

2008年度RAMS 講演会

## 大阪市橋梁の長寿命化 に向けての取り組み

—大阪市橋梁保全更新計画の策定—

大阪市建設局道路部橋梁担当

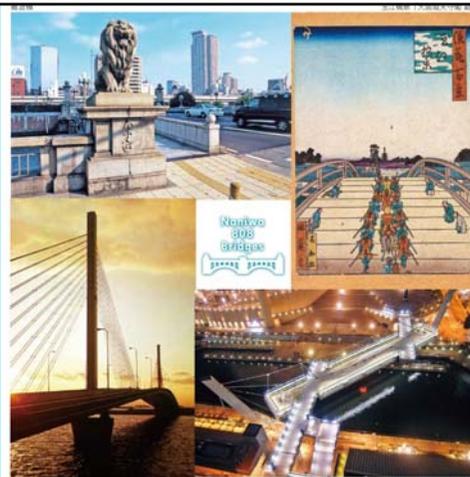
講演者 渡邊英一

1

## なにわ八百八橋の 良好な保全に向けて

—大阪市橋梁保全更新計画の策定—

2



大阪市建設局道路部橋梁担当

3

## はじめに

大阪は、「なにわ八百八橋」と称されるように古くから数多くの橋をかかえており、現在大阪市建設局は**764**橋(平成**21**年**4**月現在)の橋を管理しています。

大阪市では早くから都市施設の基盤整備が進められ、戦前に架けられた橋齢**70**歳を超える橋が約**100**橋に達する一方、今後いっそう高齢化が進む中、限られた予算で数多くの橋を維持管理する必要があります。

4

## 大阪市橋梁保全更新計画検討会

大阪市では平成19年度より「大阪市橋梁保全更新計画検討会」

を開催し、学識経験者の意見を頂きながら橋梁を良好な状態で将来に引き継ぐために、必要な事業計画および実施方針を取りまとめた『大阪市橋梁保全更新計画』を策定しました。

委員長：渡邊英一 京都大学名誉教授、  
委員：古田均 関西大学教授、  
田中みさ子 大阪産業大学准教授

5



大阪市橋梁保全更新計画検討会

6

## 大阪市の橋の特徴

- 大阪は、淀川や大和川の河口部に発達してきたまちであり、川や堀が多いことから、橋は市民の生活やまちの発展を支える重要な役割を担ってきました。このため「なにわ八百八橋」と呼ばれるように、今日まで多くの橋が架けられてきました。

7

- 大阪市では、淀川、大和川および港湾地帯に架かる大規模な橋、都市機能を支える高架橋、市民の生活を支える小規模な橋など、多種多様な橋を管理しています。
- これらの橋は、道路施設として社会経済活動を支えている橋もあれば、その景観性や歴史性などから、まちのシンボルになっている橋もあります。

8

## 千歳橋



大川に架かる  
長大橋

9



都市機能を支  
える高架橋

## 新御堂筋線高架橋(北区～淀川区)

10



歴史、景観を  
形成する橋

## 天神橋(北区～中央区)

11

## 駒川1号橋(東住吉区)



市民の生活を  
支える小規模  
な橋

12



Naniwa 808 Bridges

## 現状と課題① 急速な橋の高齢化の進展

- 大阪市では早くから都市基盤施設整備が進められ、橋齢 **50 歳以上**の橋の割合は、全国平均約 **6%** に対して、約 **20%** と高く、さらに、戦前に架けられた橋齢70歳を超える橋が約 **100** 橋にのぼり、今後は橋の架替や維持管理費などの、事業費の増大が予想されます。

