

(一社)鳥取県土木施工管理技士会
講習会テキスト

「橋梁修繕・コンクリート工」 講習会

令和8年9月15日（火）

令和8年9月16日（水）

橋梁の点検と評価診断
橋梁の補修・補強
鳥取県の長寿命化修繕計画

西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社

道路技術部次長 稲 田 敬

一般社団法人 鳥取県土木施工管理技士会

『橋梁修繕』講習

令和 8年 9月 15日 ~ 16日



本日の概要

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要
2. 橋梁の点検と評価診断
3. 変状の発生要因
4. 橋梁の補修・補強
5. 鳥取県の長寿命化修繕計画
6. 新技術・新工法
7. 最近の話題

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

1

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

1. 社会資本整備の変遷

(1) 明治期から第二次世界大戦終戦直後（1868年～1945年まで）

戦前における我が国の道路政策

馬車文化が未成熟で、道路網を整備しても効率的な車両の製造能力・整備能力がなかった為、都市間の道路網の整備は行われなかった。

明治9年 国道・県道・里道を定め、国道を3等級に分けるが、国道の路線は指定されず。

明治18年 44路線を国道に認定。幅員を7間(12.7m)と定めた。

大正8年 初めて道路法を制定。明治期の道路路線を廃止し、新たな国道(大正国道)を定めた。(計64路線)

大正9年 「第一次道路改良計画」を実施するが、3年後に発生した関東大震災のため頓挫。

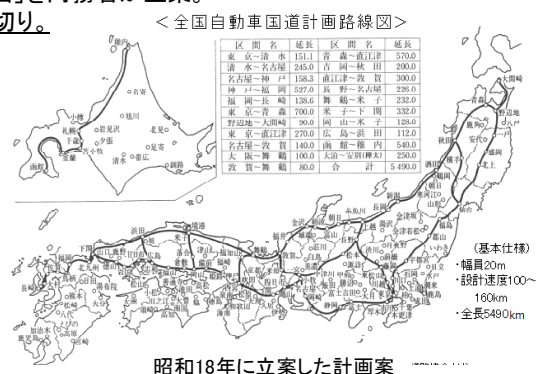
昭和9年 「第二次道路改良計画」を実施するが、不況と戦時体制への移行によりまたも頓挫。

昭和18年 戦時下での輸送体系確立の一環として、「全国自動車国道計画」を内務省が立案。

東京・神戸間の実地調査などが行われたが、昭和19年に打ち切り。

明治期から昭和初期までの輸送手段（鉄道主体）

年代	陸上交通	海上交通
明治10年代 (～1890年代中盤)	鉄道が先行的に整備。 内務省の国道政策は財政的に挫折。	沿岸海運の主力船種が和船から汽船へと転換。 明治10年代末までに汽船が和船を凌駕して汽船の定期航路網を軸とする沿岸航路網が形成された。
明治22年 (1889年)	東海道線が全通(新橋-神戸間)。 これを機に汽船との競合関係が発生。	
明治28年～ (1895年～)	日清戦争後、鉄道網が急速に拡大。 →路線のネットワーク化の必要性が認識され国有化につながる。	
明治末期 ～大正初期 (1910年代初期)	日本海沿岸を含む鉄道幹線網が形成 →鉄道と海運との「自然的分界」が成立し、海運から鉄道への輸送機能の代替過程が収束。 沿岸海運網と鉄道網による総合的国内交通網が形成された。	



2

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 戦前に竣工した橋の事例



若桜町若桜 若桜橋 1934年竣工



米子市内 日野橋 1929年竣工



広島市内 猿猴橋 1926年完成



広島市内 相生橋 1934年頃

3

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

(2) 戦後から高度経済成長期までの道路計画（1946年～1960年頃まで）

我が国の道路整備は、欧米諸国と異なり馬車交通等を経なかった為、著しく遅れており戦後の経済活動の活性化に伴うモータリゼーションへの対応が遅れていた。

しかし、戦後の経済発展につれて政府も主要都市間を結ぶ高速道路整備の必要性を痛感しており、海外から技術者や専門家を招いて道路建設の可能性と経済波及効果の調査を命じていた。調査担当役員であるワトキンス氏を含む調査団は、来日し80日間にわたり各地の道路事情を調査した。(昭和31年来日)結果、『日本の道路は信じがたいほど悪い。工業国にしてこれほど完全にその道路網を無視した国はない』という痛烈な批判を報告書の冒頭にあげ、建設を促した。



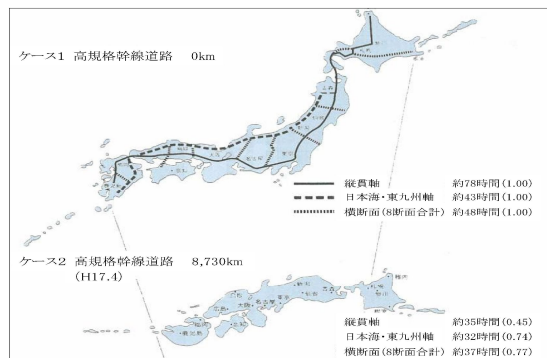
ワトキンスレポートに掲載された写真
(ぬかるみから車を押して脱出する写真)
1956年頃の様子

4

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

(3) 高度経済成長期の道路建設（1960年頃から1990年頃まで）

ワトキンス氏のこうした警鐘は、当時の道路整備のあり方を見直すきっかけとなり、おりしも進行中であった高速道路や一般国道、主要都道府県道の整備に関する計画を定める5ヶ年計画の根本的な再検討を迫ることになった。加えて、**昭和30年代**に入ると高度経済成長を背景とするモータリゼーションの進展が目立っており、トラックを中心とする貨物輸送と、自動車が増加していった。



高規格幹線道路整備による時間短縮効果



図2.4.1 関ヶ原ルートと木津川ルート
〔日本道路公団三十年史〕・日本道路公団・昭和61年4月

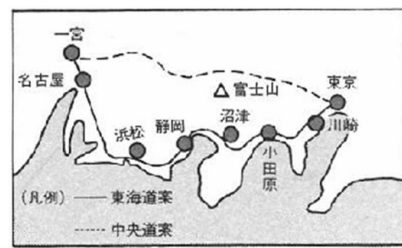


図2.4.2 東海道案と中央道案
〔日本道路公団三十年史〕・日本道路公団・昭和61年4月

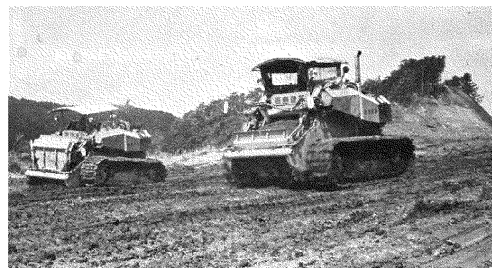
名神・東名のルート検討

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

- ・昭和39年の東京オリンピック開催に関連した交通網の整備も増加の一因である。
- ・オリンピック開催を完成目標年として、東海道新幹線、名神高速道路・首都高速道路等が完成し、地域間、都市内の移動時間が大きく短縮され利便性が向上した。
- ・全国の物流を支える高速道路の整備により地域の経済・産業が発展した。



名神高速道路粟東ICの第1号車
（公益財団法人 高速道路調査会）



高速道路の施工状況
（高速道路調査会）

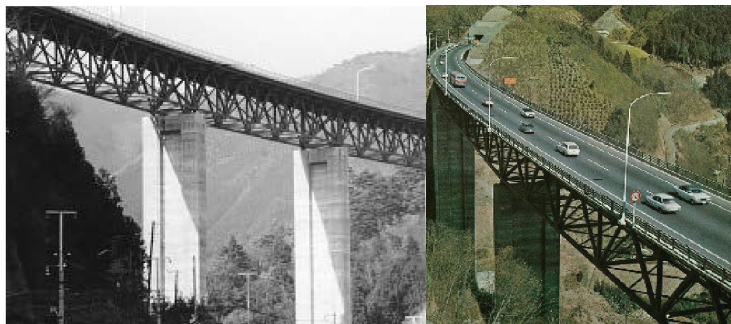
自動車保有台数の推移

昭和20年：約14万台 → 昭和30年：約92万台（約7倍） → 平成20年：7,900万台（約560倍）

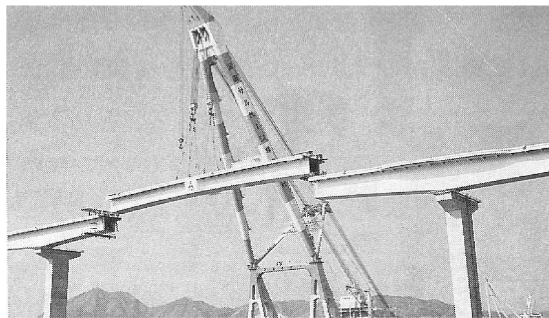
（）書きは昭和20年に対する倍率

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 高度経済成長期に竣工した橋の事例



中央自動車道 底沢橋 1961年頃竣工



広島呉道路 広島大橋 1973年竣工



中国自動車道 関門大橋 1973年竣工



中国自動車道 宇佐川橋 1982年竣工

7

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

(4) 高度経済成長期以降の道路建設（1990年頃から2000年頃まで）

モータリゼーションの進展や、高速道路の整備に伴ってマイカーを中心とする自動車の輸送が急拡大し道路の需要も拡大した。この年代では、バブル景気が終わり大型プロジェクトが2000年頃を目途に完了している。



東京港連絡橋 レインボーブリッジ（首都高速道路公団）



東京湾横断道路（アクアライン）（東日本高速道路㈱）

8

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 高度経済成長期以降に竣工した橋の事例



明石海峡大橋 (本州四国連絡高速道路株)



多々羅大橋 (本州四国連絡高速道路株)



来島海峡大橋 (本州四国連絡高速道路株)



第二名神高速道路 木曾川橋 (日本道路公団)

9

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

(5) 維持管理の時代へ突入 (2000年代以降～)

1970年代以前『コンクリートの寿命は半永久的である』
メンテナンスフリー(コンクリート神話)



1980年代後半『コンクリートクライシス』
コンクリートの剥落等が多発(除塩しない海砂の使用やASR、施工不良)



2000年代以降『コンクリートが危ない』
(これまでの基準を満たさない欠陥コンクリートや施工不良)

- ・社会資本ストックの老朽化が加速し、劣化が目立ち始めた。
- ・海外において供用中の橋の崩落による事故が発生し多数の死傷者でた。

→ 維持管理の必要性に迫られた。

10

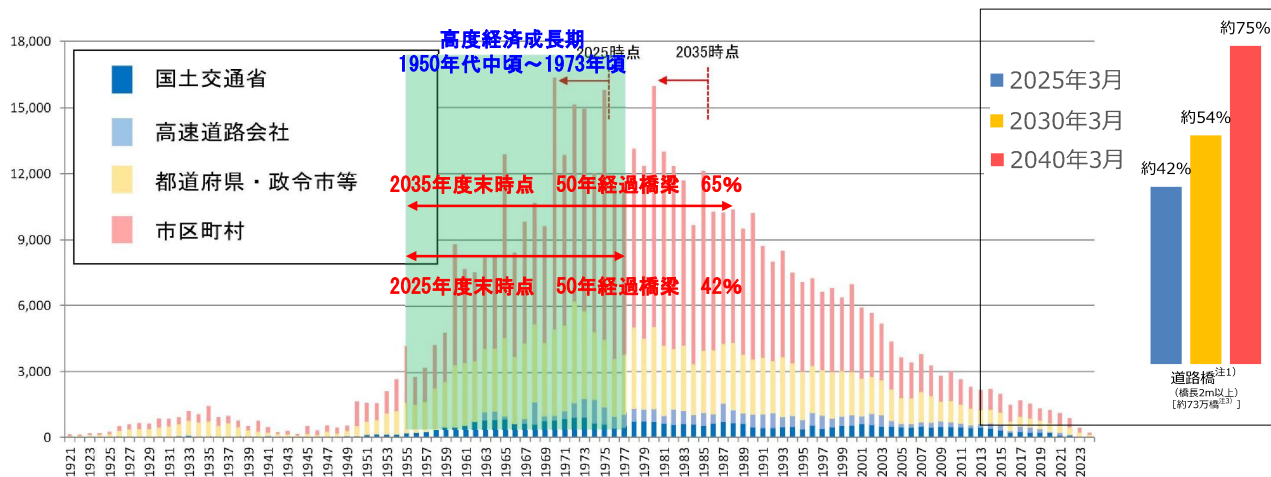
1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

2. 維持管理概要

(1) 維持管理のための課題

① 高齢化する橋梁の割合の変化 全国の橋梁約73万橋が対象

従来の橋梁の寿命は50年程度を目安としており、高度経済成長期に建設された橋梁の多くが今後一斉に更新時期を迎える事が見込まれている。



※この他、古い橋梁など記録が確認できない建設年度不明橋梁が約19.4万橋ある。

11

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 鳥取県の橋梁

鳥取県の管理している道路橋は2019橋(橋長2.0m以上)R6.4.1

今後、急激に大量の橋梁が更新時期(建設後50年経過)を迎える



図 1-2 架設後の経過年代別橋梁数

従来型 (対処型修繕)

損傷が大きくなってから修繕

大規模修繕が必要⇒事業費大

予防保全型 (今後)

損傷が小さいうちに修繕

小規模修繕でOK⇒事業費小

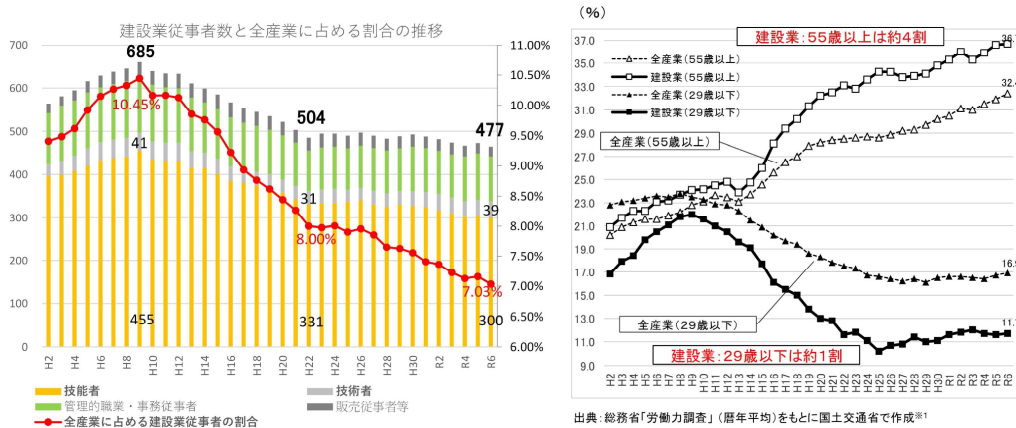
鳥取県道路橋梁定期点検マニュアルより(令和6年4月)より

12

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

② 建設労働者人口の減少と技術者不足

- ・建設業就業者は就業者ピークの1997年(685万人)から2024年(477万人)では30%減少している。
- ・建設業就業者は50歳以上が51.0%、29歳以下が12.0%と高齢化が進行し、次世代への技術継承が大きな課題である。
- ・担い手の 人材確保と早期育成、労働環境の改善、業務の効率化による生産性向上を一体として進める必要がある。



13

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

③ 財政への圧迫

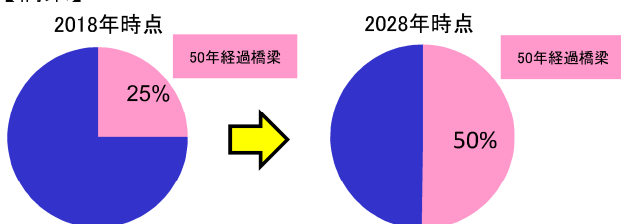
国、地方公共団体等が管理する社会資本の維持管理費を推定した。

- ・2018年度から20年後には、最大で1.5倍の費用が必要。
- ・道路では、今後5年後に建設後50年以上の橋梁が全体の50%程度に到達すると考えられ、維持管理費が増加していく傾向である。

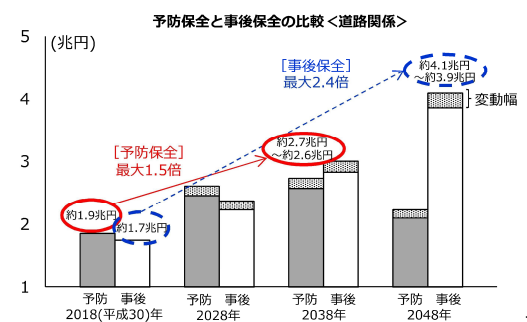
道路分野の維持管理予算の推移予測(予防保全を前提とした維持管理)

分野	2018年度※	5年後 (2023年度)	10年後 (2028年度)	20年後 (2038年度)	30年後 (2048年度)	30年間 合計 (2019~2048年)
道路	1.9	〔1.2〕 2.1~2.2	〔1.4〕 2.5~2.6	〔1.5〕 2.6~2.7	〔1.2〕 2.1~2.2	71.6~76.1

【橋梁】



国土交通省 道路局



14

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

④ 橋梁の崩壊事例

■ 維持管理の不足により崩壊した事例 1

アメリカ ミネソタ州ミネアポリス高速道路崩落事故
(2007年8月1日)

事故の被害者 13人死亡 145人負傷

開通年度 1967年(40年経過)

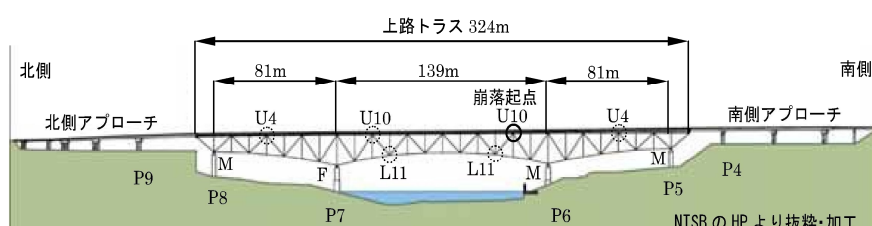
事故原因の推定 過積載・溶接部の疲労・腐食等



写真 崩壊前の橋梁



写真 崩壊後の橋梁



15

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 維持管理の不足により崩壊した事例 2

イタリア ジェノバのモランディー橋梁崩壊(2018.8.14)【読賣新聞より引用】

事故の被害者 43人死亡

当該橋梁建設年 1960年(58年経過)

事故原因の推定 維持管理不足と言われている

現在のボルチェベラ高架橋(旧モランディー橋)

再建の総工費260億円で2020年8月に完成



モランディー橋 11径間のPC橋

ボルチェベラ高架橋 20径間の鋼橋

16

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 維持管理の不足により崩壊した事例 3

(新橋架け替え後(S59)に旧橋梁を存知していた為、損傷劣化により崩落)

我が国の落橋事例(内閣府沖縄総合事務局)

平成22年4月頃落橋

崩落した状態

■ 概 要

施設名: 旧津波橋(つばし)
 路線: 国道58号
 位置: 沖縄県大宜味村
 橋種: RCT桁
 橋長: 10.2m
 支間長: 9.4m(推定)
 竣工: 昭和20以前(築65年)(推定)
 交通量: 未供用
 損傷状況: コンクリートのひびわれ・劣化
 ・剥離、鉄筋腐食・露出



崩落

主桁・床版の損傷状況

17

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 自然災害の激甚化・頻発化(2010年代以降)により損傷・落橋した事例



写真 H30.10豪雨 橋脚洗掘通行止め

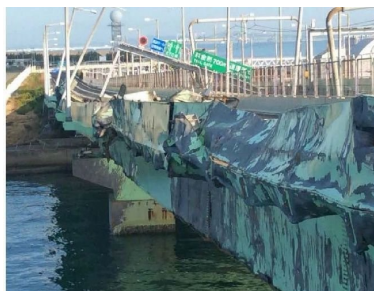


写真 2018.9 台風21号
関空連絡橋に船衝突



写真 2016.4 熊本地震高速道路
跨道橋落橋



写真 2022.3 福島沖地震
新幹線橋脚 破壊



写真 2018.7 豪雨(土石流) 高知自動車道 立石橋崩落

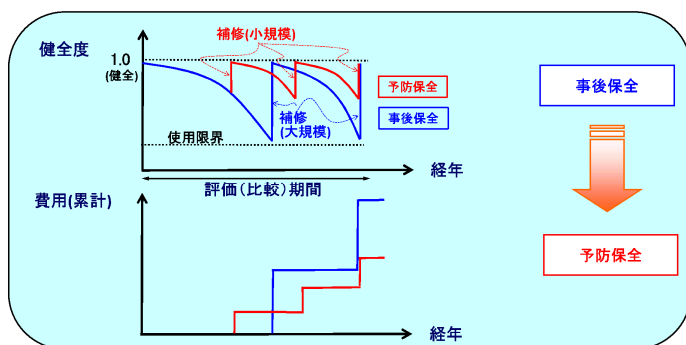
18

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

(2) 維持管理のための手順

① 予防保全が求められる理由

- ・**予防保全**: 予防的な修繕や対策をする方法
定期的な点検と診断により、損傷が深刻化する前に修繕する為、安全に長く使うことができ、維持管理費用も縮小化する傾向にある。
- ・**事後保全**: 壊れてから修繕する方法
損傷が深刻になってから修繕する為、大規模修繕や架替が必要になる可能性があり、費用が増大する傾向にある。



長寿命化とライフサイクルコストの縮減イメージ

予防保全にするメリット

- ・維持管理費用の縮減
- ・安全に長く使うことができる。
- ・更新時期を平準化
- ・計画的な予算編成が可能

19

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

② メンテナンスサイクル

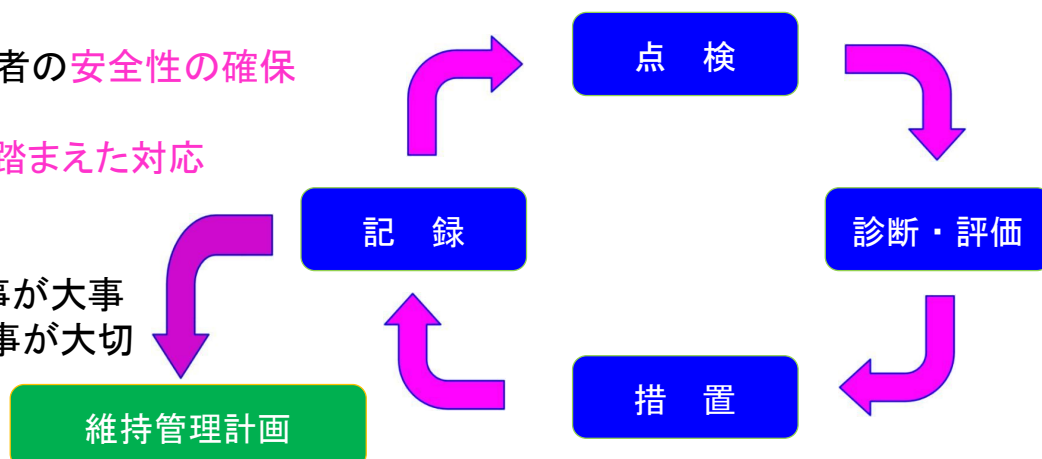
- ・点検・評価診断・措置・記録を繰り返す業務サイクル
- ・長寿命化のための取組みとして、予防保全を進めるために実施

・求められる視点

- ①利用者及び第三者の安全性の確保
- ②長寿命化
- ③構造物の特性を踏まえた対応

・実施に関して

- ①サイクルを回す事が大事
- ②構造物を見守る事が大切



20

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

③ メンテナンスサイクル概要

■ 点検

- ・橋の状態把握(近接目視で確認)
- ・性能を評価する為の情報収集。
- ・損傷や進行具合を判断。
- ・5年に1回の頻度で実施



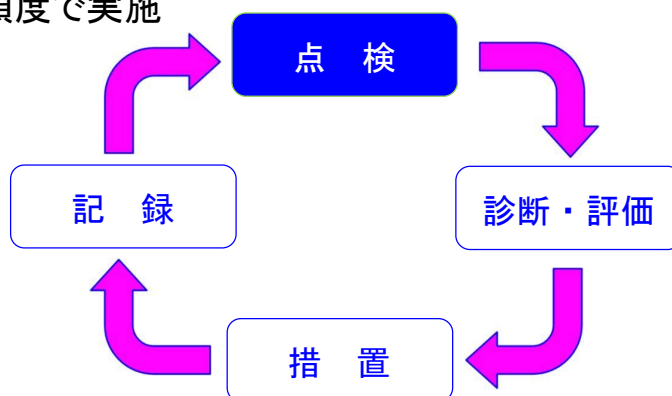
梯子・脚立



橋梁点検車



高所作業車



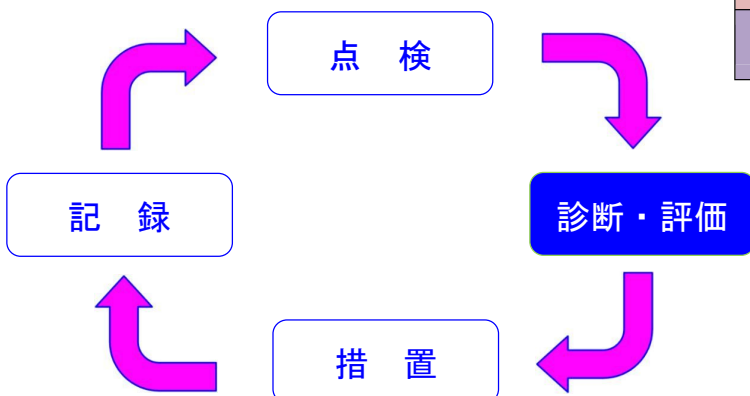
1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 診断・評価

