

大阪モノレール長寿命化修繕計画

平成 25 年 9 月

(平成 31 年 3 月一部修正)

大阪府 都市整備部

目 次

1.	長寿命化修繕計画策定の背景と目的.....	1
2.	長寿命化修繕計画の対象施設.....	7
3.	長寿命化修繕計画の基本方針.....	13
4.	長寿命化修繕計画の位置付け及び計画期間.....	15
5.	長寿命化修繕計画の策定フロー.....	18
6.	点検の実施.....	19
7.	対策区分の判定.....	22
8.	長期コストシミュレーションの実施.....	27
9.	長寿命化修繕計画（短期、中期）の策定.....	34
10.	意見を聴取した学識経験者等の専門知識を有する者.....	39
	巻 末 資 料	40

1. 長寿命化修繕計画策定の背景と目的

1.1 計画策定の背景

1) 大阪モノレールの現状

- ① 平成2年の開業区間では、供用後23年程度経過し、また、同時期に建設された建造物が多い。
- ② 大阪モノレールは、建設キロで28.6kmもの延長があり、大量のインフラストックを抱えている。
- ③ 点検結果から、部分的に経年劣化が確認されており、今後の劣化の進行が予測される。
- ④ 軌道桁においては、経年劣化が直接運行に影響する。特に劣化が進行し架替えが必要となった場合、迂回路がないため社会的損失が大きい。
- ⑤ 大阪中央環状線を中心として、道路と併設された構造物であり、経年劣化が進行すると、コンクリート片の落下等、第三者被害につながる環境にある。

(1) 大阪モノレールの事業の沿革

大阪モノレールは、以下の事業沿革に示すように昭和57年から建設された。

表 1.1 事業着手時期と開業時期

事業区間		事業着手時期と開業時期
大阪モノレール線	第1期事業区間	大阪空港～南茨木間（約13.6km）：昭和57年度より事業着手
		千里中央～南茨木間：平成2年6月1日開業
		柴原～千里中央間：平成6年9月30日開業
		大阪空港～柴原間：平成9年4月1日開業
第2期事業区間	南茨木～門真市間（約8.1km）：平成3年度より事業着手	
	南茨木～門真市間：平成9年8月22日開業	
国際文化公園都市モノレール線	第1期事業区間	万博記念公園～阪大病院前間（約2.6km） ：平成6年度より事業着手
		万博記念公園～阪大病院前間：平成10年10月1日開業
	第2期事業区間	阪大病院前～彩都西間（約4.3km）：平成8年度より事業着手
		阪大病院前～彩都西間：平成19年3月19日開業

(2) 大阪モノレールの架橋状況

大阪モノレールでは、大阪モノレール線と国際文化公園都市モノレール線（以下「彩都線」と言う。）の路線がある。大阪中央環状線や高速道路と並行している区間があり、鉄道と高速道路と交差している箇所もある。また大阪モノレール線の構造物では、建設後 28 年経過している箇所があり、今後の老朽化が懸念される。

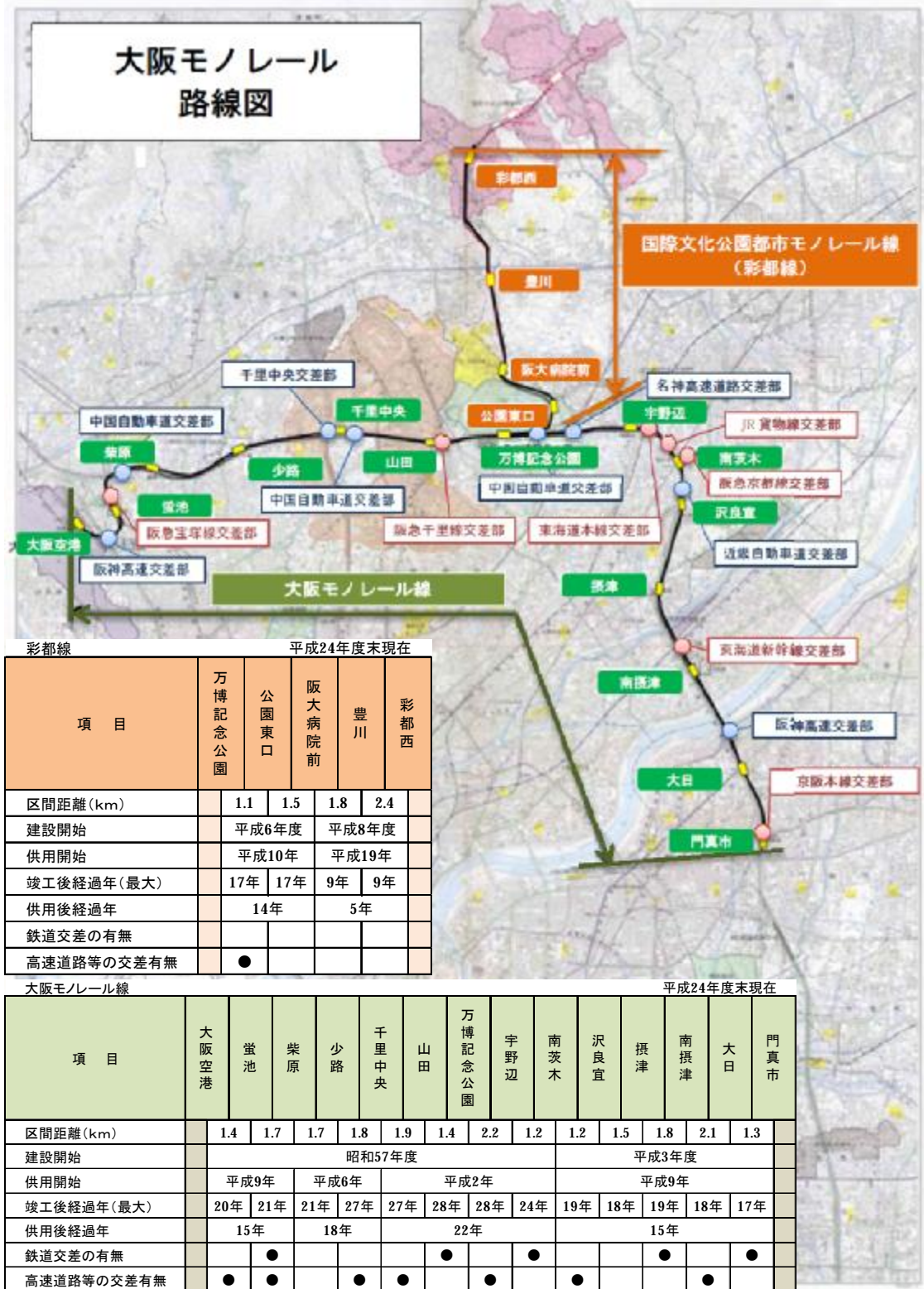


図 1.1 大阪モノレールの架橋状況

・大阪モノレール線の代表的な架橋状況

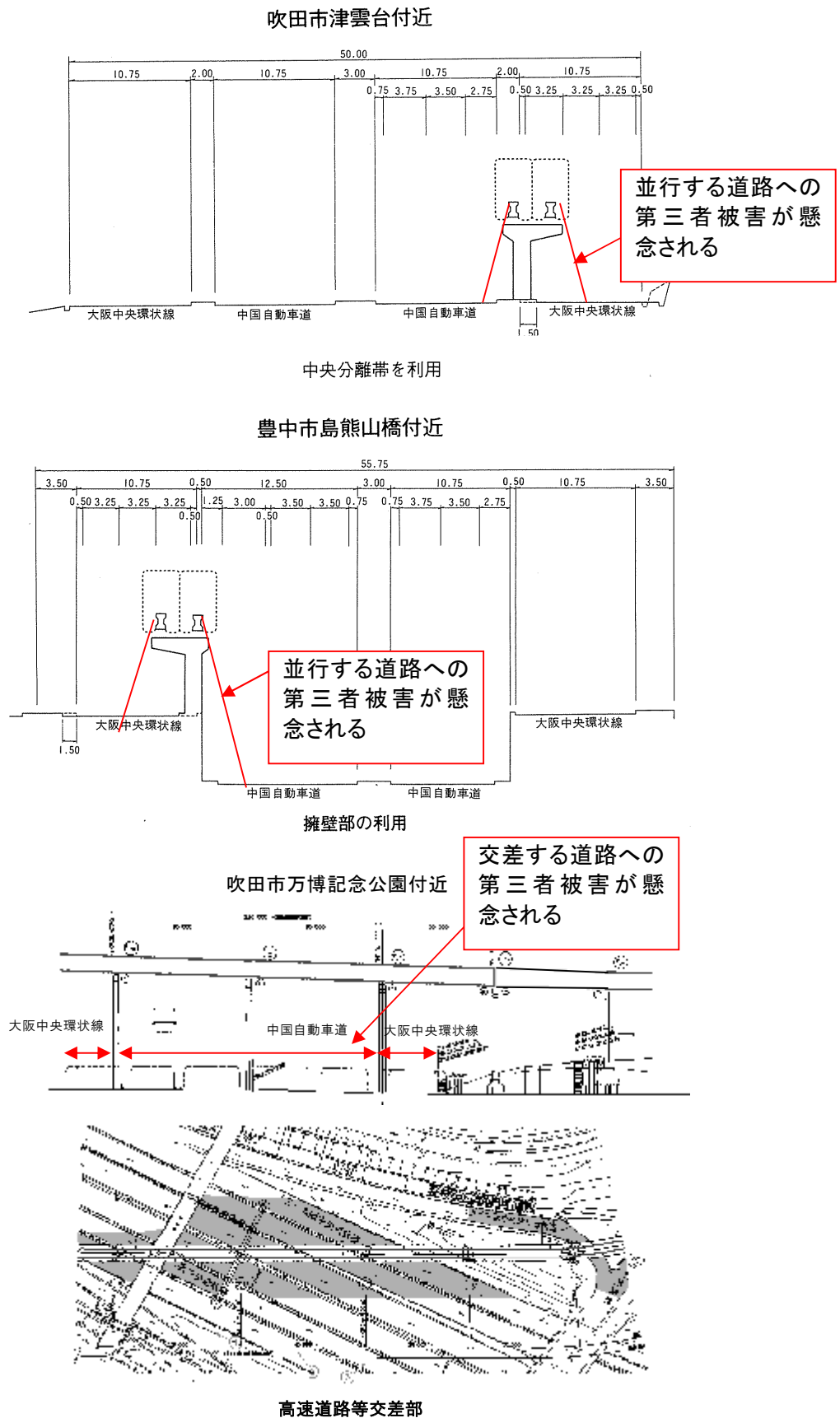


図 1.2 大阪モノレール線の代表的な架橋状況

(3) 耐震補強の状況

大阪モノレールでは、大阪モノレール線全線と彩都線の万博記念公園駅から阪大病院前駅の区間で平成9年度より耐震補強対策を順次実施している。彩都線の阪大病院前駅から彩都西駅の区間は、平成8年道路橋示方書の耐震設計を反映している。

表 1.2 耐震補強の実施状況

対策	竣工時期（年度）	経過年数(最大)※
支柱耐震補強対策	H10～H19	14年
落橋防止対策	H14～実施中	10年
駅舎耐震補強対策	H19～実施中	5年

※平成24年度末時点



写真 1.1 大阪モノレールの耐震補強実施箇所

2) 長寿命化修繕計画の必要性

- 同様の経年劣化が同時期に発生する可能性があり、財政的な負担を軽減するため、維持管理費の集中を分散する必要がある。
- 運行に影響が出ないように重大な経年劣化の発生を抑制する必要がある。
- 第三者被害を未然に防ぐ必要がある。
- 将来世代へ、モノレールという資産を継承していく必要がある。

大阪モノレールのインフラ構造物は同時期に建設されたものが多く、劣化が同時に進行し、その結果として大規模な補修または架替えが同時期に集中することが想定される。また、そのような状況となった場合には以下の問題が発生する。

- ・ 工事規制により、並行する道路の交通状況の悪化
- ・ 工事コスト増加と集中的な財源確保の困難さ
- ・ モノレール利用者および桁下道路利用者の安全・安心などへの影響
- ・ 将来世代がモノレールを利用し続けることの財政的な負担

大阪モノレールでは、現状では健全な状態の構造物が多くを占めているが、今後のインフラ構造物の高齢化に伴い、新たに損傷が発生・進行することも想定され、補修時期が一時期に集中する可能性がある。また、場当たりの維持管理を行った結果、損傷が進行し架替えが必要となる時期は、**30年**、**40年**後に到来することが予測され、我々の次の世代へ負担を先送りすることとなる。

限られた予算の下で、適切な事業量で確実に補修をし、健全に将来世代へインフラ構造物を継承するためには、劣化が顕在化した時に対策を行う事後保全型の維持管理から、将来の状態を予測した上で、予防保全に基づく計画的な維持管理の方法を確立していく必要がある。

1.2 長寿命化修繕計画の目的

大阪府の策定する長寿命化修繕計画では、以下の目的を達成するために、「事後保全型」から「予防保全型」の維持管理へ転換し、構造物の長寿命化を図るものである。

- ①公共交通機関の安全性・信頼性（サービスレベルの維持）の確保
- ②インフラ構造物の長期的な健全性の確保
- ③維持管理コストの縮減ならびに平準化による実効性の確保
- ④事業投資の適正化によるアカウンタビリティの確保

(1) 公共交通機関の安全性・信頼性（サービスレベルの維持）の確保

長寿命化修繕計画として、インフラ構造物の状態を定期的な検査・点検によって把握し、現在発生している損傷の程度や周辺環境条件などによって優先順位を勘案して、計画的な維持管理を実施する。

全てのインフラ構造物の健全性の把握と、損傷が進行する前に補修を実施する予防保全によって、インフラ構造物が健全に維持されることとなり、モノレールの安全性や公共交通としての信頼性確保につながる。

(2) インフラ構造物の長期的な健全性の確保

モノレールのインフラ構造物を 100 年以上使用することをめざし、可能な範囲で将来を予測し、必要な対策を行うことで、健全な状態で将来世代へ資産を継承することが可能と考えられる。

(3) 維持管理コストの縮減ならびに平準化による実効性の確保

対症療法的な維持管理対応(事後保全)を行う場合と比較して、計画的な予防保全を行うことで、維持管理のトータルコストの縮減を図ることができる。

また、インフラ構造物全体の健全度を把握することで、計画的な維持管理が行うことが可能となり、年間予算にばらつきや過度なピークが生じないように平準化を図ることが可能となる。

(4) 事業投資の適正化によるアカウンタビリティの確保

事業の透明性や府民の納得や満足度を向上するためには、大阪府の施策及び事業の必要性、それらに対する取り組み状況などの説明責任を果たす必要がある。そのためには、体系的な維持管理体系を確立し、事業投資の適正化を図ることが必要である。

