

資料 2

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
安全・安心科学技術委員会（第16回）H20.11.25

第16回安全・安心科学技術委員会 20081125

道路橋の安全・安心を確保するための ブリッジマネジメントシステム

2008年11月25日

(財)大阪地域計画研究所 理事
鹿島建設(株) 土木管理本部 技師長

金氏 眞

1

本日の内容

- 1 「荒廃する日本」としないための道路管理
- 2 道路橋の安全・安心を確保するための課題
- 3 橋梁マネジメントにおける二つの視点
- 4 個別橋梁マネジメントの視点
- 5 道路ネットワークマネジメントの視点
- 6 ブリッジマネジメントシステム(BMS)の実用化事例紹介

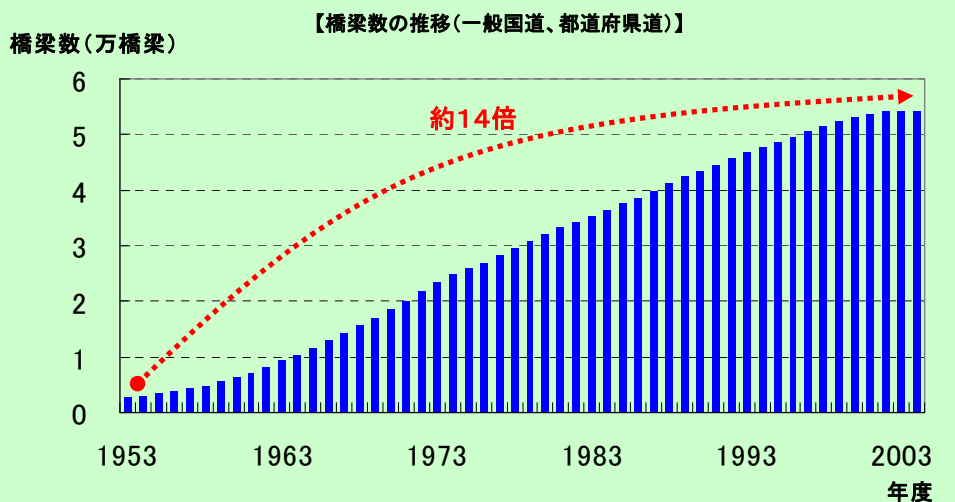
2

「荒廃する日本」としない ための道路管理

国土交通省 道路局

1-1 戦後の復興とともに整備された日本の道路

道路の橋梁は、1950年代から整備が進み、現在では、橋梁数が当時の約14倍になっている。

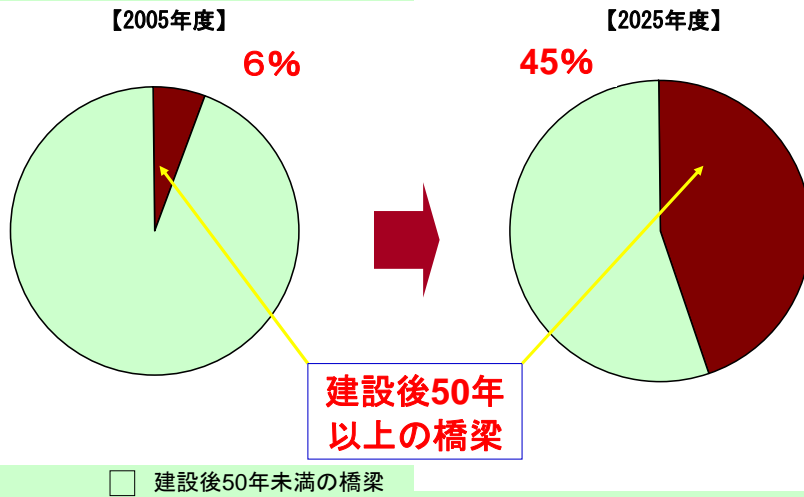


※国道、都道府県道のうち、橋長15m以上を対象

出典:道路施設現況調査(国土交通省)より作成

1-2 今後、急速に進む道路ストックの高齢化

建設後50年以上経過する高齢化した道路施設が今後急増し、補修が必要な施設が増えていくことが懸念される



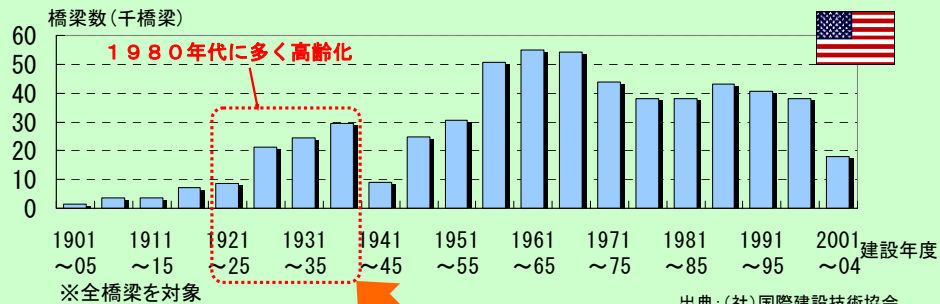
出典：道路統計年報より作成

11

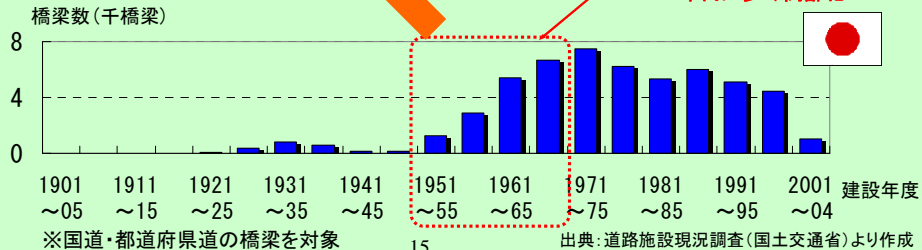
1-3 米国では、1980年代に多くの道路施設が高齢化

米国では、日本よりも30年早い1980年代に多くの道路施設が高齢化した。

【米国の橋梁の建設年】



【日本の橋梁の建設年】



15

1-4 1980年代の「荒廃するアメリカ」

1967年のシルバー橋の崩壊以降、橋梁の点検を強化したものの、維持管理予算が十分投入されなかった。

1967年にシルバー橋が崩壊 46名死亡
橋梁の安全に全国的な関心が高まる

【シルバー橋の落橋を報じる当時の新聞記事と落橋後の様子】



出典：Fond du Lac
Commonwealth Reporter
(1967年12月)

