

国道357号鋼床版疲労対策方針

平成28年3月

国道357号鋼床版疲労対策検討委員会

目次

1. はじめに	1
2. 疲労き裂の状況	2
3. 対策基本方針	3
(1)補強(予防保全)	3
(2)補修	4
4. SFRC舗装の効果検証	5
(1)ひずみ計測結果	5
(2)FEM解析結果	6
5. 補強・補修方法	7
(1)補強(予防保全)	7
(2)補修	8
①確実に補修していくき裂	8
②経過観察しながら必要に応じて対策していくき裂	9
6. 維持管理計画	10
(1)SFRC舗装を施工するまで	10
(2)SFRC舗装を施工した後	11
(3)対策優先順位	12
(4)今後の課題・継続検討事項	12

1. はじめに(背景)

【委員会設立趣旨】

国道357号の補修工事を進める上で、効果的かつ効率的な補修対策工法の検討を行い、補修優先順位の検討、補修後のモニタリング等を含めた総合的な維持管理計画を策定するために、有識者及び専門技術者で構成される「国道357号鋼床版疲労対策検討委員会」を設立し、検討を行ったものである。

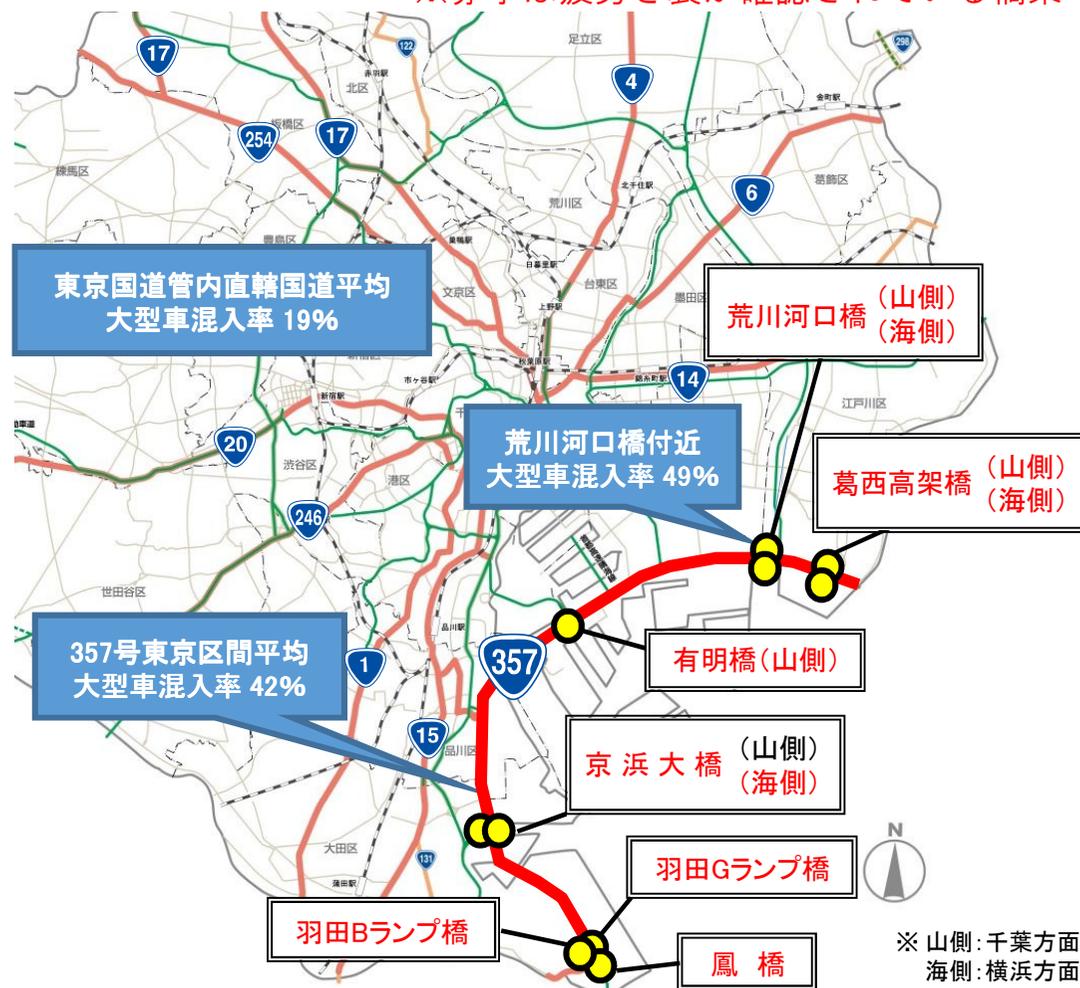
【維持管理状況】

- ・東京国道事務所では、東京23区内の一般国道10路線、約162kmの整備・管理
- ・管理する橋梁は、今後急速に進む高齢化に伴う老朽化に対応すべく維持管理を実施

【国道357号の鋼床版を有する橋梁の現状】

- ・荒川河口橋を始め複数の橋梁(9橋/10橋中)で重交通による**疲労損傷**を確認
- ・鋼床版の疲労損傷は、その知見が不十分であり、その発生メカニズムが明らかになっておらず、対策工法も十分に確立されていない。