- ・定期点検結果に基づき損傷原因の推定
- ・対策区分を判定
- ・補修等の計画策定

健全度の診断区分と橋の状態

健全度の診断区分		橋梁の状態
I	健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態
II	予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
III	早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
IV	緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態



1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 措置

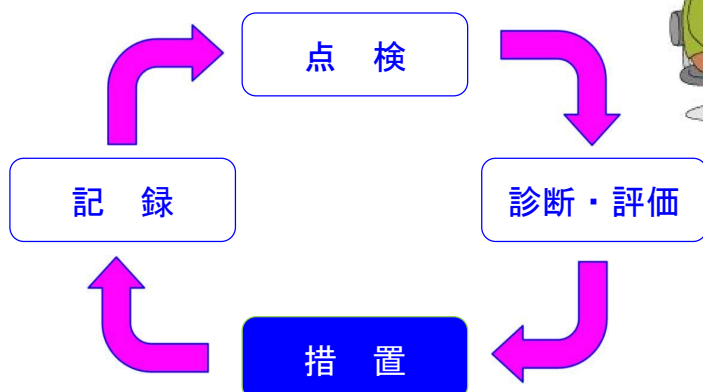
- ・補修等の計画に基づき補修等を実施
- ・更新や経過観察
- ・通行制限等の判断



鋼桁塗装の塗り替え補修



ひび割れ補修



鋼橋RC床版の取替更新

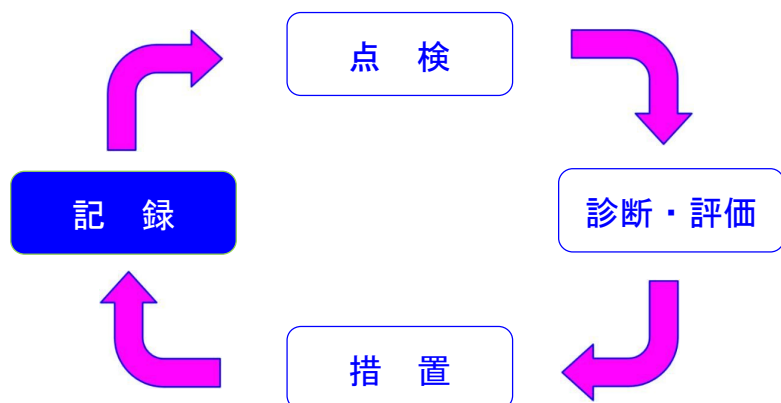


橋の通行制限

1. 社会資本整備の変遷と維持管理概要

■ 記録

点検、診断、措置の結果を記録・保存

[illegible]

島根県定期点検要領より抜粋

[illegible]

2. 橋梁の点検と評価診断

25

2. 橋梁の点検と評価診断

1. 点検概要

(1) 中央道笹子トンネル天井板落下事故から14年

2012年12月に中央自動車道の笹子トンネルでコンクリートの天井板が140mの区間で落下し、走行中の車4台が下敷きになり、9名が死亡した。



トンネル崩落事故状況



トンネル崩落事故状況



トンネル崩落事故状況



トンネル崩落事故状況

26

2. 橋梁の点検と評価診断

トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会 報告書(H25.6.18)

事故の発生要因

以下の4項目が事故発生に関連があったものと推定されているが、直接の原因は天井板を吊っているアンカーボルトの脱落と言われている。但し、間接的には設計、材料、製品、施工及び点検方法や点検実施体制が影響していたと言われている。

→ 事故後、橋梁点検の法制化が進んだ。

27

2. 橋梁の点検と評価診断

(2) 法改正と定期点検要領の整備

時期	内容
H25.6.5	道路法の一部改正
H26.6.25	定期点検要領の制定(国土交通省)
H27.1.26	インフラの点検・診断の民間資格の登録(国土交通省) H29.4.1 資格の追加
H28.12	橋梁における第三者被害予防措置要領(案)(H16.3版の改定)
H29.3.21	小規模付属物点検要領(国土交通省)
H29.8	道路土工構造物点検要領の制定
H31.3	道路橋定期点検要領・橋梁定期点検要領の改訂
R6.7	橋梁定期点検要領
R6.8	基礎データ収集要領(道路橋)
R7.4	鳥取県道路橋梁定期点検マニュアル

28

2. 橋梁の点検と評価診断

■初回定期点検要領(H26.6)

- 近接目視を基本とする
- 点検頻度は5年／回を基本とする
- 健全性評価を4段階で区分する
- 有資格者による点検の実施

1. 適用範囲(対象とする橋梁)

道路法(昭和27年法律第180号)第2条第1項に規定する道路における橋長2.0m以上の橋

2. 定期点検の頻度

定期点検は、5年に1回の頻度で実施することを基本

3. 定期点検の体制

道路橋の定期点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有する者が行う

4. 状態の把握

健全性の診断の根拠となる状態の把握は、近接目視により行うことを基本

29

2. 橋梁の点検と評価診断

■橋梁定期点検要領の改定内容

定期点検要領の改訂(H31.2)

診断の質を確保しつつ、効率的で合理化のための工夫ができる点検方法に改定

- ①損傷や構造特性に応じた点検対象の絞り込み
- ②新技術の活用による点検方法の効率化

定期点検要領の改訂(R6.3)

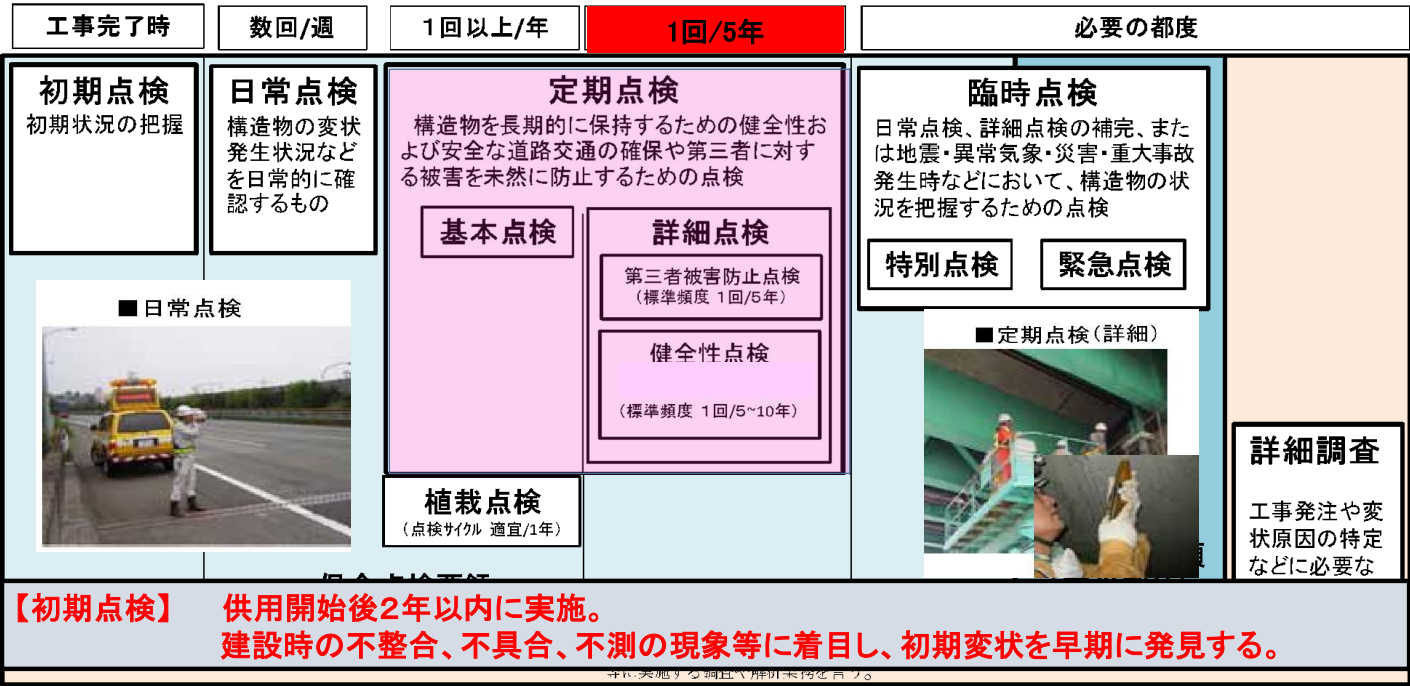
改定①: 道路橋を構成する上部構造、下部構造、上下部接続部が、活荷重・地震・出水等に対し次回点検時まで有効に機能するかどうか評価する。
(評価: 影響なし・致命的とまでは言えない状態・致命的)

改定②: 特定事象(疲労・飛来塩分による塩害・ASR・防食機能の低下・洗堀等)の有無により、次回点検までに予防保全が必要かどうか記録する。

30

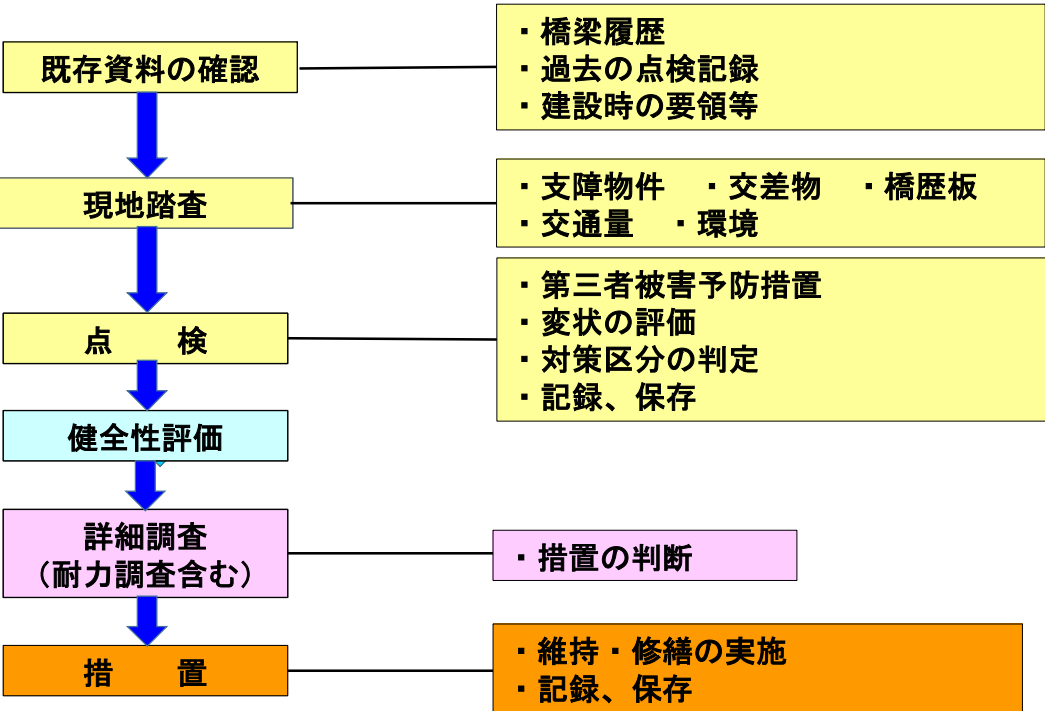
2. 橋梁の点検と評価診断

(3) 点検種別



2. 橋梁の点検と評価診断

(4) 点検手順



2. 橋梁の点検と評価診断

(5) 点検手法

部材	点検手法		
	標準的方法	点検手段	必要に応じて採用する手法
鋼部材	近接目視	・梯子、脚立 ・高所作業車 ・橋梁点検車 ・ポールカメラ ・ロープアクセス	超音波板厚計、磁粉探傷、超音波探傷試験
	触診・打音		
コンクリート部材	近接目視		赤外線撮影、塩分測定
	触診・打音		
路面	近接目視		路面性状調査
その他部材	近接目視		計測機器、ファイバースコープ
排水施設等	近接目視		

33

2. 橋梁の点検と評価診断

■近接目視

第三者被害影響箇所の変状が確認できる距離。
橋梁の健全性が確実に評価できる距離。

■触 診

点検対象に直接触れて、不具合の有無を確認。
物の取付け金具、アンカーボルト、ボルト・ナットの亀裂や破断、緩み、脱落、変形の確認。構造物をゆすって、取り付け状態(ガタツキ等)を確認。

■打 音

第三者被害が想定される箇所のコンクリート剥落・落下の確認。
変状(浮き)に緊急性があれば叩き落しを行う。
ボルトのゆるみ等も打音により把握する。

※検査設備(検査路等)、点検用車両等を用いて可能な限り接近して行う。

34

2. 橋梁の点検と評価診断

■保 守(剥落対策)

点検に併せて錆止め材の塗布、ボルトの締め直し等の手入れをすること。

■剥落対策

点検時に見つかったコンクリートの浮きが、第三者被害想定範囲であれば、応急処置を行う。



浮きの叩き落し



剥落対策



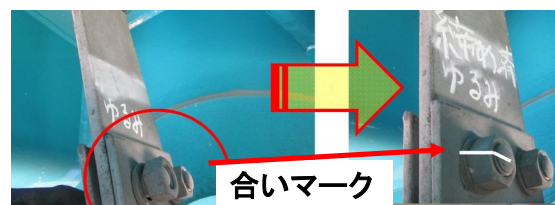
接着剤の塗布



剥落ネットの設置

■合マーク

ボルト、ナットは目視による緩み確認の為、合いマークをつけ点検省力化を図る。



35

2. 橋梁の点検と評価診断

(6) 点検体制及び方法

- ・点 検 員 点検を実施すると共に作業全体の統括を行う。(安全管理)
点検の実務経験と、点検に関する相応の資格を有すること
- ・点検補助員 点検車両の操作、応急対応(はつり等)
- ・車両運転手 点検車両の移動を行う
- ・交通規制員 監視員、規制作業員
- ・点 検 方 法 橋梁下から行う場合 高所作業車 脚立 梯子
橋梁上から行う場合 橋梁点検車



脚立による点検



高所作業車による点検



交通規制員による監視

36

2. 橋梁の点検と評価診断

(7) 点検機材 (現地の地形、周辺環境条件等を考慮して選定)

橋梁点検車BT-200



橋梁点検状況

高所の点検対応BT-400



橋梁点検状況

狭いエリアの点検対(MBI70)



橋梁点検状況



BT-200橋梁点検車



橋梁点検状況



橋梁点検状況

37

2. 橋梁の点検と評価診断

(8) 点検困難箇所の点検方法事例

目視できない土中部等

変状が疑われる場合は、試掘、非破壊検査等の検討を行う。

近接目視困難箇所

近接目視と同等の評価が行える非破壊検査機器で行う。

超音波探傷試験、磁粉探傷試験、赤外線カメラ、ファイバースコープ他

近接困難箇所

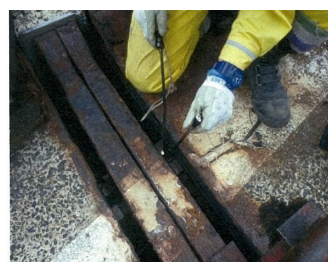
ロープアクセス



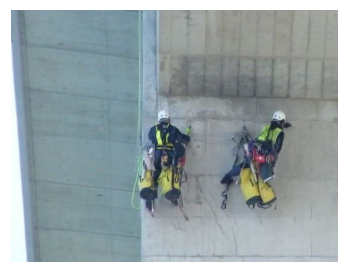
超音波探傷試験



赤外線カメラ



光ファイバカメラ



ロープアクセス

38

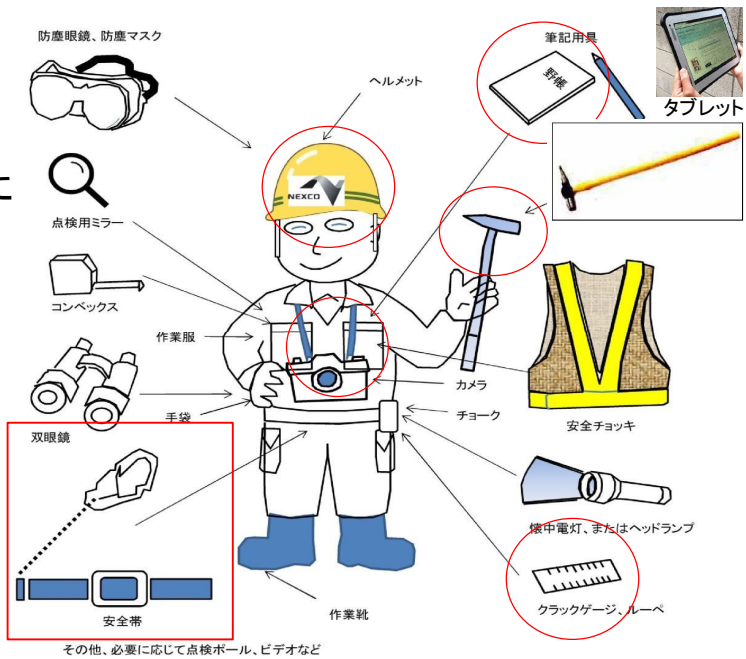
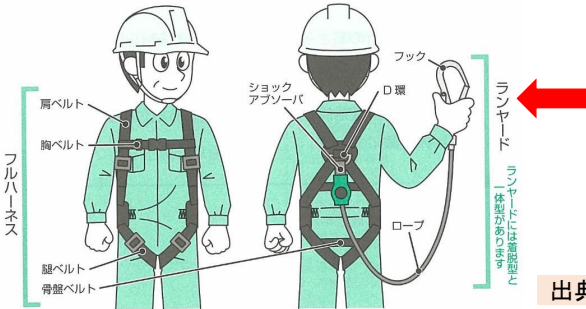
2. 橋梁の点検と評価診断

(9) 点検の標準装備と服装

点検に応じた装備と服装を行う。

点検時に用具を落下させないようにストラップを施す。

フルハーネスト型墜落制止器具の装着
2022.1.2より完全施行



出典「保全点検要領(構造物編)補足資料【技術資料】 NEXCO西日本」

2. 橋梁の点検と評価診断

(10) 点検結果の記録 事例

点検記録調書(鳥取県道路橋梁定期点検マニュアルより抜粋) 令和7年4月

橋梁定期点検調書その1 諸元・総合点検結果									
橋梁番号	名称	架設年	橋長	径間数	桁数	事務所名	所在地	点検者	点検日
		1900							
交差区分	名称	上部工型式	下部工型式	床版支間	支保材	橋脚基礎	橋脚基礎	橋脚基礎	橋脚基礎
橋梁幅員	台/日	A1橋台	A2橋台	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚	橋脚
自動車交通量	台/日								
うち大型車交通量	台/日								
緊急輸送道路	次	基礎形式							
点検方法									
定期点検調書その1-1 諸元・点検結果のまとめ	劣化・損傷部位	要素番号	損傷度	劣化・損傷内容	損傷写真番号	性能の推定に用いる指標	想定する状況の性能の推定	詳細調査履歴	
	上部構造	頂版		点検調書(その1-1)					
	側壁								
	下部構造	隔壁		記載内容: 橋梁概要及び損傷度・性能の推定					
	底板								
	上下部接続部	頂版(隅角部)							
	その他構造	翼壁							
	路土部	舗装							
		排水溝・排水管							
		点検施設							
性能の推定(橋全体として)									
健全性の診断区分(主たる要因)									

2. 橋梁の点検と評価診断

点検記録調書(鳥取県道路橋梁定期点検マニュアルより抜粋) 令和7年4月

橋梁番号・名称			年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦)		年度(西暦)・年度(西暦)・年度(西暦	
---------	--	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	---------------------	--

2. 橋梁の点検と評価診断

2. 点検時の着目点

(1) 全体の確認

① 路上からの確認

橋面から高欄・防護柵・伸縮装置・地覆・排水・舗装等について異常の有無を確認

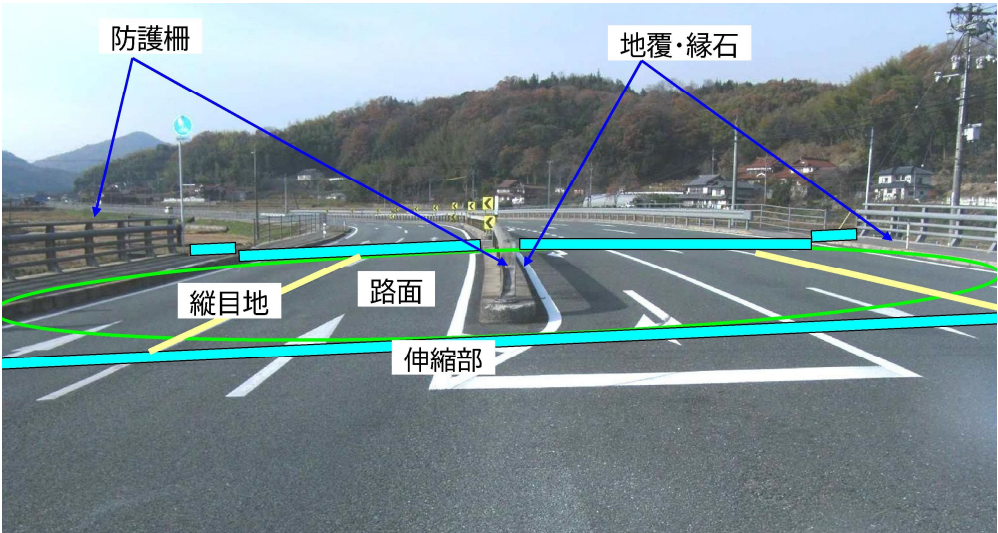


写真 路面上からの点検ポイント

2. 橋梁の点検と評価診断

■ 確認するポイント

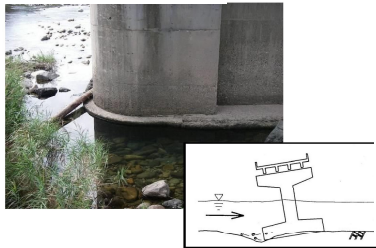
高欄

【路上の状態確認】



➤ 高欄のズレ

【路下の状態確認】



➤ 橋脚が洗掘されている可能性

地覆の段さ・ズレ

【路上の状態確認】



➤ 地覆にズレがある

【路下の状態確認】



➤ 支承が破損し桁が下がっている可能性

舗装の異常

【路上の状態確認】



➤ 舗装のひびわれ

【路下の状態確認】



➤ 床版の剥離・鉄筋露出、
広範囲の床版のひびわれ

排水装置に異常

【路上の状態確認】



➤ 土砂が詰まっている

【路下の状態確認】



➤ 排水装置が壊れている

43

2. 橋梁の点検と評価診断

② 側面からの確認

桁が曲がっていないか、橋脚が倒れたり沈んだりしていないか等、橋全体に異常がないか確認する。



写真 桁側面からの点検ポイント

44

2. 橋梁の点検と評価診断

③ 桁下からの確認

主桁、支承、橋台、基礎等に損傷はないか、橋台基礎の根入れ等を確認する。

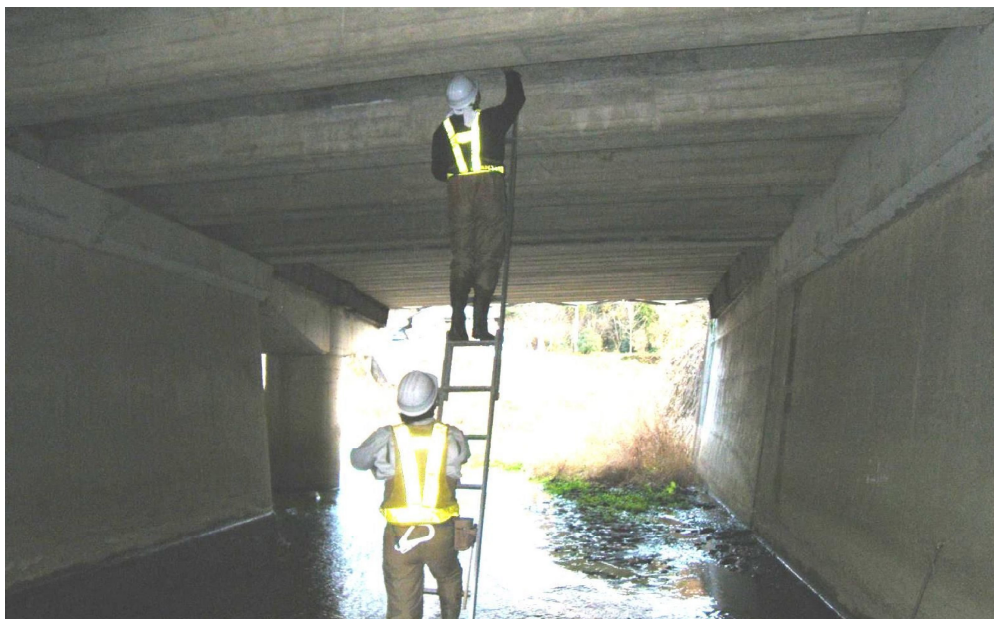


写真 桁下からの点検ポイント

45

2. 橋梁の点検と評価診断

(2) 上部工（鋼橋）の変状に着目

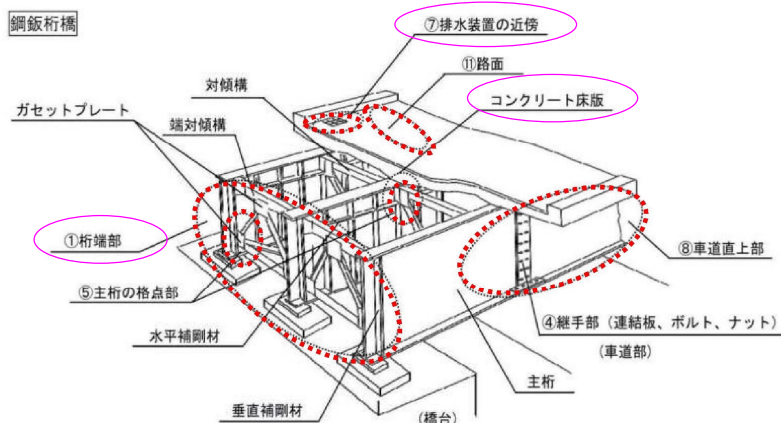
鋼橋の主な変状は、**腐食・塗膜劣化・ボルトのゆるみや脱落・疲労による亀裂・コンクリート床版**である。変状に着目して、事例を紹介する。

