

鉄道橋における
疲労損傷対策事例
発見～調査～補修補強

阿部 允 ((株)BMC)

土木学会継続教育講習会

鉄道橋における 疲労損傷対策と事例 (メンテナンスに対する取り組み)

平成24年12月19日

BMC 阿部 允

講義の要旨

1. 鉄道橋における疲労への取り組み

- ① 疲労設計
- ② 疲労損傷と事例

2. 疲労損傷に対する取り組み事例

- ① 発見(点検と検査)
- ② 調査および診断
- ③ 損傷対策

3. これからのメンテナンスに対する取り組み

- ① 長寿命化
- ② 「やりくり」のマネジメント

鋼鉄道橋の疲労に関する配慮

～ 歴史、材料、活荷重、設計基準 ～

古鋼材の概要

(加工上の注意点)

鋼種	年代	桁形式	注 意 点
錬鉄	1883 以前	作錬式	<ul style="list-style-type: none">・材質が不均質、層状・強度は現行の41キロ鋼の70～80%・靱性、伸びは劣る・溶接は避けるべき
ベッセマー 鋼	1909 以前	作30,35 達10等	<ul style="list-style-type: none">・強度にバラツキ、錬鉄と同程度に・靱性も劣る・P,Sが多く溶接性は劣る
S39	1928 以前	達95,875 達680,540 達16,74	<ul style="list-style-type: none">・材質的に不均一・強度的には規格値を保証・靱性は低く、割れやすい・溶接は避けるのがよい
SS39		達827, 達1084	

※ リベット構造の桁には基本的には溶接を行うのは避けるのがよい。

鋼鉄道橋の疲労設計の変遷

1. ベッカー示方書(明治28年)

リベット構造の疲労に対する配慮

2. 溶接鋼鉄道設計示方書案(昭和35年)

- ・西ドイツの鉄道示方書を参考にした疲労照査手法を取り入れる。
- ・継手を5分類し、それぞれBの200万回疲労強度のみを示す。
- ・東海道新幹線の設計にも使用。

3. 建造物設計標準(昭和45年)

許容応力度を整理し直す。

4. 全国新幹線網建造部設計標準(昭和47年)

- ・変動応力の効果を実態に近づける。
- ・スパン毎基本的な疲労許容応力度に乗じる係数を決める。
- ・耐用年数を70年とした。

5. 建造物設計標準の改訂(昭和58年)

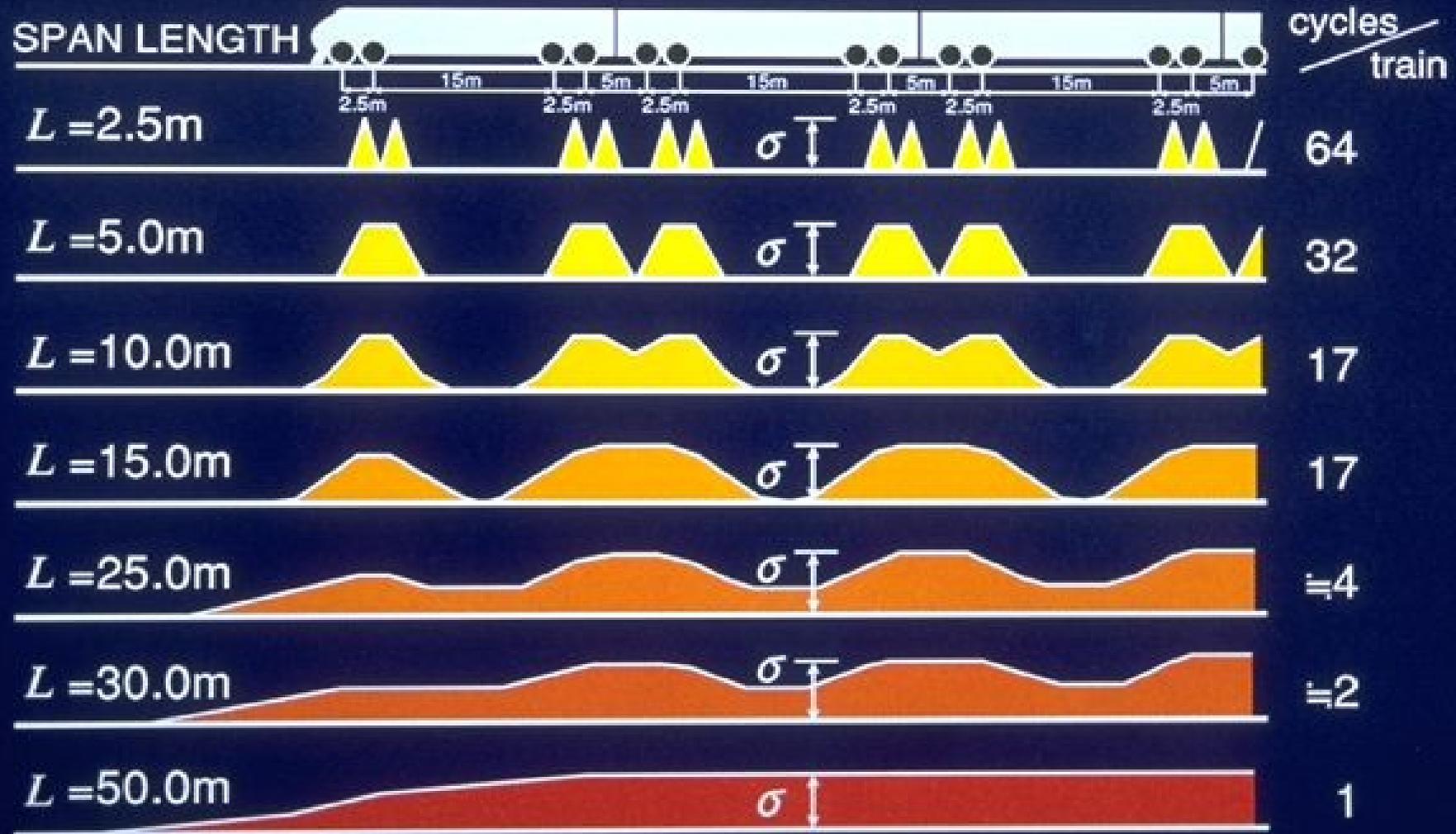
- ・「応力範囲」を用い疲労の照査を行う。
- ・繰返し回数は影響線長によって異なる疲労許容応力範囲(σ_{ta})を用いる。

