



資料4-2

高速道路の長期保全とモニタリング技術

平成25年10月18日

(株)NEXCO総研

基盤整備推進部 望月秀次

目次



- 高速道路管理の現況
- 高速道路資産の変状状況
- 道路点検から補修の流れ

- モニタリング技術への期待

- 高速道路のモニタリング技術活用例

- モニタリング技術活用の課題と取組み

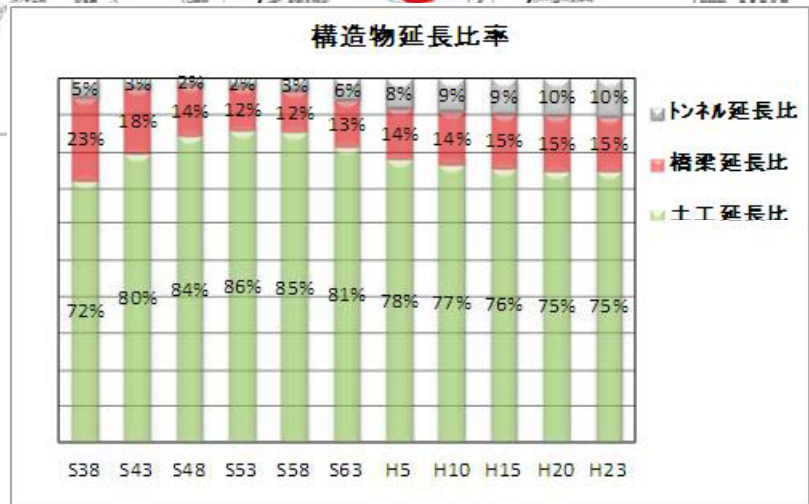
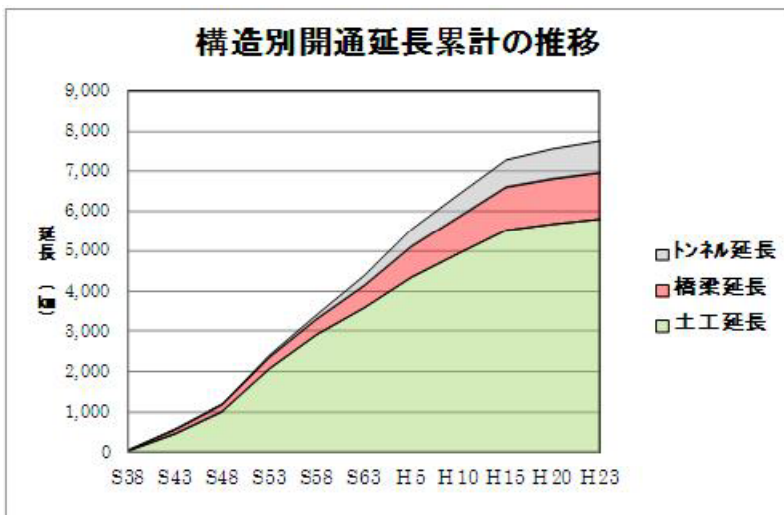
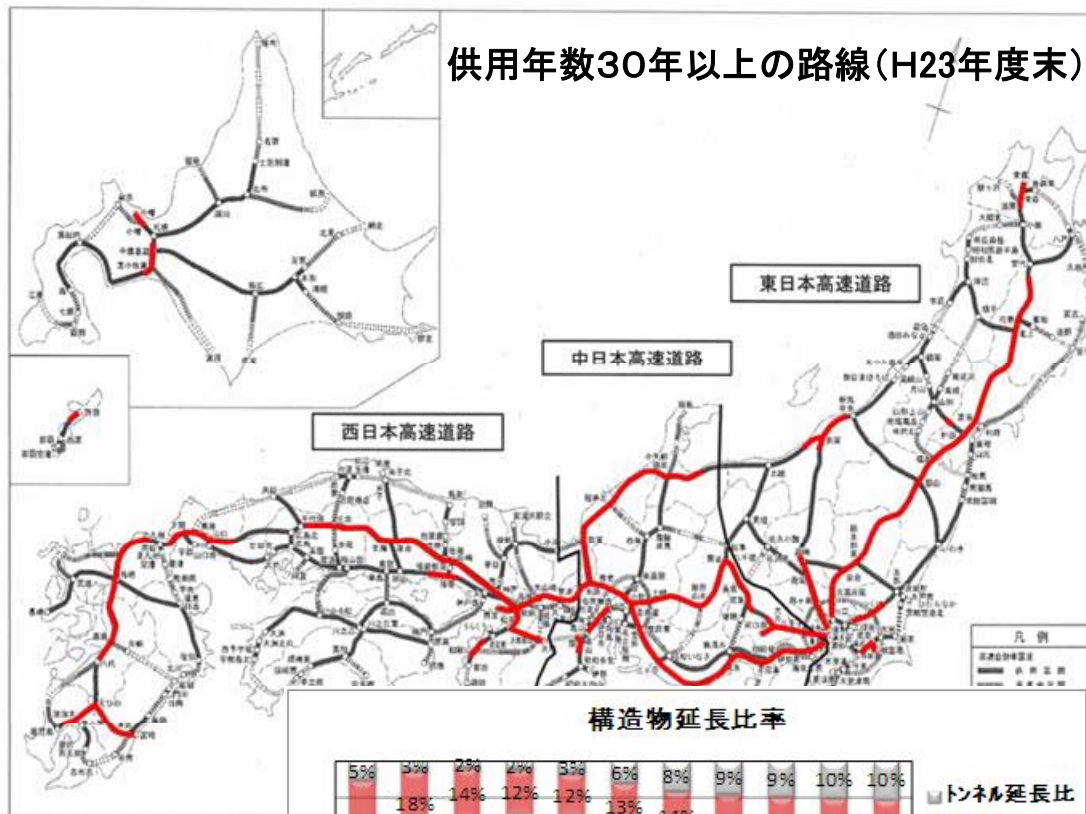
高速道路管理の現況

高速道路資産の長期保全及び更新のあり方
中間とりまとめ(H25. 4. 25)抜粋

■ 高速道路3会社が管理する高速道路の平成23年度末の供用延長は、約8,700kmそのうち開通後30年以上経過した延長が約4割(約3,200km)

■ 橋梁やトンネルの構造物比率は、約25%(約2,000km)