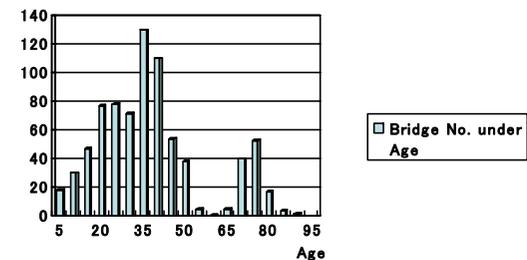
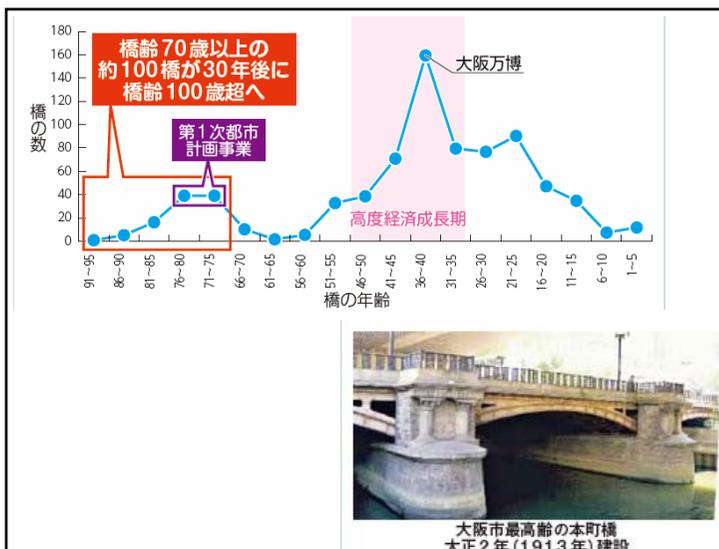
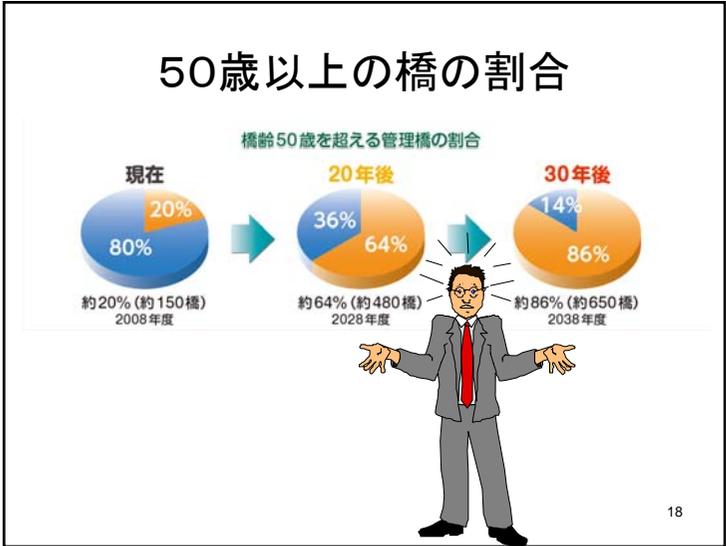
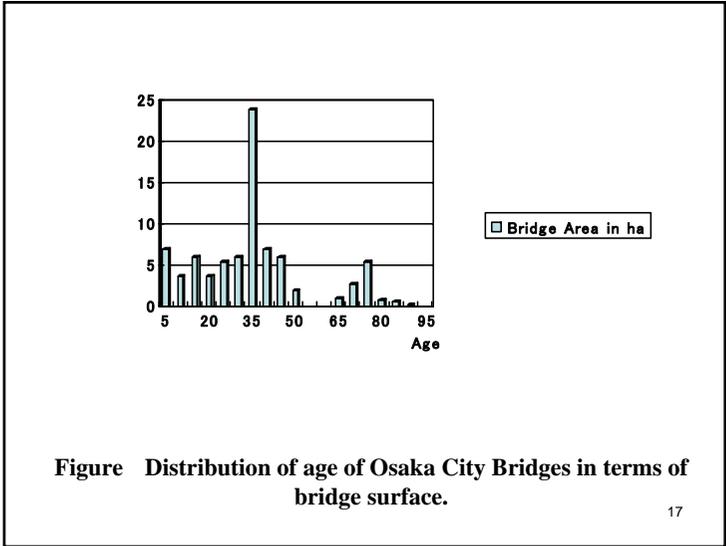


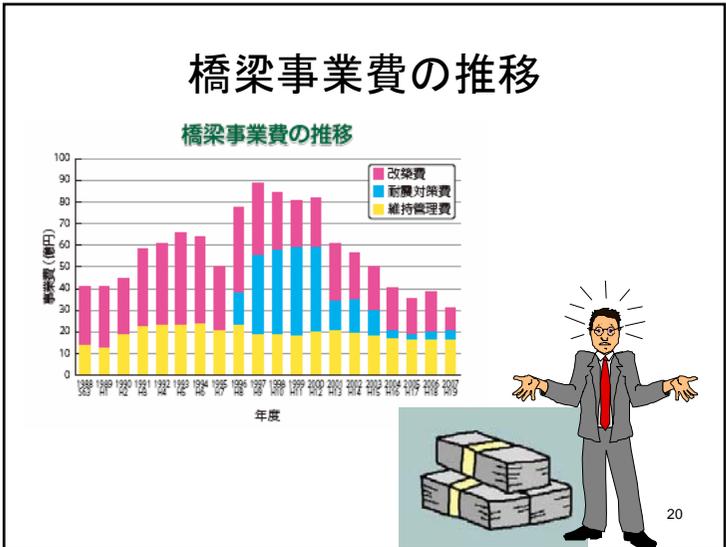
Figure Distribution of age of Osaka City bridges in terms of the bridge number.



### 現状と課題②

#### 限られた財源の中での事業実施

- 近年、大阪市は非常に厳しい財政状況におかれ、橋梁事業費についても大幅に削減せざるを得ない状況にあります。
- このため、新橋建設などの改築費を抑えることによって対応を行ってきましたが、維持管理費については、安全性を確保する観点からこれ以上削減しづらいレベルにまで達しており、新たな維持管理手法の確立が求められています。

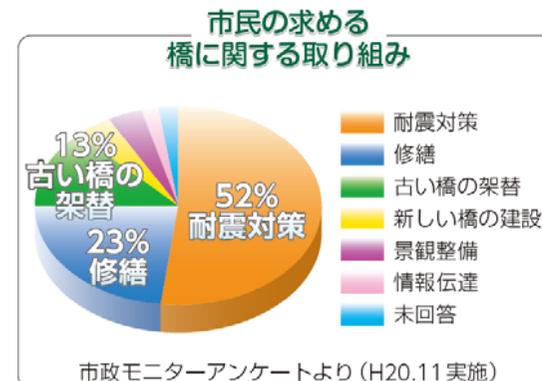


### 現状と課題③ 求められる安全・安心にかかる取り組み

- 平成20年度に実施した市民アンケートでは、橋の耐震対策や修繕、架替などの取組の優先順位が高い結果となっており、市民の『安全・安心』にかかる取組への期待の高さが読み取れます。

21

### 市民の求める橋に関する取組み



22

### 橋の計画的維持管理の実践



23

### 予防保全による橋の長寿命化

- 高齢化の進行をそのまま放置しておくと、道路が通行止めという事態にもなりかねず、将来にわたり橋を適切に保全し、道路ネットワーク機能を維持していくことが必要です。
- そのため、これまでは損傷が大きくなってから対策を行う「事後保全」を行っていましたが、今後は損傷が大きくなる前にこまめに補修を行う「予防保全」を行い、橋の長寿命化を図ります。その結果、橋にかかるライフサイクルコストの縮減が可能となります。

