

CAESARの臨床研究事例



長橋



旭橋



能生大橋



桜橋



神戸橋



銚子大橋



倉谷橋



津波橋



辺野喜橋



佐野橋



CAESAR

独立行政法人土木研究所
構造物メンテナンス研究センター

CAESAR 臨床研究事例 目 次

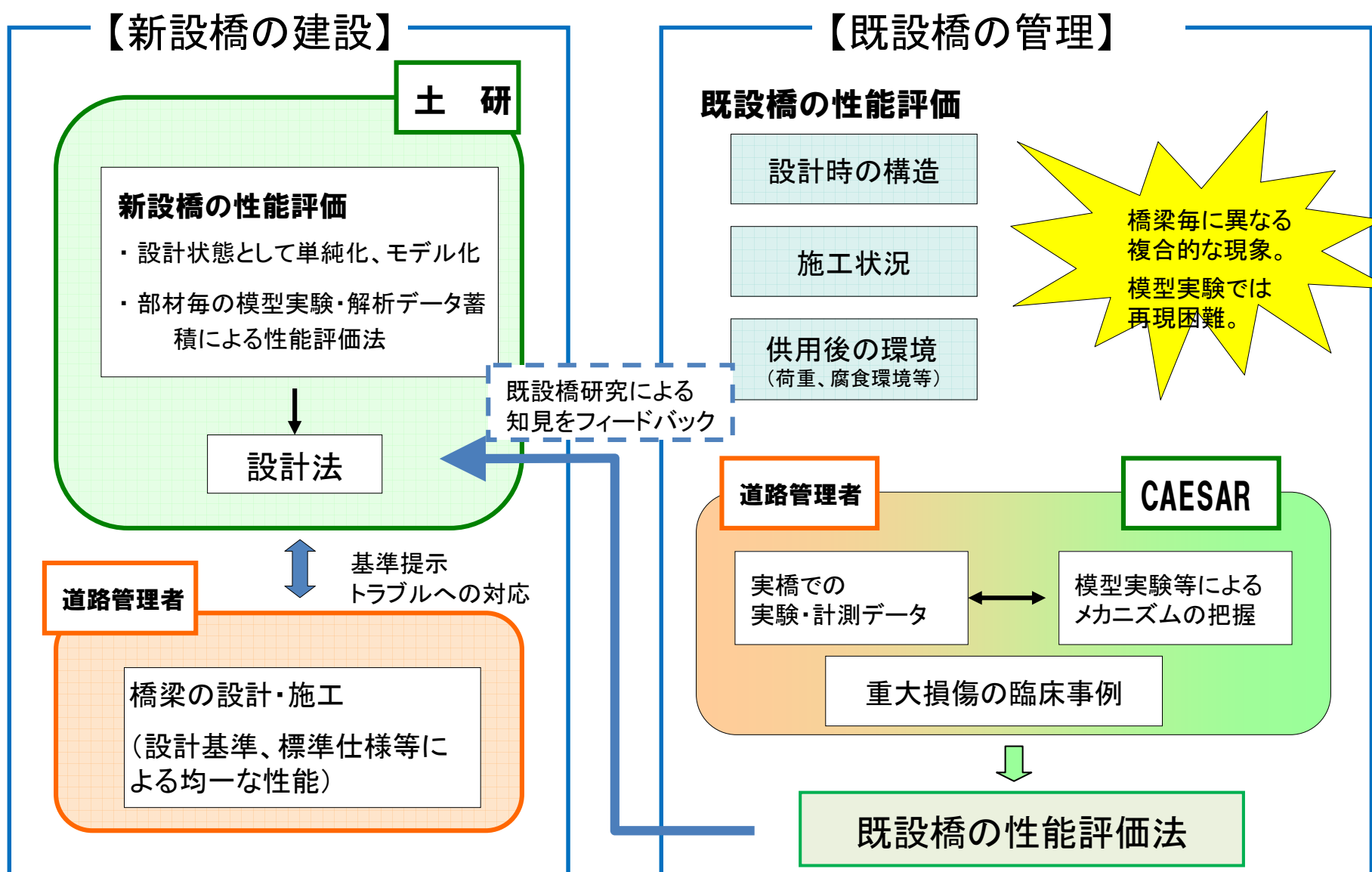
CAESAR における臨床研究	1
旭橋（損傷を有する橋梁の全体挙動評価）	2
銚子大橋（損傷を有する橋梁の全体挙動評価、劣化部材の耐荷性能の確認）	3
長橋（劣化部材の耐荷性能の確認、補強効果の検証）	4
能生大橋（損傷を有する橋梁の全体挙動評価）	5
桜橋（損傷を有する橋梁の全体挙動評価）	6
神戸橋（補強効果の検証、劣化原因の調査）	7
倉谷橋（劣化部材の耐荷性能の確認）	8
津波橋（落橋した橋梁の解体調査）	9
辺野喜橋（監視技術の適用性検討）	10
鋼床版疲労き裂の非破壊調査法の開発および適用性調査	11
ポストテンション PC 橋のグラウト充填調査	12
沖縄県離島架橋での臨床研究	13
アルカリ骨材反応で劣化した橋梁の調査	14
RC 床版の舗装損傷先行型疲労損傷の調査	15
非破壊検査技術の適用性調査（鋼板接着で補修された RC 床版）	16
CAESAR 臨床研究に関する文献リスト	17

CAESAR における臨床研究

土木研究所では、これまでも、既設橋の耐荷力評価や載荷試験、撤去部材の調査を行ってきましたが、近年の計画的保全技術の開発や安全管理に関する保全技術の開発をより一層促進するため、これまで以上に、実橋での調査、研究（CAESAR がいうところの臨床研究）が重要であり、幅広く実施していく必要があります。

実際の橋梁の性能は、設計時の構造、施工の状況、供用後の周辺環境・荷重条件によって大きく異なります。模型実験におけるメカニズムの解明だけでなく、実橋において、特に損傷を受けた橋梁について、その性能を評価する手法の開発が非常に重要となっています。また、これらの既設橋の性能評価で得られた知見は、新しい橋梁の設計にも活かされます。

既設橋の管理技術の開発には、臨床研究が不可欠



謝 辞

各橋梁の管理者の方をはじめ、CAESAR の臨床研究にご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

旭橋(損傷を有する橋梁の全体挙動評価)



■ 橋梁諸元

橋梁名	旭橋
路線, 地名	一般国道452号, 北海道芦別市
橋梁形式	鋼3径間連続非合成I桁橋
橋長	82.7m
支間長	24.6m+32.8m+24.6m
竣工年	昭和28年(1953年)

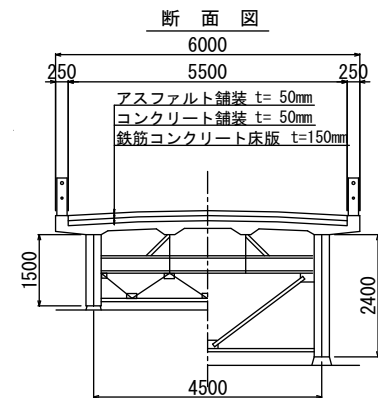
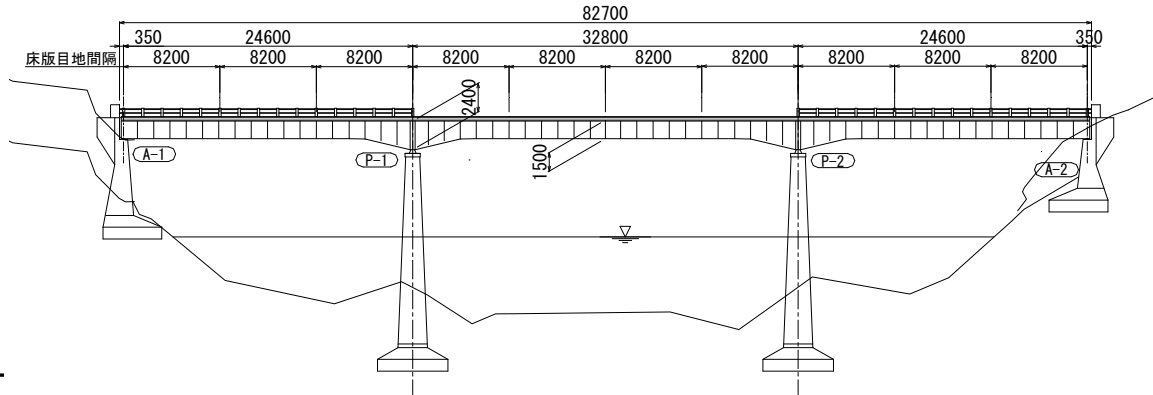
■ 橋梁概観



床版目地の漏水、遊離石灰

49年間供用, 2主桁, 約8m間隔に床版目地, 劣化

■ 一般図



■ 研究概要

《研究目的》

鋼橋の大半を占める鋼I桁橋のうち、構造的特徴(床版目地、2主桁、非合成)を有する鋼I桁橋(49年供用)の全体挙動の把握

《調査内容》

- 荷重車を用いた現地載荷試験
- その他(材料強度試験、非破壊検査技術の適用性調査)

実橋計測(ひずみ, 変位, ずれ挙動, 振動特性)より、主桁と床版の合成挙動を把握するとともに、解析結果と比較

- 全体挙動の把握(概ね合成桁に近い挙動)
- 各種解析モデルによる解析値と実測値の比較分析し、再現可能なモデルを確認

《解析モデル》

◆ 格子モデル(非合成、合成)

主桁・縦桁・横桁: はり要素

◆ FEMモデル

主桁・縦桁・横桁: はり要素

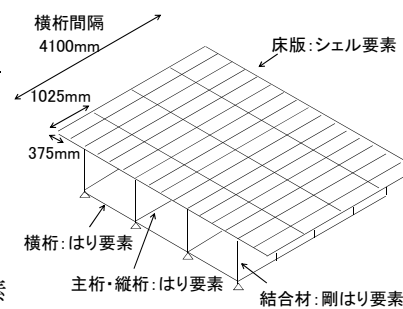
床版: シェル要素

◆ FEMモデル(詳細モデル)

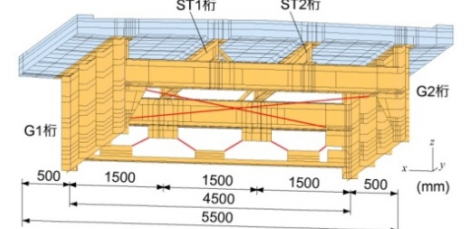
主桁・縦桁・横桁: シェル要素

対傾構: はり要素

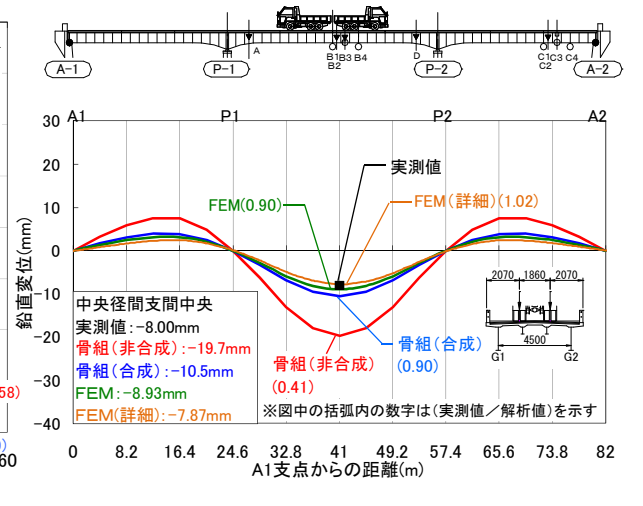
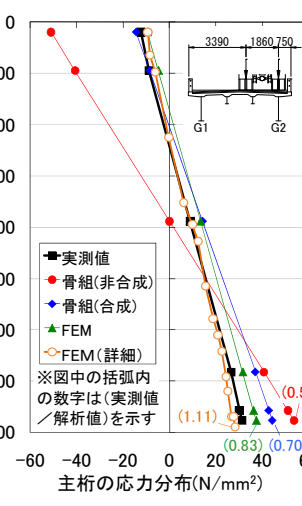
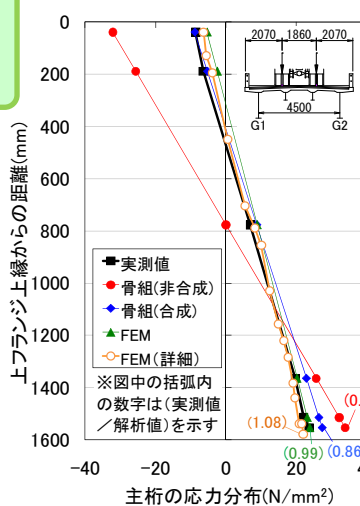
床版・橋脚: ソリッド要素※室蘭工大と連携



FEMモデル



FEMモデル(詳細モデル)



構造解析と載荷試験結果との比較



荷重車を用いた現地載荷試験



人力加振による振動試験



コンクリートの非破壊検査技術の適用性調査(超音波伝播速度測定)

