

大切な道路橋を長持ちさせるために
—劣化損傷の実態とその対策技術の開発—

最近の道路橋の劣化損傷の特徴と 対策技術の開発状況について

構造物研究グループ長

福井 次郎

講演の内容

1. はじめに
2. 最近の損傷の特徴
3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況
4. まとめ

維持管理に関する重点プロジェクト研究

第一期（2001－2005）

- ・ 社会資本ストックの健全度評価・補修技術に関する研究

鋼橋：2

コンクリート橋：1

基礎：1

舗装：1

トンネル：1

アースアンカー：1

第二期（2006－2010）

- ・ 道路構造物の維持管理技術の高度化に関する研究

鋼橋：2

コンクリート橋：2

舗装：2

トンネル：1

擁壁：1

道路構造物の維持管理技術の高度化に関する研究

【研究の背景】

- 目視を中心とする調査・点検では、損傷の有無を十分に把握できない。
- 点検・管理データベースが未整備のため、点検結果から健全度の評価、補修・補強の優先度を判断する効果的なストックマネジメントができない。
- 損傷の種類、程度に応じた効果的な補修・補強法が開発されていない。

【開発する技術の具体的内容】

- 調査・点検技術の高度化
- 診断技術の高度化
- 補修・補強技術の高度化

調査・点検技術の高度化

IT技術等を活用し、目視できない損傷、変状を調査、モニタリングする技術の開発

- (例) 既設鋼橋の内部亀裂検査手法
- コンクリート橋の内部鉄筋の腐食検査手法
- 水中構造物を非接触で点検する技術

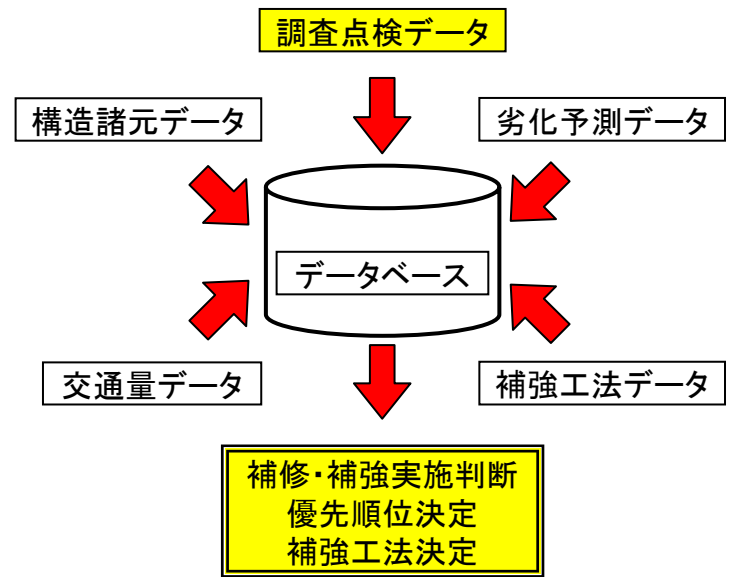
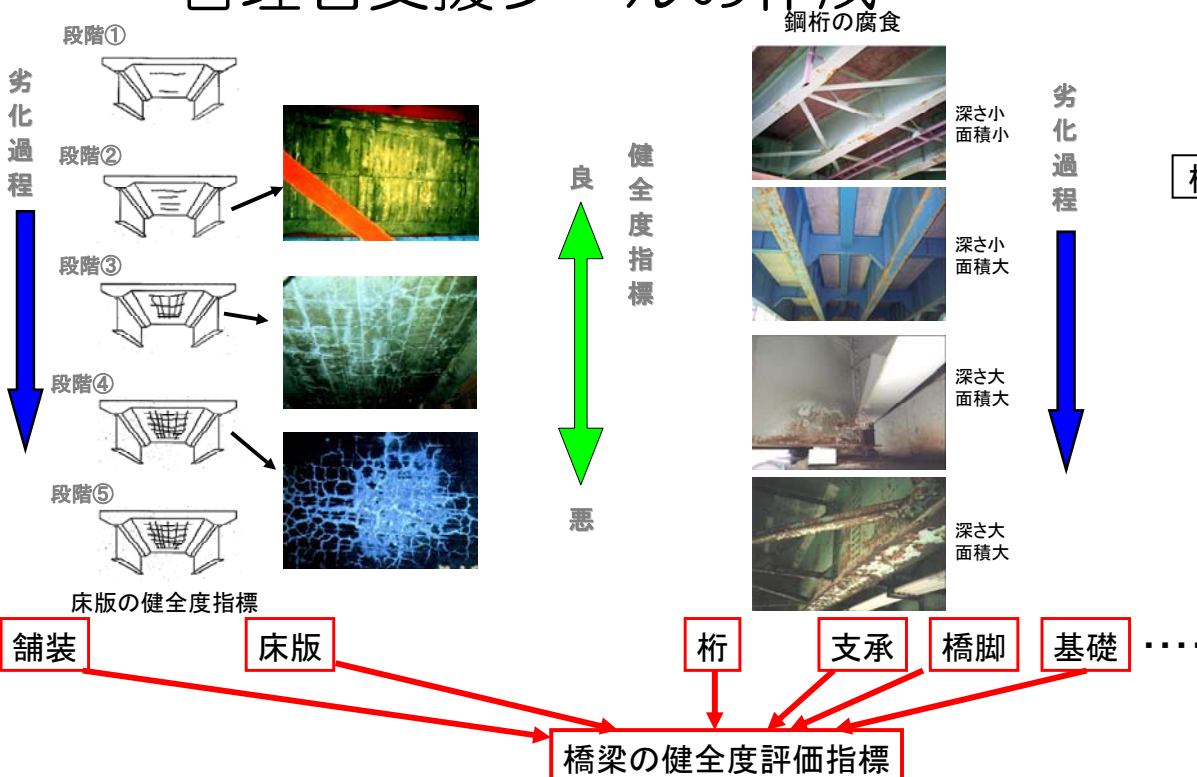


1. はじめに

診断技術の高度化

調査・点検データに基づく科学的な診断技術、将来予測に基づく合理的マネジメントの開発

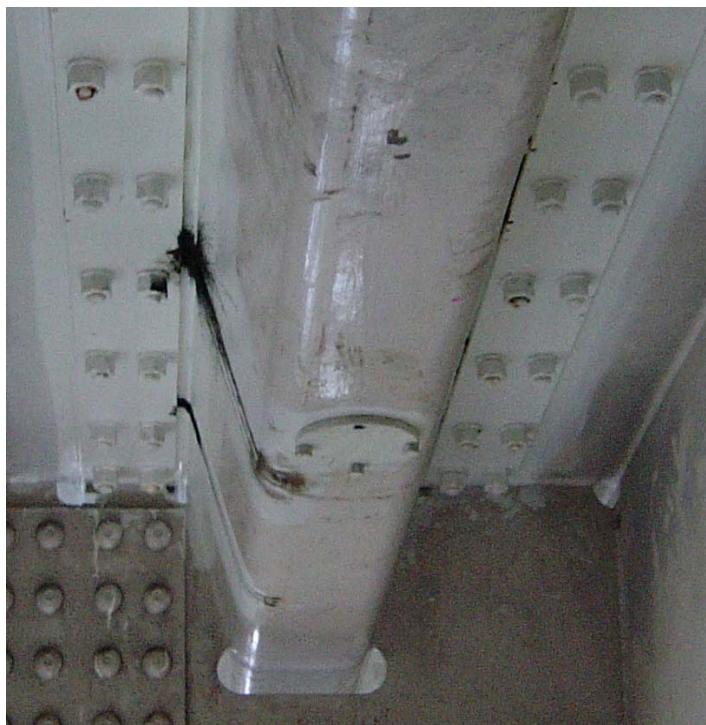
(例) 健全度評価技術
将来の損傷・劣化予測技術
管理者支援ツールの作成



補修・補強技術の高度化

LCC低減可能な新技術、最適な補修・補強工法選定手法の開発

(例) 鋼床版疲労亀裂の補修・補強技術
コンクリート橋の塩害に対する補修対策



補修前



補修後

2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷

従来の劣化損傷の種類

部	位	主な劣化損傷
鋼	橋	腐食(錆)、疲労亀裂
コンクリート	橋	塩害、アルカリ骨材反応
RC	床版	疲労亀裂、鉄筋腐食(錆)
橋脚、橋台		塩害、アルカリ骨材反応
基	礎	洗掘、側方移動

2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：鋼橋の腐食（錆）



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：鋼橋の腐食（錆）



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：鋼橋の腐食（錆）



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：鋼橋の腐食（錆）



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：鋼橋の腐食（錆）



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：鋼橋の疲労亀裂



支承部の損傷事例

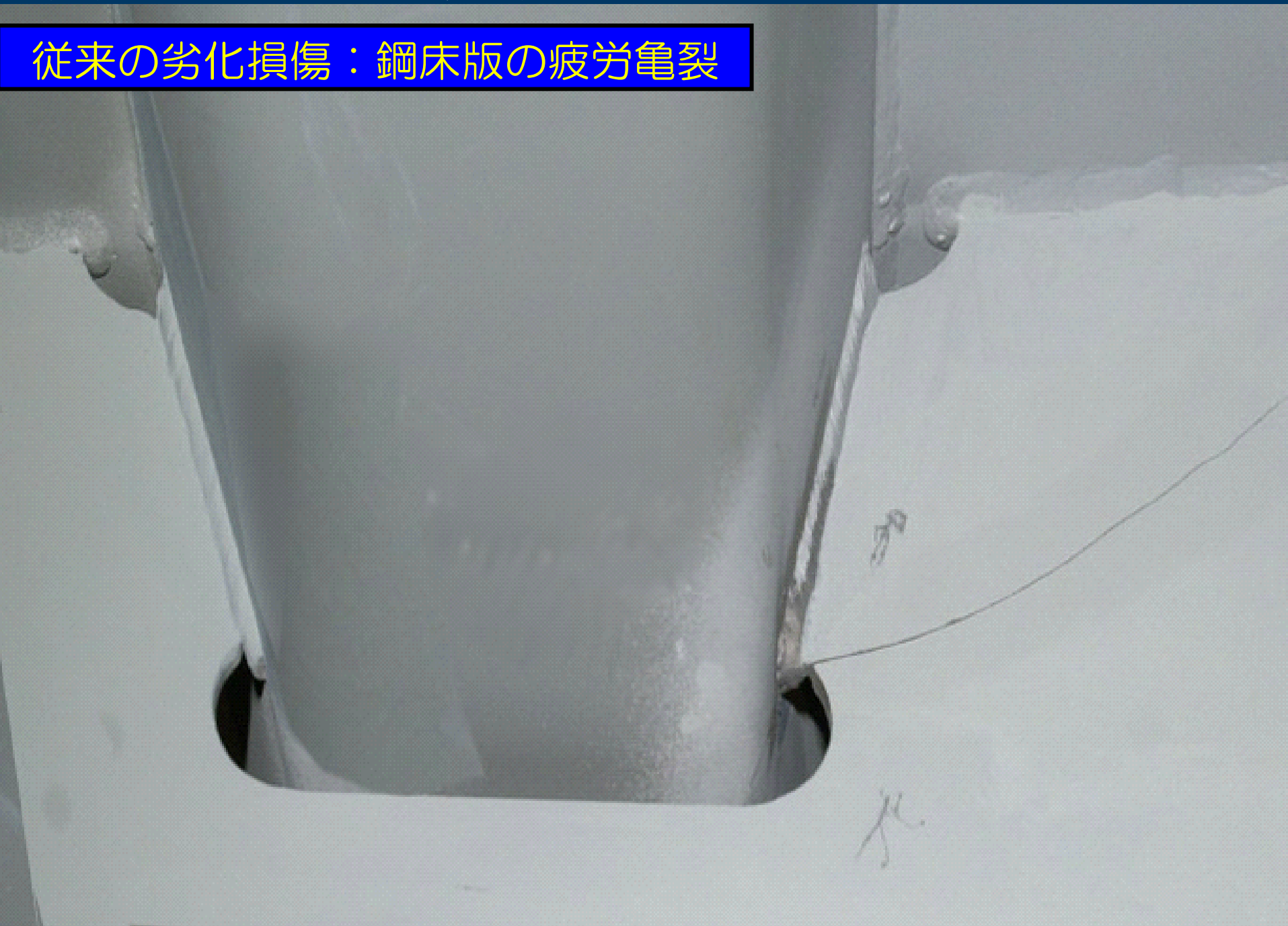
2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：鋼床版の疲労亀裂