24

## 早めの補修が大切！

早めの補修が大切！



25

## 予防保全を実現するための取り組み

- 予防保全を計画的に行っていくためには、点検によって常に橋の状態を把握し、橋の劣化が今後どのように進んでいくのか、いつどのような対策を行うのが最適か、などの予測を行って最適な保全更新計画をたてる必要があります。

26

- 近年、橋の損傷データの蓄積が進み、予防保全を計画的に行っていくために必要となる劣化の予測や橋の状態の予測が可能となりました。
- 本市では、平成17年度、新たな知見を取り入れながら橋の予防保全を進めるためのシステムとして、大阪市橋梁維持管理システムを構築し、運用を開始しました。

27

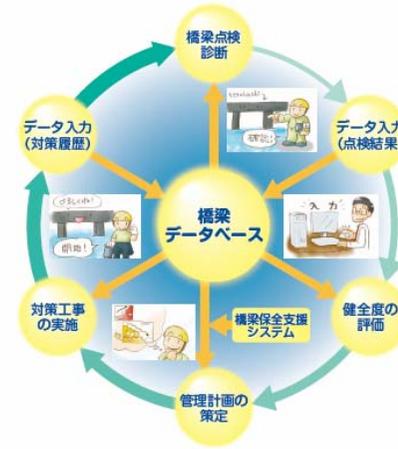


28

## 橋の計画的維持管理の実践 アセットマネジメントサイクルの構築

- 予防保全を軸とした計画的維持管理(アセットマネジメント)は、点検 → データ入力 → 健全度の評価 → 管理計画の策定 → 対策工事の実施 というサイクルで行っています。維持管理に必要なデータは、橋梁データベースに蓄積してきました。
- これらのデータを利用し、橋の将来の状態や最適な補修時期を導き出す橋梁保全支援システムを構築し、今後の橋の維持管理のあり方について検討を行っています。

29



30

## 大阪市橋梁保全更新計画の概要

- 大阪市橋梁保全更新計画は、建設局が管理する橋に関わる事業について、橋を良好な状態で将来に引き継ぐために、必要な事業計画(橋の点検・維持補修・補強・架替など)およびその実施方針を示したものです。

31

点検・補修	橋の点検	基本的には年に1回の点検により、橋の橋脚状態を確実に把握し、重大な損傷や事故防止します。	
	維持補修	定期的な点検に基づき、橋の劣化を予測し、損傷が大きくなる前に補修を行う(予防保全)を実施します。	
補強	橋脚の大型化に対する補強や、断続的の断続的補強など安全対策を実施します。		
	大規模地震に対する、耐震補強対策などを実施します。		
架替	橋脚に架けられた橋脚について、ライフサイクルコスト分析により架替要否を判定し、計画的な架替を行います。(特設PPT参照)		
	河川改修事業や都市計画事業などに伴う、橋の架替を実施します。		

32

## 点検・補修

点検・補修

橋の点検	基本的に5年に1回の点検により、橋の損傷状態を確実に把握し、重大な損傷や事故を防止します。	 橋の点検
維持補修	定期的な点検に基づき、橋の劣化を予測し、損傷が大きくなる前に補修を行う「予防保全」を実施します。	 鋼橋の塗装塗り替え

33

## 補強

補強

車両の大型化に対する補強や、車両用防護柵の設置など安全対策を実施します。	 車両用防護柵の設置
大規模地震に対する、耐震補強対策などを実施します。	 耐震補強対策 (左:橋脚補強、右:落橋防止装置)

34

## 架け替え

架替

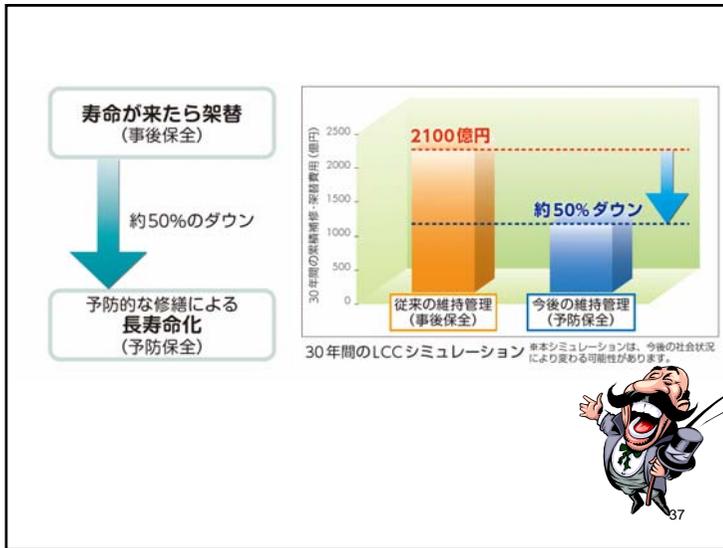
戦前に架けられた高齢橋について、ライフサイクルコスト分析により架替要否を判定し、計画的な架替を行います。(詳細はP7参照)	 高齢橋の架替 (戎橋)
河川改修事業や都市計画事業などに伴う、橋の架替を実施します。	 河川改修事業に伴う架替 (北置橋)

35

## 予防保全による長寿命化でコストダウン

- 『大阪市橋梁保全更新計画』の基本方針に従い、計画的予防保全による維持管理を実施した場合のシミュレーションを行った結果、従来の手法と比較して、今後 **30** 年間の架替費用と維持補修費用の総額が約 **50%** 程度となることが分かりました。

36



## 高齢橋の架替

- 大阪市では、点検結果に基づき、予防保全による橋の長寿命化を図ることとしていますが、架替えることが合理的と考えられる必要最小限の橋については架替える方針です。

39

- そのため、戦前に架けられた70歳以上の高齢橋約100橋を対象として、点検結果や既往の構造計算書等の構造照査を行い、架替検討マトリクスにより詳細検討の必要性がある橋を1次選定し、架替検討橋梁とされた橋について、ライフサイクルコスト(LCC)分析に基づく総合評価を行い架替要否を2次選定します。