関連資料 ・土研資料, 4175号, 2010.7. ・鋼構造シンポジウム2010 2010.10. pp.431~436 ・構造工学論文集, Vol.56A 2010.3. pp.710~721
 ・コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第9巻, 2009.10. pp.45~50

銚子大橋(損傷を有する橋梁の全体挙動評価、劣化部材の耐荷性能の確認)



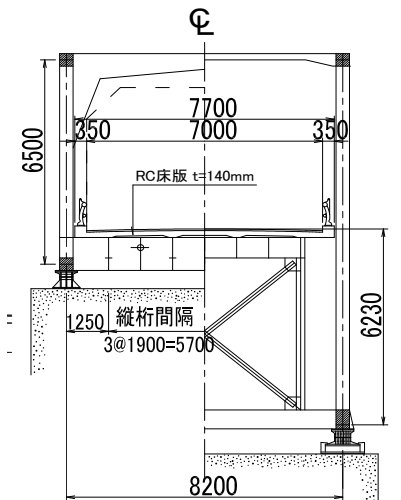
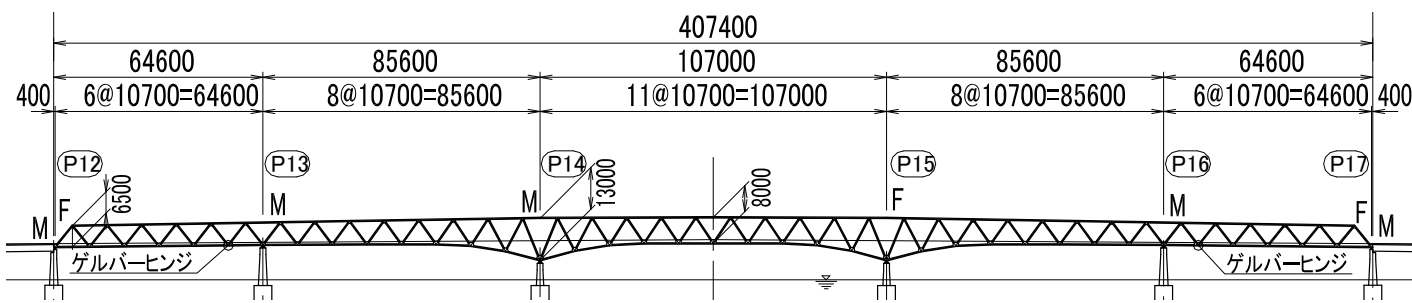
■ 橋梁諸元

橋梁名	銚子大橋
路線, 地名	国道124号, 銚子市, 神栖市
橋梁形式	鋼5径間ゲルバートラス桁
橋長	407m(トラス部のみ)
支間長	64.6m+85.6m+107m+85.6m+64.6m
竣工年	昭和37年(1962年)

■ 橋梁概観



■ 一般図



■ 研究概要

《研究目的》

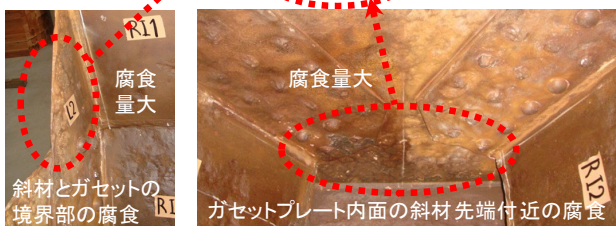
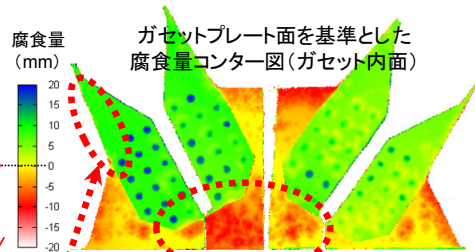
長期間供用され各所に著しい腐食のある鋼トラス橋の全体挙動の把握, モデル化手法の検討及び部材レベルの残存耐荷力の把握

《調査内容》

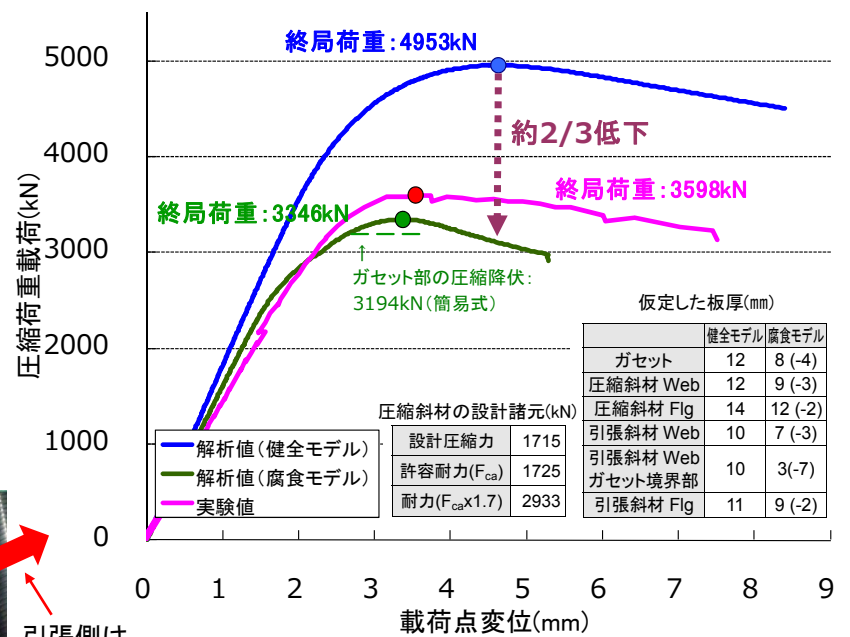
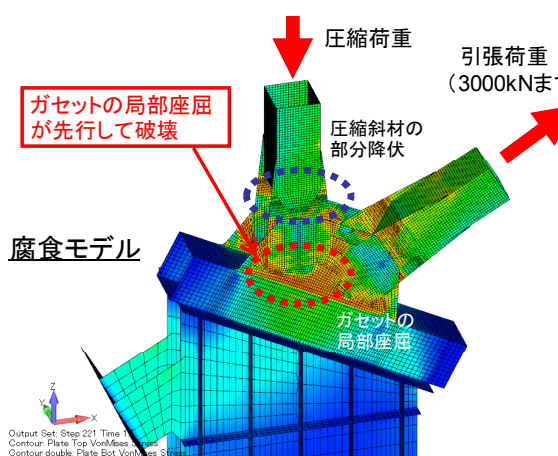
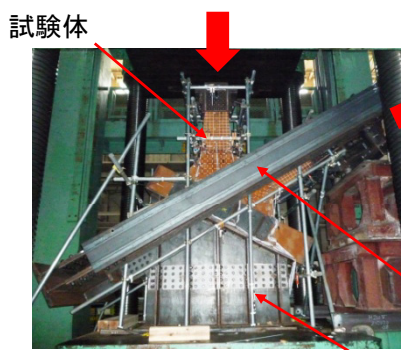
- ・撤去格点部の腐食量計測, 載荷試験
- ・荷重車を用いた現地載荷試験

トラス格点部のFEM解析により腐食時の破壊挙動を検討

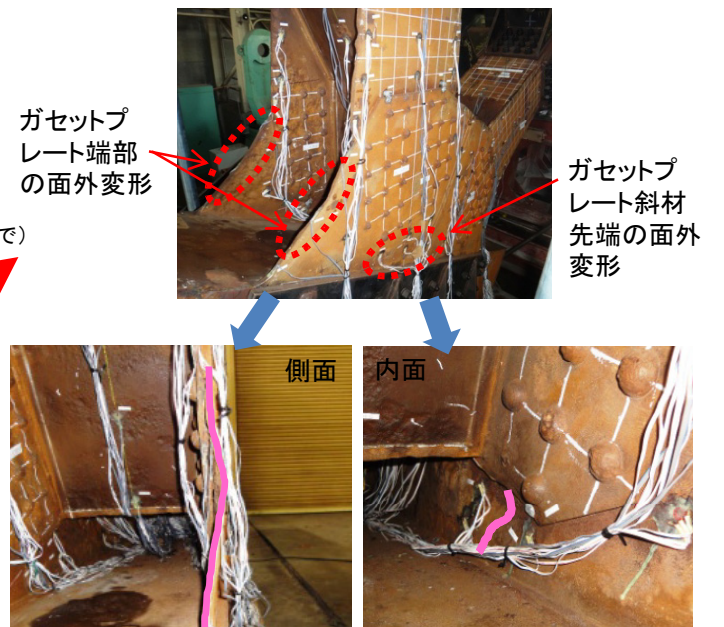
- ・実際の腐食を想定した場合の破壊性状の変化耐荷力の減少を評価
- ・腐食部位は断面急変部位と対応により, 構造的弱点となる可能性



腐食量計測結果



FEM解析結果(圧縮荷重-載荷点変位曲線)



破壊性状写真

関連資料 ・土木技術資料, 2011.2.

FEM解析結果(終局時のvon Mises応力分布)

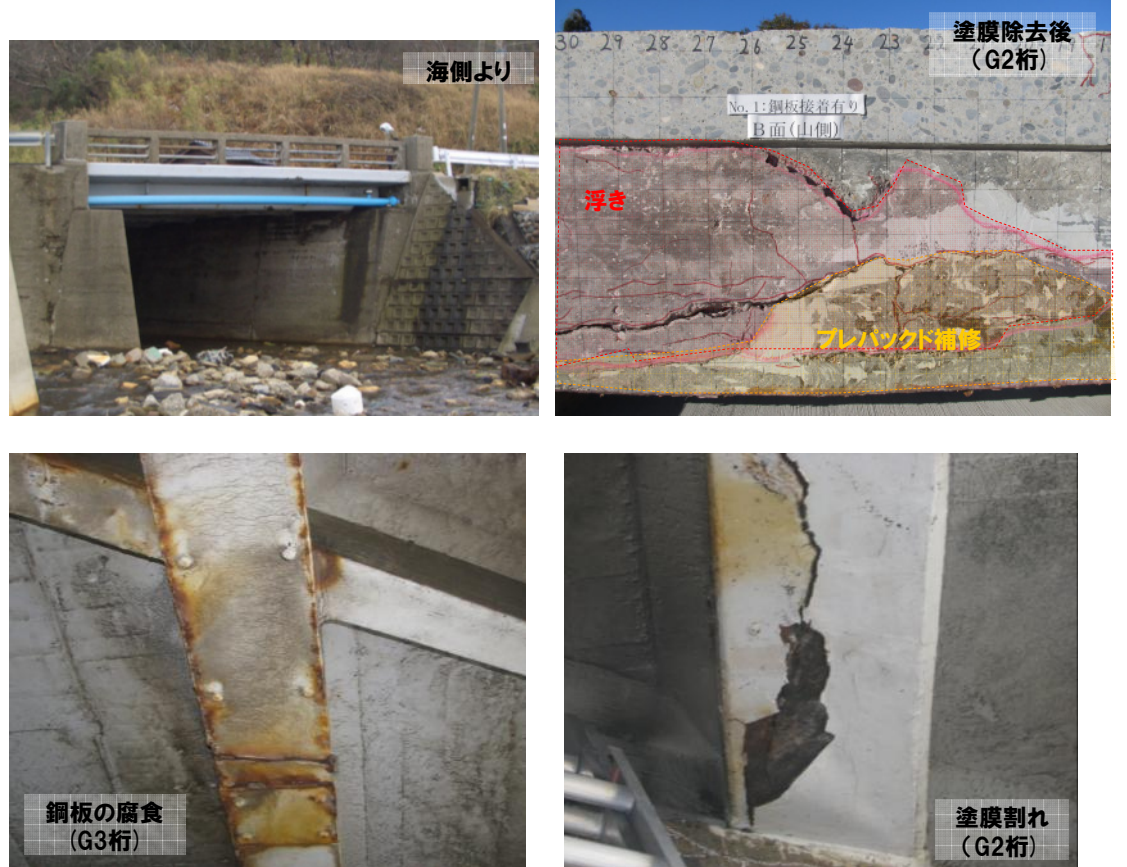
長橋(劣化部材の耐荷性能の確認、補強効果の検証)



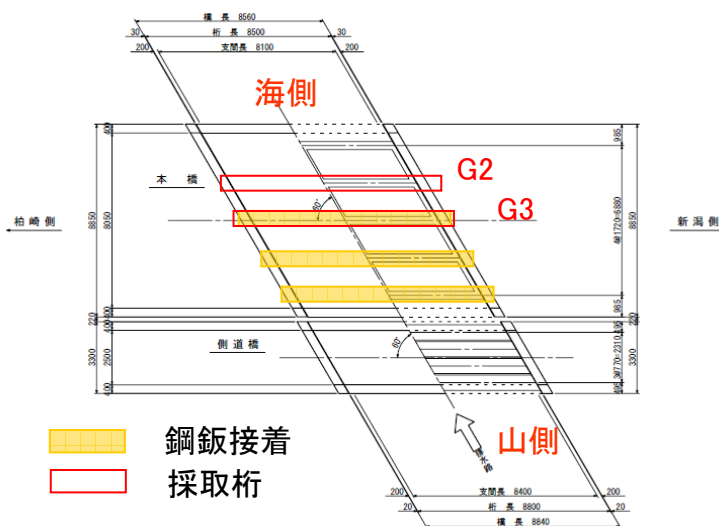
■ 橋梁諸元

橋梁名	長(おさ)橋
路線, 地名	国道352号, 新潟県柏崎市
橋梁形式	単純RCT桁橋
橋長	8.56m
支間長	8.1m
竣工年	昭和40年(1965年) 45年経過

