

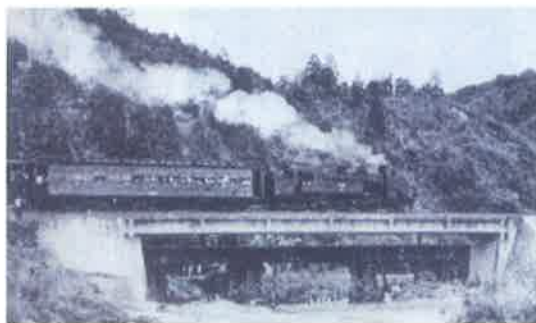
# 診断(Diagnosis)と 予測・予断(Prognosis) について考える。 ～シナリオデザインのすすめ～

- ・ 京都大学大学院
- ・ 宮川豊幸



## 第一大戸川橋 (1954)

滋賀県 支間30m; 本格的ポストテンション橋梁; 現在もなお供用中



設計: 極東鋼弦コンクリート振興(私人技師コバノ氏)  
設計施工管理: 国鉄大阪工事事務所 仁杉巖次長



## 福岡トンネルコンクリートの剥落

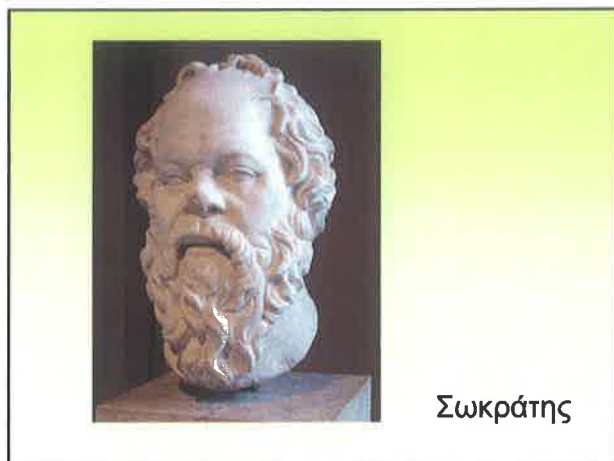


## 水切り部コンクリートの剥落

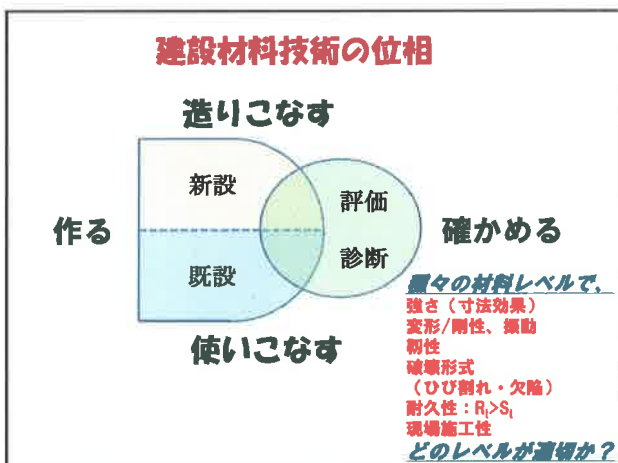




床版下面コンクリートの剥落



Σωκράτης



### コンクリート構造部材 (& システム)

**例えば**

**コンクリート** →

- セメント: 混合、エコ、超微粒子、球形
- 水: スラッジ水、海水
- 骨材: 人工、再生
- 混和剤: 高性能AE減水剤、収縮低減剤
- 混和材: 高炉スラグ、フライアッシュ、シリカフューム、膨張材、自己治癒