① 腐食

腐食：断面欠損を伴う錆の発生（錆が進行した状態）
（水が溜まりやすく、かつ風通しが悪く湿潤な状態が続く箇所）

腐食しやすい箇所

- ・桁端部
- ・RC床版継目からの漏水
- ・排水装置周辺
- ・周辺環境（湿潤状態の環境）



鋼板桁における腐食損傷の多い箇所

46

2. 橋梁の点検と評価診断

・桁端部からの漏水による腐食



写真 伸縮部からの漏水



写真 伸縮部からの漏水



写真 桁端部及び支承部の腐食

写真_国総研資料 第748号より

・RC床版からの漏水による腐食



写真 床版からの漏水による腐食



写真 床版からの漏水による腐食



写真 床版からの漏水による腐食

47

2. 橋梁の点検と評価診断

・排水装置周辺からの漏水による腐食



写真 排水樹の破損による漏水



写真 床版排水樹周辺からの漏水



写真 スラブドレーンからの漏水

スラブドレーンの長さが短い

・周辺環境(鋼部材が湿潤状態になり腐食する事例)



写真 枝葉が鋼桁接触している場合

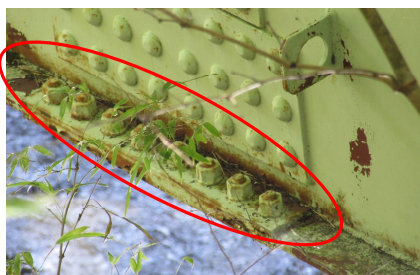


写真 枝葉が鋼桁接触している場合

写真_国総研資料 第748号より

48

2. 橋梁の点検と評価診断

② 塗膜劣化

塗膜劣化：塗膜部のみの劣化・損傷(断面欠損を伴わない軽微な錆の発生)



写真 塗膜が変色した事例

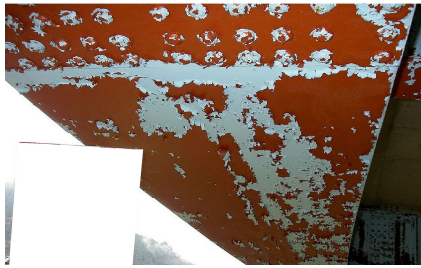


写真 塗膜の剥がれが生じた事例



写真 錆が生じている事例
(板厚減少が確認できない)



写真 錆が生じている事例
(板厚減少が確認できない)

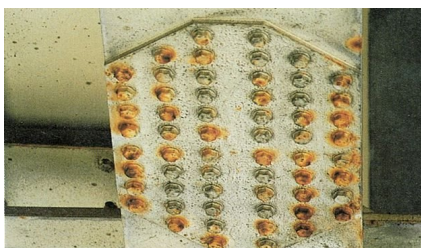


写真 錆が生じている事例
(板厚減少が確認できない)



写真 錆が生じている事例
(板厚減少が確認できない)

写真_国総研資料 第748号より

49

2. 橋梁の点検と評価診断

③ ボルトの緩み・脱落

添接ボルトの緩み・脱落：F11Tボルトの使用。遅れ破壊による脱落



写真 脱落したボルト



写真 脱落したボルト



写真 ボルトの緩み脱落

写真_国総研資料 第748号より

④ 疲労による亀裂等

疲労による亀裂：鋼部材に生じたひび割れ

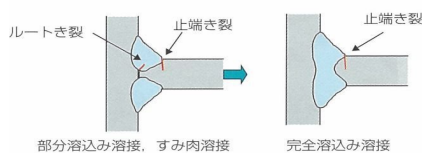


図 亀裂の生じやすい箇所

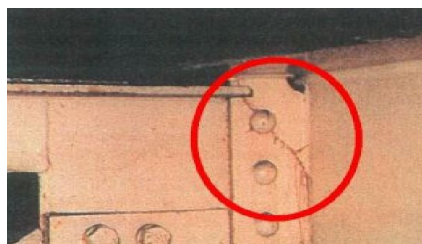


写真 対傾構取付け部の亀裂

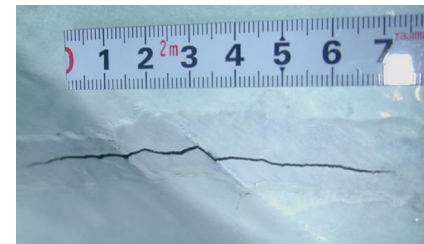


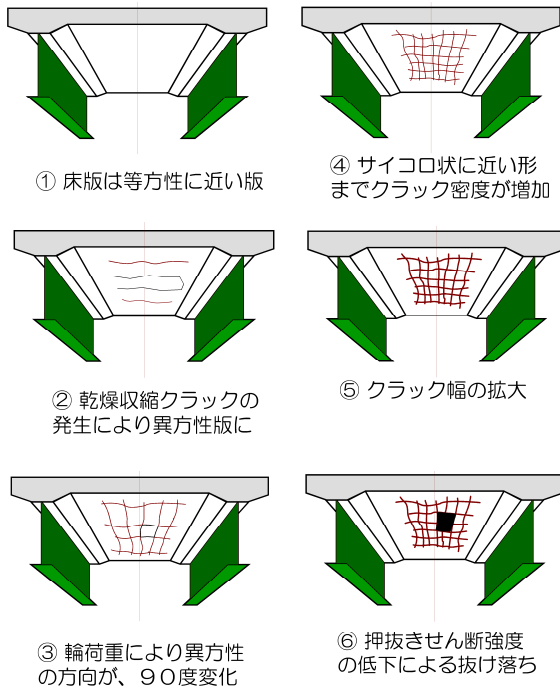
写真 鋼部材の亀裂

50

2. 橋梁の点検と評価診断

⑤ コンクリート床版

■ 疲労によるひび割れ

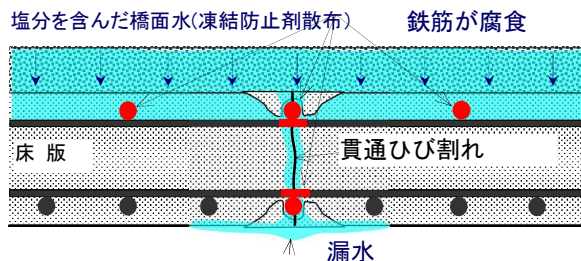


51

2. 橋梁の点検と評価診断

■ 塩害によるコンクリートの剥離・鉄筋露出

路面に散布した凍結防止剤が、床版上面にある微細なひび割れからコンクリート内部に浸透して鉄筋腐食をさせた後、自動車の繰返し走行により、更なるひび割れやコンクリートの土砂化を誘発する。



写真_国総研資料 第748号より

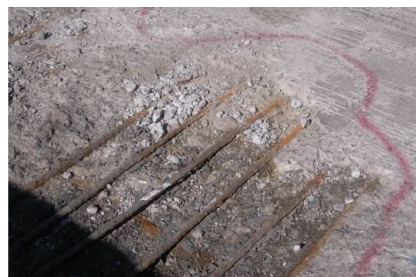


写真 床版の剥離状況

52

2. 橋梁の点検と評価診断

(3) 上部工（コンクリート橋）の変状に着目

コンクリート橋の主な変状は、**ひび割れ・浮き・剥離・鉄筋露出**等があるが、変状だけで、原因を推定する事ができない。この為、①構造位置に着目、②断面形式に着目、③劣化機構に着目した事例を紹介する。

① 構造位置に着目（ひび割れ・剥離・鉄筋露出）

■桁端部付近

変状原因事例：塩害等

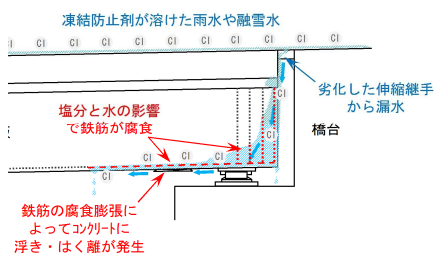


写真 剥離・鉄筋露出



写真 剥離・鉄筋露出

53

2. 橋梁の点検と評価診断

■支間長の1/4点付近

変状原因：耐荷力不足（せん断力が大きい位置）

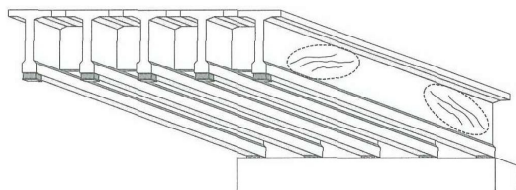


写真 斜めひび割れ



写真 斜めひび割れ

■支間中央部付近

変状原因：耐荷力不足（最大曲げモーメント発生位置）

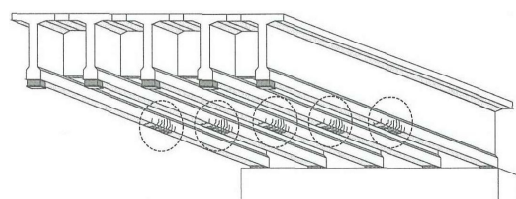


写真 軸直角方向ひび割れ

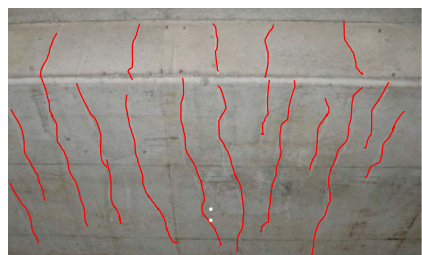


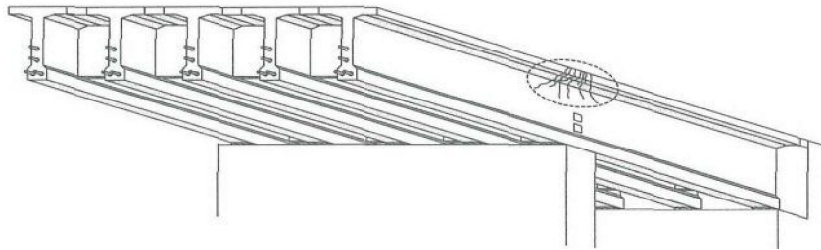
写真 軸直角方向ひび割れ

54

2. 橋梁の点検と評価診断

■連続桁中間支点上付近

変状原因: 耐荷力不足(負の曲げモーメント発生位置)



■ゲルバー桁橋(ひび割れ・剥離・鉄筋露出)

変状原因: 耐荷力不足等

掛違ひ部の崩壊60分前写真
この後、破断し橋が崩壊した。
(カナダ・ケベック州)

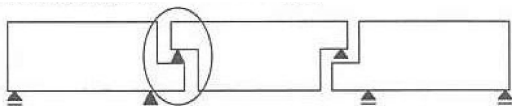


写真 ひび割れ・漏水



写真 ひび割れ・破断

2. 橋梁の点検と評価診断

② 断面形式に着目

■プレキャスト桁と場所打ち部の境界(漏水・遊離石灰・PC鋼材の破断)

遊離石灰が桁間にある場合には、主桁と場所打ち部の境界に水みちがある事が考えられる。内部PC鋼材の腐食や破断の可能性があり、注意が必要である。

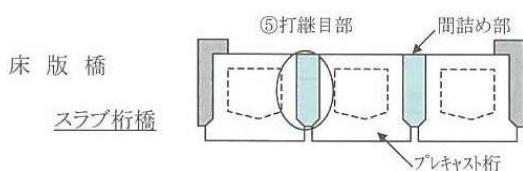


写真 漏水・遊離石灰

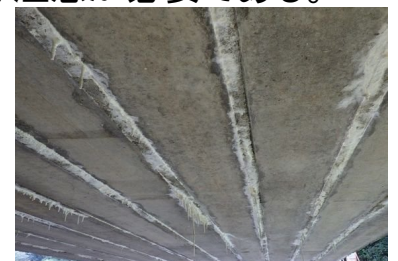
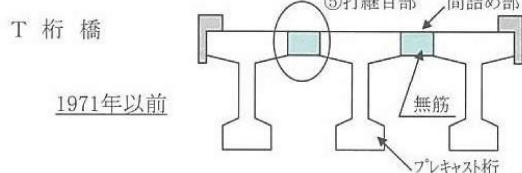
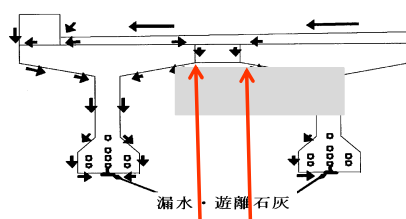


写真 漏水・遊離石灰



1971年以前



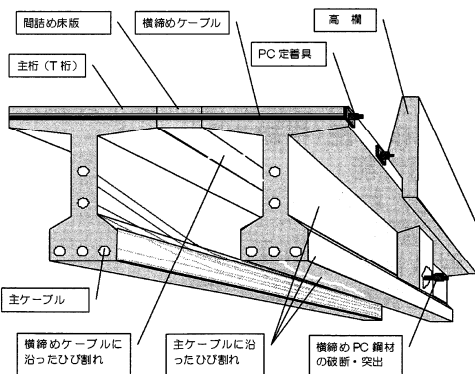
この箇所からの漏水



写真 漏水・遊離石灰

2. 橋梁の点検と評価診断

PC桁のPC鋼材破断事例



PCグラウトの充填不良が多かった為、場所打ち部に漏水があった場合、シース内に水が浸入し、PC鋼材が破断、突出する事例があった。

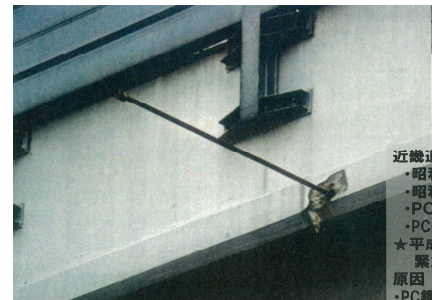
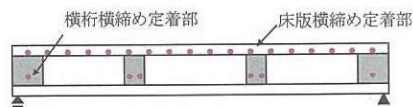


写真 PC鋼材突出事例 (T桁)

■横締め鋼材



T桁橋の場合

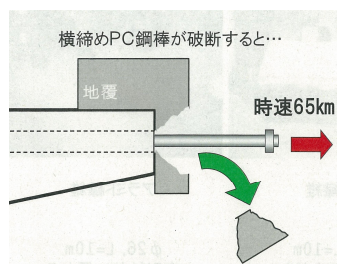
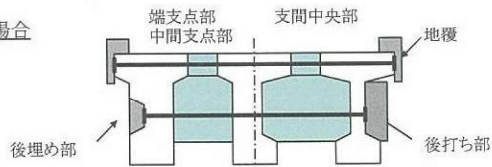


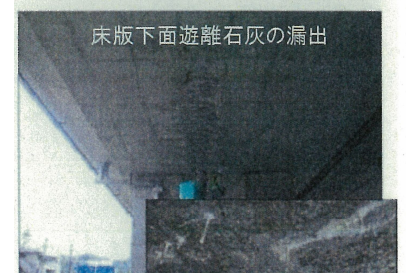
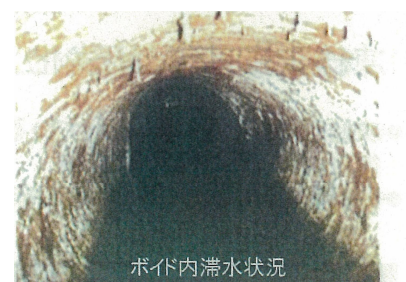
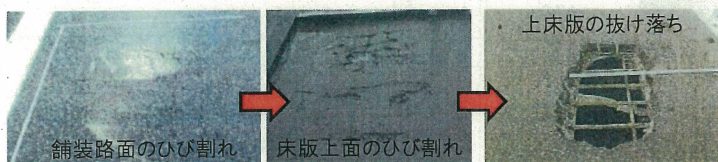
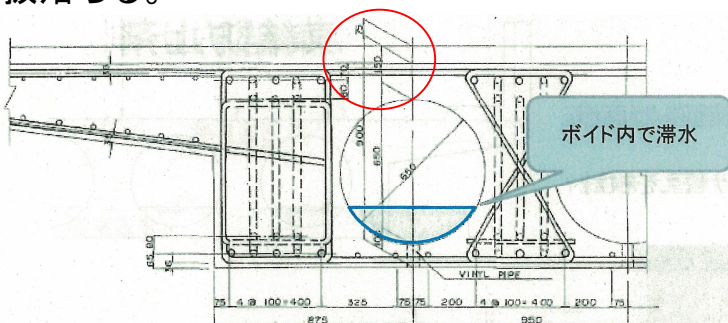
写真 PC鋼材突出事例 (I桁)

57

2. 橋梁の点検と評価診断

■ 場所打ち中空床版断面(床版のコンクリート抜落ち)

建設時に設計上床版厚さが確保されていない中、舗装面のひび割れ等から凍結防止剤が浸入し、円筒型枠内部に滞水、エフロレッセンスや塩害が発生し、床版が抜落ちる。



58

2. 橋梁の点検と評価診断

③ 劣化の機構に着目(ひび割れ・剥離・鉄筋露出)

■ 塩害

変状の特徴: コンクリートの著しい損傷・錆汁を含んだ遊離石灰等



写真 PC桁橋の剥離



写真 PC桁橋の剥離



写真 PC桁橋の浮き



写真 PC桁橋の剥離



写真 PC桁橋の浮き



写真 PC桁橋のひび割れ

写真_北陸地方整備局 北陸技術事務所

59

2. 橋梁の点検と評価診断

■ ASR(アルカリシリカ反応)

変状の特徴: 主筋や主ケーブルに沿ったひび割れ・遊離石灰等



写真 PC桁下面の橋軸方向ひび割れ

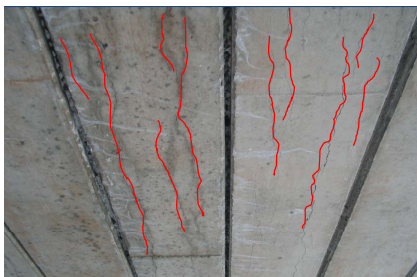


写真 PC桁下面の橋軸方向ひび割れ



写真 PCT桁ウエブからの遊離石灰



写真 RC中空床版橋



写真 RC中空床版橋

60

2. 橋梁の点検と評価診断

■ グラウト充填不良のPC鋼材

変状の特徴: 主ケーブルに沿ったひび割れ・遊離石灰等

1993年以前に建設された支間長が比較的短いT桁橋で、PCケーブル定着部が上床版にあり、後埋めコンクリートの付着が確実ではない橋梁。

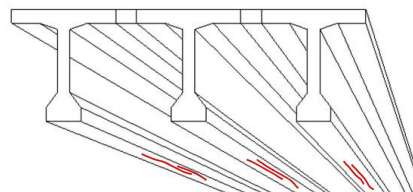
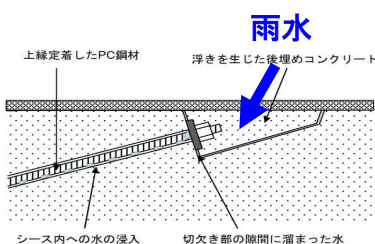
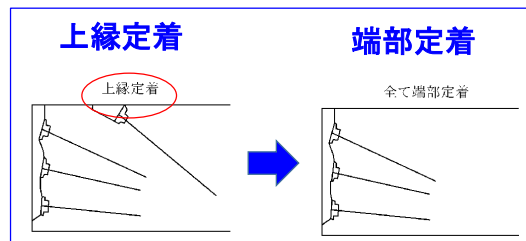
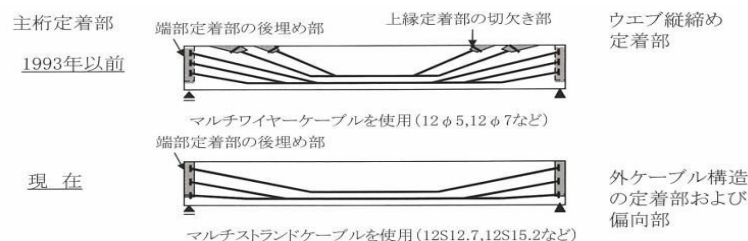


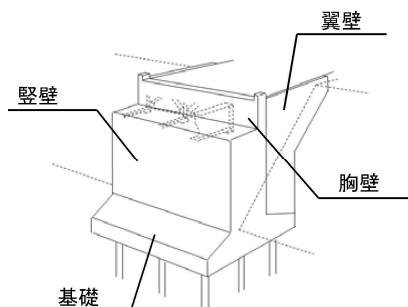
写真 下フランジに発生したエフロレッセンス

61

2. 橋梁の点検と評価診断

(4) 下部工の変状に着目 (橋台・橋脚・基礎等)

① 橋台 変状の特徴: コンクリートの一般的な変状・基礎の沈下等



- ・雨水が掛かる部位ではひび割れが生じやすい。
- ・水が供給される場所では、遊離石灰や錆汁が生じやすい。
- ・水の流れがある河川では、基礎の沈下・傾斜・洗掘などの影響を受けやすい。



写真 縦壁



写真 胸壁

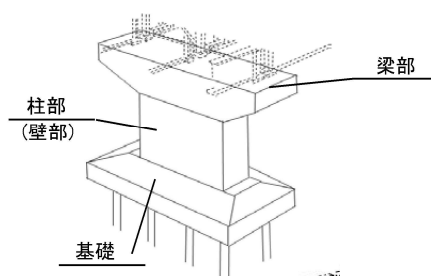


写真 橋台背面盛土の浸食

62

2. 橋梁の点検と評価診断

② 橋 脚 変状の特徴:コンクリートの一般的な変状・基礎の沈下等



- ・雨水が掛かる部位ではひび割れが生じやすい。
- ・水が供給される場所では、遊離石灰や錆汁が生じやすい。
- ・水の流れがある河川では、基礎の沈下・傾斜・洗堀などの影響を受けやすい。



写真 橋脚梁部のASRによるひび割れ



写真 橋脚柱部のASRによるひび割れ



写真 橋脚基礎の洗堀による沈下

2. 橋梁の点検と評価診断

③ 基礎の沈下・洗堀

発生原因(洗堀)

洪水時などの高速な流水が橋脚周りの河床土砂をえぐり取り、基礎地盤が流出することで発生し、支持力低下や沈下・傾斜、最悪は落橋に至る現象である。

発生原因(沈下)

河川流による洗堀で根入れが減少し、支持力が低下すること、軟弱地盤の圧密沈下や不同沈下、液状化、背面盛土の偏載荷重や施工不良などにより基礎地盤が変形・弱体化することが

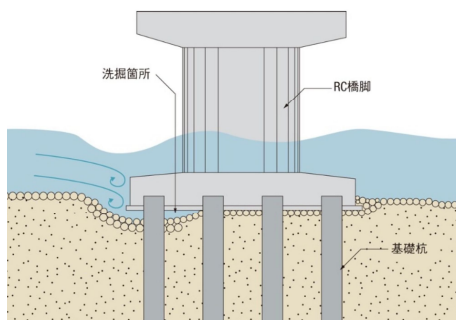


写真 基礎の洗堀イメージ



写真 基礎の洗堀

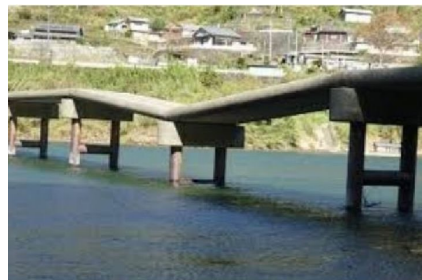


写真 基礎の沈下

2. 橋梁の点検と評価診断

(5) 付属物・路面の変状に着目

① 支 承

変状の特徴: 材質の違いにより各々の変状がある



写真 ローラーの破損による機能障害
(鋼製)