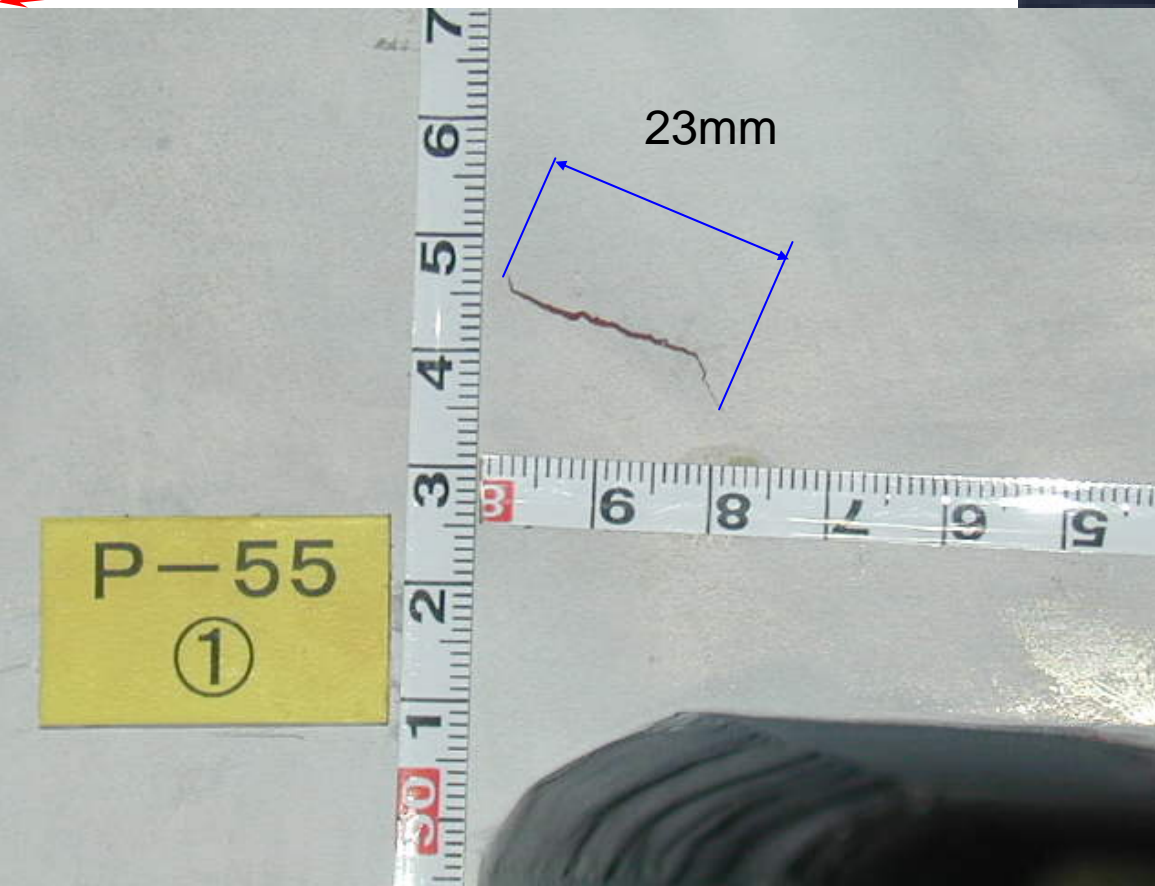
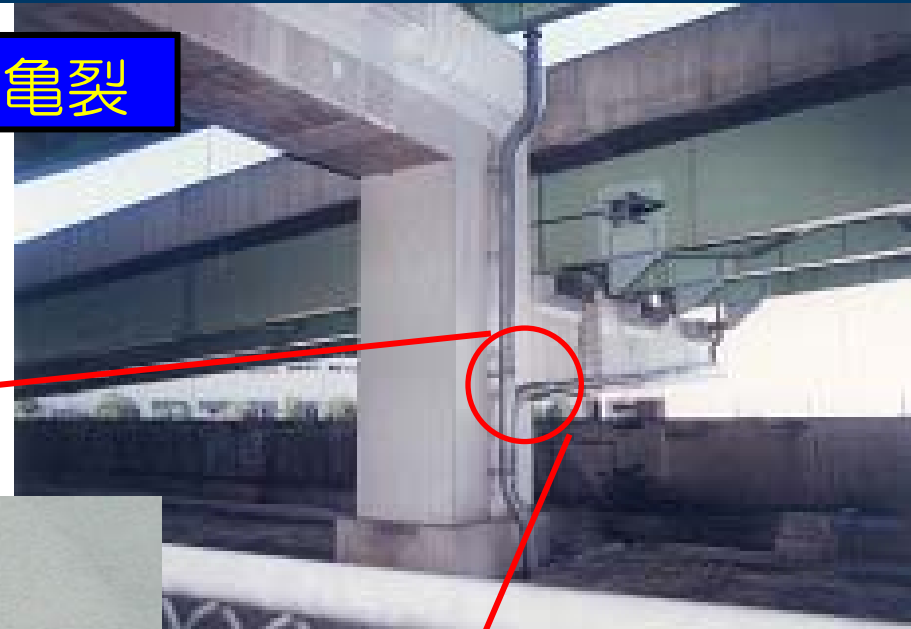
2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：鋼床版の疲労亀裂



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：鋼製橋脚の疲労亀裂



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：コンクリート橋の塩害



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：RC床版の疲労亀裂



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：橋台のアルカリ骨材反応



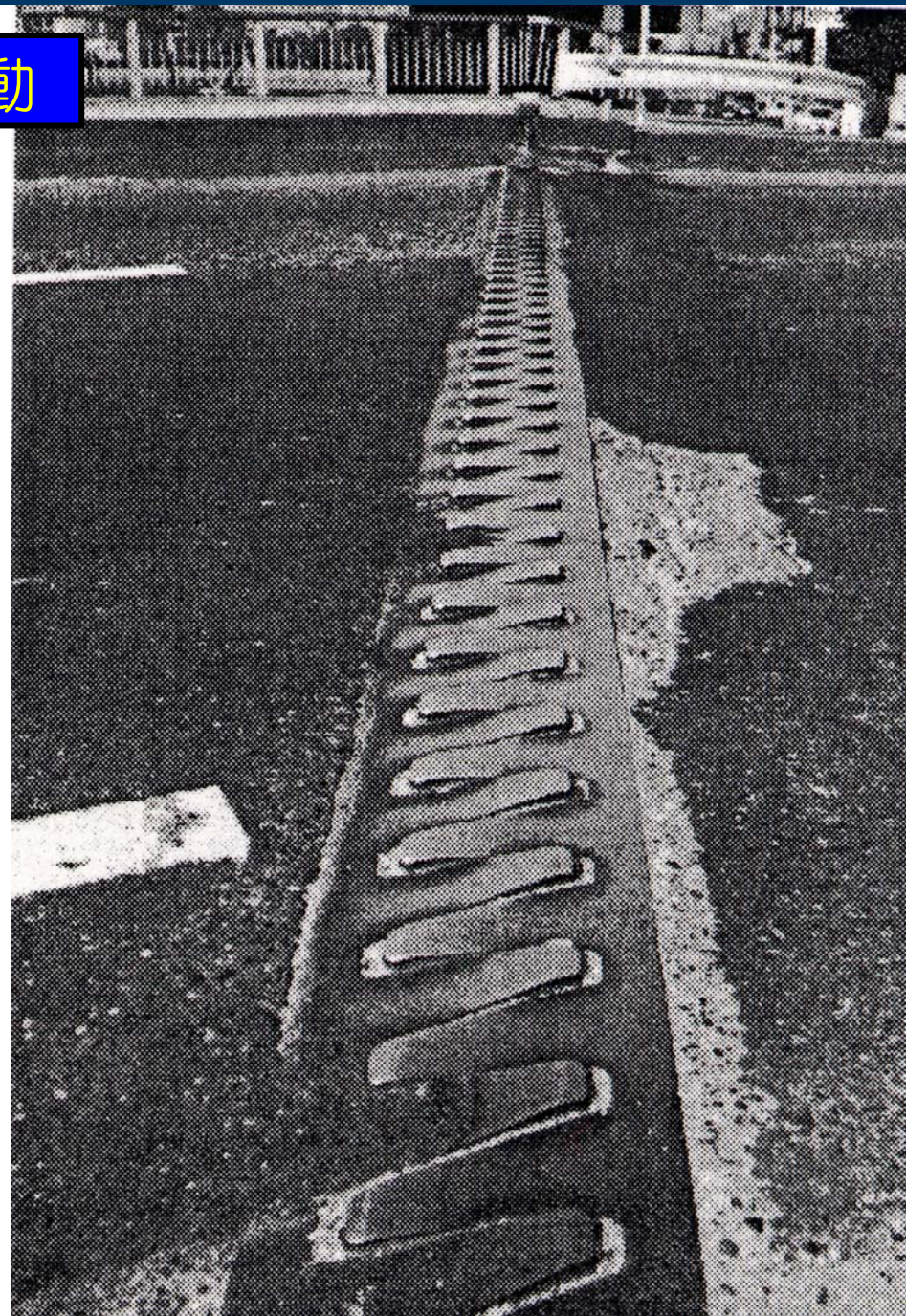
2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

従来の劣化損傷：基礎の洗掘



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

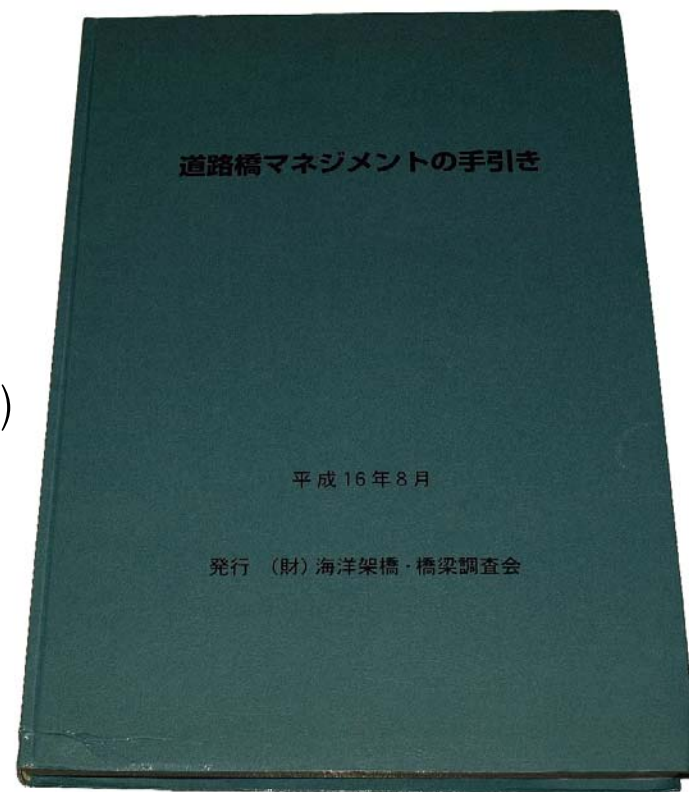
従来の劣化損傷：基礎の側方移動



劣化損傷に対する対策

道路橋マネジメントの手引き

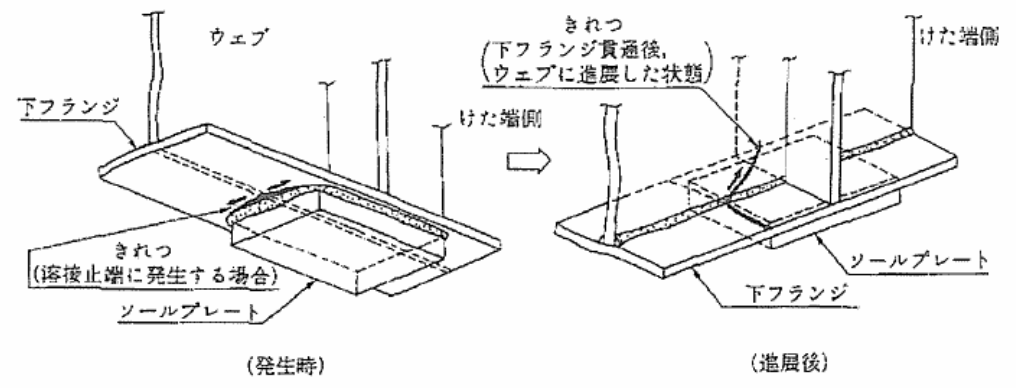
- I. 道路橋マネジメント入門
- II. 橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領（案）
- III. 橋梁点検要領（案）
- IV. 橋梁における第三者被害予防措置要領（案）
- V. コンクリートの塩害に関する特定点検要領(案)
- VI. 補修・補強工事調書の記入要領(案)



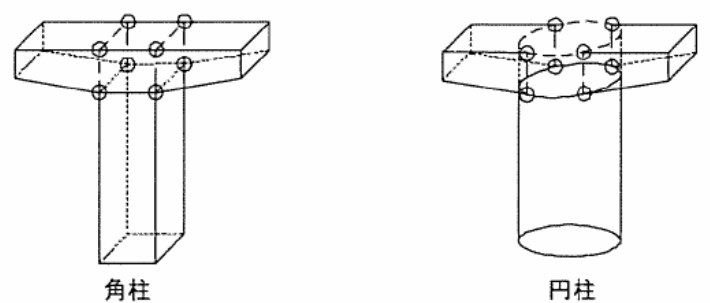
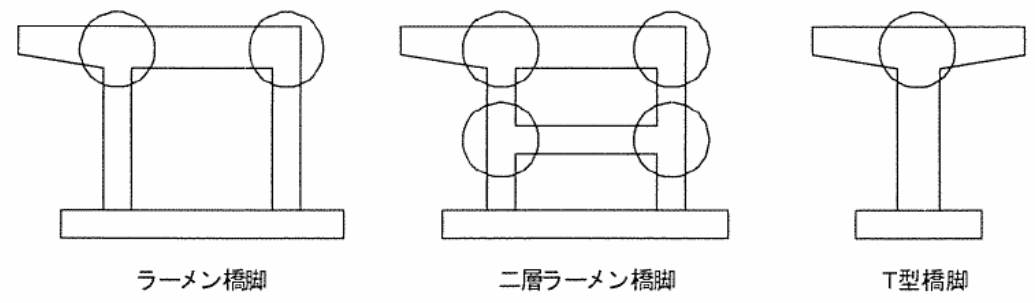
2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

損傷の着目箇所 (例)

ソールプレート前面溶接部






鋼製橋脚隅角部



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

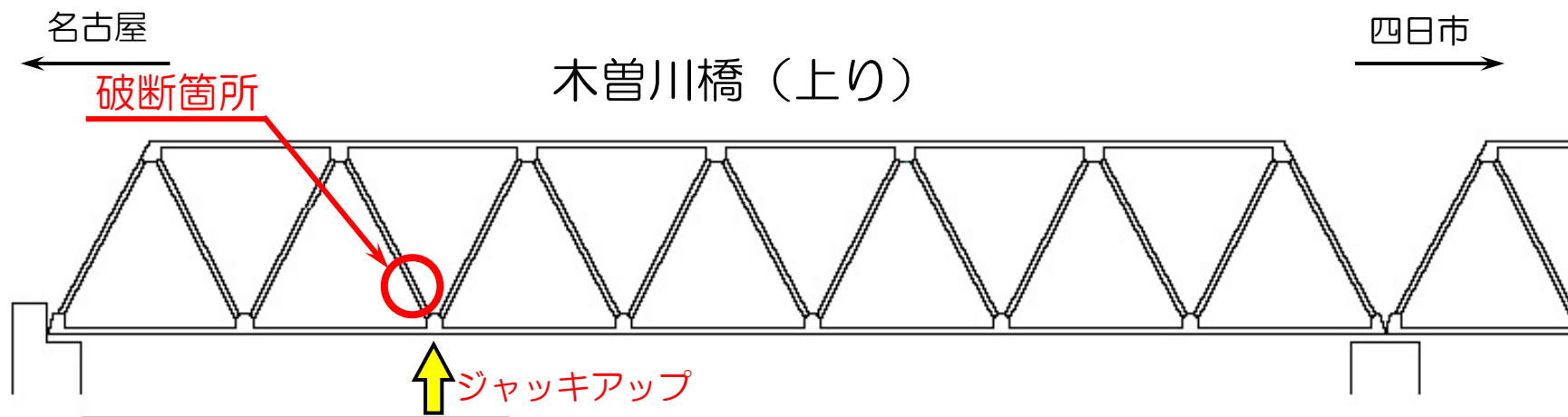
損傷程度の評価と記録 (例)