**補強材** →

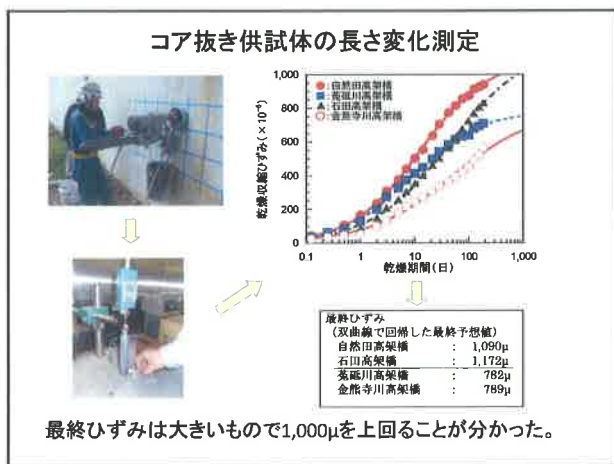
- 鉄筋: 樹脂塗装、ステンレス、耐塩性
- PC鋼材: 樹脂塗装、アフターボンド、高強度
- 補強材: 短・連続繊維[FRP棒材、シート]
- (支承、継手、落下防止工その他)

**補修材** →

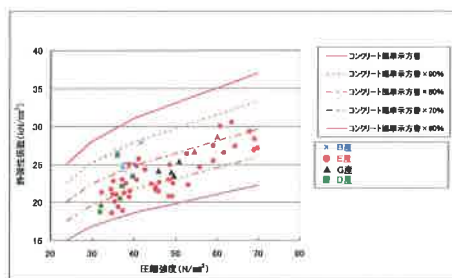
- 表面処理材、含浸材、注入材、補強材
- セメント、樹脂、ゴム、繊維、鋼材



橋本道路橋井高架橋

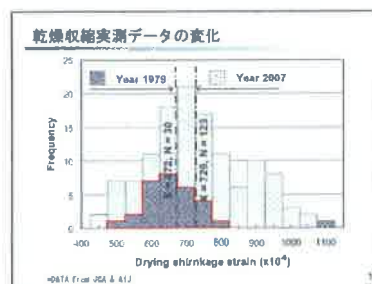


採取コアにおける圧縮強度と  
静弾性係数の相関(粗骨材産地別)



