

西日本高速道路における モニタリングの取り組み

みち、ひと…未来へ。

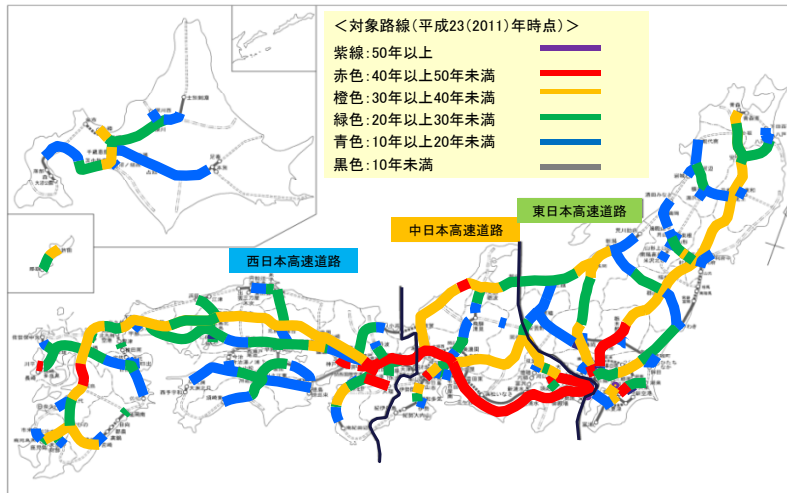


内容

1. 高速道路（橋梁）の老朽化
2. NEXCO西日本における維持管理の実態
3. NEXCO西日本におけるモニタリングの事例
4. おわりに



高速道路の供用年数の状況



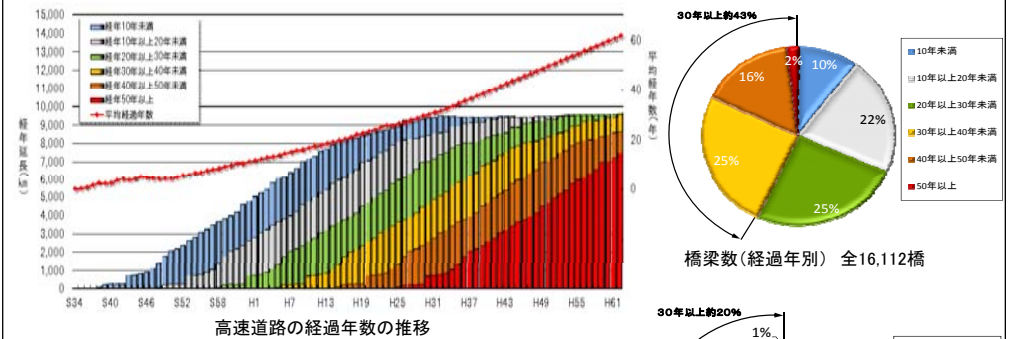
昭和38年 7月(1963.7) 名神高速道路 栗東～尼崎 71.1km開通

昭和40年 7月(1965.7) 名神高速道路(189.7km) 全線開通

出展: 高速道路の資産の長期保全及び更新の在り方に関する技術検討委員会報告書(平成26年1月)



高速道路の供用年数の変遷 (NEXCO3会社)



➢ 供用延長9,000kmのうち、供用から30年以上経過した延長が約4割(3,700km)

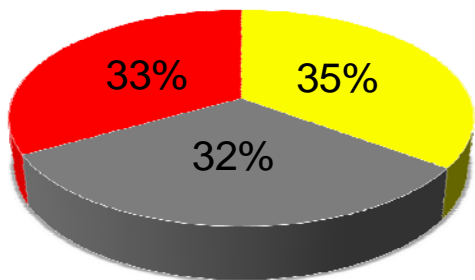
➢ 橋梁やトンネルなどの構造物についても、供用年数に比例して30年以上経過している延長が橋梁で約4割、トンネルで約2割と老朽化が進展



出展: 高速道路の資産の長期保全及び更新の在り方に関する技術検討委員会報告書(平成26年1月)

NEXCOの橋梁連数の比率 (NEXCO3会社)

■ PC橋 ■ RC橋 ■ 鋼橋



(NEXCO-BMSデータ2010から算出)

PC橋:プレストレストコンクリート橋
RC橋:鉄筋コンクリート橋

構造物の主な劣化要因

- 大型車交通が増加するとともに、車両制限令の規制緩和により車両の総重量が増加。また、大型車両の約24%が総重量を超過している違反車両。



大型車両の増加

道路名	地名	本線軸重計による総重量違反車両割合(%)
東名	日本平	34.3
名神	向日町	29.3
京葉	園生	20.2
京葉	海神	29.8
山陽	東広島	6.0
平均		23.9