床版ひびわれ

区分	ひびわれ幅 に着目した程度	ひびわれ間隔 に着目した程度
a	[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)	
b	[ひびわれ間隔と性状] 1.0m~0.5m, 1方向が主で直交方向は従、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	
c	[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	
d	[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以上が目立ち部分的な角落ちもみられる	
e	[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以上がかなり目立ち連続的な角落ちが生じている	

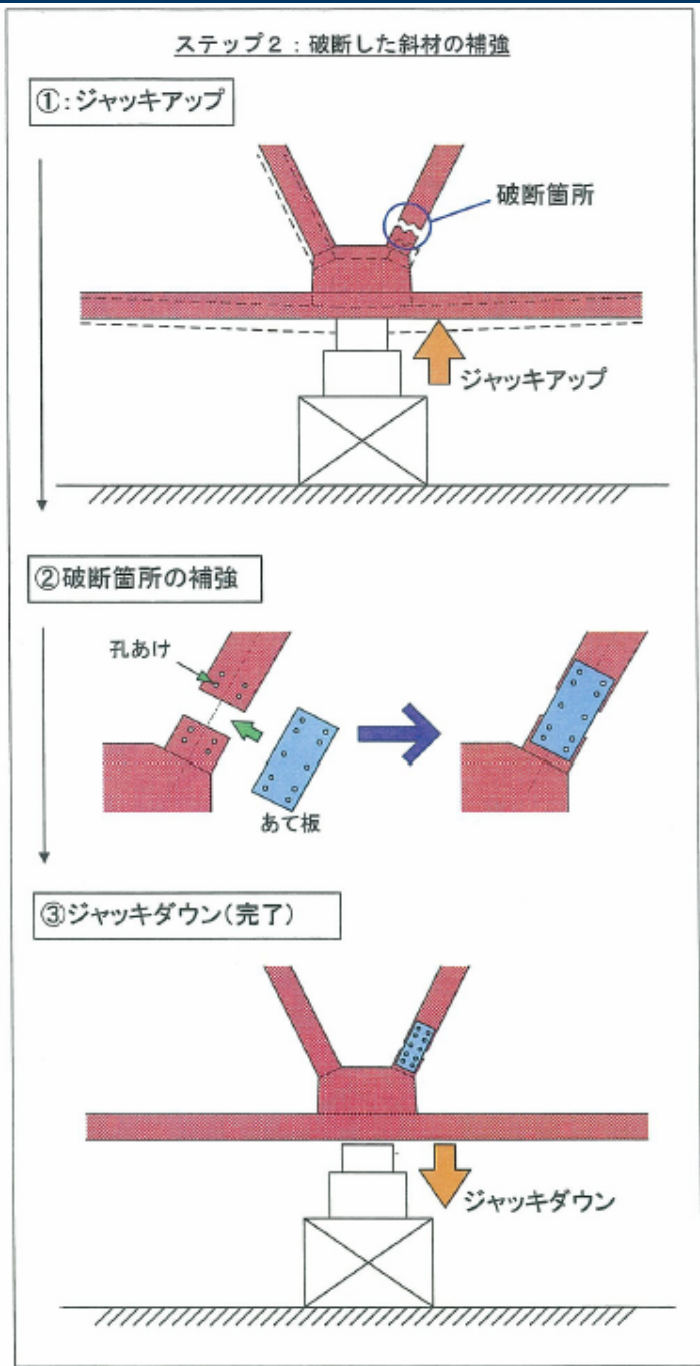
2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

トラス橋弦材の破断事故



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

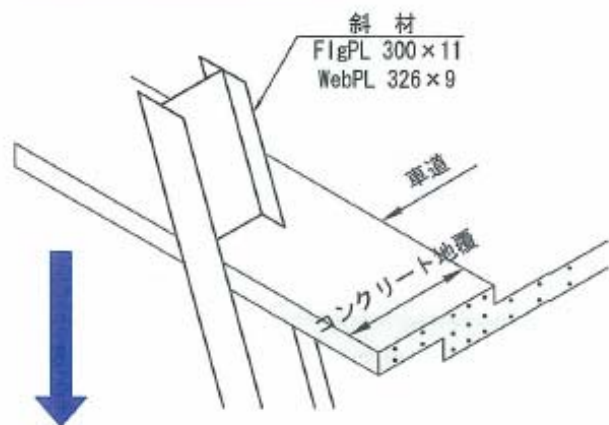
トラス橋弦材の破断事故



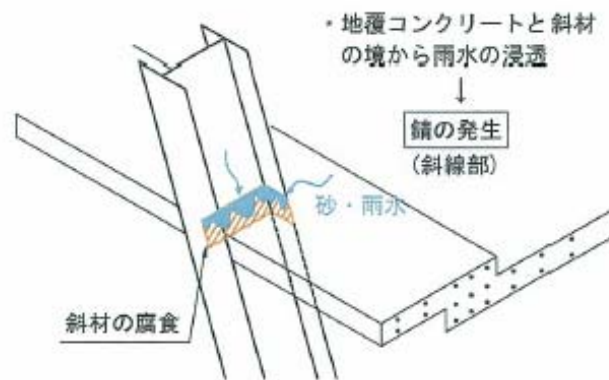
2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

弦材破断のメカニズム

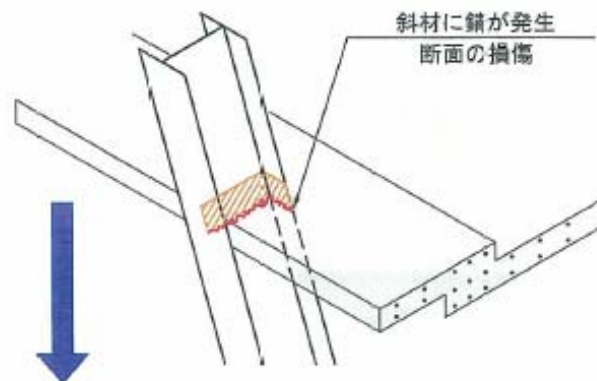
STEP1 (上下線開通時)



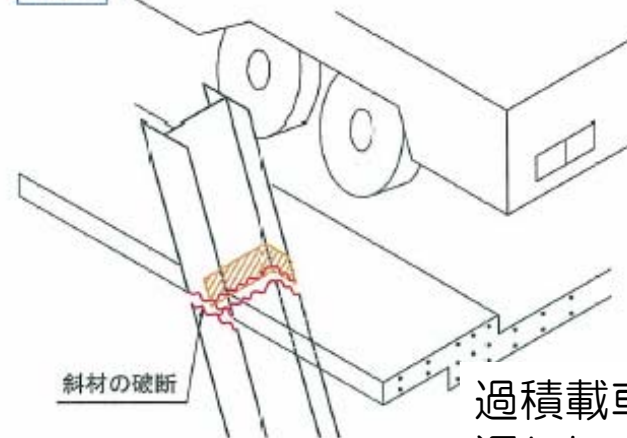
STEP2



STEP3



STEP4



過積載車両等の重交通の繰返しにより腐食した斜材が疲労損傷により破断。

2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

2.1 耐候性鋼材の腐食

箱桁下面の腐食



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

2.1 耐候性鋼材の腐食

桁外面の状況



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

2.1 耐候性鋼材の腐食

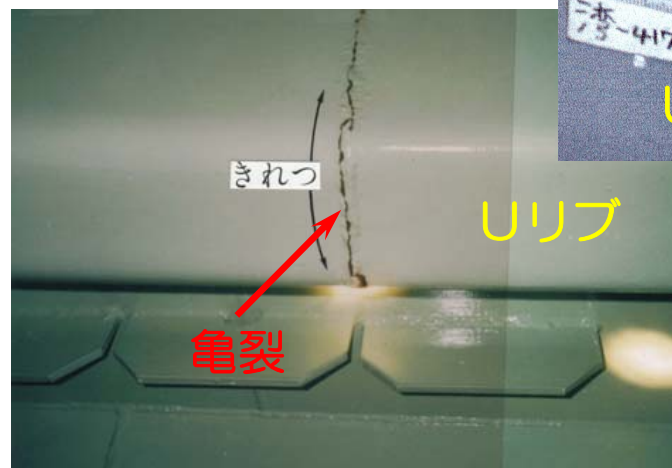
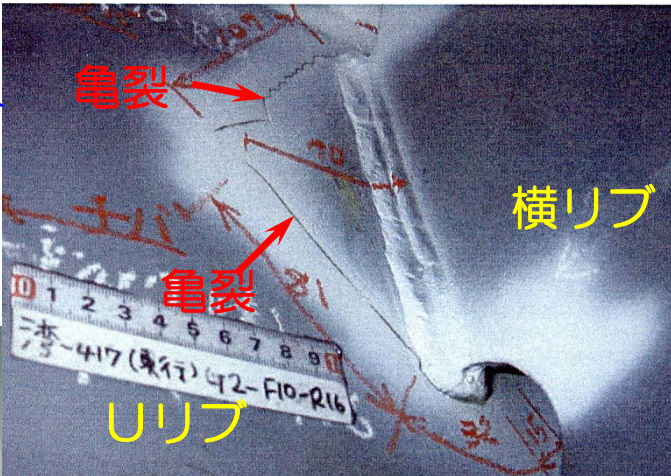
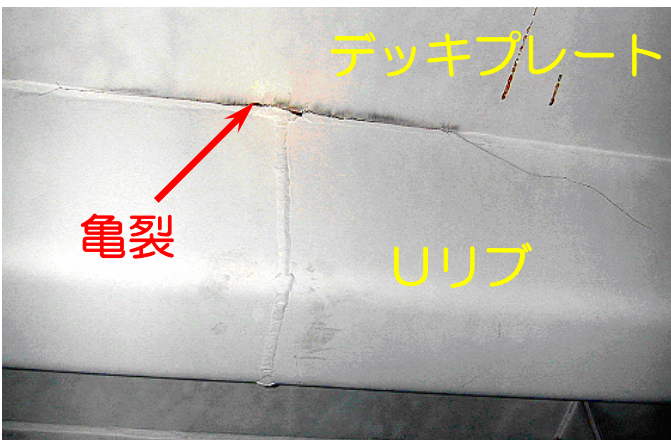
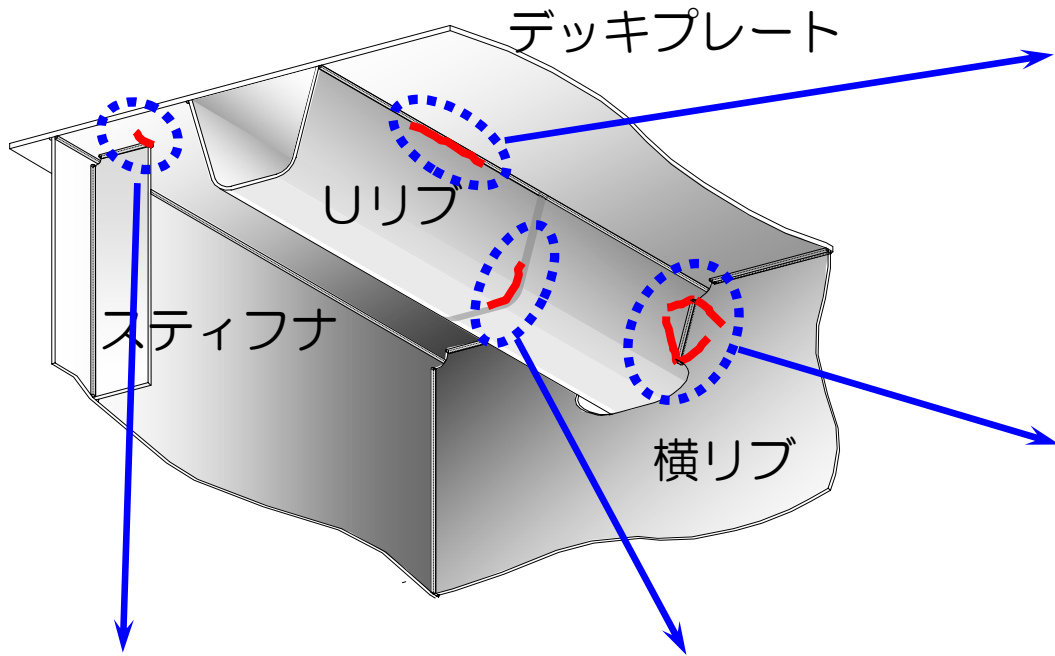
桁内面の状況