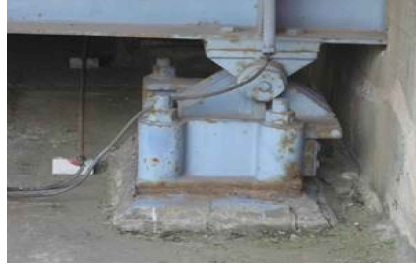


写真 主桁と胸壁の接触による
機能障害 (鋼製)



写真 腐食による機能障害 (鋼製)



写真 ゴムの破損による機能障害
(ゴム)



写真 ゴムのオゾン劣化と想定される
機能障害 (ゴム)



写真 ゴムの異常変形による
機能障害 (ゴム)

65

2. 橋梁の点検と評価診断

■ ゴム支承のオゾンクラック

発生原因

ゴム支承の表面に空気中のオゾンの作用で生じるひび割れで、進行すると内部鋼板の腐食やゴムと鋼板の剥離を招き、支承機能の水平荷重伝達性能を低下させる現象である。オゾンによりゴムが化学変化を起こす事が主原因である。

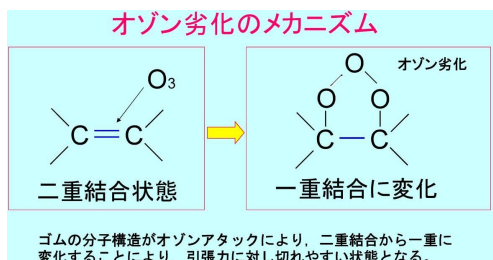


写真 パット型支承の鋼材腐食

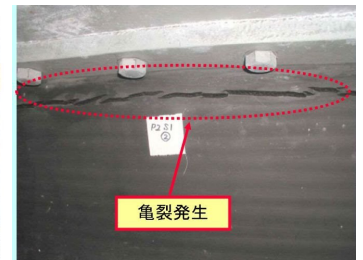


写真 免振支承

※せん断変形量が大きく、引張が生じている面に発生しやすいという報告がある。

66

2. 橋梁の点検と評価診断

② 伸縮装置

変状の特徴:路面の損傷や構造に関する事等様々である。



写真 後打ちコンクリートの破損



写真 遊間異常(遊間が広い)

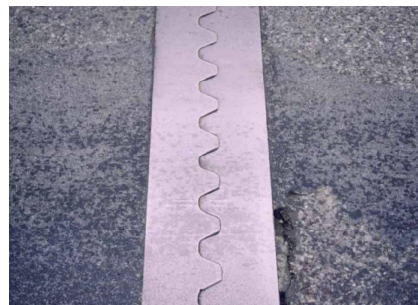


写真 遊間異常(遊間が極小)



写真 ゴム伸縮の破損

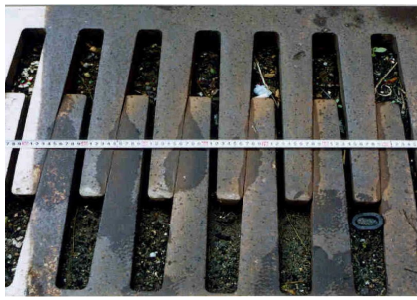


写真 遊間が橋軸直角方向にずれ

67

2. 橋梁の点検と評価診断

■ 桁の遊間異常

発生原因

桁端部の目地遊間に異常をきたしている状態である。桁と桁、桁と橋台の遊間が異常に広いか、遊間がなく接触している状態。

支承の異常な変位や橋桁のズレ、伸縮装置そのものの変形など様々な原因が考えられる。



写真 伸縮装置(狭い)

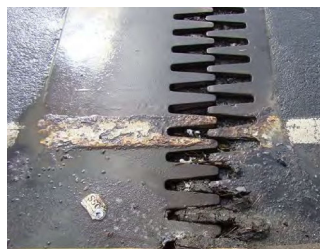


写真 伸縮装置(広い)



写真 防護柵のジョイント部(広い)



写真 支承の変形

68

2. 橋梁の点検と評価診断

③ 路面 変状の特徴:路面の損傷や構造に関する事等様々である。



写真 ポットホール



(1) 舗装の陥没
写真 舗装の陥没



(1) 遊離石灰を伴う舗装の陥没
写真 遊離石灰を伴う陥没

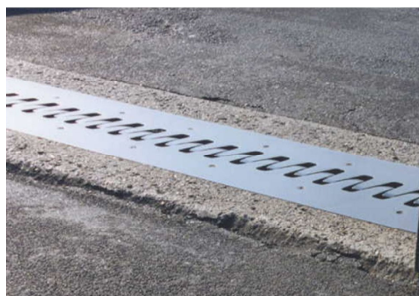


写真 路面の凹凸



写真 路面の凹凸



写真 路面の段差(伸縮装置破損)

2. 橋梁の点検と評価診断

(6) 第三者影響範囲に着目

第三者への影響範囲の考え方。

(国土交通省 第三者被害予防措置要領(案)H28.12)

道路又は軌道から**75度の範囲内**に入る構造物が対象であるが、公共の施設(公園)、建築物等に対しても留意する必要がある。

コンクリート片等の落下が懸念される箇所には、応急処置等の安全対策が必要である。

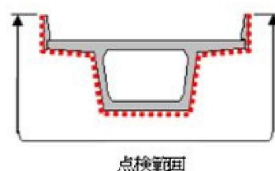
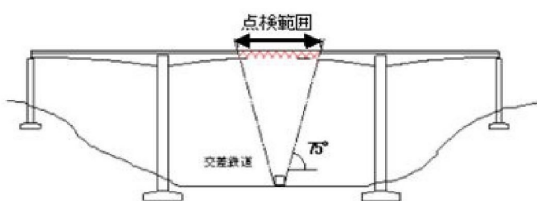
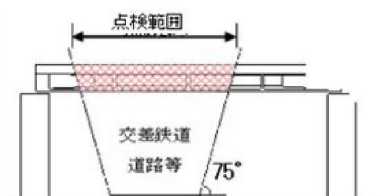
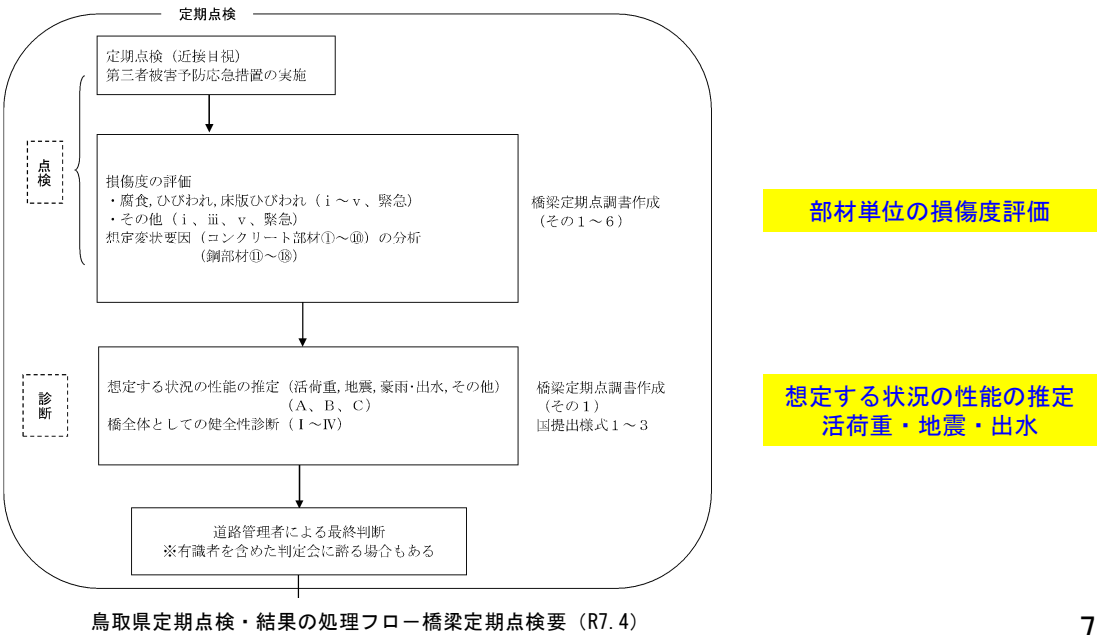


写真 補修した材料が剥がれた事例

2. 橋梁の点検と評価診断

3. 点検結果の評価診断

(1) 評価・診断フローチャート



2. 橋梁の点検と評価診断

(2) 部材単位の損傷度評価

表 - 腐食、ひび割れ、床版ひび割れの損傷度評価

損傷度の評価	
腐食 ひびわれ 床版ひびわれ	損傷度の目安
i	損傷無し
ii	比較的小さな損傷が狭い範囲に発生している
iii	比較的小さな損傷が広範囲に発生している
iv	比較的大きな損傷が狭い範囲に発生している
v	比較的大きな損傷が広範囲に発生している
緊急処置 ※ (道路管理者が判定)	緊急的な措置が必要な状態

損傷度の評価(左記 i ~ v・緊急処置)

- ・腐食
- ・ひび割れ
- ・床版ひび割れ

緊急処置: 道路管理者が判断

表 - 鋼(ゆるみ脱落・破断亀裂等)、コンクリート(漏水・遊離石灰支承の機能障害等の損傷度評価

損傷度の評価	
その他	損傷度の目安
i	損傷無し
iii	軽微な損傷が発生している
v	重大な損傷が発生している
緊急処置 ※ (道路管理者が判定)	緊急的な措置が必要な状態

損傷度の評価(左記 i・iii・v・緊急処置)

上記以外の部材

緊急処置: 道路管理者が判断

※部材単位の損傷度の評価は、構造上の部材区分あるいは部材毎に損傷種類毎の評価を行い、最も厳しい評価をすることを基本とする。

2. 橋梁の点検と評価診断

(3) 性能の推定を行うための指標

損傷度の評価と性能の推定する為の指標

表-性能の推定を行うための指標とその内容

指標	内 容
a	変状が認められないか、変状が軽微で補修を行う必要がない。
b	変状があり補修の必要があるものの、放置しても次回定期点検までに安全性が著しく損なわれることはない。(状況に応じて c 1、c 2 と同時に補修を行う)
c 1	橋梁構造の安全性の観点からは直ちに補修するほどの緊急性はないが、予防保全の観点から、次回定期点検までに補修等を行う必要がある。
c 2	変状が相当程度進行し、当該部位、部材の機能や安全性の低下が著しく、橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
e	橋梁構造の安全性が著しく損なわれている、または交通障害や第三者等への被害が懸念されるなどにより、緊急対応の必要がある。
m	軽微な変状が認められ、部材の機能を良好な状態に保つために維持工事等で対応する必要がある。

73

2. 橋梁の点検と評価診断

緊急処置状況【道路管理者に報告】

- ・上下部工の著しい損傷により落橋の恐れがある場合
- ・伸縮装置の著しい変形により通行車両がパンク等により運転を誤る恐れがある場合。
- ・地覆、高欄、床版等からコンクリート塊等が落下し、路下の通行人通行車両に危害を与える恐れがある場合。
- ・落橋防止装置の損傷、桁の異常な移動により落橋の恐れがある場合。
- ・床版の著しい損傷により、路面の陥没の恐れがある場合。
- ・桁あるいは点検路等から異常音が発生しており、周辺住民に悪影響を与えていると考えられる場合。
- ・車両の衝突により、高欄が著しく変形又は破損し、通行車両の転落の恐れがある場合。

74

2. 橋梁の点検と評価診断

(4) 特定事象の有無・健全性の診断に関する記載

維持管理上特別な取り扱いをする可能性のある事象を把握する目的で、疲労、塩害、ASR、防食機能劣化、洗掘等の特定事象に該当するかどうか推定する。

記載事例		施設ID		定期点検実施年月日					定期点検者	
該当部位	特定事象の有無 (有もしくは無)						健全性の診断の区分の前提	特記事項 (第三者被害の可能性に対する 応急措置の実施の有無等)		
	疲労	塩害	アルカリ骨 材反応	防食機能 の低下	洗掘	その他				
上部構造	無	無	無	-	-					
下部構造	無	無	無	-	-					
上下部接続部	無	-	-	-	-					
その他(フェールセーフ)	無	-	-	無	-					
その他(伸縮装置)	無	-	-	-	-					

75

2. 橋梁の点検と評価診断

(5) 部材単位の診断事例

① 判定区分解説

i : 損傷なし

ii : 比較的小さな損傷が狭い範囲に発生している

iii : 比較的小さな損傷が広範囲に発生している

iv : 比較的大きな損傷が狭い範囲に発生している

v : 比較的大きな損傷が広範囲に発生している

緊急処置: 緊急措置が必要な状態

表 4-2 指標と損傷度の関係

指標	損傷度	
	腐食、ひびわれ 床版ひびわれ	その他
a	i	i
b、m	ii	iii
c 1	iii、iv	iii、v
c 2	iv、v	v
e	緊急対応	緊急対応

② 腐食の判定 (例)

iii 判定



写真 著しい板厚減少ではない

v 判定



写真 著しい板厚減少

※ウェブと下フランジが分離している

緊急措置判定(e1判定)



写真 緊急対応の必要あり

本判定は国土交通省の判定指標をベースに鳥取県のマニュアルに沿って置き換えたものである。

76

2. 橋梁の点検と評価診断

③ ひび割れの判定（例）

iii 判定

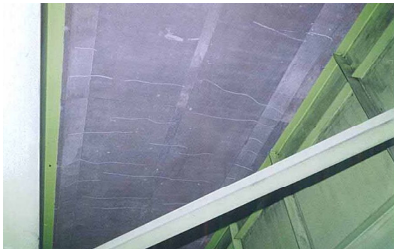


写真 ひび割れ幅が中位で間隔が広い

v 判定



写真 ひび割れ幅が大きく間隔が小さい

緊急措置判定



写真 ひび割れ・錆汁・剥離

④ 剥離・鉄筋露出の判定（例）

iii 判定



写真 鉄筋露出しているが局部的腐食も軽微

v 判定



写真 鉄筋が著しく腐食している

緊急措置判定 (e1判定)



写真 広範囲に鉄筋露出し鉄筋も著しく腐食している

2. 橋梁の点検と評価診断

（6）橋梁の性能の推定

上部構造、下部構造、上下部接続部等の構成要素が、活荷重、地震、出水等の状況に対して次回定期点検までに有効に機能すると見込めるか記録する。

A: 何らかの変状が生じる可能性は低い。

B: 致命的な状態となる可能性は低いものの何らかの変状が生じる可能性がある。

C: 致命的な状態となる可能性がある。

記載事例		定期点検実施年月日		2024.4.1		定期点検者	
技術的な評価結果	想定する状況						
	活荷重		地震		豪雨・出水		
橋(全体として)	B		B		-		
上部構造	B	写真番号 1	B	写真番号 5	-	写真番号	
下部構造	A	写真番号 2	B	写真番号 6	-	写真番号	
上下部接続部	A	写真番号 3	A	写真番号 7	-	写真番号	
その他(フェールセーフ)	-	写真番号	A	写真番号 8	-	写真番号	
その他(伸縮装置)	B	写真番号 4	-	写真番号	-	写真番号	

※本健全度診断は構造解析や精緻な測量、高度な検査技術による状態把握を求めるものではない。

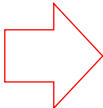
2. 橋梁の点検と評価診断

橋梁の性能の推定と指標の関係性例

活荷重・地震・豪雨出水での橋梁性能の推定を行うための指標で評価する。
それを基にして、性能の推定を行う。

性能の推定を行うための指標とその内容

指標	内 容
a	変状が認められないか、変状が軽微で補修を行う必要がない。
b	変状があり補修の必要があるものの、放置しても次回定期点検までに安全性が著しく損なわれることはない。(状況に応じてc 1、c 2と同時に補修を行う)
c 1	橋梁構造の安全性の観点からは直ちに補修するほどの緊急性はないが、予防保全の観点から、次回定期点検までに補修等を行う必要がある。
c 2	変状が相当程度進行し、当該部位、部材の機能や安全性の低下が著しく、橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
e	橋梁構造の安全性が著しく損なわれている、または交通障害や第三者等への被害が懸念されるなどにより、緊急対応の必要がある。
m	軽微な変状が認められ、部材の機能を良好な状態に保つために維持工事等で対応する必要がある。



性能の推定	指標
A	a、b、m
B	c 1
C	c 2、e

2. 橋梁の点検と評価診断

(7) 道路橋毎の診断

道路橋ごとの健全性の診断は、道路橋単位で総合的な評価をつけるものである。
部材単位の健全度が道路橋全体の健全度に及ぼす影響は、構造特性や架橋環境条件、当該道路橋の重要度等によっても異なる為、総合的に判断する必要がある。

区 分		定 義
I	健全	橋梁の機能に支障が生じていない状態。 (監視や対策を行う必要のない状態をいう)
II	予防保全段階	橋梁の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から置を講ずることが望ましい状態。 (予防保全として措置を検討する)
III	早期措置段階	橋梁の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。 (次回定期点検までに措置を行う)
IV	緊急措置段階	橋梁の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

健全性の診断と性能の推定の組み合わせによる技術的評価の関係

告示に基づく健全性の診断の区分	想定する状況における橋（全体として）の性能の推定
I	全てA、または豪雨・出水について確認困難によりBとした場合であって、活荷重及び地震のどちらもAの場合
III	Cが1つでもある場合
IV	Cのうち、指標eとなった主要部材がある場合
II	上記以外の場合

3. 変状の発生要因

81

3. 変状の発生要因

(1) コンクリートの変状と発生要因

コンクリートの変状発生要因を以下のように分類した。

初期欠陥:建設時の施工不良

経年劣化:建設後の外部環境作用や、荷重の影響が原因(損傷状況について記載)

劣化機構:経年劣化の外部環境作用と材料特性の相互作用が原因
(経年劣化の損傷原因)

※ 経年劣化では損傷状況、劣化機構では損傷原因について記載した。

発生時期	変状種類
初期欠陥	豆板・コールドジョイント・内部欠陥・砂筋・表面気泡
経年劣化	ひび割れ・浮き剥離・さび汁・エフロレッセンス 変色(汚れ)・すり減り
劣化機構	塩害・中性化・ASR・凍害・火害

82

3. 変状の発生要因

① 初期欠陥

初期欠陥といわれるものは、**施工中及び施工後**の養生中等、各工程で発生するものであり、構造物が初期の段階から健全な状態でないため、経年的に劣化因子の影響を受けやすい状態である。

■豆板（ジャンカ）

コンクリートを打設する時の材料分離・締固め不足・型枠下端からのセメントペーストの漏れなどにより生じる。



写真 豆板（ジャンカ）

■コールドジョイント

コンクリートを打重ねる時間の間隔を過ぎて後から打設したコンクリートが一体化しない状態。



写真 コールドジョイント

83

3. 変状の発生要因

■内部欠陥

材料分離や締固め不足などの施工不良等により、コンクリート内部に生じた豆板や空洞のことをいう。



写真 内部空洞

■砂すじ

ブリージングの多いコンクリートの浮き水を取り除かないで打ち足した場合や、軟練りコンクリートを過度に締め固めた場合に生じる。



写真 砂すじ

■表面気泡（あばた）

傾斜を有する型枠面を持つ場合など、十分な締固めを行った場合においても水泡や空気泡が発生する部位において生じる場合が多い。

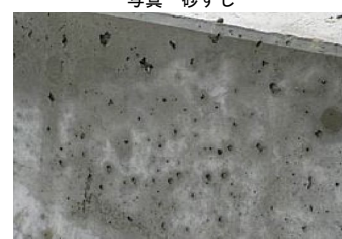


写真 表面気泡

84

3. 変状の発生要因

② 経年劣化

経年劣化とは、建設後の時間の経過とともに、中性化や塩害、ASR、凍害等の劣化作用で、コンクリートにひび割れや剥離、鉄筋腐食などによって強度や耐久性、安全性が徐々に低下していく現象である。ここでは、経年劣化と劣化機構を分けて説明する。

■ひび割れ

建設時の乾燥収縮や荷重、劣化因子の浸入等により、コンクリートの引張応力が引張強度を超えたときに発生する現象（コンクリートの割れ）である。



写真 ひび割れ



写真 ひび割れ

■浮き・剥離

鉄筋の腐食やコンクリート自体の劣化により、コンクリート表面から部分的に剥がれた状態、又は剥がれ落ちる状態である。



写真 剥離・鉄筋露出



写真 剥離・鉄筋露出

85

3. 変状の発生要因

■錆汁

コンクリート中の鋼材が腐食して、その錆が雨水等と一緒にコンクリート表面に染み出たものである。

錆汁は主に内部鋼材が腐食している事例が多く、重大損傷を発見する手がかりになることから、早期に対応が必要である。



写真 錆汁

■エフロレッセンス

コンクリート中の可溶成分が表面に移動し、空気中の炭酸ガス等の吸収によって、コンクリート表面に白色の結晶物が析出したものである。

エフロレッセンスの発生自体が構造物に悪影響を与えるものではないが、コンクリート内部への水の浸入により、鋼材が腐食すると耐荷性能の低下を招く恐れがある。



写真 エフロレッセンス

86

3. 変状の発生要因

■ 変色

コンクリートは本来、強いアルカリ性であり、植物やカビ、苔などは生育しにくい環境であるが、経年劣化によりコンクリート表面が中性化するとカビや苔が繁殖しやすい状態になる。



写真 苔などによる変色



写真 漏水による変色

■ すり減り

コンクリートの表面を、水が流れたり車などが走行する事による摩擦や衝撃によって、コンクリートの断面が徐々に減少していく劣化である。すり減りの状態は以下の3段階で進行する。

- ・表面のモルタル層がすり減る
- ・粗骨材が露出して砂利がすり減る。
- ・砂利が剥離する。

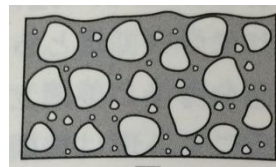


図 モルタル層のすり減り

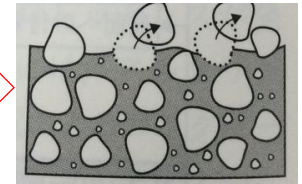


図 粗骨材のすり減り

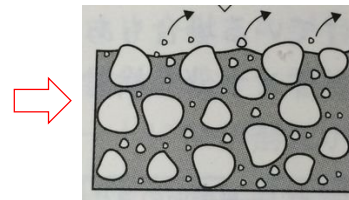


図 砂利の剥離

87

3. 変状の発生要因

③ 劣化機構

■ 塩害

発生原因

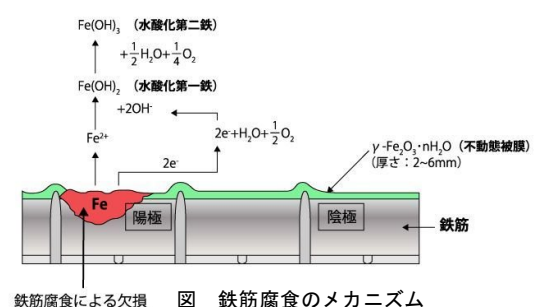
コンクリート中に侵入した塩化物イオンが、コンクリート内部の鋼材を腐食させ、その膨張圧でコンクリートにひび割れや剥離を生じさせる劣化現象である。塩化物イオンは、内在塩分、飛来塩分、凍結防止剤により供給される。

コンクリート中の塩分について

- ・内在塩分：建設時に細骨材用として未洗浄海砂を使用したもの。
- ・飛来塩分：海岸線から飛来してくる潮風に含まれる塩分
- ・凍結防止剤：冬季に凍結防止を目的に塩化カルシウム等を散布

変状の特徴

- ・鉄筋に沿ったひび割れが発生
- ・コンクリートから錆汁が析出
- ・激しい鉄筋露出や補強材の浮き



88

3. 変状の発生要因

■塩害の損傷写真



写真 ひび割れ・浮き・剥離・鉄筋露出



写真 幅0.5mmのひび割れ



写真 補修補強材からの錆汁

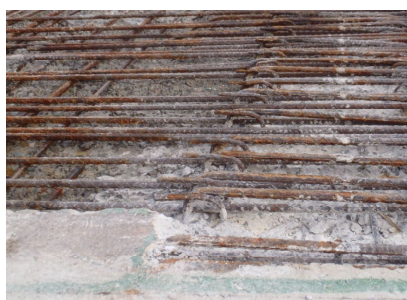


写真 床版上面鉄筋の腐食



写真 床版下面の剥落



写真 補強材の損傷(剥落)

89

3. 変状の発生要因

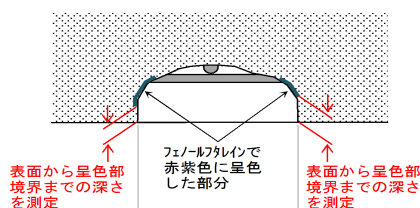
■中性化

発生原因

本来PH12～13の強アルカリであるコンクリートに、大気中の二酸化炭素が侵入し炭酸化反応によってコンクリート中のPHを低下させる現象である。これにより、鋼材が腐食発錆しコンクリートに剥離やひび割れを生じさせる。

変状の特徴

- ・鉄筋に沿ったひび割れが発生
- ・かぶり部分の剥落
- ・塩害のような錆汁は出ない事が多い



中性化深さ フェノールフタレイン法(JIS A 1152)