- ・橋梁: 約1,200km
- ・トンネル: 約800km



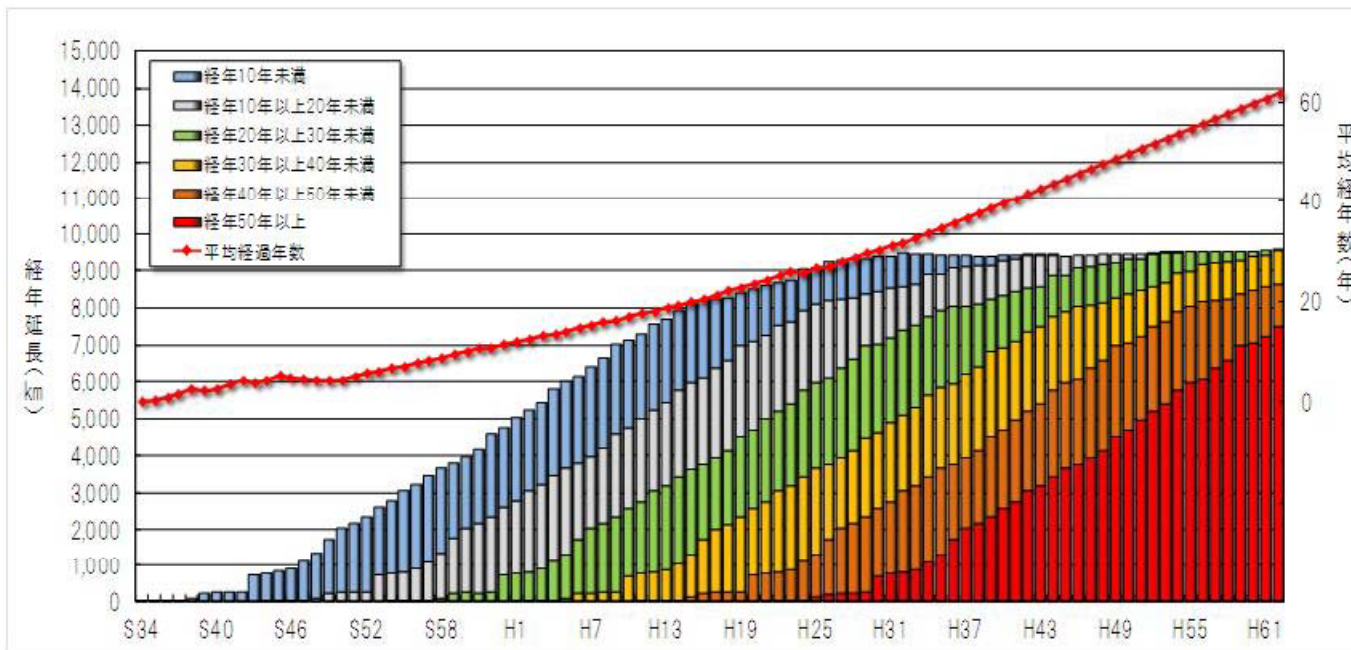
高速道路管理の現況

高速道路資産の長期保全及び更新のあり方
中間とりまとめ(H25. 4. 25)抜粋

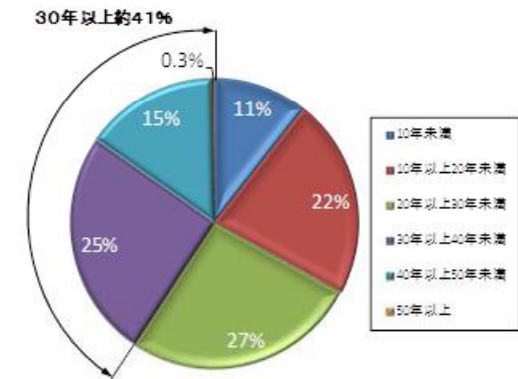
1. 経過年数の増加 ～高速道路資産の経年劣化の進行～

平成23年度末には供用後30年以上の供用延長が約4割となり、償還期間が満了する平成62年には供用後50年以上の供用延長が約8割

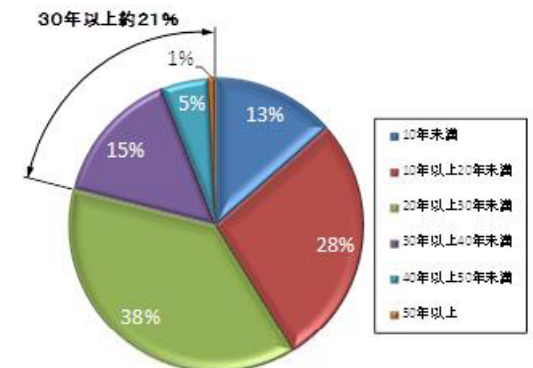
また、構造物別にみると供用後30年経過している橋梁は4割、トンネルは2割を占め、経年劣化のリスクが増大することが想定



<橋梁数(年代別)>
全15,710橋(上下線別)H23末まで



<トンネル本数(年代別)>
全1,675チューブH23末まで

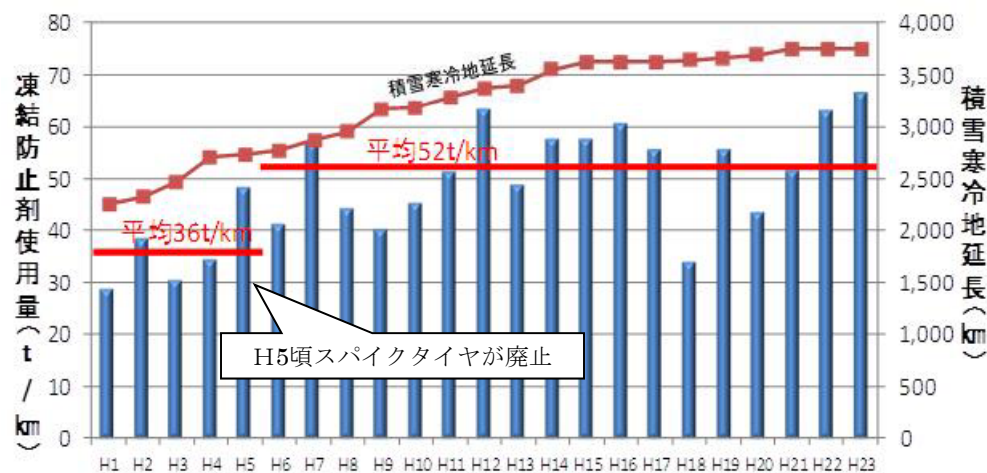


高速道路管理の現況

高速道路資産の長期保全及び更新のあり方
中間とりまとめ(H25. 4. 25)抜粋

主な変状要因

1. 経過年数の増加 ~ 高速道路資産の経年劣化の進行~
2. 使用環境の変化 ~ 車両の大型化並びに大型車交通の増加~
3. 維持管理上の問題 ~ 積雪寒冷地の供用延長の増加~
4. 外的環境の変化 ~ 異常降雨の多発等~
5. 変状リスク ~ 地盤材料の風化・劣化~
~ 設計・施工基準の変遷~
~ 明確なカタチで考慮しなかった変状リスク~



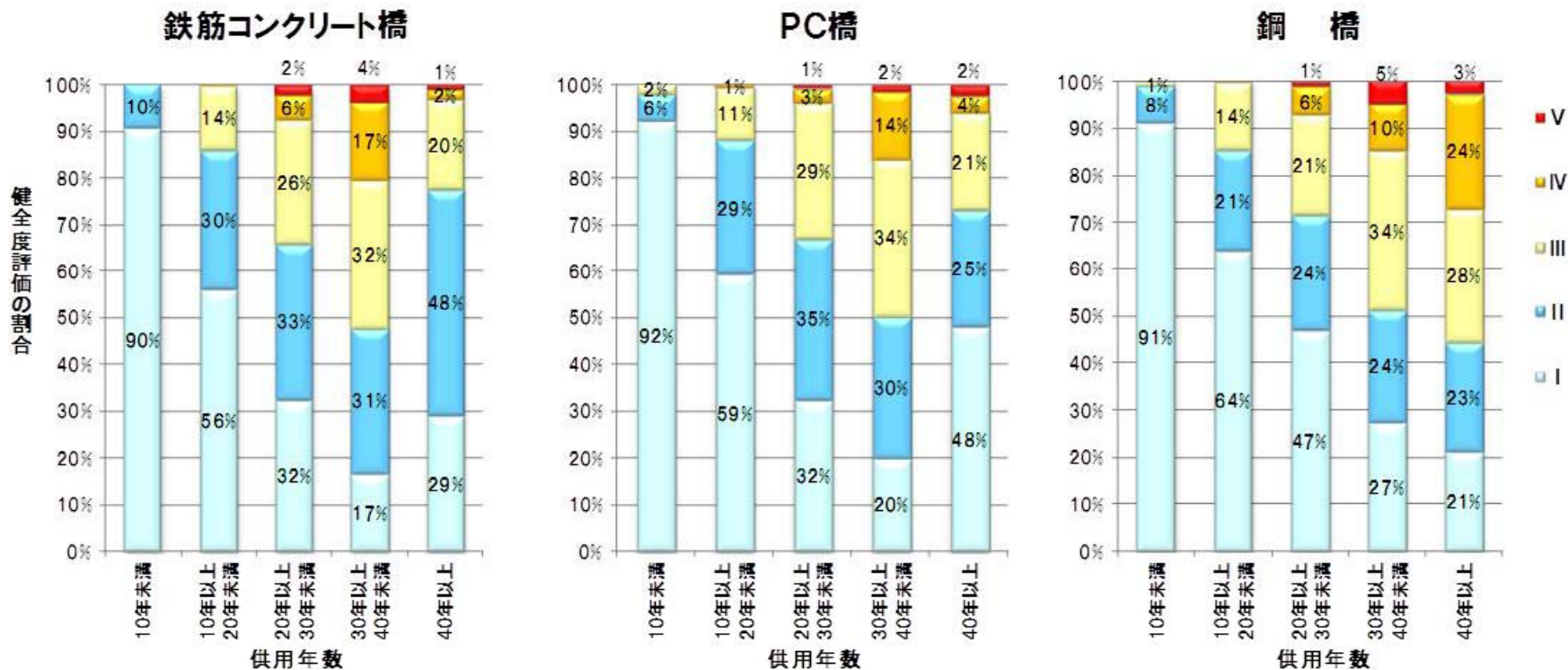
※凍結防止剤使用量 (ton/km) : 1シーズンの散布量/積雪寒冷地延長
図2.2.10 凍結防止剤使用量の推移



高速道路資産の変状状況

高速道路資産の長期保全及び更新のあり方
中間とりまとめ(H25. 4. 25)抜粋

1. 橋梁： 橋梁の健全度の割合は、経過年数とともに悪化傾向



健全度	変状や劣化の進行	構造物の性能
I	問題となる変状がない	劣化の進行が見られない。
II	軽微な変状が発生している	劣化は進行しているが、耐荷性能または走行性能は低下していない。
III	変状が発生している	劣化がかなり進行しており、耐荷性能または走行性能の低下に対する注意が必要である。
IV	変状が著しい	耐荷性能が低下しつつあり、安全性に影響を及ぼす恐れがある。または、走行性能が低下しつつあり、使用性に影響を及ぼす恐れがある。
V	深刻な変状が発生している	耐荷性能の低下が深刻であり、安全性に問題がある。または、走行性能の低下が深刻であり、使用性に問題がある。

※鉄筋コンクリート橋・PC橋で、40年以上の健全度が向上しているのは、補修により回復していることによるもの



高速道路資産の変状状況

高速道路資産の長期保全及び更新のあり方
中間とりまとめ(H25. 4. 25)抜粋

2. 土構造物

道路防災総点検※¹により道路のり面等の安定性等について点検を行った結果、「カルテ対応箇所※²」及び「要対策箇所」の件数が、平成8年点検時点から平成18年点検時にかけて約2倍に増加