■ 橋梁概観・損傷状態



■ 一般図



- ◇ プレパックド断面修復・鋼板接着・表面保護するも、再劣化
- ◇ LCCの比較により撤去
- ◇ 鋼材位置塩化物イオン量: 5.7kg/m³

■ 研究概要

《研究目的》

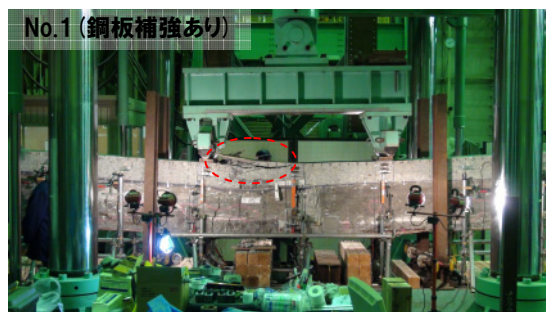
塩害により劣化し、複数回の補修履歴を有するRC桁の耐荷力評価

《調査内容》

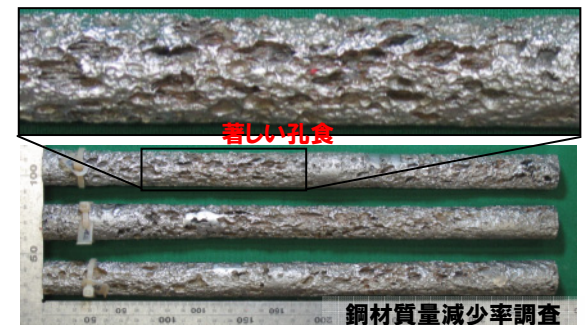
載荷試験、解体調査

主桁(鋼板補強桁: No.1、無補強桁 No.2)の載荷試験を実施。載荷試験後、コンクリートの物性、鋼材の物性・腐食量、塩分量、アルカリシリカ反応、配筋等を解体調査により確認を行い、鋼板、プレパックド補修の効果、腐食の影響を把握する。

- ・鋼板接着に耐荷力増加の効果がない
→ 鋼板の接着方法に問題
- ・プレパックド、鋼板に剛性を高める効果

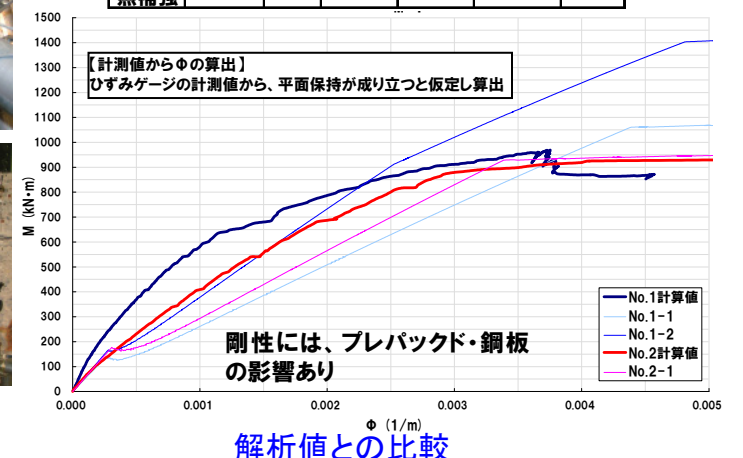
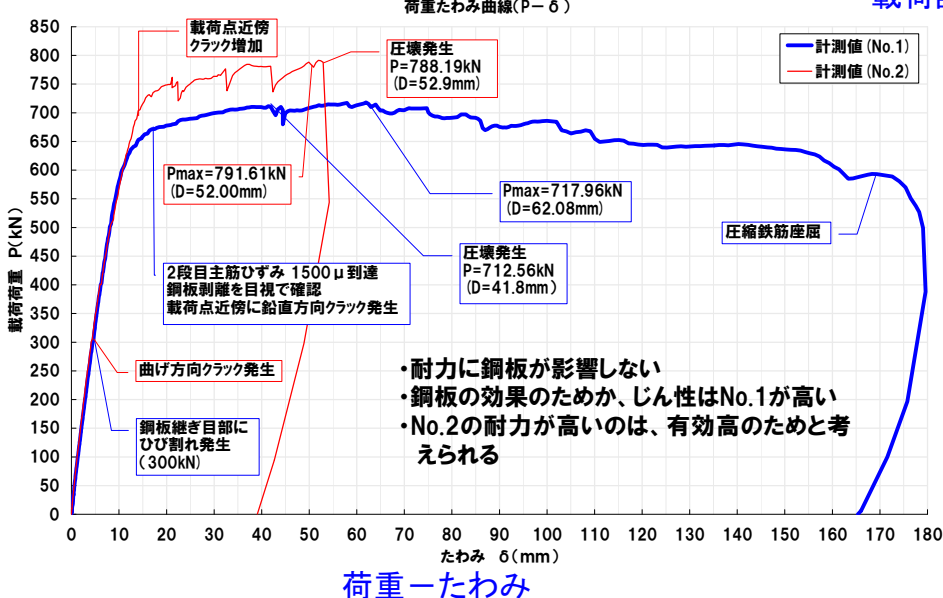


載荷試験後の破壊状況



部材の解体調査

試験体	検討ケース	鋼板	腐食率 (%)	計測値 (kN)	計算値 (kN)	比率
No.1	No.1-1	無視	7.47	717.9	819.1	0.88
鋼板補	No.1-2	考慮	7.47	1071.9	1071.9	0.67
No.2	No.2-1	なし	4.13	791.5	726.1	1.09



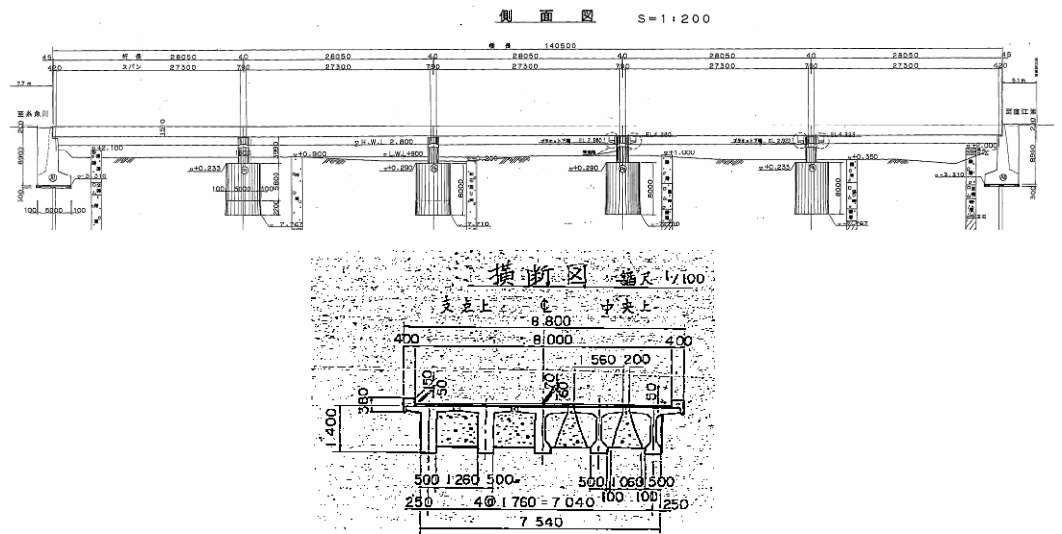
能生大橋(損傷を有する橋梁の全体挙動評価)



■ 橋梁諸元

橋梁名	能生(のう)大橋
路線, 地名	一般国道8号, 新潟県糸魚川市
橋梁形式	単純PC桁橋(5径間)
橋長	141.0m
支間長	28.1m × 5
竣工年	昭和41年(1966年)

■ 一般図



■ 橋梁概観



■ 研究概要

《研究目的》

塩害劣化により、鋼材腐食やひび割れの生じたPC桁の動的特性の変化を確認

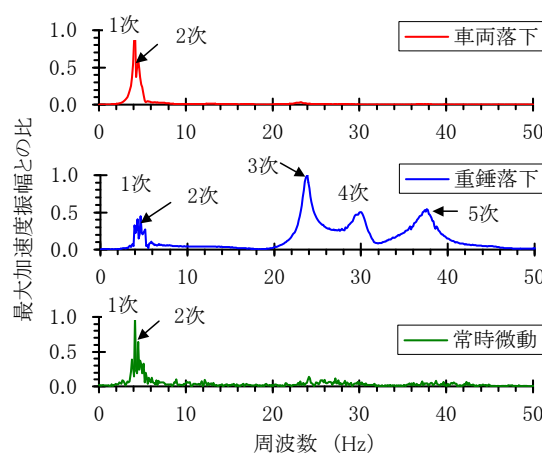
《調査内容》

現地動的特性確認試験
解体調査

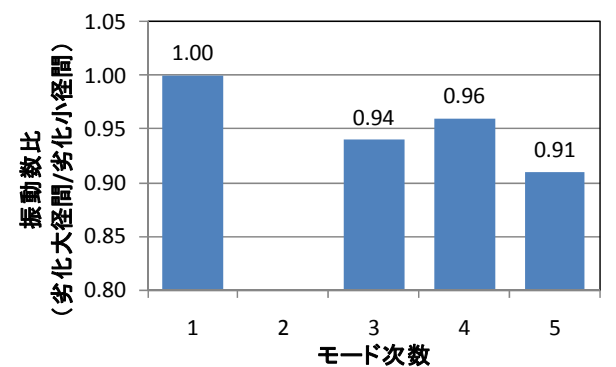
撤去前に、車両落下法、重錘落下法などにより、動的特性を確認



・劣化が激しい径間で、高次振動モードの振動数が低下することを確認



加振法毎のスペクトル



劣化の大きい第1径間と劣化の小さい第2径間の振動数の比率(重錘落下法)



車両落下法



重錘落下法



撤去桁下桁の解体調査
PC鋼線の腐食による断面減少の状況

関連資料 ・「プレストレストコンクリート道路橋の振動計測(一般国道8号能生大橋)」北野他, 土木学会全国大会, 2011.9.

桜橋(損傷を有する橋梁の全体挙動評価)



■ 橋梁諸元

橋梁名	桜橋
路線, 地名	国道8号, 福井県南越前町
橋梁形式	鋼上路式アーチ橋
橋長	135m
支間長	30.0m+75.0m+30.0m
竣工年	昭和38年(1963年)

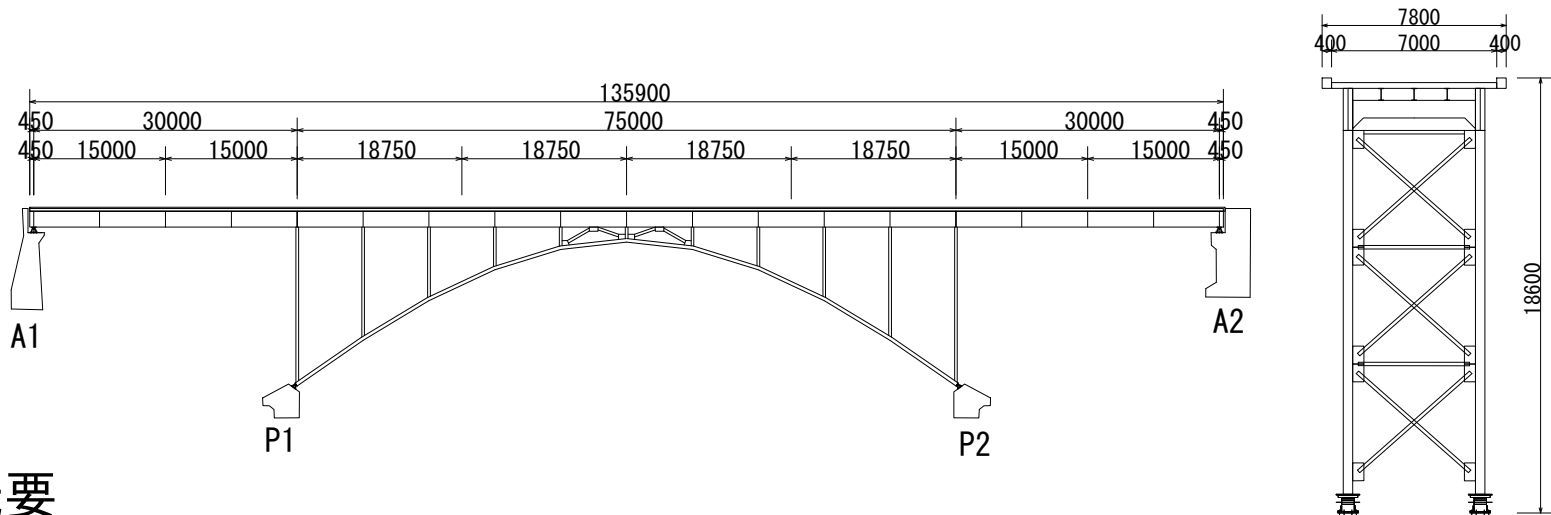
■ 橋梁概観



桁端部のあて板補強とゴム支承への取り替え(疲労対策)