90

3. 変状の発生要因

■ 中性化の損傷写真

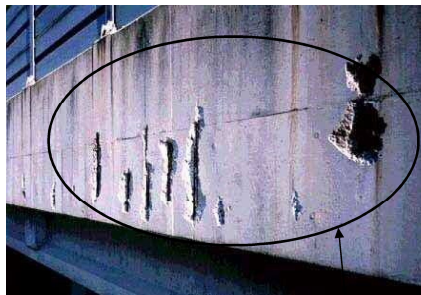


写真 壁高欄の剥離



写真 壁高欄の剥離



写真 壁高欄の剥離



写真 橋台側面剥落状況



写真 床版コンクリートの剥離

91

3. 変状の発生要因

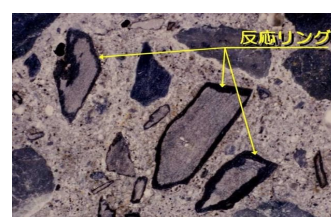
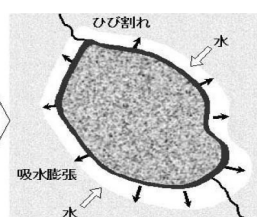
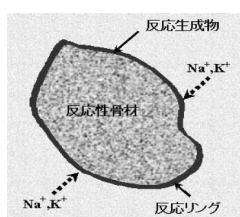
■ ASR

発生原因

セメント中のアルカリと骨材中の反応性シリカ、水分が反応して膨張性のゲル(アルカリシリカゲル)を生じ、その膨張でコンクリートにひび割れや変形を起こす劣化現象(アルカリシリカ反応)である。

変状の特徴

- ・比較的鉄筋量の少ない壁、擁壁等では網状や亀甲状に発生。
- ・柱、梁等では鉄筋に沿ってひび割れ発生。PC部材ではPC鋼材に沿ってひび割れ発生。
- ・骨材周りに反応リムが発生、遊離石灰を伴うひび割れ
- ・ASR反応の期間は一定ではない。残存膨張終息を判断するには、長期の観察と対応が必要。



シリカゲルの膨張

92

3. 変状の発生要因

■ASRによる損傷写真



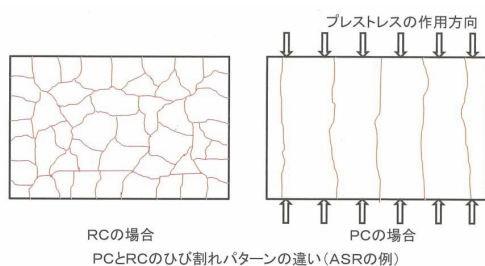
写真 無筋構造物



写真 亀甲状クラック



写真 亀甲状クラック



RCの場合

PCの場合

PCとRCのひび割れパターンの違い(ASRの例)



写真 張出し部の著しい損傷



写真 膨張圧による鉄筋破断

93

3. 変状の発生要因

■凍害

発生原因

コンクリート中の水分が凍結と融解を繰り返すことでコンクリート内部に圧力が生じ、ひび割れや表面剥離等の劣化が進行する現象である。

変状

- ・ポップアウト : 骨材がはじけて円錐状の剥離
- ・スケーリング : 鱗状の微細なひび割れと表層はく離

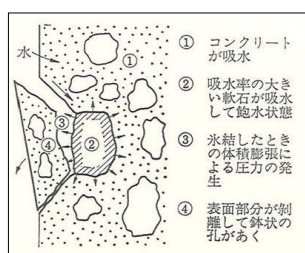


図 ポップアウト

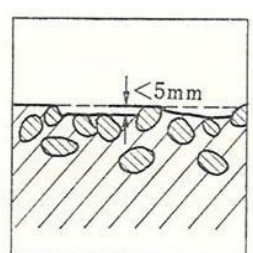
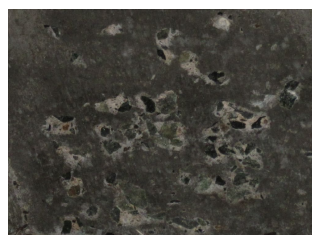


図 スケーリング



94

3. 変状の発生要因

■ 火害

発生原因

火災などの高温により、コンクリート内部の組織や鉄筋が損傷し、強度、耐久性、安全性が低下する現象である。コンクリートの変色状況と受熱温度で判断する。

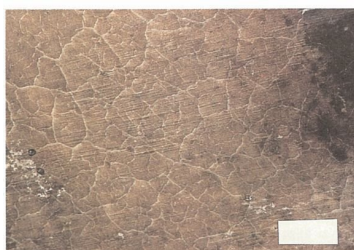
受熱温度と強度・性質の目安

300℃まで : 強度低下は少ない

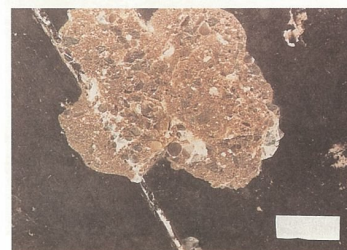
500℃を超える : 強度及び弾性係数の値が50%以下になる。

■ 火害による変色状況と受熱温度

変色状況など	受熱温度
表面にすすが付着	300℃未満
ピンク色	300～600℃
灰白色	600～950℃
黄淡色	950～1200℃
熔融	1200℃以上



火害によるひび割れ



火害による爆裂

95

3. 変状の発生要因

(2) 鋼部材の変状と発生要因

鋼部材の変状発生要因について、腐食・塗膜劣化・疲労亀裂・ハイテンボルトの緩み脱落の変状発生要因について記載する。

発生時期	変状種類
経年劣化	腐食、塗膜劣化、疲労亀裂、ハイテンボルトの緩み脱落

96

3. 変状の発生要因

① 腐食

発生原因

鋼(鉄)が水分や酸素、塩分など周囲環境との化学・電気化学反応により酸化して錆となり、断面が減少して強度や耐久性が低下する現象である。



写真 腐食



写真 腐食による欠損



写真 腐食による欠損

② 塗膜劣化

発生原因

紫外線・雨・熱などの影響で塗料の膜(塗膜)の樹脂が分解・弱化し、光沢低下・変退色・チョーキング・ひび割れ・はがれなどの不具合が段階的に現れる現象である。紫外線や熱、水分、酸素などにより劣化が進行する。



写真 塗膜の劣化

97

3. 変状の発生要因

③ 疲労・亀裂

発生原因

鋼部材に繰り返し荷重が作用する事により、応力が累積し、微小亀裂が進展し、最終的に破断に至る劣化現象である。降伏応力よりはるかに小さい荷重でも生じる。



写真 疲労亀裂での破断



写真 疲労亀裂での破断

④ ハイテンボルトの緩み・脱落

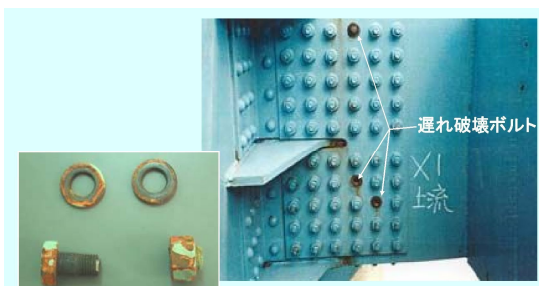


写真 ハイテンボルトの遅れ破壊

発生原因

昭和40年代後半から昭和50年代前半に使用されたF11Tボルトの遅れ破壊が主原因である。

遅れ破壊とは、一定の引張荷重が加えられている状態で、ある時間が経過した後、外見上はほとんど塑性変形を伴わず、突然脆性的に破壊する現象の事である。

98

4. 橋梁の補修・補強

99

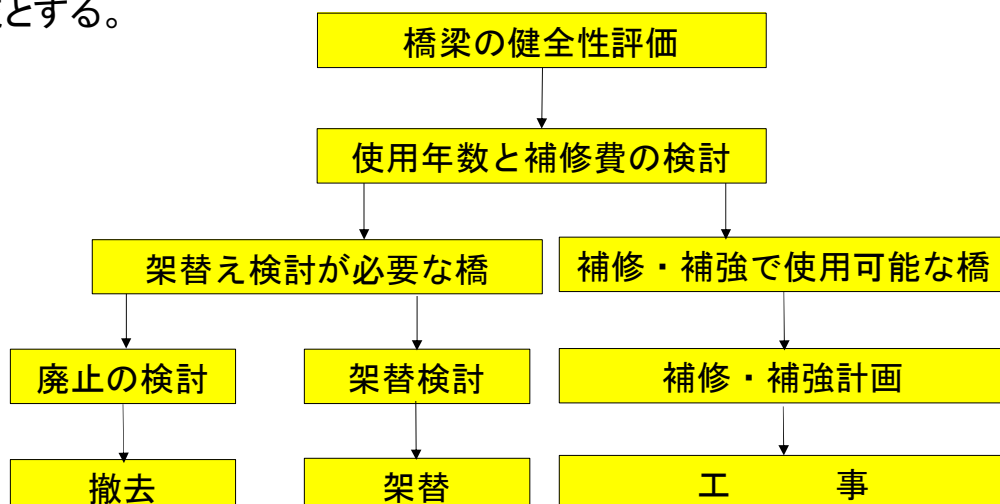
4. 橋梁の補修・補強

(1) 補修・補強の定義

補修の定義: 耐久性・機能の回復

補強の定義: 構造物の耐荷性や剛性等の力学的な性能を向上

補修・補強の検討では、老朽化の程度、将来の必要性等も考慮し架替え、撤去等も選択肢とする。



100

4. 橋梁の補修・補強

(2) 補修対策

構造物種類	変状	対策
コンクリート構造物	ひび割れ	ひび割れ補修
	剥離・剥落	断面の修復
	表面の被覆	表面の被覆
	コンクリート片の剥落	剥落の防止
	鉄筋の腐食	電気化学的な補修(電気防食)
		電気化学的な補修(脱塩・再アルカリ)
鋼構造物	腐食・破断・亀裂	当て板補修
	ボルトのゆるみ・脱落	ボルトの取替・剥落対策
	塗膜劣化	塗装塗替

101

4. 橋梁の補修・補強

① ひび割れ補修

コンクリートなどに生じたひび割れ内部に注入材料を低圧で注入し、空隙を充填して一体化と防水性を回復する工法である。ひび割れの補修は、一般的に0.2mm以上を対象とする。

注入工法: 0.2mm以上1.0mm未満
 充填工法: 1.0mm以上

		ひび割れ部の挙動					
		小			大		
		適用可能なひび割れ幅			適用可能なひび割れ幅		
		0.2mm以下	0.2～1.0mm	1.0mm以上	0.2mm以下	0.2～1.0mm	1.0mm以上
補修工法		ひび割れ被覆工法	注入工法	充てん工法	ひび割れ被覆工法	注入工法	充てん工法
補修材料		塗膜弾性防水材 or ポリマーセメントペースト	エポキシ樹脂系注入材 or アクリル樹脂系注入材 or 注入用ポリマーセメント	ポリマーセメントモルタル or 可とう性エポキシ樹脂	塗膜弾性防水材	(軟質系)エポキシ樹脂系注入材 or アクリル樹脂系注入材	シーリング材(ウレタン樹脂)(シリコン樹脂) or 可とう性エポキシ樹脂

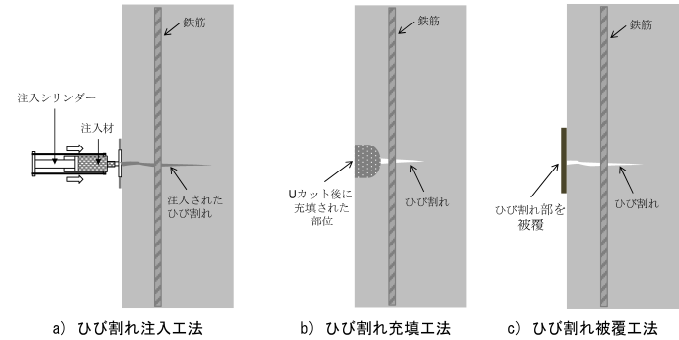


写真 ひび割れ注入



写真 ひび割れ充填

4. 橋梁の補修・補強

エポキシ樹脂の品質規格

ひび割れ注入材料(西日本高速道路株) 構造物施工管理要領から抜粋)

表 3-2-1 ひび割れ注入工法用エポキシ樹脂系ひび割れ注入材の品質規格

項 目		単位	1 種	2 種	3 種	試験方法
ひび割れ進行区分 ^{注1)}		—	進行度 A	進行度 B	進行度 C	—
ひび割れ幅 ^{注2)}		mm	0.2～5.0	0.2～5.0	0.2～5.0	—
未硬化の 注入材	粘度 (×10 ⁻³) *	Pa・S	1,000 以下	—	1,000 以下	JIS K 6833
	チキソトロピック係数 ^{注3)} *	—	—	4±1	—	JIS K 6833
	可使時間 ^{注4)} *	min	30 以上	30 以上	30 以上	温度上昇法 ^{注5)}
	収縮率	%	3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下	JIS A 6024
硬化した 注入材	伸び率	%	—	50 以上	100 以上	JIS K 7161 JIS K 7162
	モルタル 付着強さ	乾 燥 面	N/mm ²	6 以上	6 以上	JIS A 6024
		湿 潤 面	N/mm ²	3 以上	3 以上	JIS A 6024
	付着力耐久性保持率	%	60 以上	60 以上	60 以上	JIS A 6024

注 1) ひび割れ進行区分

進行度 A：日変化または温度変化によるひび割れの挙動および構造に起因するひび割れの発生を対象とし、異常なひび割れ幅の進行がないもの。

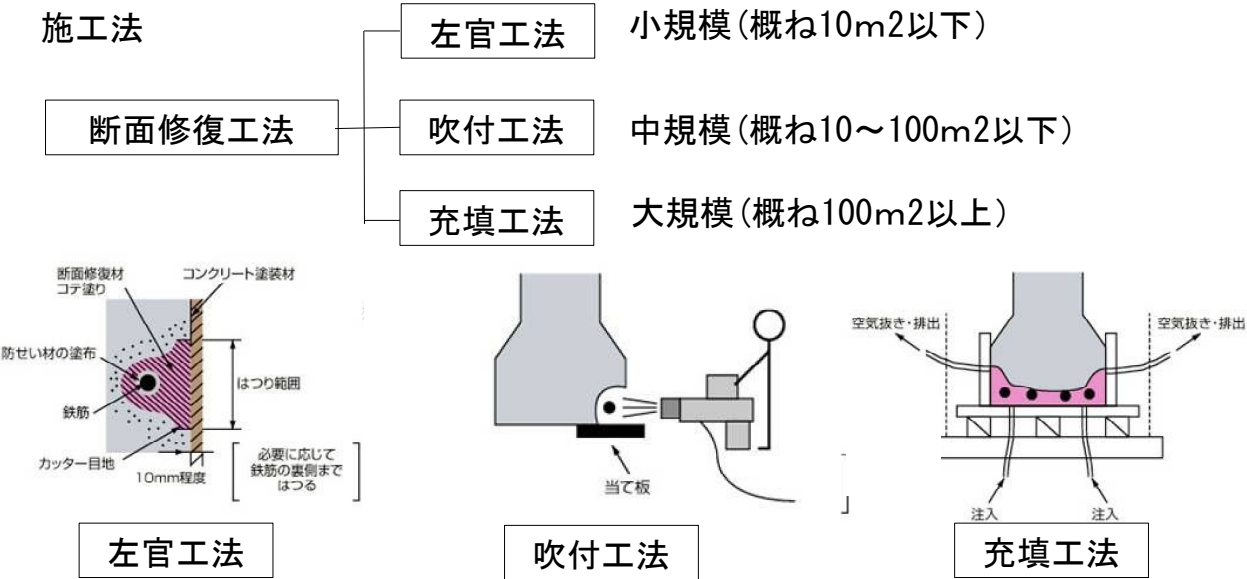
進行度 B：完全にひび割れの進行が止まった保証が得られない場合。

進行度 C：ひび割れ幅の増加が進行している場合。

4. 橋梁の補修・補強

② 断面の修復

劣化損傷したコンクリートをはつり取り、断面修復材で元の形状と性能を回復し、鉄筋腐食や劣化因子の侵入を防ぐ工法である。施工条件によって、左官工法、吹付工法、充填工法を使い分ける。



4. 橋梁の補修・補強

断面修復材料に要求される性能

- ・力学的性能
圧縮強度、静弾性係数等
- ・断面の修復に特有な性能
付着強度、ひび割れ抵抗性、鉄筋背面への充填性等
- ・耐久性能
遮塩性、中性化抵抗性、凍結融解抵抗性

表 3-3-2 左官工法による断面修復の性能照査項目

要求性能	試験項目	試験体の履歴条件	基準値	試験方法
断面の修復に要する性能	硬化時間 ^{*1}	—	断面修復材の固化時間は 1 時間以上であること	JIS R5201 ^{*3}
	断面修復材料の外観（表面被覆無し）	温冷繰り返し試験後	断面修復材は均一で、われ、はがれ、ふくれのないこと	JIS A6909 ^{*4}
	硬化収縮性	—	断面修復材の硬化収縮率は 0.05% 以下であること 硬化に伴う発熱により反りかえりが無いこと	JIS A1129-3 ^{*5}
	熱膨張性	硬化収縮試験後	断面修復材の熱膨張係数は $2.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下であること	JIS K6911 ^{*6}
	コンクリートとの付着性	湿潤時 耐アルカリ性試験後 温冷繰り返し試験後	コンクリートと断面修復材との付着強度は、 $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であること	JSCE K 561 ^{*7}
	表面被覆塗膜との付着性 ^{*2}	温冷繰り返し試験後	塗膜と断面修復材との付着強度は、 $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であること	JIS A6909 ^{*8}
力学的性能	圧縮強度	—	補修設計で定めた設計基準強度以上であること	JIS R5201 ^{*9}

断面修復材料(品質基準:西日本高速道路㈱ 構造物施工管理要領から抜粋)

一般的には、セメントモルタル・ポリマーセメントモルタル・樹脂モルタル等から選定されることが多い。

4. 橋梁の補修・補強

断面修復の施工手順

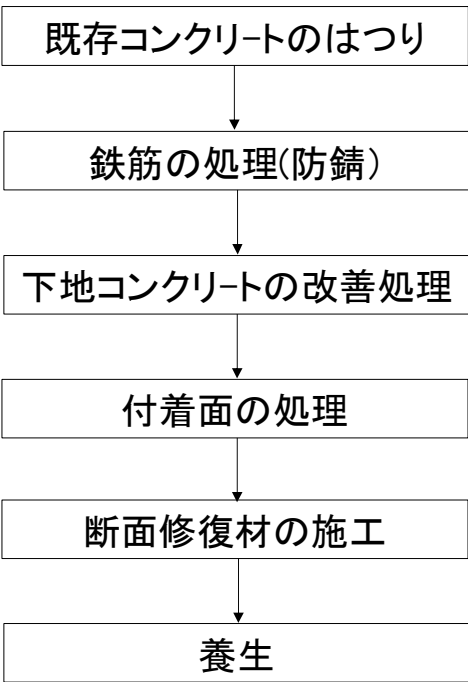


写真 WJによるコンクリートの除去



写真 鉄筋防錆材塗布



写真 左官工法施工



写真 表面仕上げ

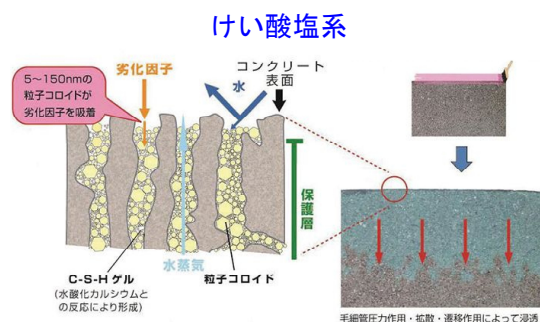
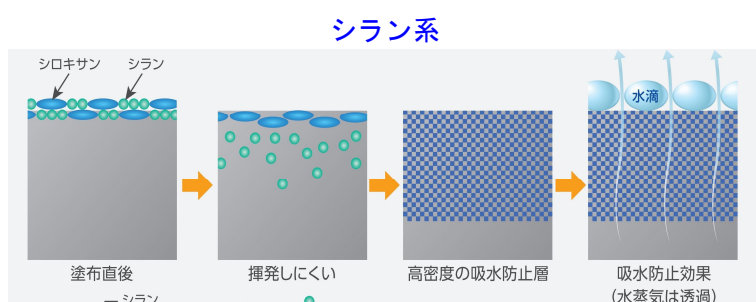
4. 橋梁の補修・補強

③ 表面の被覆（表面含浸材）

表面を被覆する事により、劣化原因となる因子(水・炭酸ガス・酸素・塩分等)のコンクリート内への浸透防止、劣化進行を抑制し、構造物の耐久性を向上させることを目的に設置するものである。

シラン系：コンクリート表面から数ミリの厚さの範囲に撥水層が形成される事で、外部からの劣化因子の浸入を抑制。

けい酸塩系：コンクリート表層部をち密化する事により外部からの劣化因子の浸入を抑制。

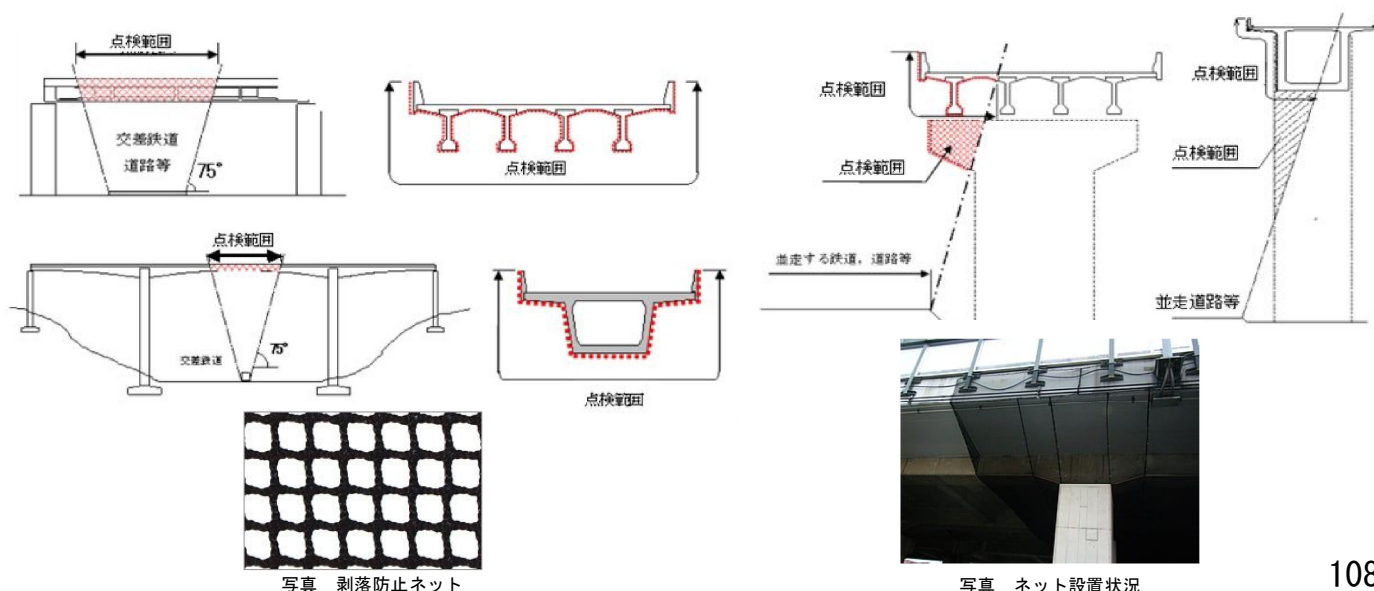


107

4. 橋梁の補修・補強

④ 剥落の防止

第三者への影響範囲の考え方。(国土交通省 第三者被害予防措置要領(案) H31.4) 道路又は軌道から**75度**の範囲内に入る構造物が対象であるが、公共の施設(公園)、建築物等に対しても留意する必要がある。



108

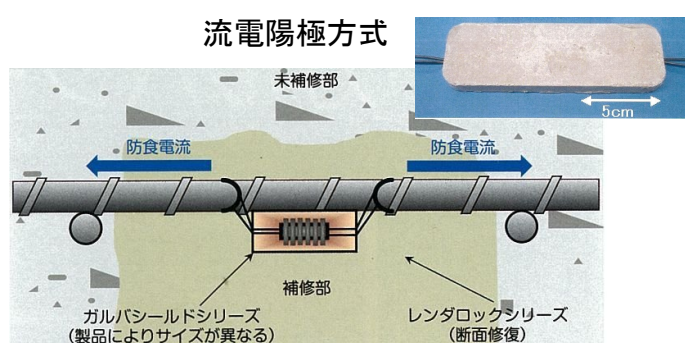
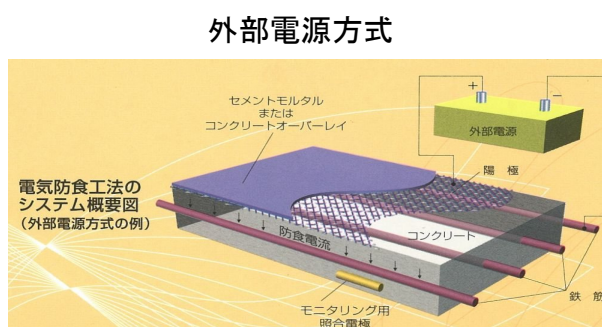
4. 橋梁の補修・補強