本線軸重計データ(H17)による推計の総重量違反車両の割合



車限令違反車両の取締り状況

- 積雪寒冷地の供用延長の増加やスパイクタイヤ廃止の影響による凍結防止剤(塩化ナトリウム)使用量の増加や短時間異常降雨の増加など厳しい使用条件



積雪寒冷地における厳しい自然環境



短時間異常降雨の影響



海岸線通過路線の厳しい自然環境

構造物の変状

- 経年数の増加に伴う老朽化の進展並びに厳しい使用環境により著しい変状が顕在化。
- 設計・施工基準の変遷や地盤材料の風化・劣化などによる変状も発生。

橋梁の変状

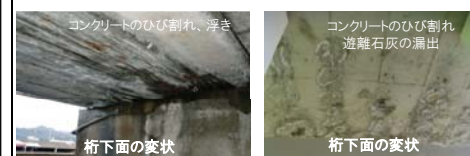
鉄筋コンクリート床版の変状



構造物の変状

橋梁の変状

鉄筋コンクリート桁、プレストレストコンクリート桁の変状



鋼桁の変状

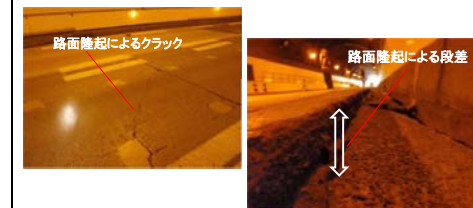


土構造物、トンネルの変状

グラウンドアンカーの変状



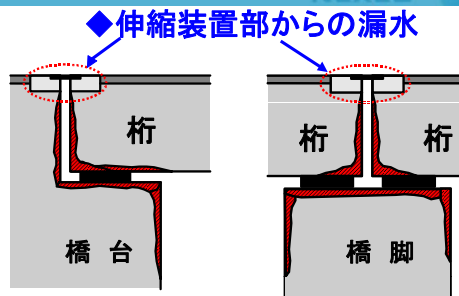
トンネルの変状



構造物の変状

■ 桁端部の劣化が顕著

- 伸縮装置からの漏水による塩害。
- 橋梁の桁端部であり、狭小部であることから調査及び補修等に苦慮している。



■ : 劣化



構造物の変状

■ 舗装の損傷は床版コンクリートの劣化が原因

- RC床版の鉄筋腐食は、床版上面からの雨水(凍結防止剤)の浸透が原因。
- 床版上面の脆弱化が広範囲に及んだ場合は床版取替が必要となる。

◆ 床版上面の損傷事例



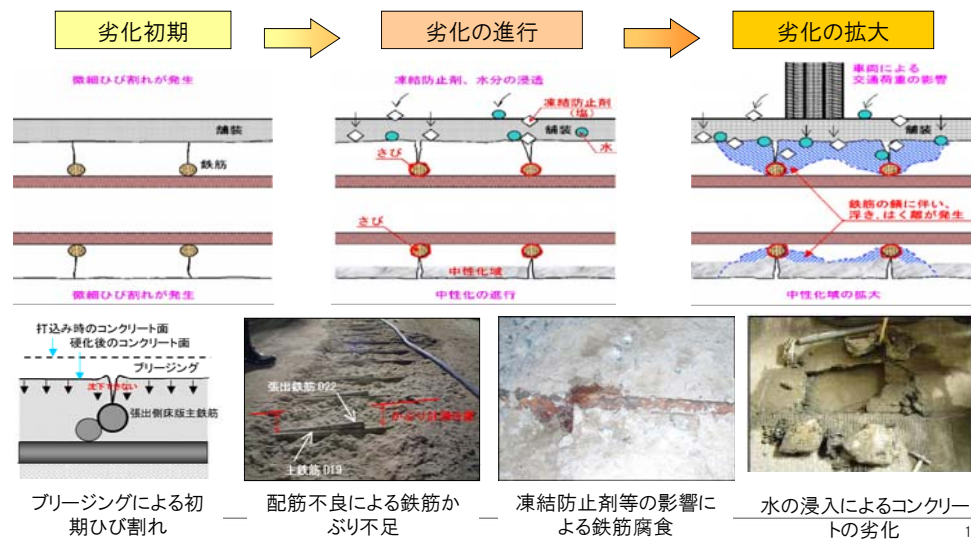
ポットホールの発生

補修部分の再劣化

床版の土砂化(水有り)

