショック等による景気低迷の税収減から道路財源が不足し、2008年より一般財源から道路信託基金へ不足分が繰り入れられることとなった。

“Fix-It-First” 「(新橋よりも)まず修繕を」

- 対策を進めなければ手遅れになる
 - 腐食が進むなどの症状があるもの
 - コンサルが行った概略調査で浮かび上がるものだけでも数多くある
- “Fix It First”
 - オバマ大統領一般教書演説 2013/02/13
 - Fix It First, Expand It Second, Reward It Third
(最初の宣言: THE HAMILTON PROJECT 2011/03)

3. 日本における橋梁の老朽化の現実

- 我が国の橋梁(橋長15m以上)は約15.7万橋(約157,000橋): (内、自治体管理橋梁数: 90%)
- 全国の橋梁における築後50年以上割合は9%存在(2011年時点)
10年後(2021年)には28%、20年後(2031年)には53%
- 自治体管理の橋梁における築後50年以上の割合は10%存在(2011年時点)
10年後(2021年)には28%、20年後(2031年)には54%



地方公共団体のインフラの課題

- 橋梁をはじめとするインフラの高齢化



- ①点検や補修ができる**技術者の確保**
- ②**予算の確保**(少子高齢化、企業不信で縮小傾向)
- ③インフラの**長寿命化対策**
- ④大雨や地震対策による**ネットワークの確保**

4. 「命の橋」原田橋の補修事例

NHKスペシャルー日本のインフラが危ない(2013年8月4日放送済)

インフラの安全に不可欠な“維持管理”が軽視され続けてきた実態が顕在化されている。

[最近の道路インフラ事故事例]

原田橋(平成24年5月)→笹子トンネル(平成24年12月)→第1弁天橋(平成25年2月)



原田橋



第1弁天橋

4.1 原田橋の概要

4.1.1 橋梁諸元

橋 格：2等橋(T-9)

管理者：浜松市(2007年政令指定都市となると同時に静岡県より原田橋管理を移管)

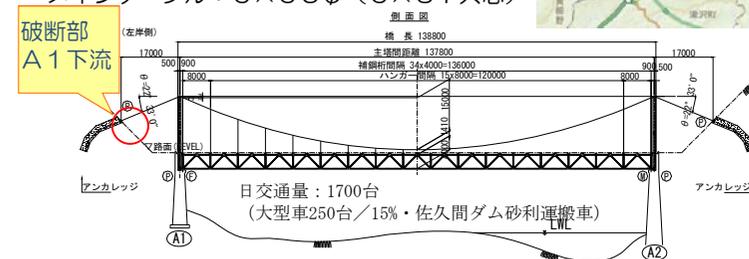
竣 工：昭和31年(1956年)

適用基準：鋼道路橋設計示方書(昭和14年)

橋 長：138.8m 幅 員：5.5m

上部構造：単径間補剛吊橋

メインケーブル：6×65φ(6×37共芯)



4.1.6 補修後の状況

現場施工日数 1 1 日間で完成 (6/14~6/25)



4.1.7 補修後の各部詳細

追加ケーブル設置状況



4.2 道路ネットワークの重要性

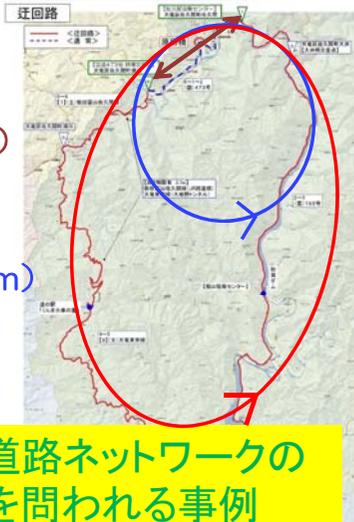
平成24年4月24日に全面通行止を実施。(期間:未定)

原田橋を渡った場合20分(8km)

【迂回路(山岳道路)の場合】

普通自動車で1時間20分(24km)