シルバー橋がある
ウエスト・
ヴァージニア州

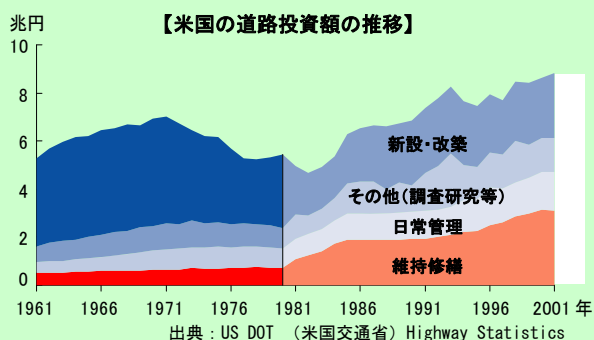


しかし、十分な予算が投入されなかった 出典：(社) 国際建設技術協会

1-5 1980年代の「荒廃するアメリカ」

維持管理に予算が十分投入されず、1980年代の米国の道路施設は劣悪な状態にあった。

1980年以前は、道路の維持管理に十分な予算が投入されていない状態



全米各地で橋梁や舗装が劣化



2 道路橋の安全・安心を確保するための課題

道路橋に求められる安全性能

構造安全性能

交通安全性能

第三者被害防止

道路橋の安全性を脅かす要因

1 要求性能を満たさない古い橋梁

- ・地震への対応…耐震基準の変化
- ・最新基準への対応…コンクリート床版の疲労対策
- ・車両大型化への対応

2 劣化損傷による性能低下

- ・鋼材の腐食…再塗装の遅れによる
- ・鋼構造の疲労亀裂…不完全な溶接、過積載車両
- ・コンクリートの塩害、アルカリ骨材反応
- ・コンクリート床版の疲労劣化、鋼床版の疲労劣化…重交通、過積載車両、古い設計「基準

3 不十分な維持管理予算

- ・高度経済成長期以降に建設された多くの道路橋が一斉に老朽化…膨大な維持管理費用が必要
- ・公共工事投資は減少傾向…維持管理費用は「前年対比」で決定されることが多く、減少傾向
- ・劣化・損傷が進行して多額の維持管理費用が必要になる ⇒ 維持管理予算が不足

9

2 道路橋の安全・安心を確保するための課題

1 要求性能を満たさない古い橋梁

- ・古い橋梁は数が限られている…



計画的に更新あるいは補強

2 劣化損傷に伴う性能低下を防止する

- ・劣化損傷を放置すると、重大事故につながる恐れがある
崩落事故に至るような重大な劣化・損傷 ⇒ 人命の危険
劣化損傷や耐荷力不足による交通規制 ⇒ 社会的損失
大規模補修や架け替え ⇒ 膨大な費用



劣化損傷の進行を遅らせる(長寿命化)



早期発見・早期対策で健全性を維持

10

2 道路橋の安全・安心を確保するための課題

3 維持管理予算の確保

- ・インフラ整備が発展途上段階のときは・・・
 - ⇒ 社会の発展とともに機能が陳腐化・・・更新主体・事後保全主体もやむなし
 - ⇒ インフラ全体が若かったので、多額の維持管理費を必要としなかった
 - ⇒ 全体の社会資本投資が増えているので、一定割合の維持管理費で賄えた
- ・インフラストックが増え、老朽化が進行すると・・・
 - ⇒ 全体として老朽化が進行すると、補修・補強対策が必要な橋梁が増える
 - ⇒ ストック量が増えると、日常管理費が増える
 - ⇒ 社会資本投資が増えないので、一定割合の維持管理予算では賄えない



インフラ会計の整備

- (A)更新費用
- (B)減価償却費用
- (C)維持・補修費用



橋梁データベースの整備

- 橋梁データベースから維持補修に必要な予算が把握できること
- ⇒ ブリッジマネジメントシステム(BMS)

11

3 道路橋マネジメントにおける二つの視点

個別橋梁マネジメントの視点

- 1 道路橋は、構造形式、使用材料、環境条件が異なる
- 2 道路橋には、さまざまな劣化・損傷が発生している
- 3 必ず発生する劣化・損傷もあれば、めったに発生しないものもある。
- 4 劣化メカニズムは解明されているが、劣化速度は条件によって異なる。



定期的な点検を実施して、橋梁ごと、劣化事象ごとにきめ細かな対応

道路ネットワークマネジメントの視点

- 5 道路ネットワークにおける各橋梁の役割
- 6 道路ネットワークマネジメントに必要な中長期予算の把握
- 7 数多くの変動要素(劣化速度、対策費用、予算)に対する適切な対応