⑤ 電気化学的な補修1（電気防食工法）

コンクリート中にある鋼材の腐食が、電気化学的反応である事に着目し、鋼材が腐食する際に発生する腐食電流を電気の供給によって遮断する事で腐食を停止させる手法である。電流の供給方法によって、外部電源方式と犠牲陽極方式に分類される。

外部電源方式：直流電源装置を用いる。

流電陽極方式：陽極材と鉄筋の電位差を利用する。



109

4. 橋梁の補修・補強

⑥ 電気化学的な補修2（脱塩工法・再アルカリ工法）

電気の流れによって、コンクリート中の鋼材の腐食環境を改善する手法である。

再アルカリ化工法：中性化したコンクリートにアルカリ性を再付する工法である。

脱塩工法：コンクリート中の塩化物イオンを除去あるいは低減する工法である。

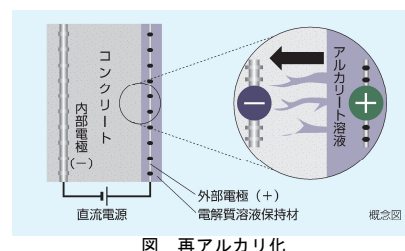
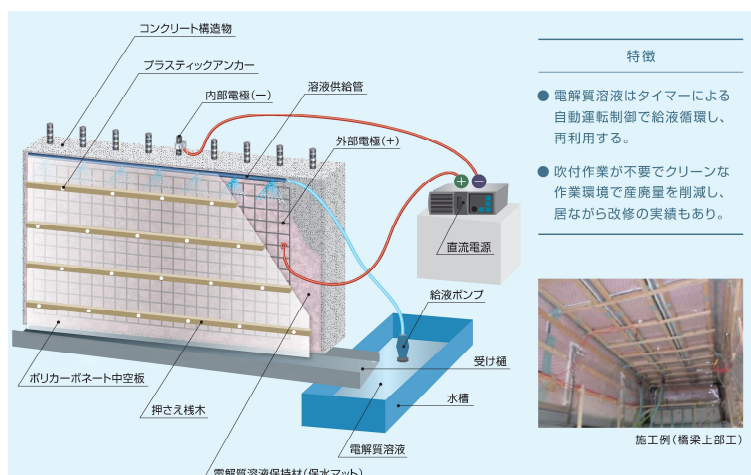


図 再アルカリ化

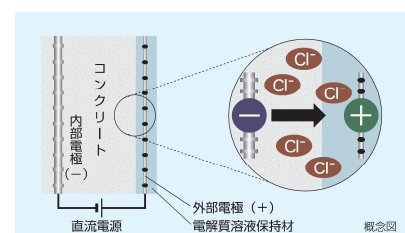


図 脱塩

110

4. 橋梁の補修・補強

⑦ 当て板補修

鋼部材に亀裂や腐食・断面欠損などの損傷が生じた際に、鋼板を高力ボルトもしくは溶接により固定し性能回復を図る補修補強工法である。



写真 主桁フランジの腐食減肉



写真 主桁端部部分取替



写真 コンクリート接触部の腐食による破断



写真 当て板補修完了



日本橋梁建設協会 (保全委員会資料より)

111

4. 橋梁の補修・補強

疲労亀裂も、当て板補修を行うことが一般的である。溶接による補修も方法としてあるが、溶接に適さない母材が使用されている場合も多い事、施工時の品質が確保されにくい事等から基本的には溶接は避けられる。



写真 疲労亀裂 損傷状況

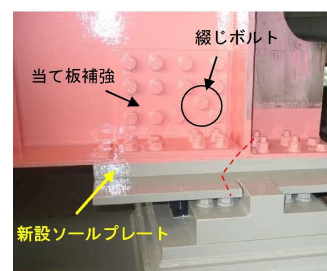


写真 疲労亀裂 応急対策

日本橋梁建設協会 (保全委員会資料より)



写真 当て板補修



写真 サンドルによる主桁仮受

112

4. 橋梁の補修・補強

⑧ ボルトの取替・剥落対策

破断したボルトを取替える必要があるが、現在使用されているF10Tは、F11Tの許容値が95%である為、設計照査を行い確認する必要がある。
現状での対策は、ボルトの脱落を防止する為の対策を実施するに至っている事が多い。



写真 落下防止キャップ

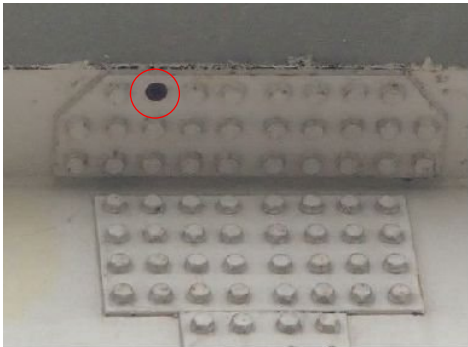


写真 F11T高力ボルトの遅れ破壊

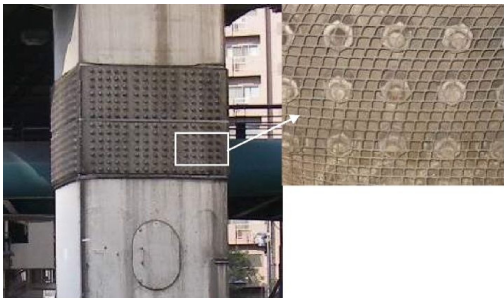


写真 落下防止ネット

日本橋梁建設協会（保全委員会資料より）

4. 橋梁の補修・補強

⑨ 塗替塗装(素地調整)

塗膜は表面から消耗していくため、定期的な塗替えが必要である。塗替え前には素地調整を行い死膜や錆を除去し防錆効果を失っていない活膜のみ残すよう計画する。



素地調整の種類	塗装の劣化程度	発錆面積	作業内容	作業方法
1種ケレン	発錆がはなはだしく塗膜の割れ、ふくれ、はがれ等がほぼ全面的に発生している状態	(30%以上)	錆、塗膜を除去し鋼材面とする	ブラスト法
2種ケレン		30%以上	錆、塗膜を除去し鋼材面を露出させる。ただし、くぼみ部分や狭隘部分に錆や塗膜が存在する	ディスクサンダー、ワイヤホイールなどの動力工具と手工具の併用
3種ケレン	部分的に点錆および塗膜の割れ、ふくれ、はがれ等が発生しているが活膜も多くある状態	A 15~30% B 5~15% C 5%以下	錆、塗膜を除去し鋼材面を露出させる。ただし、劣化していない塗膜（活膜）は残す	
4種ケレン	錆の発生がほとんどなく塗膜が変色、白亜化した状態	—	粉化物および付着物を落とし活膜を残す	

既存塗料中に、鉛やPCB(ポリ塩化ビフェニル)等の有害物質が含まれているものがある。この為、労働者の健康障害防止を目的にして、塗替時には有害物質の含有を事前に確認する事や、湿式による作業の実施が求められている。

日本橋梁建設協会（保全委員会資料より）

4. 橋梁の補修・補強

(3) 補強対策

構造物種類	手法	補強方法
コンクリート橋	部材の交換	床版取替工法
	断面の増加	増厚工法・巻立て工法
	補強材の追加	鋼板又は炭素繊維シート接着
	プレストレスの導入	外ケーブル工法
鋼橋	塗膜劣化	金属溶射
橋脚・橋台	耐震補強	鋼板巻き立て
		制振補強・座屈拘束ブレス

115

4. 橋梁の補修・補強

① 床版取替工法

鋼道路橋の既設RC床版を撤去し、プレキャストPC床版に更新する工法である。床版の耐荷力及び耐久性の回復・向上させることを目的に実施する。

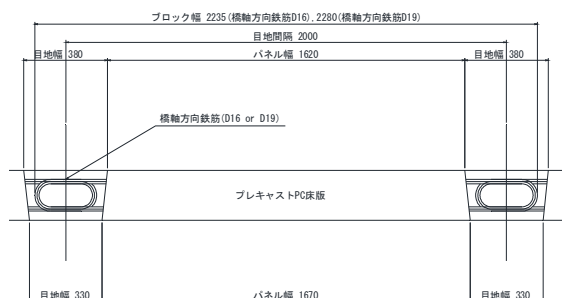


116

4. 橋梁の補修・補強

■プレキャストPC床版の形状と基本配置

プレキャストPC床版側面形状



NEXCO西日本の仕様

床版厚さ: 220mm

橋軸方向構造: RC構造(ループ継手)

直角方向構造: PC構造(プレテンション方式)

床版配置 : 目地間隔が2000mm(床版幅1600mmあまり)

プレキャストPC床版のPC鋼材配置

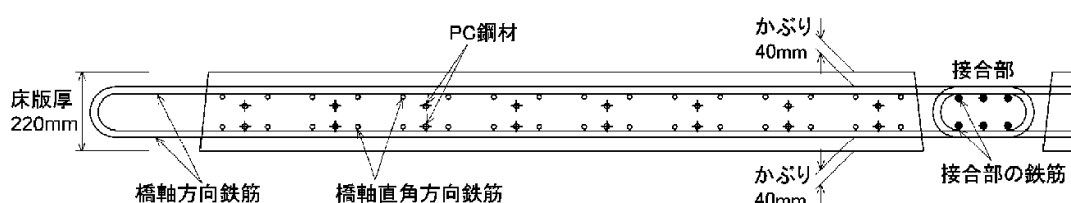


図 1.5.6 プレキャストPC床版の断面構成例

117

4. 橋梁の補修・補強

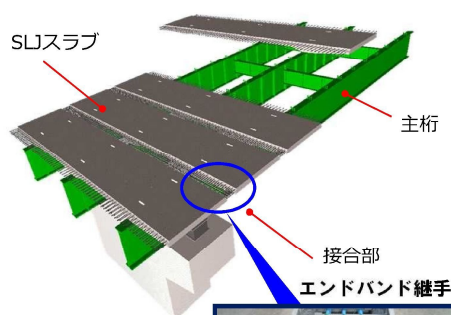
■様々なプレキャストPC床版1(継手)

施工性に優れ、床版枚数を低減

SLJスラブ

特許番号: 特許第5337122号 NETIS登録番号: KT-070081-VE
※掲載期間終了
共同開発社 西日本高速道路株式会社 株式会社富士ボルト製作所

SLJスラブ (Short Lapped Joint) はプレキャストPC床版の接合部にエンドバンド鉄筋を用いることで、接合部を短く、かつ床版厚を薄くすることができます。その結果、従来のプレキャストPC床版と比較すると床版重量を軽減し施工性の向上が可能となります。



エポキシ樹脂塗装
エンドバンド鉄筋



鉄筋の端部にエンドバンド(鋼管)を付与したもので、鉄筋の付着力とエンドバンドの支圧抵抗力の複合作用により定着します。エポキシ樹脂塗装をしたエンドバンド鉄筋を用いることにより、塩害地域や融雪剤を散布する地域にも適用できます。

118

4. 橋梁の補修・補強

■ 様々なプレキャストPC床版2(施工法)

従来、全面通行止めにして、幅員方向を一括架設しており、交通規制が大規模になっていた。半断面施工にすることにより、1車線のみの規制で施工が可能である為、渋滞等の社会的損失を最小限に抑えることができる。

【 従来技術:全面通行止施工 】



【 提案技術:車線規制施工 】



2期施工時には、橋軸直角方向のプレストレス導入が必要である。



架設・撤去機材

※特別な架設機材が必要である。

119

4. 橋梁の補修・補強

② 増厚工法(上面増厚・下面補強) ・ 巻立て工法

■ 上面増厚補強

既設床版コンクリート上面に新たに鋼繊維補強コンクリートを打設し、増厚一体化する事により、床版の耐荷性能を向上させるものである。

■ 下面補強

既設構造物のコンクリート下面に鉄筋等の補修・補強材を配置して、ポリマーセメントモルタルを吹付けることにより、耐荷力や耐久性の向上を図る工法である。

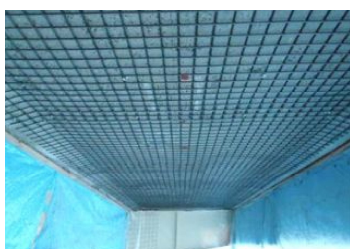
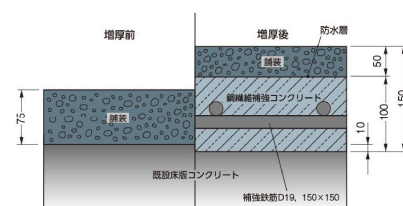
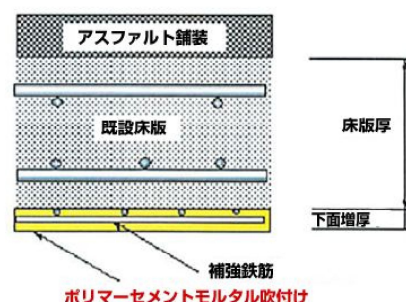


写真 鉄筋配置完了



写真 ポリマーセメント吹付



120

4. 橋梁の補修・補強

③ 鋼板及び炭素繊維シートの接着工法

鋼板及び炭素繊維シートを接着する事で、耐力の回復あるいは向上させる工法である。

■ 鋼板接着

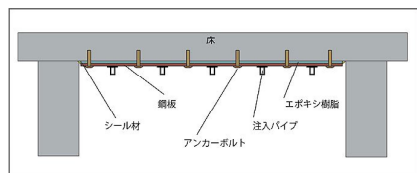
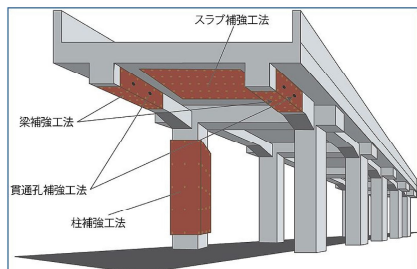


写真 床版の不陸調整



写真 鋼板の接着



写真 樹脂の注入

■ 炭素繊維シート接着

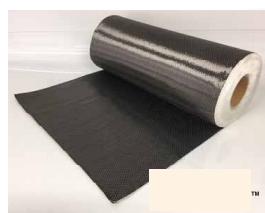
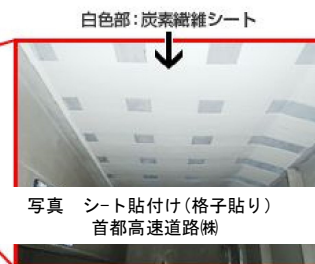


写真 炭素繊維シート



写真 シート貼付け(格子貼り)



炭素繊維シートを床版下面に貼付

4. 橋梁の補修・補強

④ 外ケーブル工法

緊張材を既設構造物に配置する事で、耐力の回復あるいは向上させる工法である。

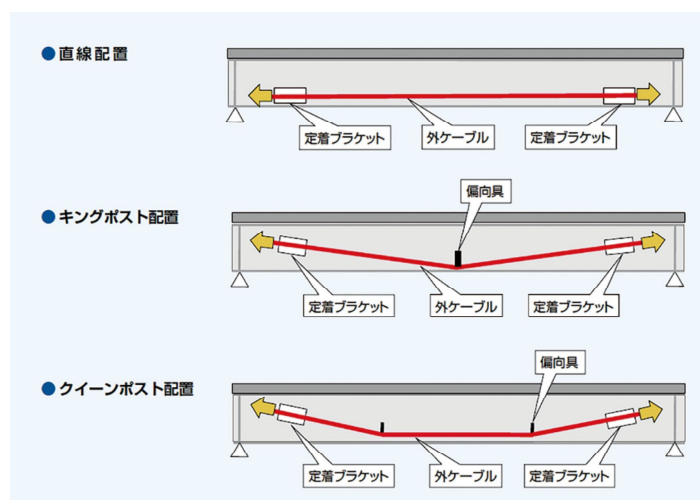


写真 外ケーブル補強



写真 外ケーブル補強

4. 橋梁の補修・補強

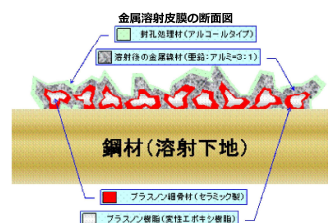
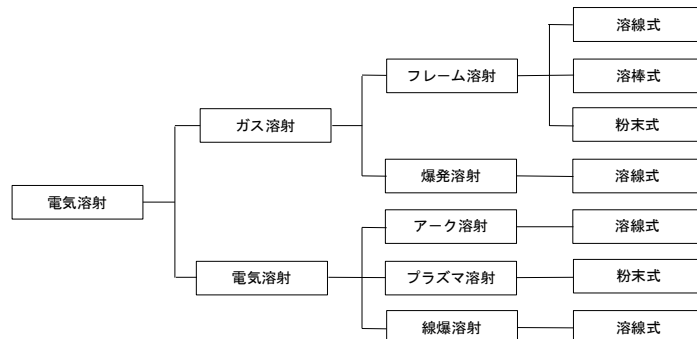
⑤ 金属溶射

金属溶射は、材料を溶かしたり熔融に近い状態で吹付けて防食層を形成する技術である。耐久性は通常の塗膜と比較して格段に高くなっている。周辺環境によって使用する材料を選定する事が可能である。

表一 各防食方法の推定耐久年数

項目		耐久年数		
塗装	初期塗装	塗替え塗装	塗装名称	少ない→飛来塩分量→多い
	C-5 全工場塗装	防食維持	Rc-I フッ素樹脂塗装	一般環境 (山間部) やや厳しい環境 (市街地部) 厳しい環境 (海岸部)
塗装以外の防食	溶融亜鉛メッキ	—	—	100年 60年 25年
	亜鉛アルミ合金溶射+封孔処理	—	—	100年 70年 60年
	亜鉛アルミ合金溶射+全面フッ素樹脂塗装	—	—	— 90年
	アルミニウム・マグネシウム合金溶射+封孔処理	—	—	— 100年以上
	アルミニウム・マグネシウム合金溶射+全面フッ素樹脂塗装	—	—	— 120年以上
	耐候性鋼材(原板プラスト)	200年	200年	—
	耐候性鋼材+さび安定化補助処理	200年	200年	—
	(参考) 塗装寿命延長鋼	—	—	45~70年
	(参考) ニッケル系高耐候性鋼材	—	—	200年

注1) 塗装仕様の記号は鋼道橋補修便覧による。
注2) 塗膜が防食機能を失い錆発生が10~15%になった時点で塗り替える。
※1 飛来塩分量別板厚減少予測値(「JIS耐候性鋼の腐食予測曲線(鋼道橋補修便覧)」より推定した)。



123

4. 橋梁の補修・補強

⑥ 耐震補強

■ 鋼板巻き立て

橋脚のせん断耐力及びじん性を向上させる事に加え、アンカー筋を設置する事により曲げ耐力の向上を図る事が可能である。



写真 地震による破壊



写真 地震による破壊

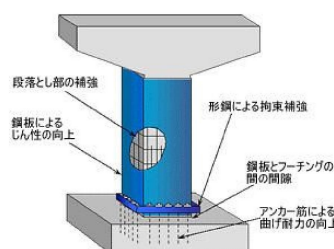


写真 鋼板巻き立て

■ 制震補強 座屈拘束ブレス

特殊な材質のH鋼を鋼管に入れる事により、外力に対してエネルギー吸収を図る部材。

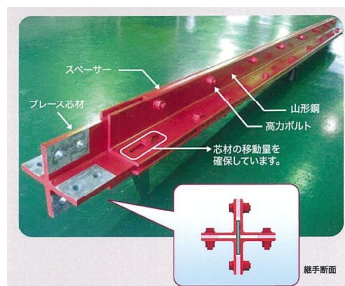


写真 制震部材

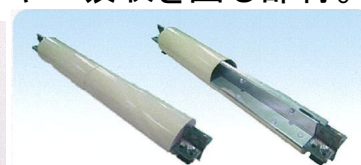


写真 制震部材

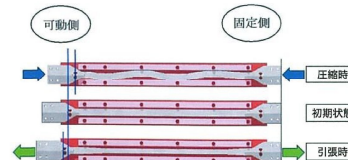


写真 制震補強取付け



写真 制震補強取付け

124

5. 鳥取県の長寿命化修繕計画

125

5. 鳥取県の長寿命化修繕計画

(1) 基本方針

鳥取県では、従来の事後の対症療法的な修繕及び架替えから、予防的な修繕及び計画的な架替えに転換し、維持管理コストの縮減ならびに予算の平準化を図る目的で、【長寿命化修繕計画】を策定した。基本方針は以下の通りである。

- 従来の対症型修繕から予防型修繕に移行して修繕を行います。
- 維持管理の効率化、費用の縮減を目指して新技術・新材料を積極的に活用します。
- 地域の実情や利用状況に応じて、橋梁の集約化・撤去を検討します。
- 今後の老朽化対策など維持管理に必要となる費用の縮減のため、上記のほか、県所有の大型橋梁点検車の積極的な活用、直営点検などに取り組んでいきます。

健全性Ⅲ以上の修繕が必要な橋梁のうち、JRや道路を跨ぐ橋梁、15m以上の緊急輸送路等は優先的に修繕に着手するものである。

126

5. 鳥取県の長寿命化修繕計画

(2) 新技術の活用

① 定期点検・詳細調査

定期点検の実施において、安全面の不安やコストの増大が懸念される橋梁においては、新技術の活用を検討する。

- ・高橋脚の場合
→ロープアクセスや無人航空機
- ・交通量が多く交通規制に伴い交通渋滞発生が予測される場合
→橋梁点検支援ロボット
- ・跨道橋等で桁下道路の交通量が多く交通規制が困難な場合
→橋梁等構造物の点検ロボットカメラ
- ・施工後20年以内の橋梁や前回点検結果が健全性Ⅰの橋梁
→UAVとアクションカメラを併用した技術

127

5. 鳥取県の長寿命化修繕計画

② 補修工事

国土交通省【新技術情報提供システム(NETIS)】を活用する等、最新技術の積極的な活用を図る。活用事例は以下のとおりである。

- ・長期の足場設置が困難なコンクリート部材に生じた 0.3mm以下のひび割れ補修については、『塗布型ひび割れ注入工法』などの採用を検討します。
- ・鋼橋の塗装塗り替えについては、発錆リスクである赤錆を黒錆へ転換して防食することができ、かつ厚膜塗料による長期耐候性も期待できる『長期耐候性錆転換防食塗装』などの採用を検討します。
- ・コンクリート舗装の床版防水については、高い防水性と舗装表面のひび割れ補修効果を有する『コンクリート舗装用床版防水工法』などの採用を検討します。
- ・既設伸縮装置のゴム劣化による漏水対策については、『ゴム劣化取替工法』などの採用を検討します。
- ・部材裏面に支障物が存在する場合などの当て板補強には、片面からのみで施工可能である『片面当て板補強工法』などの採用を検討します。

128

5. 鳥取県の長寿命化修繕計画

★塗布型ひび割れ注入工法

ひび割れの表面に塗布するだけで内部に浸透し、接着する塗布型ひび割れ注入工法

▶特長

- ①注入器具を用いないで、幅0.3mm以下の微細なひび割れを補修できます。
- ②ひび割れ表面に注入材を塗布するだけで、毛細管現象によりひび割れ内部に浸透し、接着一体化します。
- ③湿潤したひび割れ面の接着性にも優れています。
- ④ひび割れ部からの劣化因子を遮断する効果があります。



★長期耐候性錆転換防食塗装システム

専用のエポキシ樹脂プライマーにより発錆リスクである赤錆を黒錆へ転換し防食することができ、さらに超厚膜形ふっ素樹脂塗料を塗り重ねることで、長期耐候性も期待できる為、ライフサイクルコストの縮減が可能である。

錆転換塗料(赤錆を黒色被膜に変換し腐食を抑制する効果)を塗布する事により、塗装の耐久性を向上させる技術である。

素地調整程度3種以上

脱脂洗浄剤

DeCK脱脂洗浄剤
素地調整で生じた塗膜カスや、塗膜の付着を阻害する排気ガスや油分等の汚れを除去する。

塗装下地

DeCKプライマー
タンコン酸等のキレート剤を配合した特殊プライマーで、錆に浸透することで赤錆から黒錆へ転換させ、不動態膜を形成する効果がある。

下塗り

DeCK下塗り
DeCKプライマーとDeCK上塗りを繋ぎ合わせる特殊変形エポキシ樹脂下塗り塗料。
また、耐食性や耐水性もよく、錆転換を阻害する空気や水等の因子を遮断する。

上塗り

DeCK上塗り
従来の30μmの中塗り(エポキシ樹脂・ウレタン樹脂)と25μmの上塗り(ふっ素樹脂)の仕様よりも耐食性が優れている55μmの超厚膜形ふっ素樹脂上塗り塗料。