構造物の変状

◆ 床版上面の損傷要因



構造物の変状

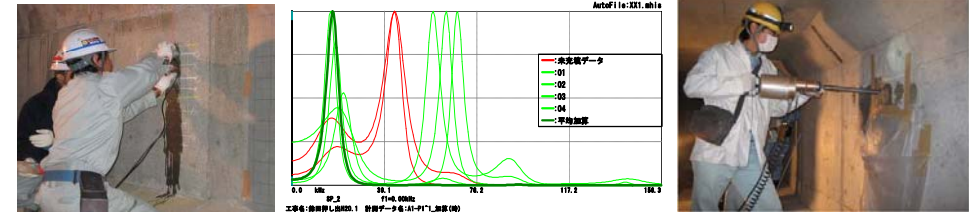


構造物の変状



PC鋼材の充填材(グラウト)の充填度調査

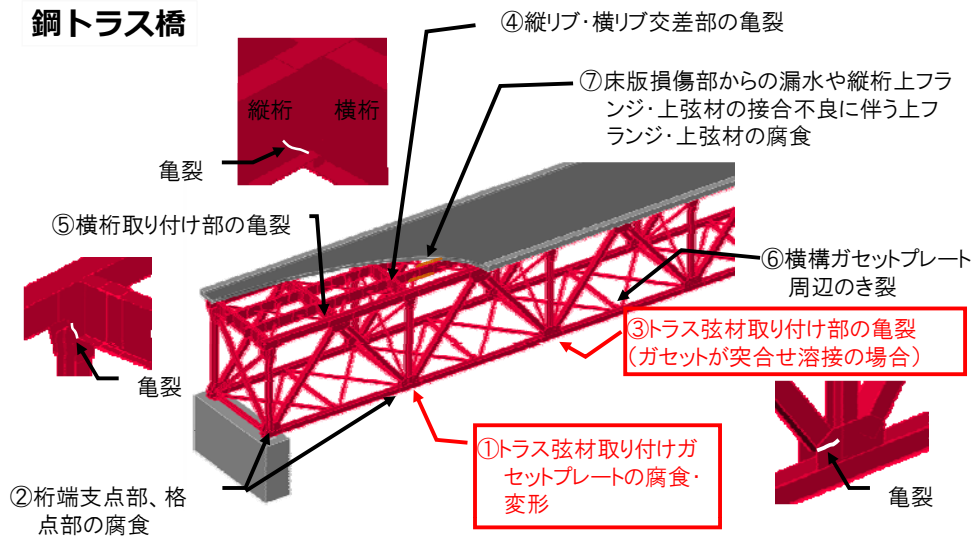
広帯域超音波法によるPCグラウト充填状況調査



精度は高いが、“点”の評価でしかない。

その他 変状の発生しやすい箇所

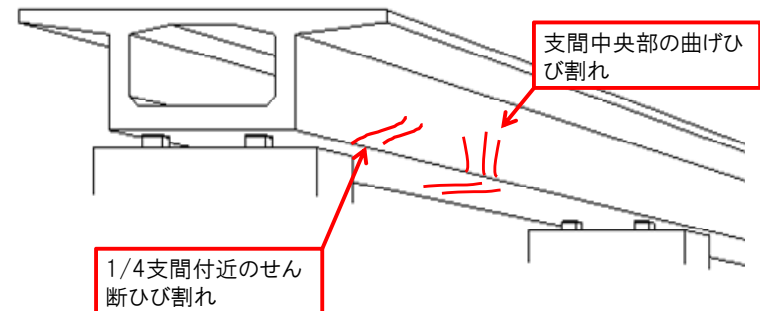
鋼トラス橋



その他 変状の発生しやすい箇所

■構造・外力等によるひび割れ

箇所	ひび割れパターン	主な原因推定
支間中央部	主桁直角方向の桁下面および側面鉛直方向に発生するひび割れ	過大曲げモーメント、プレストレス量の低下



構造物の変状に対するこれまでの対応

● 構造物のこれまでの補修状況

鋼桁の劣化



鋼桁の当て板補修



鋼桁の塗装劣化



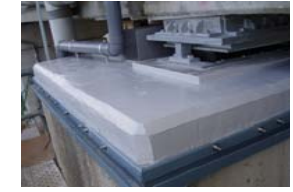
鋼桁の塗替塗装



漏水による支承の劣化



支承の取替及び
沓座の表面被覆



構造物の変状に対するこれまでの対応

● 構造物のこれまでの補修状況

床版上面の劣化



部分打ち換え



床版の疲労劣化



床版上面増厚



桁の劣化



桁の断面修復



国が定める点検基準

道路法

- ✓ 維持・修繕・点検に関する技術的基準その他必要な事項は政令で定める。(平成25年6月5日改正 平成25年9月2日施行)

政令

- ✓ 点検は適切な時期に目視その他適切な方法により行う。
- ✓ 技術的基準その他必要な事項は国土交通省令で定める。(平成25年8月26日改正 平成25年9月2日施行)

省令・告示

- ✓ **点検は知識・技能を有する者が行う。**
- ✓ **近接目視により、5年に1回の頻度で行う**ことを基本。
- ✓ 健全性の診断結果を4段階に分類
(平成26年3月31日改正 平成26年7月1日施行)

定期点検要領

- ✓ 道路トンネル、道路橋、門型標識等、シェッド・大型カルバート等、横断歩道橋
(平成26年6月25日道路局より通知)

点検困難箇所の点検実施状況



[高橋脚]
高所作業車



[中央分離帯側張出床版(閉塞)]
高所作業車



[中央分離帯側張出床版(開口)]
ロープアクセス

点検困難箇所の点検実施状況



[中央分離帯側張出床版(閉塞)]
高所作業車



点検困難箇所の点検実施状況

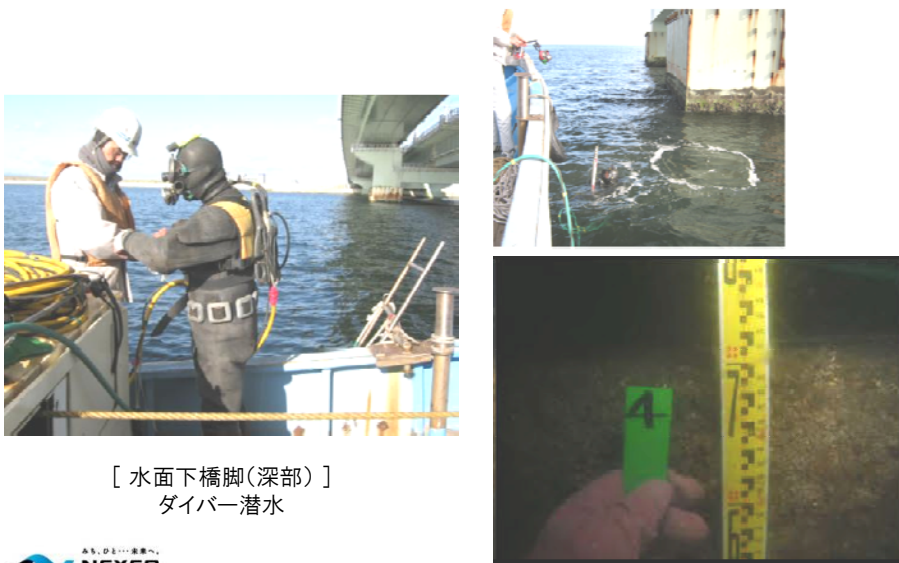


[トラス 斜材部材]
高所作業車

[鋼製高橋脚]
ロープアクセス



点検困難箇所の点検実施状況



[水面下橋脚(深部)]
ダイバー潜水



道路の維持管理におけるモニタリング



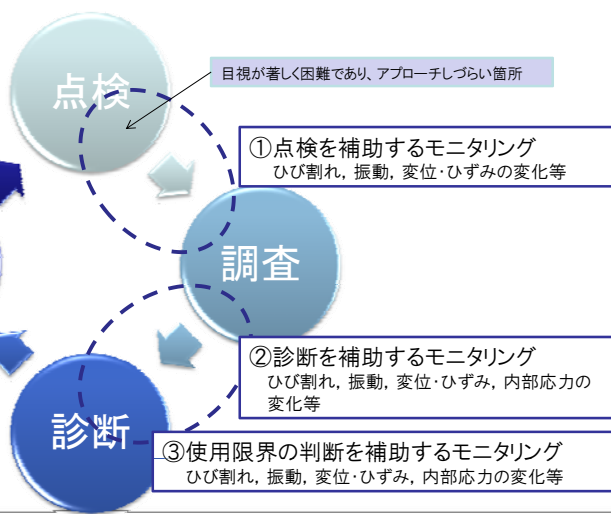
道路交通管理
情報のための
モニタリング

道路構造物等の維持管理のためのモニタリング

- 気象情報観測
(風向・風速・雨量)
- 特殊な
管理情報
(震度階等)
- 交通情報監視
・渋滞監視
・TN内情報
(火災等)
・一般道の
大型車規制
- のり面等の
危機管理
・法面や砂防
ダム等