40

## 高齢橋の架替 or 長寿命化

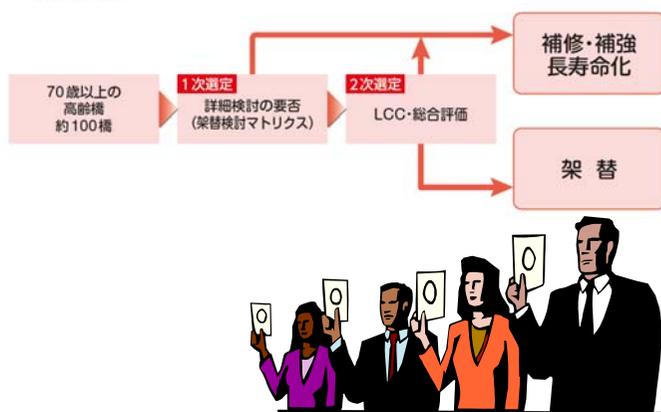
- 通常、橋の維持管理計画を立案する際には、橋梁点検から得られたデータを基に、劣化予測を勘案した健全度から保全計画を策定するのが一般的です。
- しかし、戦前に架けられた高齢橋は耐震設計など設計思想が現在の橋と全く異なる場合や、設計荷重や河川状況などの社会状況が建設当時とは大きく変化している場合などがあり、架替の可否を橋の健全度のみで判断した場合には、判断を誤る可能性があります。

41

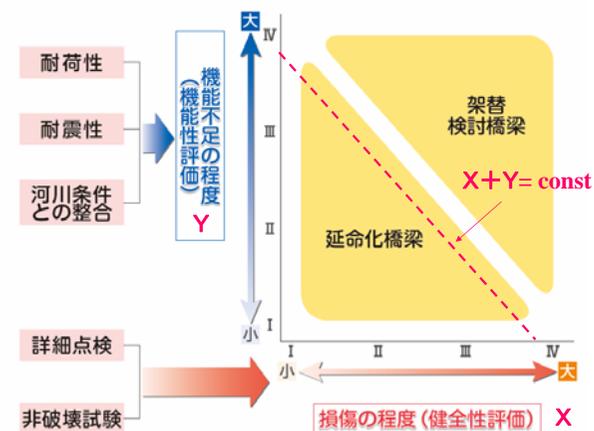
- そこで、橋梁点検による健全性評価に加え、耐荷性、耐震性、河川条件が現在の基準に対し、整合がとれているかについて、機能性評価をあわせて実施しています。

42

## 高齢橋の架替 or 長寿命化



架替検討マトリクス (1次選定)



44

## 追加説明

45

## 高齢橋の架替判定方針

- 戦前に架けられた70歳以上の超高齢橋約100橋を対象として、他事業（河川事業・都市計画事業等）による架替計画や撤去予定があるものを除いた上で、点検結果や既往の構造計算書等の構造照査を行い、架替検討マトリクスにより詳細検討の必要性がある橋梁を1次選定しました。
- その後、架替検討橋梁とされた橋梁について、LCC分析に基づく総合評価を行い架替要否を2次選定するものとなりました。

46

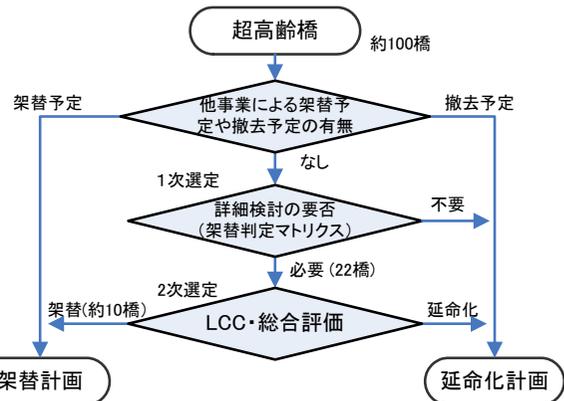


図2 架替計画策定フロー

47

## 3. 架替検討マトリクス (1) 評価方法

- 通常、橋梁の維持管理計画を立案する場合には、橋梁点検から得られたデータを元に、劣化予測を勘案した橋梁の健全度評価を行い、これにより保全計画を策定するのが一般的です。
- しかしながら、戦前に架けられた高齢橋は、耐震設計など設計思想が現在の橋梁と全く異なる場合や、設計荷重や河川条件などの社会状況が建設当時と現在とは大きく変化している場合などがあり、架替の可否を橋梁の健全度のみで判断した場合には、判断を誤る場合があります。

48

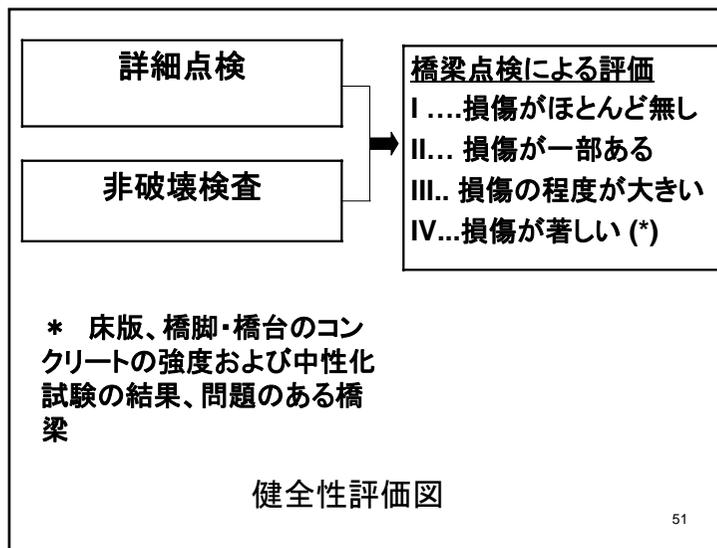
- このため、材料劣化に起因する物理的寿命を評価する「健全性」と、設計基準などの機能的な要求性能から評価される「機能性」を2軸にもつ架替検討マトリクスを用いて詳細検討の必要性を判定するものとなりました