2. 長寿命化修繕計画の対象施設

2.1 対象施設の概要

長寿命化修繕計画で対象とする施設は、大阪モノレールの全インフラ部施設とする。

大阪モノレールでは、大阪府が管理しているインフラ部施設と大阪高速鉄道株式会社が管理しているインフラ外部施設に区分される。

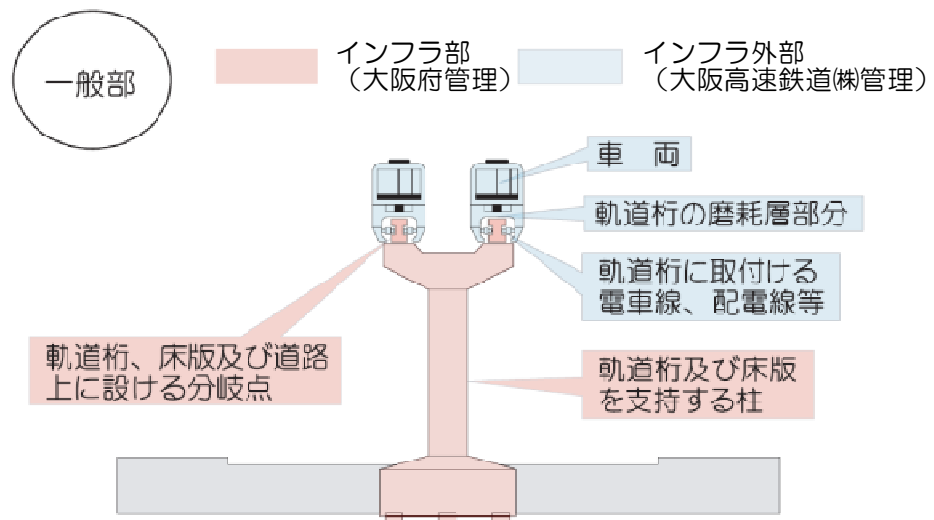
本計画では、表 2.1 に示す、大阪府が管理する全てのインフラ部施設を対象とする。

表 2.1 長寿命化修繕計画の対象

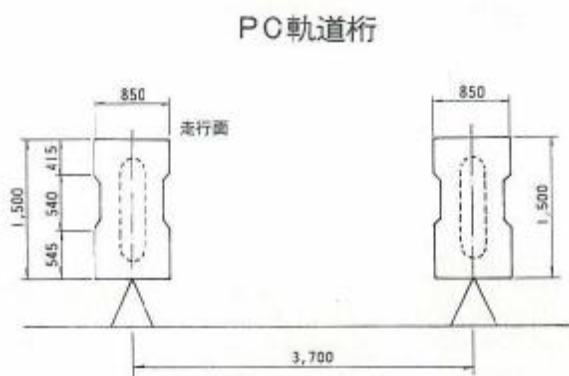
構造種別	数量
RC 支柱（耐震補強材含む）	762 基
鋼製支柱	404 基
PC 軌道桁	1876 橋
鋼軌道桁	107 橋
駅舎	18 駅
分岐橋	9 橋
特殊橋（ニールセンローゼ橋 [5 連]、 単弦トラスドアーチ橋、モノレール橋）	8 橋
※インフラ部設備関係（昇降施設・分岐器）の費用を見込む	

2.2 主要なインフラ構造物の概要

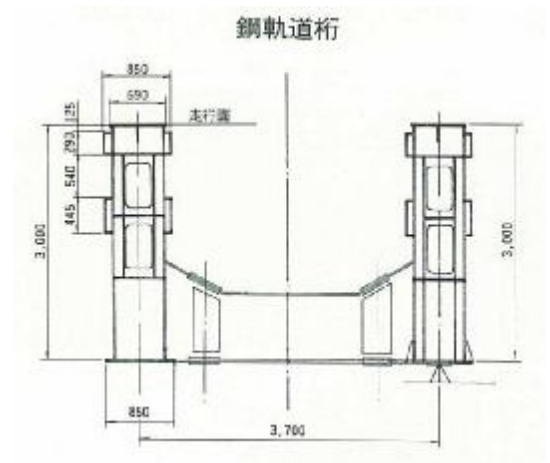
①モノレール全体像



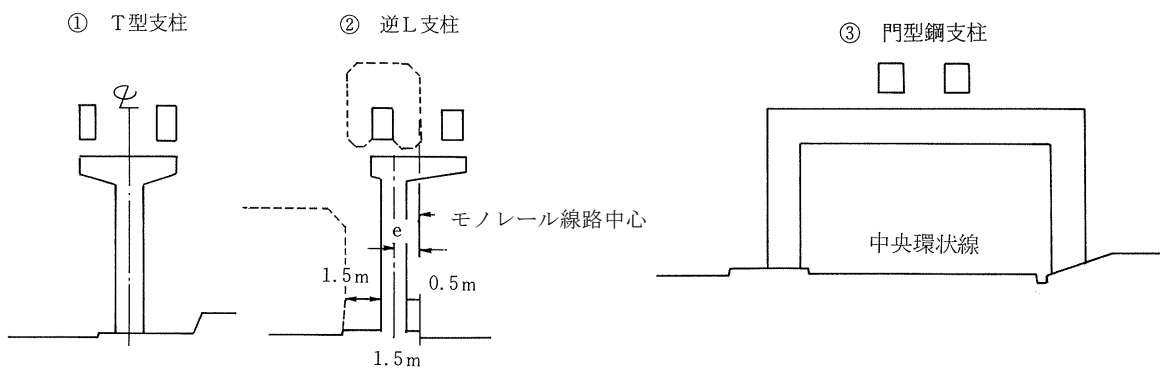
②PC 軌道桁



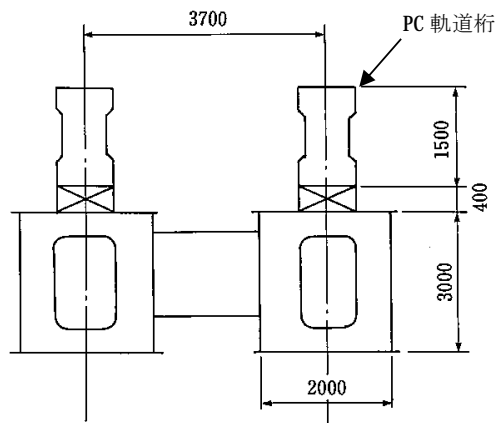
③鋼軌道桁



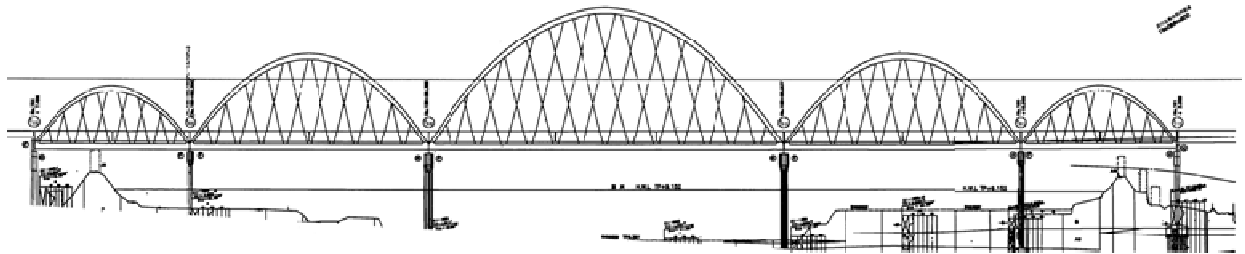
④支柱



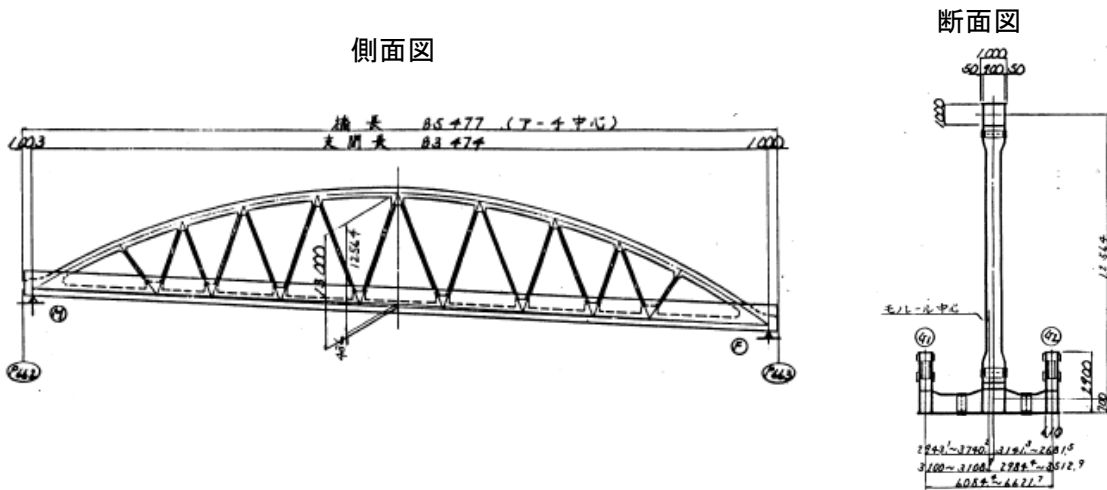
⑤特殊橋/モノレール橋



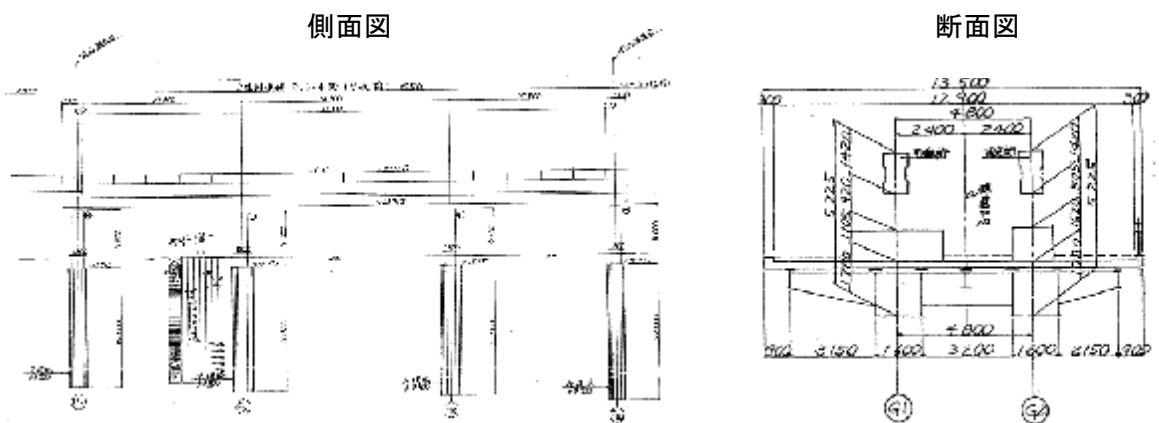
⑥特殊橋/ニールセンローゼ橋



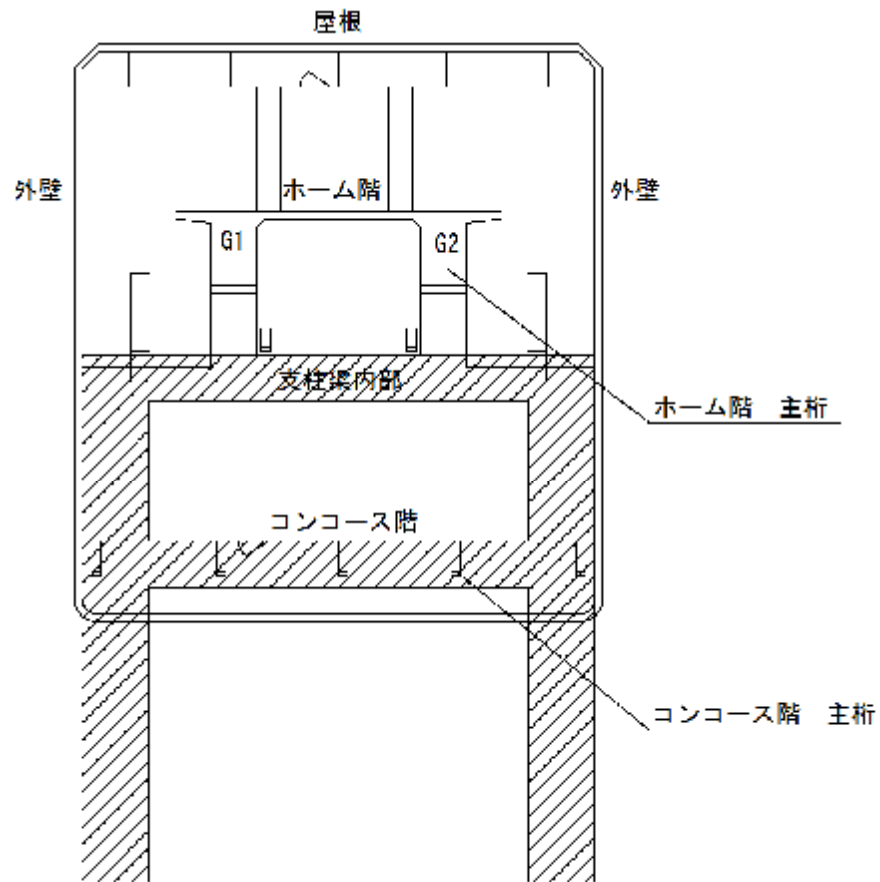
⑦特殊橋/単弦トラスアーチ橋



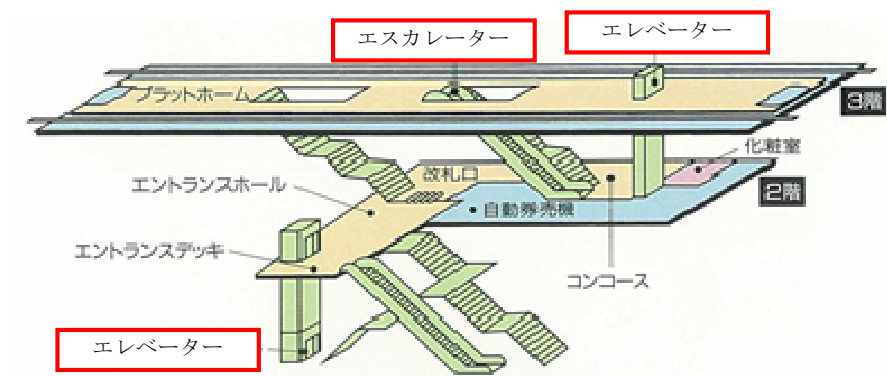
⑧分岐橋



⑨ 駅舎/構造物



⑩ 駅舎/昇降設備：エレベーター、エスカレーター



: インフラ部に該当

2.3 インフラ構造物の劣化・損傷概要

点検により確認されている、または、将来の劣化進行が予測される主な劣化・損傷は以下のとおりである。

- ① 鋼軌道桁、鋼製支柱及び支承などの鋼部材の錆や塗膜の劣化
- ② 目標とする耐用年数内に発生する可能性がある鋼材の疲労による亀裂
- ③ PC 軌道桁のひびわれ、剥離・鉄筋露出、コンクリートのうき
- ④ RC 支柱の耐震補強材の塗膜の劣化や錆、遊離石灰、シーリング材の劣化
- ⑤ RC 支柱のひびわれ、剥離・鉄筋露出、コンクリートのうき
- ⑥ 駅舎の外壁、屋根等（支柱、軌道桁含む）の広範囲な劣化
- ⑦ その他土木構造物の劣化