$$\sigma_{\max} - \sigma_{\min} \leq \sigma_{ta}$$

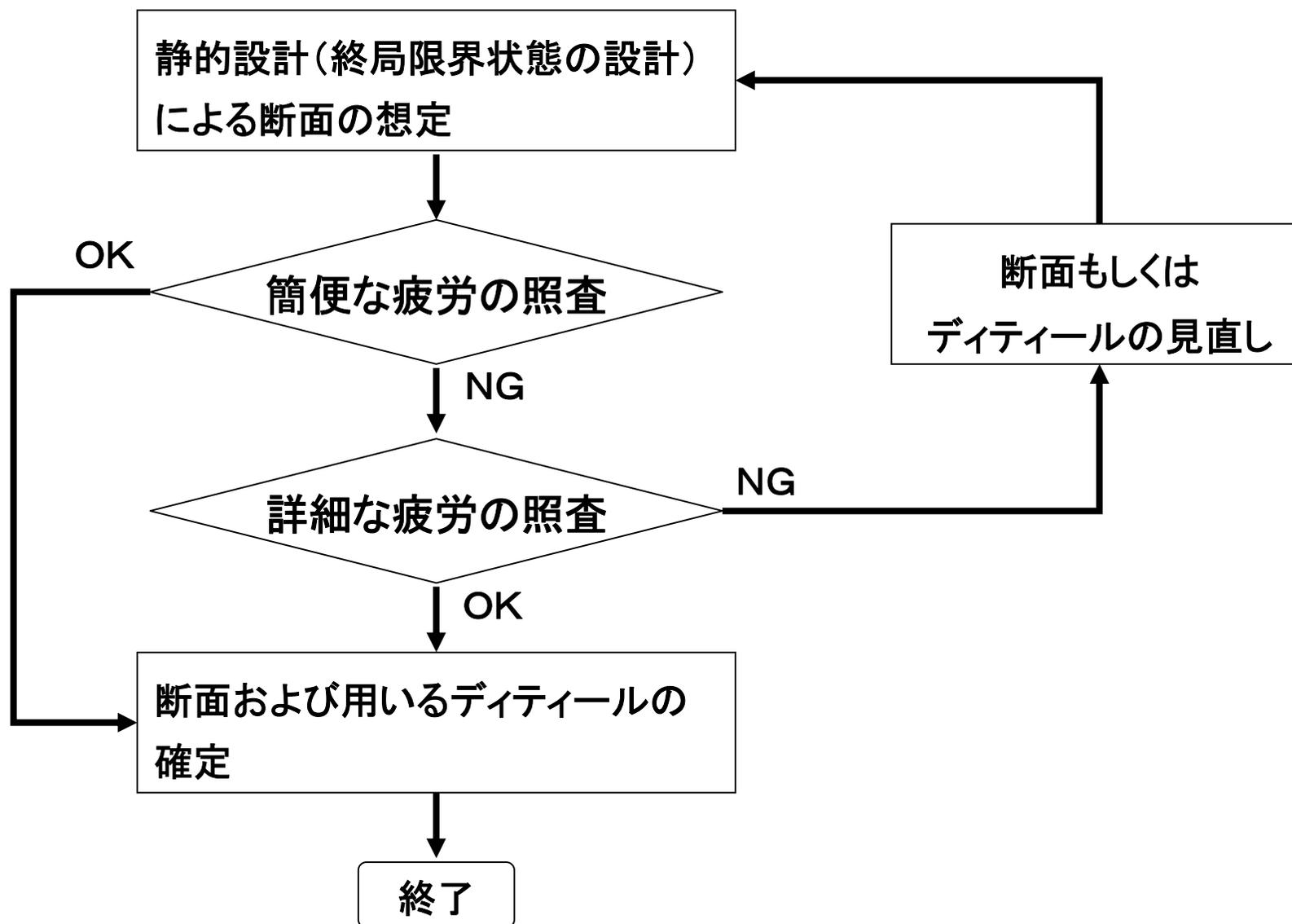
6. 現行の示方書(限界状態設計)(平成4年、平成21年)

- ・長寿命域を考慮した疲労設計

Stress Wave (Shinkansen Load)



照査の流れ



鉄道橋における疲労照査の流れ

終局限界状態(性的設計)の設計に用いる荷重で、その継手部に生じる最大応力範囲($\Delta \sigma_{\max}$, $\Delta \tau_{\max}$)を計算する。

簡便な疲労の照査

$$(\gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i) \Delta \sigma_{\max} < \Delta \sigma_{ce} \cdot C_R \cdot C_T$$

$$(\gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i) \Delta \tau_{\max} < \Delta \tau_{ce} \cdot C_R \cdot C_T$$

$\Delta \sigma_{ce}$: 一定振幅応力に対する応力範囲の打切限界

OK

OUT ↓

疲労の照査

$$\gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i \frac{\Delta \sigma_d}{\Delta \sigma_R} \leq 1$$

$$\gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i \frac{\Delta \tau_d}{\Delta \tau_R} \leq 1$$

$\Delta \sigma_d, \Delta \tau_d$: 設計応力範囲

$\Delta \sigma_R, \Delta \tau_R$: 疲労許容応力範囲

終了

繰返し数の影響を考慮した疲労の照査

継手が保有する
疲労強度



疲労許容応力範囲

$$\Delta \sigma_R, \Delta \tau_R$$

- ・継手の疲労強度
- ・板厚効果
- ・製作上の品質

作用する
応力の大きさ
繰返し数



作用応力範囲

$$\Delta \sigma_d, \Delta \tau_d$$

- ・公称応力
 - ・列車の種類
 - ・影響線長
 - ・列車本数
- } f_i

繰返し数の影響を考慮した照査式

$$\gamma_a \cdot \gamma_b \cdot \gamma_i \frac{\Delta \sigma_d}{\Delta \sigma_R} \leq 1$$
$$\gamma_a \cdot \gamma_b \cdot \gamma_i \frac{\Delta \tau_d}{\Delta \tau_R} \leq 1$$

ここに、

$\Delta \sigma_d, \Delta \tau_d$: 作用応力範囲

$$\Delta \sigma_d = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \cdot f_1 \cdot f_2$$

$$\Delta \tau_d = (\tau_{\max} - \tau_{\min}) \cdot f_1 \cdot f_2$$

f_1 : 繰返し数を考慮した係数

f_2 : 複線載荷を考慮した係数

$\Delta \sigma_R, \Delta \tau_R$: 疲労許容応力範囲

γ_a : 構造解析係数 (=0.85)

γ_b : 部材係数 (=1.0)

γ_i : 構造物係数 (=1.0)

係数 f_1 の算出

f_1 は繰返し数を考慮した疲労の照査に用いる列車荷重が静的に載荷した時に発生する最大応力範囲 $\Delta \sigma_{\max}$ と、その列車が通過した時に発生する変動応力の繰返し数および列車本数の影響を考慮した効果応力範囲 $\Delta \sigma_{eq}$ で与えられる。

$$f_1 = \frac{\Delta \sigma_{eq}}{\Delta \sigma_{\max}}$$

また、 $\Delta \sigma_{eq}$ は次の式で与えられる。

$$\Delta \sigma_{eq} = (n_{eq})^{1/m} \cdot \Delta \sigma_{\max}$$

従って、

$$f_1 = (n_{eq})^{1/m}$$

すなわち、 f_1 はある列車が通過した時の最大応力範囲 $\Delta \sigma_{\max}$ に代表させた等価繰返し数 n_{eq} を算出することによって求められる。

疲労損傷と検査

～ 目視検査のポイント ～

疲労き裂の発生しやすい箇所

1. 応力集中箇所

鋭い形状の箇所、傷の入った箇所、溶接欠陥のある箇所、剛性の急変する箇所、面外変形箇所、欠食している箇所

2. 高繰り返し荷重を受ける箇所

長い部材より短い部材、面外変形を受ける板材、振動する細長部材

3. 荷重点に近い箇所や負荷を集中的に支える箇所

載荷点（特に偏心）、支点部（特に沈下）、

疲労上心配な箇所

- ① 断面急変等の応力集中箇所
- ② たわみ差、変位差等の発生箇所
- ③ 支点沈下の影響
- ④ 振動部材
- ⑤ 偏心载荷の影響箇所
- ⑥ 溶接品質の不良箇所(溶接補修部含む)
- ⑦ 後付け付帯物の取付け箇所(特に溶接部)

現場における検査は

- どこをどのように検査するか

疲労点検の着目箇所（起こりやすい箇所はマップで）
さびの確認が一つの決め手、ガタツキのある個所

- 発見したらどうするか

三つの確認項目（発生状況、放置すると、何時）とスケッチ

- 何を記録し報告するか

発生部位、き裂形状、錆の色、周辺の異常

- 重点項目に対する亀裂の有無と状況

- 発見されたき裂：三つの確認項目、緊急性判断

原因の想定、詳細調査の有無

検査における押さえどころ3要素

1. 損傷・劣化のパターン

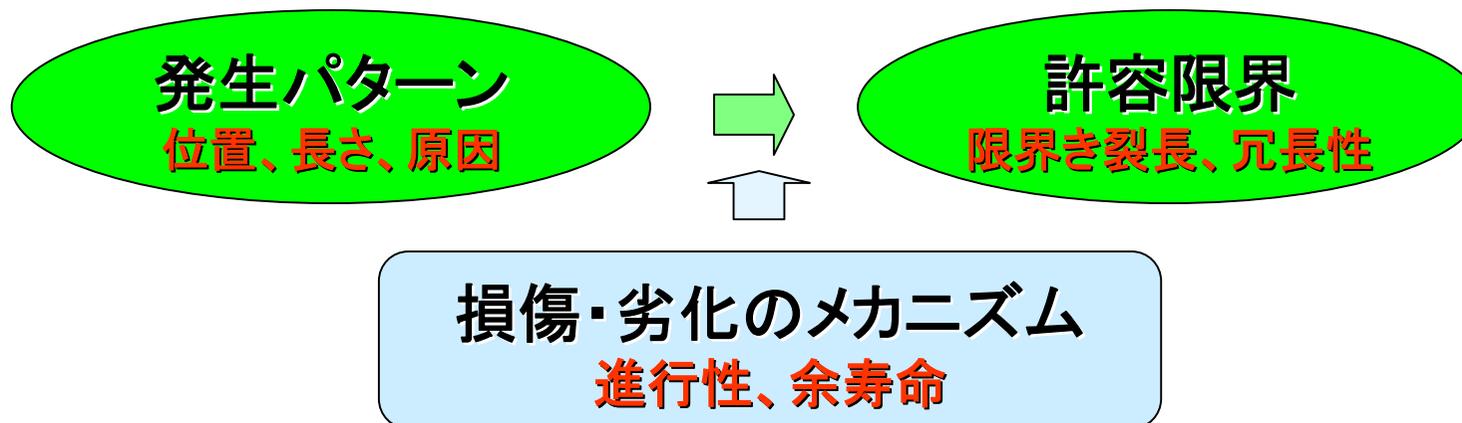
発生位置、き裂先端位置と長さ、原因の推定

2. 放置したときの許容限界

放置するとどうなるか(限界亀裂長さ、冗長性)