46年間供用, 疲労・腐食損傷に対して補強対策を実施

■ 一般図



■ 研究概要

《研究目的》

長期間供用され損傷・補修履歴のある、鋼上路アーチ橋の全体挙動の把握

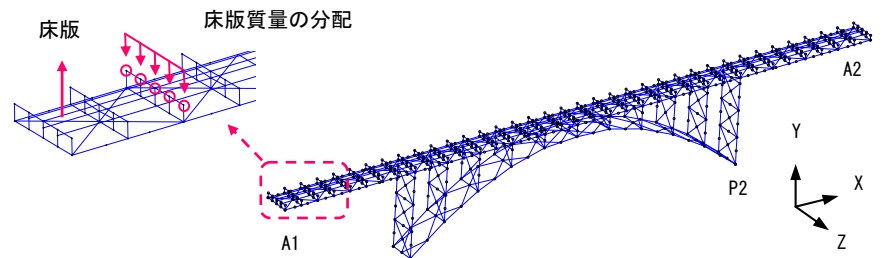
《調査内容》

- ・起振機を用いた振動試験
- ・常時微動計測
- ・荷重車を用いた現地載荷試験
- ・非接触型計測機器の適用性検証(理化学研究所と連携)

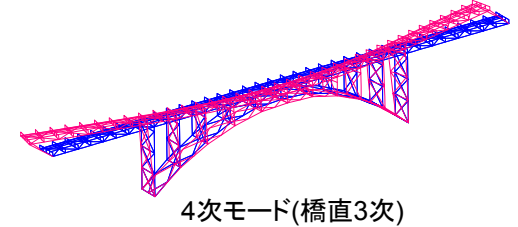
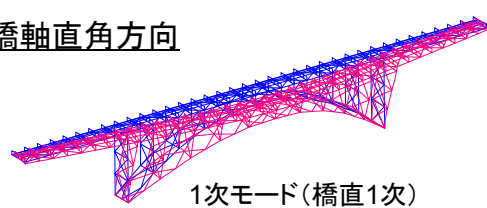
実橋の挙動計測(ひずみ, 変位挙動, 振動特性)より、耐震性能及び耐荷性能の評価のための構造解析手法の高度化を検討中。

《解析モデル》

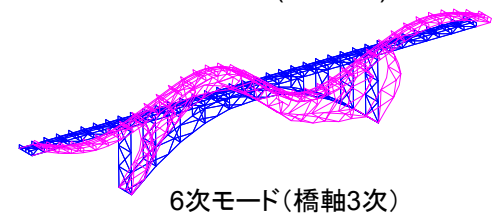
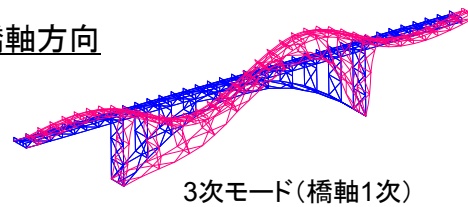
- ・格子モデル
- 主構: はり要素
- 結合条件: 剛結



橋軸直角方向



橋軸方向



解析で得られた振動モード



起振機による振動試験



荷重車を用いた静的載荷試験



荷重車を用いた走行試験

関連資料 ・第14回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集 2011.7. pp.65~70

神戸橋(補強効果の検証、劣化原因の調査)



■ 橋梁諸元

橋梁名	神戸(ごうど)橋
路線, 地名	松本環状高家線, 長野県松本市
橋梁形式	単純RC桁橋(一部PC橋)
橋長	127m
支間長	8@10m (RC桁部)+2@21m
竣工年	昭和10年(1935年)

■ 橋梁概観



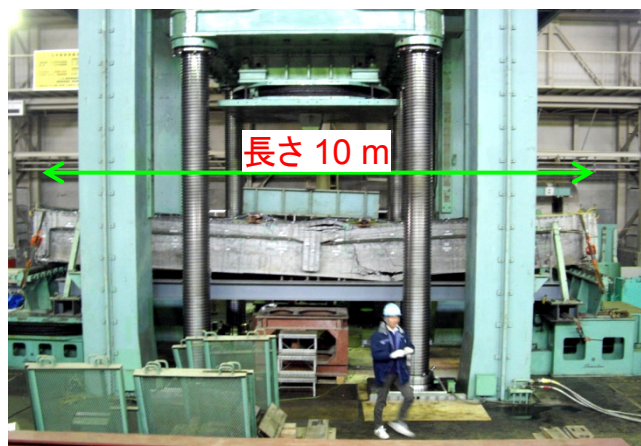
■ 研究概要

《研究目的》

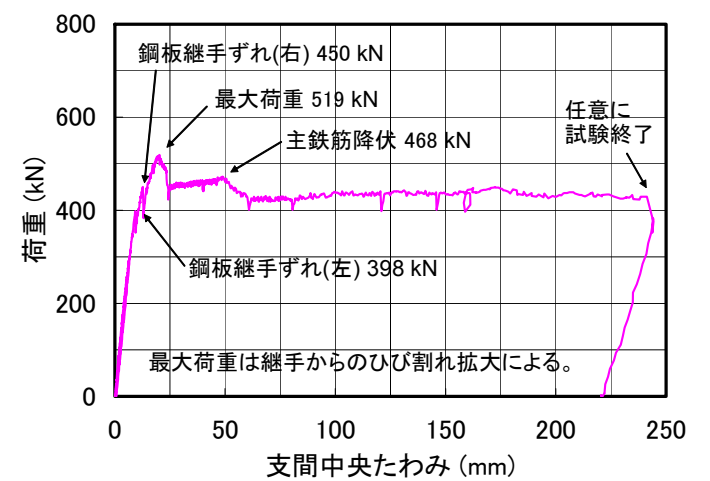
RC主桁の鋼板接着の効果を確認するとともに、著しい劣化が耐荷力に及ぼす影響を把握する。また、劣化原因の調査を行う。

《調査内容》

載荷試験による耐荷力確認
材料諸元と劣化に関する解体調査



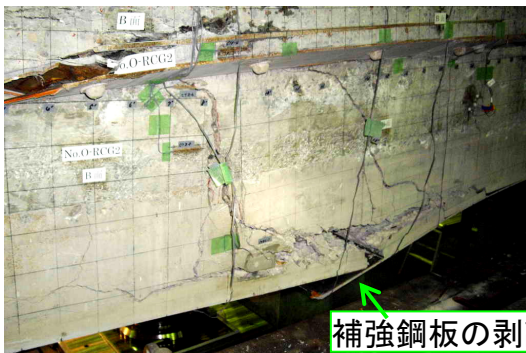
載荷試験後の破壊状況



荷重-たわみ

主桁2体の載荷試験の結果

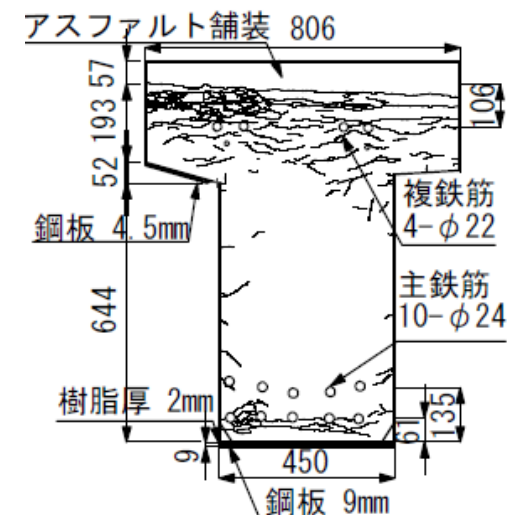
- ・添接板の破壊により鋼板接着の補強効果が発揮されなかった
 - ・劣化により、RC桁の曲げ耐荷力が計算値の90%に低下していた
- 劣化調査等、引き続き調査中



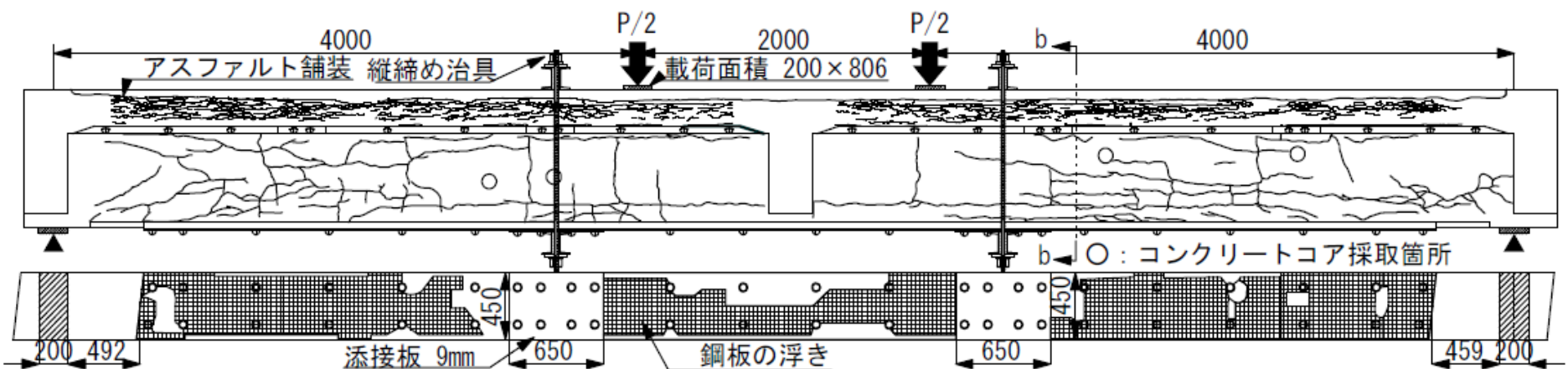
補強鋼板の剥離



圧壊付近の上フランジ側面の状況



主桁断面 (b-b断面)
上フランジ(床版)の劣化が著しい。



注) 横桁付近の床版のひび割れは省略した。

供試体 S2 (第1 径間外桁)

主桁の劣化によるひび割れ

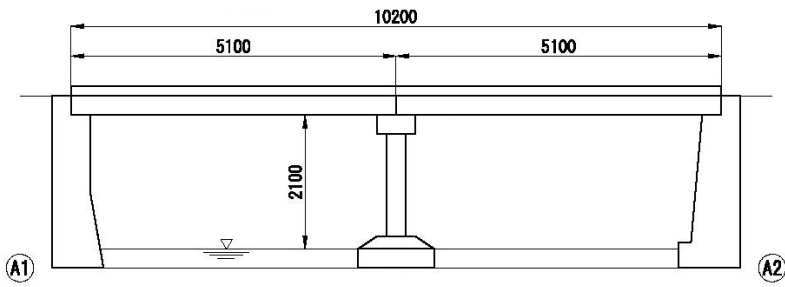
関連資料 ・吉田ほか, 劣化した鋼板接着補強RC桁の耐荷力試験, 土木学会全国大会, 2011.9.