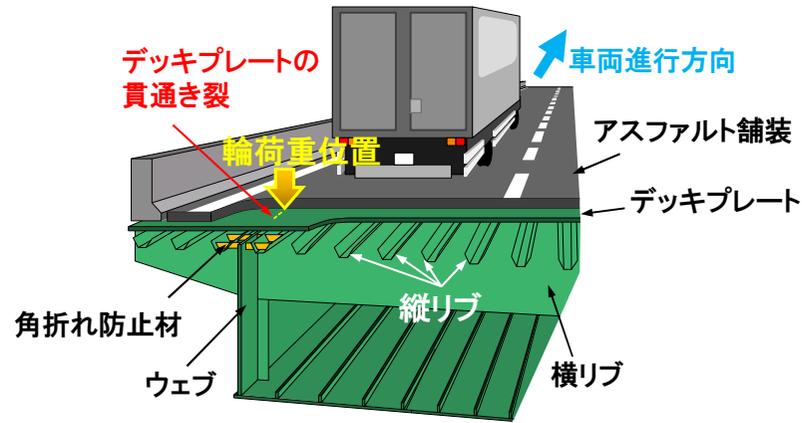
※赤字は疲労き裂が確認されている橋梁



2. 疲労き裂の状況

鋼床版に疲労き裂が発生する主要因

- ・デッキプレートの剛性が低い
(旧設計基準 $t=12\text{mm}$ ※現行基準 16mm)
- ・大型車の繰返し載荷
(特に国道357号は大型車交通が多い)



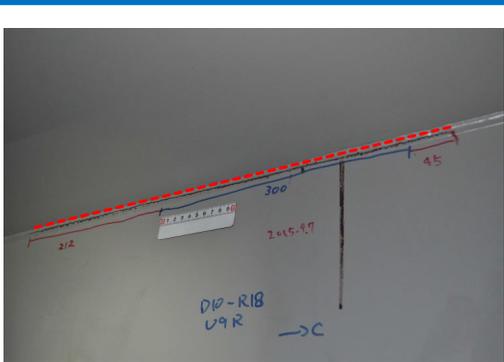
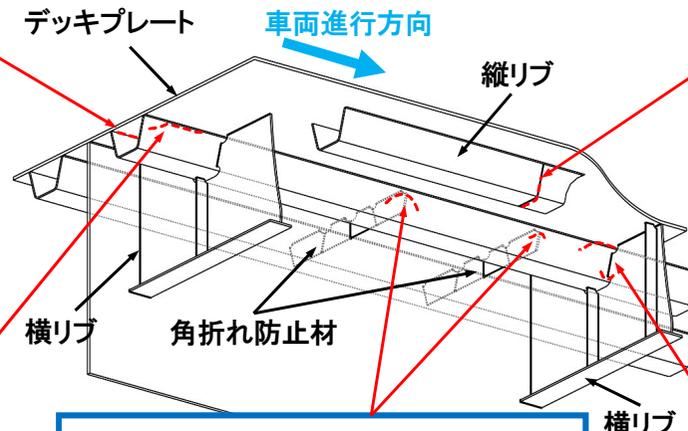
- デッキプレート上面のき裂
- デッキプレート下面のき裂



①デッキプレートの貫通き裂 (TypeAD)



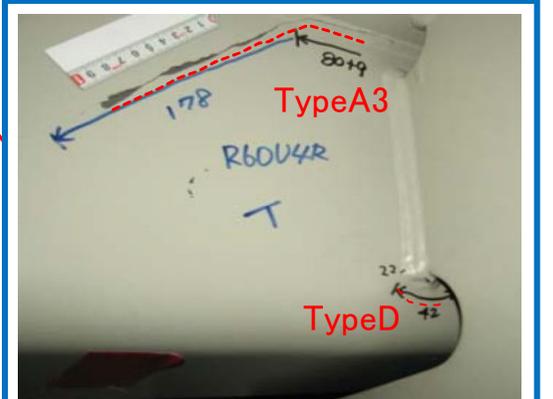
⑤縦リブ突合せ溶接部のき裂 (TypeB)



②デッキプレートと縦リブの溶接部のき裂 (TypeA1)



③角折れ防止材による縦リブのき裂 (TypeG)



④縦リブ横リブ交差部のき裂 (TypeA3, TypeD)

3. 対策基本方針

(1)補強(予防保全)

疲労き裂の原因:デッキプレートの剛性不足 (現行基準 $t=16\text{mm}$ 未満の橋梁)

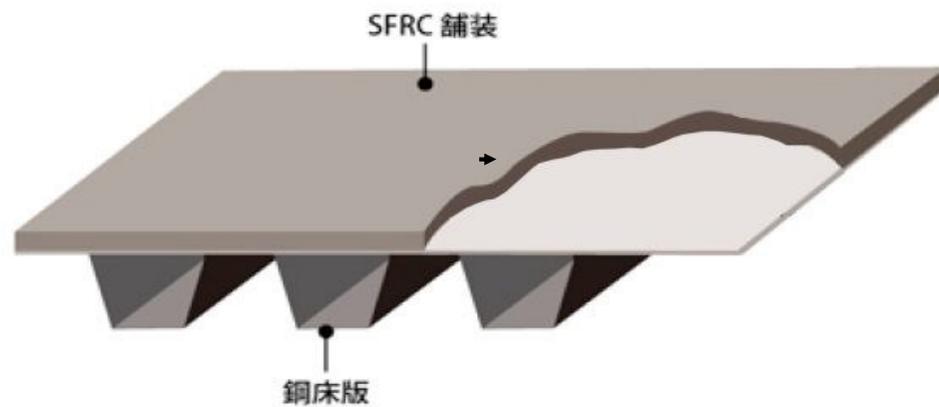


デッキプレートの剛性を高める方法の1つ → SFRC舗装による合成床版化

■ SFRC舗装

(Steel Fiber Reinforced Concrete : 鋼繊維補強コンクリート)