3. 進展速度(損傷・劣化のメカニズム)

限界に達する時期(メカニズムと進行性)



目視検査のポイント ①

1. 異常に気が付くこと

(着目個所の把握、錆やガタツキのある個所、
支点沈下個所、たわみ差、厳しい継ぎ手、面外曲げ)

2. 接近して診て記録する

(近接目視、亀裂に触れる、周辺の動き、検査の3要素)

3. 性能面から評価する

(耐久性能の評価：余寿命、限界き裂長)

目視検査のポイント ②

1. サビの出ている箇所は要注意
2. 支点沈下のある箇所は周辺を確認
3. 部材のあるガセットや連結材の端部は要注意
4. リベットやボルトに弛みのある周辺は要注意)
5. 応力集中部で塗膜にわれのある箇所は要注意
6. 溶接で補修されている箇所は必ず確認
7. 疑わしい箇所や発見したものは磁粉探傷

目視検査のポイント ③

き裂もしくはき裂の兆候が見られたら

1. 写真を撮る、スケッチする（局部と周囲も）
2. 検査の3要素を「橋守調書」に記録する
3. 周辺の状態にも注意
4. 原因についても考える（自分なりに推定する）
5. 原因究明や類似箇所の発生予測などのための応力測定
や定量的診断のための詳細調査の要否の判断とその方法
6. 原因究明、緊急処置の要否、対策案などについては、
インフォームドコンセント、セカンドオピニオンも重要。

疲労損傷と検査

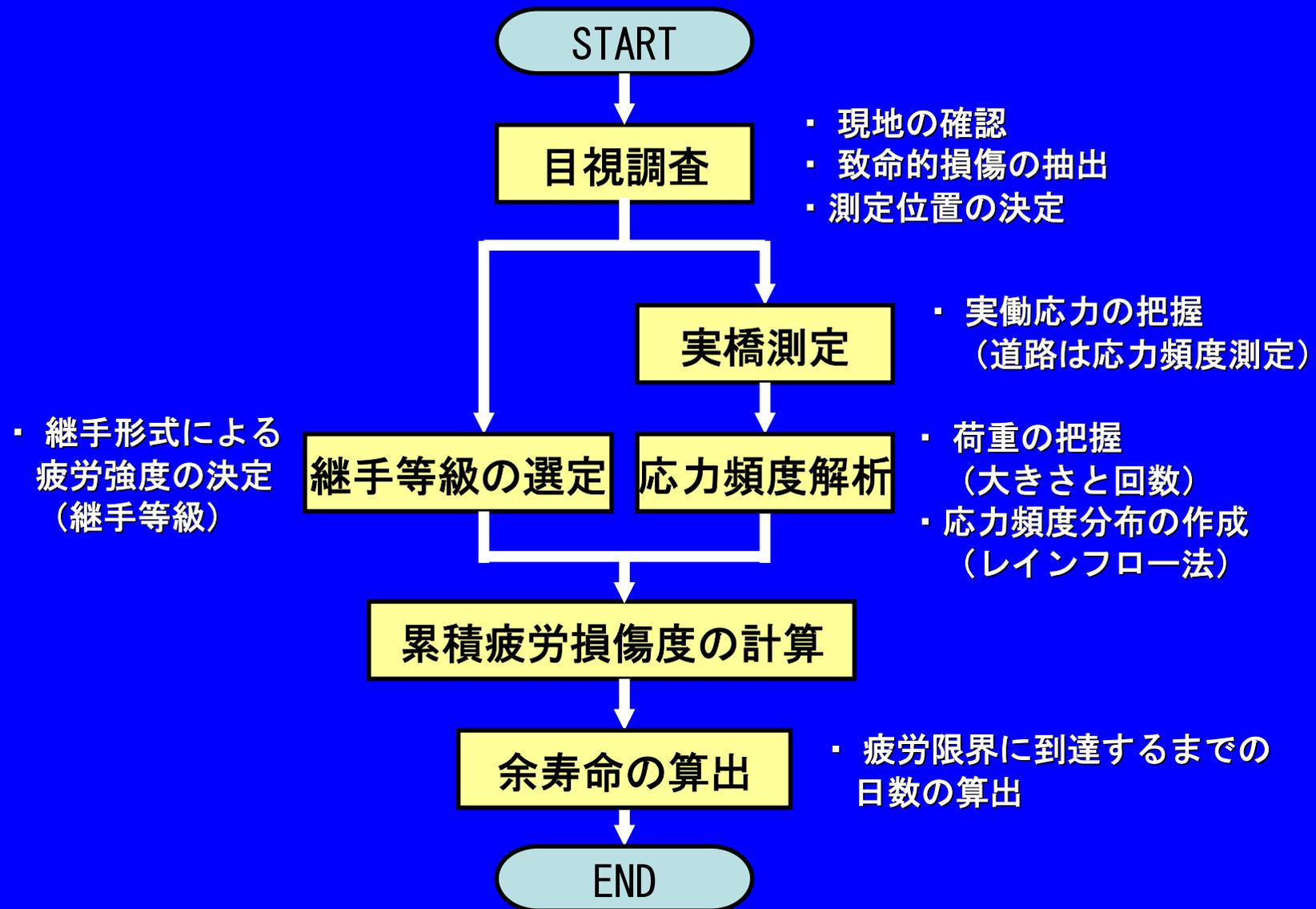
～ 詳細検査(非破壊検査、定量的診断) ～

疲労き裂

(き裂、欠陥等の検査方法)

検査方法	検出の原理	検出位置
浸透探傷試験 (PT)	毛細管現象による浸透液の浸透作用	表面
磁粉探傷試験 (MT)	漏えい磁束が生じ、傷に磁粉が吸着する磁気吸引作用	表層部
渦流探傷試験 (ET)	電磁誘導作用による渦電流の変化	表層部
超音波探傷試験 (UT)	超音波パルス(エコー)の反射作用	内部
放射線透過試験 (RT)	放射線(主にX線)の透過強さの変化	内部