49

## (2) 健全度評価(橋梁点検による)

- 健全度評価については、近接目視を原則とした詳細点検と、同時に実施した非破壊検査の結果を基に、将来の劣化進行を加味しつつ、健全性を評価することとしました。
- 詳細点検では、目視点検等による各部材の損傷の有無・程度を点検し、1橋毎の健全性を評価する。

50



51

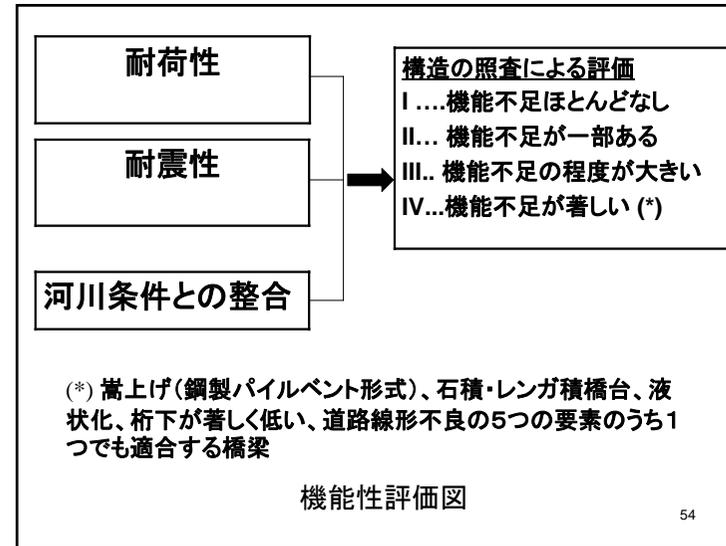
- 非破壊検査は、詳細点検時に合わせて行う、中性化深さや塩分含有量の測定、コンクリート強度試験等であり、目視では確認することのできない項目について、定量的な評価を行うもので、構造物の健全性評価の精度向上が期待できる。
- なお、健全性評価には、国土技術政策総合研究所によって提唱された状態指標を試行的に導入し、I～Ⅲランクの判定を行った。最も損傷が著しいⅣ評価は、コンクリート強度が著しく低下しているものと定義した。

52

### (3) 機能性評価(構造の照査による)

- 個別橋梁毎の機能性を的確に反映させるため、耐荷性、耐震性および河川条件が現在の基準に対し、整合が取れているかどうかについて、機能性評価を実施した。
- ここで、河川条件とは、河積阻害率、基準径間長および桁下余裕高さの3項目である。

53



54

- なお、石積み橋台を有する橋梁、液状化地盤にある橋梁、高潮対策事業などで嵩上げしている橋梁、計画高水時に桁が水に浸かる橋梁、道路線形が極端に悪い橋梁については、機能不足が著しい橋梁としてIV評価とした。

55



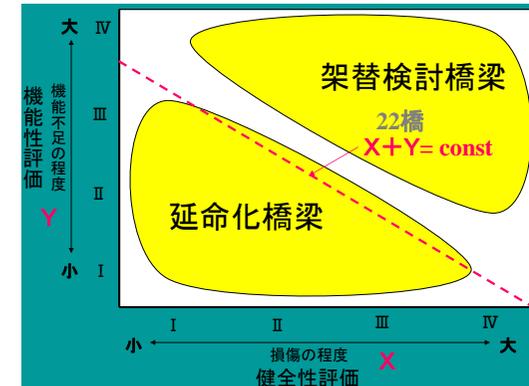
56

#### (4) 架替検討橋梁の抽出結果

- 架替検討マトリクスの上上が架替検討橋梁とし、左下が延命化橋梁として分類し、第1次選定として22橋を架替検討対象として抽出した。
- その結果、点検による健全性は良好であるにもかかわらず、耐震性など機能が大きく不足することによりIV評価となる橋梁が多く存在することが明らかとなった。

57

#### 架替検討マトリクス



58

- 一方、高齢橋であっても、建設時に確実な施工がされている場合には、現在でも十分に健全性を保っている橋梁が多数存在することも確認できた。
- これらの結果により、目視等による点検結果だけでは橋梁の状態を判断するには限界があり、架替など重要な判断を行う際には1橋ごとの特性をより詳細に検討する必要があることが認められた。

59

#### ライフサイクルコスト分析に基づく総合評価

- 超高齢橋の架替詳細検討(2次選定)では、対象となる橋梁ごとに構造計算や施工計画に基づき具体的な架替、延命化方法を検討し、今後50年間のライフサイクルコスト(LCC)による経済性の評価を行いました。
- さらに、上位計画との整合性なども踏まえて総合的な判断により架替の要否を判定するものとなりました。

60

## LCC分析に基づく総合評価(2次選定)

- 高齢橋の架替詳細検討(2次選定)では、対象となる橋ごとに構造計算や施工計画に基づき具体的な架替、延命化方法を検討し、今後50年間のライフサイクルコスト(LCC)による経済性の評価を行います。