(1) 鋼部材の劣化・損傷状況



塗膜の劣化



添接部の局所的な腐食



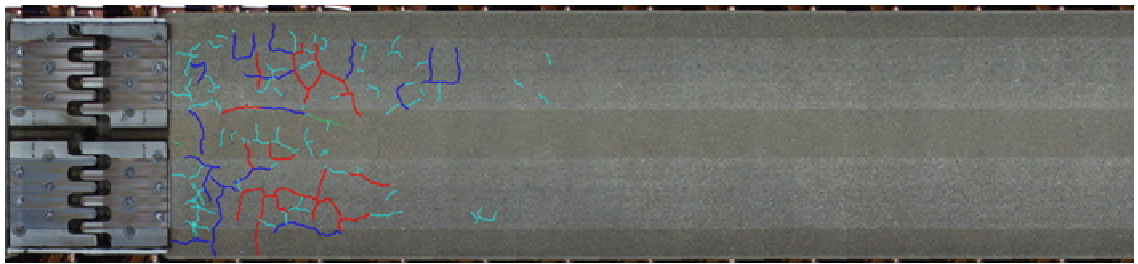
箱内部の滞水



支承アンカーボルト受けの腐食

(2) PC 軌道桁の劣化・損傷状況

0.5mm以上
0.2～0.5mm
0.1～0.2mm
0.1mm未満



PC 軌道桁のひびわれ

(3) RC 支柱の劣化・損傷状況



剥離・鉄筋露出



耐震補強材の劣化

(4) 駅舎の劣化・損傷状況



外壁の塗膜の劣化



シール材の劣化

3. 長寿命化修繕計画の基本方針

長寿命化修繕計画の基本方針は以下の通りとする。

- (1) 構造物の供用期間は開業から **100** 年以上を目指す
- (2) **100** 年以上使用し続ける部材と交換する部材に分類し、以下の方針で管理する
 - ① **100** 年以上使用し続ける部材では、コスト縮減のために予防保全に努める
 - ② 交換する部材は、点検や検査及び定期更新により予防管理に努める
- (3) 構造物の管理水準を設定し健全度の維持に努める
- (4) 長寿命化修繕計画では、長期的な構造物の状態及び必要な費用を予測し、以下の方針のもと、計画を策定する
 - ① 健全度評価で緊急に処置または早急に処置となった損傷は優先的に対策を行う
 - ② 点検により現状を把握し、構造物の将来の状態を可能な限り予測し、供用期間中の発生コストを把握する
 - ③ 損傷が与える影響や将来の状態の予測結果を用いて対策時期を調整するなどにより維持管理予算を平準化する
 - ④ 長寿命化修繕対策では建設当初の性能回復を図ることをめざす
- (5) 対策の要否判定や対策工法の選定においては、モノレールの特性等にも留意する
- (6) 長寿命化修繕計画の運用では **PDCA** サイクルにより事業の評価と計画の見直しを実施する

- (1) 大阪府の管理するインフラ構造物について、安全性及び公共交通としての信頼性を確保しながら、開業後 **100** 年以上の長寿命化を図っていくことをめざす。
- (2) 予防保全を行うことで目標とする期間、使用でき、コスト縮減効果のあるものに関しては、**100** 年以上使用し続ける部材として対策を検討する。一方、建築設備や機械設備等は交換を前提としている。

100 年以上使用し続ける部材では、劣化予測やライフサイクルコストの検討を行い、コスト縮減効果を確認し、最適な対策時期を検討する。

交換を前提とする部材では、影響が出ないよう、過去の交換周期や一般的な周期等を参考に、部材の経過年数から適切な交換時期を検討する。
- (3) 性能低下や安全性に個別部材で設定した管理水準に基づき、これを下回らないよう全てのインフラ構造物の健全度の維持に努める。
- (4) 今後の維持管理トータルコストの縮減を図るため、損傷が進行しない段階で、低コストで補修を実施する予防保全の考え方に基づく、計画的な維持管理の取り組みを強化する。そのため、供用期間 **100** 年以上をめざすために必要な対策を想定し、計画に反映する。

対策時期は、予防保全の考え方にに基づき、点検結果をはじめとするインフラ構造物の損傷状態や損傷の要因から劣化を予測しながら、損傷が著しく進行する段階までに対策を行うよう調整することで毎年度の維持管理予算の平準化を図る。

対策工法は、原則として、建設当初の性能に回復することを目的に、損傷発生原因を考慮した根本的な対策を実施し、建設当初の性能回復または現在の要求性能の確保を目的とした工法を選定する。ただし緊急な対応を要する場合等は、必要に応じて、応急的かつ部分的な工法も選定し、優先的に行う。

- (5) モノレールでは、乗り心地に影響する損傷や、軌道部分の対策で採用できない工法等があり、モノレールの特徴も加味した計画を策定する。
- (6) 長寿命化計画の運用においては、劣化対策の確実な推進やより効果的かつ効率的な補修方法への見直しを図るため、5年に1回、事業の評価や計画の見直しを実施し、PDCAサイクルに基づく継続的な改善を進める。

4. 長寿命化修繕計画の位置付け及び計画期間

本長寿命化修繕計画では、開業後 100 年以上の供用を目指す中で、概ね 30 年先を見通しつつ当面の 10 年間の計画を策定する。

なお、本計画は庁内予算調整や点検実施後等、必要に応じ、随時見直しを行うことを基本とする。

(1) 大阪府都市整備中期計画(案)の概要

大阪府では、大阪の成長戦略や財政構造改革プラン(案)等に示された将来像や財政運営の方向性を踏まえ、都市インフラ政策の総合的指針として、平成 24 年 3 月に策定した大阪府都市整備中期計画(案)の中で、インフラ構造物の維持管理に対する方針が示されている。

○ 維持管理戦略

「アセットマネジメント手法」を導入し、施設の劣化状況を見極めつつ、計画的に細かな補修を行う「予防保全対策」を強化する。また施設の長寿命化や更新時期の平準化を図り、ライフサイクルコストの縮減を図る。

○ 計画の対象期間

概ね 30 年先を見通しつつ当面の 10 年間

(2) 大阪モノレールの計画

長寿命化修繕計画では、将来の状態を予測し、概ね 30 年先を見通しつつ当面の 10 年の計画を策定する。当面の 10 年間のうち、次回点検までに実施する対策を「短期計画」に、点検で見直しを行うことを前提に将来の状態予測を踏まえて策定する「中期計画」に区分する。

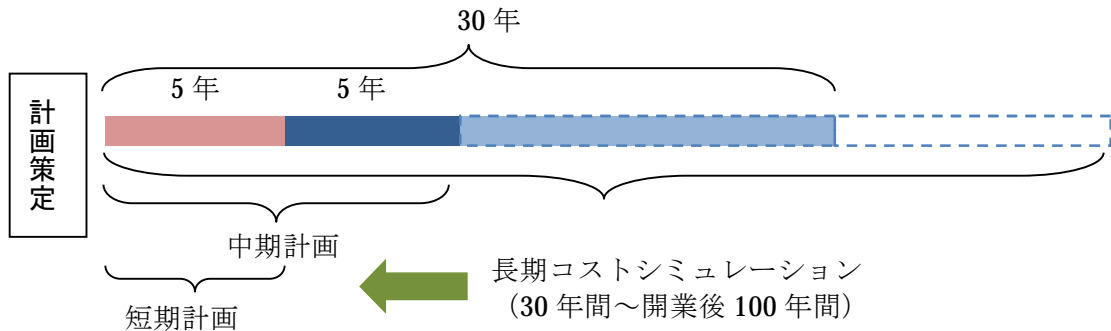
○ 短期計画：計画策定から 5 年間

点検で発見された劣化・損傷に対し、次回点検までに予防保全を行う必要のある対策について計画を策定する。特に早期的な対策を必要とする不具合に対しては、発見後できるだけ速やかに対策を行う必要があり、これらを優先的に行うための費用を計上する。これらの不具合に関しては、必要に応じて現状の損傷状態への対策優先順位を管理者が定性的に判断する。

また、将来予測や安全性から予防保全が望ましいと判断された対策については、実施することが決定されたものを計画に反映する。

○ 中期計画：計画策定から 10 年間

点検結果や最新の基準により、長期的な視点から、今後 30 年間以上の構造物の状態や架替えなどの将来の大規模なコストの発生状況を予測した上で、当面 10 年間の計画を策定する。



○ 長期コストシミュレーション：計画策定から 30 年間以上

中期計画に長期的な視点を反映するため、大阪府都市整備中期計画(案)に準じ、計画策定から 30 年間の構造物の状態の予測と発生費用を算定し、上位計画を策定するにあたり、政策的な判断を行うための基礎資料とする。

また、道路橋と合わせて政策判断を行うにあたり、必要な資料として、大阪府の道路橋の長寿命化修繕計画にあわせて、開業後 100 年間の費用も推計する。

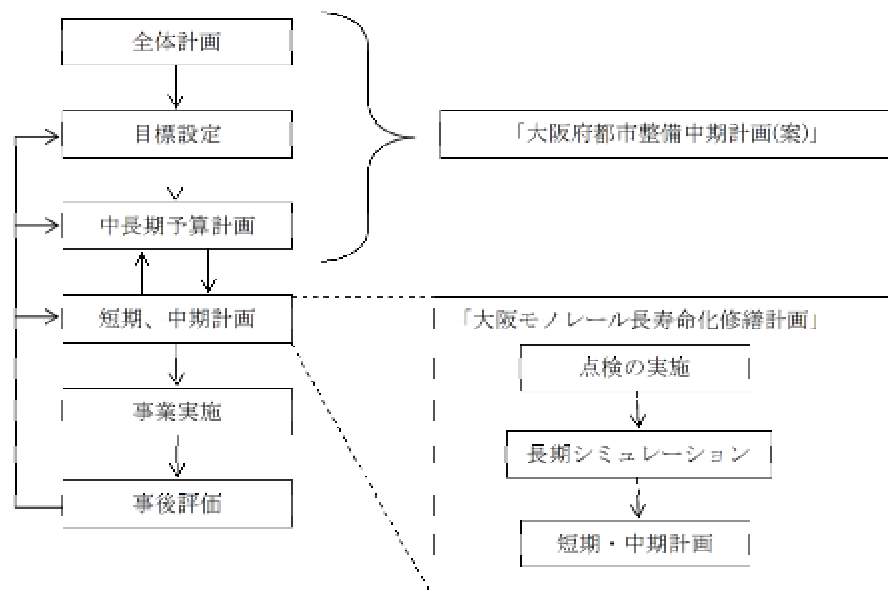


図 4.1 維持管理フローと「大阪モノレール長寿命化修繕計画」の位置付け

(3) 大阪モノレールの点検と長寿命化修繕計画の見直し

大阪モノレールでは、大阪高速鉄道株式会社の実施する「鉄道構造物等 維持管理標準・同解説（構造物編）（以下「鉄道維持管理標準」という）による全般検査」と、「道路構造物としての点検」により、構造物の安全性を確認する。