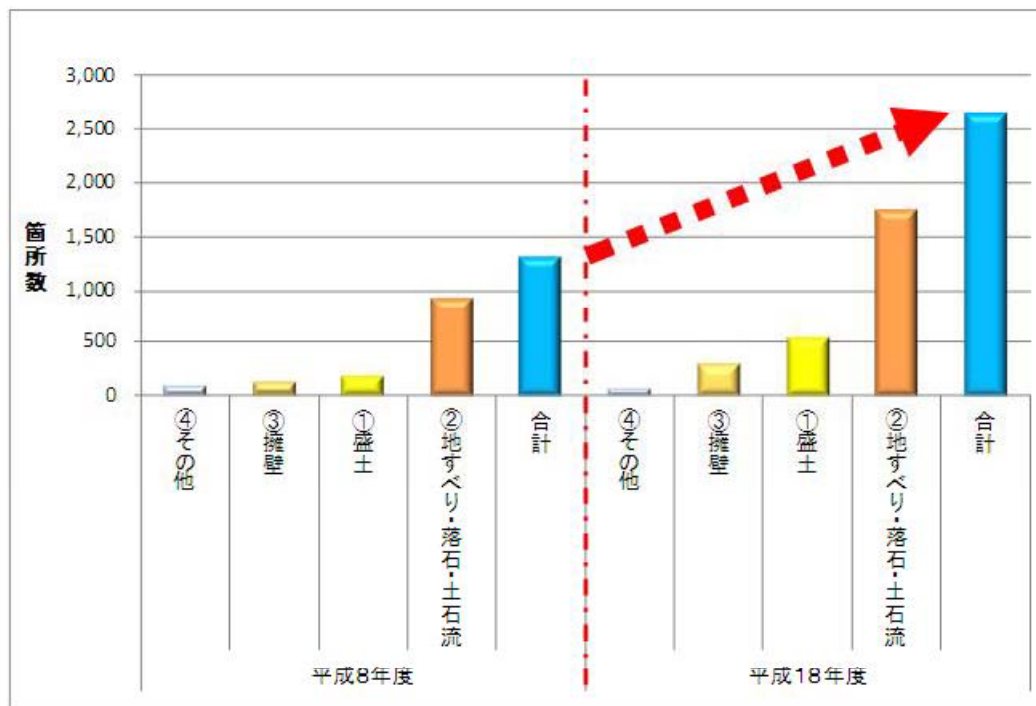


図2.3.2 H8及びH18年度の「カルテ対応箇所+要対策箇所」の箇所数

※1 「道路防災総点検」は、豪雨・豪雪等による災害を防止するため、道路法面の安定性等について詳細な点検を行い、更にその結果を今後の道路防災対策に反映していくためのもの

※2 「カルテ対応箇所」は、道路防災総点検による「要経過観察箇所」

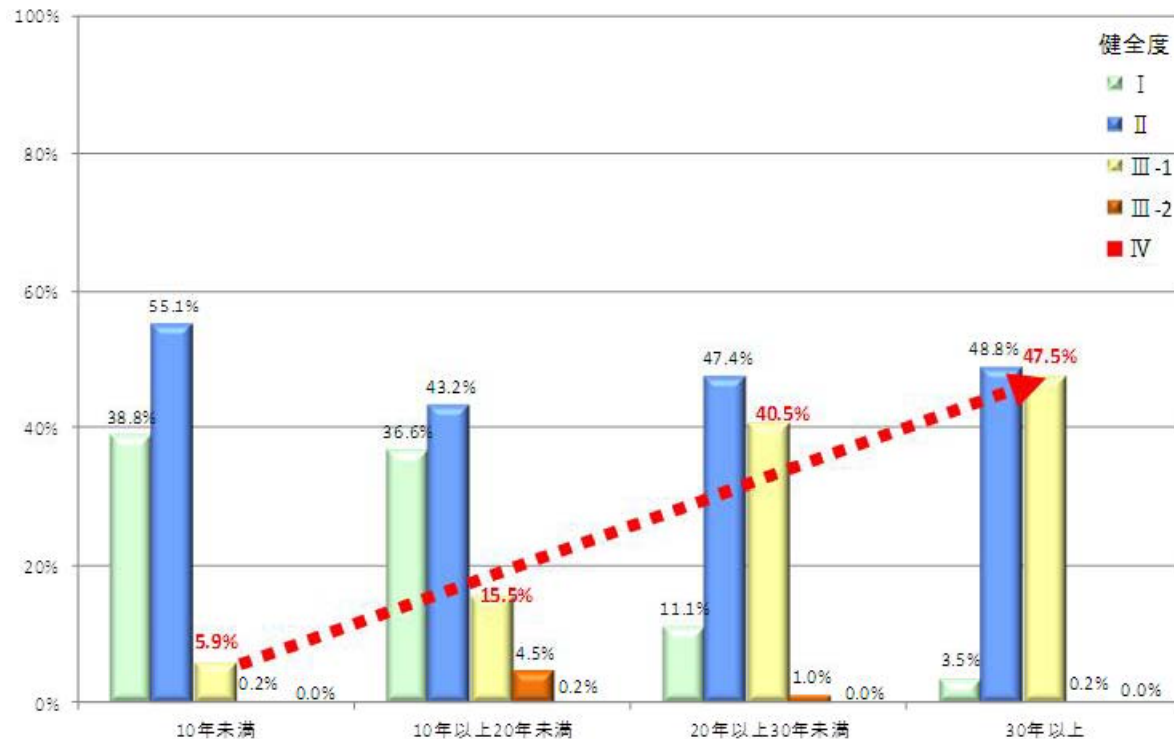
高速道路資産の変状状況

高速道路資産の長期保全及び更新のあり方
中間とりまとめ(H25. 4. 25)抜粋

3. トンネル

トンネル覆工コンクリートの健全度は、経過年数とともに悪化傾向

経過年毎の健全度(各経過年度の実トンネル延長比率で算出)



(トンネル覆工の変状状況)



健全度 ランク	定 義
I	変状がないか軽微なもの
II	変状があるが、現状は継続的に監視を行う必要があるもの
III-1	変状があり、適切な時期に何らかの対策を行う必要があるもの
III-2	変状があり、速やかに何らかの対策を行う必要があるもの
IV	変状が著しく、早急に何らかの対策を行う必要があるもの
V	変状が極めて著しく直ちに何らかの対策を行う必要があるもの

図2.3.3 経過年毎の健全度

道路点検から補修の流れ

高速道路資産の長期保全及び更新のあり方
中間とりまとめ(H25. 4. 25) 抜粋

■ 日常点検



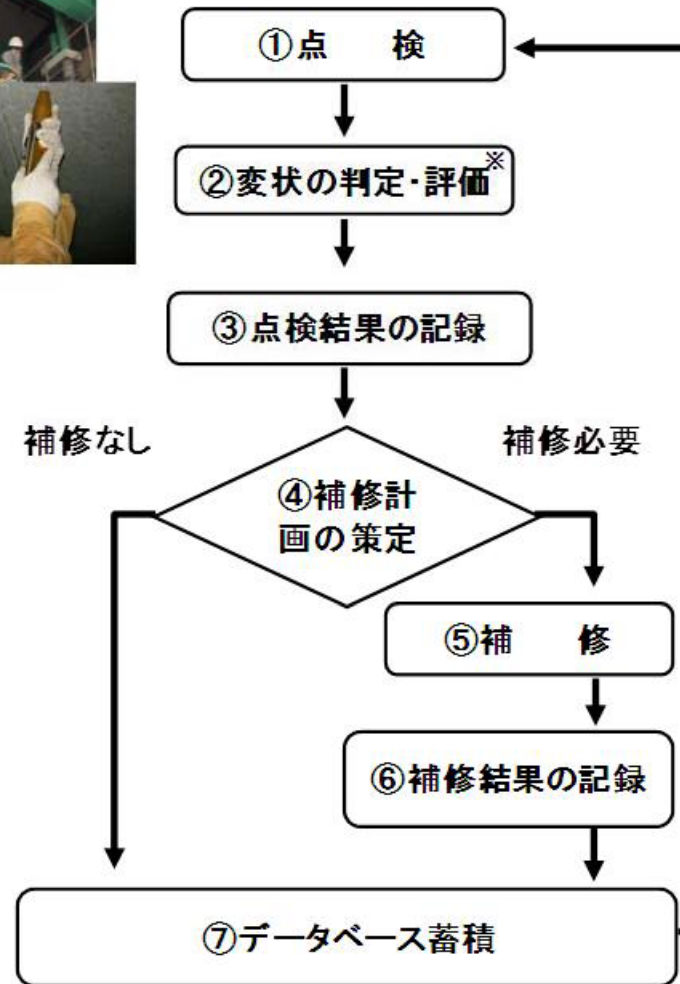
■ 定期点検(基本) 1回/年



■ 定期点検(詳細) 1回/5-10年



《点検から補修の流れ》



- 初期点検 ⇒ 構造物の完成後の初期状況を把握する点検
- 日常点検 ⇒ 構造物の変状発生状況を日常的に把握する点検
- 定期点検 ⇒ 構造物の変状発生状況を定期的に把握する点検
 - ※ 評価・判定することを目的として行う点検
 - a) 基本点検、b) 詳細点検
- 臨時点検 ⇒ 日常点検では対応が困難な場合や詳細点検の補完など、必要に応じて行う点検
 - a) 特別点検、b) 緊急点検
- 災害点検 ⇒ 自然災害等に伴い実施する点検