倉谷橋(劣化部材の耐荷性能の確認)



■ 橋梁諸元

橋梁名	倉谷橋
路線, 地名	市道, 島根県江津市
橋梁形式	RC床版橋
橋長	10.2m
支間長	2@5.1m
竣工年	昭和34年(1959年)



一般図

■ 橋梁概観



床版下面の剥離

主筋の腐食

■ 研究概要

《研究目的》

塩害により、鋼材、コンクリートに損傷の生じた床版桁の耐荷力の確認

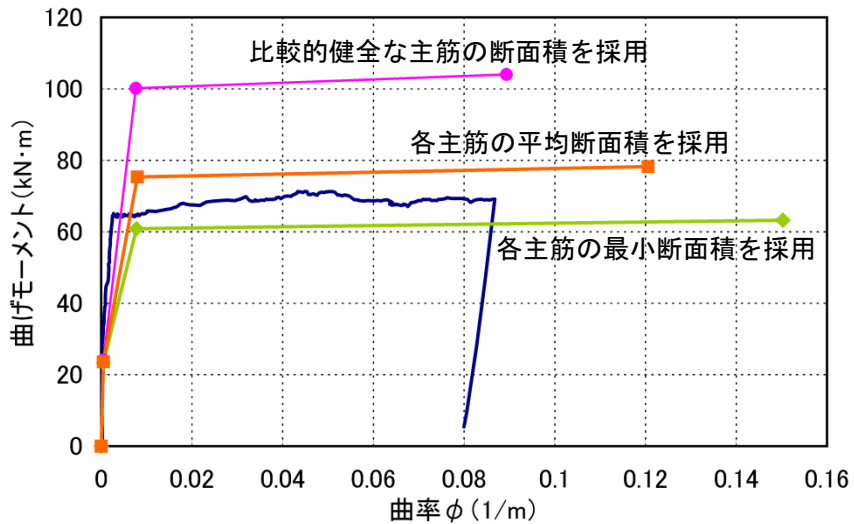
《調査内容》

載荷試験による耐荷力確認
コンクリートおよび鉄筋の劣化調査

塩害損傷を受けたRC床版の耐荷力を確認するため載荷試験を実施。劣化調査による腐食鉄筋の断面積に注目した耐荷力算出を行い、載荷試験結果との耐荷力評価を実施。

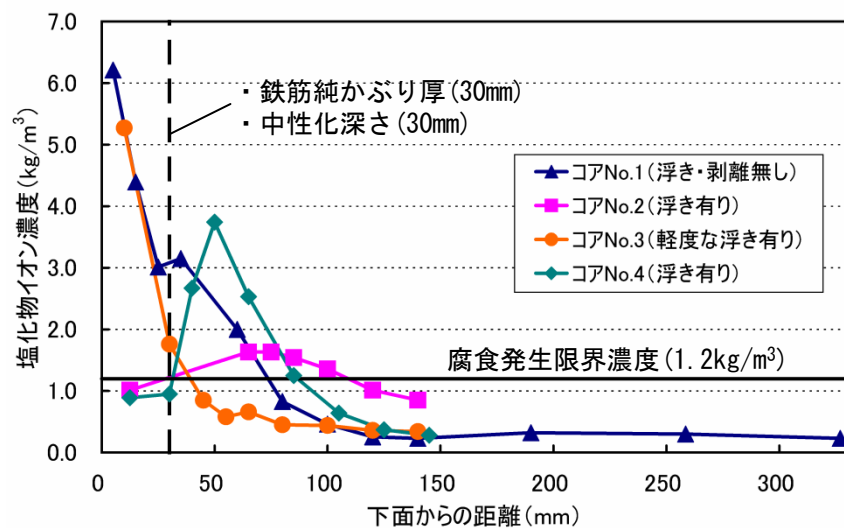


- ・鉄筋付近では、塩化物イオン濃度は概ね腐食発生限界濃度と同程度かそれ以上であった。
- ・主筋は最大45%の断面減少があった。
- ・浮きがあってもかぶりが残存していれば断面積の減少が抑制される。(鉄筋A、D)
- ・健全体を想定した耐荷力の68%程度であった。
- ・各主筋の最小断面積による計算が安全側の評価となった。

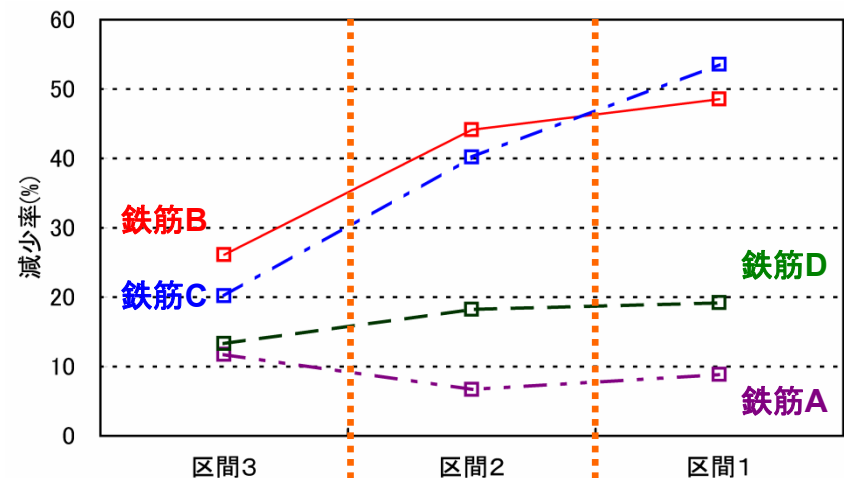


主桁の劣化によるひび割れ

関連資料 ・土木技術資料, 2011.2.



塩化物イオン濃度分布



主筋の平均断面減少率と床版下面の相関

津波橋(落橋した橋梁の解体調査)



■ 橋梁諸元

橋梁名	津波(つは)橋
路線, 地名	旧国道58号, 沖縄県大宜味村
橋梁形式	RCT桁橋(3主桁)
橋長	10.2m
支間長	9.4m
竣工年	昭和6年(1931年)

■ 橋梁概観



■ 研究概要

《研究目的》

古い年代に建設され、長期間に渡り塩害環境にさらされて落橋に至った橋梁の材料物性、劣化度の把握

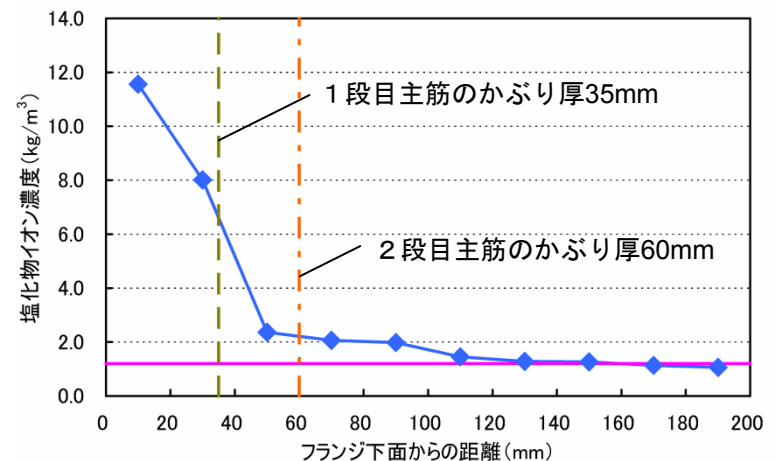
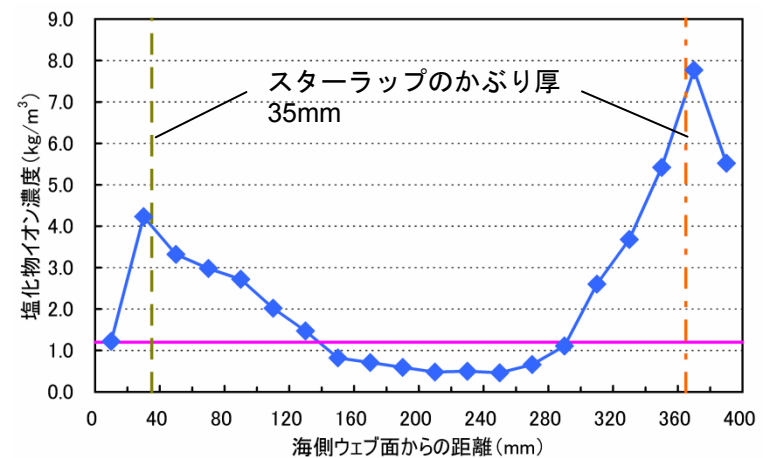
《調査内容》

塩害により落橋した桁部材の材料調査
(コンクリートおよび鉄筋の物性、塩化物イオン濃度)

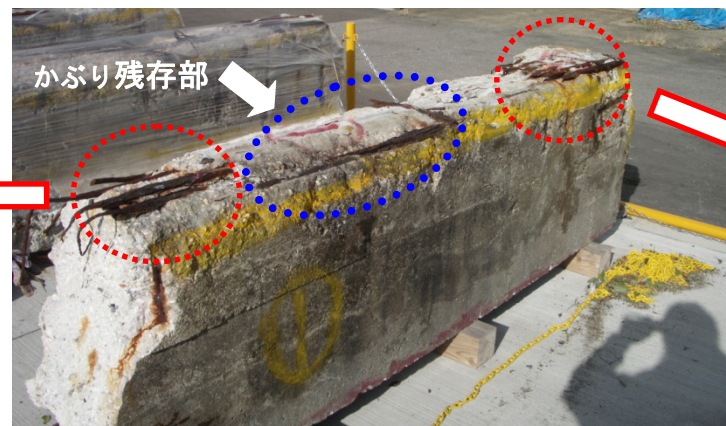
落橋に至った桁に残る鉄筋の材料調査を実施。RC構造物の耐力に大きく影響する鉄筋の断面減少を把握する。



- ・海側の外桁では内側ウェブ面の方が塩化物イオン濃度が高い。
- ・鉛直方向の塩化物イオン濃度は1段目鉄筋付近と2段目鉄筋で差が大きい。
- ・桁内部の塩化物イオン濃度は表面から150mm程度で腐食発生限界濃度(1.2kg/m³)以下となった。
- ・1段目の鉄筋はほとんど消失していた。
- ・2段目の鉄筋はかぶり残存箇所ではほぼ健全な断面。
- ・断面減少率は露出部では著しかった。



露出した鉄筋



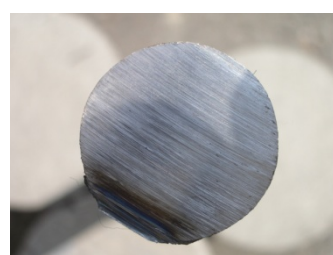
解体調査用撤去桁



支承部の鉄筋



除錆前後の鉄筋状況



Φ25程度
比較的健全な鉄筋



Φ18程度
断面減少率49%



Φ12程度
断面減少率77%

辺野喜橋(監視技術の適用性検討)



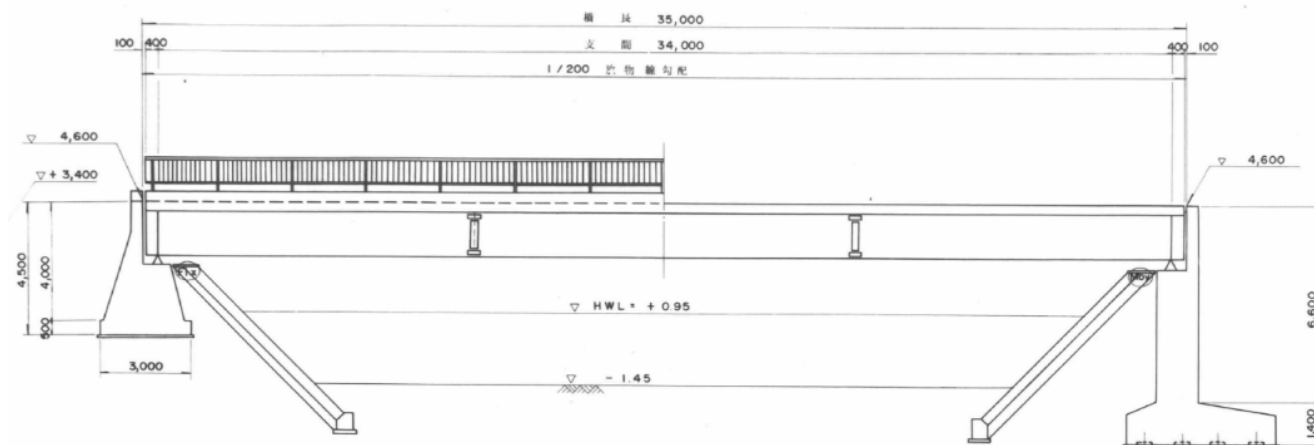
■ 橋梁諸元

橋梁名	辺野喜(べのき)橋
路線, 地名	辺野喜辺奈原支線, 沖縄県国頭村
橋梁形式	鋼単純合成桁橋
橋長	35m
支間長	35m
竣工年	昭和56年(1981年)

■ 橋梁概観



■ 一般図



28年供用, 各所に著しい腐食損傷, 2009年に崩落

■ 研究概要

《研究目的》

崩落過程に係る挙動把握と、汎用技術による実用的な計測技術の仕様検討・課題抽出

《調査内容》

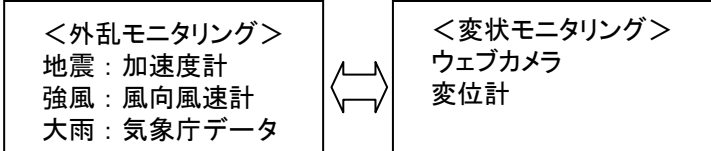
・遠隔監視ウェブカメラ等による連続計測

著しい損傷が発生しており、地震、強風、常時微動等の外乱により、予定されていた撤去前に崩壊する可能性があったため、管理者、琉球大、土研の3者によるリアルタイムモニタリングを実施。

- ・崩壊3週間前の集中豪雨時の変状進行を即座に情報共有し、崩落時の事前対応を実施
- ・モニタリングの試行により、技術面・運用面の課題を抽出(計測設置場所の確保と計測環境、地域に応じた情報通信の方法、環境条件に対応したセンサ機器の仕様)



崩落の瞬間のカメラ画像



- ・遠隔監視ウェブカメラによるモニタリング: 琉球大、土研CAESAR、管理者
- ・変位、加速度、風速: 琉球大で遠隔モニタリング

緊急対策、周辺住民へ通報

モニタリングの概要



崩落後の状況(琉球大学 下里 哲弘 准教授 撮影)

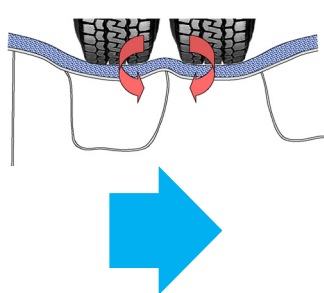
関連資料 ・橋梁と基礎, 2009.11.