61

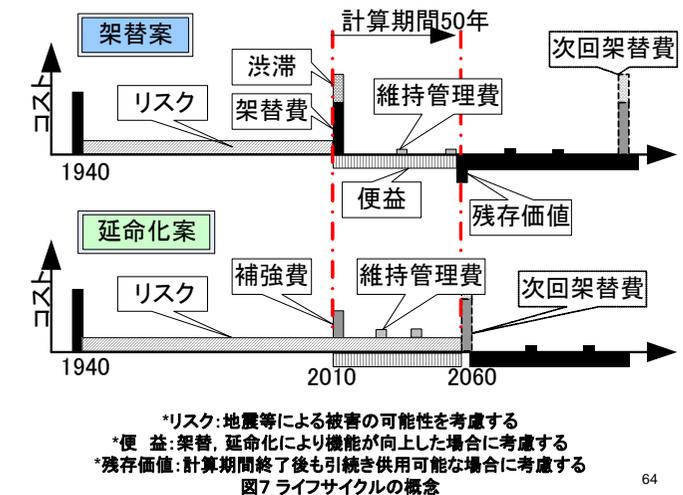
## 考慮するLCCの内訳

- $LCC = [\text{架替費}] \text{ or } [\text{補強(改良)費}] + [\text{維持管理費}] + [\text{工事渋滞損失}] + [\text{リスク}] - [\text{便益}] - [\text{残存価値}]$
- これまでのLCC分析では、架替費と維持管理費を評価対象とすることが一般的であったが、本検討においては、リスク、便益、残存価値などを費用として計上し、より客観的・定量的な架替判断とすることをしました。

62

- ただし、市民に親しまれる著名な橋については総合評価において極力保全する方向で考慮するものとした。

63



64

## 試算例

- 延命化および架替が選択された橋梁のLCC分析結果の例を示す。LCC比は最適案を1.0としたLCCの比率であり、比較として架替や延命化策をとらず最低限の維持管理を行う場合(以下、「無対策案」)のLCCも示した。なお、架替案の費用は、あらかじめ残存価値分を控除した費用を示している。

65

## 計算例

	A 橋	B 橋
	ゲルバー桁橋、木杭	アーチ橋
現況	液状化地盤中の木杭 耐震性に劣る	桁下が著しく低い 舟運の妨げ
延命化案	橋脚、基礎補強	床版改良(嵩上げ)
架替案	鋼床版橋	アーチ橋
無対策案	地震により被災	補修のみで対応

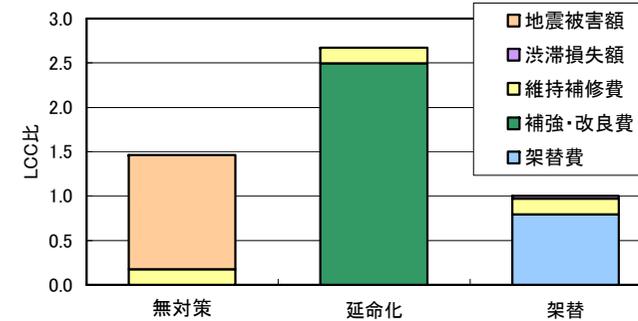
66

### A橋:ゲルバー橋

供用約80年の木杭を有するゲルバー桁橋

- A橋は供用約 80 年の木杭を有するゲルバー桁橋である。嵩上げもされており、耐震照査の結果、基礎補強まで必要であり、多大な補強費を要する。
- その結果、LCC 分析より架替案が経済的となった。補強や架替を実施しない無対策案では、通行止めや復旧費等の地震被害が発生するが、生産活動の停止など波及効果を考慮すると被害額はさらに増大することに留意する必要がある。

67



68

## B橋:アーチ橋

供用約80年のアーチ橋

- 両端橋台であり照査の結果、耐震性は確保されている。対象橋付近は水都再生計画により舟運活性化のプロジェクトが進められているが、本橋の桁下余裕が少なく舟運の妨げとなっている。
- 上部工改良による延命化または架替案により桁下空間が確保され、便益が生じることになるため、無対策案に舟運損失(負の便益)を計上した。
- また、本橋は歴史的価値等を有する著名橋であるため、架替案においては現橋と同形式を想定している。本橋は、LCC、上位計画との整合性等、総合的に評価し、上部工改良による延命化案が最適と判断される。

69

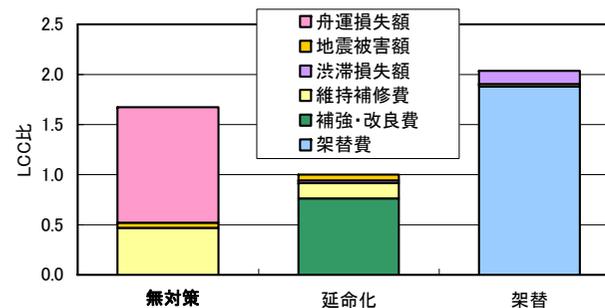


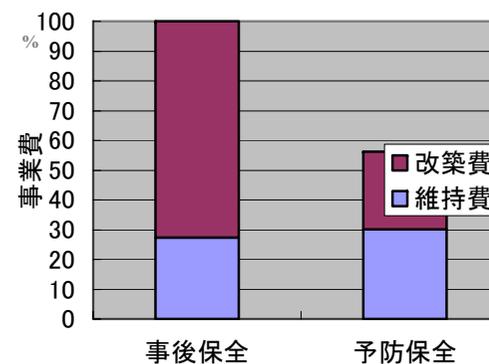
図8 LCC分析結果

70

## おわりに

- 超高齢橋約 100 橋を対象として、架替検討マトリクスおよびLCC分析を実施した結果、他事業計画による架替予定を除いて架替橋梁を 10 橋程度に厳選することができた。
- 従前の事後保全的な維持管理手法を実施し、今後 30 年間に橋齢 100 歳を迎える約 100 橋 の高齢橋を順次架け替える場合と比較して、今回検討により維持費は若干の増となるものの全体事業費は約 50 %の削減効果が期待できることが試算された。