※ 変状の判定・評価とは、個別変状毎の判定あるいは橋梁などの健全度評価を指す。

図2.4.1 点検から補修の流れ

モニタリング技術への期待



安全で良好な高速道路を維持管理し、長期保全を的確に実行するためには、ICT技術やモニタリング技術を活用し、点検・補修技術の高度化を進め、維持管理の確実性と効率性を向上させることが必要

■点検業務を補完するモニタリング技術、非破壊検査技術の開発

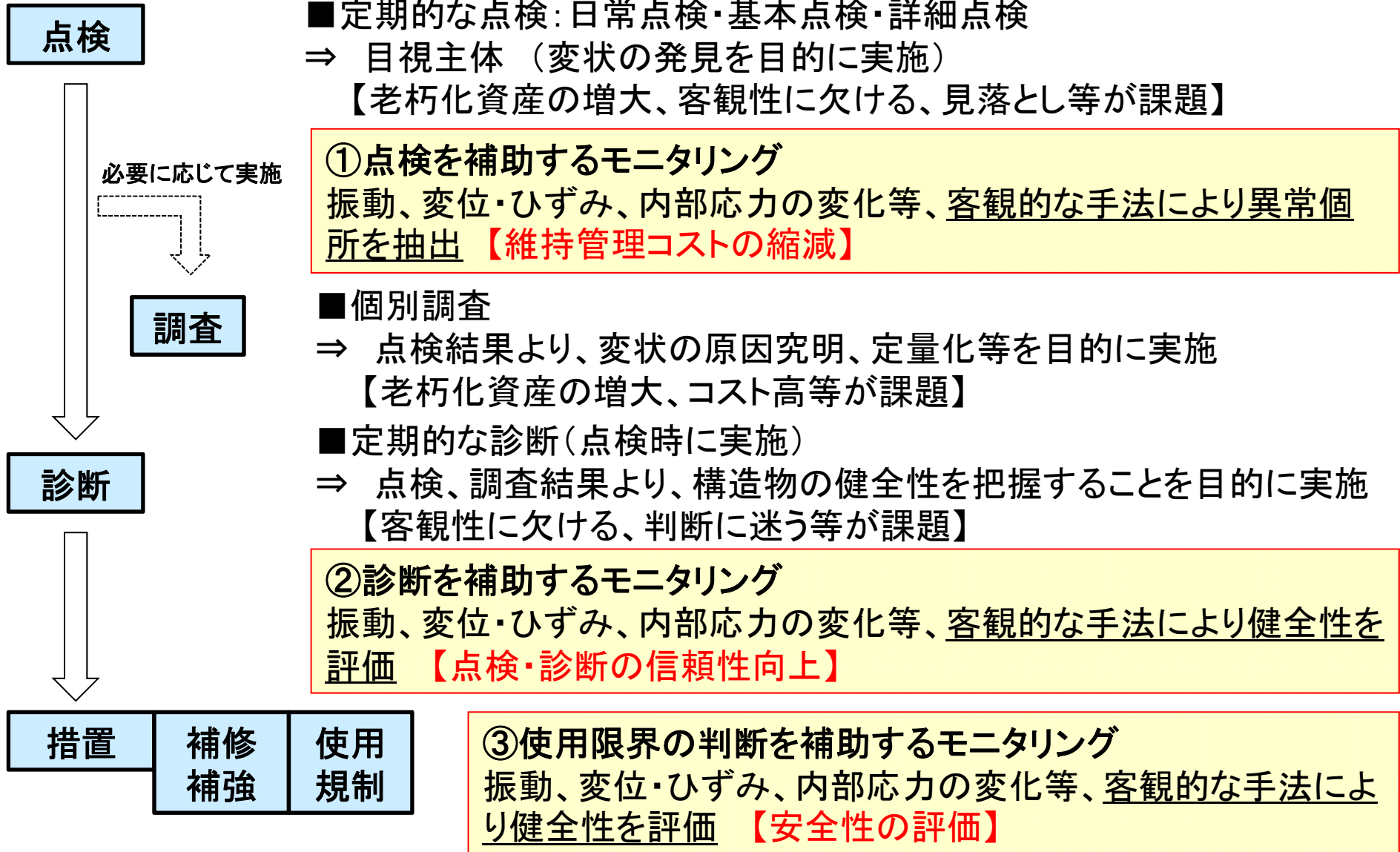
- ①交通に影響する変状が生じていないかを常時監視する技術
- ②日常点検では確認できない、また点検不可能な箇所の異常監視技術
- ③コア抜き強度試験や載荷試験によらず非破壊で健全度診断する技術
- ④計測技術やセンサー技術を活用した集中監視技術 など



■アセットマネジメントシステムの構築（個別のMS統合）

- ①モニタリングデータ・点検データの継続的蓄積と劣化予測・補修計画への活用
- ②構造物毎のマネジメントシステム構築（PMS, BMS, TMS, 施設制御システム）
- ③業務の確実なPDCAサイクル構築（初期→点検～診断～補修～記録）

モニタリング技術への期待



高速道路のモニタリング技術活用例

橋梁マネジメントシステム (BMS)



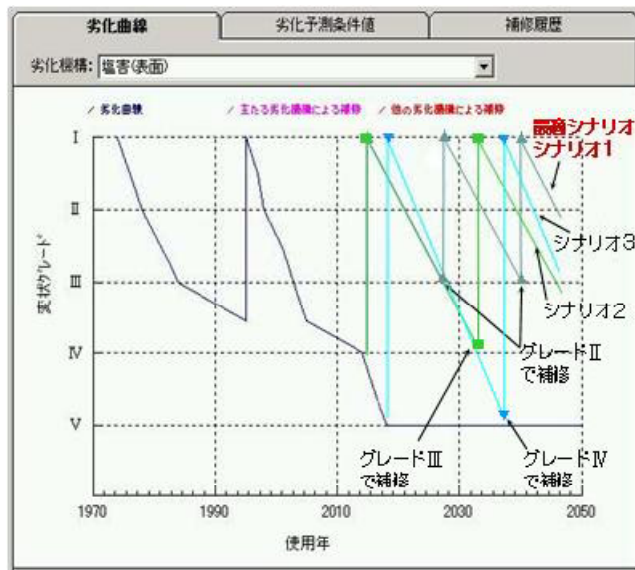
橋梁マネジメントシステム(BMS)



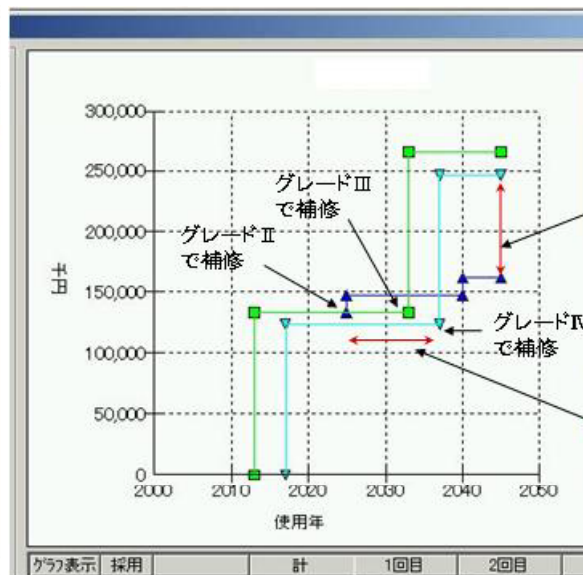
- 橋梁の中長期的な視点を持った維持管理
 - 老朽化橋梁(資産の健全度)の把握
 - 今後の劣化推移や今後必要とされる維持管理費の把握など

⇒ 今後の修繕計画、組織計画等の経営判断、協定締結に利用
(BMSでシナリオが選べる)

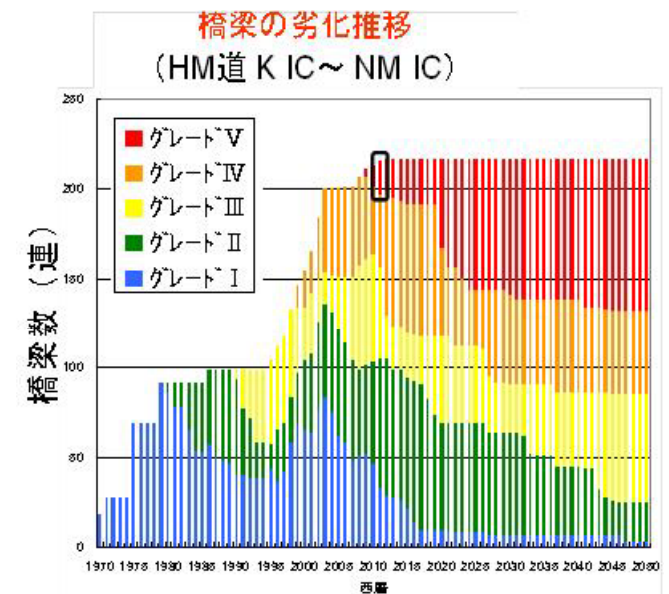
劣化予測



ライフサイクルコストの算出



橋梁の健全度の把握



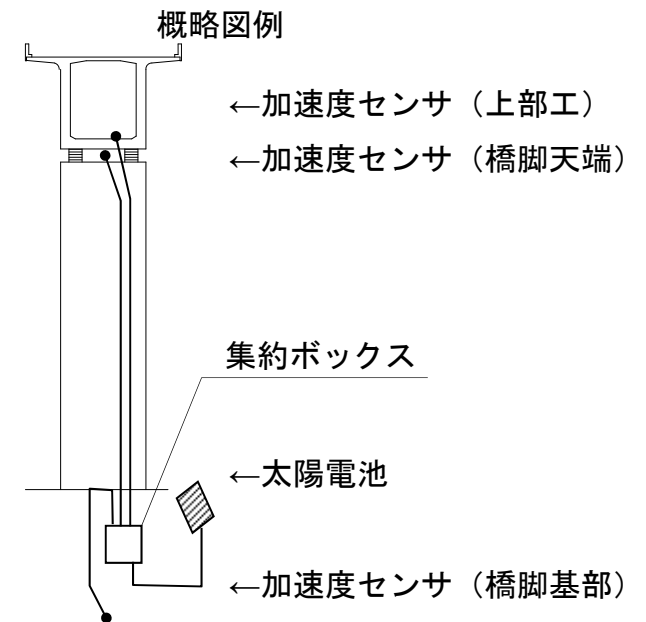
地震応答モニタリング(新東名 新赤淵川橋)