大型車で2時間半(76km)。



改めて道路ネットワークの重要性を問われる事例



普通車迂回路

(対策) 地元建設会社により河川内にヒューム管を利用した仮道路を施工 (約1週間で完成)

→平成24年5月2日~27日(期限付き)

■通行止めの条件

- 佐久間ダムの放流情報が確認された場合
- 新豊根ダムの放流が確認された場合
- 現場に設置したヒューム管断面の50%を超えた場合
- 緊急用道路に異常が発見された場合 など



いつ陸の孤島となるか不安

4.3. 全面通行止めの影響

全面通行止めになった場合の被害

- 給食の配給STOP
- 病院への緊急搬送ルートへの断絶
- 火災時の緊急車両の出動
- 通勤、通学への被害
- 生活物資の購入
- 観光客の激減 etc



山間部における、唯一の道路は非常に重要なアクセス道路であることを再認識した事例。



住民にとって原田橋は「命の橋」と言われるゆえんである。

	4月	5月	6月
原田橋全面通行止め	▽ (4/24)		
通行止め	■		
河川内仮道路の通行5/2~5/27		■	
河川内仮道路の通行(延期) 5/27~6/30			■
佐久間ダム放流(大雨時)			● ● ●
通行止め			● ● ●

※5月末時点で6月末まで河川内仮道路の使用が認められたが大雨により、佐久間ダム放流時は流出し、いつまで通行止めになる状態が続くか未定(7月以降の対応については6月上旬まで未定であった。)

原田橋応急復旧工程(案)

	平成24年4月	5月	6月	7月	8月
原田橋通行止	4月24日				
林道迂回利用(普通自動車)					
緊急用道路利用(河川内道路)		2ヶ月間			
セフティークーブルによる補修		協議	工事	片側交通規制による供用	
迂回路利用(大型車)		約76km 2時間30分			

3年以内に新橋の建設を実施し、通常の通行を確保(予定)

4.4 天竜川原田橋プロジェクトチームの設立

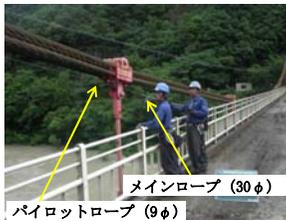
浜松市長より技術支援要請



青枠は、中部地方整備局パンフレットより抜粋資料

- 5/2 支援本部設置
- 5/10 対策PTによる現場調査
- 5/10 日本橋梁建設協会に技術協力要請
- 5/14,17 ケーブル腐食部の詳細調査
- 5/23 浜松市長から橋建協会会員会社に補修工事の指示書発行(随意契約)
- 腐食調査、解析手法、補修方法など、PTの指導の下詳細計画策定へ

4.9 現場施工(ケーブル展開)



メインロープ (30φ)
パイロットロープ (9φ)



メインロープの高所作業者による設置



メインロープの1Aへの引込み

33



追加ケーブルの定着部への引込みおよび設置作業状況

34

4.10 モニタリングによる監視

①ひずみゲージ (2軸)
ソケット定着部
(24セット)



②ひずみゲージ (2軸)
吊索部
(12セット)



③ひずみゲージ (2軸)
セーフティケーブル部
(4セット)