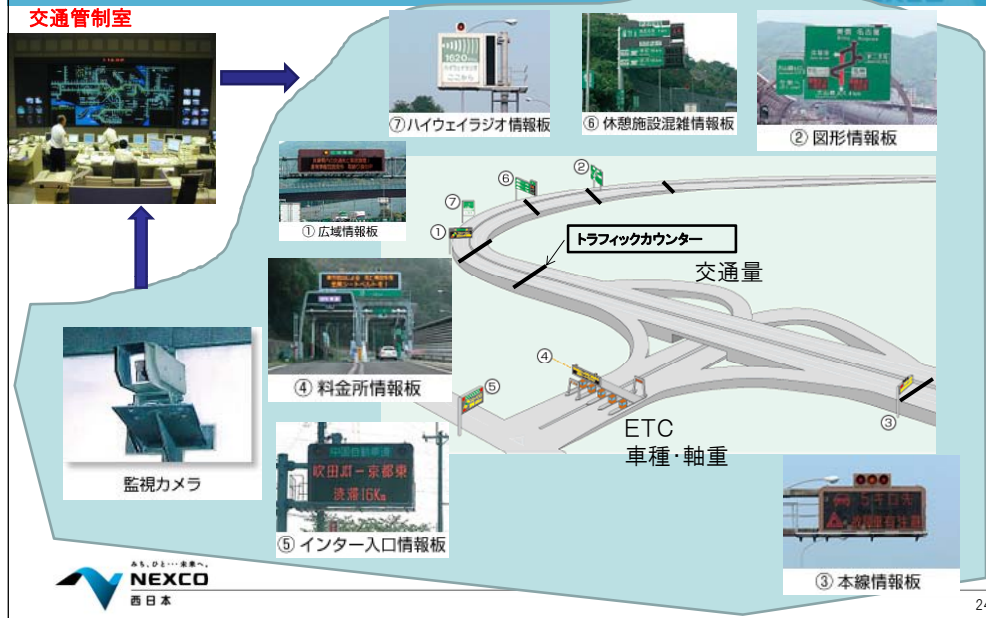
④設計上の
性能を確認
するためのモ
ニタリング
振動、変位・ひず
み、内部応力の
変化等により対策
の効果や地震時
の応答などを評
価

補修・
補強

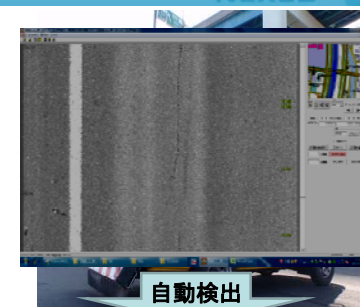


道路交通監視のためのモニタリング

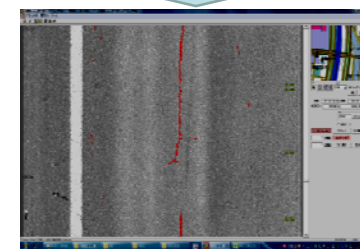
交通管制室



画像を用いた舗装のモニタリング



自動検出



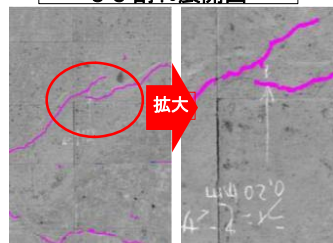
- ラインセンサカメラを搭載
- 測定速度80km/hで測定可能
- 画像からひび割れを自動的に検出
- デジタルデータをモニタリングに活用

トンネル覆工コンクリートの画像モニタリング

システムの特徴

- ・高速走行(100km/h)による撮影
 - ⇒ 交通規制が不要
- ・赤外線光照明による撮影
 - ⇒ 照明の不可視化
 - ⇒ 苔, 煤等の汚れに影響されない

ひび割れ展開図

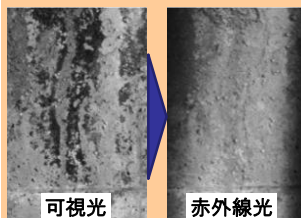


・幅0.2mmのひび割れを自動で抽出

・ひび割れの経年変化をモニタリング(ひび割れ幅、長さ等)



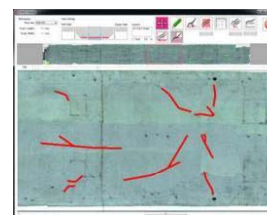
撮影画像



トンネル覆工撮影状況

構造物コンクリートの画像モニタリング

健全な結果もデータで残す



○年前の状況(イメージ)



◆年後の状況(イメージ)



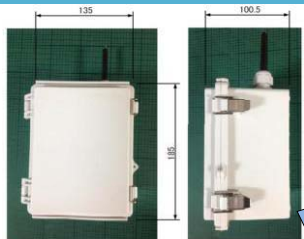
デジタルカメラ

コンクリート表面の損傷(ひび割れ等)を把握
 コンクリートの浮き, 剥離を把握



赤外線サーモグラフィ

のり面のモニタリング事例 1/2



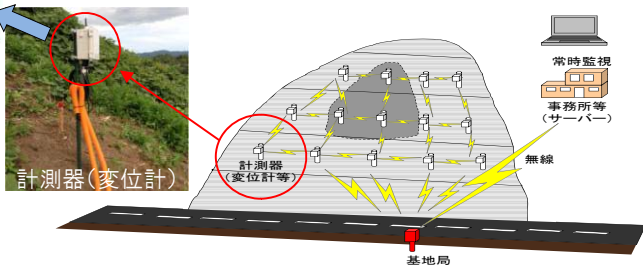
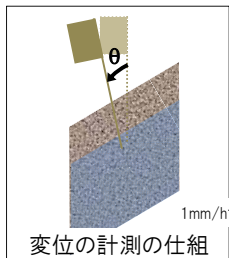
無線による通信

- ・各々の計測器がネットワークで相互に繋がっている。
- ・ひとつの通信経路が断絶しても、他の経路で通信ができる。

省電力の通信

- ・乾電池で3年間の通信が可能。
- ・安価に計測器を製作

変位計とバッテリーを内蔵



計測結果

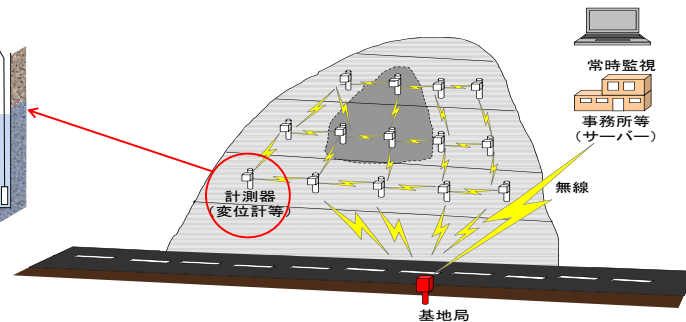
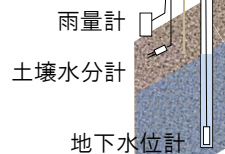
- ・インターネットを利用してどこからでも確認できる。
- ・24時間、のり面の状態を遠隔監視を実施。



のり面のモニタリング事例 2/2



計測器の例



検証⇒変位計の他に、雨量計や地下水位計等の計測器を設置し、のり面を監視

現地適用(案)