71



72

Table 1. Example of calculation for maintenance and renewal of bridges

Case	No. of Renewal Bridges/ 100 old Bridges	Average Annual Repair Cost in JY Billion	Average Annual Renewal Cost in JY Billion	Average Annual Total Cost in JY Billion
1	100/100	2	5	7
2	15/100	2.2 (+0.2)	1.5 (-3.5)	3.7 (-3.3)

73

## 後世に遺し伝える なにわ八百八橋

- 大阪の古い橋の中には、町の発展と歴史をともにしてきた橋、都市景観の一部となっている橋、土木技術的にも価値のある橋など、市民に愛され親しまれてきた著名橋が多数存在しています。

75

Unit: JY billion

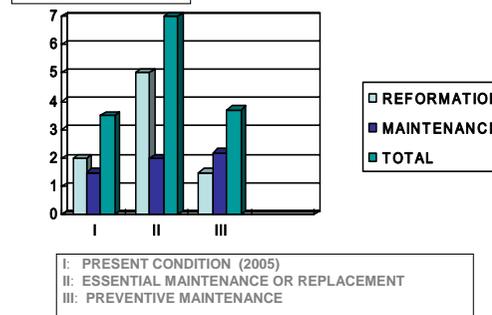


Figure Expected annual reduction of bridge expenditure by introducing the preventive maintenance in JY billion.

74

- これまで、高齢橋の架け替え検討を、①健全性評価と②機能性評価で評価してきましたが、これらのいわゆる著名橋を2つの軸だけで評価して良いものかどうか、例えば保存という観点で検討する必要はないのか等の議論を行っているところであります。

76

そこで大阪市は以下の観点から著名橋の候補を抽出しようと試みました。

- 歴史的な価値を有する橋
- 都市景観の形成に寄与している橋
- 土木遺産として価値ある橋
- 市民から愛されている橋

77

- 大阪市建設局では、こうした市民が魅力を感じている(好きな)橋について把握するため、平成20年度に市民アンケートを実施し、市内外在中の538名より回答を頂きました。

- このような市民の意見や歴史的価値についても十分配慮して、維持管理や架替えを実施していきます。



## 天神祭



79

## 市民が魅力を感じている(好きな)橋について

### 1位 難波橋

169人

中之島を挟んで北浜と西天満を結ぶ、堂島川、土佐堀川にかかる橋。橋のたもとに4体のライオン像がおかれ、市民からはライオン橋の愛称で呼ばれている。



80

2  
位

## 戎橋

93人

大阪ミナミを代表する道頓堀川にかかる橋、大正14年から使用されていたが平成19年に架替られた。



81

3

## 水晶橋

91人

大阪市役所北側の堂島川にかかる橋。夜にはライトアップされ美しい外観を観せている。



82

4位 豊里大橋 59人

5位 淀屋橋 56人

6位 天神橋 52人

7位 天満橋 47人

8位 高麗橋 35人

9位 桜宮橋 30人

10位 本町橋 他1橋 各29人

※複数回答可の設問のため、合計は必ずしも回答者数と一致しません。  
市政モニターアンケートより(H20.11実施)

83

## その他の橋梁事業

84

## ライトアップ

- 橋梁のライトアップにより、美しい夜の景観を演出することで、市民の大阪に対する誇りや愛着心、親しみを高め、大阪を訪れる人々に、美しい夜を楽しむ機会を提供します。

85

## ライトアップ

橋梁のライトアップにより、美しい夜の景観を演出することで、市民の大阪に対する誇りや愛着心、親しみを高め、大阪を訪れる人々に、美しい夜を楽しむ機会を提供します。



長柄橋のライトアップ

86

## 顕彰碑

橋梁顕彰碑は、歴史や文化、市民の生活と関わりの深い橋について、その橋の由来を顕彰し、橋と人との関わりを再確認することで、橋を通して歴史をふり返り、我が町意識を高めることに貢献しています。



難波橋の顕彰碑

87

## 橋洗い

大阪人の心意気のシンボルである『橋』を、地域の方々やNPO法人が主体となって清掃されています。このことで、まちの賑わいや、活性化につながっています。



中之島ガーデンブリッジの橋洗い

88

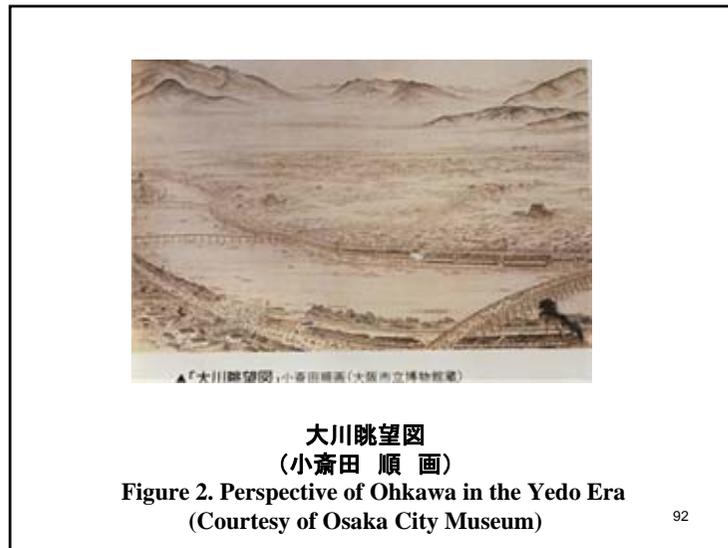
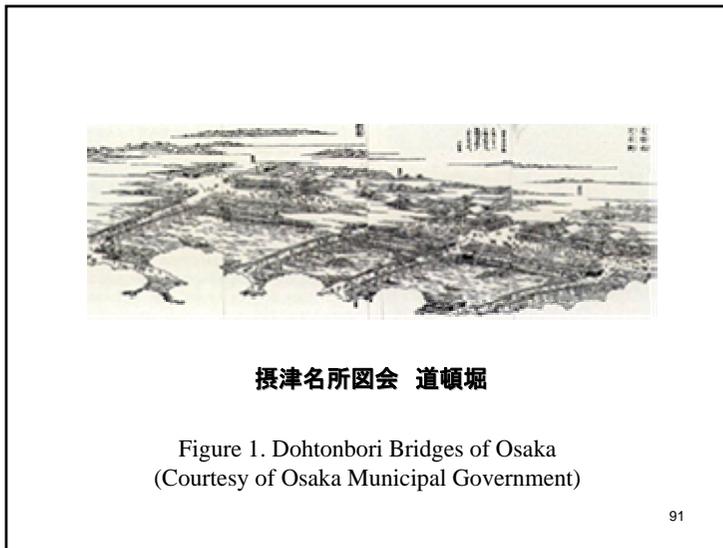