鋼繊維を混入したコンクリート(SFRC)を打設し、デッキプレートと一体化させることで合成床版化する



鋼繊維

◆SFRC舗装に期待する効果

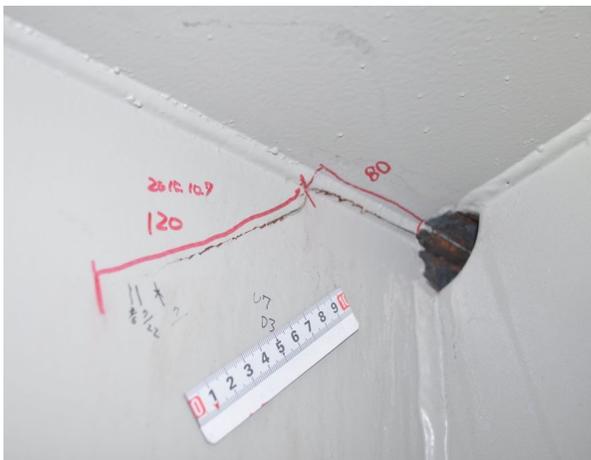
・剛性の高いSFRC舗装により、輪荷重による鋼床版の局部変形を抑制させて疲労耐久性を向上させる。

(2)補修

既に発生したき裂に対しては、SFRC舗装による補強効果にも期待しながら、下記の補修を実施する。

- ・き裂の先端にストップホールを施し、き裂の進展を抑制させる。
- ・必要に応じて当板を施し、き裂の進展を抑制するとともにき裂により欠損した断面を回復させる。

き裂発生 の例



ストップホール の例



当板 の例



◆ストップホールに期待する効果

き裂先端にストップホール(φ25mmの円孔)をあけて、き裂先端の応力を低下させて、き裂の進展を抑制させる。

◆当板に期待する効果

- ・き裂により阻害されている応力の伝達を、当板を介して伝達させることで、き裂先端の応力集中を軽減させる。
- ・き裂により欠損した断面を回復させる。

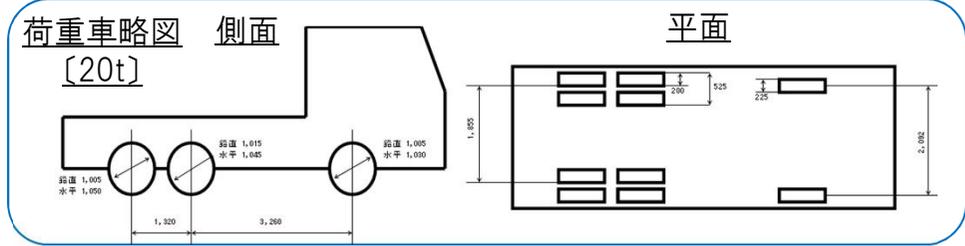
4. SFRC舗装の効果検証

(1) ひずみ計測結果

特殊な構造(角折れ防止材等)を有する橋梁(荒川河口橋)に対して、現地でのひずみ計測およびFEM解析により、SFRC舗装による補強効果を検証した。

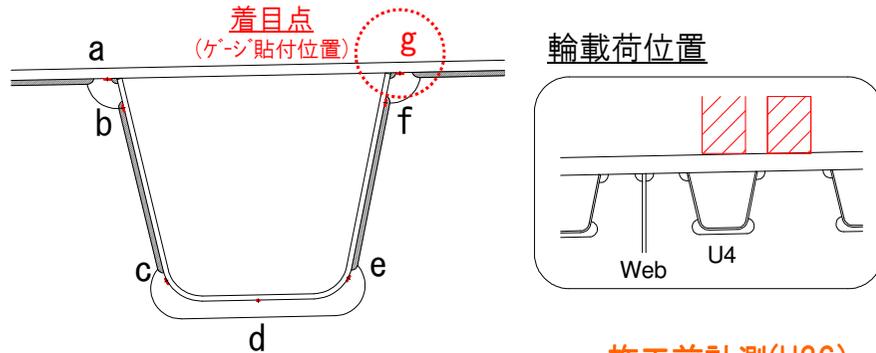
◆ひずみ計測概要

あらかじめマーキングした位置に荷重車(20t)を20km/hで走行させて、測点のひずみを計測し、SFRC舗装施工前後のひずみの変化を確認した。