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

2.2 鋼床版デッキプレートの疲労亀裂

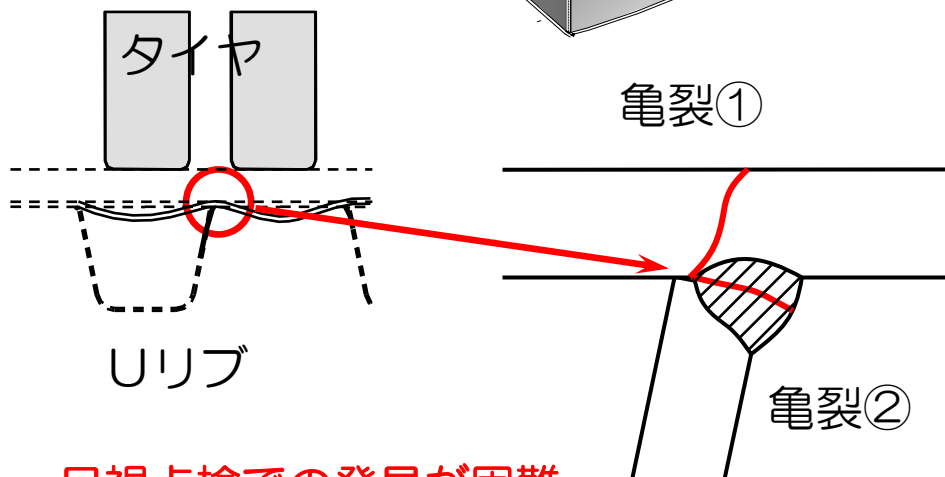
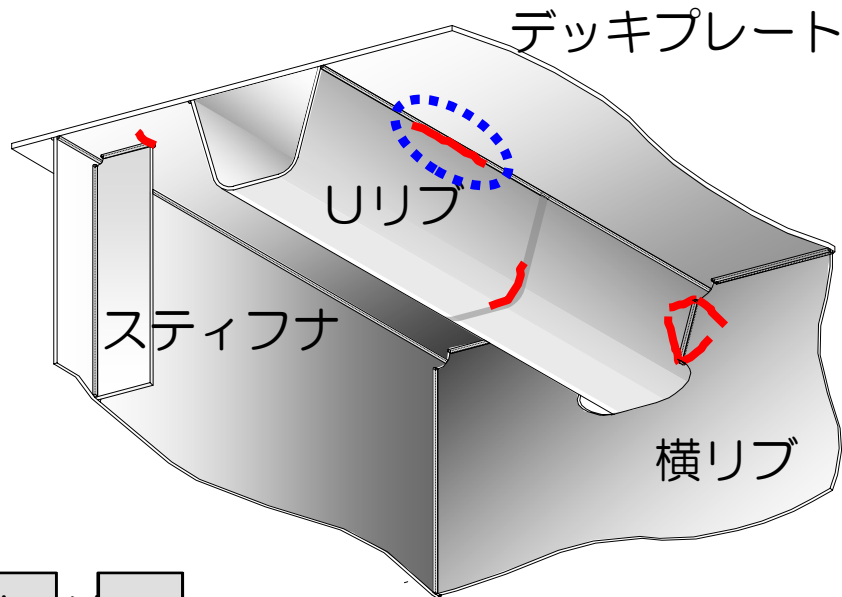
疲労亀裂の種類



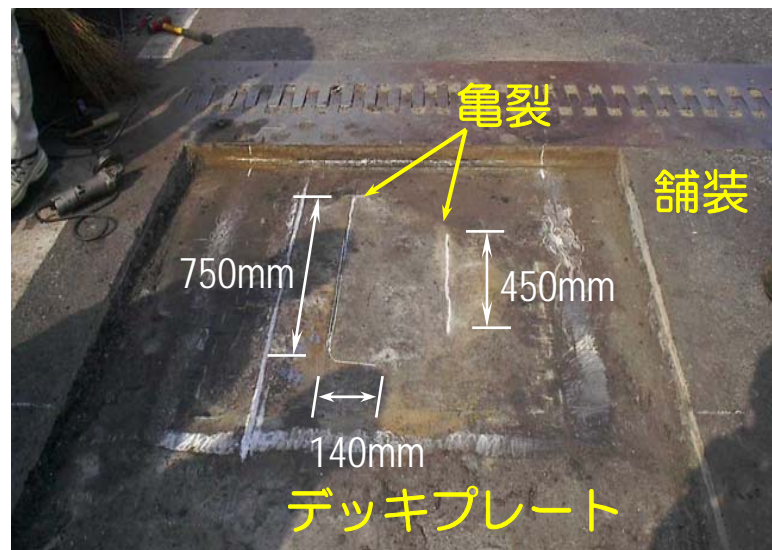
2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

2.2 鋼床版デッキプレートの疲労亀裂

デッキ方向貫通亀裂



目視点検での発見が困難。
亀裂①については、重要度・緊急性が高い。



デッキ方向貫通亀裂（亀裂①）

2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

2.3 フーチングのアルカリ骨材反応

フーチング上面



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

2.3 フーチングのアルカリ骨材反応

鉄筋の腐食状況



2. 最近の道路橋の劣化損傷の特徴

2.3 フーチングのアルカリ骨材反応

鉄筋の破断状況



3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.1 塩害対策技術

従来工法との比較

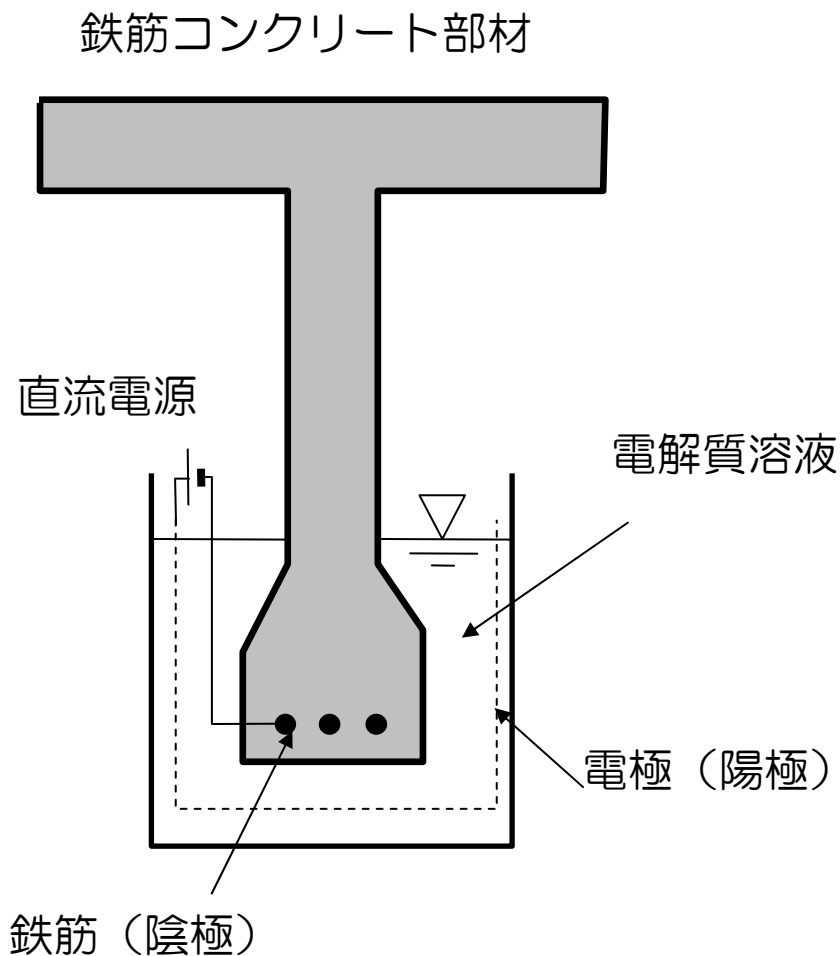
工法比較

工法	断面修復	電気防食	脱塩
目的	劣化コンクリート・塩分の除去	電氣的に腐食環境を制御	腐食原因である塩分除去
はつり	必要	不要	不要
適用後	経過観察	電位モニタリング	経過観察
問題点	塩分除去が十分でないとき再劣化 はつりによる部材損傷発生 修復後の耐荷性能評価	長期的モニタリング設備を要する。 陽極材の耐久性 (ASR要検討)	100%塩分除去は不可能 適否判定が不明確 通電期間の目安がない ASR要検討

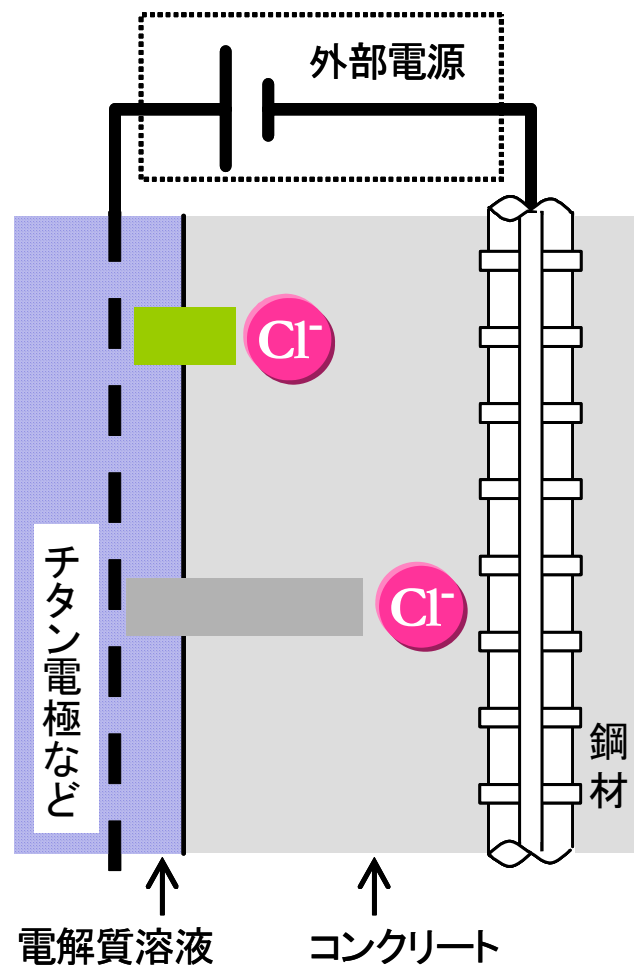
3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.1 塩害対策技術

脱塩工法の概要



脱塩工法模式図



脱塩のメカニズム

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.1 塩害対策技術

脱塩の実施状況の例

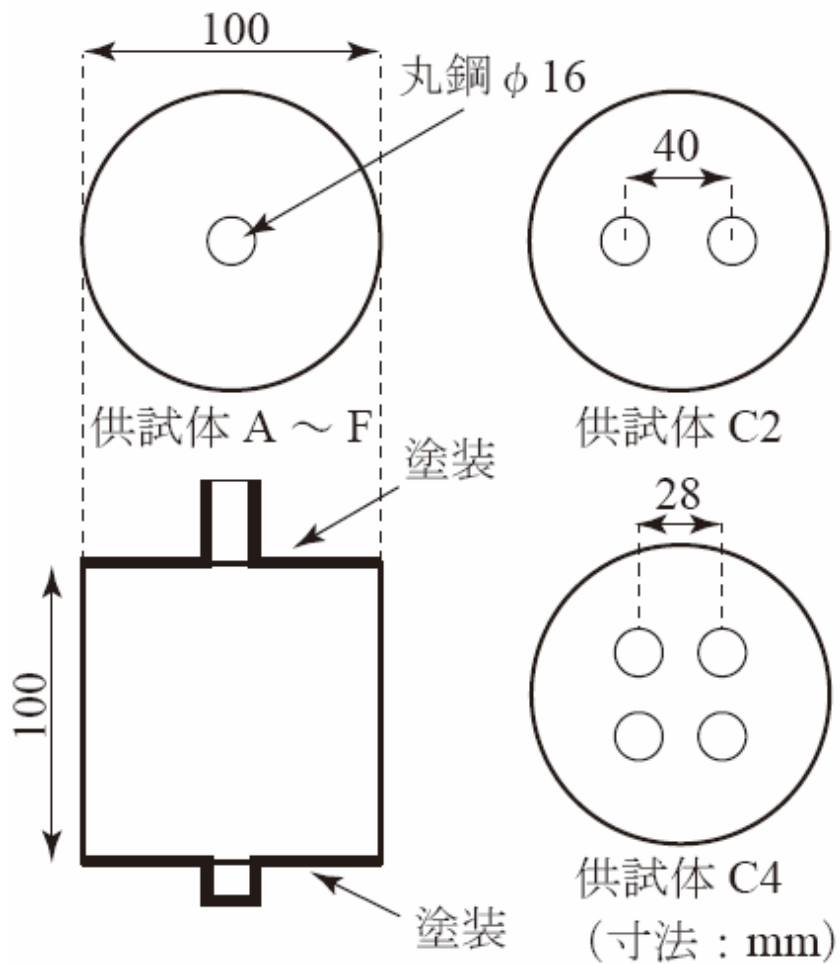
脱塩セット状況



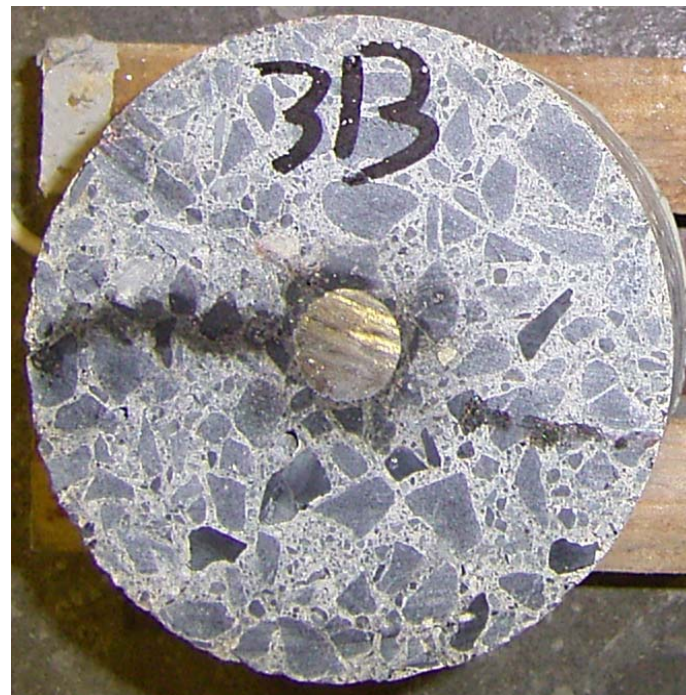
3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.1 塩害対策技術