データベース管理 + 維持管理の意思決定 ⇒ ブリッジマネジメントシステム

4 個別橋梁マネジメント

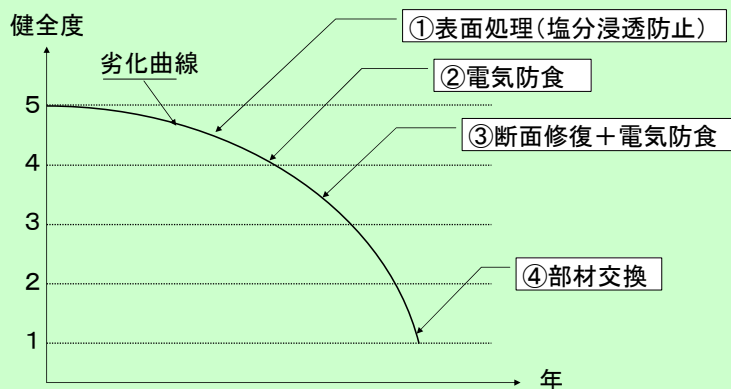
橋梁は数多くの部材から構成されており、様々な劣化・損傷が発生する

劣化・損傷	部材・部位	劣化・損傷の内容
塩害	コンクリート部材一般	コンクリート中に塩化物イオンが浸透し、鋼材が腐食
中性化	コンクリート部材一般	コンクリートが中性化(炭酸化)し、鋼材が腐食
凍害	コンクリート部材一般	コンクリート中水分の凍結・融解繰り返しで亀裂・はく離
アルカリ骨材反応	コンクリート部材一般	反応性骨材(シリカ)とアルカリの反応で膨張性ゲル生成
床版疲労	コンクリート床版	鋼橋のコンクリート床版が繰り返し荷重で疲労損傷
すり減り	コンクリート下部工	流水・流木等により下部工コンクリートが磨耗し鉄筋露出
洗掘	下部工	流水によって下部工基礎が洗掘され下部工が安定を失う
防食機能劣化・腐食	鋼部材一般	鋼材表面の防食層(塗装・メッキ)が経年劣化し鋼材が腐食
疲労亀裂	鋼上下部工、鋼床版	鋼部材(特に溶接部)が繰り返し荷重を受けて疲労亀裂発生
リベット腐食・抜け落ち	鋼上下部工	リベットが腐食して抜け落ちる
ボルト腐食・抜け落ち	鋼上下部工	高力ボルトが腐食して抜け落ちる、高力ボルトが遅れ破壊
経年劣化	鋼製支承	腐食、すべり面磨耗、ボルトの腐食・破断・折れ・抜け等
経年劣化	ゴム製支承	ゴム本体の亀裂・破断・逸脱等
経年劣化	沓座、台座	モルタル、コンクリートのひび割れ・破損・抜け落ち等
経年劣化	鋼製伸縮装置	フェイスプレートの破損、段差等
経年劣化	ゴム製伸縮装置	フェイスゴムの磨耗・亀裂・破損、段差等
経年劣化	排水管	管の腐食・欠食・脱落、取り付けボルトの腐食・破断・抜け等
経年劣化	排水ます	蓋の変形・破損、チェーンの破断、ずれ等

4 個別橋梁マネジメント

管理水準と対策工法の設定

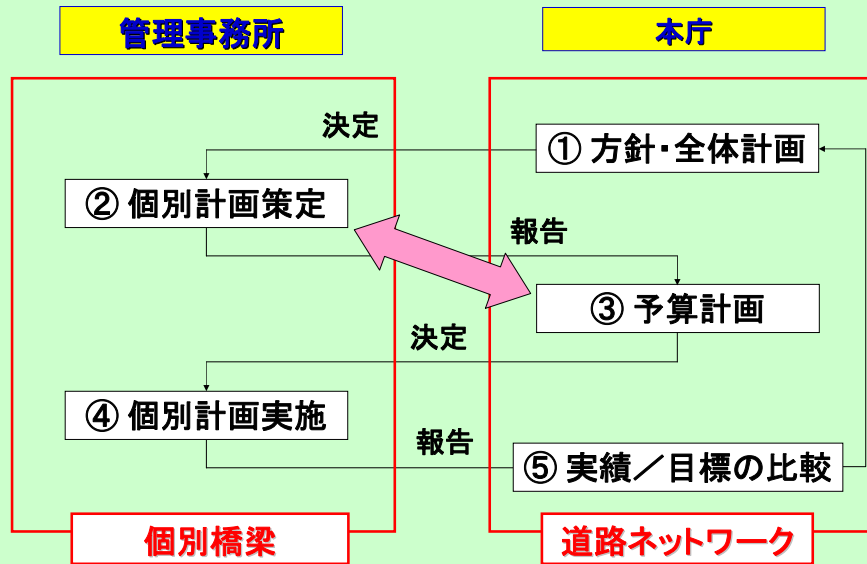
橋梁を構成する部材に劣化・損傷が発生した場合は、放置せずに適時・適切な対策が必要



管理水準の設定と、管理水準に応じた対策方法
(飛来塩分によるコンクリートの塩害)