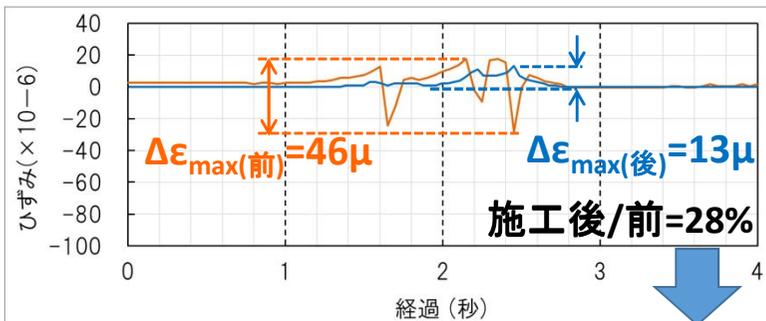


着目点①:縦リブ横リブ交差部 測点g

デッキ縦リブ溶接部から生じているき裂に該当する(測点g)におけるひずみがSFRC施工前に比べて72%低減された。



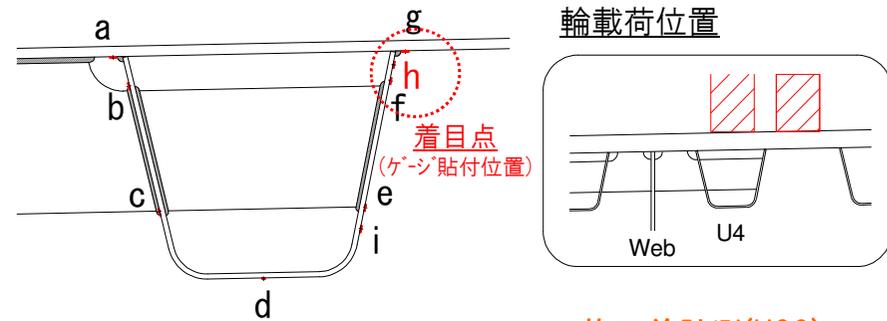
動的荷重ひずみ波形(測点g)



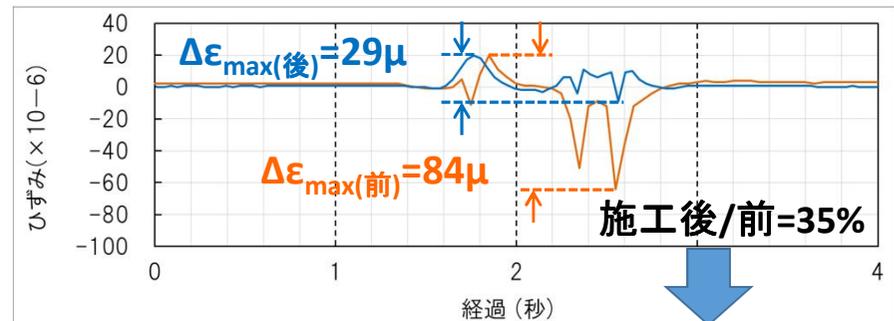
72%減

着目点②:角折れ防止材部 測点h

角折れ防止材溶接部から生じているき裂に該当する(測点h)におけるひずみがSFRC施工前に比べて65%低減された。



動的荷重ひずみ波形(測点h)



65%減

(2)FEM解析結果

◆FEM解析概要

き裂Typeごとに最も厳しい载荷条件の際にき裂を発生させている応力集中がSFRC舗装によりどの程度低減するかをFEM解析により検証した。

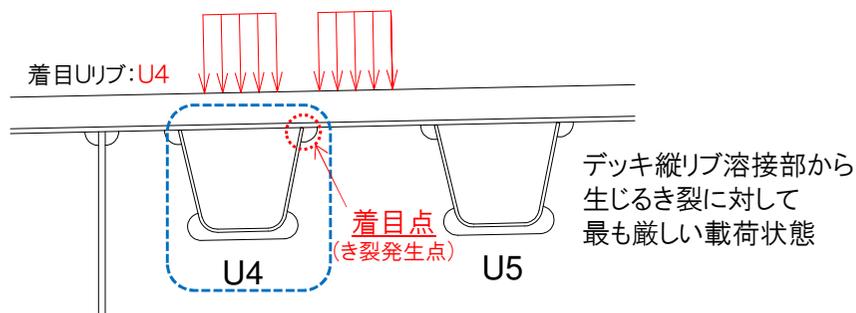
着目点①:縦リブ横リブ交差部 TypeAD,TypeA1,TypeA3き裂

SFRC舗装施工後はデッキプレートの変形が抑えられて、デッキ縦リブ溶接部からき裂を発生させていた溶接ルート部の応力がSFRC施工前に比べて91%低減された。

着目点②:角折れ防止材部 TypeGき裂

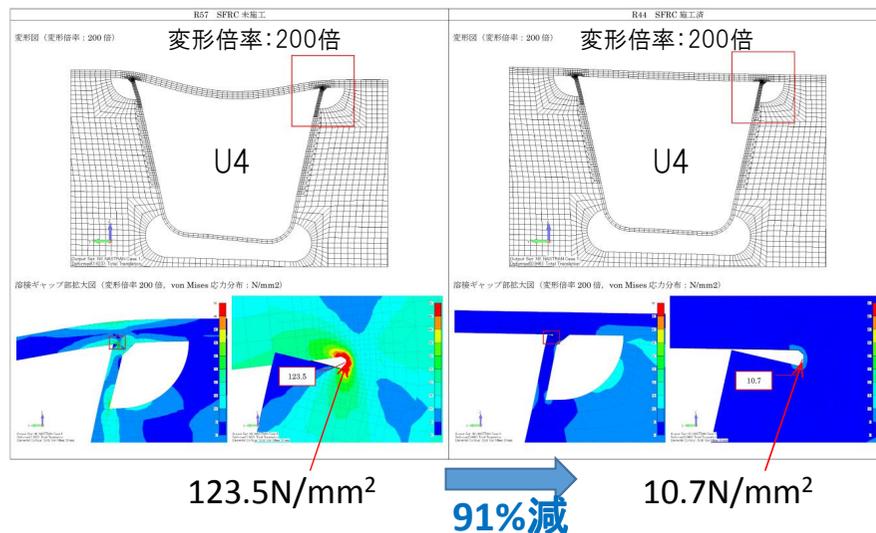
SFRC舗装施工後はデッキプレートやUリブの変形が抑えられて、角折れ防止材溶接部からき裂を発生させていた溶接止端部の応力がSFRC施工前に比べて60%低減された。