円柱供試体を用いた脱塩効果に関する実験



円柱供試体諸元



円柱供試体外観

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.1 塩害対策技術

円柱供試体を用いた脱塩効果に関する実験

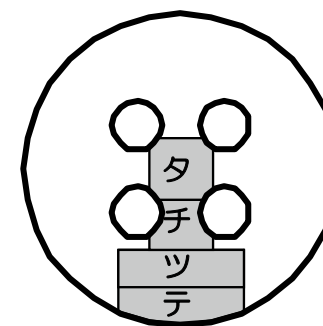
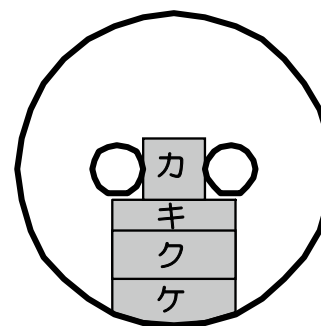
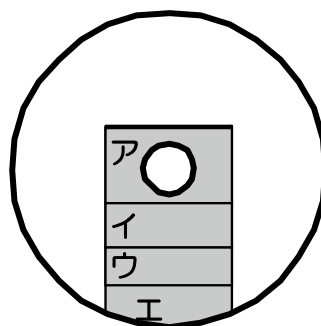
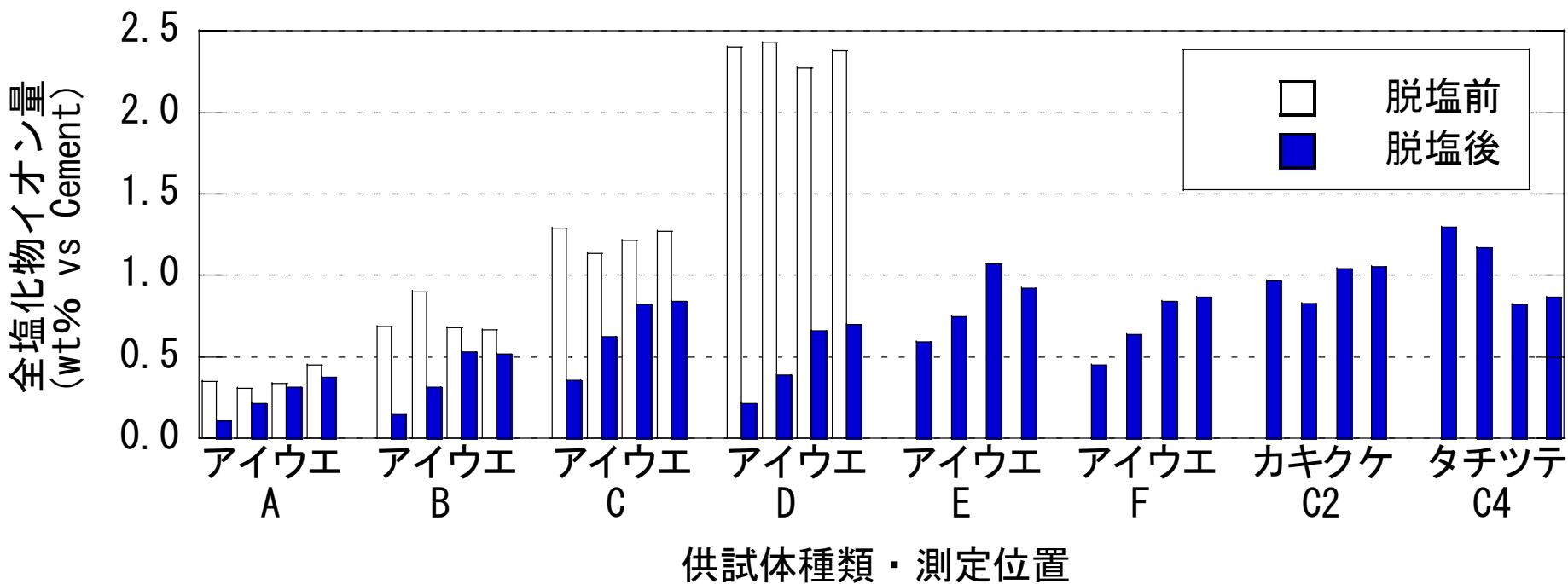
表-2 供試体の種類

供試体種類	鉄筋本数	塩化物イオン混入量	σ_{28} (N/mm ²)	通電条件	
				電流密度(A/m ²)	通電期間
A	1	0.4%	28.5	1	8週間
B		0.8%	29.3		
C		1.2%	24.9		
D		2.4%	23.2		
E		1.2%	24.9	0.5	4週間
F				1	
C2	2	1.2%	24.9		1
C4	4				

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.1 塩害対策技術

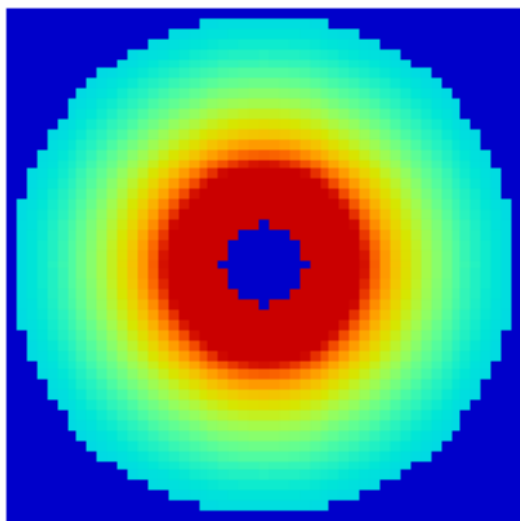
脱塩前後の全塩化物イオン量測定結果



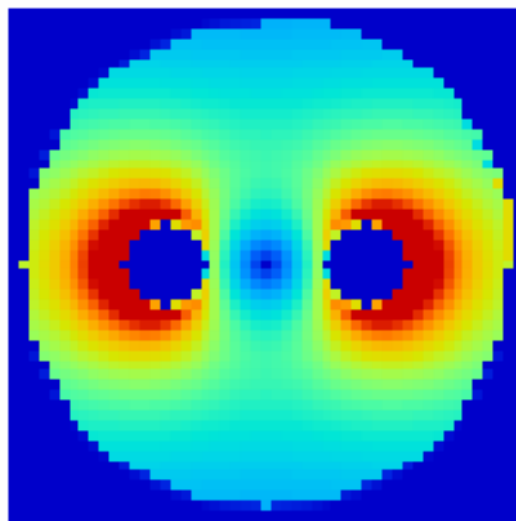
3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.1 塩害対策技術

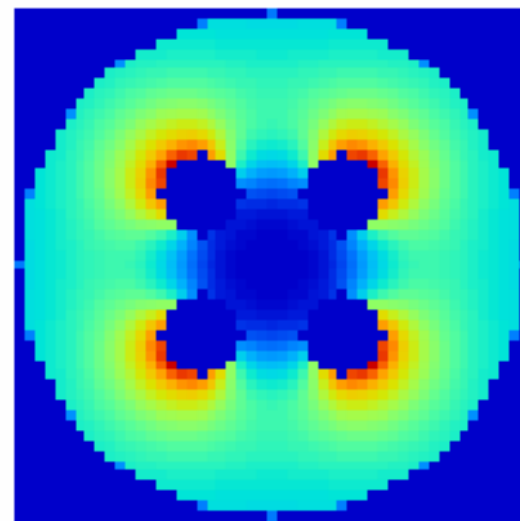
円柱供試体中の電流密度分布



鉄筋 1 本の場合



鉄筋 2 本の場合



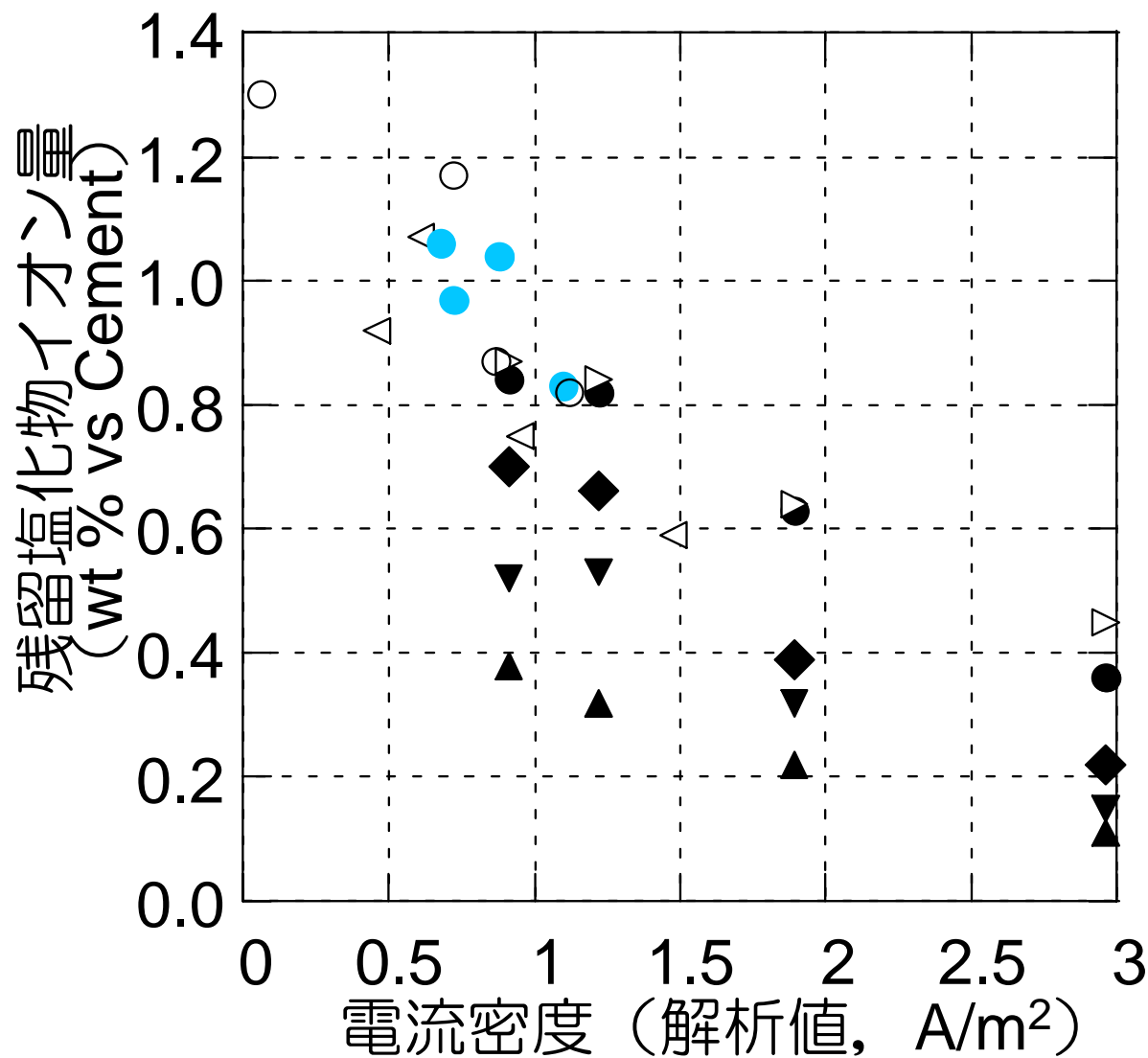
鉄筋 4 本の場合



3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.1 塩害対策技術

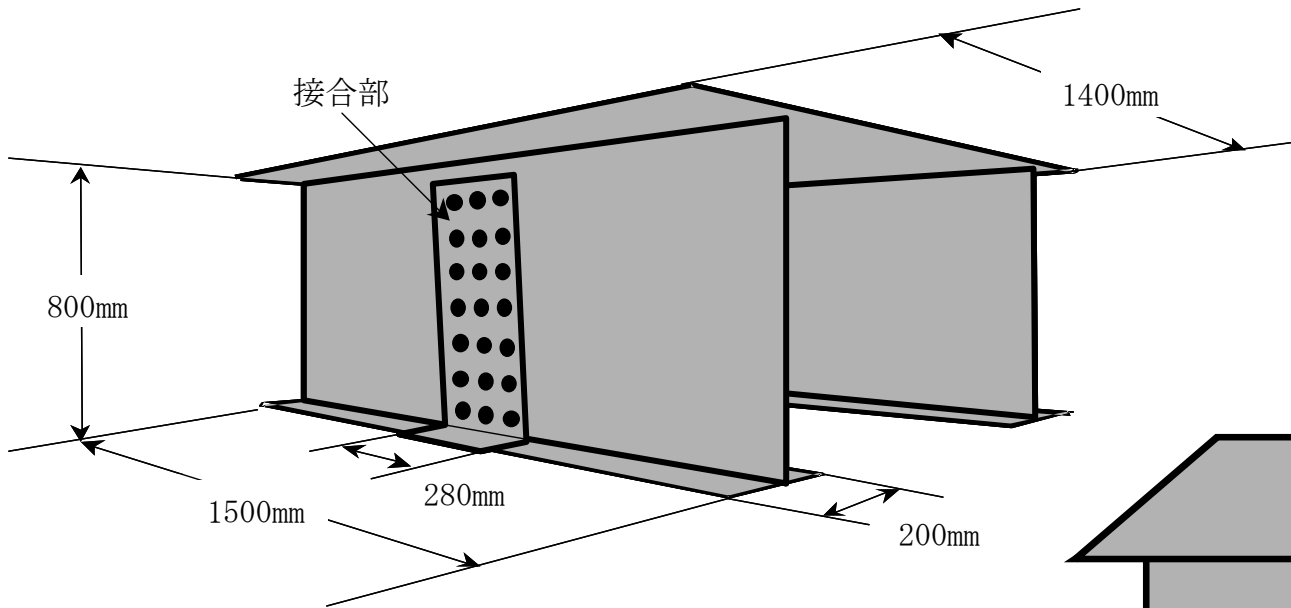
電流密度と残留塩化物イオン量の関係



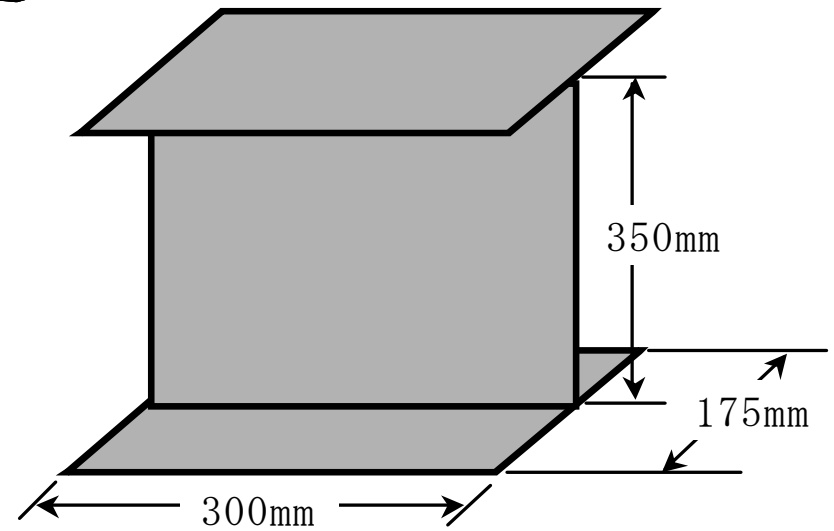
3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.2 耐候性鋼材の損傷に対する対策技術