劣化予測(腐食疲労)の手順

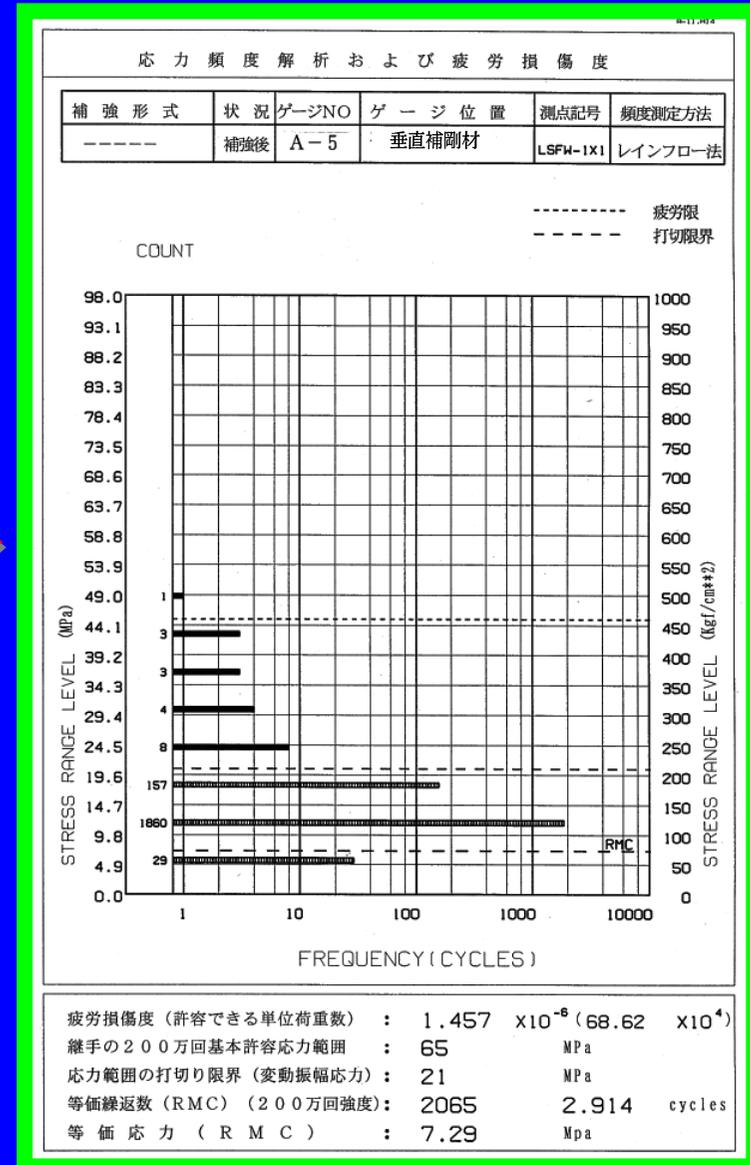
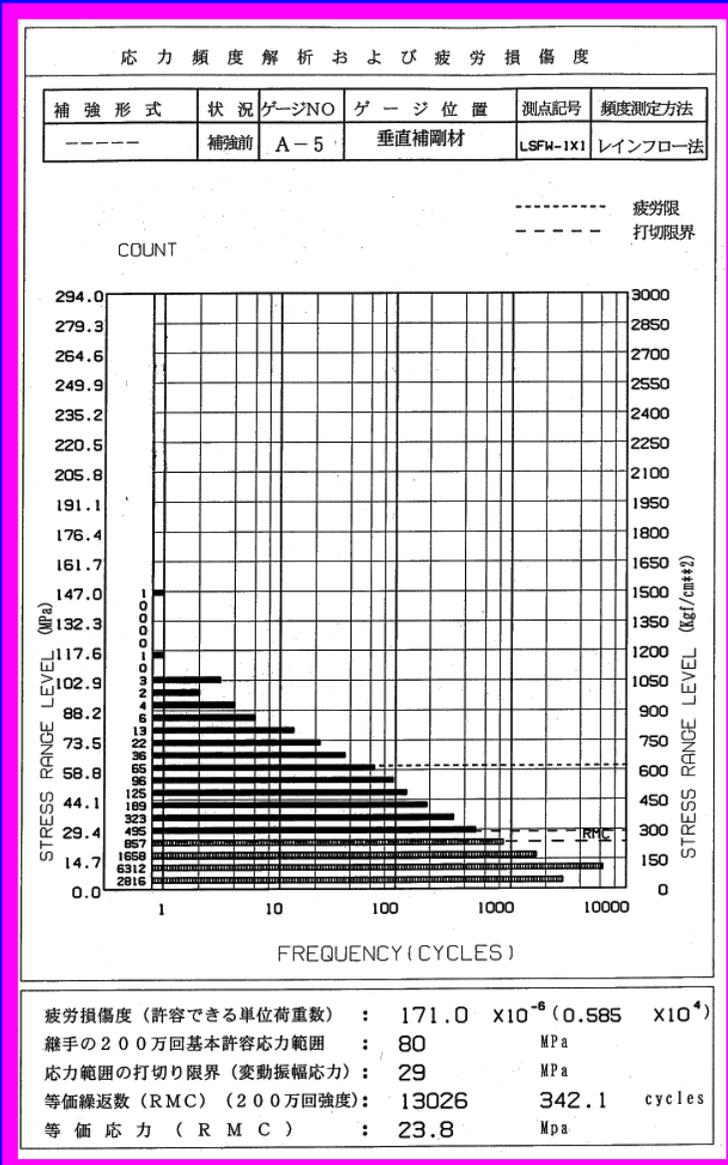


橋梁診断システム

【疲労損傷診断と効果の確認】

～補修前における応力頻度測定結果～

～補修後における応力頻度測定結果～

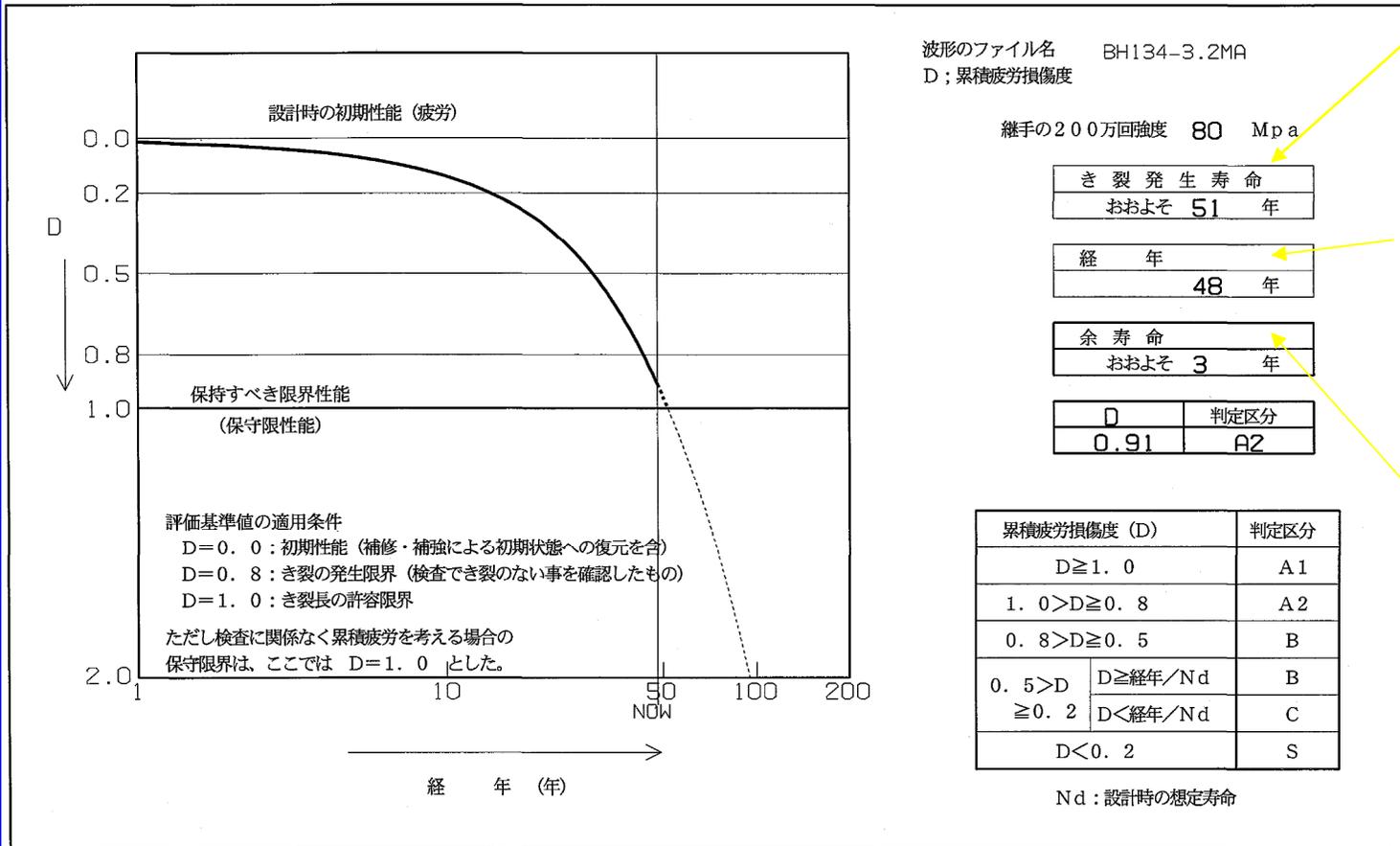


疲労き裂の発生予測

～疲労き裂に対する劣化曲線～

疲労損傷に対する劣化曲線

B M C SYSTEM



き裂発生寿命

経年

余寿命

下路トラスの疲労損傷マップ

下路トラスの着目箇所の一例

(溶接構造)