輪荷重:U4右ウェブをダブルタイヤが挟む位置

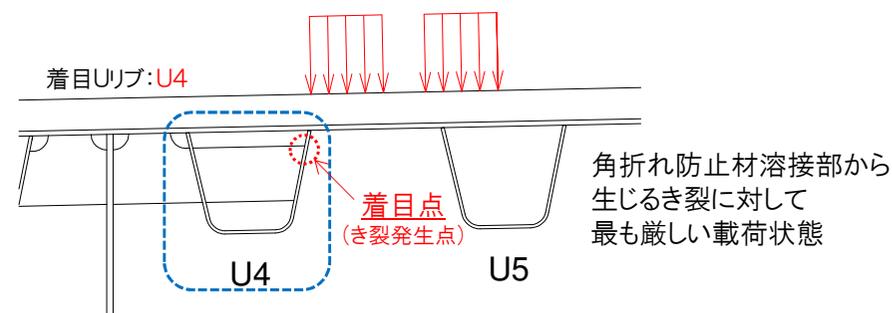


SFRC舗装施工前

SFRC舗装施工後

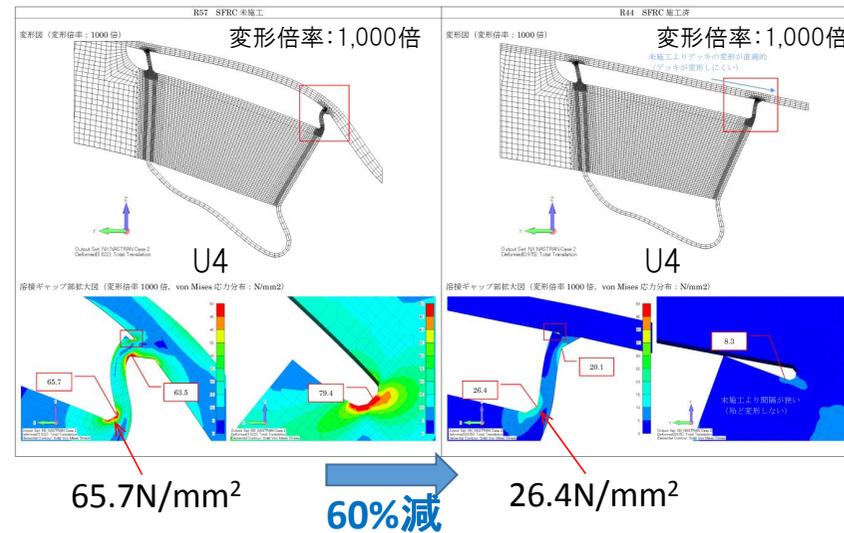


輪荷重:ダブルタイヤ左車輪端部をU4右ウェブの際に载荷



SFRC舗装施工前

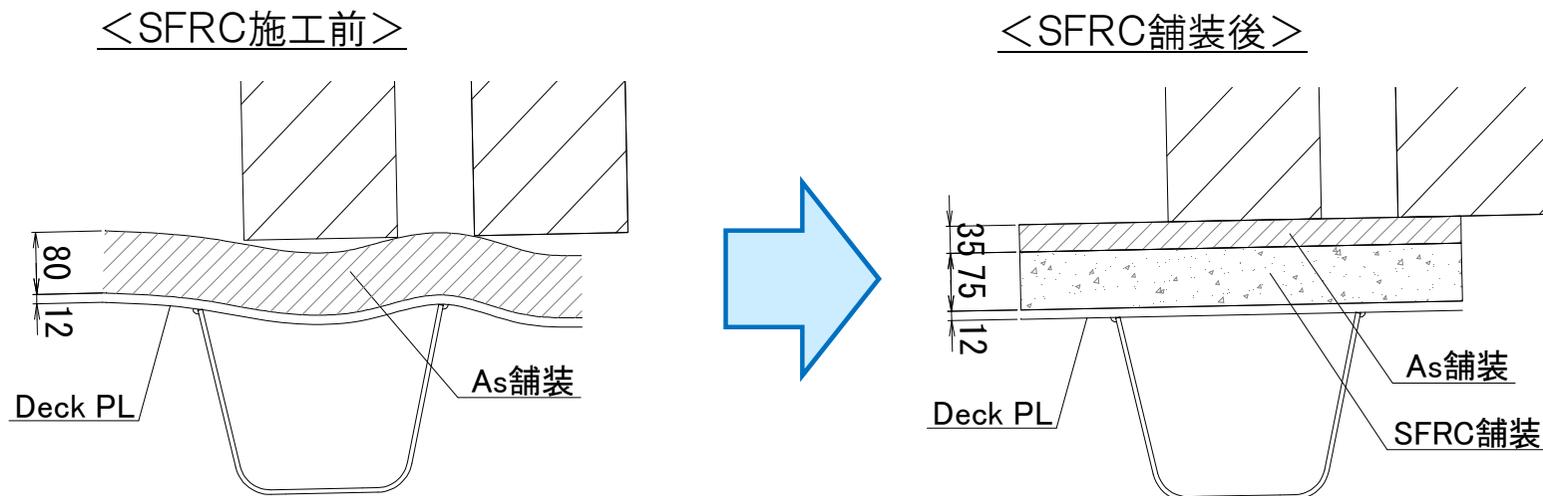
SFRC舗装施工後



5. 補強・補修方法

(1)補強(予防保全)