鋼床版疲労き裂の非破壊調査法の開発および適用性調査



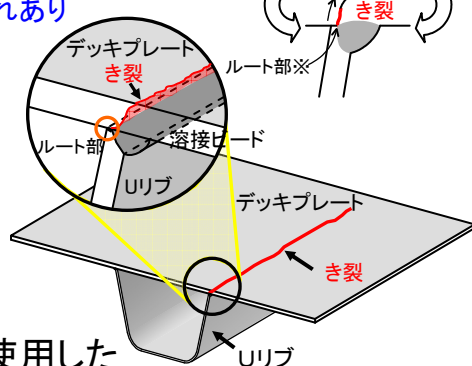
■ 背景

- 重交通路線の鋼床版橋において、U型リブの溶接部からデッキプレートに進展するき裂の報告事例あり。
- 目視では確認困難な部位に発生しており、早期に発見するための非破壊調査技術が必要。



き裂が進展するとデッキプレートの破断し、舗装の損傷や路面陥没を引き起こし車両走行に影響を与える恐れあり

デッキプレートの板曲げ変形



※応力集中部であるルート部(溶接金属と母材の境界部であり、熱影響部でもある部分)が起点となり、デッキ内にき裂が進展



■ 研究概要

○ 非破壊調査法の開発

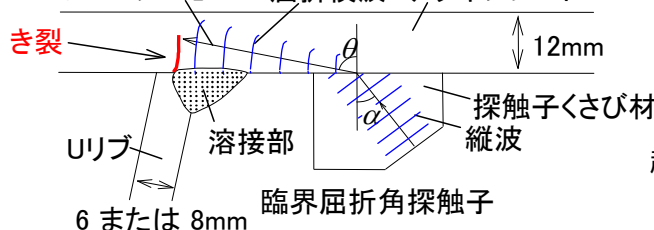
斜角90度に近い超音波探触子を使用した調査法を開発

- ・塗膜を除去せずに精度良く探傷可能な感度調整方法の提案
- ・エコー高さによるき裂検出方法の提案

4mm程度の深さの浅いき裂を確実に検出

菱電湘南エレクトロニクス(株)および三菱電機(株)と共同研究(平成18年度~19年度)を実施

浅いき裂の検出性能向上のために、できる限り屈折角 θ が大きくなるよう配慮



き裂に対する超音波探傷イメージ

○ 現場での適用性の調査

《調査目的》

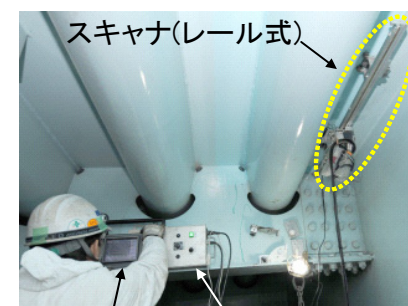
現場における適用性確認

《調査内容》

- ・実橋鋼床版での試行
- ・実橋からの切出部との照合による精度確認
- ・現場試行を踏まえた探傷装置・方法の改善

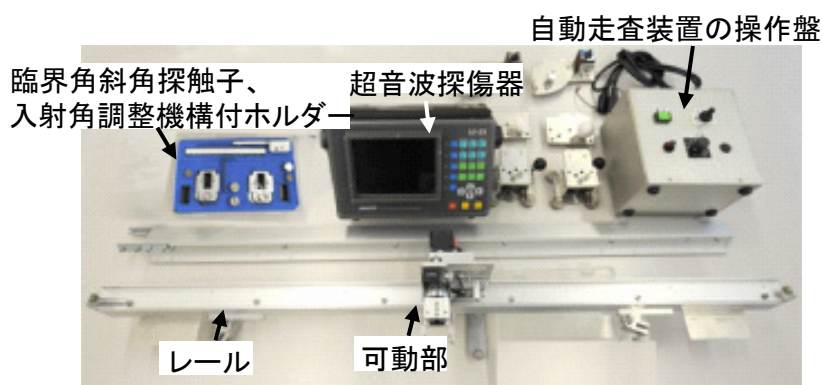
・検出性能を確認

・作業効率性の向上(溶接長約60m/8時間)



超音波探傷器 自動走査装置の操作盤

現場における探傷事例

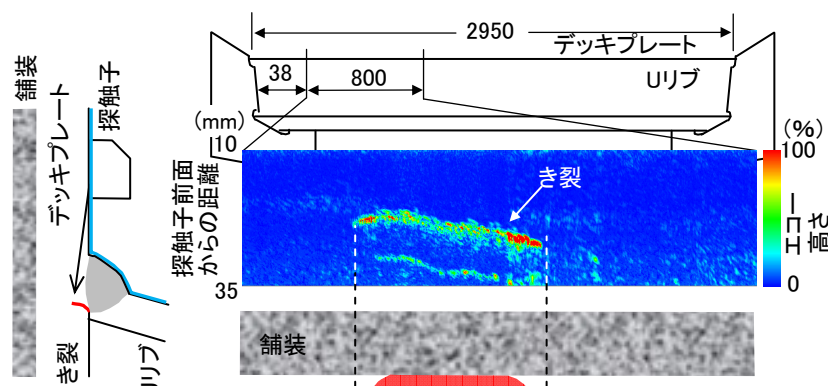


開発した自動探傷装置

調査結果

実橋名	建設年次	走査方式	調査長(m)	き裂検出の有無
G橋	S52	自動	74.2	無
SH橋	H5	自動	22.3	有※
C橋	S50	自動	195.0	有※
SK橋	H4	手動+自動	422.0	有
K橋	S53	自動	62.4	有
SW橋	S53	手動+自動	28.0	有
ST橋	S54	手動+自動	132.0	有
M橋	S57	手動+自動	121.0	有
T橋	S54	自動	193.0	有※

※ デッキプレート貫通き裂の有無は、舗装を剥がして磁粉探傷試験(MT)により確認
注) 点検、詳細調査により、き裂発生が報告されている、もしくは疑われている鋼床版橋を対象として調査範囲を限定して実施



実橋の探傷結果の例

関連資料 ・土研資料, 第4138号, 鋼床版デッキプレート進展き裂の調査のための超音波探傷マニュアル(案), 2009.3.

ポストテンションPC橋のグラウト充填調査



■ 橋梁諸元

橋梁名	佐野橋	能生(のう)大橋	羽咋川(はくいがわ)海浜橋	T橋
路線地名	特15号線 兵庫県丹波市	国道8号 新潟県糸井川市	能登海浜自転車道線 石川県羽咋市	北海道
橋梁形式	単純T桁橋	単純T桁橋	単純T桁橋	PC中空床版橋
橋長	117.7m	136.5m	90.0m	28.7m
支間長	5@22.8m	5@27.3m	3@29.2m	28.7m
竣工年	昭和40年(1965年)	昭和41年(1966年)	昭和47年(1972年)	昭和53年(1978年)
橋梁外観				

■ 研究概要

《研究目的》

部材の一体化、鋼材の防錆に重要な役割を果たすグラウト充填の実態を確認

《調査内容》

ポストテンションPC橋のグラウト充填状況の調査

ポステンPC桁のグラウトが充填されていない箇所の鋼材が腐食している事例が報告されている。この現状を把握するため桁切断面よりグラウト充填状況を調査した。



- ・調査箇所の90%はグラウトの充填が良好
- ・上縁定着ケーブルでウェブ内に未充填が見られた。
- ・未充填箇所の鋼材腐食は見られなかった。



桁切断面の調査状況

橋梁	佐野橋	能生大橋	はくい 羽咋川海浜橋	T橋
充填状況一例	 未充填(ウェブ)	 充填不足(ウェブ)	 未充填(ウェブ)	 未充填
充填不足調査箇所	$\frac{16}{342}$ (4.7%)	$\frac{2}{64}$ (3.1%)	$\frac{8}{145}$ (5.5%)	$\frac{0}{16}$ (0%)
未充填調査箇所	$\frac{4}{342}$ (1.2%)	$\frac{0}{64}$ (0%)	$\frac{1}{145}$ (0.7%)	$\frac{1}{16}$ (6.3%)

調査結果一覧

研究目的・概要

非常に厳しい自然環境である沖縄において、沖縄県が整備・管理する離島架橋を100年余供用するための維持管理手法・技術基準の確立を目指し、「沖縄県離島架橋100年耐久性検証プロジェクト」を開始。実際の離島架橋を用い、臨床研究的手法により研究を進めている。これにより、塩害橋の予防診断手法の高度化を進めていく。