損傷図		備考															
ゲージ貼付位置		基本的ゲージ位置と兼ねられる															
許容値	<table border="1"> <tr> <th>継手種類</th> <th>基</th> <th>準</th> <th>継手等級</th> <th>200万回強度</th> </tr> <tr> <td>縦筋</td> <td>JR</td> <td>E</td> <td>80</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>ウェブ</td> <td>JSSC</td> <td>E</td> <td>80</td> <td>Mpa</td> </tr> </table>	継手種類	基	準	継手等級	200万回強度	縦筋	JR	E	80	Mpa	ウェブ	JSSC	E	80	Mpa	もしくは下弦材の応力を用いる
継手種類	基	準	継手等級	200万回強度													
縦筋	JR	E	80	Mpa													
ウェブ	JSSC	E	80	Mpa													

損傷図		備考															
ゲージ貼付位置		枕木受けが溶接されている場合															
許容値	<table border="1"> <tr> <th>継手種類</th> <th>基</th> <th>準</th> <th>継手等級</th> <th>200万回強度</th> </tr> <tr> <td>枕木受け</td> <td>JR</td> <td>E</td> <td>80</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>JSSC</td> <td>E</td> <td>80</td> <td>Mpa</td> </tr> </table>	継手種類	基	準	継手等級	200万回強度	枕木受け	JR	E	80	Mpa		JSSC	E	80	Mpa	
継手種類	基	準	継手等級	200万回強度													
枕木受け	JR	E	80	Mpa													
	JSSC	E	80	Mpa													

損傷図		備考															
ゲージ貼付位置		鉄橋で鉄部が切欠かれている場合特に支点以下している時は注意															
許容値	<table border="1"> <tr> <th>継手種類</th> <th>基</th> <th>準</th> <th>継手等級</th> <th>200万回強度</th> </tr> <tr> <td>折衝切欠</td> <td>JR</td> <td>C</td> <td>125</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>3-7-部</td> <td>JSSC</td> <td>C</td> <td>125</td> <td>Mpa</td> </tr> </table>	継手種類	基	準	継手等級	200万回強度	折衝切欠	JR	C	125	Mpa	3-7-部	JSSC	C	125	Mpa	
継手種類	基	準	継手等級	200万回強度													
折衝切欠	JR	C	125	Mpa													
3-7-部	JSSC	C	125	Mpa													

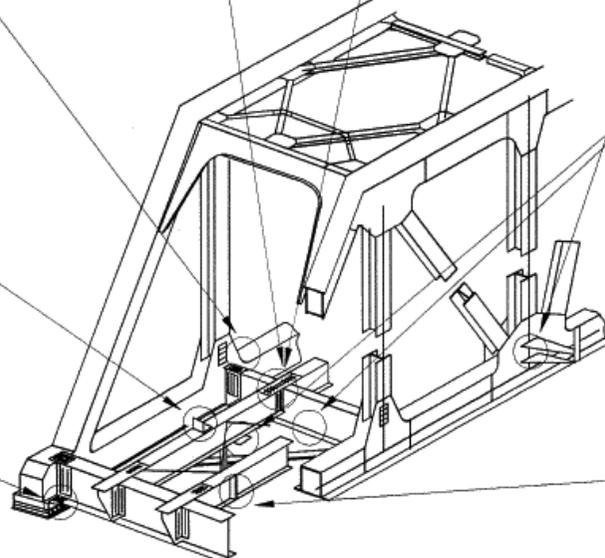
損傷図		備考															
ゲージ貼付位置		取筋が精研履歴を有している場合															
許容値	<table border="1"> <tr> <th>継手種類</th> <th>基</th> <th>準</th> <th>継手等級</th> <th>200万回強度</th> </tr> <tr> <td>縦筋</td> <td>JR</td> <td>C</td> <td>125</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>貫通部</td> <td>JSSC</td> <td>C</td> <td>125</td> <td>Mpa</td> </tr> </table>	継手種類	基	準	継手等級	200万回強度	縦筋	JR	C	125	Mpa	貫通部	JSSC	C	125	Mpa	
継手種類	基	準	継手等級	200万回強度													
縦筋	JR	C	125	Mpa													
貫通部	JSSC	C	125	Mpa													

損傷図		備考															
ゲージ貼付位置		鉄部が切欠かれている場合															
許容値	<table border="1"> <tr> <th>継手種類</th> <th>基</th> <th>準</th> <th>継手等級</th> <th>200万回強度</th> </tr> <tr> <td>折衝切欠</td> <td>JR</td> <td>C</td> <td>125</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>3-7-部</td> <td>JSSC</td> <td>C</td> <td>125</td> <td>Mpa</td> </tr> </table>	継手種類	基	準	継手等級	200万回強度	折衝切欠	JR	C	125	Mpa	3-7-部	JSSC	C	125	Mpa	
継手種類	基	準	継手等級	200万回強度													
折衝切欠	JR	C	125	Mpa													
3-7-部	JSSC	C	125	Mpa													

損傷図		備考															
ゲージ貼付位置		歩道限材等カセットが溶接されている場合															
許容値	<table border="1"> <tr> <th>継手種類</th> <th>基</th> <th>準</th> <th>継手等級</th> <th>200万回強度</th> </tr> <tr> <td>縦筋</td> <td>JR</td> <td>F</td> <td>65</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>がけ部</td> <td>JSSC</td> <td>F</td> <td>65</td> <td>Mpa</td> </tr> </table>	継手種類	基	準	継手等級	200万回強度	縦筋	JR	F	65	Mpa	がけ部	JSSC	F	65	Mpa	
継手種類	基	準	継手等級	200万回強度													
縦筋	JR	F	65	Mpa													
がけ部	JSSC	F	65	Mpa													

損傷図		備考															
ゲージ貼付位置		基本的ゲージ位置と兼ねられる															
許容値	<table border="1"> <tr> <th>継手種類</th> <th>基</th> <th>準</th> <th>継手等級</th> <th>200万回強度</th> </tr> <tr> <td>縦ビード</td> <td>JR</td> <td>D (F)</td> <td>100 (65)</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>ウェブ溶接部</td> <td>JSSC</td> <td>D (F)</td> <td>100 (65)</td> <td>Mpa</td> </tr> </table>	継手種類	基	準	継手等級	200万回強度	縦ビード	JR	D (F)	100 (65)	Mpa	ウェブ溶接部	JSSC	D (F)	100 (65)	Mpa	
継手種類	基	準	継手等級	200万回強度													
縦ビード	JR	D (F)	100 (65)	Mpa													
ウェブ溶接部	JSSC	D (F)	100 (65)	Mpa													

* ()内数字は35%溶接部材に適用する



損傷図		備考															
ゲージ貼付位置		高速運転箇所。フキル取付けバネが弛んだ場合															
許容値	<table border="1"> <tr> <th>継手種類</th> <th>基</th> <th>準</th> <th>継手等級</th> <th>200万回強度</th> </tr> <tr> <td>垂直橋脚</td> <td>JR</td> <td>F</td> <td>65</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>材下鉄</td> <td>JSSC</td> <td>F</td> <td>65</td> <td>Mpa</td> </tr> </table>	継手種類	基	準	継手等級	200万回強度	垂直橋脚	JR	F	65	Mpa	材下鉄	JSSC	F	65	Mpa	
継手種類	基	準	継手等級	200万回強度													
垂直橋脚	JR	F	65	Mpa													
材下鉄	JSSC	F	65	Mpa													

疲労損傷と対策

～ 対策のポイント ～

疲労損傷対策

- 発見したらどのような措置を考えるか
 - 応急措置の有無（必ず管理責任者に報告し判断を）
 - 対策の時期と原因の推定そして対策の提案へ
- 対策工法の選定
 - 原因を踏まえた判断
 - 制約条件の確認（時期、技量、資金の手当て、LCCなど）
- 施工計画と検証方法について
 - 工法を提案し施工者との調整、有効性の判断根拠
 - 施工条件や管理シートの確認