5 道路ネットワークマネジメント

橋梁マネジメントのプロセス



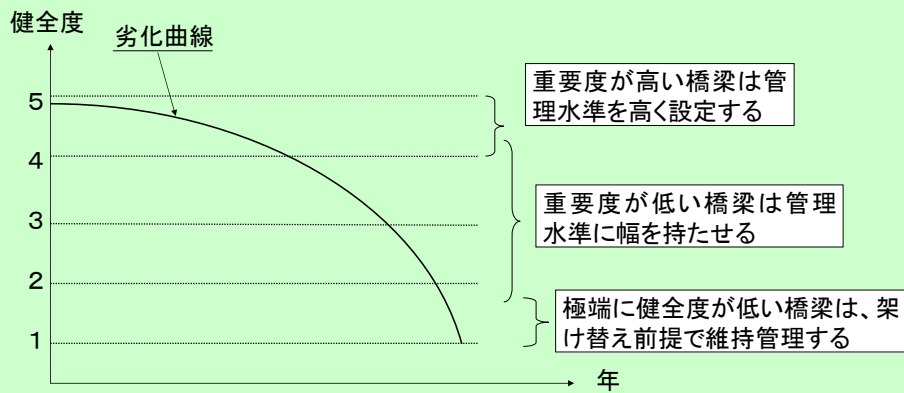
15

5 道路ネットワークマネジメント

どんな方法で取り組めば良いのか？

⇒ 管理水準設定と予算シミュレーションによる方法

- ① 橋梁の重要性を反映して橋梁の管理水準を設定する
- ② 対策実施の順番(予算付け)はシミュレーションで決定



橋梁の重要性を反映した維持管理水準の設定

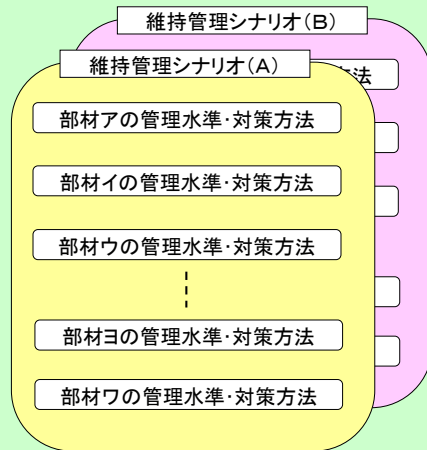
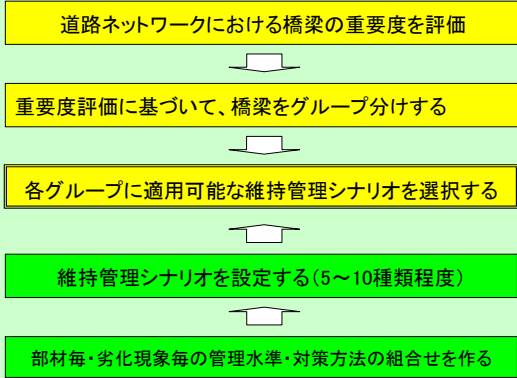
16

5 道路ネットワークマネジメント

管理水準設定における二つの視点

【個別橋梁マネジメントの視点】 + 【道路ネットワークマネジメントの視点】

道路ネットワークマネジメントの視点から



個別橋梁マネジメントの視点から

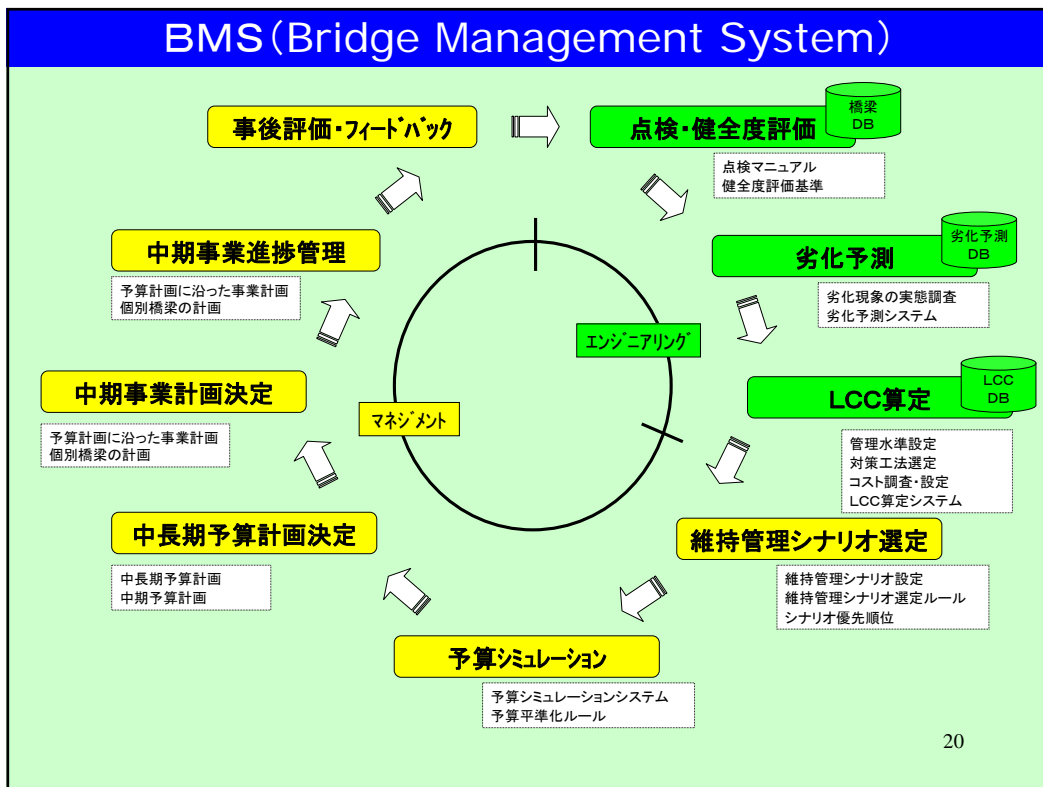
維持管理シナリオと管理水準の設定

5 道路ネットワークマネジメント

維持管理シナリオの管理水準設定例(A-1)



6 ブリッジマネジメントシステム BMS (Bridge Management System) の実用化事例紹介



点検・健全度評価(要素単位)

- 点検・健全度評価は、国交省定期点検要領(案)に準拠した要素分割で行う
 - ⇒要素は補修工事の最小単位に相当する。
 - ⇒補修箇所が特定でき、補修工事費用算定(LCC)も実態に近い。
- さらに、劣化の激しい**端支点部**を**1要素**として設定

主桁の要素分割(例)

0101E	0101	0102	0103	0104
0201E	0201	0202	0203	0204
0301E	0301	0302	0303	0304
0401E	0401	0402	0403	0404
0501E	0501	0502	0503	0504
0601E	0601	0602	0603	0604