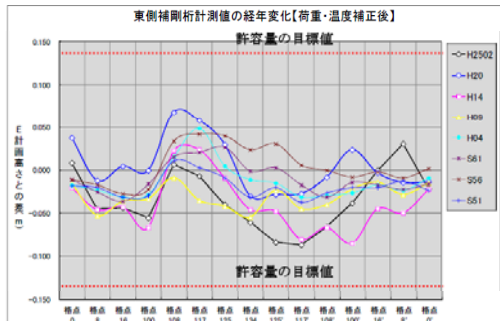
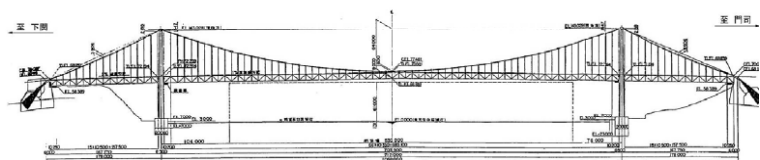
- ① 重要点検のり面での安全性の確認(対策工の必要性を判断)
- ② 通行止め解除の判断



長大橋のモニタリング事例



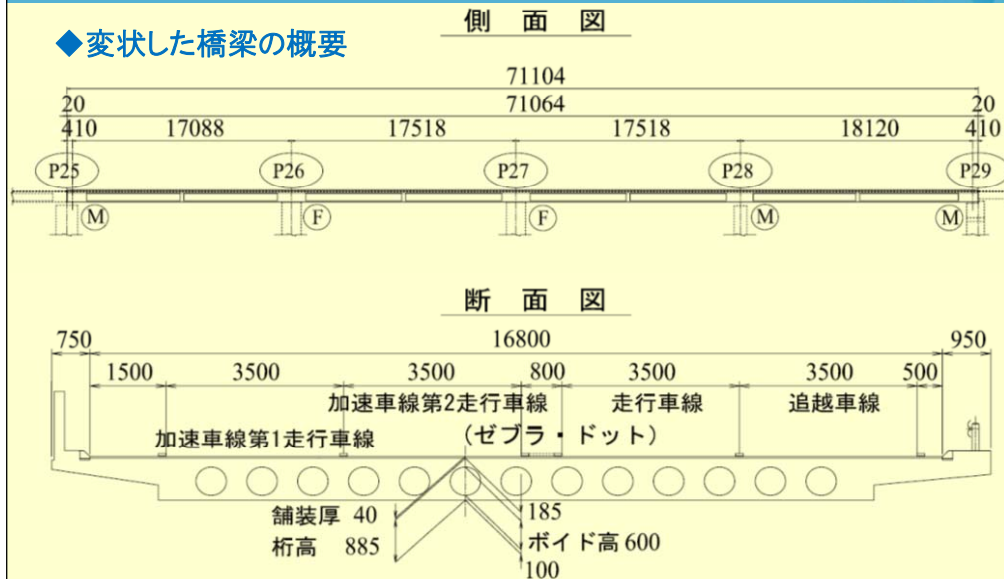
長大橋梁(吊橋)の形状を1回/5年に計測し、異常を監視



設計上の性能を確認するモニタリング事例 1/3



◆変状した橋梁の概要



設計上の性能を確認するモニタリング事例 2/3

- 1974年供用(35年経過) 交通量:35,000台/日
- 内在塩分と飛来塩分による、塩害損傷により、コンクリート部材が劣化
- コア調査結果。
 - 中性化深さ :20mm~30mm
 - 塩化物イオン濃度:1.5~4.0kg/m³ (腐食発生限界1.2kg/m³)
 - 1軸圧縮強度 :平均 22.7N/mm² (設計基準強度の95%)



コンクリートの砂利化



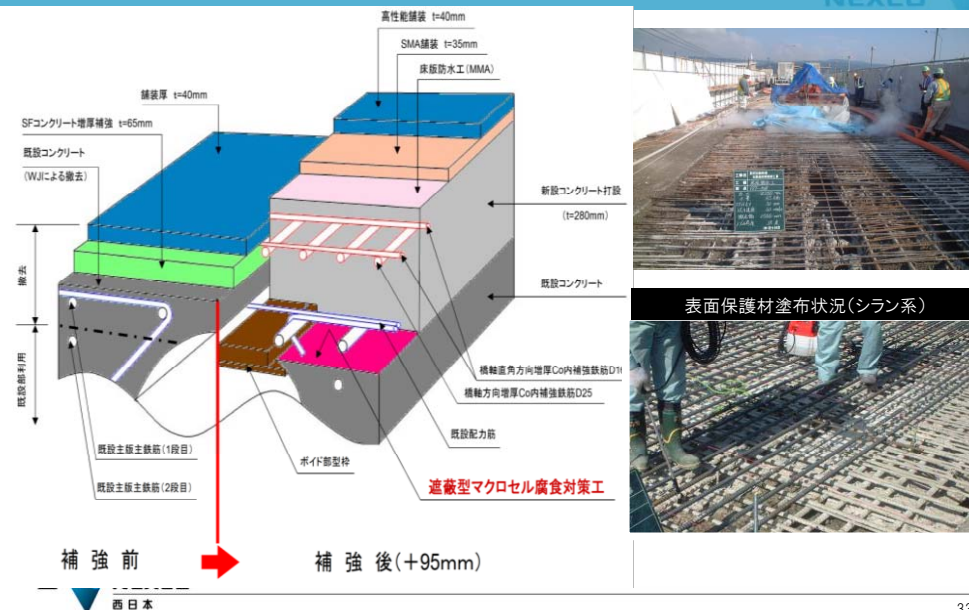
コンクリートのひび割れ



鉄筋の腐食

このような変状が多数存在しているため、抜本的対策として、変状部をすべて撤去し、新たにコンクリートを打設し補強を実施。

設計上の性能を確認するモニタリング事例 3/3



表面保護材塗布状況(シラン系)



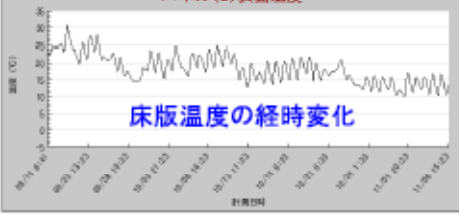
補強前 → 補強後(+95mm)