疲労損傷対策の考え方

- ① き裂部はガウジング、再溶接し、当板を基本
- ② ストップホールは一時的進展遅延の応急対策
- ③ 原因によっては
 - 応力集中緩和：
TIG, グラインダー処理等応力集中緩和
 - 2次的要因改善：
支点沈下、たわみ差等の改善
 - 構造的要因改善：
ディテールの改善(構造的改良)

疲労損傷に対する対策計画上のポイント

1. 原因を把握することは対策する場合の前提
2. 期待する効果のレベルを予め明確にする
3. 過度に技量や仕上がり精度に頼らない
4. できるだけリダンダンシーを持つ工夫を
5. 予防保全の面からの検討

早期発見（着目箇所、センシング）、リダンダンシーの確保

疲労による損傷対策のポイント

- ・ 作用応力を高める要因を排除する
- ・ 作用応力を小さくする手を打つ

1. 支点沈下を防ぐ
2. 偏心载荷の影響を小さくする
3. 面外変形を極力抑える
4. 応力集中を起こらないようにする
5. 急激な断面変化をなくする
6. 溶接欠陥や部材に傷のない品質管理を行う
7. 原因の把握と対策工法の選定は専門家に相談

維持管理のマネジメント

～ 効果的疲労のメンテナンス ～

重大事故を防ぐためのマネジメント

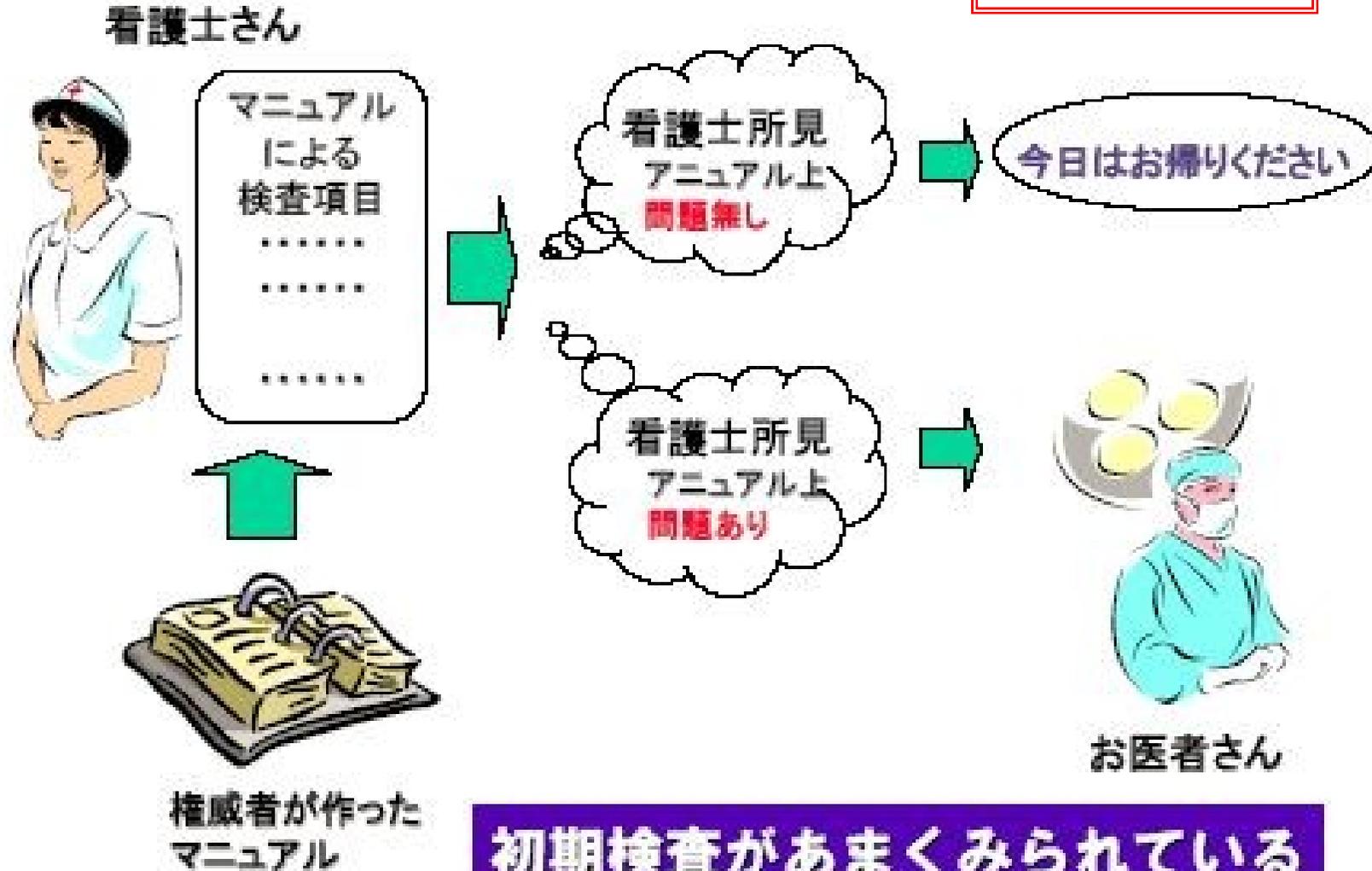
- 人材育成と新技術の導入（検査の質を上げる）
 - 橋守の育成：橋の弱点・性能を見分けられる人、技量認定者
 - 常時監視：常時監視の異常検知モニタリングシステムで補完
- 予防保全体制へ移行
 - 機能の低下や問題が起こらないように処方箋を（橋守カルテ）
 - これまでの点検は、問題の起こったものを探すことだった
- リダンダンシーの確保
 - 重大な箇所や心配な箇所には冗長性（落橋防止工、二重系）を

鉄道橋の長寿命化対策の事例

- **検査力の強化(資格認定制度、モニタリング)**
検査専門家を希望する技術者を「専門職」として位置づけし、徹底した強化育成を図ること。常時の異常検知も
- **「橋守カルテ」の継続と充実(橋守管理図も)**
専門家の力をかり、橋毎に管理の処方箋(カルテ)の更新作業を通して責任技術者の育成。また、重要な構造物には、維持管理の設計図に当たる「橋守管理図」の整備も。
- **予防保全対策体制(技術基準の見直しとマネジメントの導入)**
危機管理、リスクベースマネジメント及びアセットマネジメントの導入で新幹線の機能を充実させる。併せて、性能診断など技術基準の見直しを図る。

今までの検査手順でよいか

一次判定
は重い



信頼できる効率的な検査体制へ

専門家との連携



「橋守カルテ」(台帳＋処方箋)とは

1. 構造物情報

設計条件、製作示方書、構造形式、使用材料など

2. 管理情報

管理個所、検査履歴、補修・補強・改造履歴など

3. 処方箋(構造特性、弱点の把握も)

- ① 構造特性、弱点、FCM,管理上の注意点、設計条件
- ② 重点検査項目、特定管理項目(支点のずれ量…)
- ③ 将来予測(2年、5年、10年後どうなってるか)
- ④ 予防保全策(2年に一回は水洗いと草刈り…)
- ⑤ 対策(措置)項目(早急、計画的など)

メリハリをつけた検査方法の事例

1. 専門家による近接踏査で検査の処方箋を作成

- ・ FCM(破壊重要部材)の抽出:検査方法の提示
- ・ 重点検査項目の選定



2. FCMについては特別メニュー(予算)で事前対策

検査のグレード、足場の要否、検査頻度などはここで示す

3. それ以外のものは「重点検査項目」として点検

損傷の客観的事実



4. 10年に一度は専門家による処方箋の見直しを

内容は、「橋守カルテ」に記載し蓄積し更新していく。

カルテは、インハウスエンジニア組織で一元化して管理する

重要破壊部材

FCM: Fracture Critical Members,

米国のAASHTO LRFD基準

破壊すると橋梁の崩壊や機能不全を招く

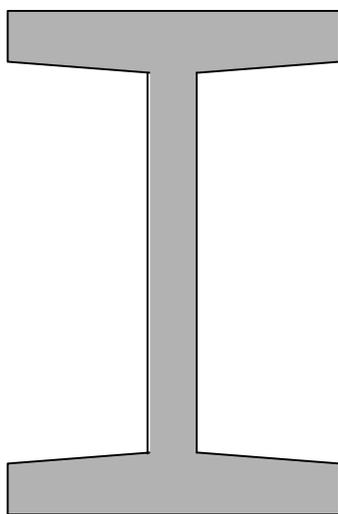
恐れのある部材(米国では引張り部材としている)