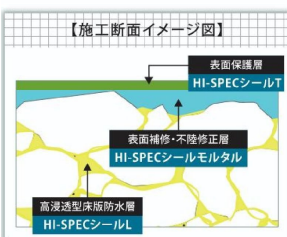
129

5. 鳥取県の長寿命化修繕計画

★コンクリート舗装用床版防水工法

不陸修正 + 防水層形成

凹凸を補修し、荷重による応力を分散させることで
舗装のひび割れや損傷を抑制します



密着EVA樹脂トップコート
HI-SPECシールドTが 防水層を長期的に保護

新開発したPCM系厚塗り補修材
HI-SPECシールドモルタルが 表面補修と不陸修正

高浸透型防水層
HI-SPECシールドLが 高い防水性を付与

長寿命化



★ゴム劣化取替工法

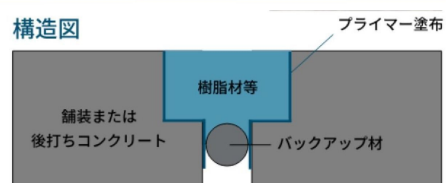
桁端伸縮部の漏水対策

橋梁用伸縮継手工事に於いて、突き合わせジョイントなどの伸縮ゴムの部分を撤去し、新たに伸縮性に優れた樹脂材などを充填する橋梁用伸縮継手補修工法です。



適用範囲 設計伸縮量 60mm以下 / 遊間75mm以下 / 標準施工厚35mm

構造図



130

5. 鳥取県の長寿命化修繕計画

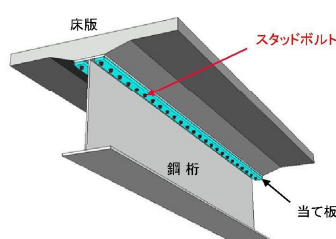
■片面当て板補強

- 閉鎖断面や部材裏面に舗装・コンクリートがある部材の補強を片面からのみで施工可能
- 孔あけが不要なため既設部材を傷つけず耐力低下がない
- 摩擦接合用高力スタッドボルトとして、ボルト等級F8T相当の強度を確保
- 高力ボルト用締結工具により、所定のボルト軸力を確実に導入できる

床版取替時の鋼桁補強や鋼床版デッキプレートとUリブ溶接部の疲労対策に高力スタッドボルトが適用されています。

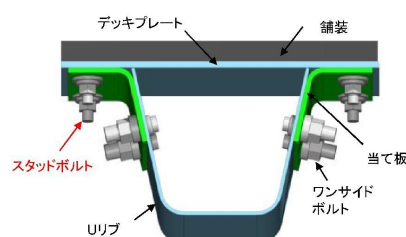
■既設鋼桁の当て板補強

既設鋼桁の補強として、上フランジと当て板を高力スタッドボルトにより摩擦接合しています。母材の孔あけを伴う高力ボルト摩擦接合よりも、当て板厚を約3割低減することができます。

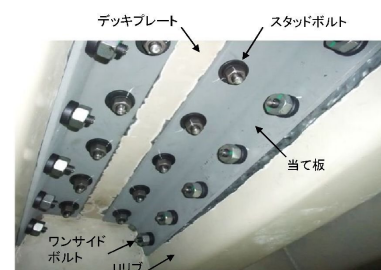


■鋼床版の下面当て板補強

デッキプレートと当て板をM20高力スタッドボルトにより摩擦接合しています。鋼床版下面から当て板補強が可能のため、交通規制が不要で、天候影響を受け難く、計画的に施工できます。



鋼桁の当て板補強施工状況



鋼床版の下面当て板補強状況

5. 鳥取県の長寿命化修繕計画

(3) 集約化・撤去の検討

老朽化により、現状のままでは継続利用が困難な橋梁(健全性Ⅲ、Ⅳの橋梁)

撤去

- ・周辺環境の変化により役割を終えた橋梁。
- ・利用交通量が著しく減少し、う回路が存在する橋梁。
- ・バイパス工事などにより隣接した位置に新設橋が設置された橋梁。

既設縮小化

- ・通学路に指定されるなど歩行者利用が多数ある場合、人道橋にダウンサイジング(機能を保ったまま規模・サイズを縮小化)する。

集約化

- ・隣接位置に橋が新設された場合、既設橋の健全性に関わらず、橋梁集約化を計画する。

5. 鳥取県の長寿命化修繕計画

老朽化により撤去が決まった事例



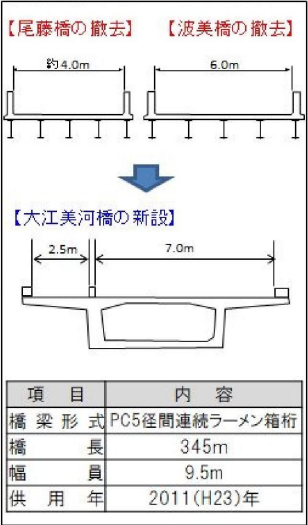
既設橋の縮小化事例

車道橋から人道橋にダウンサイジング



複数橋梁の集約化事例

○集約・撤去(複数橋梁の集約) 【交通量調査(平日12時間)】尾藤橋:469台(H17)/波美橋:未実施
【迂回先(大江美河橋)までの距離】尾藤橋:約1.2km、波美橋:約0.9km



○撤去橋梁(尾藤橋)	○撤去橋梁(波美橋)																				
【諸元】	【諸元】																				
<table><tr><td>項目</td><td>内容</td></tr><tr><td>橋梁形式</td><td>RC橋(16径間)</td></tr><tr><td>橋長</td><td>118.8m</td></tr><tr><td>幅員</td><td>4.0m</td></tr><tr><td>供用年</td><td>1955(S30)年</td></tr></table>	項目	内容	橋梁形式	RC橋(16径間)	橋長	118.8m	幅員	4.0m	供用年	1955(S30)年	<table><tr><td>項目</td><td>内容</td></tr><tr><td>橋梁形式</td><td>RC橋(10径間)</td></tr><tr><td>橋長</td><td>131.7m</td></tr><tr><td>幅員</td><td>6.0m</td></tr><tr><td>供用年</td><td>1978(S53)年</td></tr></table>	項目	内容	橋梁形式	RC橋(10径間)	橋長	131.7m	幅員	6.0m	供用年	1978(S53)年
項目	内容																				
橋梁形式	RC橋(16径間)																				
橋長	118.8m																				
幅員	4.0m																				
供用年	1955(S30)年																				
項目	内容																				
橋梁形式	RC橋(10径間)																				
橋長	131.7m																				
幅員	6.0m																				
供用年	1978(S53)年																				

6. 新技術・新工法

6. 新技術・新工法

1. 新技術活用目的

・点検支援技術

点検等の質を確保し『コスト縮減効果を期待』『安全性の向上等』

・維持補修技術

工事の効率化が目的であり『工期の短縮』『コスト縮減』等を期待した技術

対象

点検支援技術

・画像計測技術 : UAVドローン・ボート型ドローン・ロボットカメラ

・非破壊検査技術 : 赤外線調査

・計測・モニタリング技術 : コンクリート床版内部診断

維持補修技術

・維持管理 : 剥落防止対策ネット・SSI工法・リハビリ工法

HI-SPECシール工法・天板プレート一体型ステンレス排水装置

135

6. 新技術・新工法

2. 点検支援技術

(1) 画像計測技術

① UAVドローン

導入の目的 : 撮影困難箇所への導入
: 近接困難箇所への導入



従来技術 橋梁点検車による近接目視

■ 橋梁点検車による現橋調査
■ 交通規制が必要となるため、複数人数での作業が必要
(点検者・補助員、交通誘導警備員の6人程度)
■ 時期により、交通誘導警備員の確保が困難

新技術活用 技術名称: マルチコプタ点検システム「マルコ」
点検支援技術性能カタログ(案)技術番号: BR010017-V0120

■ 交通規制が不要
■ 作業は操縦者、操縦補助者、精度管理者の3人程度
■ 作業の効率化及び省力化
■ 現橋調査における精度・品質の確保・向上

136

6. 新技術・新工法

② ボート型ドローン

導入の目的 : 安全性の向上
撮影困難箇所への導入

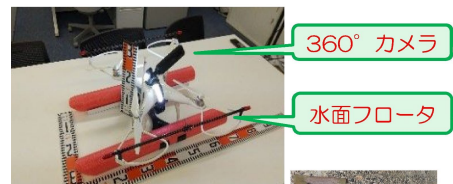
従来技術



人力により桁下空間が狭い箇所における近接目視

新技術活用

ボート型ドローンにより安全性の向上や撮影困難箇所の撮影が可能



水面に浮かび、障害物を飛越えて撮影することが可能



ヘドロ等の障害物上を飛行し、撮影することが可能



後日、専用ソフトの電子クラックスケールでひびわれ幅を計測

137

6. 新技術・新工法

③ ロボットカメラ

導入の目的 : 撮影困難箇所への導入
: 近接困難箇所への導入

従来技術 梯子や点検足場による近接目視



- 梯子や点検足場による近接目視
- 人道橋では点検車等が利用できず、近接目視が困難

新技術活用 技術名称: 橋梁点検ロボットカメラ
点検支援技術性能カタログ(案)技術番号: BR010019-V0120



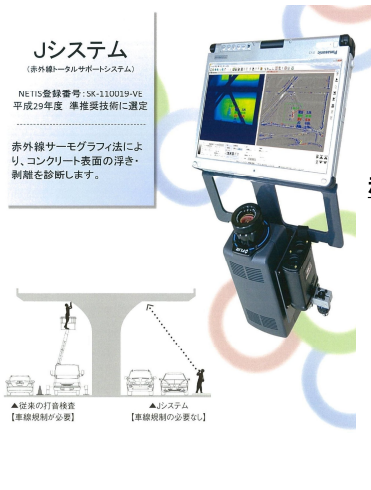
- 点検ロボットカメラによる損傷確認・写真撮影・形状計測
- 近接目視が困難な箇所でも写真撮影・形状計測が可能

138

6. 新技術・新工法

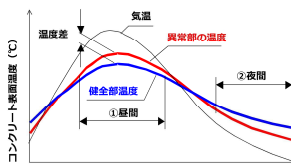
(2) 非破壊検査技術(赤外線調査)

導入の目的 : 点検精度の向上
: 点検作業の安全性向上
: 近接困難箇所での導入



赤外線調査の原理

- 気温の寒暖差によりコンクリート中に熱流が発生
- 異常部と健全部の表面温度差からコンクリート内部の損傷を検出



Point! 異常部 (赤色) と健全部 (青色) に温度差が発生する時間帯に調査実施することが重要



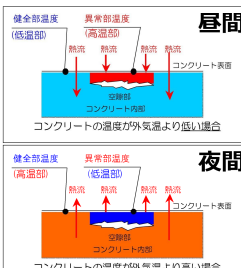
赤外線調査の有効性



《適用効果が特に大きいケース》

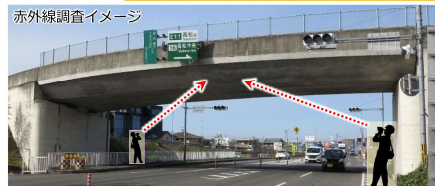
- Case1 連続高架橋
同じ熱環境で連続して調査できる
- Case2 重要交差点
占用施設・交差物に関係なく調査できる
- Case3 損傷が少ない
スクリーニングの効果が大きい

調査時間帯別の異常部の温度の違い



- 全面を打音検査
4車線の交通規制と規制切替が必要
- 赤外線調査を導入
✓ 打音検査日数・費用の削減
✓ 交通規制、切替の削減

コスト削減、規制中の事故リスク低減



139

6. 新技術・新工法

従来の赤外線調査との比較

従来の赤外線調査

- いつ調査すればいいかわからない
- 赤外線画像(熱画像)だけで判断できない
- 人によって解析結果が変わりそう

Jシステムによる赤外線調査

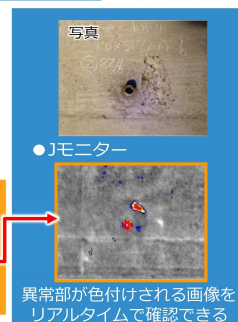
- 調査予報システム
調査工程を自動作成
→ 最適な調査時期がわかる
- 熱環境把握装置 EM(S)
調査前に熱環境を確認
→ 最適調査時間がわかる
- Jソフト&Jモニター
損傷レベル(損傷深さ)を3段階表示できる
→ リアルタイムで確認できる
- 画像解析
AIによる自動判定
→ 客観的に解析できる

可視画像と赤外線画像の両画像で判断

従来の赤外線調査



Jシステムによる赤外線調査

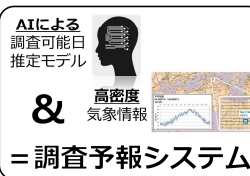


調査日が予測可能

【課題】調査できる時期やその日の判断が難しい



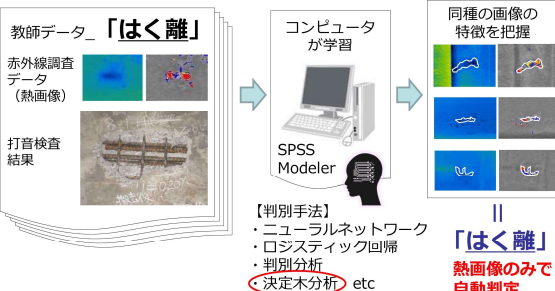
赤外線調査の適した時期に計画するには・・・



AI(機械学習)による診断

当社は、15年前からAI(機械学習)の導入による損傷自動判別に取り組んできた。

★ 損傷の自動診断方法

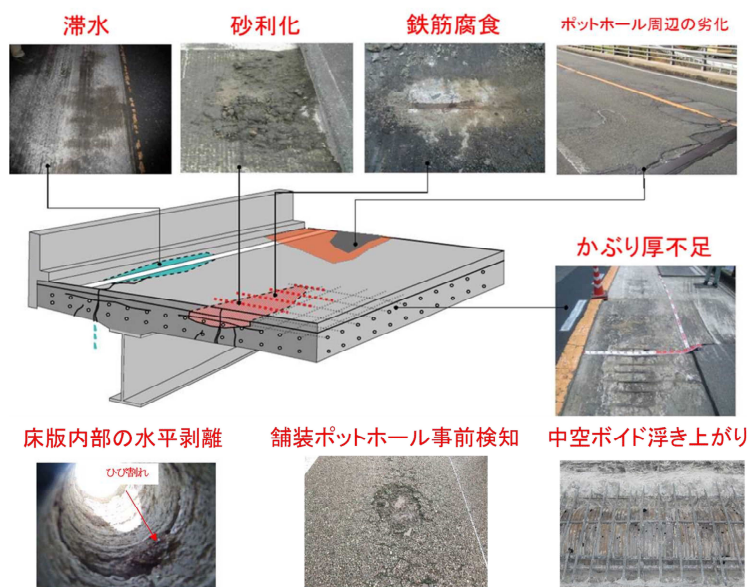


140

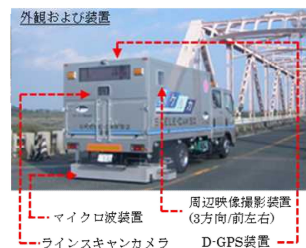
6. 新技術・新工法

(3) 計測・モニタリング技術（床版内部診断技術）

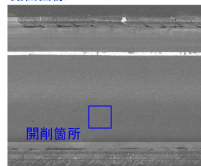
導入の目的：アスファルト舗装下の目視点検確認不可位置での導入



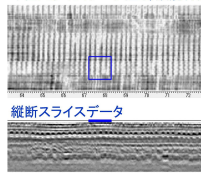
路面は異常なしだが、床版上面で一部浮きを確認



路面画像



平面スライスデータ(上部鉄筋付近)



路面異常なし



床版上部で一部浮きを確認したが、概ね健全であった。



141

6. 新技術・新工法

3. 維持補修技術

① 剥落防止対策ネット

コンクリートの剥落防止対策ネット。

スマートメッシュ

NETIS SK-140006-VR 掲載終了



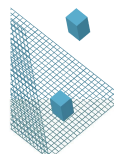
NETIS

NETIS登録期間は過ぎているが、高速道路では広く使われている技術である。

導入の効果：丈夫で長持ち・施工が簡単



丈夫で長持ち、仕上がりがスマート。しかも、施工が簡単です。



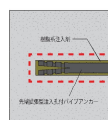
点検でコンクリートの浮きを見え、叩き落とそうとしたけど、落ちない。安心のためはく剥落防止対策をしたいけど、必要な範囲にだけ簡単に施工できる方法は・・・

スマートメッシュは、高強度ビニロンネットを使用したコンクリート片の剥落防止対策ネットです。耐久力、弾力性に優れ、また、通常のカラーやリサイズで切断できるため、構造物の形状を問わず施工することが可能です。打ち込み型のバイアアンカーを使用し、ネットと構造物をしっかりと固定しますので、ネットの落下もなく、美観の心配もありません。

特徴 丈夫で長持ち

- 高強度ビニロンネットを使用
高い引張強度と高い伸び率で、コンクリート片の剥落を防ぎます。PVC被覆（塩ビ系合成樹脂）加工で、耐酸性、耐塩性、耐アルカリ性に優れています。
- ステンレスアンカーをバイアス方向に固定
断面内にバイアスアンカーを打ち込み、先端を固定することで、アンカーを確実に固定します。また、樹脂注入漏れを防止し、コンクリート内部の劣化を防ぎます。

<バイアスアンカー打込前状態>



<バイアスアンカー打込後状態>



特徴 スマートな仕上がり

- 構造物にゆるまず密着
適度な柔らかさで形状を保持しながら、ゆるみなくスマートに仕上がります。
- コンクリートに馴染むグレー
コンクリートに近いグレーカラーで、より自然に溶け込みます。



比較	工法	剥落防止ネット	スマートメッシュ
概要 特徴		・ゆるみが大きく異質が高い。 ・隙間が大きく鳥害の懸念が。 ・割付作業が必要。	・ゆるみがなく異質が低い。 ・隙間がなく、目損点検が可能。 ・設置面積の変更が容易。

142

6. 新技術・新工法

② SSI工法（塩害対策工法）

NETIS KK-100009-VE 掲載終了

NETIS登録期間は過ぎているが、塩害対策用断面修復工法として広く使われている技術である。



SSI工法の3大特長

1 長期暴露試験と鉄筋腐食抑制効果

スラブを模擬した大型供試体を海塩環境に暴露し、高食した鉄筋について、一般防錆材と「塩分吸着剤」を含む防錆材との比較試験を行いました。3年経過後に鉄筋の残存率を分析した結果、「塩分吸着剤」の作用が明らかになりました。

2 SSI工法の施工と防錆環境化

飛来塩分による塩害（写真1）及び土中からの塩分による塩害（写真2）箇所をSSI工法で修復しました。施工後、腐食環境から防錆環境へ移行し、補修20年経過後も防錆効果の維持を確認しました。

3 SSI工法材料は、躯体と同質のポリマーセメント材料で構成されており、部分断面修復後のマクロセル腐食対策としても有効で、高耐久性を実現します。

施工の基本パターン

導入の効果：塩分量によってはつり範囲が狭くなる為、塩害のPC橋に適用しやすい。

143

6. 新技術・新工法

③ リハビリ工法工法（塩害・中性化・ASR対策工法）

導入の効果：亜硝酸リチウムを用いた技術



① 亜硝酸リチウム内部圧入工『リハビリ圧入工法』

NETIS CG-120005-VR

② 簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工『リハビリカプセル工法』

NETIS CG-120005-VR

③ ひび割れ注入工『リハビリシリンダー工法』

NETIS CG-120005-VR

④ 断面修復工『リハビリ断面修復工法』

NETIS CG-220003-A

⑤ 表面被覆工『リハビリ被覆工法』

NETIS CG-220003-A

⑥ 表面含浸工『プロコンガードシステムS』

NETIS CG-190024-A

REHABILI 亜硝酸リチウムを用いた塩害・中性化・ASR補修技術

リハビリ工法

リハビリ工法 劣化の症状・程度に応じて最適な工法を選定

① 亜硝酸リチウム内部圧入工『リハビリ圧入工法』

NETIS CG-120005-VR

② 簡易型亜硝酸リチウム内部圧入工『リハビリカプセル工法』

NETIS CG-120005-VR

③ ひび割れ注入工『リハビリシリンダー工法』

NETIS CG-120005-VR

④ 断面修復工『リハビリ断面修復工法』

NETIS CG-220003-A

⑤ 表面被覆工『リハビリ被覆工法』

NETIS CG-220003-A

⑥ 表面含浸工『プロコンガードシステムS』

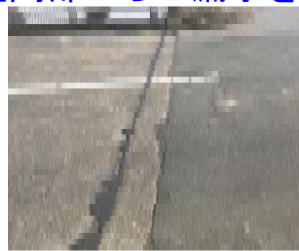
NETIS CG-190024-A

144

6. 新技術・新工法

⑥ 高機能止水材(メジエイド)

導入の効果:目地遊間部からの漏水を安価な費用で修繕

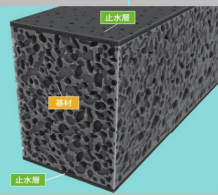


NETIS HR-240001

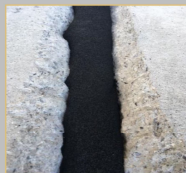
メジエイドの構造と特性

止水性

- メジエイドは、**合成ゴム発泡体**を基材に適用し、上下表層に**特殊加工**を行うことで強力な**止水層**を形成します
- 表層のみに特殊加工を行うことで、**基材の復元力**は保持され、設置後も**目地部の変動**に追従します



メジエイドの構造

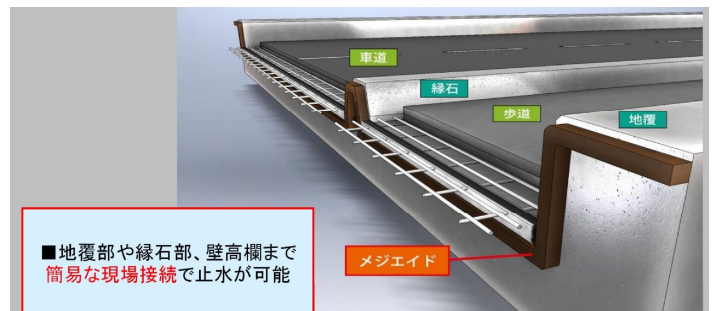
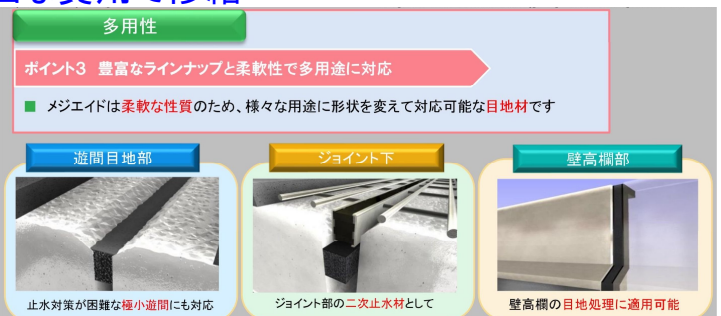


床版の凹凸に入り込む追従性

簡易性

ポイント2 簡易施工でトータルコスト削減

- メジエイドは、専用シリコンを側面に塗布し、目地部に設置し接着界面をシールするだけの**簡易施工**です
- 他の製品で止水機能を付加したり、シリコン等を何重にも注入した従来の工法と比較すると、**労力、時間、費用のトータルコスト削減**に繋がります



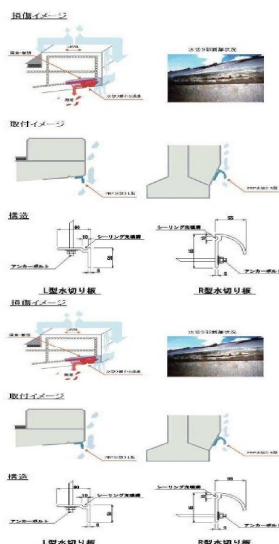
147

6. 新技術・新工法

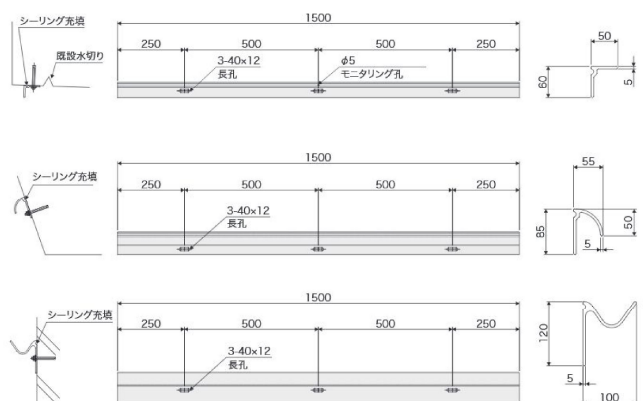
⑦ 橋梁用FRP水切り板

導入の効果:強度のあるFRP材を使用した水切り材

- 本技術は橋梁の地覆や床版下面からの桁及び支承への伝い水を防止し、腐食を抑制する技術である。
- FRP製とすることで腐食に強く、塩害や寒冷地帯での適用で長期にわたり水切り性能を損ねることなく使用できる。
(従来はVカットやステンレス製アングルで対応)
- アンカー＋シーリングにより、コンクリート表面の凹凸に追従可能。
- コンクリートにVカットを行わないため、鉄筋のかぶりを確保でき、床板の欠損や損傷を最小限に抑えられる。



NETIS CG-190023-A



簡易な施工で水切り機能を発揮でき、長期にわたって性能発揮する。

148

7. 最近の話題

149

7. 最近の話題

1. 建設業の働き方改革

(1) 建設業の現状

建設業の就業者数は、ピーク時の平成9年(1997年)が685万人なのに対して、令和7年(2025年)では452万人にまで減少しており、この28年間で30%減少しており、現場では深刻な人手不足が続いている。加えて高齢化も深刻で、就業者に占める60歳以上の割合が4分の1を占める一方で、29歳以下は全体の12%にとどまっており、将来の担い手不足が課題となっている。