SFRC舗装の敷設によりき裂の発生を抑制する効果が確認できたことから、SFRC舗装による補強を進めていく。



輪荷重による鋼床版の局部変形イメージ

SFRC舗装による剛性向上により
鋼床版の局部変形を抑制
⇒疲労耐久性向上

舗装構成

走行性や維持管理の容易性を確保するためにSFRC舗装上にAs舗装を敷設する。これにより現状よりも死荷重が増加するが、その影響を最小限に抑えるため、SFRC舗装厚・As舗装厚は、所定の性能を確保できる最少厚とした。

SFRC舗装厚さ:75mm

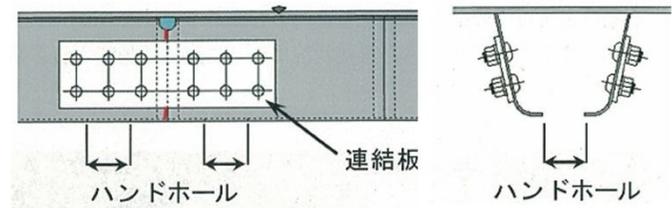
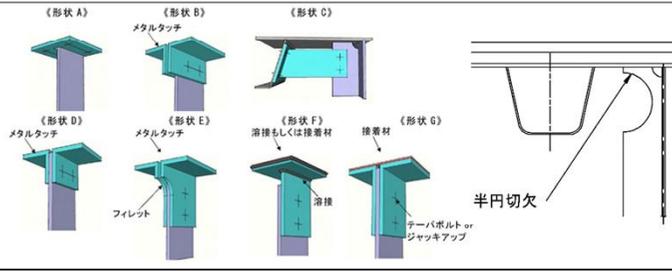
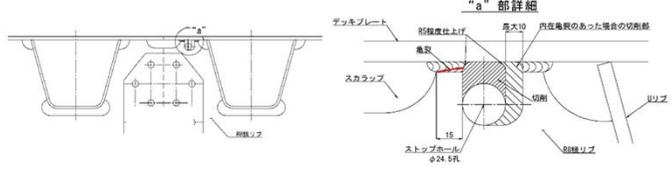
→SFRC舗装の打継目および舗装端部に設置するスタッド(h=40mm)+かぶり(35mm)を確保

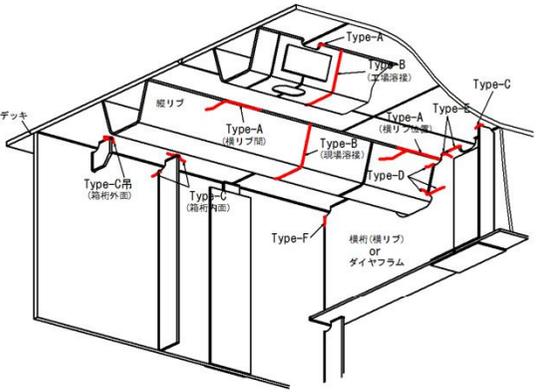
アスファルト舗装厚さ:35mm

→骨材の最大粒径D(=13mm)の2.5倍確保(2.5D=2.5×13mm=32.5mm→35mm)

(2)補修 ②経過観察しながら必要に応じて対策していくき裂

- ・TypeB,TypeC,TypeD,TypeEき裂: SFRC舗装による補強効果に期待して経過観察を行う。
- ・TypeBき裂のうちフランジ幅の1/3以上もしくはウェブ高さの1/2以上に進展したき裂: 当板(添接板)
- ・進展の有無をモニタリングし、進展が見られた場合、補修要否や補修方法を検討する。
- ・補修方法は、他の橋梁での補修事例を参考に決定していく。

き裂Type		他橋梁での補修事例	
		工法の名称	工法事例の概要図
TypeB	縦リブ突合せ溶接部	・当板(添接板)	 <p>連結板 ハンドホール</p>
TypeC	垂直補剛材—デッキ、腹板溶接部	・当板(L型部材・T型部材) ・垂直補剛材上端部 半円切欠き	 <p>《形状A》 《形状B》 《形状C》 《形状D》 《形状E》 《形状F》 《形状G》 溶接もしくは接着材 接着材 半円切欠 テーパボルト or ジャッキアップ</p>
TypeD	縦リブ—横リブ溶接部	・ボルト締めストップホール ・当板(L形部材) ・スリット改良(L型部材併用)	 <p>高力ボルト締め付け デッキ 縦リブ 横リブウェブ R3</p>
TypeE	デッキ—横リブ溶接部	・ストップホール (SFRC舗装との併用)	 <p>“a”部詳細 デッキプレート 距離度上げ 筋材 スカーフ ストップホール φ24 SFR 縦リブ</p>