■ 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)

PC橋のモニタリング技術開発

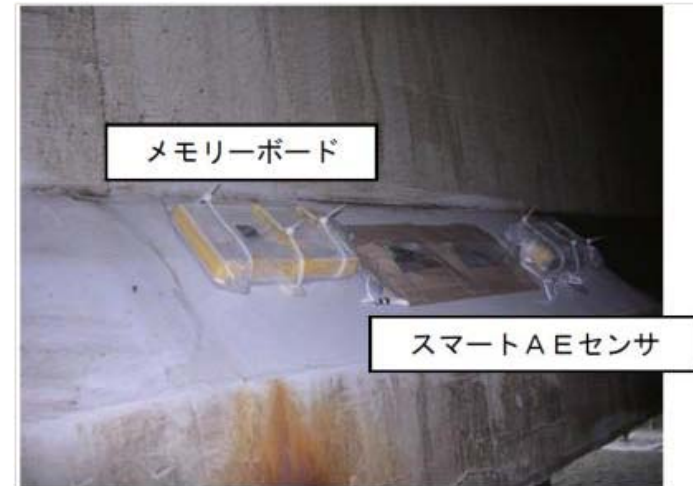
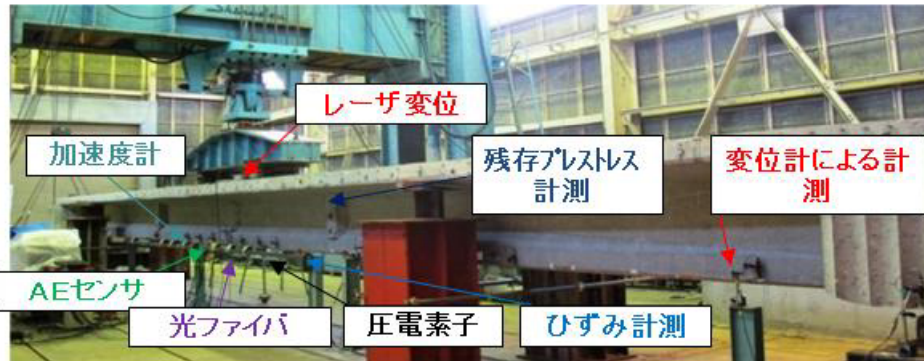


■ 目的

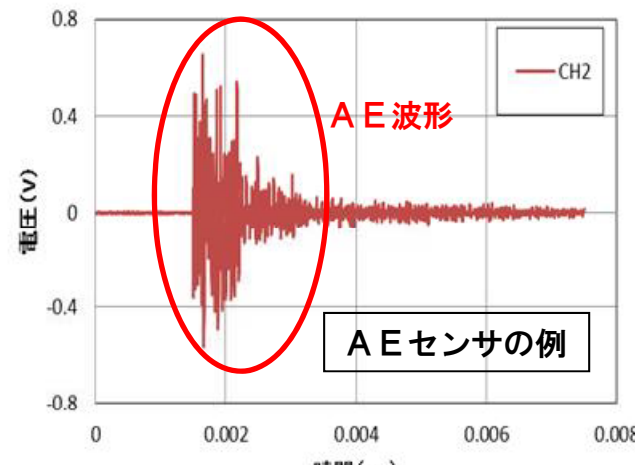
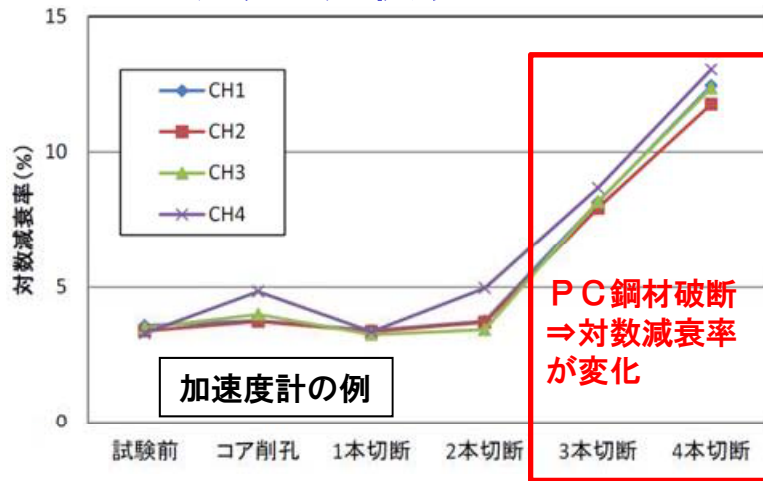
- 橋梁の安全性評価の定量化: 構造物表面にセンサを設置し、ひび割れやPC鋼材破断が生じた際に発生する弾性波をセンサーで検知

■ 実験状況

撤去PCT桁載荷実験



■ モニタリング状況



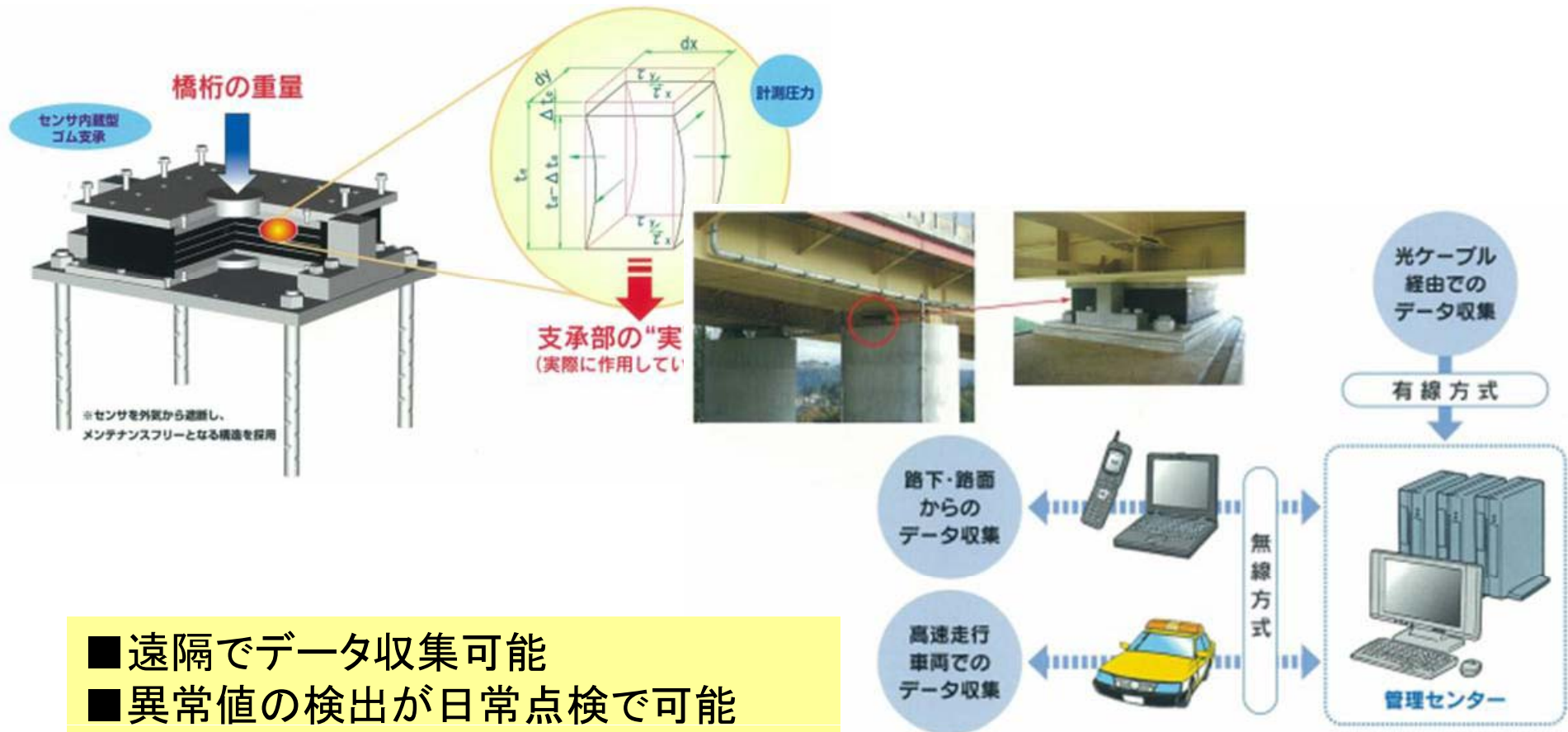
⇒ PC鋼材の破断に伴い振動特性が変化
⇒ AEセンサによりPC鋼材の破断検知が可能