端支点部

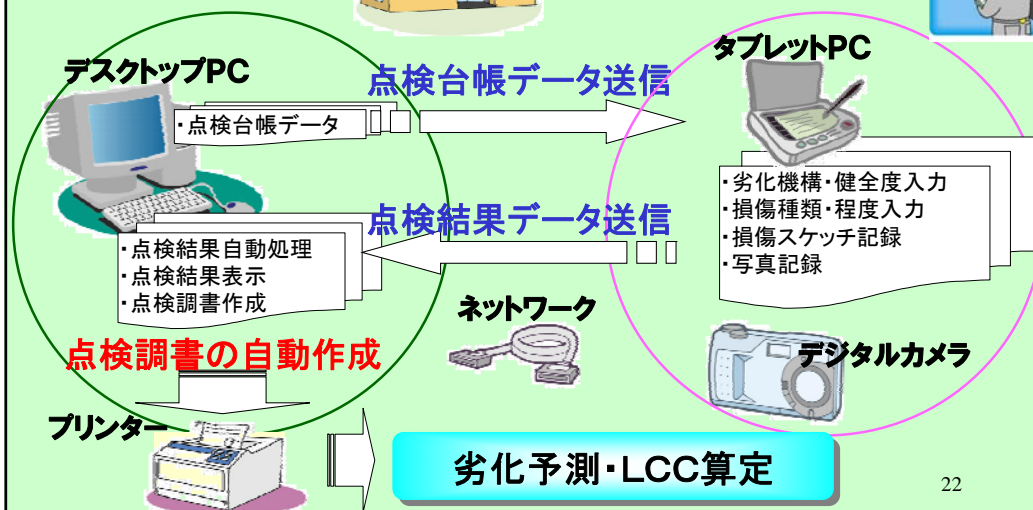
中間支点部

21

点検支援システム

デスクトップ情報端末システム
(事務所)

携帯情報端末システム
(現場)



22

点検支援システム (Tablet PC)



23

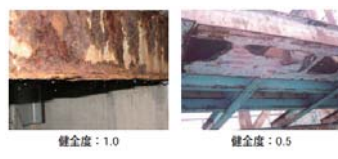
健全度評価基準

塗装した鋼部材 防食機能劣化腐食 (BMSハンドブック より)

健全度	定義	標準的狀態
5: 潜伏期 (5.5-4.5)	塗膜の防食機能が保たれている期間	変色や光沢の減少が局部的に見られる。
4: 進展期 (4.5-3.5)	塗膜の防食機能が徐々に低下し、塗膜下で腐食が発生する期間	光沢の減少が進行し、上塗り塗膜の消失が局部的に見られる。 点蝕、塗膜のひび割れ、はがれが局部的に見られる。
3: 加速期前 (3.5-2.5)	腐食が顕著になり、腐食量が加速度的に増大する期間	発錆面積が2割程度である。 局部的に断面欠損が見られる(エッジ部など)。
2: 加速期後 (2.5-1.5)		全体的に錆が見られる。 板厚の減少が見られる。
1: 劣化期 (1.5-0.5)	腐食による耐荷力(静的引張、座屈、疲労)の低下が顕著になる期間	全体的に板厚が減少しており、局部的には1/2以下になっている。

*) 発錆面積2割程度に点蝕がかなり点在している状態をいう (鋼道路橋往復便覧より)

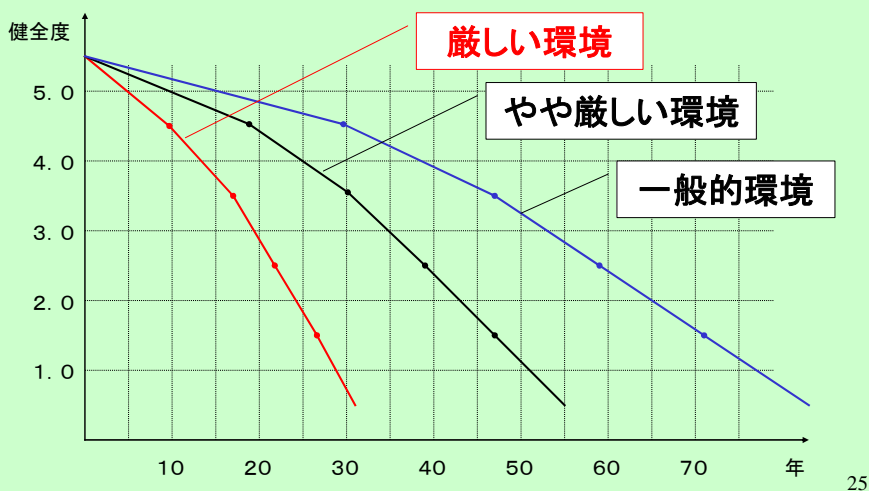
(桁材等)



24

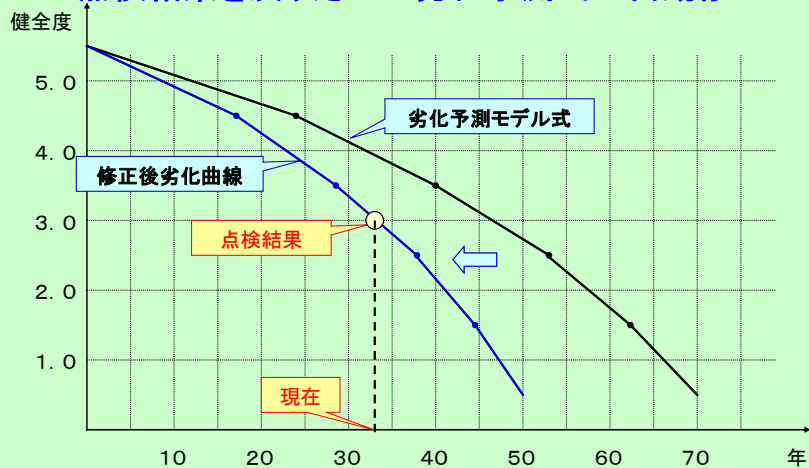
劣化予測

- 部材種類ごと、劣化機構ごとに劣化予測モデル式を設定
- 代表的な劣化事例データ等に基づき、劣化予測モデル式を設定
- 環境条件・個体条件を考慮して、複数の劣化速度を設定