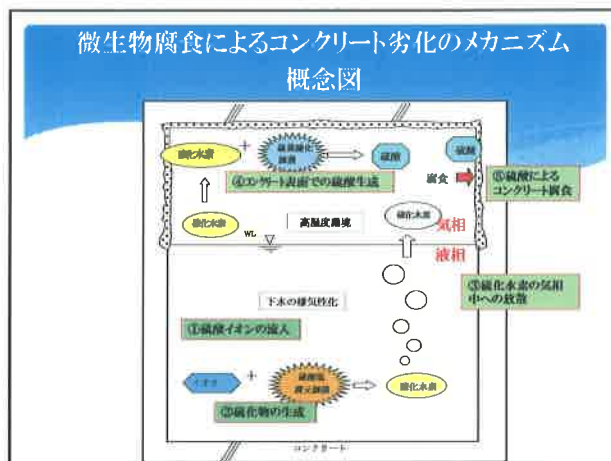
ヤング係数はコンクリート標準示方書の標準値に対し60~90%に留まる。

特性値( $\epsilon_{req}$ )について



乾燥収縮実測データの衰化【JCI 時間依存性委員会 資料】より

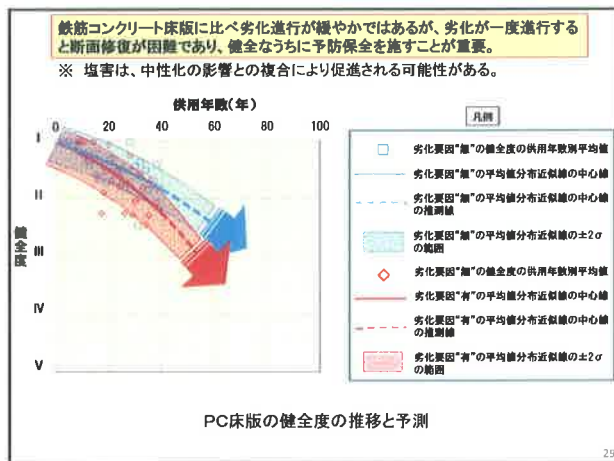
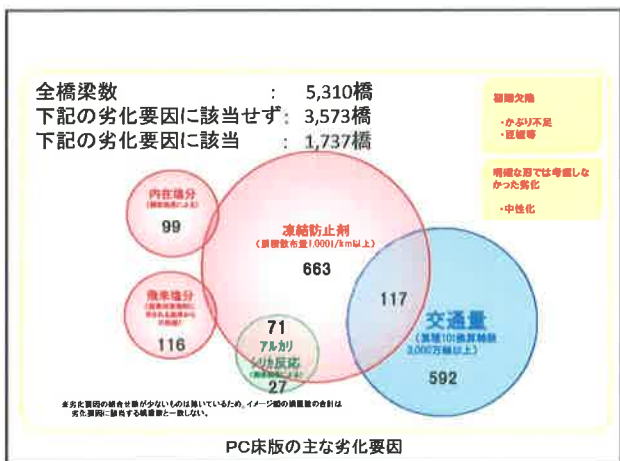
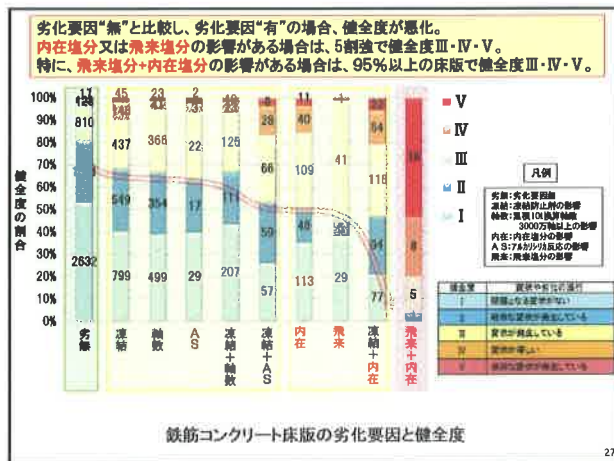
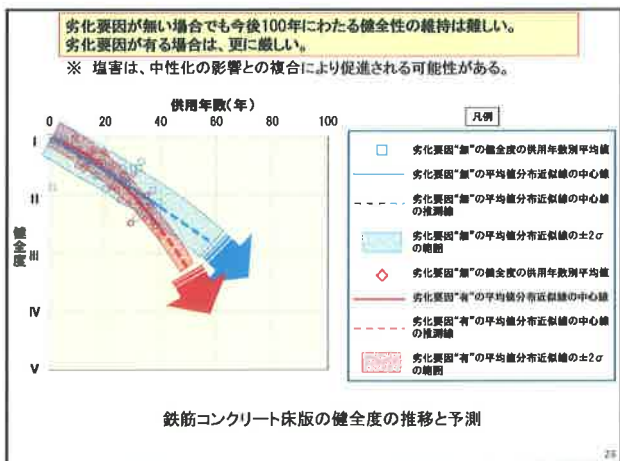
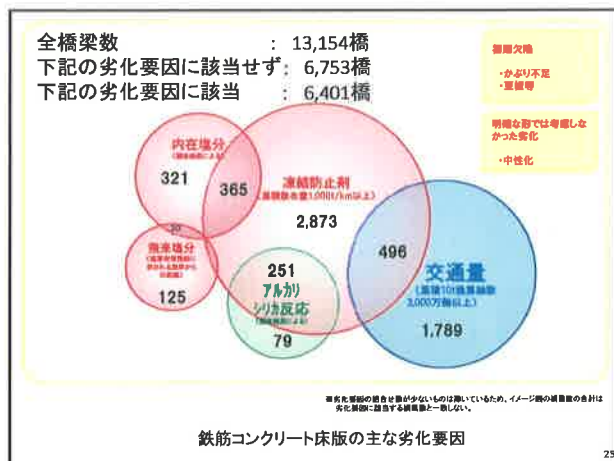
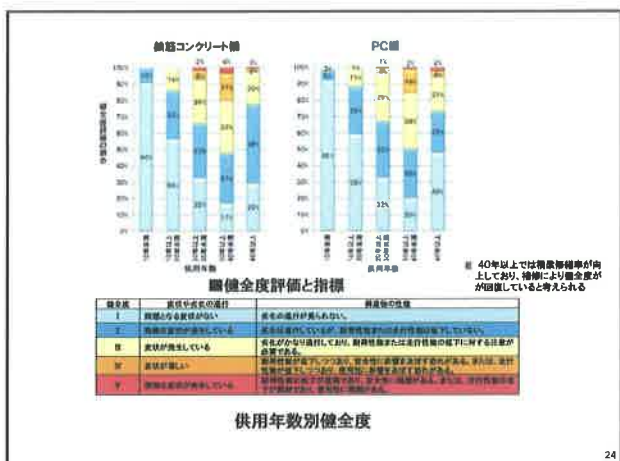