振動特性

PC鋼材の破断検知

橋梁ゴム支承反力測定システム (横横道 沼間高架橋)

- ゴム支承反力測定システム (アクティブICタグの活用)
- センサーを内蔵したゴム支承により実反力を測定
 - ⇒ 支承反力のモニタリングにより橋梁全体系の異常・損傷等の早期発見

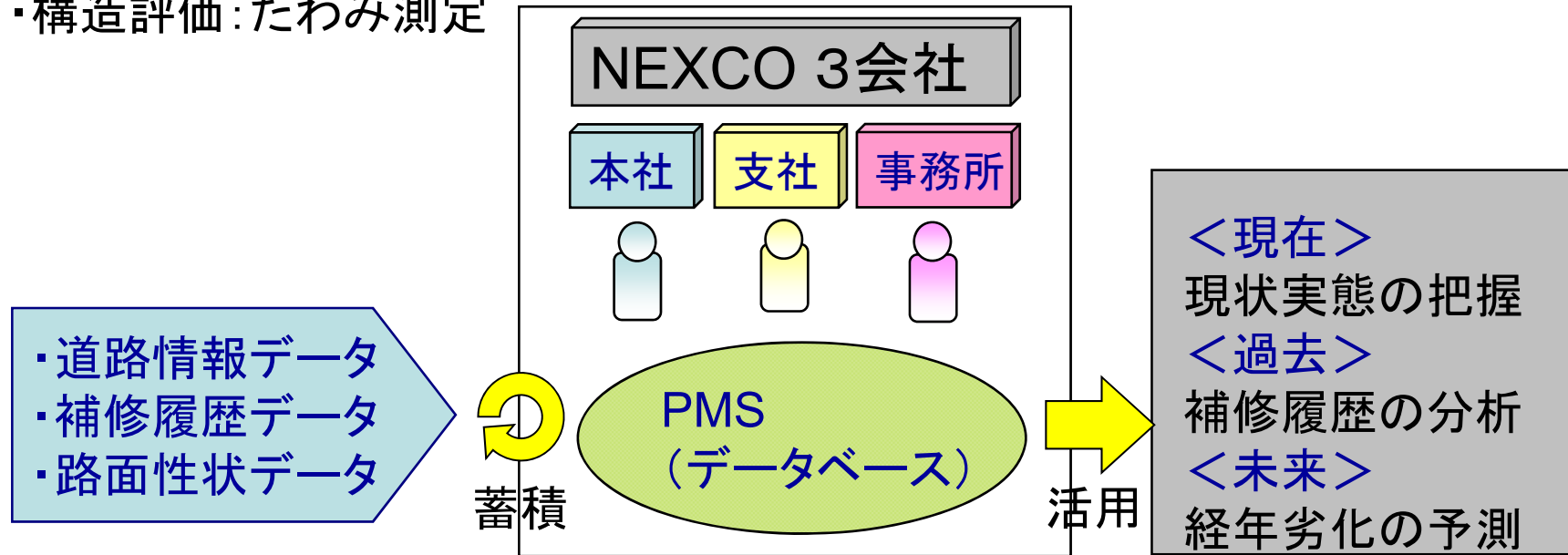


- 遠隔でデータ収集可能
- 異常値の検出が日常点検で可能
- 地震時の緊急点検時間の短縮

舗装マネジメントシステム (PMS)



- 効率的・計画的な舗装修繕計画の策定を支援するマネジメントシステム
- 路面性状測定車による定期的モニタリングとデータ蓄積
 - ・路面性状: わだち、ひび割れ、平坦性
 - ・構造評価: たわみ測定



路面性状データ
構造評価データ



補修履歴データ

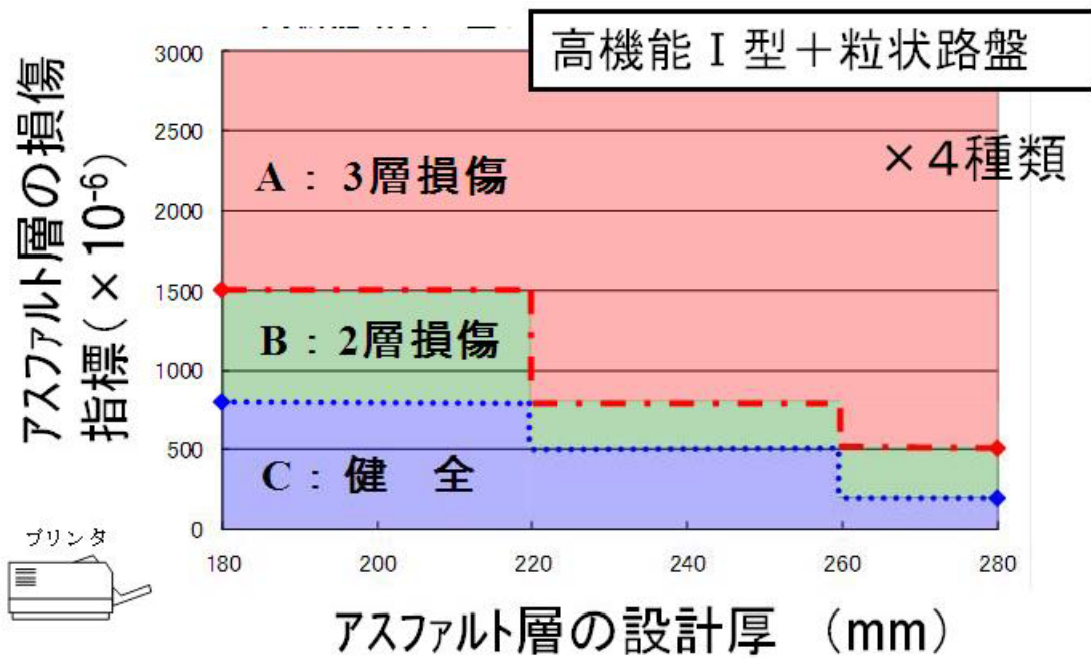
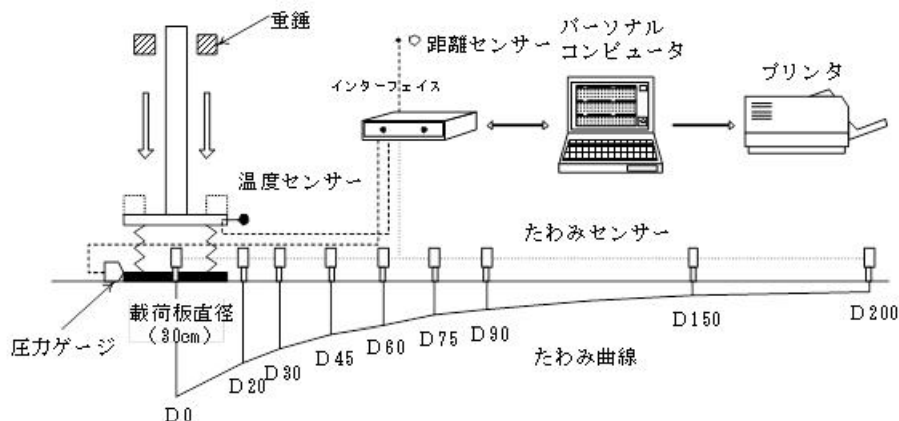


たわみ測定 (FWD) による舗装構造の評価

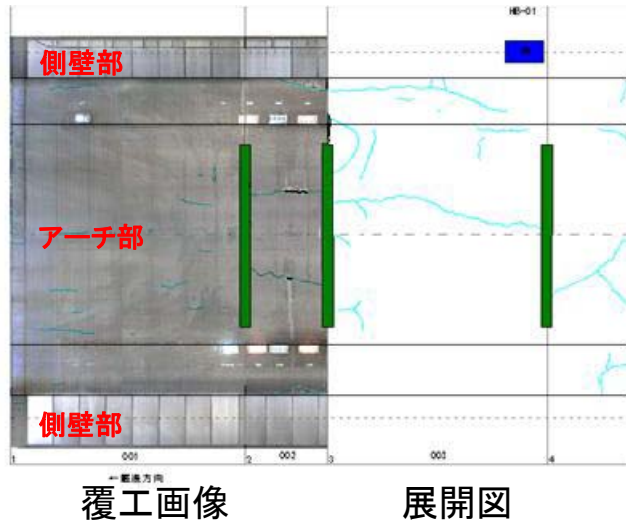


- 舗装各層の健全度を診断し、舗装の経年変化を予測、補修箇所を抽出
- AS層の強度を示すたわみ差 (D0-D90) をAS層の厚さ (t) で除したものを **AS層の損傷指標 (Di)** と定義

$$\text{AS層の損傷指標 (Di)} = (D0 - D90) / t$$



トンネルマネジメントシステム (TMS)