本長寿命化修繕計画では、点検や最新の知見を取り入れ、随時計画を見直す。

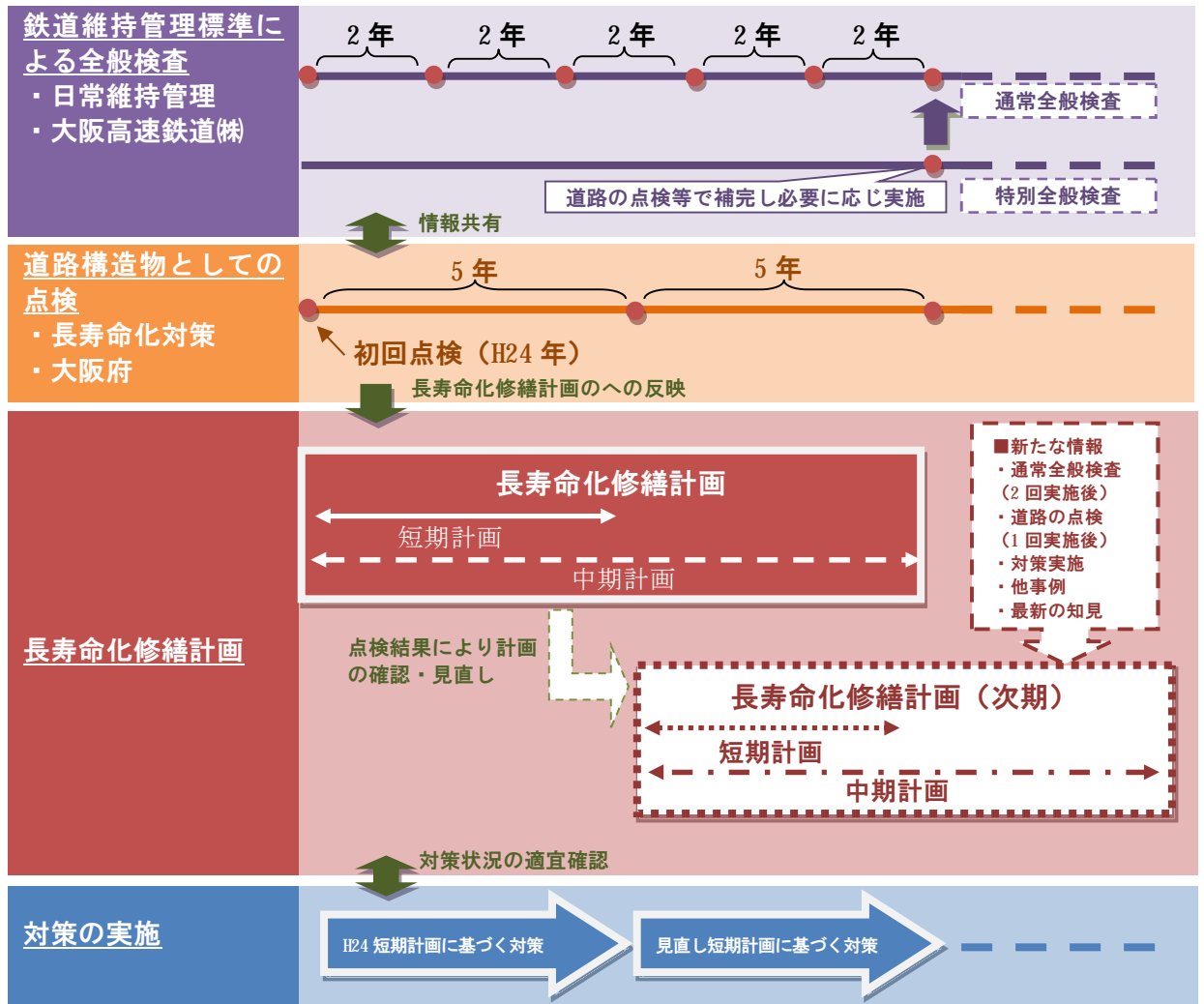


図 4.2 点検の実施と計画の見直し

5. 長寿命化修繕計画の策定フロー

長寿命化修繕計画の策定は、下図によるものとする。

点検結果の損傷度の判定を行い、健全度の区分判定を行った上で補修要否を判定し、その要補修箇所から長寿命化修繕計画を策定する。

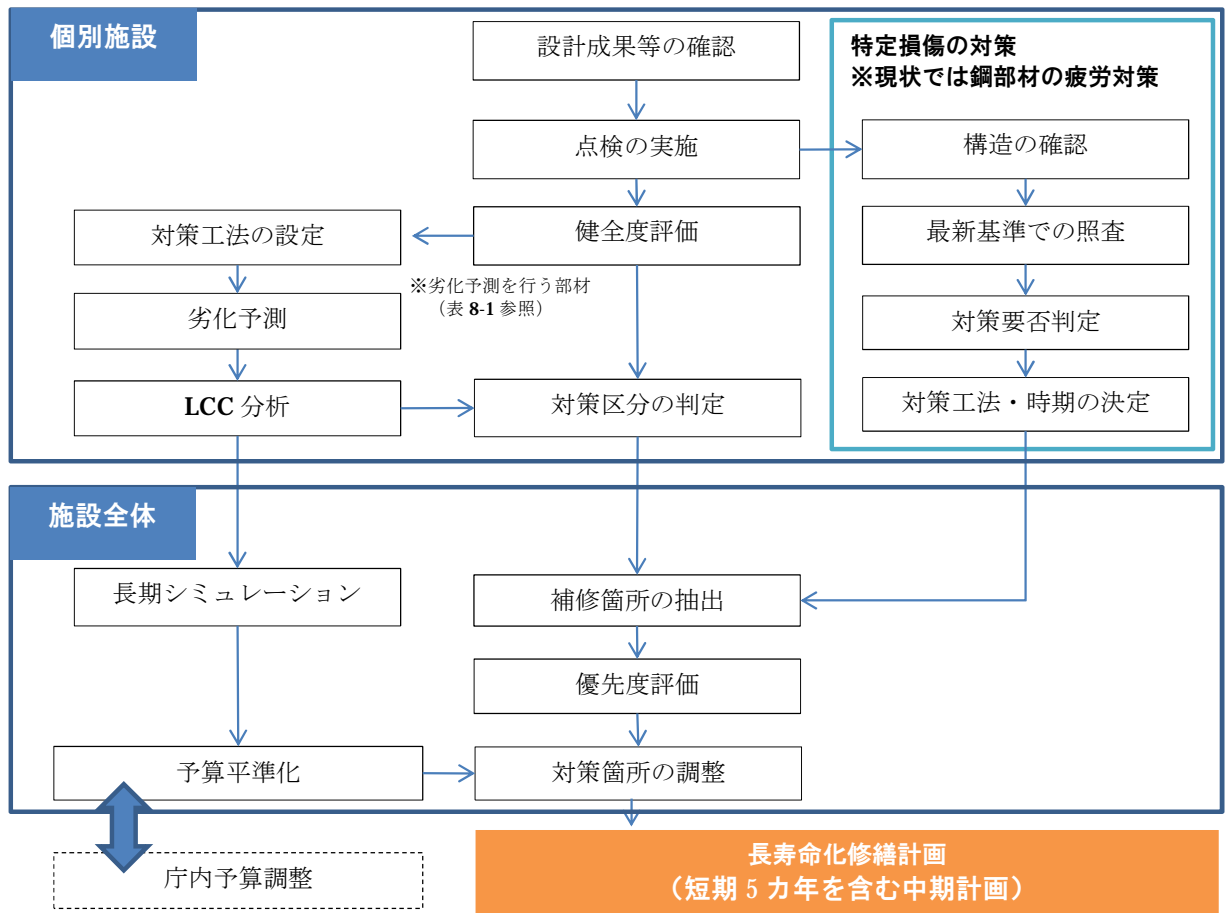


図 5.1 長寿命化修繕計画策定フロー

6. 点検の実施

- (1) 目視点検等で把握したインフラ構造物の状態から損傷度を判定する。損傷度は、基本的にランク aa,a,b,c,s の5段階とする。
- (2) 健全度は、基本的に健全度判定区分 AA,A1,A2,B,C,S の6段階とする。
- (3) 損傷評価点を用いて、健全度の区分判定を行う。

(1) 損傷度の判定

ここでは、道路構造物の点検について記載する。

損傷度ランクは、基本的にランク s (損傷なし) ~ ランク aa (大きい損傷) の5段階 (損傷の種類によっては3段階または2段階) とし、損傷の種類ごとに、損傷の深さや損傷の拡がり (範囲) の観点から分類する。

構造物毎の点検項目 (○) とそのうち現時点で確認されている主な損傷 (●) を下表に示す。

表 6.1 構造物毎の主な損傷

対象部材 の分類	損傷の種類		PC軌道桁		鋼軌道桁		分岐橋・モノ 橋・特殊橋		RC支柱		鋼支柱		駅舎		支承(鋼製)		伸縮装置(鋼製)		排水設備(鋼製)		
			点検 対象	主な 損傷	点検 対象	主な 損傷	点検 対象	主な 損傷	点検 対象	主な 損傷	点検 対象	主な 損傷	点検 対象	主な 損傷	点検 対象	主な 損傷	点検 対象	主な 損傷	点検 対象	主な 損傷	
鋼部材	①	腐食		○ ●	○ ●					○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	
	②	亀裂		○	○					○		○		○		○		○		○	
	③	ゆるみ			○	○					○		○		○		○		○		
	④	脱落			○	○					○		○		○		○		○		
	⑤	破断			○	○					○		○		○		○		○		
コンクリ ート部材	⑥	ひびわれ	○ ●		○ ●	○ ●	○ ●					○									
	⑦	剥離・鉄筋露出	○ ●		○ ●	○ ●	○ ●					○									
	⑧	遊離石灰	○ ●		○ ●	○ ●	○ ●					○									
	⑨	床版抜け落ち				○							○								
	⑩	床版ひびわれ・遊離石灰				○ ●							○ ●								
	⑪	鋼板接着部の損傷							○ ●				○								
共通・そ の他	⑫	遊間異常・段差	○		○	○							○					○			
	⑬	変色・劣化	○		○	○				○		○		○		○		○		○	
	⑭	異常な音・振動・たわみ			○	○					○				○					○	
	⑮	変形・欠損	○		○	○							○ ●		○		○ ●		○ ●		
	⑯	漏水・滞水・土砂詰り	○		○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●
	⑰	沈下・移動・傾斜							○		○		○		○		○		○		
	⑱	洗掘							○												
	⑲	その他	○		○	○			○		○		○		○		○		○		○

(2) 健全度の判定

現行の維持管理業務においては、下記のフローに基づいてインフラ構造物の補修要否や補修実施時期を判定している。これらは、個別の詳細な調査結果や環境条件等の情報から総合的に判断している。

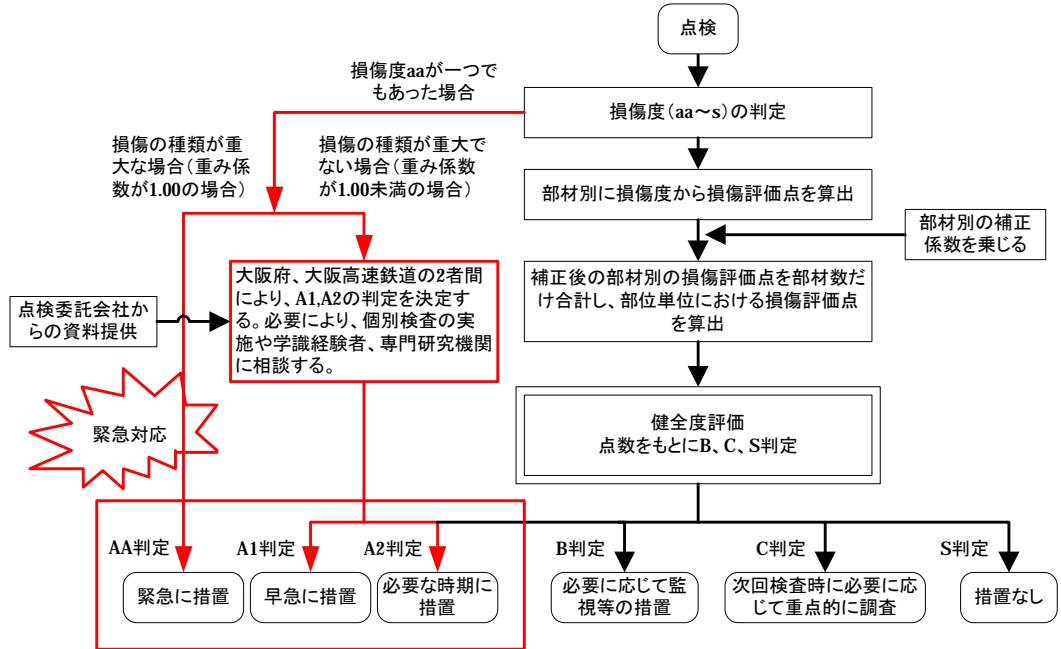


図 6.1 維持管理業務における補修要否判定の流れ

健全度評価は、損傷度に応じて、損傷の要因等に基づき、適切な判定区分を設けて行う。ここに健全度の判定区分は下表の定義に基づき、各構造物の特性等を考慮し判定する。

表 6.2 構造物の状態に対する健全度の判定区分

健全度	運転保安、旅客および公衆の安全に対する影響	変状の程度	措置等
S	影響なし	なし	なし
C	現状では影響なし	軽微	次回検査時に必要に応じて重点的に調査
B	進行すれば健全度 A になる	進行すれば健全度 A になる	必要に応じて監視等の措置
A	A2 異常時の外力の作用時に脅かす	性能低下のおそれがある変状等がある	必要な時期に措置
	A1 早晩脅かす 将来脅かす	進行中の変状等があり、性能低下も進行している	早急に措置
	AA 脅かす	重大	緊急に措置

(3) 損傷評価点に基づく健全度区分の判定

構造物の健全度を定量的な評価値として求めるものであり、点検結果をもとに、部位別損傷評価点により点数付けを行う。

表 6.4 構造物の損傷評価点
と健全度判定区分

損傷評価点	大阪モノレール 健全度判定区分
0 点	S
1～40 点	C
41～60 点	B
61～80 点	A2
81～99 点	A1
100 点	AA

表 6.3 部材の損傷度と損傷点

損傷度	概念	一般的な状況	損傷点
s	良好	損傷が特に認められない	0
c	ほぼ良好	損傷が小さい	25
b	軽度	損傷がある	50
a	顕著	損傷が大きい	75
aa	深刻	損傷が非常に大きい	100

7. 対策区分の判定

- (1) 点検結果の損傷評価点から判定される健全度及び、劣化予測や個別検討の結果を用いて判定する。
- (2) 損傷の種類、損傷度及び損傷要因等より、要求性能の低下の有無との関係から性能低下の有無を判定し、定性的に補修要否を判定する。

(1) 対策区分の判定

本計画においては、点検結果を用いたインフラ構造物全体に対する評価を行う必要があるため、「健全度」に加え、「性能低下の有無」に基づく定性的な照査を行うステップを新たに追加して、要補修箇所の抽出もれを防ぐこととした。

下記に示すように損傷度、損傷評価点に加えて、特に損傷範囲が限定的な危険損傷を抽出する観点から、定性的な性能項目の照査における結果も考慮した上で、部材毎に要補修箇所を抽出する。

表 7.1 対策区分の判定

対策区分	概 要
緊急的な措置 (計画外、随時対応)	<ul style="list-style-type: none"> ・発見後すぐに対策を要するもので、健全度が AA ・個別検討により対策が早期の対応が必要と判断されたもの ⇒発見後、緊急的に応急対策などにより安全を確保し、抜本的な対策について最優先で実施する。
短期計画内補修	<ul style="list-style-type: none"> ・点検結果で損傷が確認され、健全度が A1 ⇒5 年以内に対策の完了を目指す
中期計画内補修	<ul style="list-style-type: none"> ・点検結果で損傷が確認され、健全度が A2 ・劣化予測や性能項目の照査で対策が必要と判断されたもの ⇒10 年間での対策の完了を目指す
当面補修なし	<ul style="list-style-type: none"> ・点検結果や性能項目の照査で補修の必要な損傷が見られず、劣化予測によっても 10 年間で補修の必要がないと判断されるもの ⇒次回点検時に状態を確認する

※応急対策の費用については別途考慮が必要

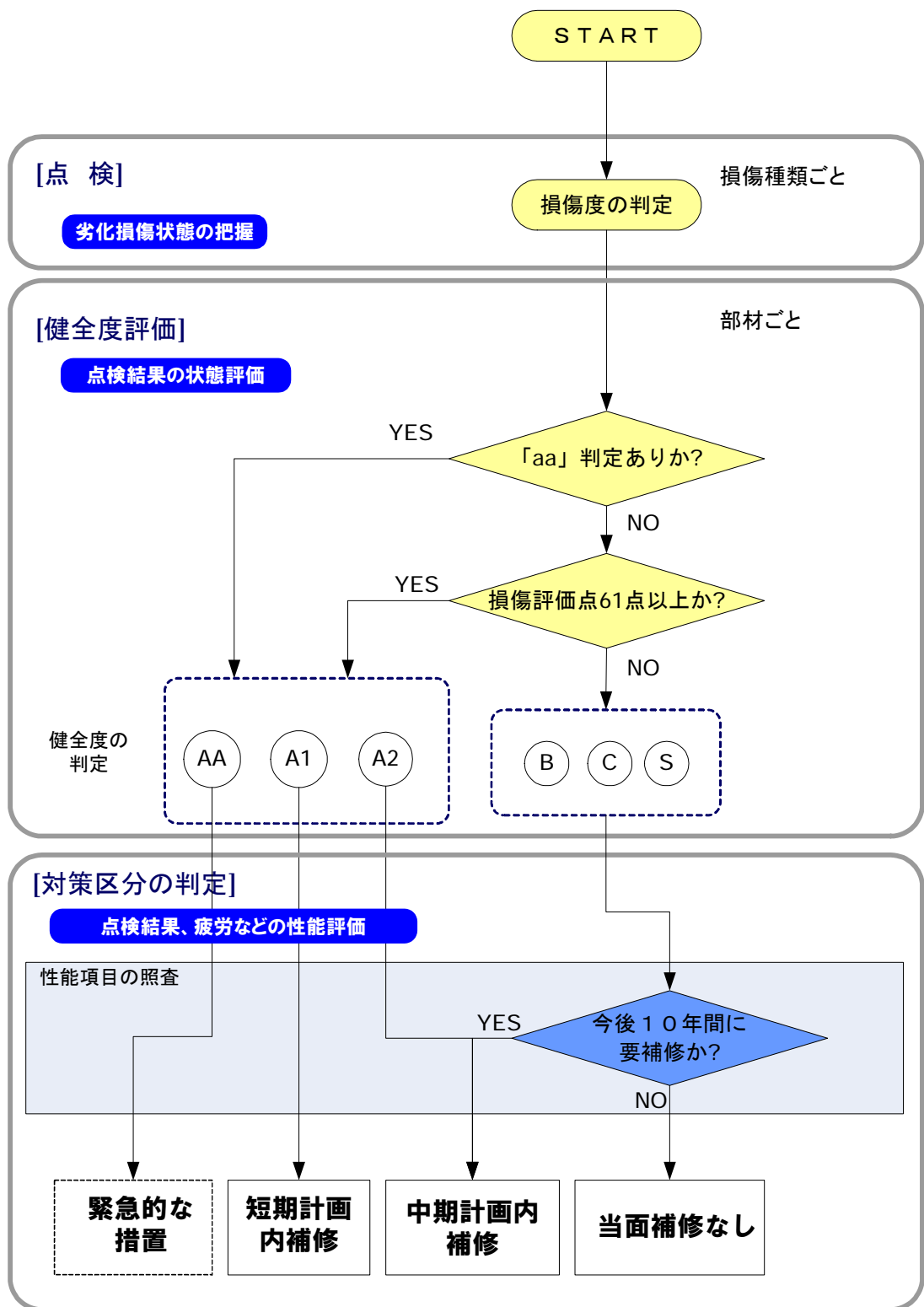


図 7.1 対策区分の判定フロー

(2) 要求性能への影響の整理

1) 点検結果による性能項目の照査

損傷種類毎に安全性（耐荷力）、安全性（第三者被害影響度）、耐久性の各性能のいずれかの性能低下の有無によって補修要否を判定する。損傷に対する要求性能への影響の判定基準を下表に示す。（「鋼部材の腐食」を例に示す。その他の損傷に関しては、巻末資料に添付する。）