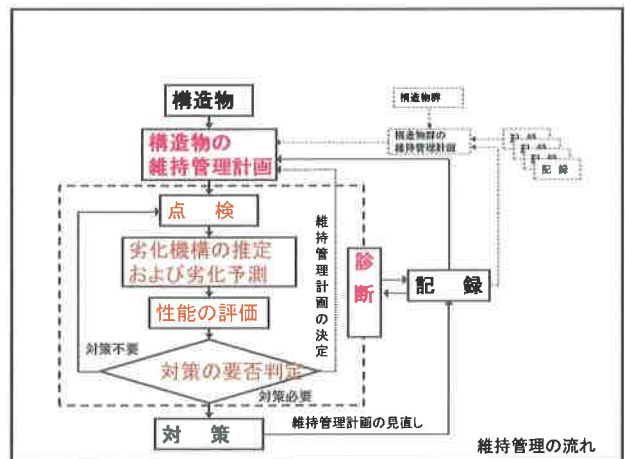
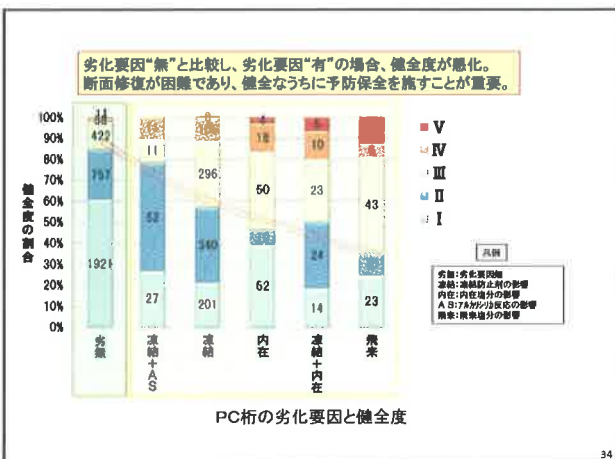
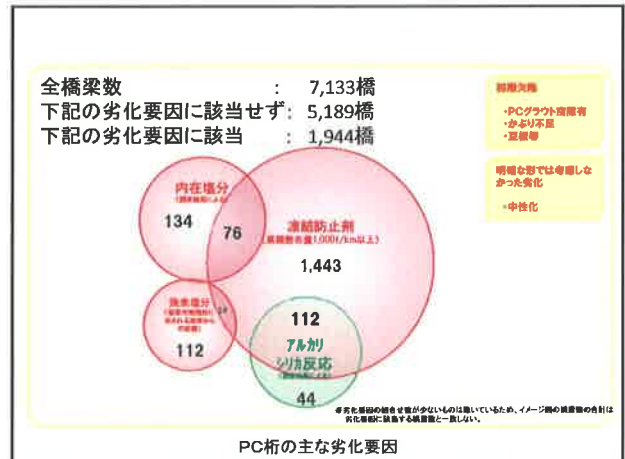
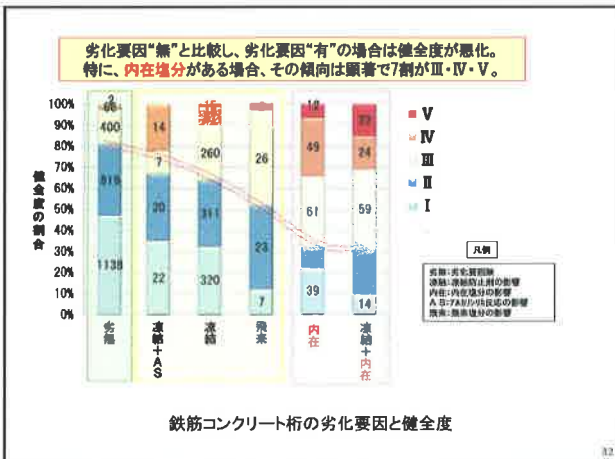
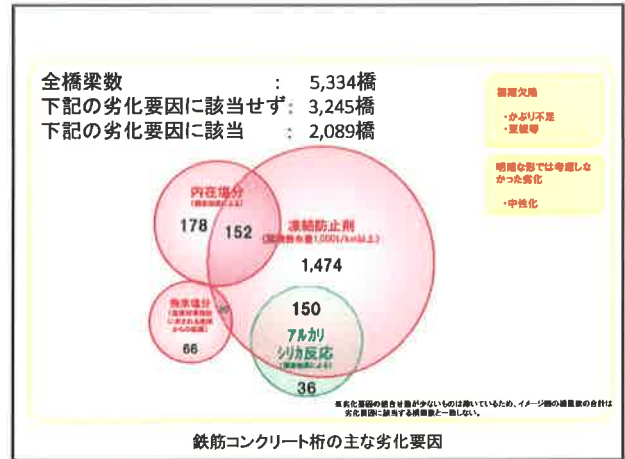
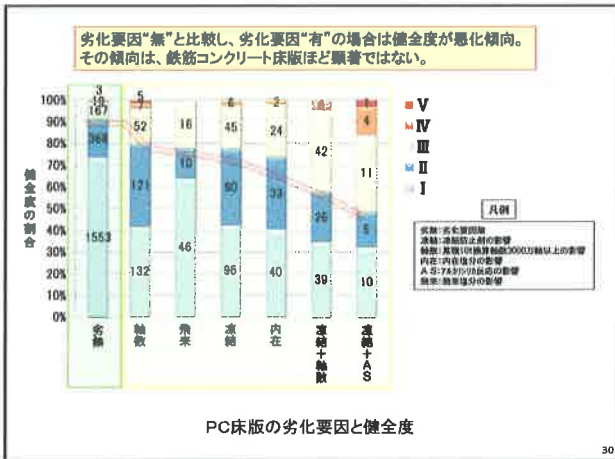