④警報機
(ハットライト)
2基



⑤ウェブカメラ
4基



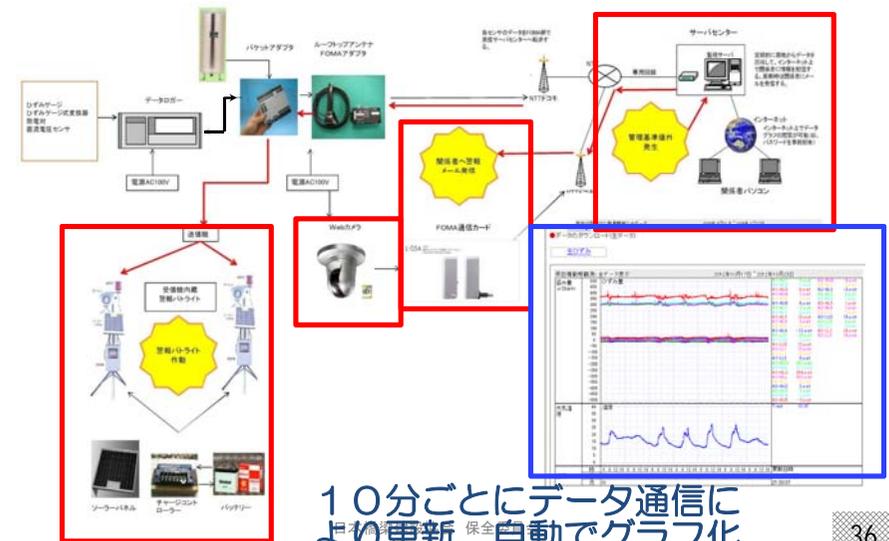
⑥LED照明
(センサーライト付き)
1基



ケーブル部を中心にモニタリング
→異常値検出時は自動で携帯にメールで通報

35

モニタリング全体システム



10分ごとにデータ通信により更新 自動でグラフ化

36

ウェブカメラ

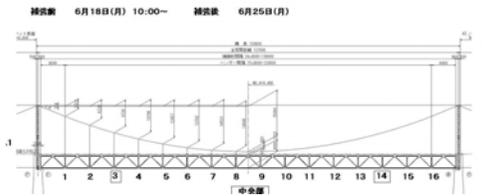


- 10分ごとにデータ通信により更新
- 遠隔操作により、パソコン上でズーム・方向操作可能

4.11 セーフティケーブルの効果確認

補強前および補強後の輪荷重走行試験の実施 (6/18, 6/25)

- 試験荷重：ダンプトラック15t×2台
[・交通解放時荷重：トラック8t×1台
+乗用車1t×10台]
- 試験結果：セーフティケーブルの負荷張力の確認等、効果が十分であることが証明できた。



ダンパー	ダンパーの走行方向	基準位置からの中央位置で確認します
CASE-1	1台	橋点3-19m
CASE-2	1台	橋点9-9m(中央)
CASE-3	1台	橋点14
CASE-4	2台	橋点3
CASE-5	1台	荷重100kN程度
CASE-6	2台	荷重200kN



維持管理に必要なこと(1/2)

- メンテナンスが容易にできる管理体制の構築
→道路橋示方書(H24) 維持管理を確実かつ容易に行えることができるよう、設計段階から配慮すること。

(原田橋の事例)



落石防止網の点検孔の設置



ラッピングを撤去し、グリース材を塗布

維持管理に必要なこと(2/2)

- メンテナンスの容易な形式、水じまい対策を実施
 - ケーブル形式(吊橋)の場合
 - ケーブル腐食=構造として致命的となる
 - 水じまいの対策を実施しておくこと
 - 一般の橋梁形式
 - 劣化しやすい桁端部の構造ディテール
 - 取り替えしやすい伸縮装置構造
 - 桁端部の部分的な塗装
 - 検査路の設置 など

原田橋ではケーブル端部がいつも湿気状態



5. 第1弁天橋の撤去事例

5.1 橋梁諸元

橋名: 第1弁天橋

施工: 1965年(49年経過)

場所: 浜松市天竜区水窪町奥領家
形式: 無補剛吊橋(歩行者専用道)

橋長: 約32m

事故: 平成25年2月10日

吊橋が傾き3名の負傷者が出た
対応: 協会加盟会社が2月13日(水)~16日(土)の4日
間で撤去工事を施工。

一日も早い復旧をめざし、作業を実施した。

原因: アンカー部のターンバックルが腐食し、破断。
老朽化が原因と推定される。



下流→上流 (跨道部は国道152号)



右岸下流側より撮影



42

41

5.2 損傷の原因



崩落防止の養生状況



44

43



ターンバックル破断面断面

内面は泥、雨水が溜り
腐食環境下にあった

破断に至る経緯(推定)