塗装による補修の効果に関する暴露実験



橋梁模擬試験体

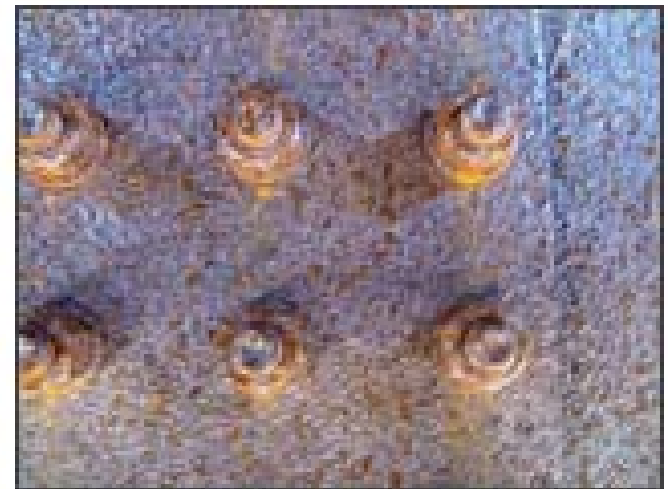
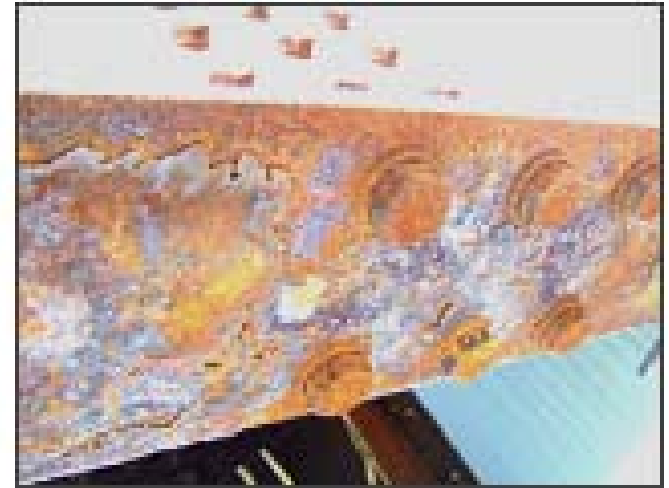


H形鋼試験体

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.2 耐候性鋼材の損傷に対する対策技術

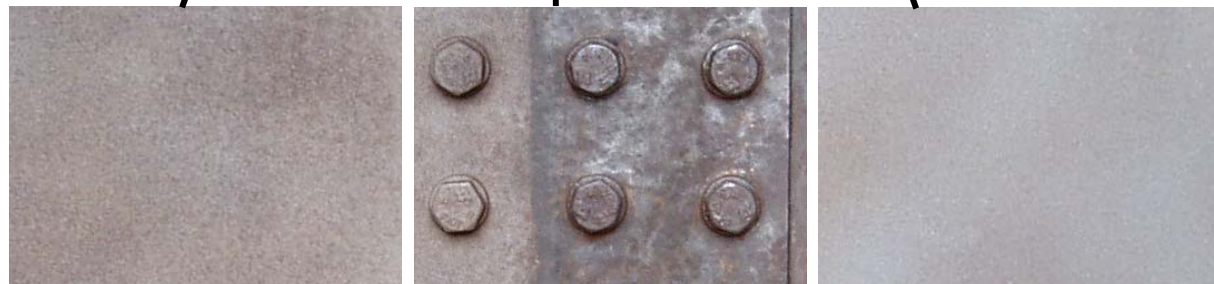
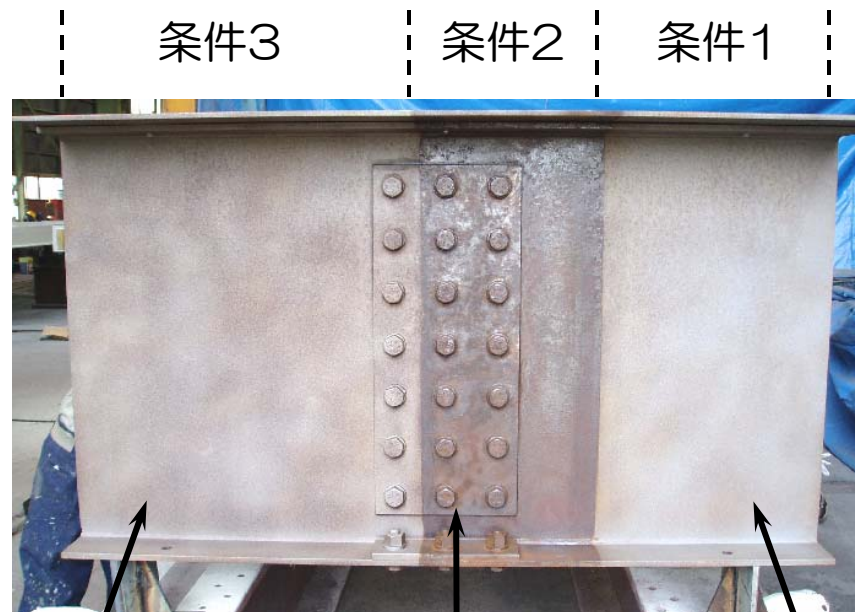
橋梁模擬試験体の錆の状況



3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.2 耐候性鋼材の損傷に対する対策技術

素地調整後の状態



素地調整条件

条件	処理方法	目標程度	到達程度
1	ブラスト 処 理	Sa2 1/2	Sa2
2	電気工具 処 理	St3	St3
3	ブラスト 処 理	Sa2	Sa1~2

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.2 耐候性鋼材の損傷に対する対策技術

暴露実験の状況

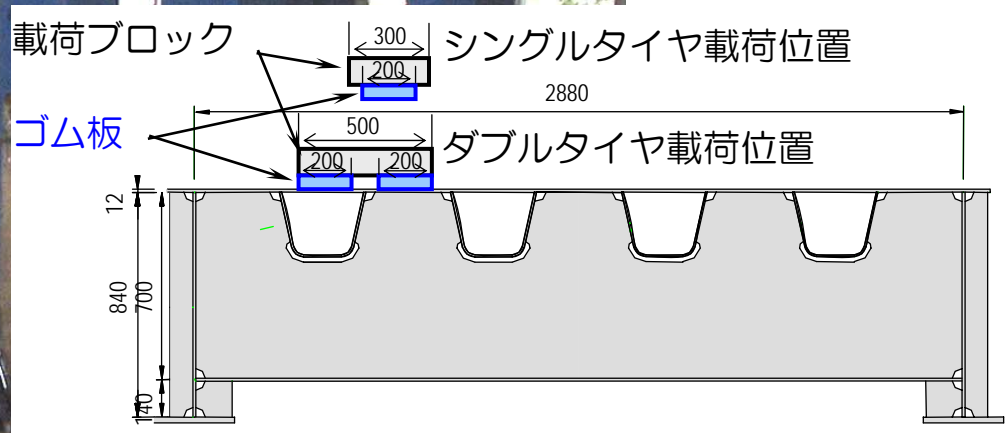
塗 装 工 程	塗 料 名	膜厚 (μm)
1層目	厚膜形有機ジンクリッチペイント	75
2層目	弱溶剤形厚膜形変形エポキシ樹脂塗料	120
3層目	弱溶剤形厚膜形ふっ素樹脂塗料	50



3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.3 鋼床版デッキプレートの対策技術

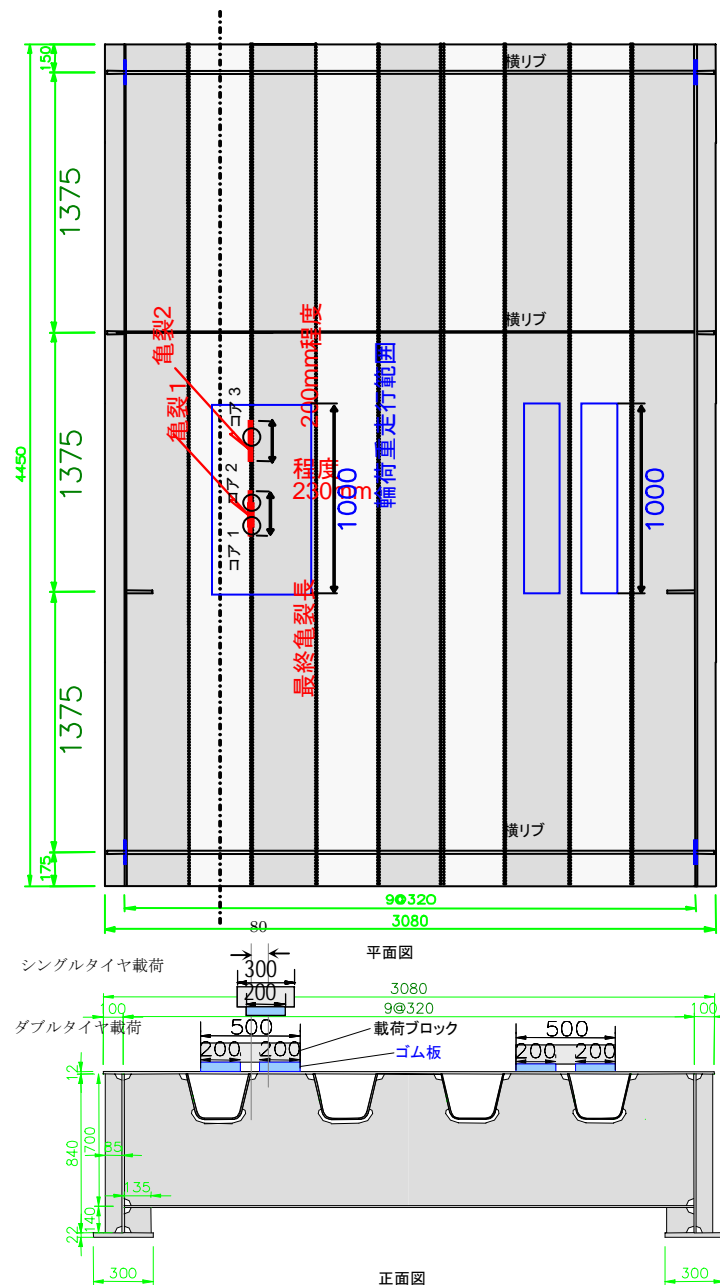
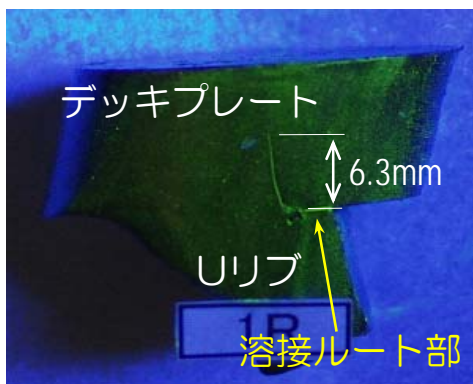
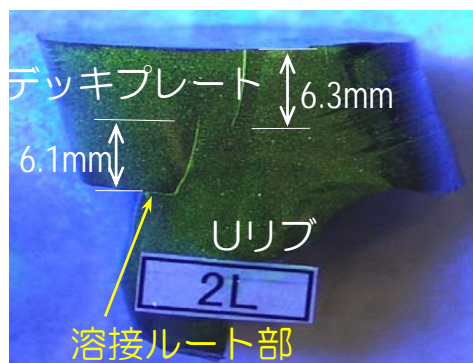
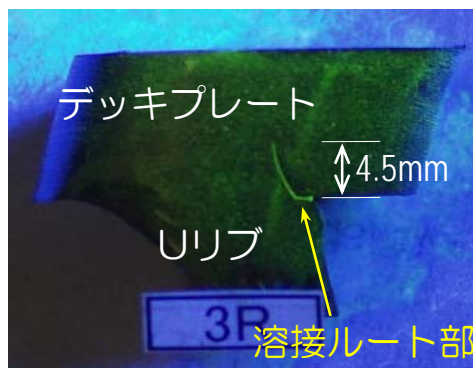
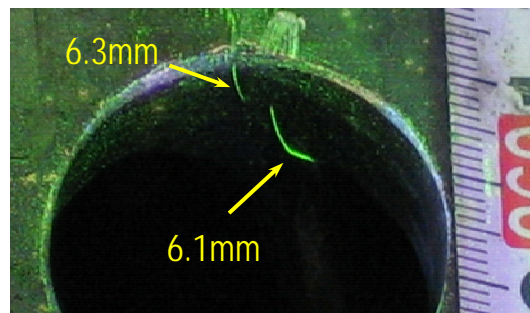
輪荷重走行試験