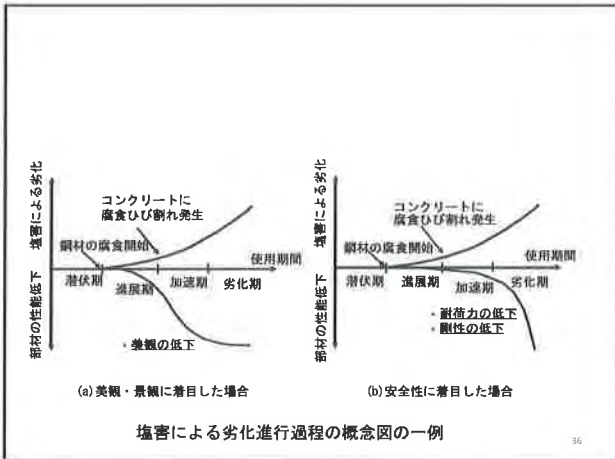
### JIS化に向けた活動

- ・平成24年 6月：応募  
(日本規格協会:JIS原案作成公募制度)
- ・平成24年11月：採択決定
- ・平成24年12月～平成25年 10月：委員会審議(3回開催)
- ・平成25年10月31日：原案提出予定
- ・平成25年11月～平成26年10月頃：  
日本規格協会による審査等
- ・平成26年11～12月頃：成案予定









### 塩害の調査方法の現状

- ① 目視調査・打音調査 → 定性的評価
- ② 塩化物イオン濃度の調査 → 腐食環境評価

### 塩害の調査の現状

さらにやるとすれば → ③ 自然電位法 + 分極抵抗法?