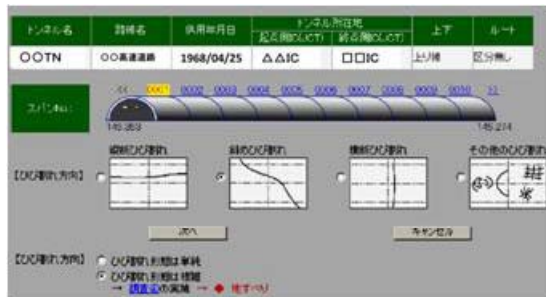
覆工画像をトレースし、展開図作成

展開図より算出する評価点区分表(外力)

観察項目	判定区分		外力
	画像目視の判定		
①ひび割れの幅, 長さ, 分布に関する評価点 (自動算出)			
②ひび割れの方向性に関する評価点 (自動算出)			
③パターン	亀甲状	無・1㎡未満・以上	0・7・14
	閉合型	無・長辺20cm未満・以上	0・4・7
	交差・分岐	無・5・5~9・10箇所以上	0・2・3・5
④エフロレッセンス	無・少ない・中程度・多い		0・1・2・3
⑤湧水	無・有		0・2

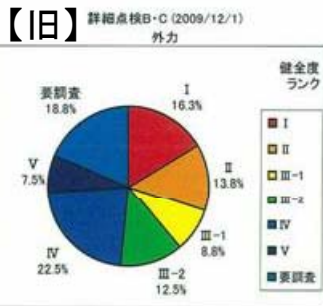
【評価点の活用】

- ・近接目視・打音点検を実施する覆工スパンの抽出
- ・健全度評価の目安



変状原因の推定

ひび割れ等の状態を選択することで
変状原因の推定が可能



トンネル単位で健全度の進行把握

トンネル単位で健全度割合を新旧で
比較することで、劣化進行を把握



覆工スパン単位で劣化進行把握

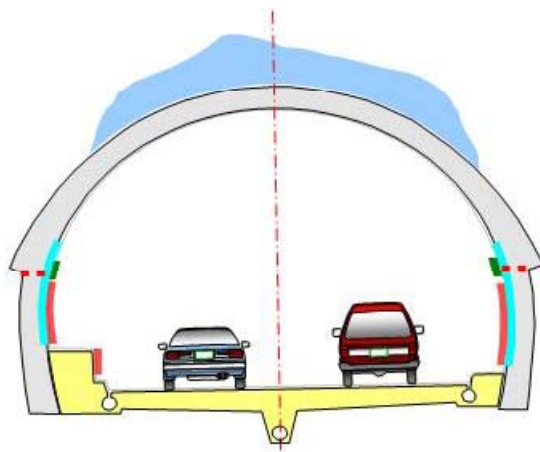
覆工単位で健全度・評価点を新旧で
比較することで、劣化進行を把握

2トンネル健全度判定表

スパンNo.	位置 (KP)	区間長 (m)	2010/10/20			2010/05/20			
			詳細点検B・C			詳細点検A			
			外力	はく落	湧水	外力	はく落	湧水	
1	145.353 ~ 145.346	7	46	II	27	なし	46	27	なし
2	145.346 ~ 145.339	7.2	13	I	7	なし	13	7	なし
3	145.339 ~ 145.332	7.2	36	II	18	なし	36	18	なし
4	145.332 ~ 145.324	7.2	8	I	4	なし	8	4	なし

既設トンネル覆工背面空洞調査システム (PVM)

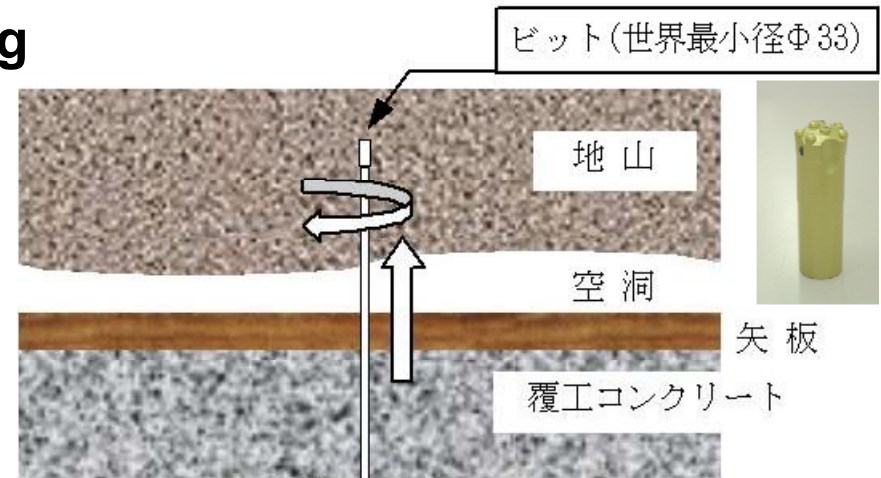
PVM: Percussive-drilled Void Measuring



空洞箇所イメージ図

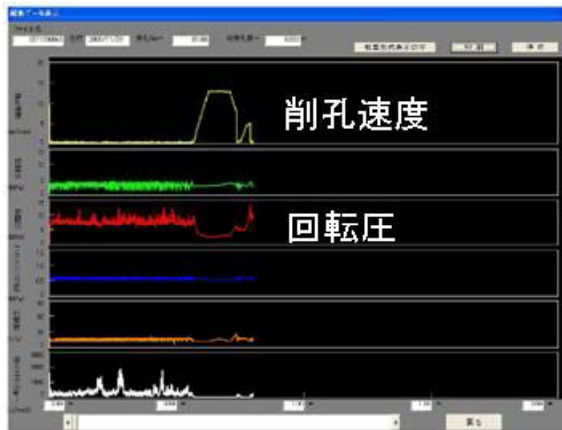


調査状況



- 自動計測穿孔データ項目
- ① 穿孔長
 - ② 打撃圧
 - ③ 回転圧
 - ④ フィード圧
 - ⑤ 打撃数
 - ⑥ フラッシングエア圧
 - ⑦ 穿孔速度
 - ⑧ 加速度
 - ⑨ サンプル回数

回転打撃式穿孔機



削孔速度や回転圧等の
変化から、空洞の
規模を把握

取込みデータの表示例 (PC画面)

PVM概要図

グラウンドアンカー荷重管理法の開発

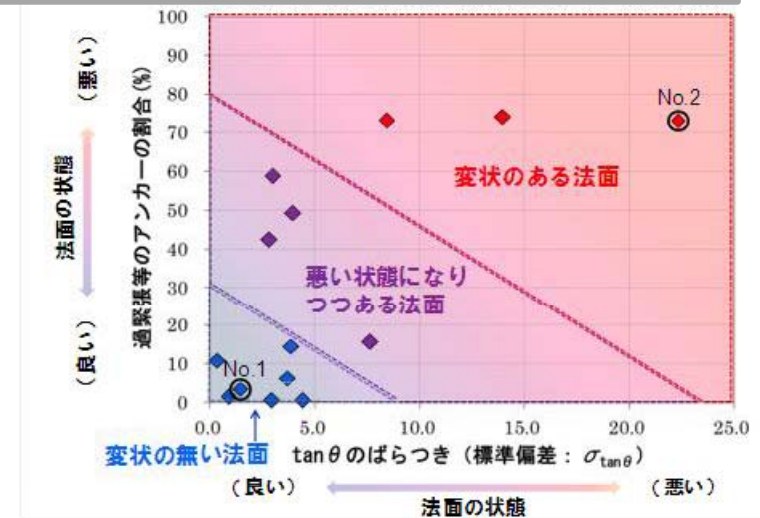
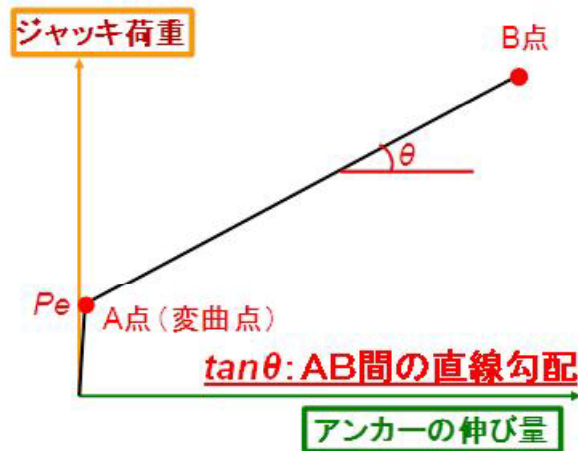


■開発内容

- 一部のアンカーの不具合が発見されても、直ちにのり面が不安定であるとは言い難い⇒のり面全体の健全度を効率的に評価する手法開発

■開発成果

- グラウンドアンカーの健全度評価手法を提案
 全体の1/4程度のアンカーの調査で全体の荷重分布を把握可能
 ⇒過緊張のアンカーの割合と荷重-変位曲線の関係により健全性の判定



リフトオフ試験結果(荷重-変位曲線)

のり面健全性評価イメージ

のり面情報データベースの構築(舞鶴若狭道)