使用限界の判断を補助するモニタリングの例 1/2

鋼橋RC床版の変状モニタリング(抜本的対策までの間の常時モニタリング)



パネル(2)表面温度



床版温度の経時変化



A橋での計測管理

◆◆◆ 最新データ一覧 ◆◆◆

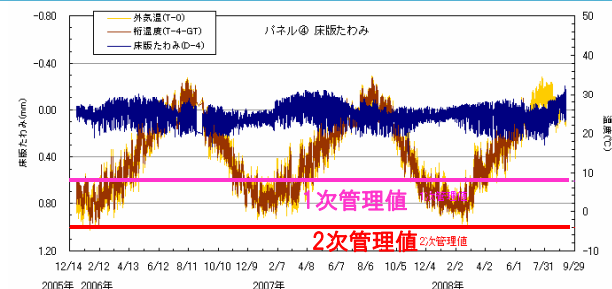
	パネル(1)	パネル(2)	パネル(3)	パネル(4)
2008-11-06 11:23:00	0.13	-0.01	-0.12	0
2008-11-06 12:23:00	0.16	-0.02	-0.14	-0.01
2008-11-06 13:23:00	0.19	-0.07	-0.16	-0.03
2008-11-06 14:23:00	0.21	-0.09	-0.14	-0.01
2008-11-06 15:23:00	0.2	-0.12	-0.13	0
管理値	1	1	1	1

◆◆◆ 経時変化図 ◆◆◆

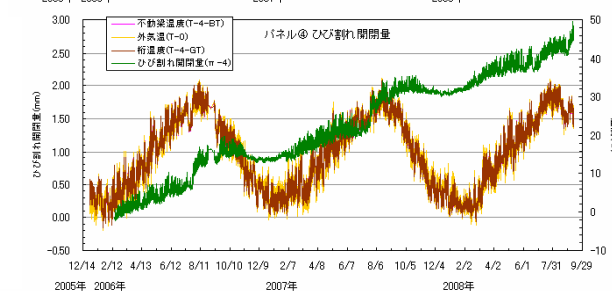
パネル(1)	パネル(2)	パネル(3)	パネル(4)
0	0	0	0

使用限界の判断を補助するモニタリングの例 2/2

床板たわみ



ひび割れ幅



振動特性に着目した検討事例 1/5



検討背景



大型車両走行により橋梁が大きな振幅で振動していることが確認された。

なぜそれほど揺れるのか？

試験車走行実験によりその要因を調べることにした。



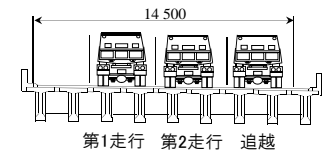
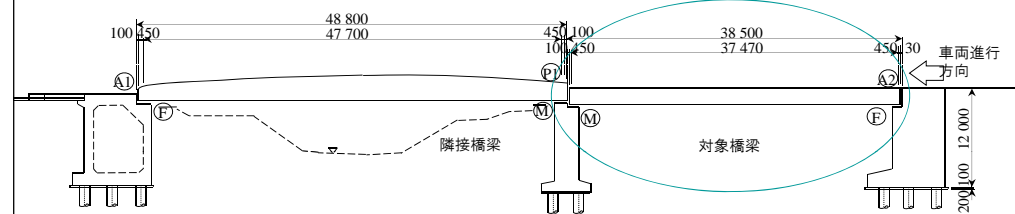
振動特性に着目した検討事例 2/5



対象橋梁

PCポストテンション単純T桁橋

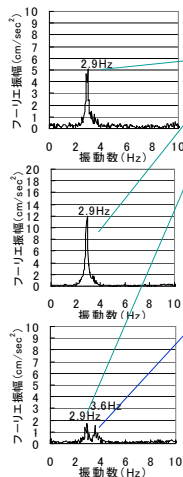
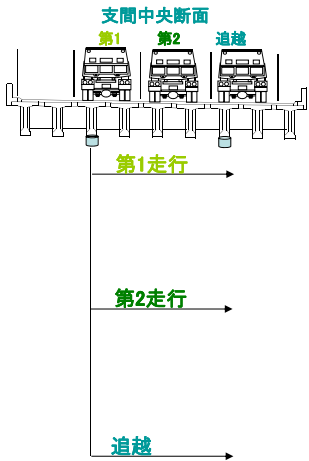
スパン長：37.47m
有効幅員：14.50m
斜角：67°



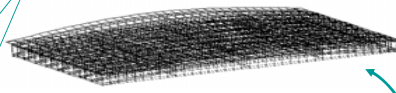
振動特性に着目した検討事例 3/5



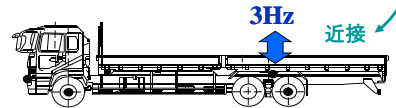
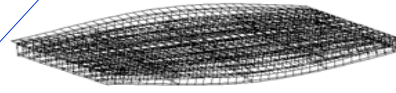
振動特性