劣化予測式の精度向上(その1)

点検結果を反映させた劣化予測式の自動修正



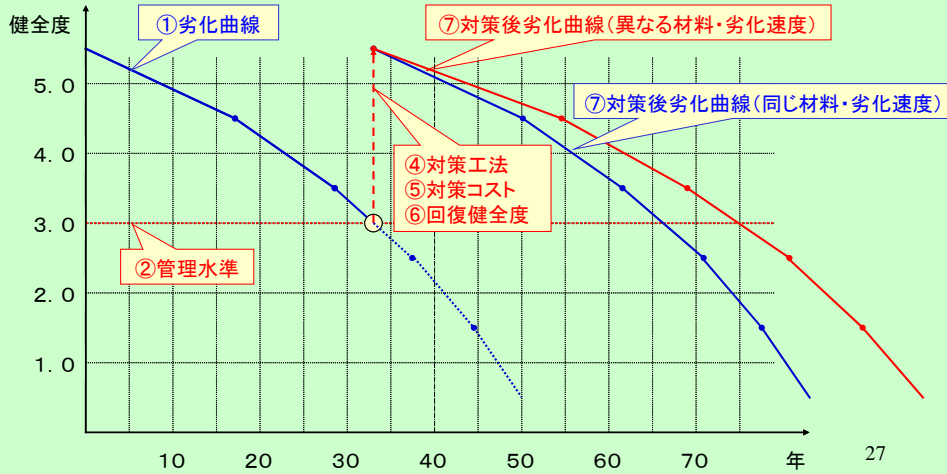
劣化予測式の精度向上(その2)

点検結果の蓄積による劣化予測式のカスタマイズ

26

LCC算定

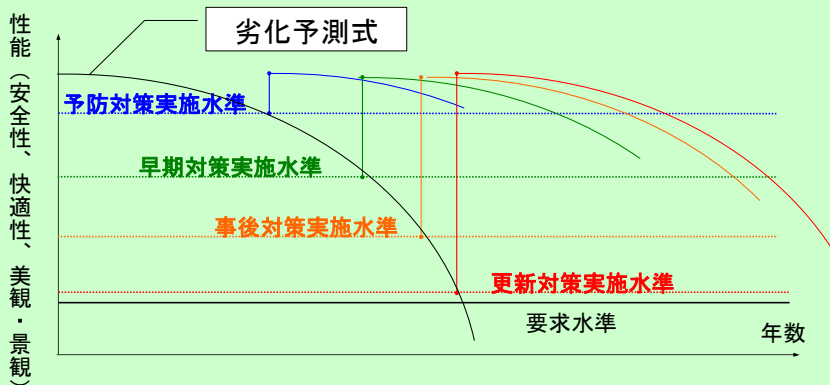
- ① 劣化曲線(劣化機構と劣化速度)
- ② 管理水準(維持管理シナリオで決まる)
- ③ 対策時期(①と②から決まる)
- ④ 対策工法
- ⑤ 対策コスト
- ⑥ 対策後の回復健全度
- ⑦ 対策後の劣化曲線