Figure 3. A map of Osaka in the Yedo Era. (1863)  
 ( <http://www.osakaudce.or.jp/bridge/chap1/index1.htm> )

93



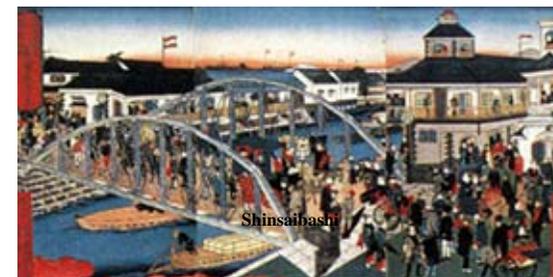
玉江橋図  
 (大阪城天守閣蔵)

94

## 近代橋梁の架設

- With the advent of the introduction of western civilization, bridges started to take the form of permanent bridges rather than traditional wooden bridges.

95



心齋橋の錦絵

Figure 4. Shinsaibashi Bridge at its opening in 1873 imported from Germany and built over the Nagahori River. It is of the bow-string type and has been preserved in Tsurumi Ryokuchi Park, Osaka for commemoration.

( <http://www.osakaudce.or.jp/bridge/chap1/index1.htm> )

96



高麗橋

Photo 2. Korai Bridge 1870 imported from England  
( <http://www.osakaudce.or.jp/bridge/chap1/index1.htm> )

97

## 歴史的橋梁の例

- Some of the existing historical Bridges: Naniwa-Bridge and Hommachi Bridge, respectively.

98



市民に親しまれる著名な橋については総合評価において極力保全する方向で考慮する

写真—1 難波橋(なにわ三大橋の1つ)

Photo 2. Naniwa Bridge

99



本町橋：大阪市最古の近代橋

Photo 3. Hommachi Bridge (oldest in Osaka)

100

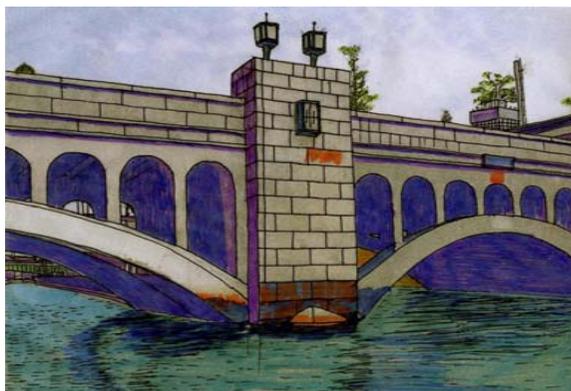
その他の橋

101



Crystal Bridge, 水晶橋

102



Crystal Bridge, 水晶橋

103



浮庭橋

Ukiniwa (Floating Garden) Bridge, 浮庭橋

104



Tenjin (God of Sky) Bridge, 天神橋

105



Tenjin (God of Sky) Bridge, 天神橋

106



Sakurano-miya (Silver) Bridge ,  
桜宮橋 (銀橋)

107



写真1 連続高架橋

108

## 可動橋の架設

- It is quite interesting to know that even more than 130 years ago, bridge engineers were so aggressive as to introduce movable bridges.

109

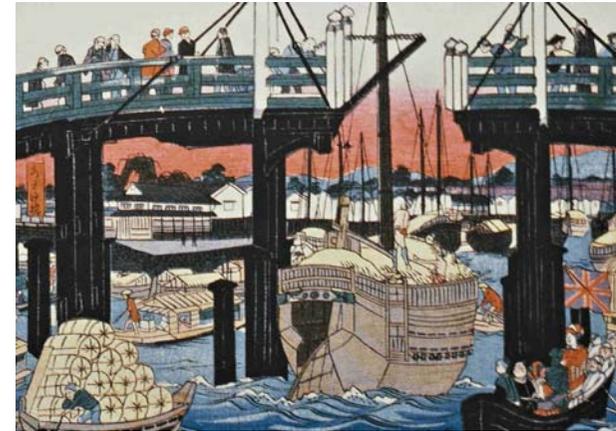


Figure 5. Chiyozaki Bridge of “bascule” type (1872)  
(Courtesy of Kobe City Museum & Osaka Municipal  
Government)

千代崎橋<sup>TM</sup>



Figure 6. Ajikawa Bridge of “swing” type (1873) (Courtesy of  
Kobe City Museum & Osaka Municipal Government)

111



夢舞大橋:ダブルリブアーチ巡回浮体橋 112