3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.3 鋼床版デッキプレート対策技術

亀裂の発生状況



3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.3 鋼床版デッキプレートの対策技術

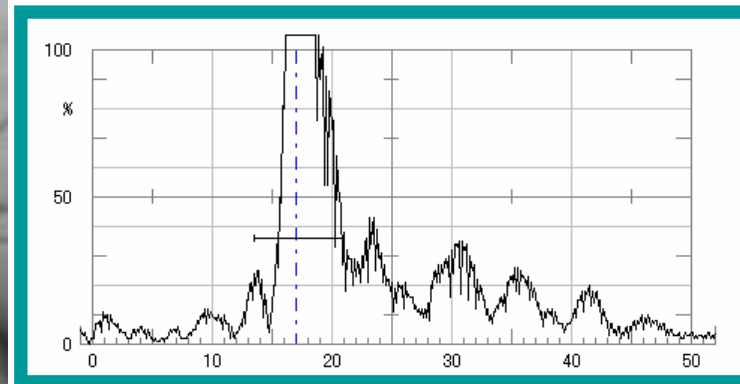
超音波探傷法



検査状況



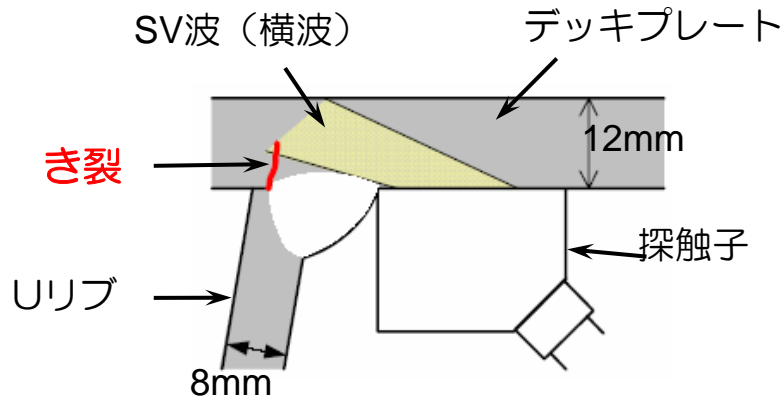
探触子



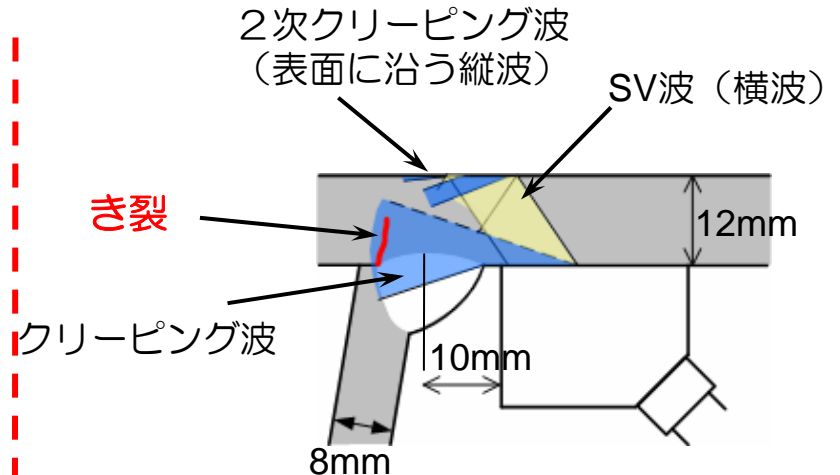
計測結果 (エコー高さ)

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況 3.3 鋼床版デッキプレート対策技術

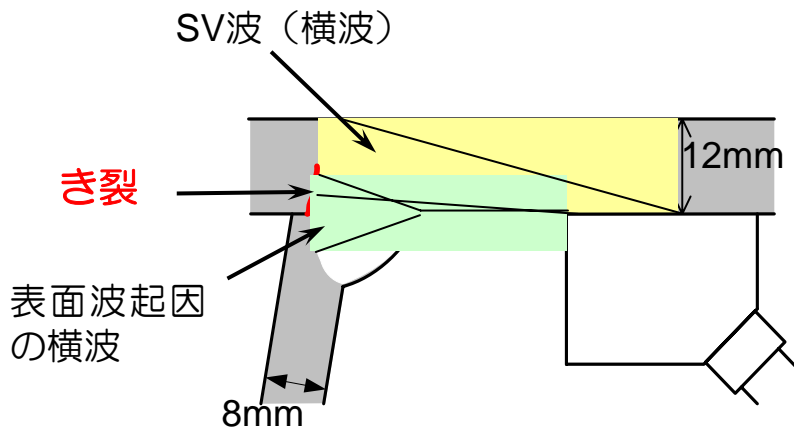
超音波探傷法の主な種類と概要



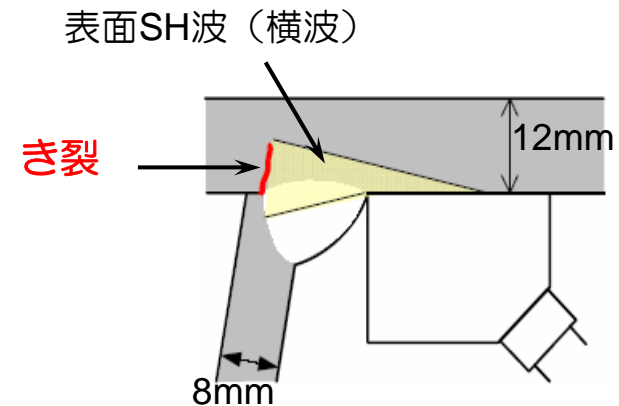
屈折波70度の斜角探触子



クリーピング波探触子



屈折波85度の斜角探触子

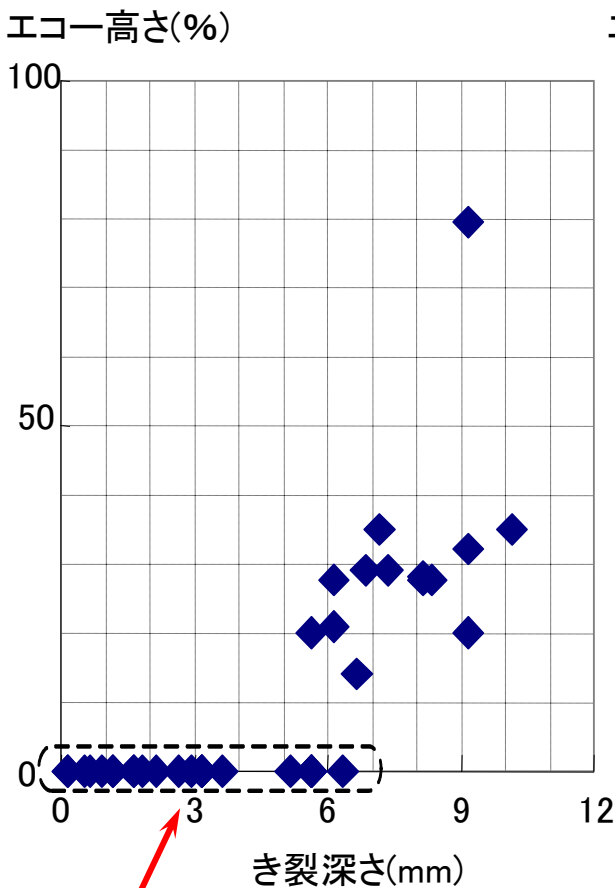


表面SH波探触子

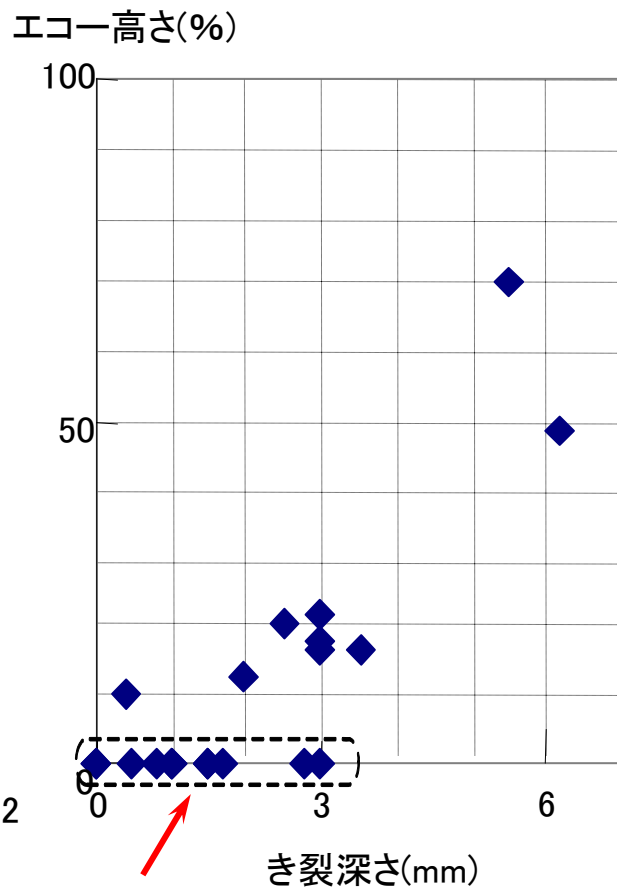
3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.3 鋼床版デッキプレートの対策技術

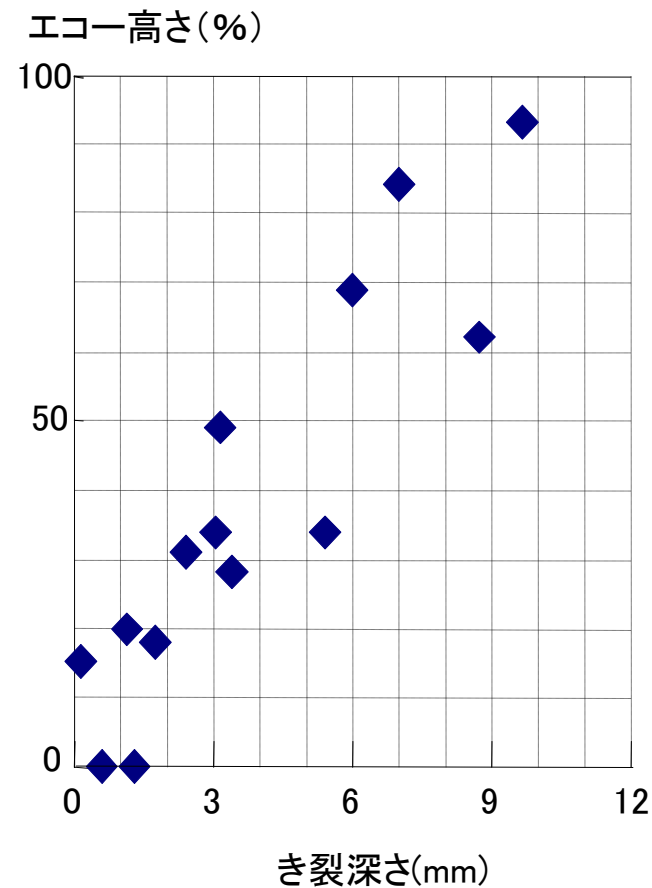
模擬試験体による超音波探傷試験結果



70度斜角法



85度斜角法

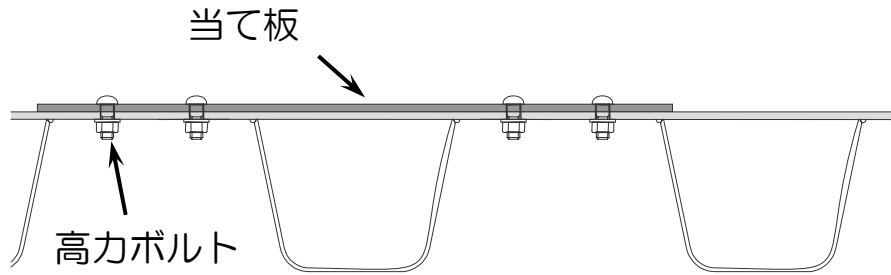


クリーピング波法

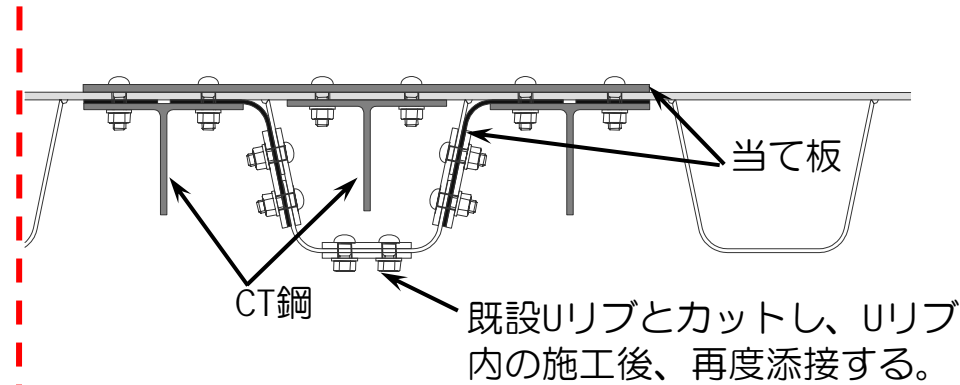
3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.3 鋼床版デッキプレートの対策技術