5.3 撤去工事

平成24年度 (市) 水窪新道向島線第一弁天橋撤去工事		2月				18	19	20	備考
数量		10日	11日	12日	18日	19日	20日		
準備・測量工	1式	10日	11日	12日					
障害物撤去工	1式								
主塔補強PL溶接工	2箇所								
主塔転倒養生	2箇所								
メインケーブル引込工	2本								
ベント設置工	1基								
番号機撤去工	2基								
手摺撤去工	60m								
床組撤去工	30m								
メインケーブル撤去工	100m								
ベント撤去工	1基								
番号機復旧工	2基								
交通解放	1式								
主塔撤去工	2基								
後片付け工	1式								

実質3.5日で撤去完了

撤去完了(10:30頃)

撤去完了(11日PM17:00)

撤去完了(18日AM7:00)



主索引込み用アンカーの設置



主索引込み装置



床組仮受け用ベント設置
(第3ブロック)



床組撤去状況

5.4 事故対策の水平展開(応急対策)

浜松市所掌の同種吊橋(10橋)に対し、下記応急処置を実施した。

●補助ワイヤーの設置



ケース1 ダブルワイヤ設置



ケース2 シングルワイヤ設置

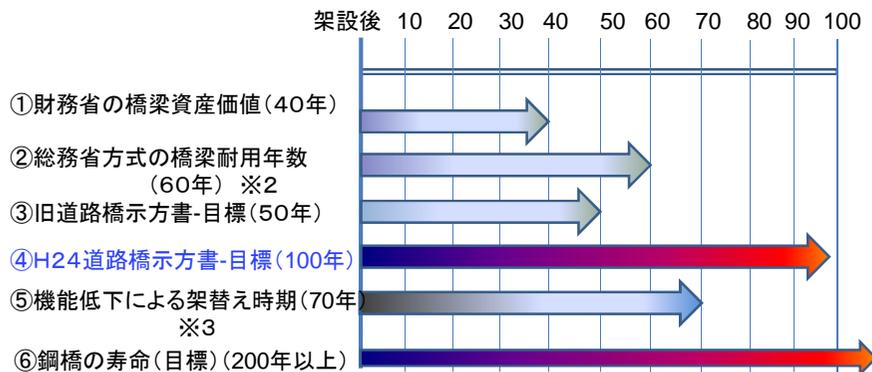
●ターンバックル構造の孔明作業



孔明後滞水を確認

49

6.2 鋼橋の寿命はあるか？



※2 総務省方式と呼ばれる公会計より、橋梁の耐用年数は一律60年で減価償却されている。

※3 国土交通省資料—機能低下による架け替えの橋梁の多い年数

51

6. 鋼橋の更新時期を考える

6.1 原田橋、第1弁天橋の劣化要因の背景

①耐用年数

・天竜川水系は完成後50年を超える、吊橋などの特殊橋梁が多い。

→50年は、橋梁の劣化が加速する時期である

②点検が難しい部位の存在

・落石防止網があり近接目視で点検が困難。(原田橋)
・特殊なターンバックル構造で点検の盲点。(第1弁天橋)

→専門性が高い点検が必要

③橋梁のデータベース化と長寿命化計画の未整備

・12市町村の合併により、点検対象の橋梁数が大幅に増大した。

→多くの橋で今後、具体的な補修工事が必要

50

6.2 鋼橋の寿命はあるか？

鋼橋の耐用年数

①機能的耐用年数

(橋梁の機能が不足・低下により限界に達するまでの期間)

②物理的耐用年数

(構造部材による腐食・劣化等による強度低下、外的要因による構造破壊など、物理的な要因で使用に耐えられなくなるまでの年数)

③経済的耐用年数

(橋梁の陳腐化等によって効率的な利用ができなくなり、経済的な面から限界となる年数)

④社会的耐用年数

(社会的要請や新規計画により橋梁の当初機能が不要となるか、または、別の機能が求められるまでの年数)