要求性能への影響の分類結果は、対策区分の判定（対策時期の検討）の際に考慮する。具体的には安全性の低下の可能性が高い場合（下記の●）は短期計画内の補修として、耐久性の低下の可能性のある場合には、中期計画内の補修として計画に反映する。なお P. 38 の維持管理体系整理表に示す「管理水準」の具体は、下記の●の状態に、「個別部材の経済的な対策時期」の具体は、下記の▲の状態に各々相当する。

表 7.2 鋼部材(腐食)の判定基準

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし（錆汁が付着しているもの）			
c	錆は表面的。（塗膜の錆, うき・はがれが確認できる。） 著しい板厚の減少は確認できない。			
b	著しい板厚の減少は確認できないが、母材に錆が生じているもの。			▲
a	鋼材表面に著しい膨張が生じているか、または明らかな板厚減少が視認できるが、損傷箇所の面積は小さく局部的である。			▲
aa	鋼材表面に著しい膨張が生じているか、または明らかな板厚減少が視認でき、着目部分の全体的に錆が生じているか、着目部分に拡がりのある発錆箇所が複数ある。	●	●	●

【凡例】

無印：性能低下の可能性がないか非常に小さい

▲：性能低下の可能性はあるが比較的小さい

●：性能低下の可能性が高い

《01：腐食》

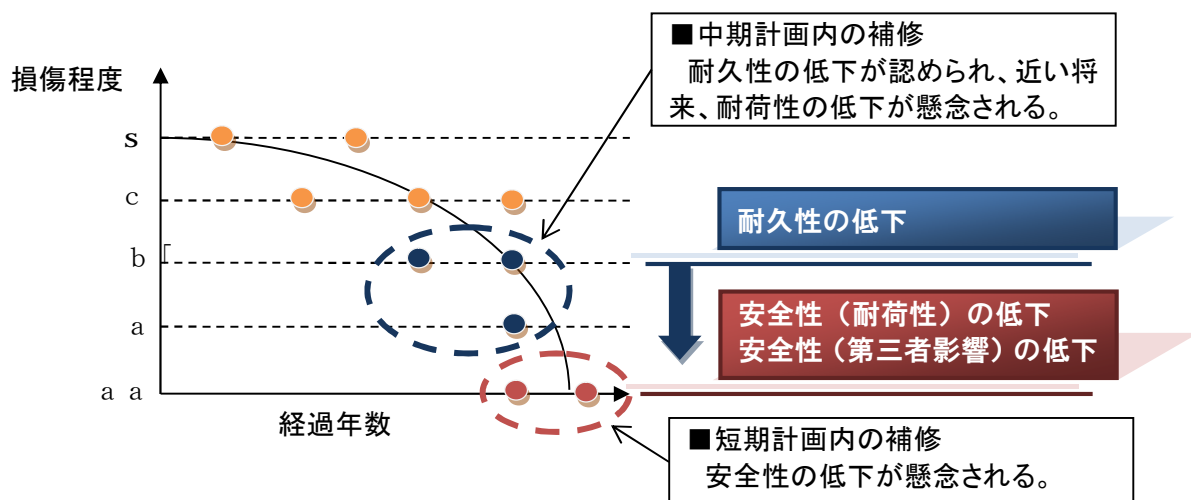


図 7.2 性能低下と対策区分の関係

2) 鋼部材の性能項目（疲労耐久性）に関する照査

鉄道維持管理標準に基づき、疲労限の照査を行う方針とした。疲労限の照査は、既存の設計図書により、実施可能であるが、設計図書に記載のない溶接構造が使用されている場合もあるため、点検時に溶接構造の確認を適宜実施し、見直していくことが必要である。

疲労照査の結果、対応が必要となった場合は、別途対策方針を決定していく。

①荷重条件

荷重条件は設計指針によるが、実運行と複線载荷の影響等により適宜設定する。

②疲労限の照査

疲労限の照査は、既往の設計図書を利用し、下式により照査を行う。

$$\begin{aligned} \gamma_a \cdot \gamma_b \cdot \gamma_l \cdot \Delta \sigma_{fu} / \Delta \sigma_0 &\leq 1.0 && \Rightarrow \text{対策区分: 当面对策なし} \\ &> 1.0 && \Rightarrow \text{繰り返し数を考慮した照査の実施} \\ \gamma_a \cdot \gamma_b \cdot \gamma_l \cdot \Delta \tau_{fu} / \Delta \tau_0 &\leq 1.0 && \Rightarrow \text{対策区分: 当面对策なし} \\ &> 1.0 && \Rightarrow \text{繰り返し数を考慮した照査の実施} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta \sigma_{fu}, \Delta \tau_{fu}: \text{最大作用応力範囲} \\ \Delta \sigma_0, \Delta \tau_0: \text{疲労限} \\ \gamma_a, \gamma_b, \gamma_l: \text{安全係数} \\ \quad \quad \quad (1.0 \text{ を基本とし、実測値を用いる場合 } \gamma_a=0.85) \end{array} \right.$$

表 7.3 一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界(疲労限)

強度区分	A 等級	B 等級	C 等級	D 等級	E 等級	F 等級	G 等級	S 等級
疲労限 (N/mm ²)	190	155	115	84	62	46	32	67

③繰り返し数を考慮した場合の健全度の判定

疲労限の照査により「繰り返し数を考慮した照査の実施」と判定された場合は、累積疲労損傷度による照査を実施する。

$$\text{累積疲労損傷度 (D)} = \sum (n_i / N_i)$$

n_i: 応力頻度分布のうちのある応力範囲レベル $\Delta \sigma_i$ あるいは $\Delta \tau_i$ の頻度
N_i: 平均応力及び板厚による補正を行った疲労設計曲線より求められる $\Delta \sigma_i$ あるいは $\Delta \tau_i$ に対応する疲労寿命 (繰り返し回数)

なお、疲労寿命を求めるための疲労設計曲線に関しては、対象の構造により異なるため、過去の試験結果や鉄道維持管理標準などを参考に個別に設定する。

表 7.4 繰り返し数を考慮した照査の健全度の判定

累積疲労損傷度 D	対策区分
1.0 以上	緊急的な処置
0.8~1.0	短期計画内補修

参考文献:「鉄道構造物等 維持管理標準・同解説(構造物編)」

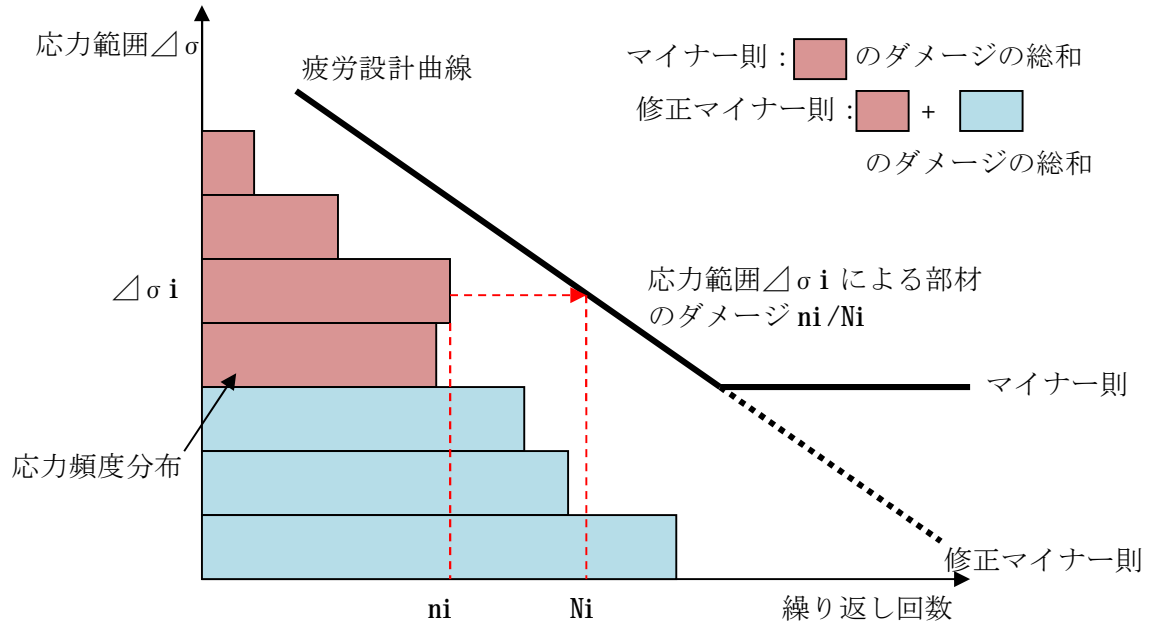


図 7.3 繰り返し数を考慮した疲労照査

8. 長期コストシミュレーションの実施

(1) 劣化予測の検討

1) 劣化予測の実施

長寿命化修繕計画の際に用いる劣化予測は、点検結果を2次曲線で近似した劣化曲線を使用するものと、既往の文献や理論式により劣化の進行を推定するものに区分する。

①点検結果による2次曲線を用いるもの

- ・現状で理論式を用いることが出来ない損傷

②既往の文献により劣化の進行を推定するもの

- ・劣化の進行が認められないものは既往の文献から推定する

③理論式により劣化の進行を予測するもの

劣化予測を行う部材は以下のとおりとする。なお、ここで示す劣化要因に関しては、現在推定されるもので、今後の点検や調査結果で要因が明確となった場合には、劣化予測方法から見直しを行う。

表 8.1 劣化予測を行う部材

部材	損傷	劣化予測方法	劣化要因
PC 軌道桁	ひびわれ	鉄道維持管理標準	初期ひびわれに起因する経年劣化
鋼軌道桁 特殊橋鋼桁 分岐橋鋼桁 鋼製支柱 RC 支柱耐震補強材 支承	腐食	点検結果による 回帰曲線	経年劣化
RC 支柱 (コンクリート部材)	ひびわれ うき 剥離・鉄筋 露出	点検結果による 回帰曲線	経年劣化
分岐橋 RC 床版	ひびわれ うき 剥離・鉄筋 露出	点検結果による 回帰曲線	経年劣化

2) 点検結果を用いた回帰曲線の設定方法

点検結果を最小二乗法で近似した2次曲線（式1）を使用する。

●劣化予測式

$$Y = AX^2 + 100 \quad \text{----- (式1)}$$

Y: 健全度で、(100- 損傷評価点)とする。

X: 経過年数

A: 点検結果より求められる係数

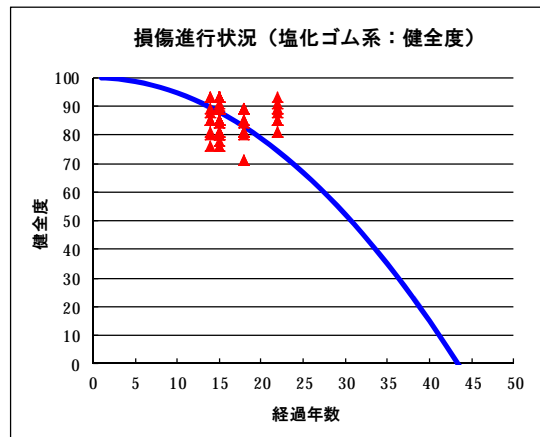
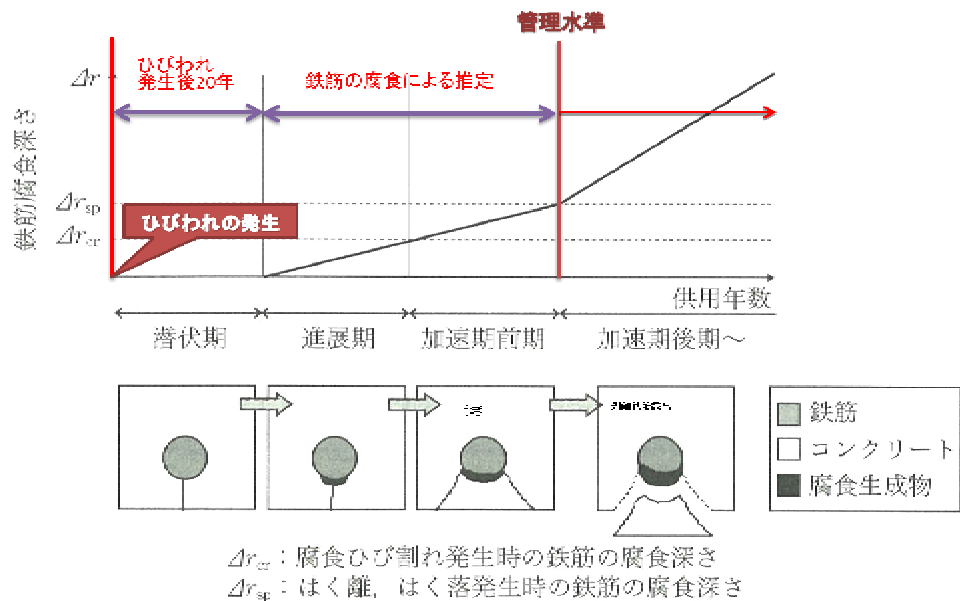


図 8.1 劣化予測実施例(鋼軌道桁_腐食)

3) PC 軌道桁の劣化予測について

PC 軌道桁のひびわれは進展が見られていないが、劣化が進行した場合に第三者被害が懸念される。そのため、ひびわれ発生後の劣化の進展について、「鉄道構造物等維持管理標準・同解説 H19.1（コンクリート構造物）」を参考に推定し、第三者被害防止に努める計画とした。



出展: (鉄道構造物等維持管理標準・同解説 コンクリート構造物)