管理水準の多様化

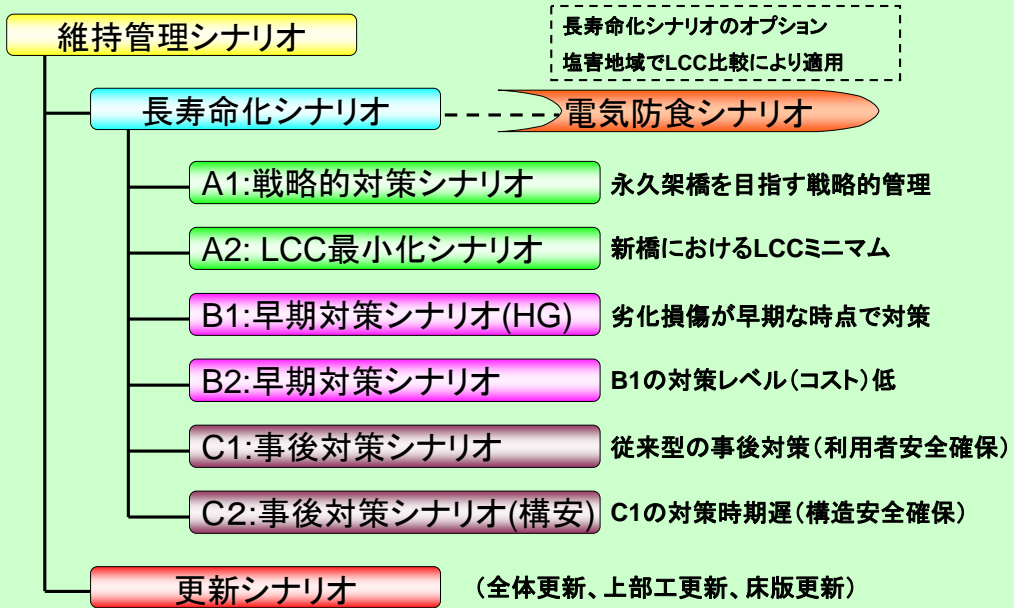
LCC低減

予算平準化



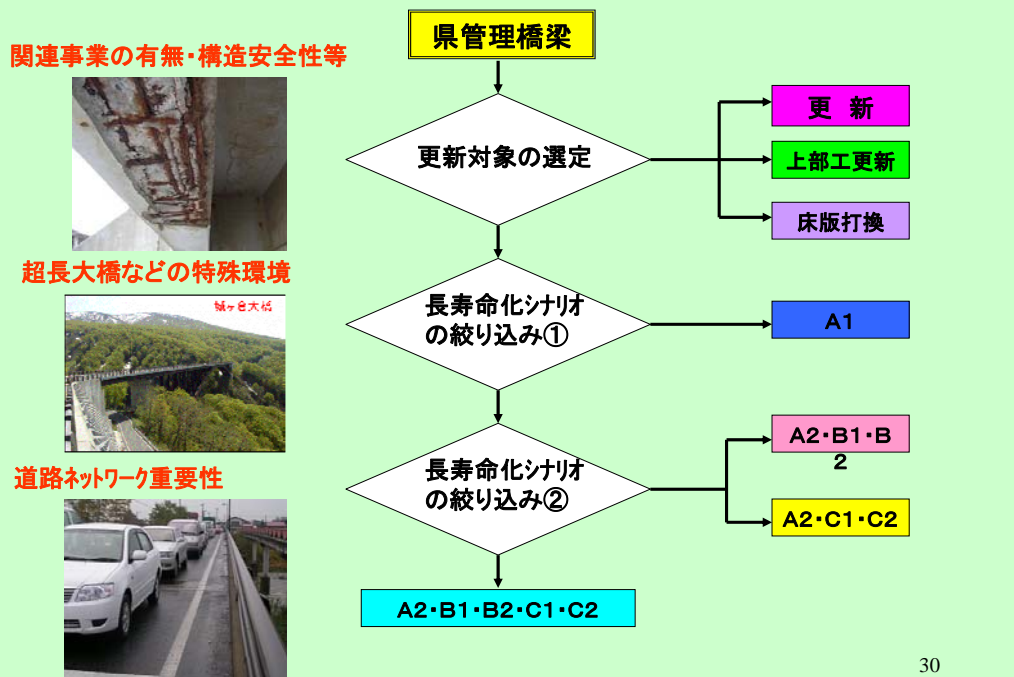
管理水準を橋梁単位で設定 (維持管理シナリオ設定) 28

維持管理シナリオ



29

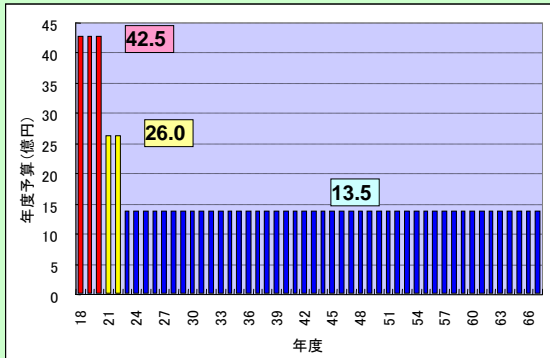
維持管理シナリオ候補の選定



30

ケース1(LCC最小) 平準化後

3年までの先送りを許容する条件で平準化した場合の予算シミュレーション結果



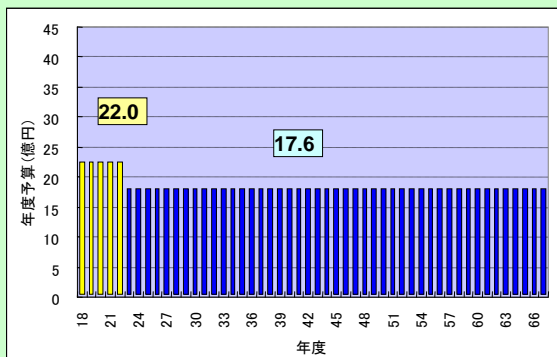
1～3年目 42.5億円
 4～5年目 26.0億円
 6年目以降 13.5億円
LCC=787億円



31

ケース2(現行予算+5億円)

中期5カ年の予算を22億円とした場合の予算シミュレーション結果



1～5年目 22.0億円
 6年目以降 17.6億円

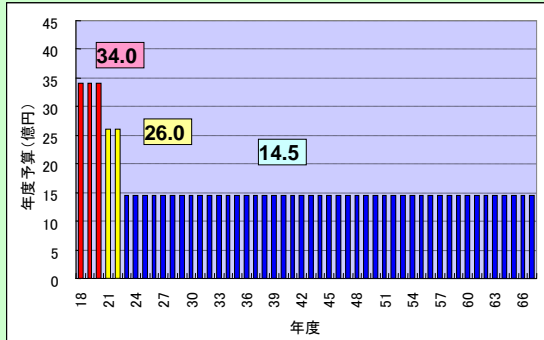
LCC=902億円
 (①+115億円)



32

ケース3（ケース1とケース2の間で増額効果最大）

採用された予算シミュレーション結果



1～3年目 34.0億円
 4～5年目 26.0億円
 6年目以降 14.5億円
LCC=807億円
 (①+20億円)