FCMを有する橋の設計, 製作, 維持管理の安全水準を規定化

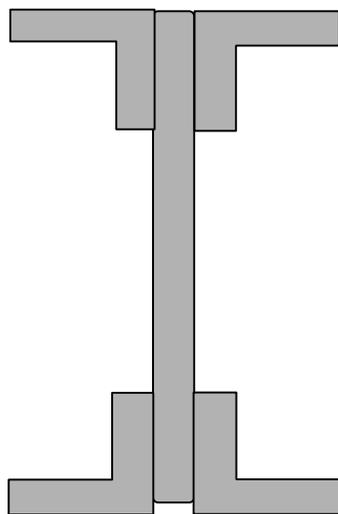
米国のAASHTO FCMを持つ橋の検査は

- 近接目視(Hands-on Inspection)を義務付け
- 検査費用:FCB以外の200%~500%と査定

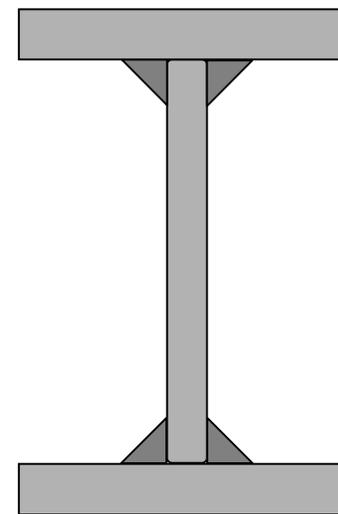
重大化を防ぐ、リダンダンシーの確保



Iビーム



リベット構造



溶接構造

部材構造	冗長性	進行性	健全度判定例	重要破壊部材か
Iビーム	a~b	a	ぜい性破壊 の心配有り A ₁	○
リベット構造	b~c	a~c	破断は部分的 A ₁ ~C	×
溶接構造	a~b	a~b	一般的に ぜい性破壊はしない A ₁ ~A ₂	△ (条件付き)

長寿命化のために

(設計での配慮)

■ 構造物の弱点の把握

腐食: 平滑面を、狭隘箇所回避、溜水の配慮

疲労: 強度の弱い継手の回避、断面の余裕

■ 単純化(製作、施工性の考慮)

断面急変箇所、部材交差箇所回避

■ 変位差の吸収

支点沈下等のたわみ差吸収の工夫



ディテールの工夫

本当に「老朽化」か

老朽化が進んできた橋の特徴

- ① ちょっとしたことでも重大化する恐れがある（重大化）
- ② 回復を図るのにお金と時間がかかる恐れ（脆弱性）
- ③ いくら補修しても元に戻らないことが多くなる（負担増）
- ④ いくら検査の数を増やしても発見できない損傷が多くなり、かつ、重大損傷を見逃す恐れも（見落とし）
- ⑤ 今の基準(時代)に合わなくなった（基準不適合）