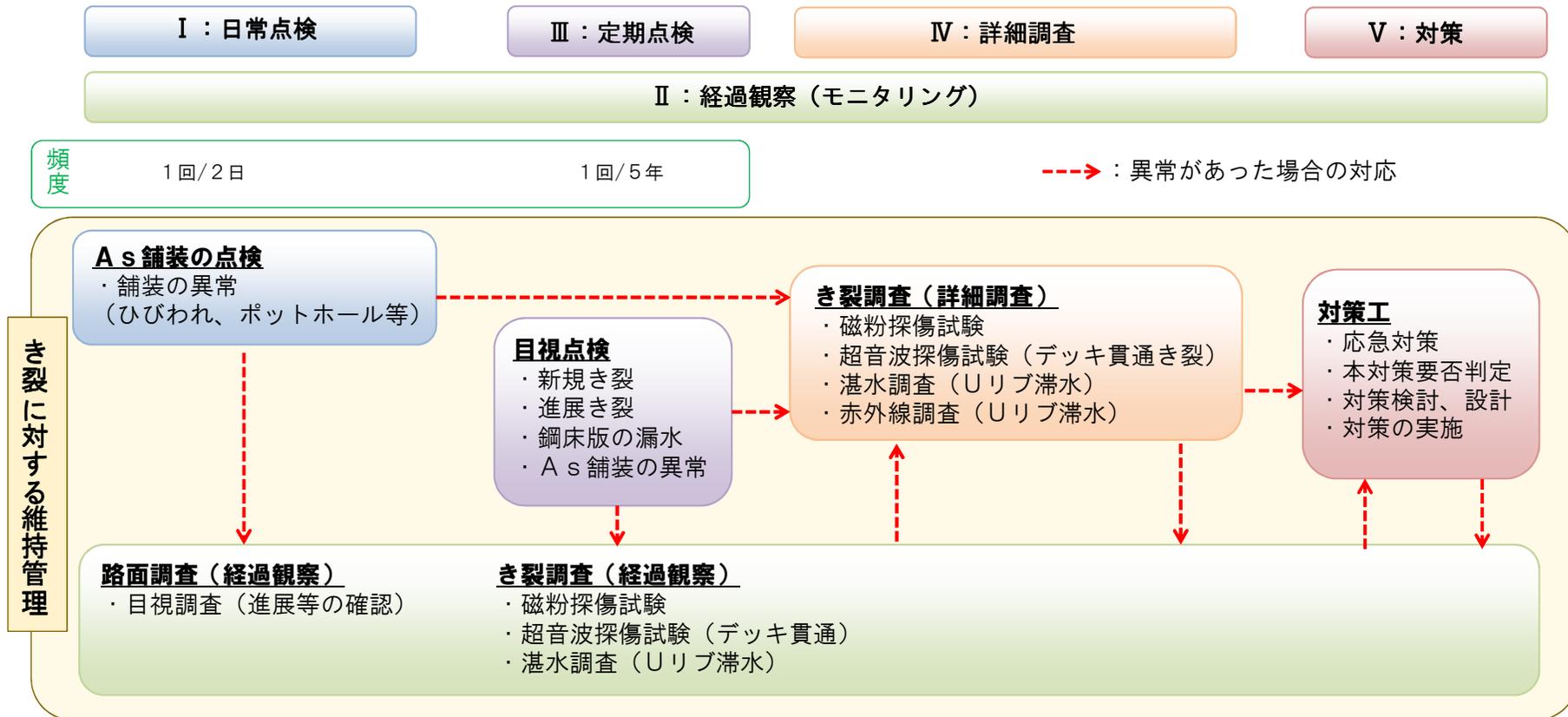


参考文献 1)鋼床版疲労損傷対策の技術資料,国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所,平成25年3月
2)鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究(その5)報告書,(独)土木研究所・川田工業株,平成22年1月

6. 維持管理計画

(1) SFRC舗装を施工するまで

- ・SFRC舗装を施工するまでき裂に対する安全性を確保するために、日常点検・定期点検でき裂の状況を確認していく。
- ・異常がみられる際には、詳細調査・経過観察を行い、必要に応じて対策を行っていく。
- ・対策後は、モニタリング等により、経過観察していく。



(2)SFRC舗装を施工した後

- ・下記の頻度で日常点検・経過観察・定期点検を実施していく。
- ・異常がみられる際には、必要に応じて詳細調査・対策を行っていく。

I：日常点検

II：経過観察
(モニタリング)