たわみ1次振動
2.9-3.0Hz, h=0.024



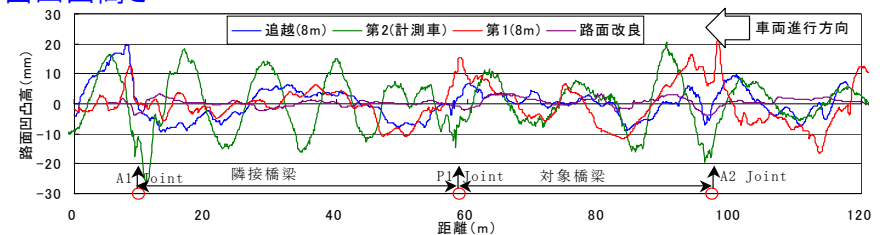
ねじり1次振動
3.4-3.5Hz, h=0.023



振動特性に着目した検討事例 4/5

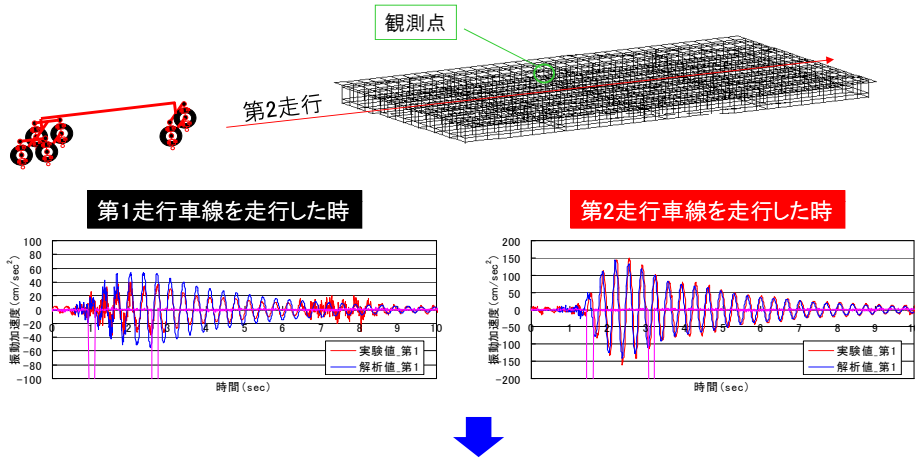


路面凹凸高さ



振動特性に着目した検討事例 5/5

車両走行による動的応答解析



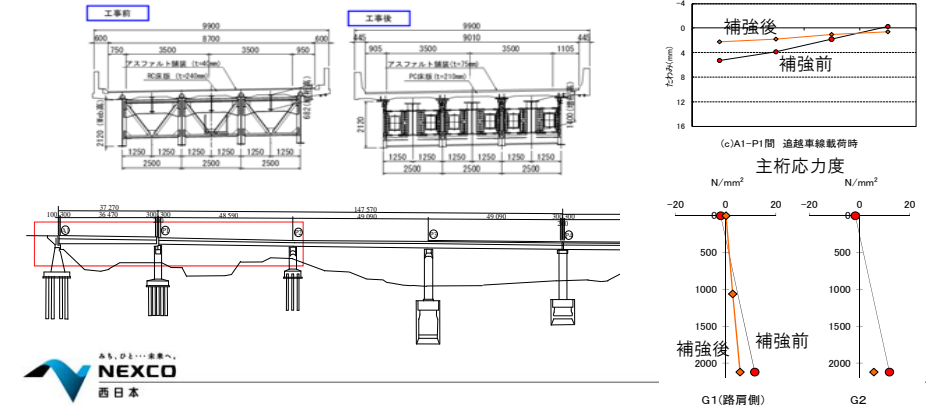
各種振動対策の効果シミュレーションに使用

振動特性に着目した検討事例 1/2

RC床版(t=240mm)からPC床版(t=210mm)へ取替(A1~P2)

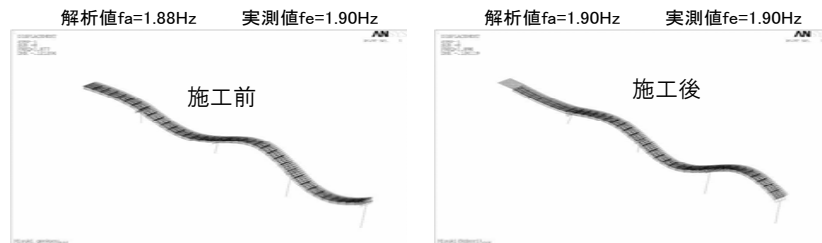
縦桁補強

⇒ 剛性増加により、たわみやフランジ応力が半減(試験車載荷時)
主桁たわみ



振動特性に着目した検討事例 2/2

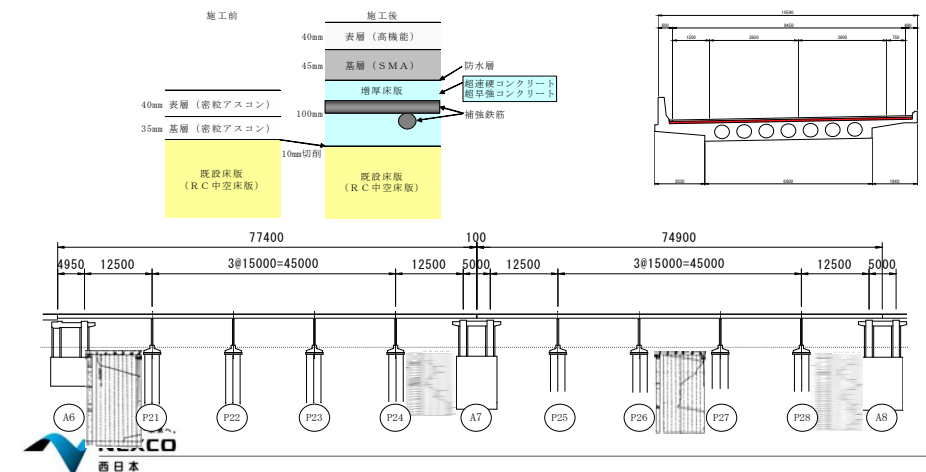
上部構造振動モード解析 ⇒ 解析上変化は0.02Hz
実測でもほとんど変化は確認できず



振動特性に着目した検討事例 1/3

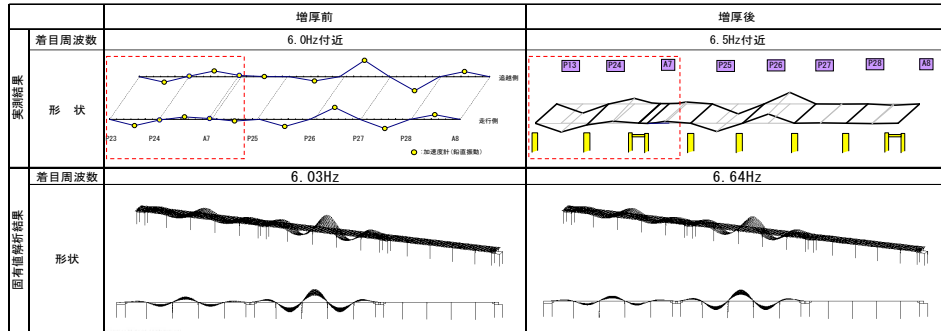
5径間連続中空床版橋(2連連結)