人手不足の要因としては下記の複合要因が考えられる。

- ・高齢化と大量引退
- ・若手入職者の少なさと定着難
- ・長時間労働・休日の少なさ
- ・3K(きつい・汚い・危険)イメージと安全面の不安
- ・賃金の低さ

150

7. 最近の話題

(2) 建設業の2024年問題

人手不足である事から、長時間労働が常態化し過労死等健康を損ねる働き方が社会問題化した。こうした背景から『働き方改革関連法案』が2019年に施行された。建設業(中小企業)では2024年3月まで法律の適用が猶予されていたが2024年4月以降は適用されている。

働き方改革とは

- ① 長時間労働の是正
- ② 多様で柔軟な働き方の実現
- ③ 正規・非正規間の格差解消

151

7. 最近の話題

(3) 働き方改革関連法の概要

- ① 長時間労働の是正
 - ・時間外労働の上限が規制される。(原則1日8時間、週40時間以内)
 - ・法定時間外労働に関する手続き(36協定を締結)
100時間/月 80時間/2～6ヶ月平均 720時間/年
- ② 多様で柔軟な働き方の実現
 - ・女性雇用の拡大と活躍推進、育児支援
 - ・若者の活躍推進
 - ・雇用継続年齢の引き上げによる高齢者の活躍促進、再就職支援
 - ・障害者など個人の状況に応じた環境整備、活躍促進
 - ・外国人材の受け入れ環境の整備
- ③ 正規非正規間の格差解消
 - ・正規及び非正規での不合理な格差の禁止
 - ・待遇差に関して非正規雇用者への説明義務の強化

152

7. 最近の話題

建設DXとは、AIやドローンといったデジタル技術を活用し、建設業の業務効率化や生産性向上、人材不足の解消を目指す取り組みである。

深刻な人手不足や長時間労働、膨大な紙業務などによる低い生産性と安全性を向上させるために、デジタル技術により改善

- ・人材不足及び就業者の高齢化
少子高齢化や若者の建設業離れが原因。工期の遅延や品質の低下につながる。
- ・技術継承の難しさ
熟練技術者の持つ技術やノウハウを次世代に継承する事が課題。高度な技術が必要な工事が困難になる恐れがある。
- ・労働生産性の低さ
他の産業と比較してIT化の遅れや非効率な作業工程などが原因の生産性低下は収益の減少や競争力の低下につながる。
- ・働き方改革の遅れ
長時間労働や休日出勤が常態化している建設業界では、人材の流出や企業のイメージ悪化につながる。

153

7. 最近の話題

- ・紙媒体の管理→デジタル管理
時間や場所にとらわれず資料や図面の確認が可能
- ・情報共有のスピードアップ
写真撮影とメール送信がタブレット1台で行える為、
情報共有のスピードアップが可能
- ・情報の可視化
品質検査や安全巡回の確認、記録の作成や保管が
効率的に行え可視化が可能



現場作業の効率化と安全意識の向上を支援

現場配置図や安全指示などの最新情報をワンタップで、リアルタイムに現場のサイネージへ反映、共有



※ボタンタップによりYACHOで作成したデータをサイネージに送付する機能です。
サイネージ側に、本連携機能に対応したREST API が実装されていることが必要です。

NEW 計測機器連携 (BLuE 連携)

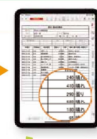
測定値をダイレクトに帳票に反映。
入力作業ゼロ・転記ミスゼロで、
検査報告が劇的に効率化

BLuE アプリに対応した計測機器の測定値を
eYACHO 上の帳票にダイレクトに入力できます

- フォーム部品への直接入力、複数データの一括入力にも対応



Blue アプリ対応計測機器



※スタンダード版以上でご利用いただけます。
※iOS 版でご利用いただけます。

接地抵抗計 クランプメータ デジタルマルチメータ 風速計
 風速温度計 コンセントテスタ 電力筆計 温度計 湿度計
 騒音計 室内環境測定セット デジタルノギス デプスゲージ
 デジタルインジケータ 等

7. 最近の話題

② 作業効率化：IoTセンサーの活用 事例

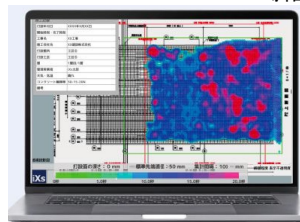
- ・リアルタイムで作業状況を把握
センサーや端末を設置する事により、現場にいたなくても現場状況を把握する事ができ現場への指示や調整が可能。
- ・安全管理の高度化
危険区域の誤った立ち入りや異常な環境変化を察知し、事故の未然防止が可能。
- ・品質管理の向上
センサーでコンクリートの締固め管理。
締固め作業を【見える化】し、コールドジョイント等の不良発生の抑制で、品質の向上が可能。



定点で長期間の自動撮影 状況



斜面の異常検知



施工状況の一元管理

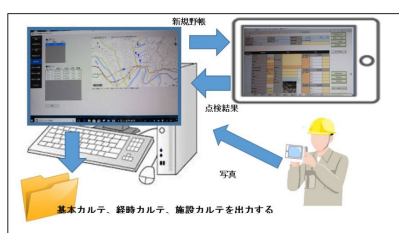


155

7. 最近の話題

③ 効率化：ドローン 事例

業務の可視化とデジタル化が進む中で、測量や進捗管理、災害点検、構造物の3Dデータ化、資材管理、危険区域の安全確認等様々な用途で活用されている。



陸上（空撮ドローン）

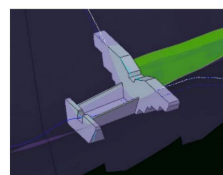


【寸法】:810×670×430mm
【有効飛行時間】:約40分
【最大日高速度】:23m/s
【保護等級】:IP45
【最大ペイロード】:2.7kg
6方向検知 & 測位技術

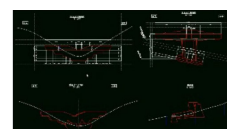
水中ドローン



【寸法】:383×331×143mm
【重量】:4.6kg
【最大深度】:100m
【稼働時間】:1.5時間^{※1} (低速1m/sの場合)
【カメラ】:最大3基搭載可能^{※2}
^{※1} 1.5m水深での稼働時間
^{※2} 1基搭載時の稼働時間



3次元モデルを自動生成



2次元図面（従来）と
積算数量を自動生成

156

7. 最近の話題

3. AI【人工知能】

AIは人間のように知的行動をコンピュータに実行させる技術、または人間の知能を人工的に再現する為の技術である。(決まった定義はない)

DXとAIの関係性

AIはDXの目的を達成するための手段である。

DX: 業務の効率化や生産性向上、人材不足の解消を目指す取組み

AI: デジタル技術を活用する手段

■生成AIとは

膨大なデータのパターンや関係性を学習し、学習成果を基に新たなコンテンツを生成する【人工知能】の事である。(学習したデータを基に新たなアイデアを想像)

■フィジカルAIとは

センサーやカメラで現実世界を認識し、その技術に基づいてロボットや機械を自律的に動かす仕組み。物をつかむ、運ぶ、組み立てる等、肉体労働に相当する作業を行う。(ロボットや機械を自律的に動かす仕組み。)

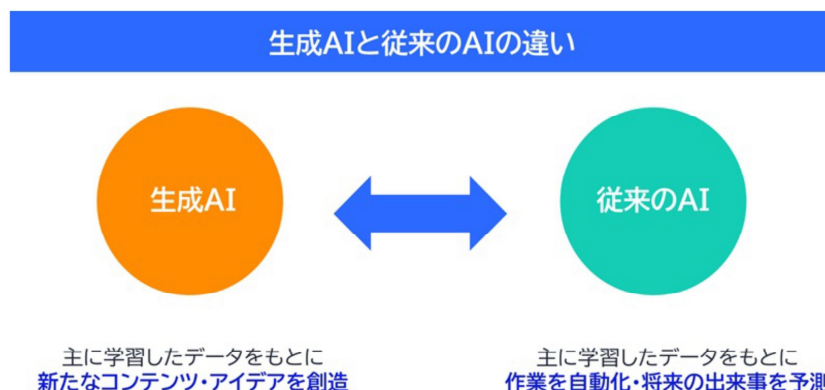
157

7. 最近の話題

(1) 生成AIについて

①生成AIと従来のAIの違い

従来のAIは、学習したデータを基にして予測、最適化、検地を行うことを得意としていた。一方、生成AIは、学習したデータを基にして、全く新しいアイデアや表現を創造する事により、創造的で高度な業務において活用される等、従来のAIを進化させた形態である。



158

7. 最近の話題

② 生成AIの特徴

特に効果が出やすいのが以下の概要だと言われている。

活用シーン	具体的なAI活用例	期待される効果
設計・デザイン	画像生成AIによるバース作成、仕様書ドラフト作成	施主との合意形成迅速化、提案数増加
施工管理	音声からの日報自動作成、会議議事録の要約	残業時間の削減、現場巡回時間の確保
安全管理	過去データに基づく危険予知、KY活動の質の向上	労働災害の未然防止、安全意識の向上
事務・管理	契約書チェック、多言語翻訳、メール作成	事務作業の効率化、多言語対応

効果として、時間短縮、コスト削減、品質向上などのメリットがある。

メリットの観点	具体的な成果イメージ
時間短縮	書類作成時間の減少、残業時間の削減
コスト削減	人件費・外注費の抑制、手戻り工事費の減少
品質向上・標準化	成果物のバラつき解消、誰でも一定レベルの業務遂行が可能に

7. 最近の話題

③ 生成AIの活用事例

AIが橋梁のカメラ撮影画像より、劣化を診断し、その結果を調査報告書に自動的に反映させる仕組みである。

カメラで撮るだけ、橋梁劣化をAI診断。
ワンステップで調査へ反映。
橋梁点検の問題を解決します。

老朽化が進むインフラの効率的な維持管理・更新の早急な対応が求められている中、全国で約70万橋ある橋梁の点検に膨大な労力及びコストが発生しており、特に地方部を中心に点検の専門技術者不足が懸念されています。



コストダウン 点検費用最大35%減(当社比)

クラウドアプリでどこでも利用可能
初期費用も安く、導入しやすい

Dr.Bridge はクラウドアプリなので、場所を選ばず誰でも簡単に利用可能。AI を活用した簡易点検の導入や若手診断士の起用等により、点検コストを大幅に削減できます。



AI による高精度な橋梁診断

写真と簡単な入力情報だけで
「劣化要因」と「健全度」を判定

現地での点検写真と橋梁諸元をもとに、AIシステムが技術者と同等程度の診断精度(※)で、「劣化要因」と「健全度」を判定します。

※ 同一の写真を複数の技術者が各々診断して集計した結果と比較

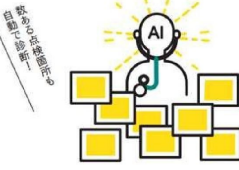


調査作成機能

面倒な点検調査作成を省力化

Dr.Bridgeによる診断結果は、定型の調査(※)へ自動的に記載され出力が可能となります。調査作成では、コンプリート部材の他、鋼部材等の入力もできます。

※ 国土交通省道路局「道路橋定期点検要領」平成31年2月(様式1・2)



点検品質の安定化・効率化

AI 診断で点検の均一性を確保し、
ヒューマンエラーを回避

多くの写真の判定が必要な場面でも、AI が一括して判定することにより、作業効率化のほか、診断の個人差や劣化の見落としなどのヒューマンエラーを回避できます。

7. 最近の話題

(2) フィジカルAIについて

① 生成AIの特徴

フィジカルAIは、単純作業の繰り返し、重量物の運搬、危険エリアの作業、目視検査の補助が可能である。現段階では、完全な無人化ではなく、少数の人員で複数の機械を見守る現場管理を行っていると思われます。

領域	具体例	現在の段階	2031年前後の見通し
自律施工	A4CSEL、ICT建機	大規模土木や造成で実装が進む	遠隔管制と複数機械の協調が広がる
搬送・施工ロボット	Robo-Buddy、資材搬送	特定作業で人を補助する段階	工程表と連動して待ち時間を減らす
測量・進捗管理	ドローン、3Dデータ、床面レイアウト	見える化と記録の自動化が中心	遅れや手戻りを早く検知する
検査・安全	AI配筋検査、カメラ解析	確認作業の省力化が進む	危険予兆を早く共有する仕組みになる



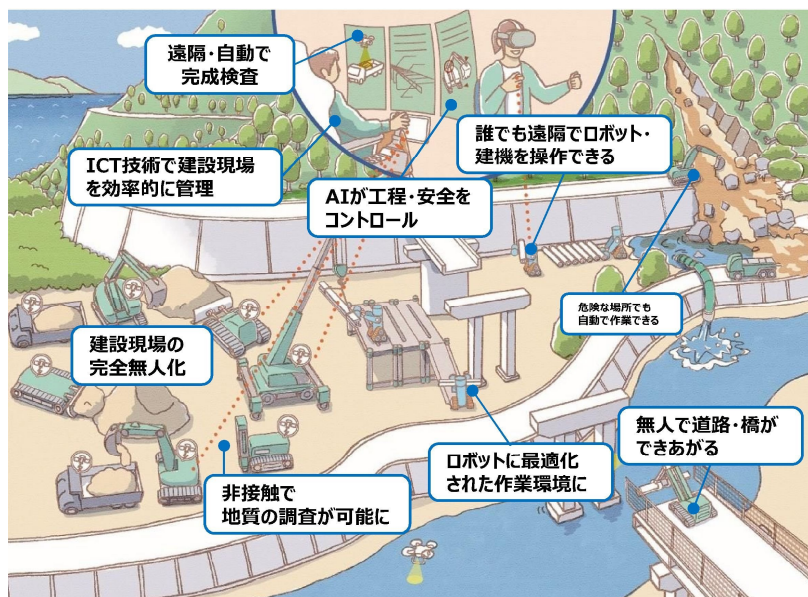
161

7. 最近の話題

② フィジカルAIの活用事例

■ 将来の自立施工のイメージ

施工・データ連携・施工管理を3本柱としてオートメーション化の取り組みを推進



2040年度までに 実現する目標

省人化

- ・持続可能なインフラ整備・維持管理体制の構築
- ・少なくとも省人化3割、すなわち生産性1.5倍を実現

安全確保

- ・建設現場の死亡事故を削減

働き方改革・新3K

- ・屋外作業のリモート化・オフサイト化

162

7. 最近の話題

■ 資材の運搬



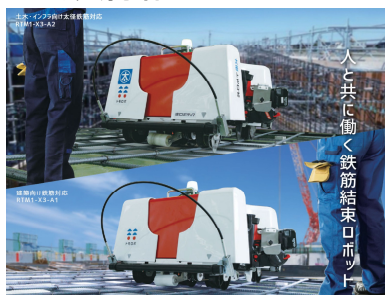
建設現場特有の凹凸や斜面等において、資機材の運搬が可能

■ 高力ボルト自動締め付けロボット



ボルトの締め付けを自動化したもの。1次締め・本締め・検査まで一連で実施

■ 鉄筋結束



土間、スラブなどの鉄筋の単純な結束作業が可能

■ 四足歩行ロボット



現場内の点検や巡回の自動化



163

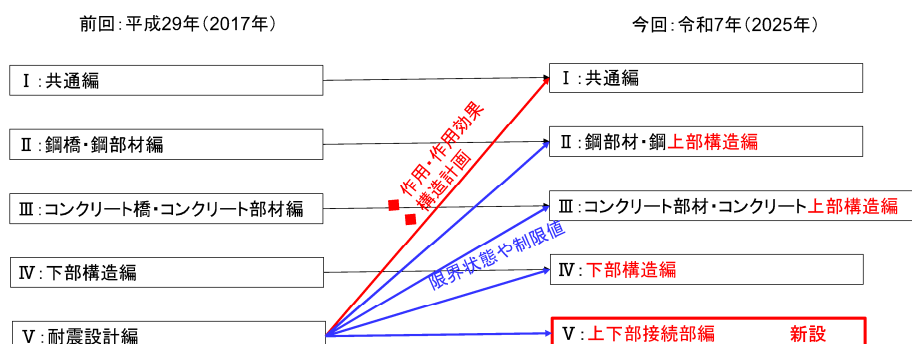
7. 最近の話題

4. 道路橋示方書の改訂の紹介

令和7年10月に8年ぶりに道路橋示方書Ⅰ～Ⅴの改訂が行われた。令和8年4月以降に新たに着手する設計から適用される基準である。本改訂では能登半島地震や性能規定化の一層の充実を踏まえた改定である。

改定のポイント

- ・新しい形式の提案に対しても適切に性能を評価するための枠組みを充実
- ・様々な耐久技術の開発を見据え、耐久性能の評価方法を明確化
- ・能登半島地震を踏まえた対応(復旧性を向上させるための規定を充実)



164

7. 最近の話題

(1) 新しい形式の提案に対しても適切に性能を評価するための枠組みを充実

- 平成13年の性能規定化以降に建設された新しい形式の橋について、設計上の課題を分析し、少部材化などの構造の合理化と必要な性能の実現の両立が図られるように、上部構造、下部構造、上下部接続部が備えるべき機能を評価する枠組みを新たに導入。
- 少部材化などの構造の合理化による立体的な挙動をより適切に評価できるように、荷重条件を充実。

■ 構造の少部材化の例



■ 下部構造の耐力性能の前提となる周辺地盤の喪失



■ 平成13年(2001年)以降に建設された新しい形式の橋での不具合の例



■ 構造の合理化と必要な性能の両立のため、新たな照査の枠組みを導入

- 上部構造では、**立体的な荷重状態の照査を充実**
- 下部構造は、**基礎地盤や橋台背面も橋の構成要素と位置づけ**、要求性能を明確化

平成29年(2017年)

上部構造
主桁
床版
横構・対傾構

下部構造
橋脚
橋台
基礎

令和7年(2025年)

上部構造の機能
主桁・主構機能
床版・床組機能
立体的構造保持機能

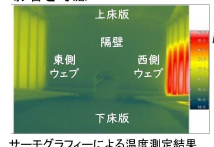
(構成要素)
主桁
床版
横構
対傾構

下部構造の機能
荷重保持機能
位置保持機能

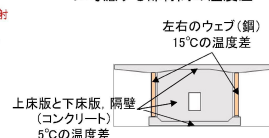
(構成要素)
橋脚
橋台
基礎部材
基礎地盤
背面部

■ 立体的な挙動を評価するための新たな荷重条件の導入

- ウェブ間の温度差による変形の影響を考慮



ウェブに鋼材を用いたコンクリート箱桁に考慮する部材間の温度差



7. 最近の話題

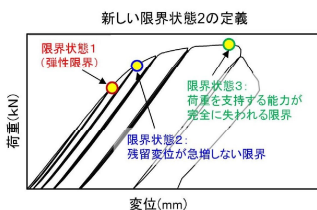
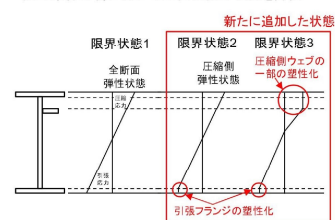
■ 前回(平成29年)の改定後の研究成果を踏まえ、規定の充実や新たな材料について規定。

(例1) 鋼桁やコンクリート桁について、構造の条件などによっては、一部断面の塑性化が許容できるように、限界状態の規定を充実。また、新しい使用材料の規定を追加。

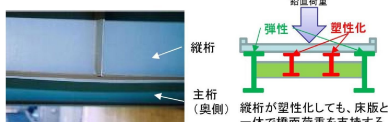
(例2) 新設橋における減衰付加装置(ダンパー等)の適用条件を明確化。

■ 鋼桁の限界状態の規定の充実

一定の条件の桁において塑性化後の状態を評価



【適用が想定される例】



■ 直線のPC桁における設計の合理化

引張応力を鉄筋が負担するPC桁の設計が可能となる規定を新たに追加することにより、配筋の合理化、コンクリートの施工性向上などが期待。

■ 従来のPC桁

・ひび割れの発生を認めない

■ 引張応力を鉄筋が負担するPC桁(追加)

・曲げひび割れの発生を認める
・鉄筋が引張応力に対して抵抗

【適用が想定される例】

・横荷重やねじれの影響が無視できる部位



【適用が避けられる例】

・ねじれの影響が大きい曲線桁



■ 減衰付加装置の適用条件を明確化

→ 過去の被災経験も踏まえて、適用条件を明確化
→ 新たな耐震設計技術の開発が期待

過去の被災にて、ダンパーの橋台取付部が破壊した事例



減衰付加装置を用いる場合の適用条件

・ダンパー等の減衰付加効果により、地震時の橋の振動を低減させ、橋の機能を確保するために設置する。
・ダンパー等による減衰付加効果が発揮されなくても落橋等の致命的な状態とはならない。

■ 新しい使用材料の追加

橋梁用高降伏点鋼板
SBHS700, SBHS700W



7. 最近の話題

(2) 様々な耐久技術の開発を見据え、耐久性能の評価方法を明確化

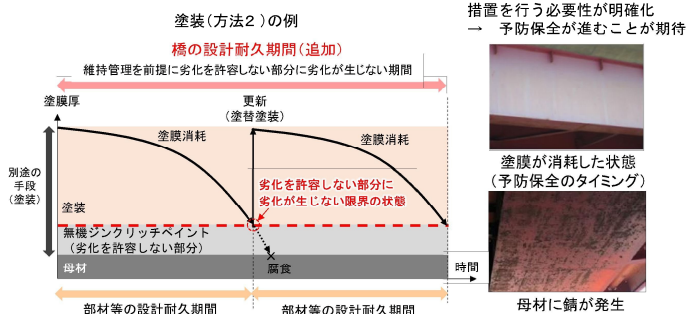
- 耐久性能を適切に評価するため、橋の設計耐久期間の概念を新たに導入。
- 設計耐久期間の信頼性を評価するため「設計耐久期間末の限界の状態」を新たに定義。
- 耐久性能の信頼性を高める工夫(環境条件を制御する場合や、複数の耐久性確保策を組み合わせる場合)の適用の考え方を明確化。

- 設計耐久期間末における限界の状態を規定

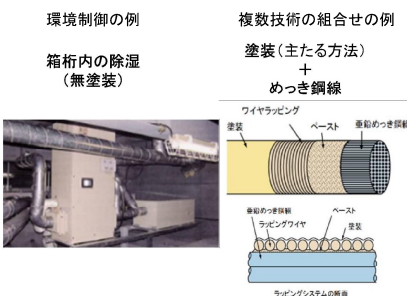
	方法の定義	設計耐久期間末の限界の状態の定義	具体手段の例	必要となる修繕
方法1	劣化の影響を考慮した部材寸法や構造とすることで、「部材」の耐用性能に影響を及ぼさない方法	部材等の耐用性能の評価において考慮する物理量(例えば、板厚)が、耐用性能の評価において考慮する状態に影響を及ぼす限界の状態	疲労設計、耐候性鋼材の使用	部材本体の回復(例) あて板
方法2	「部材」に劣化の影響が及ばないように「別途の手段」を講じる方法	・別途の手段に劣化を許容しない部分を定める。 ・別途の手段に劣化を許容しない部分に劣化が生じていない限界の状態	塗装、表面保護工	別途の手段の回復(例) 塗替塗装、表面保護工の更新

- 橋の設計耐久期間を規定、耐久期間末の限界の状態を定義

→ 予防保全のタイミングを考慮した技術を選定可能



- 耐久性能の信頼性を高める工夫の例



167

7. 最近の話題

(3) 能登半島地震を踏まえた対応(復旧性を向上させる為の規定を充実)

- 令和6年能登半島地震では、調査・復旧の最中にも規模の大きな地震動を複数回受ける中で、支点の確保や、背面区間の通行機能の確保が課題であった。
- 支承部に障害が生じることを設計時点で想定し、復旧性を向上させるための規定を充実。
- 路面の連続性が確保されるように「橋梁接続区間」を設定し、橋の設計において、背面の区間にも段差が生じにくくなるように橋台を計画する。

- 復旧性に課題があった損傷例
- 復旧性を向上させる対策の例



支点部の主桁が座屈した事例



支承が破断した事例



橋台背面区間に大きな段差が生じた事例

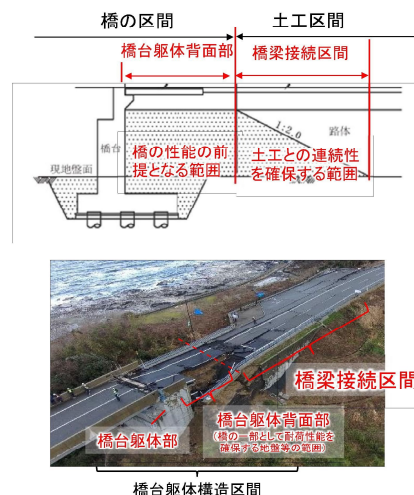


支承高の低い支承に交換することで段差が生じにくくした例



変位抑制構造の設置により段差が生じにくくした例

- 橋台躯体背面部は橋の一部、橋梁接続区間は橋に連続する区間として、橋の性能を満足するための評価を規定



168

ご清聴ありがとうございました。