実態を「知り尽くして」いな人が、
安易に「老朽化」とあおっていないか

橋の寿命は

橋の寿命は

50, 60年で物理的、機能的、経済的寿命で

- 実績から寿命50, 60年と言うのは、取り換えた橋の実績
- 説明手法として「物理的、機能的、経済的寿命」を用いるが

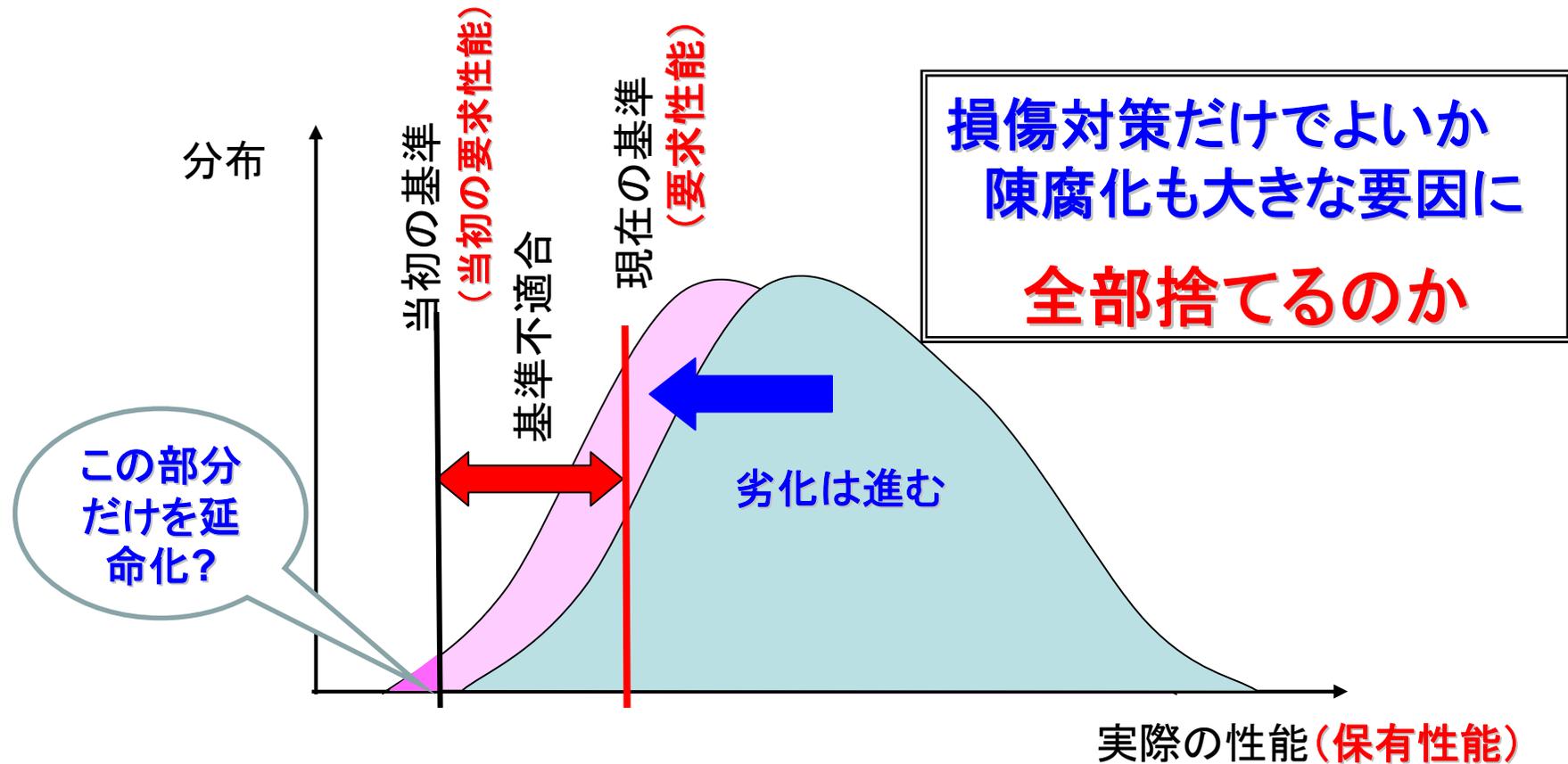
現実には「保守困難」で更新

役に立たない、実態が把握できない、技術的対応不可、

関連工事資金が利用できる、お金が対応可能な限度を超える

という人為的行為

取り換えの実績はごくわずかか



損傷以外の要因で取り換えが多い

橋の寿命は

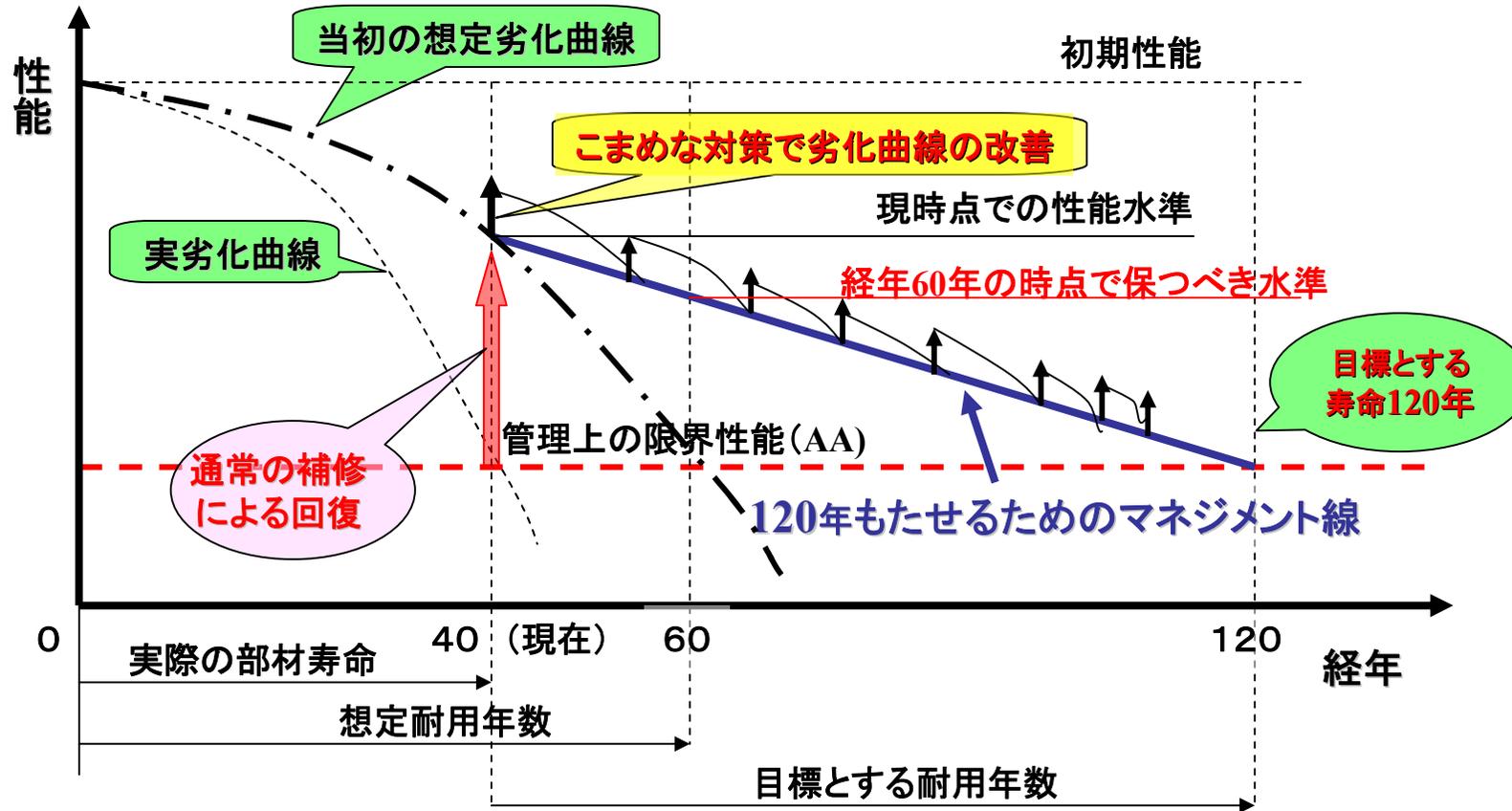
橋の寿命は実績から
150年以上を目標に出来る

人間の約2倍：

経年40～50年の橋は、
人間の20～25歳（老朽化？）

橋の寿命は、
橋が決めるのではなく「人が決める」

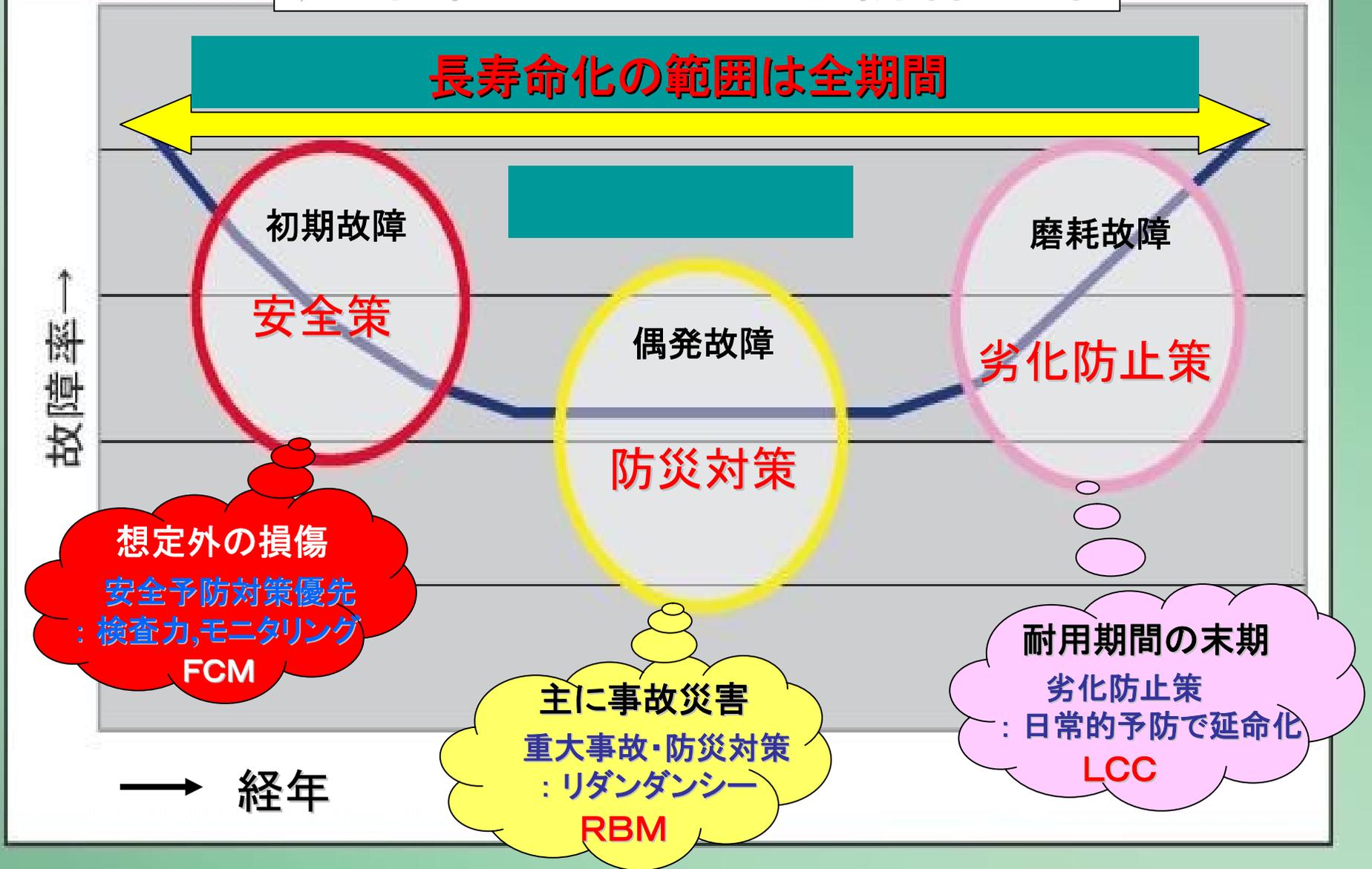
延命化のマネジメント線図



「劣化を予測して直すのではなく」、「目標とする性能水準」を設定して、劣化に対しこまめに手当てする」

橋の寿命は橋が決めるのではなく人が決める

長寿命化のための予防保全策



初期欠陥には目に見える指標を、経年劣化には日常手当てに指標を

予防保全は「橋」より「利用者」が先

施設設備を常に当てにできる状態に
保っておくことが目標

安全の確保：重大損傷の防止 (FCM)

脆弱性の解消：防災対策とBCP

延命化：劣化の防止と早期対策

まとめ

1. 疲労は判断できる人材が必要

「知り尽くすこと」と「なす術を知る」人材

2. 安全確保は「気が付くこと」と 「重大化させないこと」

「予防保全」と「情報の共有化(カルテ)」

3. 長寿命化を考えた取り組みに

「メリハリ」の利いた管理の実現