床版上面増厚補強前後で測定



振動特性に着目した検討事例 2/3

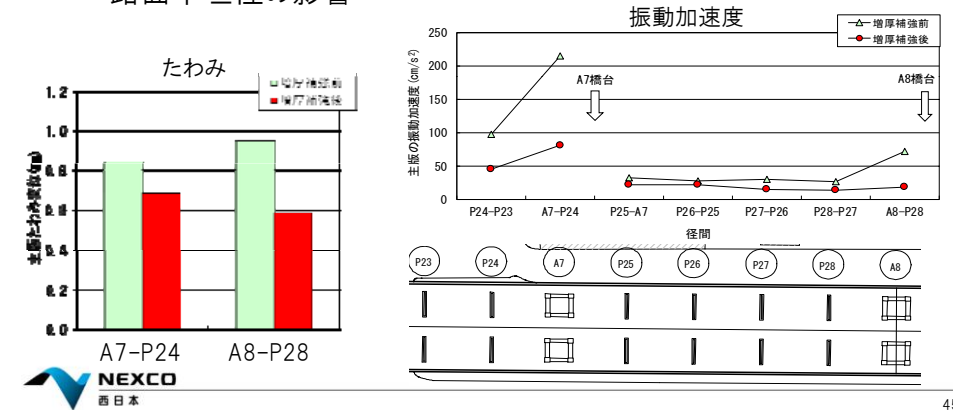
連結径間数が多く、振動モードが極めて複雑
補強による剛性増加に対する振動特性の変化が小さい
(振動の変化による剛性の変化を捉えるのが難しい)



振動特性に着目した検討事例 3/3

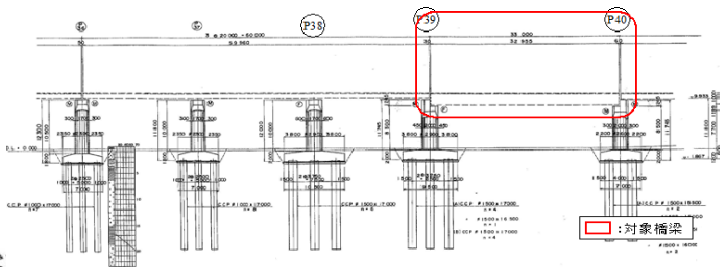
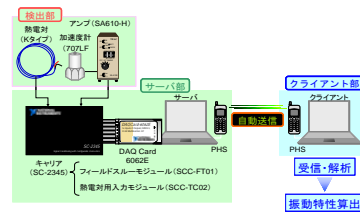
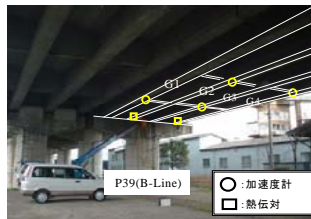
床版上面増厚補強前後の振動の変化(試験車走行による)

- 径間によって加速度振幅が大きく異なる
- たわみ(剛性)の変化と加速度振幅の変化がイコールではない
⇒ 路面平坦性の影響

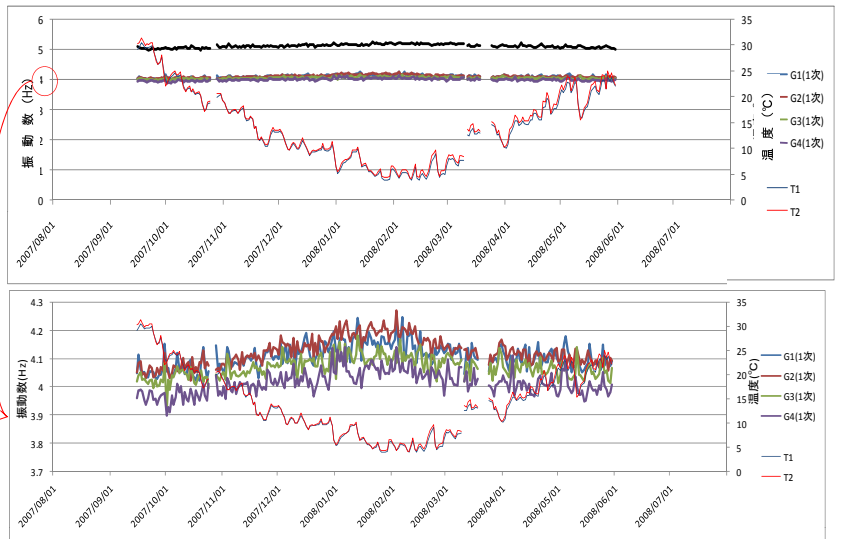


振動特性に着目した検討事例 1/2

PC単純橋 長期測定の実験



振動特性に着目した検討事例 2/2

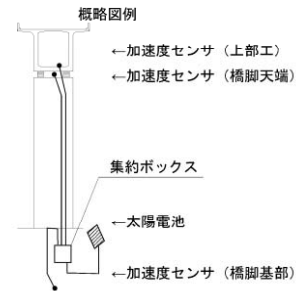


振動特性に着目した計測事例

■目的:地震時の通行止め判断・損傷把握の早期化



太陽光を電源とすることから、停電時でも計測可



地震による応答を計測し、この応答から橋梁の損傷推定(設計値との比較から)
(現段階では、応答結果の蓄積のみ)

使いたくなるモニタリング技術(構造物)

何を目的とした技術なのか

- ①点検を補助するモニタリング
- ②診断を補助するモニタリング
- ③使用限界の判断を補助するモニタリング
- ④設計上の性能を確認するためのモニタリング

使用(サービス)限界で困っていることがほとんど

舗装のポットホール
コンクリート片はく落
鋼材腐食

➡ 振動特性が変わるほどの劣化とは？

点検の法制化

5年に1回の近接目視

変状・計測・分析・解析技術のマッチング

《管理者ニーズ》

見えない部位・部材の評価、変状の気づき、診断の定量化、使用限界の判断など

《変状・健全性》

鋼材・鉄筋の腐食・破断
コンクリートの剥離・ひび割れ
ケーブル張力低下・破断など

《物理現象》

変位・ひずみ
振動、電気抵抗など

《分析・解析》

変状・健全性と物理現象の同定

《構造解析》

解析上の応答など

《閾値の設定》

《フィッティング》

変状と同定可能な物理現象を捉える

《センサ能力》

AE、ひずみ、振動
気温・湿度など

おわりに

- モニタリングを実施するうえでの各種の技術は多種多様
(コスト、性能、耐久性)
- 「どの技術」を「どの部位に」「どの様に」適用するかが非常に難しい

一般的な維持管理への導入に至っていない。

適材適所での、高耐久性、省電力、安価なセンサーとそれらを用いたシステムの技術開発が望まれる。