耐用年数の定義

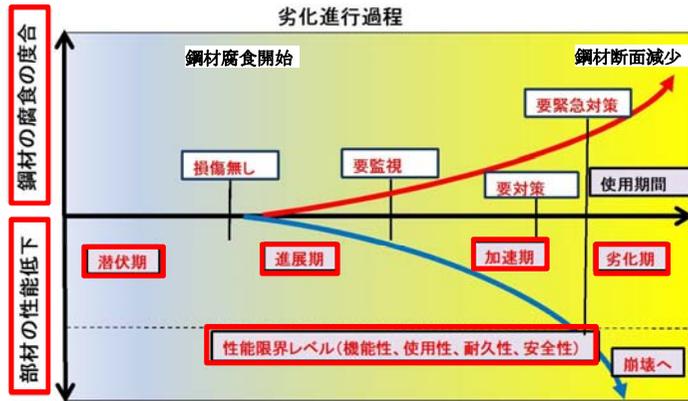
「土木構造物の耐用年数を決定づける寿命は、構造物の物理的強度や機能面の劣化状態が『**経済性**』を加味した上で致命的となる状態に至るまでの期間とする」
(土木学会：腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアルより)

留意点：供用期間中に致命的とはいえない程度の変状が生じた場合は、通常の保守管理において修繕されることを前提とされている

52

6.3 鋼橋の劣化進行過程

要緊急対策	: 損傷が著しく構造物の安全性が短期間に失われる可能性のある場合
要対策	: 劣化(フクレ、ワレ、ハガレ)が相当範囲に広がっている場合
要監視	: 劣化が部材に発生しているが、即時対策が必要でない場合
損傷なし	: 損傷がない場合



日本橋梁建設協会 保全委員会

6.4 経済的な損失について(原田橋の事例)

【経済的資産価値の評価に着目】

① 管理者にもたらされる管理者便益

② 利用者にもたらされる利用者便益

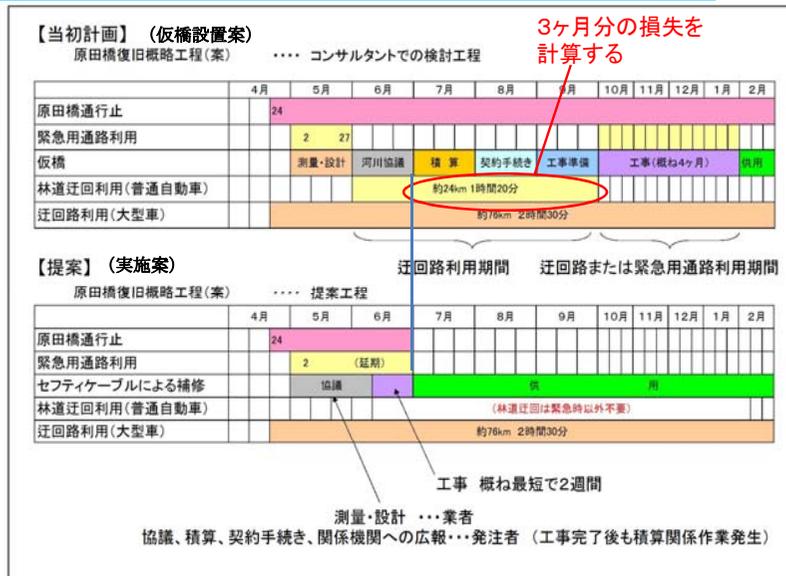
対象橋梁が不可能になった場合にその橋梁の利用者にもたらされる**時間的損失**や**交通費用の損失**などを基に推定される

③ 周辺住民にもたらされる第三者便益

対象橋梁が不可能になった場合にその橋梁の利用者にもたらされる時間的損失や交通費用の損失などを基に推定される

橋梁においては、その橋梁を利用する利用者だけでなく、周囲の交通や周辺住民にも便益や損害をもたらすため、**便益の評価にあたり、対象橋梁を含んだ周辺道路を交通ネットワークと捉え評価することが必要**である。

6.4 経済的な損失について(原田橋の事例)



6.4 経済的な損失について(原田橋の事例)