図 8.2 ひびわれ発生後の劣化の進展

(2) 長寿命化修繕計画での対策工法の設定

1) 長寿命化修繕計画に使用する標準的な対策工法の設定

原則として建設当初の性能回復を図ることをめざし、損傷要因を考慮した上で、適切な補修工法を選定する。

今回策定する本計画で各部材毎に選定した対策工法を下表に示す。

表 8.2 損傷の種類に応じた対策工法の設定

項目	予防保全	事後保全
PC 軌道桁	ひびわれ注入	架替え
	含浸材塗布	-
	第三者予防処置	第三者予防処置
鋼軌道桁	塗替え (Rc-Ⅲ+添接部特殊)	架替え
分岐橋・特殊橋	塗替え (Rc-Ⅲ+添接部特殊)	架替え+あて板
鋼製支柱	塗替え (Rc-Ⅲ+添接部特殊)	架替え+あて板
支承(PC 軌道桁)	塗替え (鋳転換型塗装)	架替え
支承(鋼軌道桁)	塗替え (鋳転換型塗装)	軌道桁架替え時に取替え
RC 支柱 (耐震補強材を含む)	剥落防止対策	断面修復
	第三者予防処置	第三者予防処置
	塗替え (Rc-Ⅲ)	塗り替え (Rc-Ⅰ)+あて板
駅舎	塗替え、シーリング材	塗り替え、シーリング材
分岐橋 (RC 床版)	ひびわれ注入	炭素繊維補強
	剥落防止+橋面防水	-
	第三者予防処置	第三者予防処置
設備関係	更新	更新

なお、設備関係に関しては、土木構造物での経年的な劣化状況と異なり、突発的な不具合となる場合が多く、耐用年数を超過した場合、その確率が急激に高くなる。そのため、一般的な耐用年数を超過して使用した場合、日常管理による点検・整備を行っていても、大規模な不具合の発生が想定されるため、適切な時期での更新を予防保全とし、本計画では一般的な耐用年数による更新費用を計上する。

2) ライフサイクルコスト比較

劣化予測結果を用いて、各部材及び損傷毎に劣化の進展していく状態及び必要な対策の費用を設定し比較を行う。

比較検討の結果、最も経済的となった対策時期を個別部材の対策時期とする。

○ PC 軌道桁のライフサイクルコスト比較検討例

① 検討ケース

ケース 1：ひびわれの進展前に対策
 ケース 2：うきの発生前に対策
 ケース 3：剥離・鉄筋露出の発生前に対策

② 対策工法の設定

	注ひ び わ れ	表 面 被 覆	断 面 修 復	補 修 時 期	時 再 補 修 期
ケース1	● 1.0m/m ²	●		20年	45年
ケース2	● 6.0m/m ²	●		33年	45年
ケース3	● 6.0m/m ²	●	●	46年	45年

③ ライフサイクルコストの検討

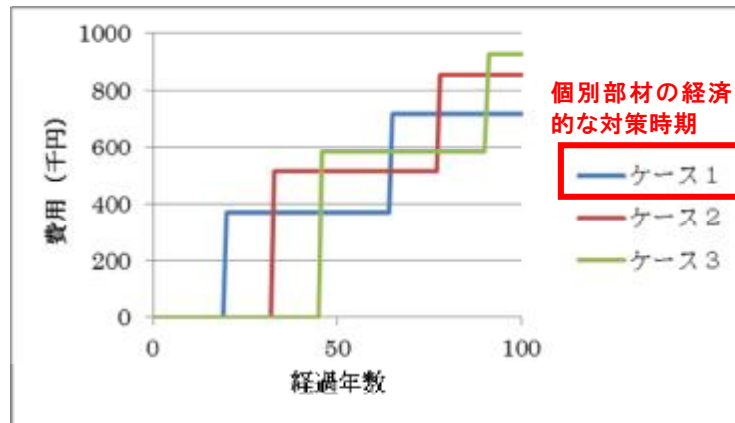


図 8.3 ライフサイクルコスト比較例(PC 軌道桁)

(3) 長期コストシミュレーションの検討

1) 検討ケース

ケース1：予防保全を実施した場合
ケース2：事後保全を実施した場合

2) 検討期間

中期計画の長期的な視点を加味するため、**30年間の費用**を算出する。
また、参考のため、開業後**100年間の発生費用**を同条件で算定する。

■ 30年間のコスト算定結果

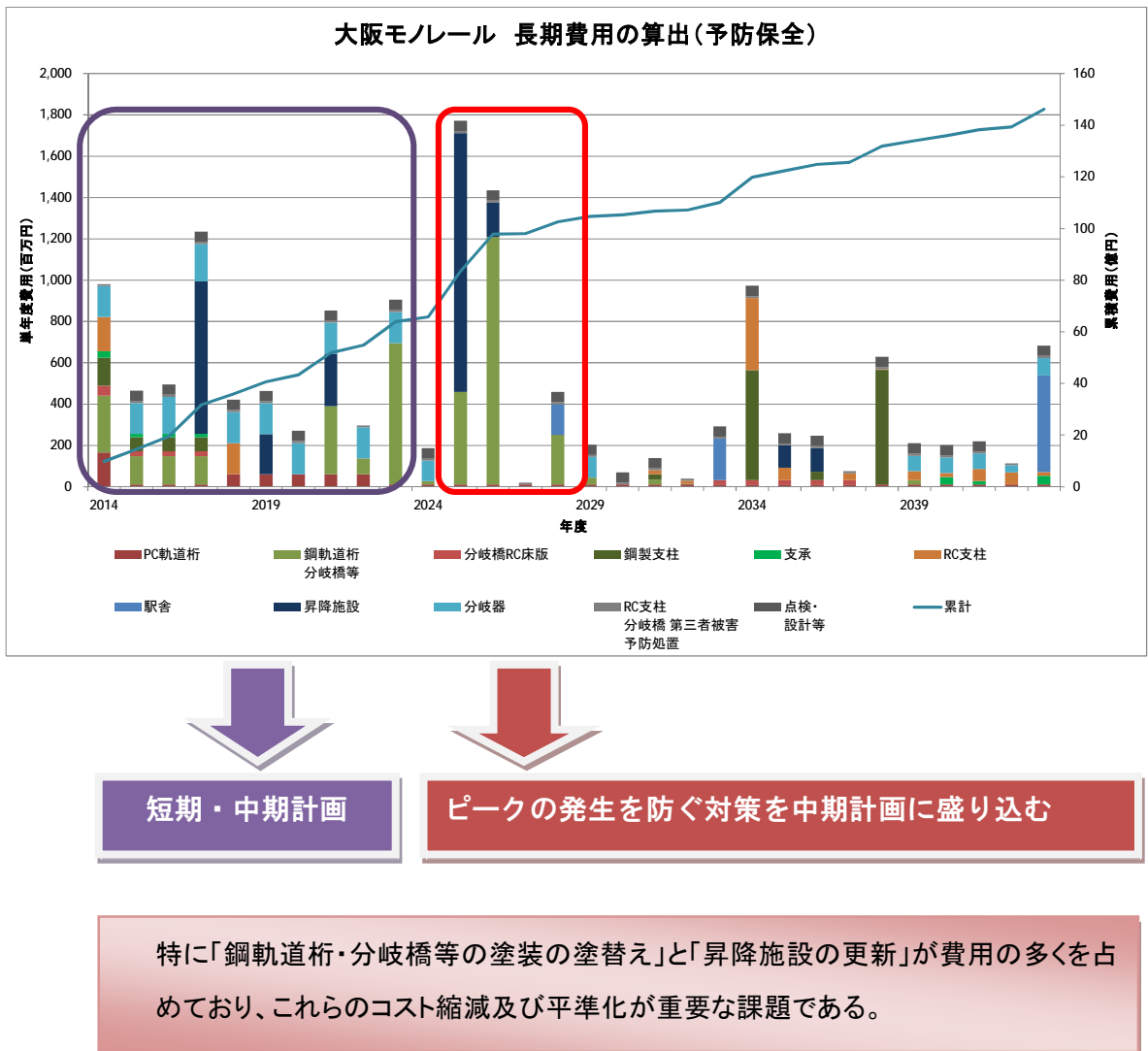


図 8.4 30年間のコスト算定結果

■ 30年間のコスト平準化

コスト平準化では、準最適化による方法で検討する。

- ・今後30年間で発生が予想される対策のうち、単年度額の大きい「鋼軌道桁・分岐橋等の塗装の塗替え」、「昇降施設の更新」、「鋼支柱の塗装の塗替え」、「駅舎」を対象に対策年度の平準化を行う。

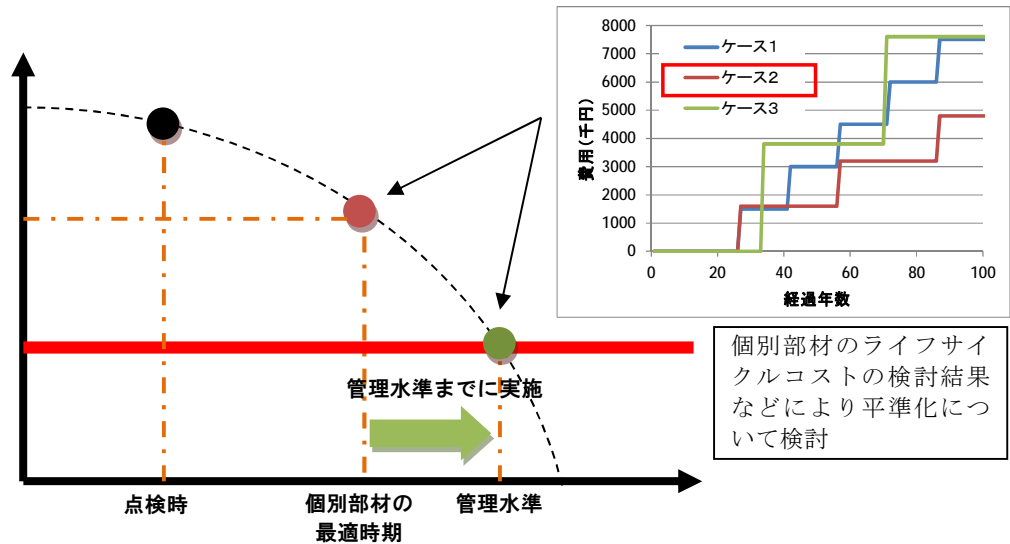


図 8.5 対策年度平準化のイメージ

同一部材内で以下のルールで対策時期について再検討し、平準化を行う。

- ・平準化は、「個別部材の経済的な対策時期」から「管理水準」までの期間で劣化予測等により設定し、その期間内で対策時期を平準化する（図 8.5 参照）。
- ・なお、昇降施設等は劣化予測を行わないため、耐用年数内で平準化する。

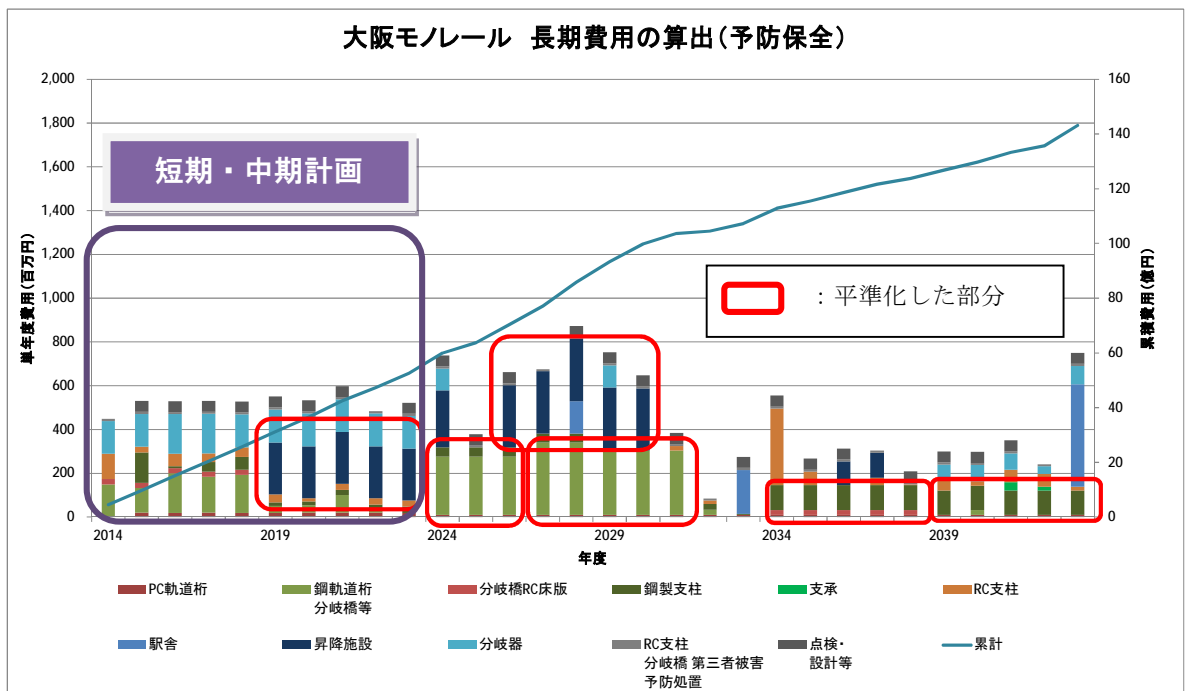


図 8.6 予算平準化結果

■ 30年間のコスト削減効果

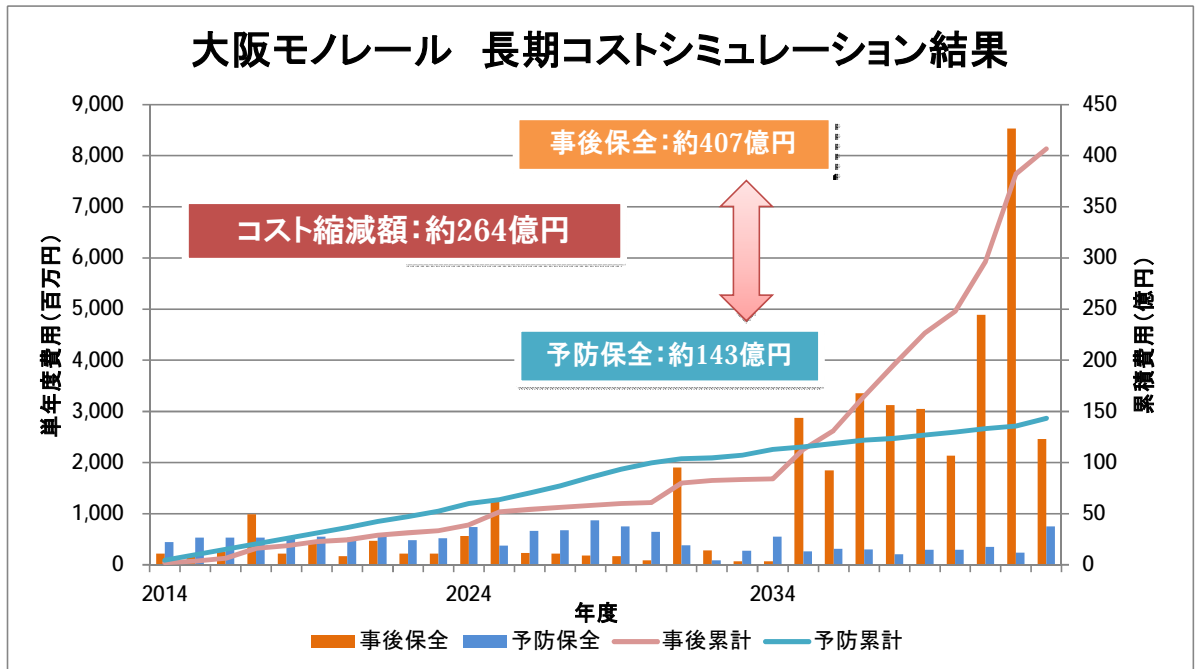
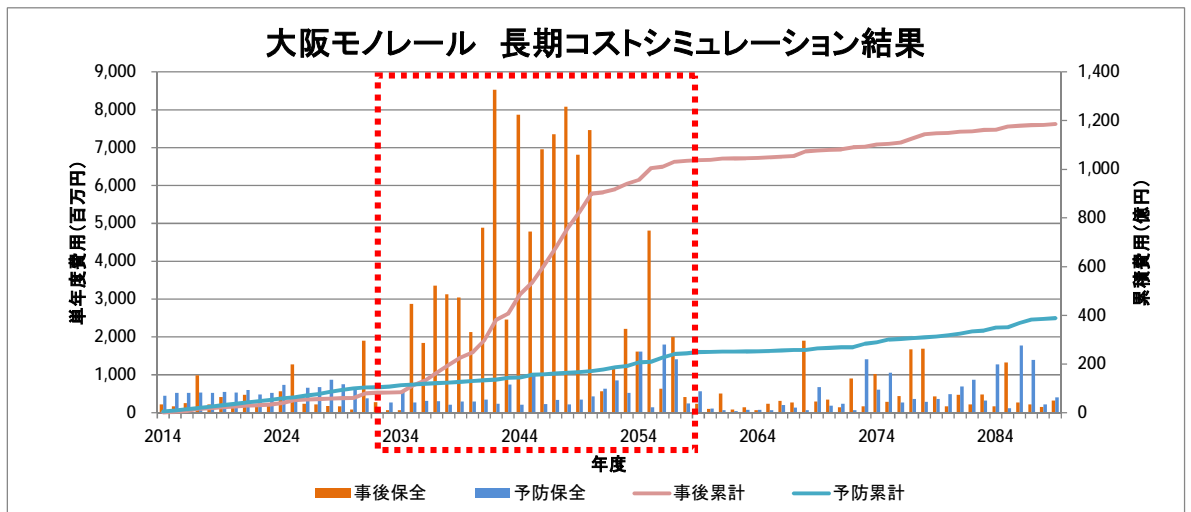