III：定期点検

IV：詳細調査

V：対策

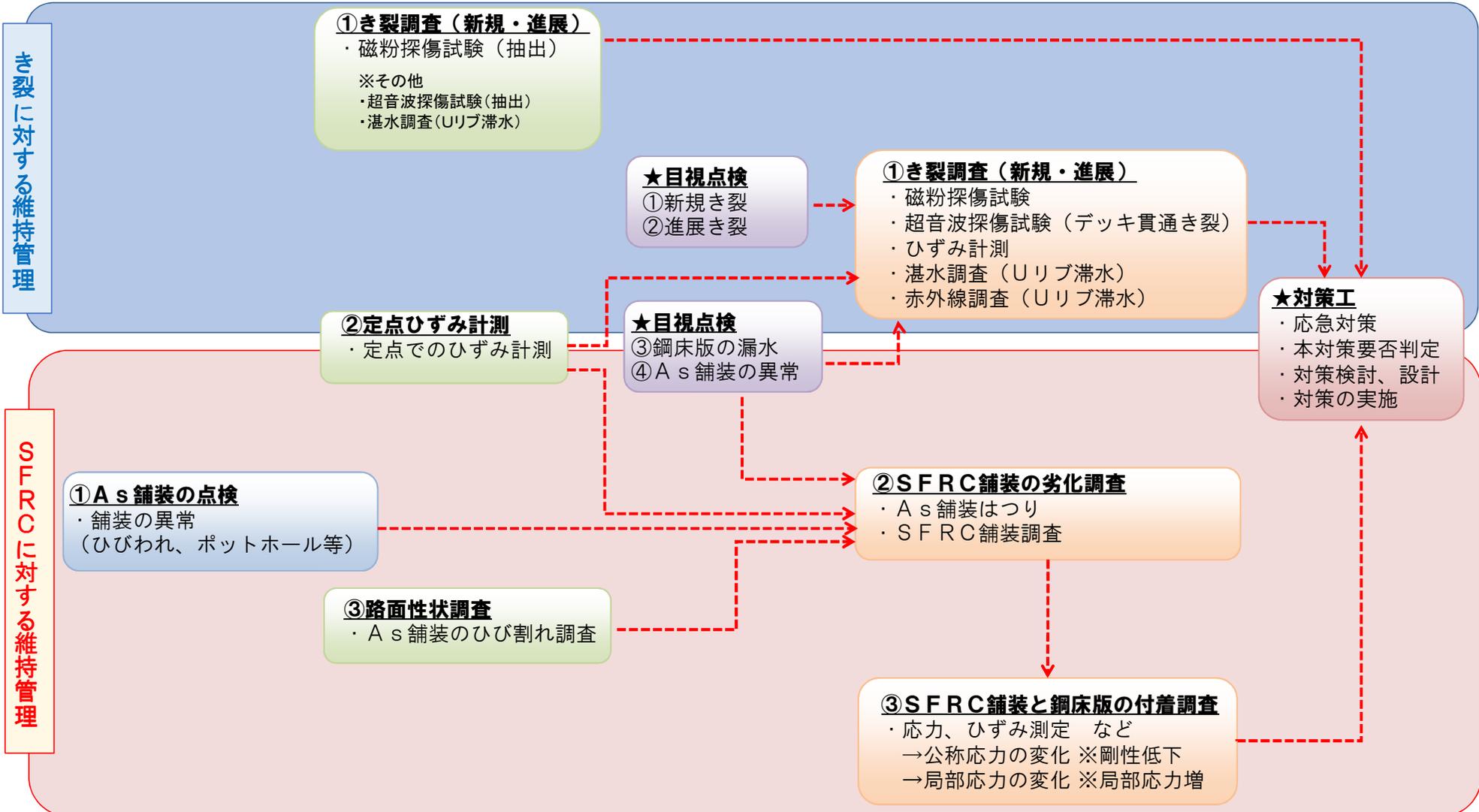
頻度

1回/2日

1～2年目：毎年
3年目以降：1回/2～3年
※定期点検時+定期点検の中間年

1回/5年

----->：異常があった場合の対応



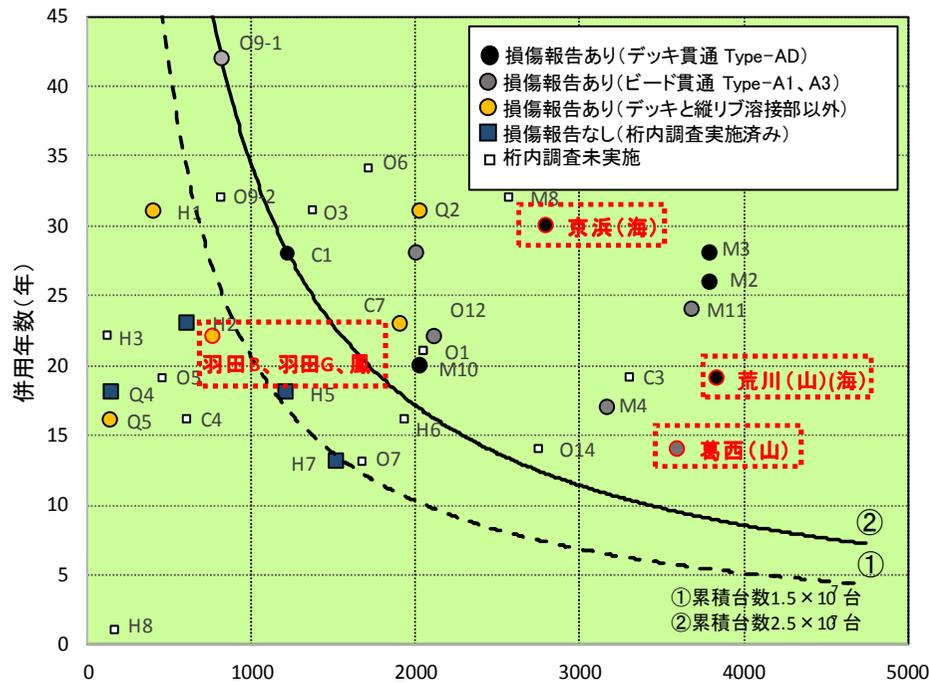
(3) 対策優先順位

下記の条件に該当する橋梁を優先的に対策を講じていく。

【対策優先順位が高い橋梁の条件】

- ・現時点での推定き裂発生数が多い橋梁
- ・路面陥没が発生する可能性があるType-Aき裂が多く発生している橋梁
- ・今後もき裂の進展や新規き裂が発生する可能性が高い大型車交通量が多い橋梁

※上記の選別条件で優劣が付かないものについては、デッキ板厚が12mmの橋梁から対策を実施していく。



大型車交通量(台/12h/車線)
 全国の鋼床版橋梁のき裂発生と交通量、供用年数の関係図
 (出典:国総研資料第471号を一部加工)

(4) 今後の課題・継続検討事項

- ・下記の表に示す課題について、専門機関にて継続検討していく。
- ・モニタリングしていく中で検証・改善していくとともに、健全度評価手法や補修方法の改善にフィードバックしていく。

区分	課題・継続検討事項
モニタリング	・モニタリングの実施によるデータ蓄積 ・モニタリング方法の検証
	・SFRC舗装の損傷過程をモニタリングできる手法
健全度評価	・SFRC舗装の健全性評価手法
	・SFRC舗装の補修時期を決定する手法
補修方法	・アスファルト舗装とSFRC舗装の損傷・鋼床版のき裂との相関
	・補修方法の検証 ・異常が生じた場合の対応方法
鋼床版き裂の発生メカニズム	・き裂の発生メカニズムの究明