自然電位(E) (V <sub>vs</sub> CSE)	鉄筋腐食の可能性
-0.20 < E	90%以上の確率で腐食なし
-0.35 < E ≤ -0.20	不確定
E ≤ -0.35	90%以上の確率で腐食あり

### 温度分布を利用したの剥離探査および劣化予測 赤外線法

Corroded reinforced concrete

Population?

$$A_{s,k} = A_{s,m} - k \times \sigma$$

Cl<sup>-</sup> content, Carbonation depth + Bar diameter!

$A_{s,k}$ : 特性値  
 $A_{s,m}$ : 平均値  
 $k$ : 係数  
 $\sigma$ : 標準偏差

Population: cracked portion

Population: overall span

### 鉄筋径の測定と特性値の同定

補修・補強に期待する効果と工法

期待する効果	工法例
鋼材の腐食因子の供給量を低減	表面処理
鋼材の腐食因子の除去	断面修復, 電気化学的脱塩
鋼材の腐食進行を抑制	表面処理, 電気防食, 断面修復, 防錆処理
耐力力を向上	FRP 接着, 断面修復, 外ケーブル, 巻立て, 増厚

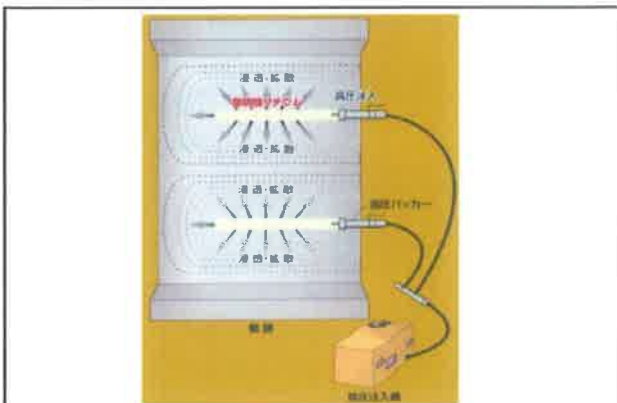
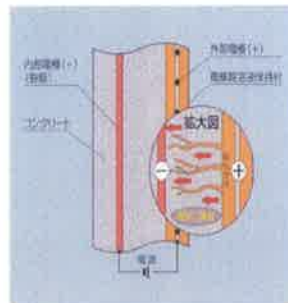
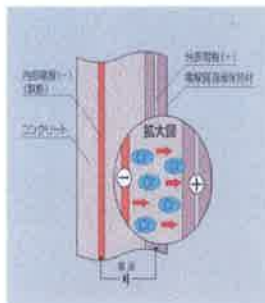
### コンクリートはつりWJロボット



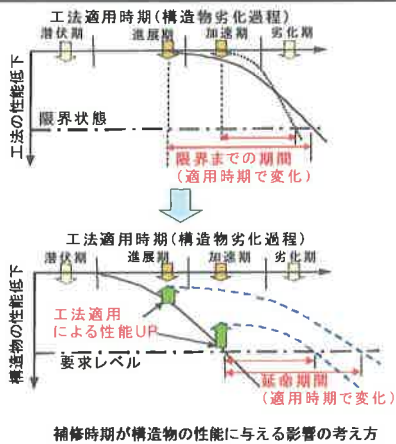
### 電気化学的防食工法

#### 脱塩工法

#### 再アルカリ化工法



亜硝酸リチウムorプロピオン酸カルシウム圧入



補修時期が構造物の性能に与える影響の考え方



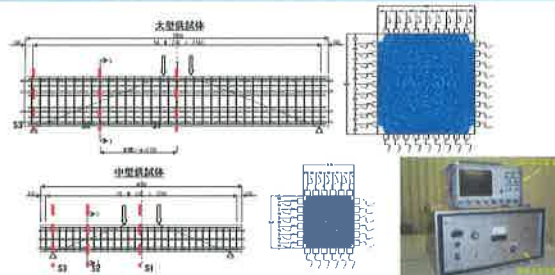
示方書[維持管理編]での非破壊試験方法

4.7.3.4 非破壊検査機器を用いる方法

- (2) 反角度に基づく方法
- (3) 電磁誘導を利用する方法：鋼材の導電性および磁性を利用するもの、コンクリートの誘電性を利用するもの
- (4) 弾性波を利用する方法：打音法、超音波法、衝撃弾性波およびアコースティック・エミッション(AE)法など
- (5) 電磁波を利用する方法：X線法、電磁波レーダ法、赤外線法(サーモグラフィ法)など
- (6) 電気化学的方法：自然電位法、分極抵抗法、四電極法など
- (7) 光ファイバスコープを用いる方法