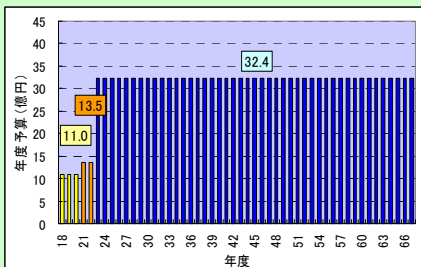
33

予算の確保

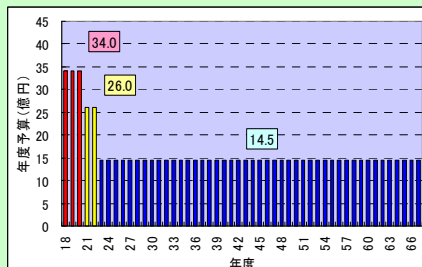
1 道路課内・県土整備部内調整:システムへの理解増進

- エキスパートの知見を反映させたBMSの試算結果を基に協議
課長・関係グループリーダーへシステム説明会を開催し理解を進める。

2 財政当局との調整:現行予算との比較で効果を説明



現行予算:1518億円



要求内容:807億円

34

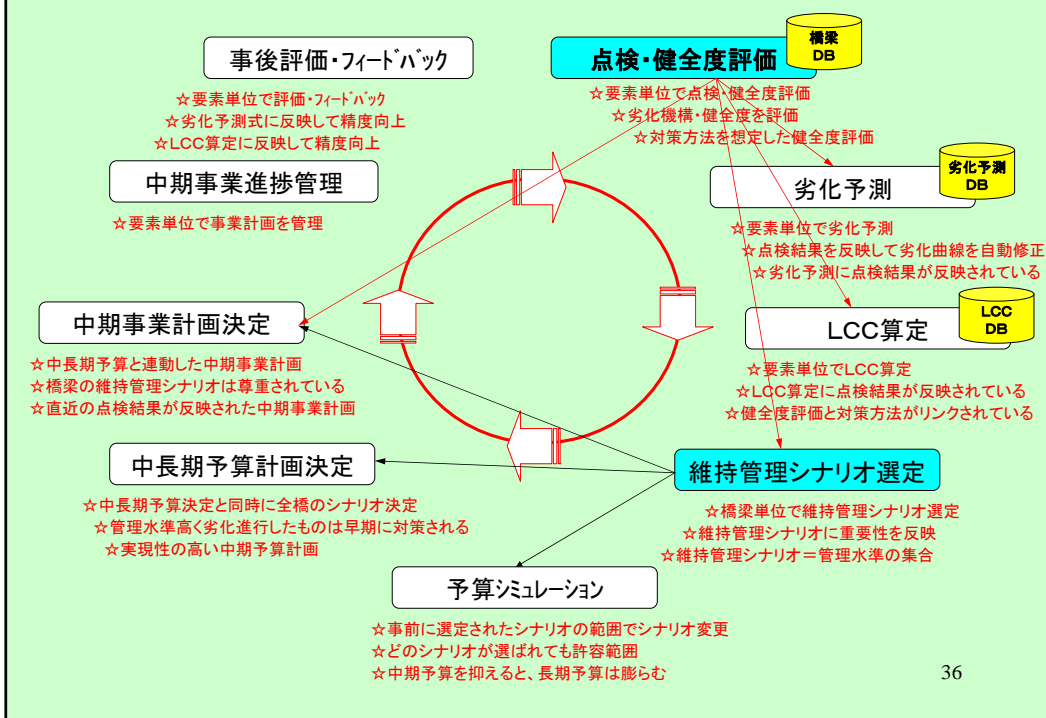
中期事業計画

- 中長期予算計画決定と同時に全橋梁のシナリオが決定される
- 橋梁別、部材別に対策実施年度を決定 ⇒ 中期事業計画

橋梁番号	橋梁名	シナリオ	部材名	劣化機構	対策工	工事費	予算年度
711010045	ABC橋	A2	コンクリート床版	疲労	鋼板補強	11,680	2006年度
112800017	CD橋	A2	鋼主桁	防食機能劣化・腐食	塗装塗替	49,420	
112800017	CD橋	A2	鋼横桁	防食機能劣化・腐食	塗装塗替	4,100	
...	
...	
231310001	BB橋	B2	コンクリート主桁	塩害	断面修復	120,920	2007年度
231310001	BB橋	B2	コンクリート横桁	塩害	断面修復	10,010	
...	
...	2008年度
...	
...	2009年度
...	
531900003	CA橋	B1	橋脚	ASR	樹脂注入・表面処理	5,600	2010年度
531900003	CA橋	B1	橋脚	中性化	断面修復	29,900	
611900010	EF橋	A2	主桁	防食機能劣化・腐食	塗装塗替	3,200	
...	

35

BMSのマネジメントサイクル



ブリッジマネジメント導入によるコスト削減効果

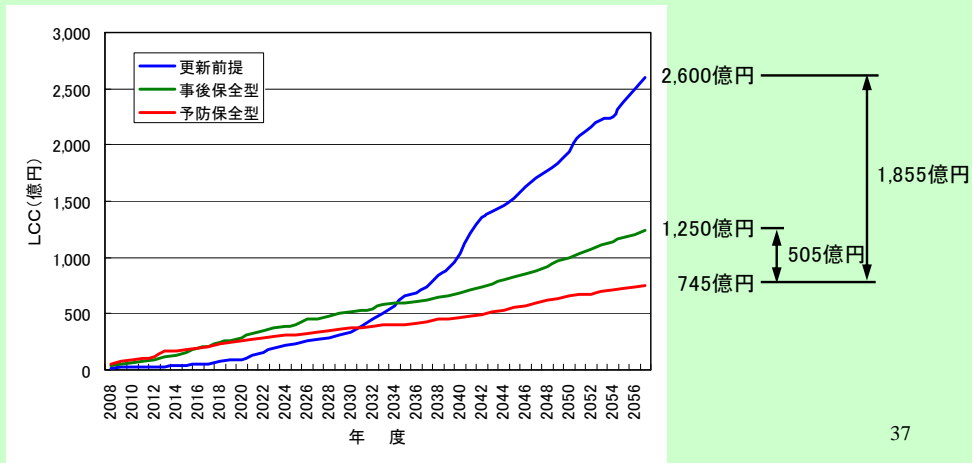
コスト削減効果(青森県の事例紹介:橋長15m以上)

・「更新前提」との比較

2,600億円－745億円＝1,855億円

・「事後保全」との比較

1,250億円－745億円＝ 505億円



37

今後の技術開発課題

道路ネットワークの管理体制

国土交通省直轄国道

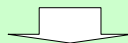
高速道路会社

地方自治体(都道府県・政令指定都市・市町村)

道路公社

道路管理ごとに異なる点検マニュアル

地方自治体間でBMSの開発競争が展開されているが、いずれは淘汰される可能性が高い(システム保守費、データベース保守費)



他の点検マニュアルで収集したデータをBMSに適用する際の
インターフェイス開発

38