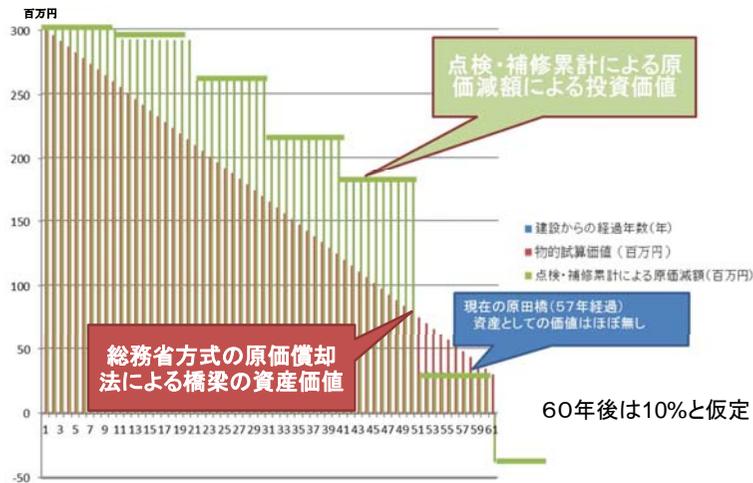
1) 物的試算価値の試算例

どの程度かかるか、維持補修費を算定して、コストを算定

部位	補修周期(年)	補修単価(円)	単位	備考	数量	1回あたり
主桁塗装	20	14,000	m ²	C-1塗装系	1,000	14,000,000
主桁	30	600,000	箇所	20か所を仮定	20	12,000,000
床版	50	130,000	m ²	RC床版	1,100	143,000,000
伸縮装置	20	500,000	m	鋼製	20	10,000,000
舗装	10	5,000	m ²	普通アスファルト	1,380	6,900,000
支承	30	3,000,000	基	鋼製	4	12,000,000
高欄	30	50,000	m	鋼製	276	13,800,000
定期点検	5	500,000	回		1	500,000

(注意) 補修単価は想定単価であり、実際の単価とは異なります。

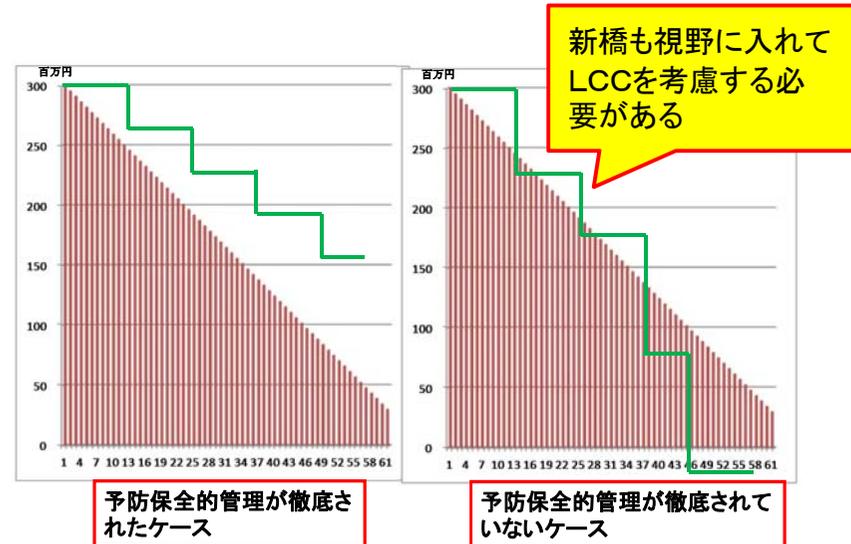
6.4 経済的な損失について(原田橋の事例)



注意) 補修単価は想定単価であり、実際の単価とは異なります。(仮定の数値)

57

6.4 経済的な損失について



58

6.5 更新費用と便益の試算(原田橋の例)

長期的な視点で見た場合早期に**新橋に架け替えたほうが、便益レベルは高くなり**、吊橋を補修し続けるより、新橋の方が、維持管理コストが低減でき、**長期的には経済的**となる。

	セーフティケーブル+橋の架け替え	仮橋設置+本格的な補修
迂回路による経済的な損出	- (○)	90日(5億円) (△)
便益レベル	新橋施工後に高くなる (○)	補修しても不安(△)
投資額	10億2千万円(補修+架け替え)(○)	9億円(補修)+(架け替え費)(△)
安心度	2年は低いが3年後には安心(◎)	新橋建設の30年間は不安(△)
総合判定	◎	△