図 8.7 30年間のコスト削減効果

■ 開業後 100 年間でのコスト算定結果（参考）



2035年から事後保全での更新が大量に発生

図 8.8 開業後 100 年間でのコスト算定結果

9. 長寿命化修繕計画（短期、中期）の策定

9.1 長寿命化修繕計画（短期、中期）の策定の方針

構造物の点検、損傷度の判定、健全度の判定結果を基本として、長寿命化修繕計画を策定する。必要に応じて、学識経験者などへの意見聴取を実施する。

- (1) 長寿命化修繕計画は、個別の損傷に対して、いつ、どのような方法で対策を実施するかを示したものである。
- (2) 新たに定期点検を実施した後は、点検結果を踏まえて、必要に応じて長寿命化修繕計画の見直しを行うものとする。

(1) 長寿命化修繕計画は、道路構造物としての点検（以下「定期点検」という）などで確認された損傷に対し、対策内容を明確にし、概算費用や対策時期を示したものであり、それによって維持管理のトータルコスト縮減等を図る。

(2) 新たな定期点検結果より重大な損傷等が確認された場合には、必要に応じて、構造物の劣化対策の工法や時期を見直す。

9.2 対策時期の分類および対策の優先順位付け

- (1) 長寿命化対策の対策時期は、対策区分の判定結果に基づき分類する。
- (2) 長寿命化対策を行う区間の優先順位は、健全度判定区分の低い区間を優先することを基本として、構造物の構造特性、環境特性、補修履歴などの優先度評価指標も考慮しながら、駅間単位で設定する。

(1) 対策時期の分類

長寿命化対策の基本的な対策時期は、まず対策区分（AA, A1, A2, B, C, S）の基本的な考え方にに基づき、「緊急的な措置」、「早期的な補修」、「計画的な補修」に分類する。ただし「緊急的な措置」は計画の対象外とする。

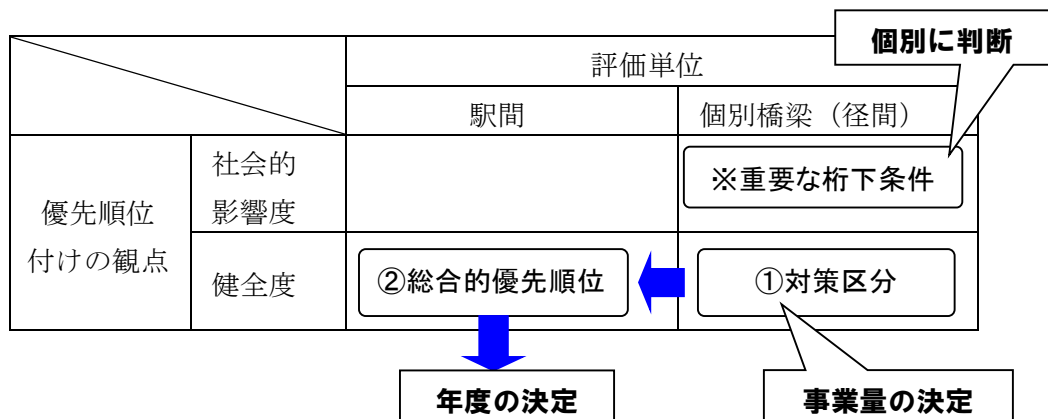
さらに具体的な対策実施年度は、この同一の対策区分の中で次項の優先度評価指標により優先順位付けを行った上で当該年度の予算を勘案して決定する。

対策の緊急性	緊急的な措置 (計画の対象外)	早期的な補修 (短期計画)	計画的な補修 (中期計画)
対策時期	緊急的に実施	概ね5年以内	概ね10年以内
健全度判定区分	AA	A1	A2
性能項目の照査	/	安全性に影響	耐久性に影響
対策の優先順位付け	/	高⇄低	高⇄低
対策実施優先順位			

図 9.1 対策の優先順位付けのイメージ

(2) 対策の優先順位付け

大阪モノレールでは、①個別橋梁（径間）単位での健全度に基づく補修要否判定、②駅間単位での健全度に基づく優先順位の流れで評価を行うことを基本とする。また上記の優先順位付けのルールを基本としながら、特に重要な桁下条件を有する個別橋梁については、社会的影響度の観点から径間単位で優先度の引き上げを個別に判断する。



○優先度評価の考え方

接続する鉄道路線や利用状況、並行する道路や交差物件により優先度を判定することも考えられるが、モノレールのインフラ構造物の重要部位が、管理水準を下回り、供用出来ない状況が最も社会的な影響が大きく、予防保全を実施することを前提にすると、構造物の状態（損傷の種類、程度）から優先順位を決定することが望ましい。

ただし、鉄道交差部や高速道路交差部などの重要な箇所は、個別に優先順位を判断し、対策時期を調整する。

■ 駅間優先順位の評価項目

工事単位を駅間と設定し、各駅間の健全度を用いて優先順位を決定する。
駅間の健全度は、要補修箇所数の割合から評価する。

■ 個別橋梁の社会的影響度の評価項目

桁下条件、健全度及び施工条件から個別橋梁の優先度を評価する。

<桁下条件>

特に、次の桁下条件を有する橋梁は、優先的に対策を行うよう個別に判断する。

- ・ 新幹線を跨ぐ橋梁
- ・ 鉄道を跨ぐ橋梁
- ・ 高速道路を跨ぐ橋梁

■ 駅舎及び昇降設備の評価項目

駅舎及び昇降設備では、利用状況により駅舎の優先度を評価する。

・ 一日平均旅客数（平成 23 年度）

順位	駅名	一日平均旅客数(人)
1	千里中央	16,525
2	南茨木	12,249
3	蛍池	10,667
4	門真市	10,490
5	山田	6,897
6	大日	6,194
7	大阪空港	5,944
8	少路	4,709
9	柴原	4,382
10	南摂津	3,953
11	宇野辺	3,268
12	万博記念公園	3,217
13	阪大病院前	3,041
14	彩都西	2,742
15	摂津	2,180
16	沢良宜	1,606
17	豊川	1,166
18	公園東口	812

※旅客数：各駅での乗車人数

出展：大阪高速鉄道株式会社ホームページより

9.3 長寿命化修繕計画（短期、中期）の策定結果

■ 維持管理体系整理表

部材区分	管理方針	損傷の種類	想定される主な要因	性能への影響			対策基本方針					予防対策		定期的な確認		詳細な確認等	備考		
				安全性の低下 構造物	第三者	耐久性 低下	対策方針	管理水準	個別部材の経済的な対策時期			点検・検査	処置	鉄道維持管理標準による検査					
									状態	劣化予測方法	劣化予測による対策時期			通常全般検査	特別全般検査				
PC軌道桁	長寿命化	ひびわれ	建設初期の不具合 材料の経年劣化			●	予防対策	ひびわれ幅 0.2mm未満	ひびわれの進展前	鉄道維持管理標準 ひびわれのあるコンク リート構造物に対する 劣化予測	ひびわれ発生後 20年以内	ひびわれ注入 含浸材による表面被覆	近接撮影 1回/1年	密な通常全般検査とた たき点検時の入念な目 視を実施 調査延伸の予定なし	(通常全般検査を準用)				
		うき	材料の経年劣化		●	●	予防対策	コンクリート片の落下を認めない				たたき点検 (1回/5年)	断面修復			近接撮影 1回/1年			
		剥離・鉄筋露出	材料の経年劣化	●	●	●	緊急対応	鉄筋の露出した状態を認めない											
鋼桁 ・鋼軌道桁 ・特殊橋梁 ・分岐橋	長寿命化	腐食	材料の経年劣化	●		●	予防保全	過大な断面欠損を認めない	広範囲に塗装の劣 化が見られる	点検結果 復帰曲線	建設後27年	【劣化が広範囲】 Rc-Ⅲ再塗装(全面) ・添接部、下フランジ面は 防食性の高い塗装の採用 【劣化が局部的】 ・タッチアップまたは部分塗装	鋼軌道桁 近接撮影 1回/2年	塗装塗替え時に実施					
			漏水・滲水				予防保全	滞水した状態を認めない								水抜き設置 漏水対策(シーリング材等)			
		亀裂	疲労	●		●	予防保全	疲労による亀裂を認めない	亀裂発生前	鉄道維持管理標準 疲労による寿命予測	疲労寿命到達前 残寿命に応じて対応		Ⅱ等級溶接の止端仕上げ その他、必要に応じて個別検討		目視 1回/2年	最新の基準での疲労照査 必要に応じ応力頻度調査	基準改定		
		ボルトのゆるみ	振動	●	●		定期監視	ボルトのゆるみを認めない					随時対応						
RC床版 ・分岐橋	長寿命化	ひびわれ	建設初期の不具合 材料の経年劣化			●	予防保全	ひびわれ幅 0.3mm未満	剥離・鉄筋露出と合わせて検討			ひびわれ注入	目視 1回/2年	道路構造物点検での入 念な目視で補充 調査延伸の予定なし					
			疲労	●		●	予防保全	鉄筋の作用応力変動範囲が疲 勞許容応力変動範囲を超えない	2方向ひびわれ	大阪モノレール構造物 設計指針による	疲労寿命到達前 残寿命に応じて対応						疲労の可能性が認められた場合 炭素繊維補強など		
		うき	材料の経年劣化		●	●	予防保全	コンクリート片の落下を認めない				【未対策箇所】 たたき点検 (1回/5年)					断面修復 剥離防止 橋面防水		
		剥離・鉄筋露出	材料の経年劣化	●	●	●	予防保全	広範囲に鉄筋の露出した状態を 認めない	部分的に剥離・鉄筋 露出が見られる	点検結果 復帰曲線	建設後58年								
鋼製支柱	長寿命化	腐食	材料の経年劣化	●		●	予防保全	過大な断面欠損を認めない	広範囲に塗装の劣 化が見られる	点検結果 復帰曲線	建設後27年	【劣化が広範囲】 Rc-Ⅲ再塗装(全面) ・添接部、下フランジ面は 防食性の高い塗装の採用 【劣化が局部的】 ・タッチアップまたは部分塗装	目視 1回/2年	塗装塗替え時に実施					
			漏水・滲水				予防保全	滞水した状態を認めない								水抜き設置 漏水対策(シーリング材等)			
		亀裂	疲労	●		●	予防保全	疲労による亀裂を認めない	亀裂発生前	鉄道維持管理標準 疲労による寿命予測	疲労寿命到達前 残寿命に応じて対応				必要に応じて個別検討				
		ボルトのゆるみ	振動	●	●		定期監視	ボルトのゆるみを認めない							随時対応				
RC支柱	長寿命化	ひびわれ	建設初期の不具合 材料の経年劣化			●	予防保全	ひびわれ幅 0.3mm未満	剥離・鉄筋露出と合わせて検討			ひびわれ注入	目視 1回/2年	道路構造物点検での入 念な目視で補充 調査延伸の予定なし					
			うき	材料の経年劣化		●	●	予防保全	コンクリート片の落下を認めない								【未対策箇所】 たたき点検 (1回/5年)	断面修復 剥離防止 橋面防水	
		剥離・鉄筋露出	材料の経年劣化	●	●	●	予防保全	広範囲に鉄筋の露出した状態を 認めない	部分的に剥離・鉄筋 露出が見られる	点検結果 復帰曲線	建設後63年								
		腐食(耐震補強材)	材料の経年劣化 シーリング材の劣化	●		●	予防保全	過大な断面欠損を認めない	局部的に板厚の減 少が見られる	点検結果 復帰曲線	建設後46年						【劣化が広範囲】 Rc-Ⅲ再塗装(全面) ・一部2種ケレン 【劣化が局部的】 ・タッチアップまたは部分塗装		
PC軌道桁用 支承	長寿命化	腐食 (本体、セットボルト)	材料の経年劣化	●		●	予防保全	過大な断面欠損を認めない	局部的に板厚の減 少が見られる	点検結果 復帰曲線	建設後46年	錆転換型塗装による塗替え	近接撮影 1回/1年	道路構造物点検での入 念な目視で補充					
		腐食 (アンカーボルト受け)	漏水	●		●	予防保全	漏水・滞水した状態を認めない					止水工 (水抜きは設置済み)						
		変形・欠損 (ラックピニオンギア)	腐食に起因する応力		●		定期監視	変形・欠損を認めない					防護ネット設置				近接撮影 1回/1年		
鋼軌道桁用 支承	長寿命化	腐食 (本体、セットボルト)	材料の経年劣化	●		●	予防保全	過大な断面欠損を認めない	局部的に板厚の減 少が見られる	点検結果 復帰曲線	建設後46年	錆転換型塗装による塗替え	近接撮影 1回/1年	鋼桁塗装塗替え時に実 施					
		腐食 (アンカーボルト受け)	漏水	●		●	予防保全	漏水・滞水した状態を認めない					止水工 塗替え						
		変形・欠損 (ラックピニオンギア)	腐食に起因する応力		●		定期監視	変形・欠損を認めない					防護ネット設置 必要に応じ交換				近接撮影 1回/1年		
駅舎	耐用年数 大規模補修	腐食	材料の経年劣化	●		●	予防保全	過大な断面欠損を認めない		耐用年数	外壁:20年 屋根:30年	外壁・屋根の塗替え	目視 1回/2年						
		変形・欠損 (シーリング)	材料の経年劣化		●	●	予防保全	変形・欠損を認めない		耐用年数	15年						シーリング更新		
伸縮装置	定期更新	腐食 ボルトのゆるみ	材料の経年劣化 振動	●	●		定期更新					随時対応	近接撮影 1回/1年	(通常全般検査を準用)					
エレベータ	定期更新												法定点検						
エスカレータ	定期更新												法定点検						
分岐器	定期更新												法定点検						