のり面情報DBの開発内容

- ・自然災害は異常降雨等の誘因と地質自体が有する素因の双方の影響により発生
- ⇒初期点検から素因をデータベース化し、防災基礎資料を構築、一元化

検索画面

のり面

事務所 福知山

路線 舞鶴若狭

IC,JCT,SA,PA

舞鶴西IC

~ 舞鶴東IC

KP 76.303 ~ 87.000

のり面種別 切土

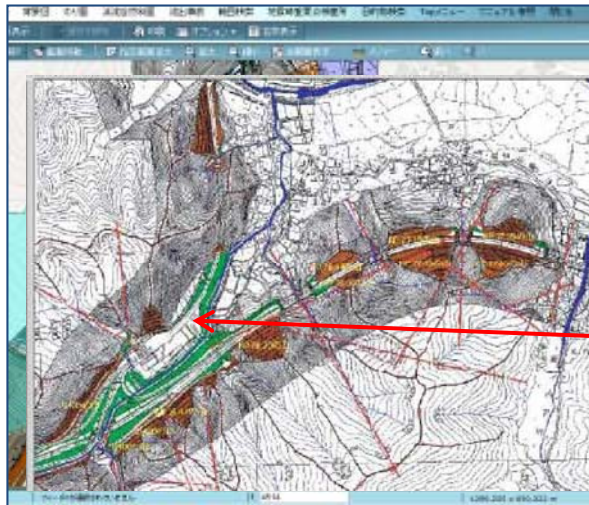
地形条件 山地

周辺の地質 舞鶴層群

重要点検箇所 あり

地図表示 リスト表示

表示クリア



舞鶴若狭自動車道の例

収集データ

- ・土砂災害危険箇所に関するデータ
- ・高速道路沿道の地質図
- ・保安林、自然公園
- ・活断層資料
- ・高速道路管理用平面図(1:1,000)
- ・のり面点検データ、調査データ

のり面基本情報 (盛土)

のり面カルテ表示 閉

のり面番号	1210070-B-09100-1
盛土点検番号	西開福知-53
事務所	福知山高速道路事務所
道路名	舞鶴若狭自動車道
上下区分	下り線
IC	舞鶴西IC ~ 舞鶴東IC
KP	79.565 ~ 80.080
延長 (m)	496.1
固有名称	KP79.8の盛土
地形条件	山地
地質条件	舞鶴層群泥岩係層
のり高 (m)	8.9
雨量規制基準値 連続雨量 (mm)	210
雨量規制基準値 組合せ連続雨量 (mm)	-
雨量規制基準値 組合せ時間雨量 (mm)	-
重要点検箇所	

点検・委員会等	備考
盛土のり面緊急点検 (21-22)	点検番号: 西開福知-53 判定: 1
道路防災総点検 (H15)	点検番号: F314 判定: 3
詳細点検 (2001/05/29)	

のり面カルテの表示

形式 1-3 写真集

会社名	国土交通省	支社名	関西支社	事務所	福知山支	地質情報番号		管理番号	
路線名	舞鶴若狭自動車道	所在地	京都府	舞鶴市	地籍簿	KP79.800	KP80.000		
規格	標準	幅員	10	盛土高さ	10.4m	盛土延長	800.0m	法勾配	1 : 1.8

① 排水溝の付近が土砂で埋まる。

② 排水溝の付近に土砂が溜まる。

③ 排水溝の付近に土砂が溜まる。

個別点検データ(モニタリングデータ)の表示

音源探査システム(Noise Scope System)の開発

■騒音調査の効率化を目的とした音源探査システムの開発

- ・道路交通騒音や異常騒音源の特定を「可視化」できる騒音モニタリング手法
- ・騒音箇所を容易に特定でき、有効かつ効率的な補修が可能
- ・補修効果を可視化でき、関係者などへの説明責任に有効

■実施事例

橋梁伸縮装置からの突発騒音を対策前後で測定、
対策後の騒音レベルが下がっていることが確認可能



モニタリング技術活用の課題と取組み

高速道路のモニタリング技術活用の課題



■ 点検技術者の診断・判定を補完できる簡易・低コスト技術

- ・ 日常点検の車上・遠方目視で確認できない変状発生をモニタリングで捕捉できれば、近接点検や詳細調査での的確な対応が可能
- ・ 詳細調査では非破壊技術で広範囲の変状や健全度を効率的に絞込み可能

■ モニタリングシステムの省メンテナンス化

現場設置の計測機器やセンサー自体の点検、メンテナンスの省力化

■ 集中監視システム化とデータベース化

近接点検である基本点検は1回/年、日常点検は通常、走行しながらの車上目視点検であるため、管理事務所などで集中監視が理想、また予防保全やアセットマネジメントに活用するためデータベース化は必須

■ NEXCOの長期保全(モニタリング技術活用)の取組み

- 設計や変状要因など構造特性を理解できる保全業務の専門技術者育成
- 潜在リスクの抽出と監視、点検技術高度化への新技術開発
- ICT技術を活用した高度監視システム、アセットマネジメントの構築

専門技術者の育成



■長期保全の的確な執行、安全で良好な高速道路維持管理のためには、点検補修技術の組織的な承継が不可欠です。現在NEXCO各社では、

保全業務において、変状分析や劣化診断、補修対策工の提案など技術的対応ができる専門技術者育成に取り組んでいます



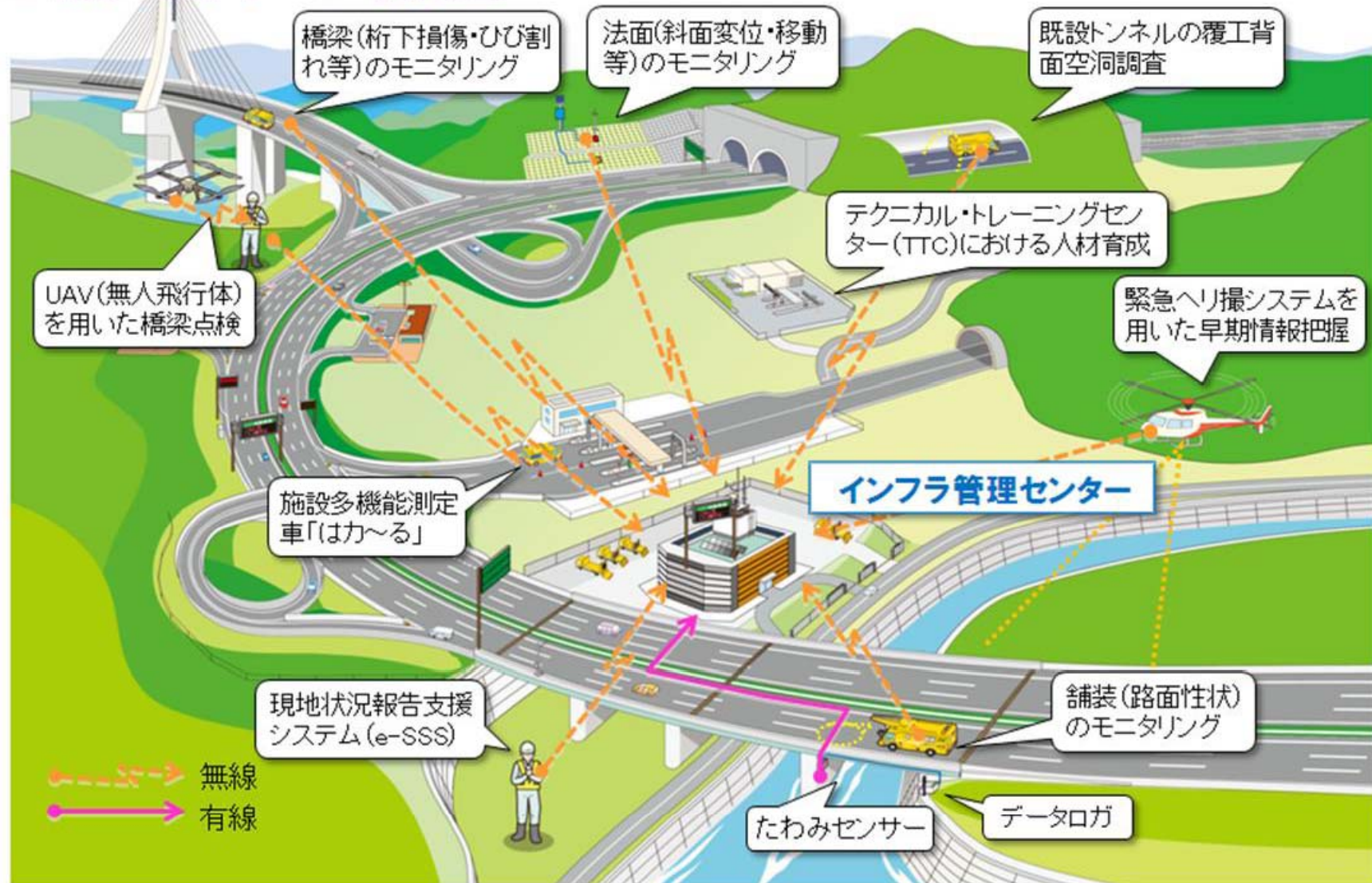
橋梁点検技術の研さん・研究用施設
* 更新のため撤去橋梁を保存: RC、PC、Me、歩道橋
「N2U-BRIDGE」(ニュー・ブリッジ)
: 名古屋大学・NEXCO中日本



研修施設 テクニカル・トレーニングセンター
* ETC実験、保守・点検研修などの施設: ネクスコ東日本エンジニアリング

スマートメンテナンスハイウェイ (SMH) 構想: 東会社

SMH構想の全体イメージ (鳥瞰図)



スマートメンテナンスハイウェイ(SMH)構想: 東会社

■ 主なICT・連携イメージ