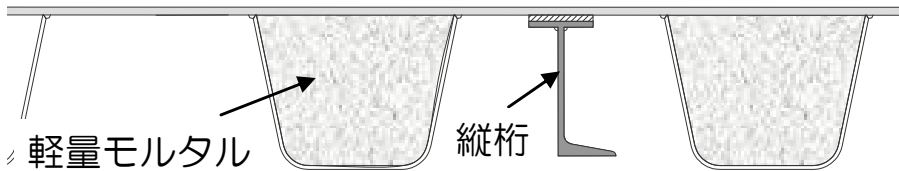
検討中の補修・補強技術



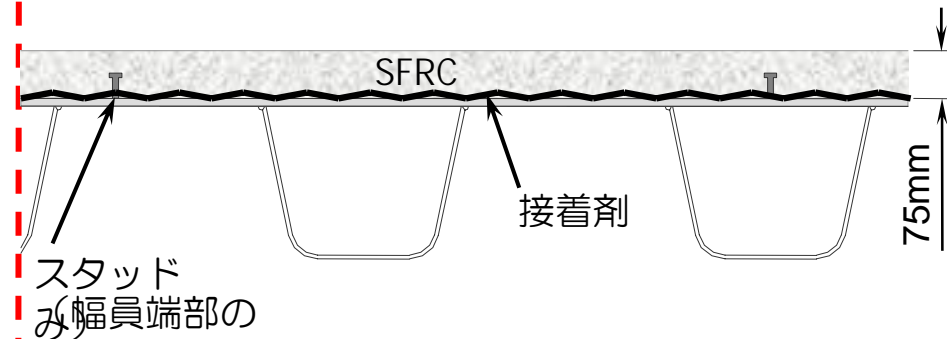
(a) 当て板補強1



(b) 当て板補強2



(c) Uリブ充填・縦桁補強

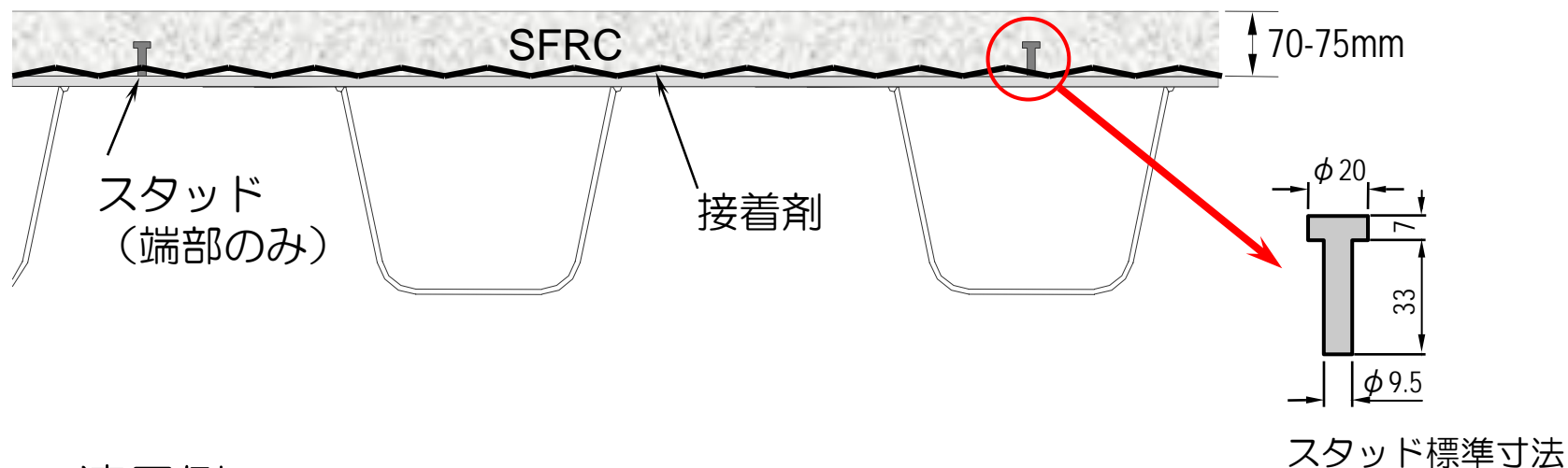


(d) SFRC舗装

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.3 鋼床版デッキプレートの対策技術

鋼繊維補強コンクリート (SFRC) 舗装



■ 適用例

名古屋高速道路公社のランプ橋、料金所

横浜ベイブリッジR357 (新設)、湘南大橋 (+FRPグリッド)

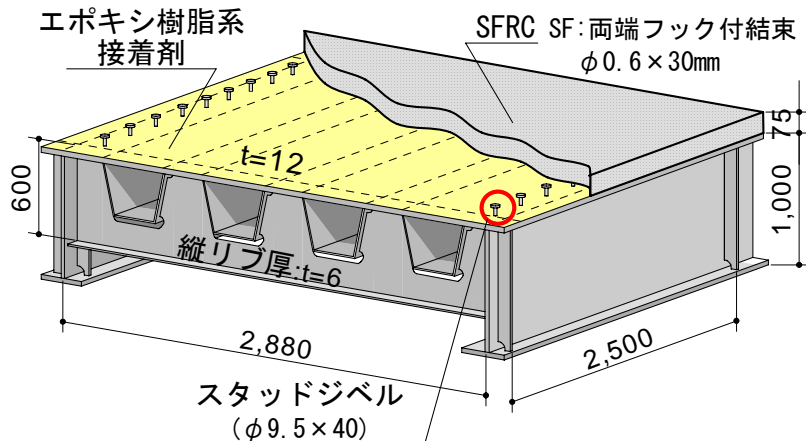
■ 検討内容

- ・ SFRC舗装の応力低減効果
- ・ 主桁上負曲げ部のひびわれ対策とひび割れ後のSFRCおよび接着層の耐久性

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.3 鋼床版デッキプレートの対策技術

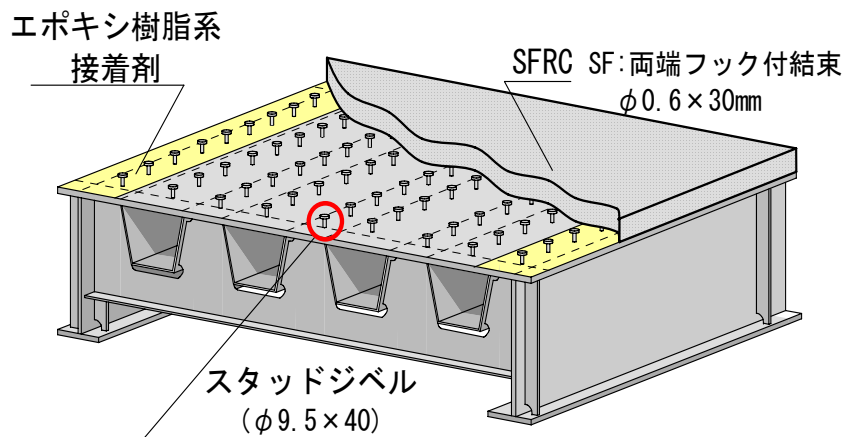
SFRC舗装の静的載荷試験・輪荷重走行試験



<横浜ベイブリッジタイプ供試体>



<試験状況>



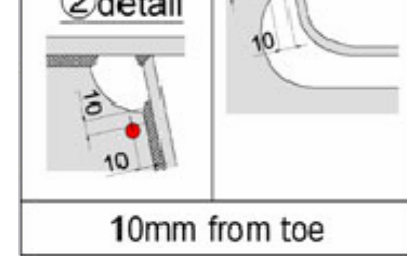
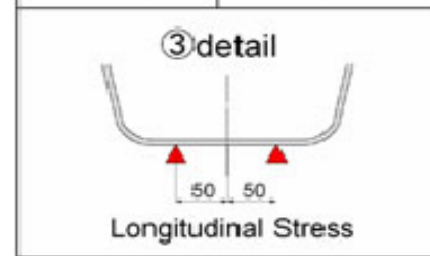
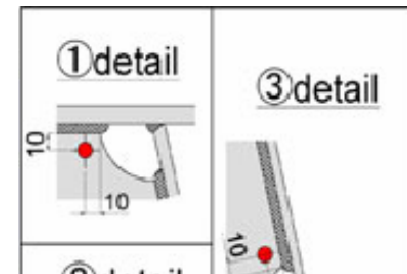
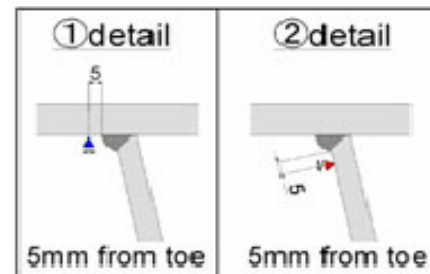
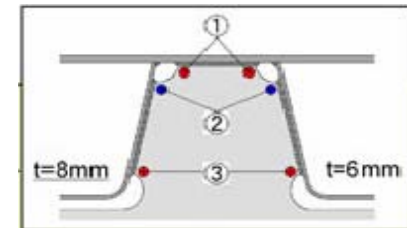
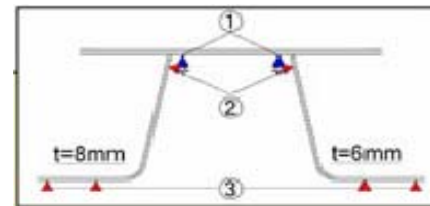
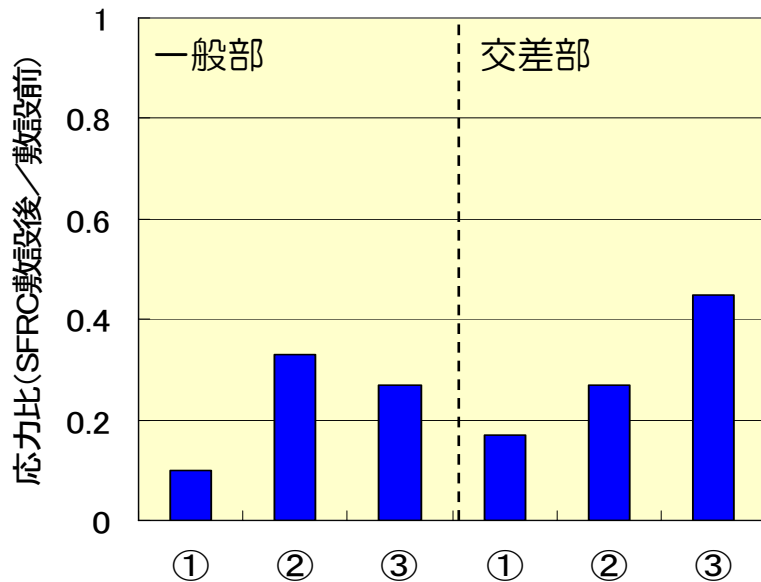
<名古屋高速道路公社舗装基準タイプ供試体>

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.3 鋼床版デッキプレート対策技術

静的載荷試験：SFRC舗装の応力低減効果

SFRC敷設前後の応力の比



一般部

交差部

■ 一般部

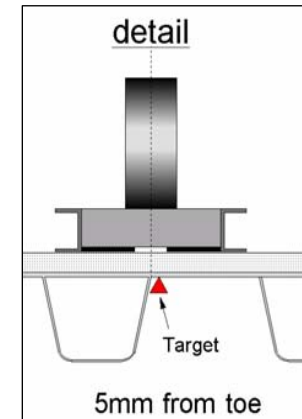
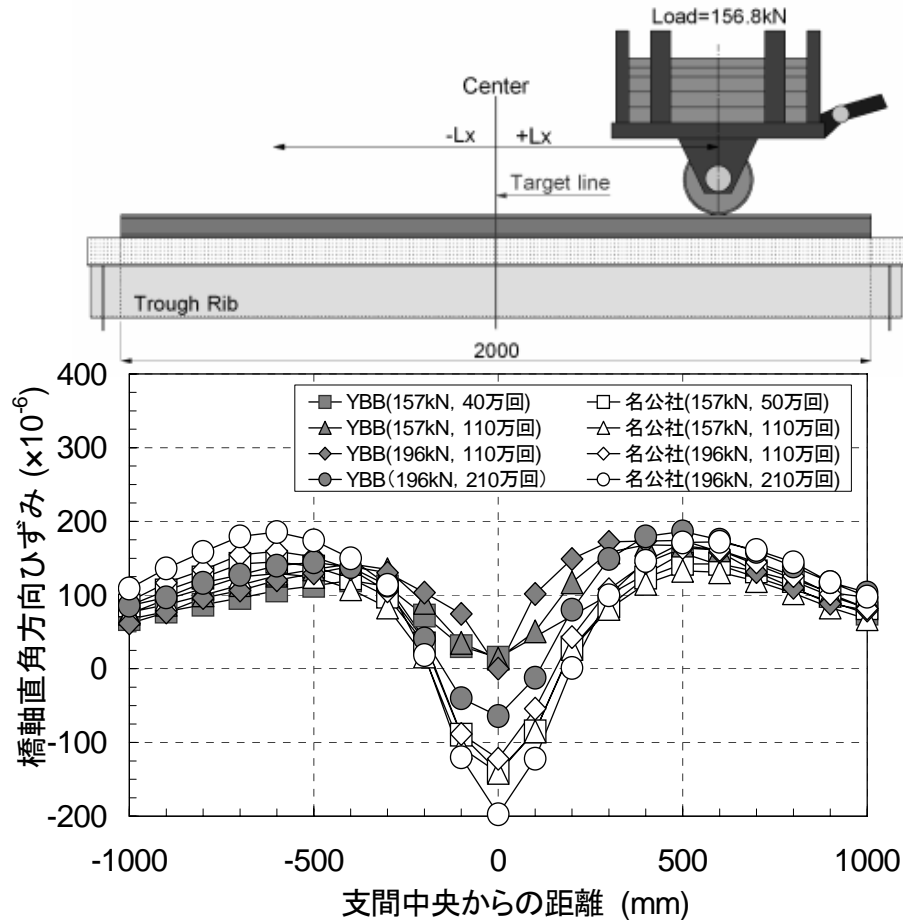
- ① デッキプレート 10%程度に低減
- ② Uリブ上端部近傍 30%程度に低減
- ③ Uリブ下面 25%程度に低減

■ 交差部はデッキプレートに近いほど応力低減効果が大きい。

3. 劣化損傷に対する対策技術の開発状況

3.3 鋼床版デッキプレートの対策技術

輪荷重走行試験：鋼床版ひずみの変化



■ 両タイプともに、150kN以上の200万回載荷に対して、外観上は、ひび割れ等の損傷は見られない。

道路構造物の維持管理技術の高度化に関する研究

【研究の背景】

- 目視を中心とする調査・点検では、損傷の有無を十分に把握できない。
- 点検・管理データベースが未整備のため、点検結果から健全度の評価、補修・補強の優先度を判断する効果的なストックマネジメントができない。
- 損傷の種類、程度に応じた効果的な補修・補強法が開発されていない。

【開発する技術の具体的内容】

- 調査・点検技術の高度化
- 診断技術の高度化
- 補修・補強技術の高度化

診断技術の高度化

調査・点検データに基づく科学的な診断技術、将来予測に基づく合理的マネジメントの開発

(例) 健全度評価技術
将来の損傷・劣化予測技術
管理者支援ツールの作成