10. 意見を聴取した学識経験者等の専門知識を有する者

本計画を立案するにあたって、7名の学識経験者からなる「大阪モノレール技術審議会」にて、意見聴取させていただきました。

貴重なご意見、ご指導を頂きましたことを深く感謝申し上げます。

表 10.1 大阪モノレール技術審議会委員

氏名	所属
井上 晋	大阪工業大学 都市デザイン工学部 教授
小野 潔	大阪大学大学院 工学研究科 准教授
鎌田 敏郎	大阪大学大学院 工学研究科 教授
川谷 充郎	神戸大学大学院 工学研究科 教授
河野 広隆	京都大学大学院 工学研究科 教授
坂野 昌弘	関西大学 環境都市工学部 教授
◎ 古田 均	関西大学 情報総合学部 教授

※50音順、◎：会長

卷 末 資 料

資料①：損傷ごとの性能低下と損傷程度の関係

本編 P.24 に示した損傷以外の種類に対する要求性能への影響の判定基準を示す。

《02：亀裂》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	断面急変部、溶接接合部などに塗膜われが確認できる。 亀裂を生じているが、線状でないか、線状であってもその長さがきわめて短く、さらに数が少ない場合。			▲
a	—			
aa	線状の亀裂が生じている。または、直下に亀裂が生じている疑いを拒否できない塗膜われを生じている。	●		●

《03：ゆるみ》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	ボルトのゆるみを生じているがその数が少ない。 (一群あたり本数の5%未満である) 支承アンカーボルトが回転しており、片角しかかかっていない		▲	
a	—			
aa	ボルトのゆるみを生じているがその数が多い。 (一群あたり本数の5%以上である) 支承アンカーボルトが回転しており、両角ともかかっていない	●	●	

《04：脱落》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	ボルトの脱落を生じているがその数が少ない。 (一群あたり本数の5%未満である)			
a	—			
aa	ボルトの脱落を生じているがその数が多い。 (一群あたり本数の5%以上である)	●	●	●

《05：破断》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	—			
a	—			
aa	破断している	●	●	●

《06：ひびわれ》 : P C構造物

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	ひびわれ幅が小さく（R C構造物0.2mm未満, P C構造物0.1mm未満）、ひびわれ間隔が大きい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m以上）			
b	ひびわれ幅が小さく（R C構造物0.2mm未満, P C構造物0.1mm未満）、ひびわれ間隔が小さい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m未満） または、ひびわれ幅が中位（R C構造物0.2mm以上0.3mm未満, P C構造物0.1mm以上0.2mm未満）で、ひびわれ間隔が大きい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m以上）			▲
a	ひびわれ幅が中位（R C構造物0.2mm以上0.3mm未満, P C構造物0.1mm以上0.2mm未満）で、ひびわれ間隔が小さい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m未満） または、ひびわれ幅が大きく（R C構造物0.3mm以上, P C構造物0.2mm以上）、ひびわれ間隔が大きい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m以上）			▲
aa	ひびわれ幅が大きく（R C構造物0.3mm以上, P C構造物0.2mm以上）、ひびわれ間隔が小さい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m未満）	●		●

《06：ひびわれ》 : R C構造物

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	ひびわれ幅が小さく（R C構造物0.2mm未満, P C構造物0.1mm未満）、ひびわれ間隔が大きい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m以上）			
b	ひびわれ幅が小さく（R C構造物0.2mm未満, P C構造物0.1mm未満）、ひびわれ間隔が小さい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m未満） または、ひびわれ幅が中位（R C構造物0.2mm以上0.3mm未満, P C構造物0.1mm以上0.2mm未満）で、ひびわれ間隔が大きい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m以上）			
a	ひびわれ幅が中位（R C構造物0.2mm以上0.3mm未満, P C構造物0.1mm以上0.2mm未満）で、ひびわれ間隔が小さい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m未満） または、ひびわれ幅が大きく（R C構造物0.3mm以上, P C構造物0.2mm以上）、ひびわれ間隔が大きい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m以上）			▲
aa	ひびわれ幅が大きく（R C構造物0.3mm以上, P C構造物0.2mm以上）、ひびわれ間隔が小さい（最小ひびわれ間隔が概ね0.5m未満）	▲		●

《07：剥離・鉄筋露出》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	剥離のみが生じている		▲	▲
a	—			
aa	鉄筋が露出しており、鉄筋が腐食している。	●	●	●

《08：遊離石灰》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	ひびわれから漏水や遊離石灰が生じているが、錆汁はほとんど見られない。			
a	—			
aa	ひびわれから著しい漏水や遊離石灰が生じている。あるいは漏水に著しい泥や錆汁の混入が認められる。	▲	▲	●

注) 打継ぎ目や目地部から生じる漏水・遊離石灰についても、ひびわれと同様の評価とする。

《09：床版抜け落ち》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	—			
a	—			
aa	コンクリート塊の抜け落ちがある	●	●	●

《10：床版ひびわれ・遊離石灰》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	〔ひびわれ間隔と性状〕 ひびわれは主として1方向のみで、最小ひびわれ間隔が概ね1.0m以上 〔ひびわれ幅〕 最大ひびわれ幅が0.05mm以下（ヘアークラック程度）			
c	〔ひびわれ間隔と性状〕 1.0m～0.5m、1方向が主で直行方向は従、かつ格子状でない 〔ひびわれ幅〕 0.1mm以下が主であるが、一部に0.1mm以上も存在する			
b	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.5m程度、格子状直前のもの 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以下が主であるが、一部に0.2mm以上も存在する			▲
a	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.5m～0.2m、格子状に発生 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以上がかなり目立ち部分的な角落ちもみられる			▲
aa	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.2m以下、格子状に発生 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以上が目立ち連続的な角落ちが生じている	●	●	●

《11：鋼板接着部の損傷》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	補修部の鋼板のうきは発生していないが、シーล材が一部剥離し、錆及び漏水がみられる ----- 補強材に軽微な変状がある 補強されたコンクリート部材から漏水や遊離石灰が生じている			▲
a	—			
aa	補強部の鋼板のうきが大きく発生している。シーล部分がほとんど剥離し、一部にコンクリートアンカーのうきがみられ、錆及び漏水が著しい ----- 補強材に著しい変状がある 補強されたコンクリート部材から漏水や遊離石灰が大量に生じている	●		●

《12：遊間異常・段差》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	左右の遊間が極端に異なる、または、遊間が直角方向にずれているなどの異常がある			
a	—			
aa	遊間が異常に広く伸縮継手の櫛の歯が完全に離れている。または、桁同士が接触している（接触した痕跡がある）	●		●

《13：変色・劣化》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	—			
a	—			
aa	乳白色, 黄色っぽく変色している 硬化している, ひびわれが生じている			▲

《14：異常な音・振動・たわみ》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	—			
a	—			
aa	落橋防止システム, 伸縮装置, 支承, 桁, 点検施設等から異常な音が聞こえる, あるいは異常な振動や揺れを確認することができる 主桁, 点検施設等に異常なたわみが確認できる	●	●	●

《15：変形・欠損》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	部材が局部的に変形している その一部が欠損している			
a	—			
aa	部材が局部的に著しく変形している その一部が著しく欠損している	●	●	●

《16：漏水・滞水・土砂詰り》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	滞水跡がみられるが, 現在滞水は見られない			
a	—			
aa	伸縮装置, 排水柵取付位置などからの漏水, 支承付近の滞水, 箱桁内部の滞水がある 排水柵, 支承周辺等に土砂詰まりがある			●

《17：沈下・移動・傾斜》

区分	一般的状況	安全性低下 (耐荷力)	安全性低下 (第三者影響)	耐久性低下
s	損傷なし			
c	—			
b	—			
a	—			
aa	支点が沈下している 下部工が移動・傾斜している	●	●	●

資料②：疲労照査に関する資料

1) 疲労照査の留意点

大阪モノレール構造物設計指針では、フランジにガセットを開先溶接で取り付けた継手の継手強度等級を D 等級と判定していたが、疲労設計指針では、H 等級となる継手とされており、継手の疲労亀裂の発生が懸念される。

今回の点検でこのような継手強度等級が H 等級である箇所を特定しており、今後の対策が必要である。

その他、鋼構造物の疲労を照査するにあたっては、以下に留意する必要がある。

- ①基本疲労強度の名称と基本応力範囲が現行基準と異なる
- ②継手の種類と強度等級の分類が現行基準と異なる
- ③現場で図面にない継手を使用されている場合がある
- ④現行の基準でも、対象とする構造物で強度等級の分類や、認められる継手の種類が異なる（鉄道標準では、ガセット溶接継手で G 等級や H 等級は認められていない）

2) 荷重条件設定の留意点

荷重条件は設計基準による照査を基本とするが、より詳細な照査が必要となった場合には、実応力を調査し、車両編成や運行回数など、実運行の状況より適宜設定する。

下表に淀川橋梁の応力調査時の運行状況を示す。

(参考:実運行データは平成 22 年 6 月、淀川橋梁応力調査時点)

条件	設計	実運行
車両編成	6 両	4 両
運行回数	110 回	営業運転 上り 117 回 下り 113 回 回送 上り 1 回 下り 5 回 試運転 各 2 回 合計 240 回
車両重量 (軸重)	9tf (平均的荷重)	時間帯で異なる 朝夕にピークがある

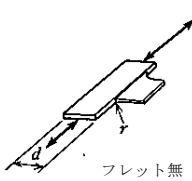
3) 鋼構造物の疲労設計に関する基準

以下に大阪モノレール構造物設計指針と疲労設計指針との比較を示す。

表.1 名称と基本応力範囲の比較

項目	大阪モノレール構造物設計指針 (H9.3)		鋼構造物の疲労設計指針・同解説 (H24)	
	名称	基本許容応力範囲	名称	基本許容応力範囲
2×106回 基本許容応力範囲 △σf0(kgf/cm3)	大阪府土木部		(社)日本鋼構造協会	
	A	153 (N/mm ²)	A	190 (N/mm ²)
	B	127 (N/mm ²)	B	155 (N/mm ²)
	C	105 (N/mm ²)	C	125 (N/mm ²)
	D	80 (N/mm ²)	D	100 (N/mm ²)
			E	80 (N/mm ²)
			F	65 (N/mm ²)
			G	50 (N/mm ²)
			H	40 (N/mm ²)
			I	32 (N/mm ²)

表.2 フランジにガセットを開先溶接した継手の比較

継手の種類		強度等級		イメージ図
		大阪モノレール疲労設計指針	鋼構造物の疲労設計指針・同解説 (H24)	
フランジにガセットを開先溶接した継手	止端仕上げ	B	G	
		127 (kgf/cm ³)	50 (kgf/cm ³)	
	非仕上げ	C	H	
		105 (kgf/cm ³)	40 (kgf/cm ³)	

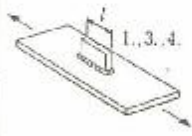
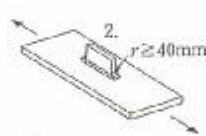



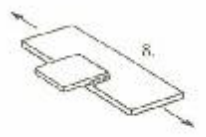
以下に各基準でのガセット継手の継手分類と採用している疲労強度の比較を示す。

(e) ガセット継手

継手種類	本指針	旧指針	鉄道標準	AASHTO	IIW
	$m=3$	$m=3$	$m=3$	$m=3$	$m=3$
1.(1)	80	80	80	—	—
1.(2)	65	65	65	89 ($L \leq 50$ mm) 69 ($50 < L \leq 100$ mm)	89 ($L \leq 50$ mm) 71 ($50 < L \leq 150$ mm)
2.	80	80	—	123 ($r > 600$ mm) 89 ($r > 150$ mm) 69 ($r > 50$ mm) 55 ($r \leq 50$ mm)	90 ($r > 50$ mm)
3.	50	50	50	55 ($t < 25$ mm) 40 ($t \geq 25$ mm)	63 ($150 < L \leq 300$ mm) 50 ($L > 300$ mm)
4.(1)	65	65	65	—	—
4.(2)	50	50	50	55 ($t < 25$ mm) 40 ($t \geq 25$ mm)	—
5.	32	—	—	—	—
6.(1)	100	100	100	123 ($r > 600$ mm)	90 ($r > 150$ mm or $r/d > 1/3$)
6.(2)	80	80	80	89 ($r > 150$ mm)	71 ($1/6 < r/d < 1/3$)
6.(3)	65	65	65	69 ($r > 50$ mm) 55 ($r \leq 50$ mm)	50 ($r/d < 1/6$)
7.(1)	50	50	—	—	—
7.(2)	40	40	—	55 ($t < 25$ mm), 40 ($t \geq 25$ mm)	50 ($t < 150$ mm), 45 ($t > 150$ mm)
8.(1)	40	40	—	55	—
8.(2)	32	—	—	—	—

表 3.4 (つづき)

(e) ガセット溶接継手 (付加板を溶接した継手を含む)

継手の種類		強度等級 ($\Delta\sigma_f$)	備 考	
面外ガセット	1. ガセットをすみ肉あるいは開先溶接した継手 ($t \leq 100$ mm)	(1) 止端仕上げ E (80) (2) 非仕上げ F (65)	 1, 3, 4.	 2. $r \geq 40$ mm
	2. ファレットを有するガセットを開先溶接した継手 (ファレット仕上げ)	E (80)		
	3. ガセットをすみ肉溶接した継手 ($t > 100$ mm)	G (50)	 5. スカラップ	 6.
	4. ガセットを開先溶接した継手 ($t > 100$ mm)	(1) 止端仕上げ F (65)		
		(2) 非仕上げ G (50)		
5. 主板にガセットを貫通させた継手 (スカラップを伴う)	I (32)			
面内ガセット	6. ファレットを有するガセットを開先溶接した継手 (ファレット部仕上げ)	(1) $1/3 \leq r/d$ D (100)	 7.	 8.
		(2) $1/5 \leq r/d < 1/3$ E (80)		
		(3) $1/10 \leq r/d < 1/5$ F (65)		
7. ガセットを開先溶接した継手	(1) 止端仕上げ G (50)	※(1.(1), 2., 4.(1), 6., 7.(1)) 仕上げはアンダーカットが残らないように行う。グラインダーで仕上げる場合には仕上げの方向を応力の方向と平行とする。 ※(1.(2), 3., 4.(2), 5., 7.(2), 8.) 深さ 0.5 mm 以上のアンダーカットは除去する。		
	(2) 非仕上げ H (40)			
8. 重ねガセット継手の母材	(1) まわし溶接なし H (40)			
	(2) まわし溶接あり I (32)			

注) 本指針: 「鋼構造物の疲労設計指針・同解説 2012」

旧指針: 「鋼構造物の疲労設計指針・同解説 1993」

出展: 「鋼構造物の疲労設計指針・同解説 2012 社団法人 日本鋼構造協会」