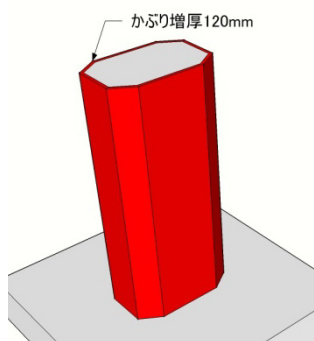
新設橋を用いた臨床研究

材料物性の変化、コンクリート中への塩分の浸透、鋼材の腐食などを長期的に計測できるように、新設橋の建設時に計測環境を整備。

伊良部大橋



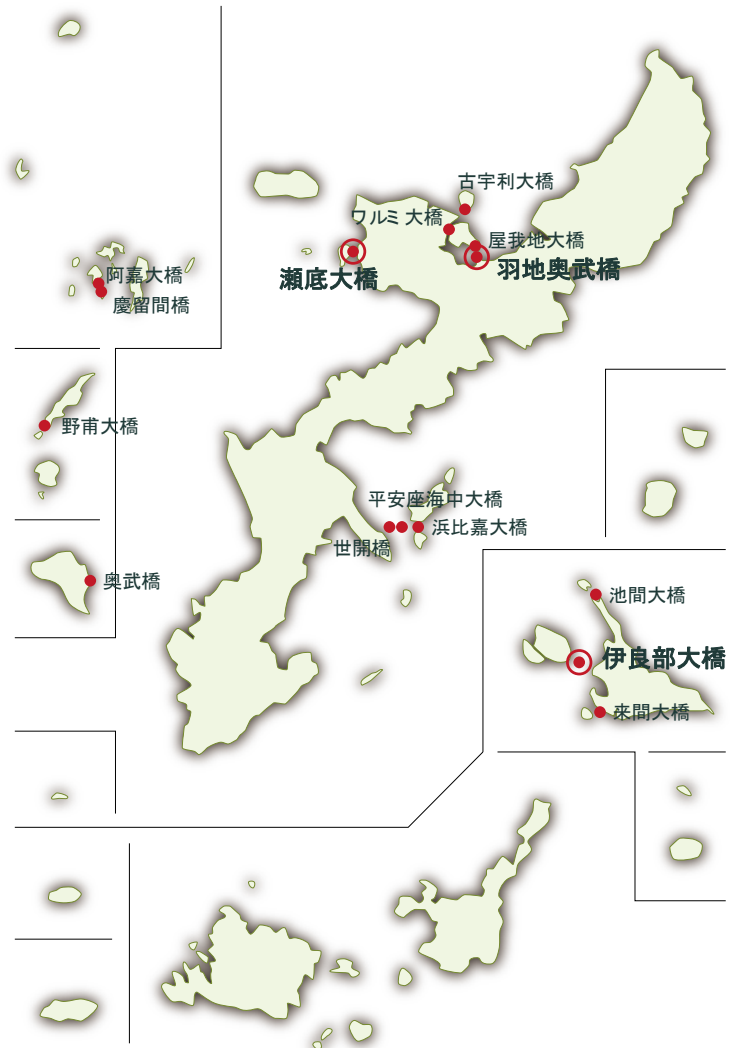
現在建設中の伊良部大橋



将来のサンプリング用にかぶりを厚くした橋脚



現地暴露供試体(181体)
実際の下部工に使ったコンクリートと同じ材料・同じ配合



沖縄県の整備した(整備中の)離島架橋

既設橋を用いた臨床研究

既設橋梁の劣化状態などに関するデータの集積と分析

瀬底大橋

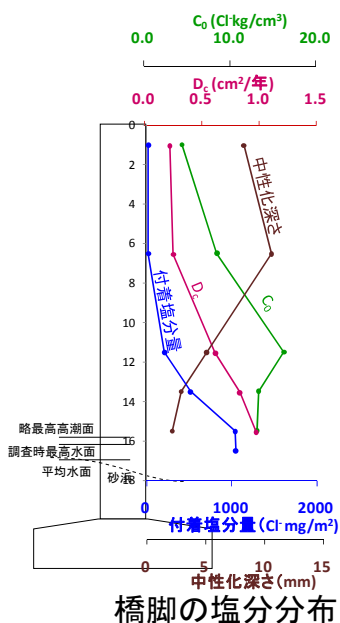
既設橋脚内の塩分濃度などの高さ方向等の分布、鋼材の腐食状況などを調査



瀬底大橋



橋脚調査状況



橋脚の塩分分布



耐震補強工事時に鉄筋の腐食度を調査

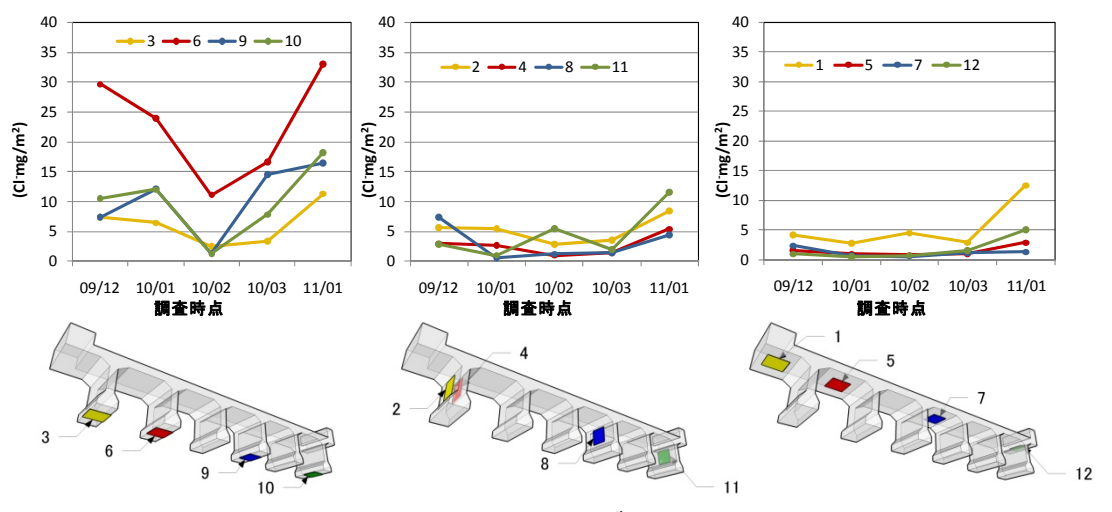
羽地奥武橋ほか

表面に付着した塩分の橋梁部位毎の違いを調査



調査位置

羽地奥武橋



フランジ下面

ウェブ

床版

アルカリ骨材反応で劣化した橋梁の調査



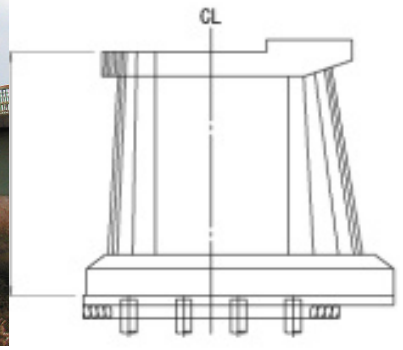
■ 橋梁諸元

橋梁名	K橋
橋梁形式	単純鋼合成箱桁橋(5径間)
橋長	258m
支間長	51.6m × 5
竣工年	昭和39年(1964年)

■ 橋梁概観・損傷状態



橋梁全景



P1橋脚

■ 研究概要

《研究目的》

ASR劣化の程度を弾性波(超音波)伝播速度の測定で把握可能か検討

《調査内容》

弾性波伝播速度測定
ひび割れが顕著な部位のはつり調査

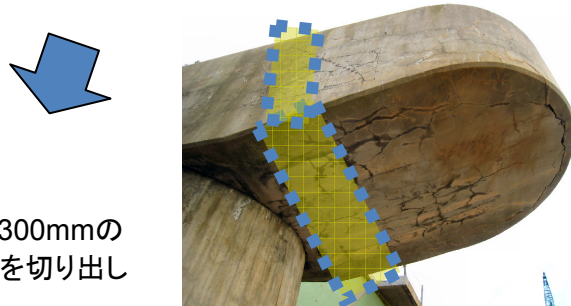
- ・表面のひび割れ幅は大きいですが、連続したひび割れは概ねかぶりの範囲にとどまった。
- ・ただし、内部も弾性波伝播速度が低下することを確認
- ・ひび割れ幅が特に大きい部位は配筋のディティールが適切でなかった



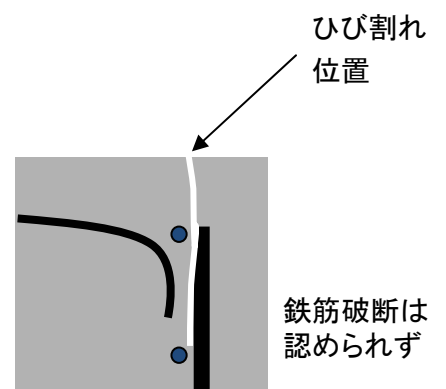
橋脚はり部(歩道橋側)



アルカリ骨材反応によるゲルの滲出

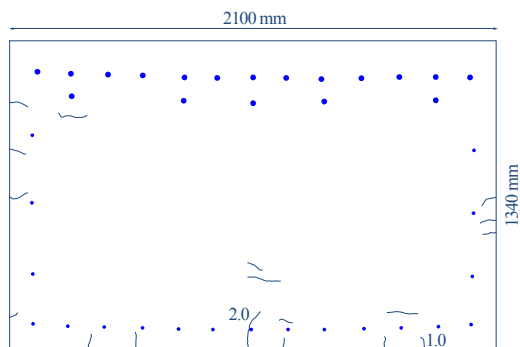


厚さ300mmの部位を切り出し

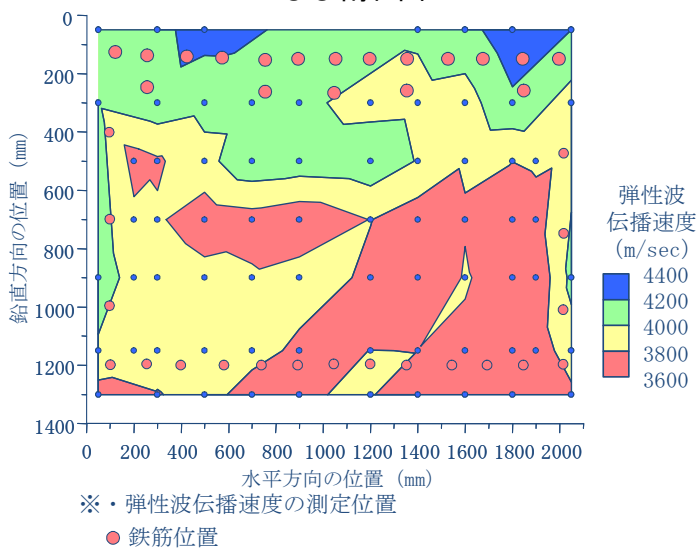


ひび割れ位置

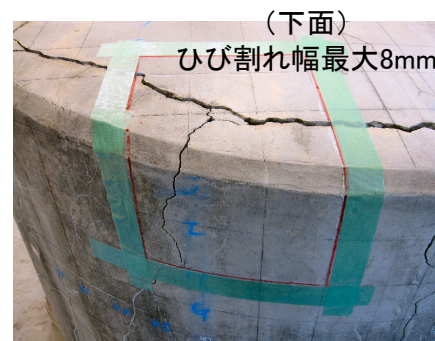
鉄筋破断は認められず



ひび割れ図



弾性波伝播速度の分布



(下面)
ひび割れ幅最大8mm



ひび割れが顕著な部位のはつり調査

関連資料 「ASRで劣化した実橋部材を用いた超音波法の適用性に関する検討」古賀他, 日本非破壊検査協会平成23年度春期講演大会講演概要集, 2011.5.

RC床版の舗装損傷先行型疲労損傷の調査



■ 橋梁諸元

橋梁名	S橋
路線, 地名	国道4号, 福島県白河市
橋梁形式	単純合成鉄桁橋
橋長	160m
支間長	5@31.5m
竣工年	昭和31年(1956年)

■ 橋梁概観 (補修前の路面)



■ 研究概要

《研究目的》

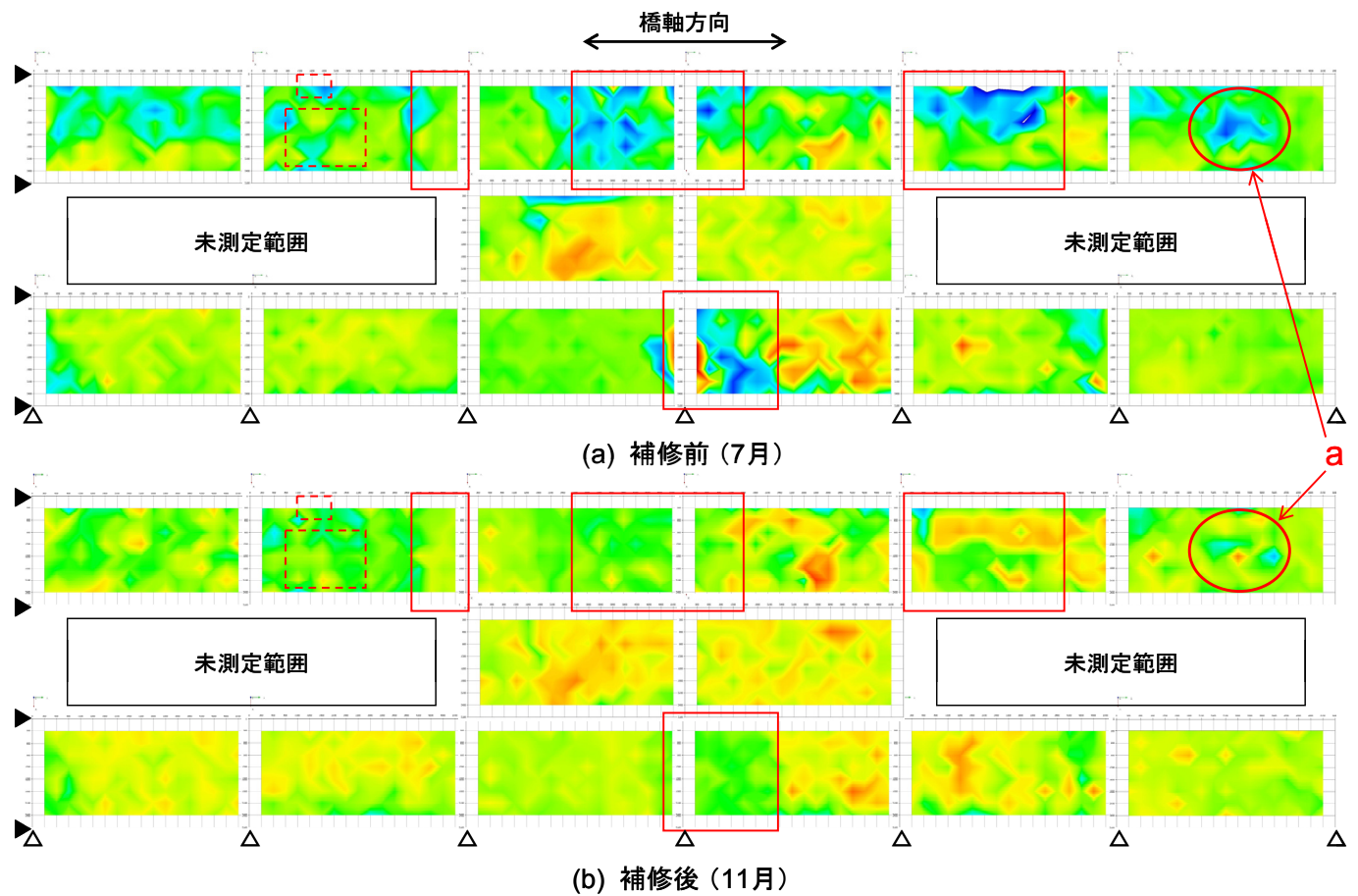
RC床版の疲労損傷が局部的に発生する事例の原因を調査する。

《調査内容》

床版下面の状況と橋面アスファルト舗装の経過観察
撤去部材を用いた材料諸元や水分の浸透性に関する調査

床版と舗装の経過観察の結果

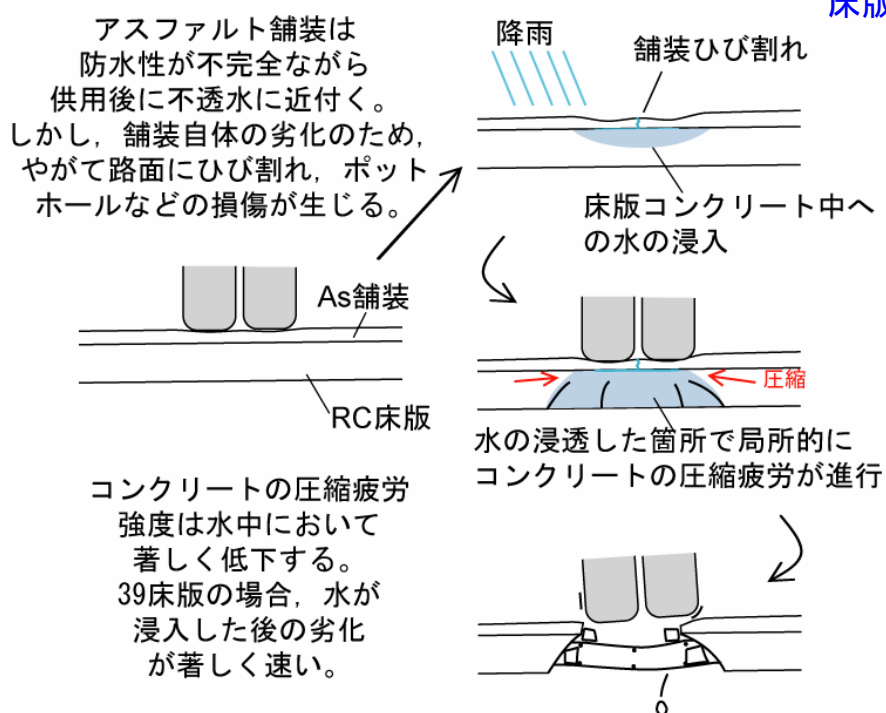
- ・舗装のひび割れ箇所、床版下面の漏水が確認された
 - ・舗装全面打換え後、RC床版の含水状態が改善された
- 撤去部材の調査は継続調査中