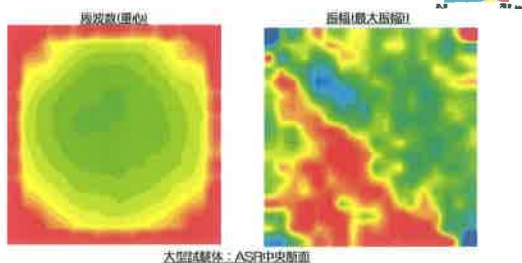
長期暴露ASR試験体における超音波トモグラフィ計測

- ・計測対象とした試験体は下記に示す、**中型**:636×680×4000mm、**大型**:1200×1250×7500mmである
- ・音源で示す断面位置で試験体(各試験体とも3断面ずつ)
- ・材料断面における超音波測定間隔は、中型試験体で90mm、大型試験体で120mmを基本として測点を配置した
- ・センサ設置測点数は、中型:1断面216点×3断面=648点、大型:1断面486点×3断面=1458点
- ・センサは、40kHzを使用



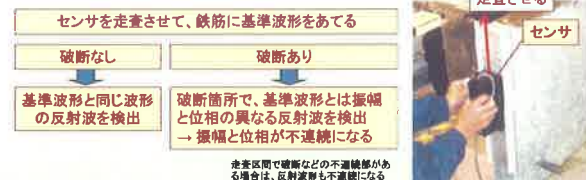
改良後の「大型」試験体における解析結果-周波数、振幅

- ・周波数に敏感したパラメータでは、**震源側の周波数が低下**が認められる
- ・振幅に敏感したパラメータでは、**コンター色の濃淡の差が局所的に現れている**



①電磁誘導法

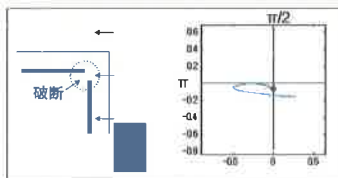
センサの励磁コイルより発生させた磁束を鉄筋に作用させ、反射してきた磁束を検出コイルにてとらえることで鉄筋破断の有無を判定する。



※本区間で破断などの不連続部がある場合は、反射波も不連続になる

鉄筋破断測定 測定→解析→比較検討

電磁誘導法



グラフは、入射波と反射波の位相のズレを角度で、振幅の増減を原点からの距離で表したものの、**走査区間内に破断などの不連続部があると、位相のズレ・振幅の変化も不連続となり、リサーチ波形も不連続(角ばった形)になる。**

リサーチ波形には、破断を表す信号(不連続な信号)のほかの、不要な信号を消去するために解析を行う。

- 解析A: 多重周波数解析 → 抽出された波形の振幅「解析値A」
- 解析B: 2つのコイルによる測定・解析 → 抽出された波形の振幅「解析値B」
- 解析C: リサーチ波形湾曲部の角度 → 角度「解析値C」

比較検討のための指標として、これらを用いる。


Ynys-y-Gwas橋(ヤンシーグワス橋)の落橋(1985年)



- ・PCグラウトの充填不良を起因としたPC鋼材の破断が要因と考えられている
- ・英国では1992年～1996年までグラウト充填を行うポストテンション方式が禁止された