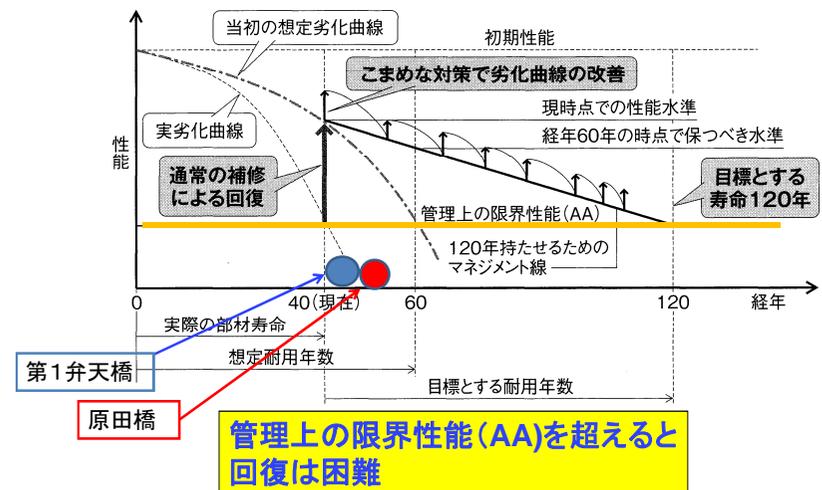
(注意)費用は目安費用であり、実際の費用とは異なります

・30年後に架け替えることを想定した比較です。

損傷度合いが大きいと、補修費も増大する！

59

6.6 こまめな対策で劣化曲線を改善



第1弁天橋

原田橋

管理上の限界性能(AA)を超えると回復は困難

60

7. おわりに(日本版 Fix It First)

①道路ネットワーク維持管理の必要性

・生活に欠かせない道路ネットワークは生活の生命線であり特に重要である。



・定期点検を行い、**こまめな補修・補強**を実施しネットワークの確保が特に重要である。

②鋼橋の更新時期について

・一般に60年といわれる鋼橋の耐用年数も、**適切な維持管理を行えば、長く使用することは可能**である。



・維持管理を適切に行わない場合は、60年に満たない場合もある。

・予防保全により、こまめな点検、補修・補強を行い、**LCCを低減することが重要**

補修を先送りし致命的な損傷の場合、橋の架替えとなる

→ **FIX IT FARST (まず修繕を)**

61

50th Anniversary

鋼橋についてのご質問は



まずは、
ホームページへ。

鋼橋のQ&A

ご覧になってください

もっと、詳しく

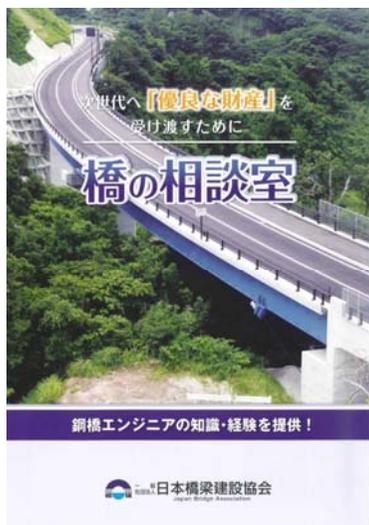
お知りになりたいとき



62

50th Anniversary

橋の相談室



「橋の相談室」は
相談内容を厳格に管理し、**守秘**を実施しています。

鋼橋に関する相談ごとは、「橋の相談室」へ

検索は 検索

TEL 03-3507-5225 FAX 03-3507-5235
URL <http://www.jasbc.or.jp/soudan/index.php>

近畿事務所 TEL06-6533-3238

日本橋梁建設協会

お気軽にメール
をどうぞ

63

50th Anniversary

終わり

ご清聴ありがとうございました。

一般社団法人 日本橋梁建設協会
Japan Bridge Association

保全委員会

64