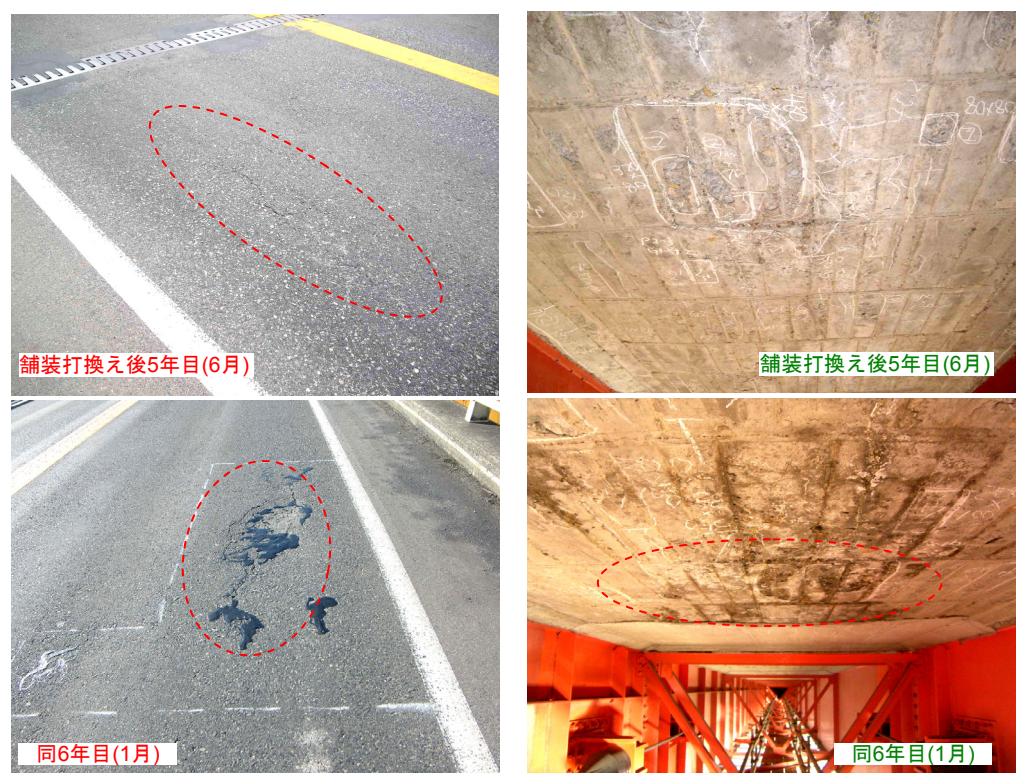
□: 床版部分打換え範囲、 : 床版上面パッチング範囲 ▲: 主桁位置(3@2.7m)、△: 対傾構位置(6@5.25m)

注 1) 含水分布は上からの透視図で示す。青が濃いほど(橙、黄、緑、青の順に)、水分が多いことを示す。
2) 8月に、床版部分打換え、床版上面の剥離箇所パッチング、防水層設置、全面舗装打換えが行われた。

床版及び舗装の補修前後における床版コンクリート下面の含水分布



舗装損傷先行型のRC床版の疲労イメージ



a点における橋面舗装と床版下面の変化

1月の写真は事務所提供

関連資料 ・橋梁と基礎, 2008.11-12. ・土木技術資料, 2011.2.

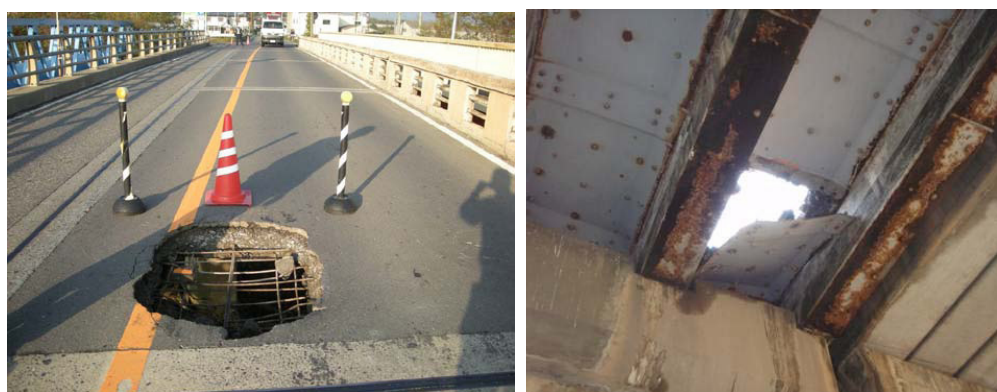
非破壊検査技術の適用性調査(鋼板接着で補修されたRC床版)



■ 橋梁諸元

橋梁名	神戸(ごうど)橋
路線, 地名	松本環状高塚線, 長野県松本市
橋梁形式	単純RC桁橋(一部PC橋)
橋長	127m
支間長	8@10m(RC桁部)+2@21m
竣工年	昭和10年(1935年)

■ 橋梁概観



床版の抜け落ち

■ 調査概要

《調査目的》

鋼板接着により補修されたRC床版の劣化に対する非破壊検査技術の適用性確認

《調査内容》

- ・鉄筋コンクリート部材に用いられている各種非破壊検査を用い、床版等を測定
- ・撤去時に床版を切断し、劣化状況を調査



- ・床版コンクリートに多数の層状のひび割れが発生。一部は土砂化。
- ・著しく劣化している部位は、電磁波レーダ法、超音波法により把握可能。

解体調査：CAESAR

床版切出し → 解体調査(協力:長野県)



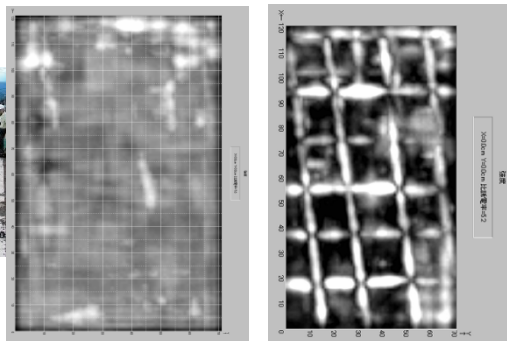
適用性
確認

床版非破壊検査：日本非破壊検査工業会

電磁波レーダ法



調査状況



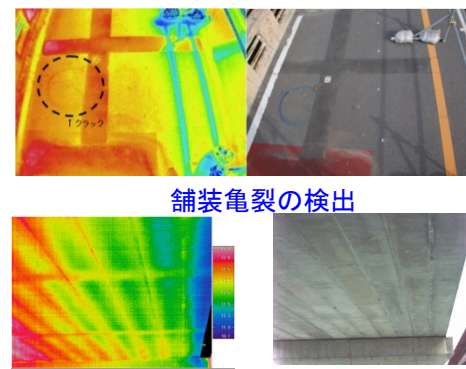
不明瞭なデータ例

明瞭なデータ例

赤外線サーモグラフィ法



調査状況

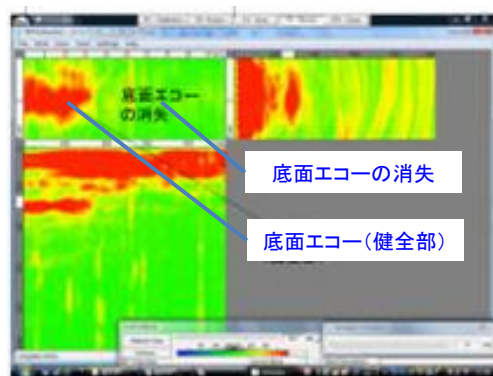


PC桁の中空部

超音波法



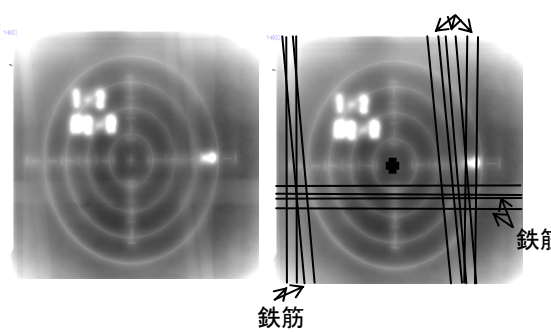
調査状況



エックス線法



調査状況



鉄筋

エックス線写真

電圧 300kV 照射時間 6分
部材厚 65mmAs+170mmRC+6mm鋼板

関連資料 ・第7回日本非破壊検査工業会技術討論会討論概要集, 2011.7.

●損傷メカニズム・損傷要因

試験・調査内容		参考資料
鋼部材の腐食	塗装鋼材のさび層内の塩分量調査	・土研資料, 4142号, 2010.3. ・鋼道路橋塗装・防食便覧資料集、道路協会, 2010.9.
	鋼コンクリート境界部の腐食状況調査	・土木技術資料, 2010.4.
	鋼橋桁端部の腐食の耐力への影響に関する調査	・土研資料, 4142号, 2010.3.
鋼部材の腐食疲労等	古い年代の鋼材の材料・強度特性調査	・「古い年代に建設された鋼道路橋における鋼部材の材料・強度特性の調査」澤田他, 土木学会全国大会, 2009.9.
RC床版の疲労	路面からの塩分浸透に関する調査	・橋梁と基礎, 2008.11-12. ・土研資料4160号, 2010.1.
	橋面アスファルト舗装の透水性に関する調査	・橋梁と基礎, 2008.11-12. ・土研資料4160号, 2010.1. ・土木技術資料, 2011.2.
	SFRC補強されたRC床版の解体調査	・土研資料4160号, 2010.1.
	既設RC床版の含水状態に関する調査	・橋梁と基礎, 2008.11-12. ・土研資料4160号, 2010.1. ・土木技術資料, 2011.2.

●診断技術(損傷を有する橋梁の全体挙動の評価、モデル化手法)

橋梁名	試験・調査内容	参考資料
旭橋	・現地載荷試験(荷重車) ・その他(材料強度試験、非破壊検査技術の適用性調査)	・土研資料, 4175号, 2010.7. ・土木技術資料, 2010.7. ・構造工学論文集, Vol.56A 2010.3. pp.710~721. ・鋼構造シンポジウム2010 2010.10. pp.431~436. ・コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第9巻, pp.45-50, 2009.10.
銚子大橋	・現地載荷試験(荷重車)、 ・撤去格点部腐食量計測、載荷試験 ・SFRC床版上面増厚部の付着試験	・土木技術資料, 2011.2.
桜橋	・現地載荷試験(荷重車、起振機)	・第14回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集 2011.7. pp.65~70.
神戸(ごうど)橋	・撤去RC主桁の載荷試験 ・材料諸元と劣化に関する解体調査	・「劣化した鋼板接着補強RC桁の耐力試験」, 吉田他, 土木学会全国大会, 2011.9.
倉谷橋	・撤去RC床版桁の載荷試験 ・材料諸元と劣化に関する解体調査	・土木技術資料, 2011.2.
能生大橋	・現地動的特性確認試験(車両落下、重錘落下、常時微動) ・解体調査	・「プレストレストコンクリート道路橋の振動計測(一般国道8号能生大橋)」北野他, 土木学会全国大会, 2011.9.

●調査技術(目視困難な損傷の非破壊検査技術、監視技術の適用性、適用方法)

試験・調査内容	参考資料
鋼床版デッキプレート進展き裂の超音波探傷法の適用性調査	・土研資料, 4138号, 2009.3.
腐食部位の板厚減少量に関する調査	・土研資料, 4142号, 2010.3.
崩落に至るまでの変状モニタリング(辺野喜橋、損傷状況)	・橋梁と基礎, 2009.11. pp.55~60.



独立行政法人土木研究所
構造物メンテナンス研究センター(CAESAR)
<http://www.pwri.go.jp/caesar/>

305-8516
茨城県つくば市南原 1-6
電話 029-879-6773
FAX 029-879-6739
e-mail caesar@pwri.go.jp