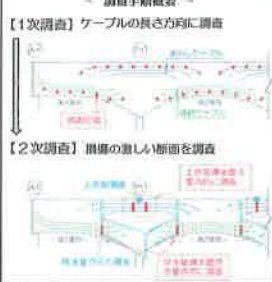

### 詳細調査

全体の損傷を効率的に把握するために、削孔内視鏡調査による2段階調査を実施




調査手順概観

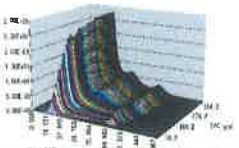
- 【1次調査】ケーブルの長さ方向に調査
- 【2次調査】損傷の激しい断面を調査


### PCグラウト充填検査(広帯域超音波法)



測定状況



グラウト充填の判定例

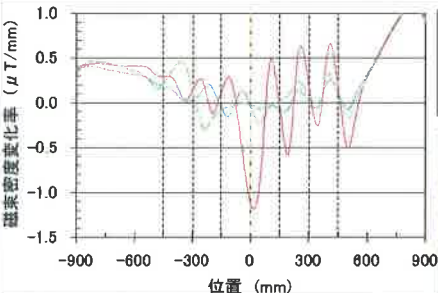


グラウト未充填の判定例

送信探触子 受信探触子

反射波 大 反射波 小


空シース 充填シース



磁束密度変化率 ( $\mu T/mm$ )

位置 (mm)

- 交差鉄筋
- ② 破断位置
- ① 健全
- ③ 破断
- ④ 健全



磁束密度の変化率

- ・シース管の芯かぶり: 100mm
- ・交差鉄筋の表面かぶり: 30mm

### 漏洩磁束密度法によるPC鋼材破断検査例

### 作用と保有性能

古い基準で設計  
新幹線 ラーメン橋脚被災

新しい基準で設計  
地震耐性 東北本線



### 劣化と耐震・耐荷性能

震災とを考えるとあっても維持管理を忘れてはならない。



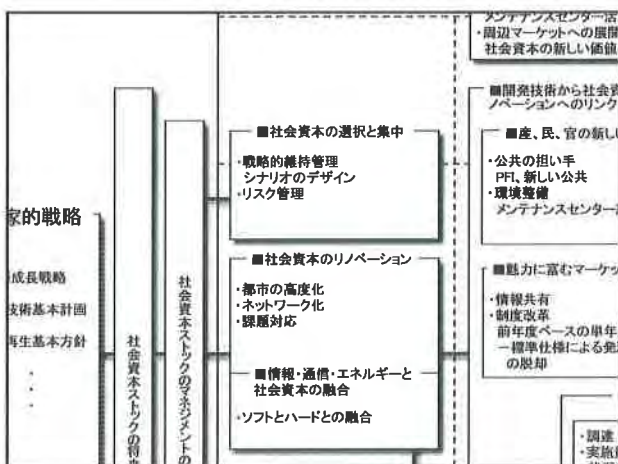
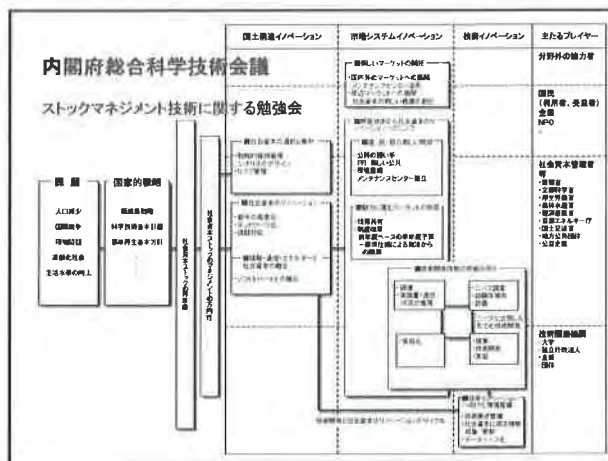
### 東日本大震災における津波被害 2011.3




### 笹子トンネル天井板落下事故 2012.12 59

# 時空間シナリオ

従来は空間のみではなかったか？  
初期力学偏重ではなかったか？



## 補修、補強、アップグレード シンポジウム

今年秋は福岡で、  
**平成26年10月31日(金)**

・日本材料学会、土木学会、  
日本コンクリート工学会、  
PC工学会

