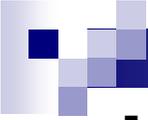


# **メンテナンスからの情報が構 造物の長寿命化を可能とする**

**(コンクリート構造物)**

**石 橋 忠 良**



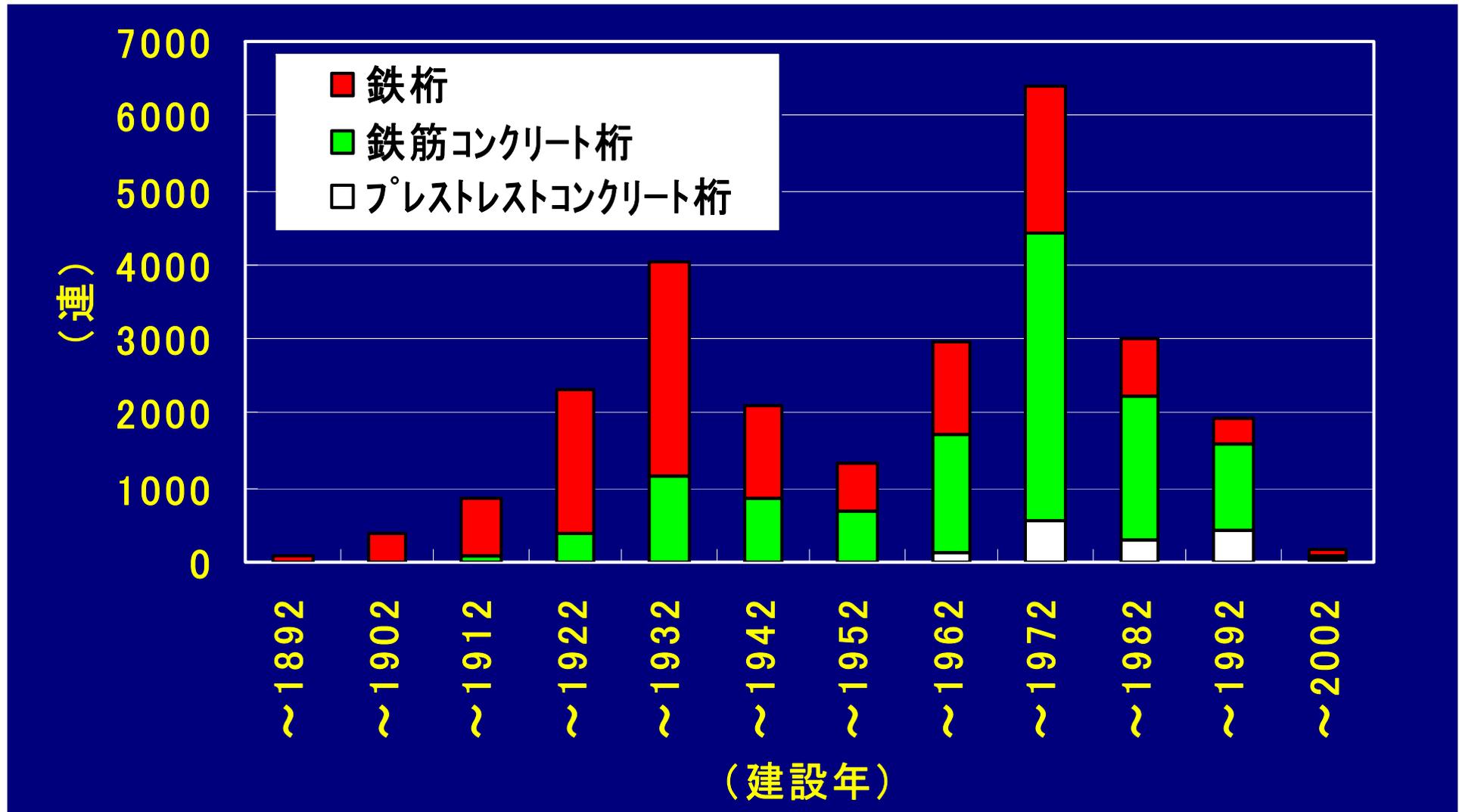
## 報告内容

1. 鉄道構造物の経年
2. 主な劣化事例と対策
  - 2.1 コンクリート片の剥落
  - 2.2 アルカリ骨材反応
  - 2.3 塩害
  - 2.4 凍害
  - 2.5 支承部
  - 2.6 P C鋼棒破断による突出
  - 2.7 鉄筋圧接
  - 2.8 地震災害と対策
  - 2.9 火災
3. まとめ



# 1. 鉄道構造物の経年 と維持管理の仕組み

## 橋りょう（JR東日本在来線）



# 中央線神田駅付近RC高架橋



1919年完成(RC高架橋だが、レンガで化粧されている)

経年:96年

# 内房線 江見・太海間山生橋りょう



1920年完成(日本初の本格的なRC鉄道橋りょう)

**経年:95年**

# 信楽高原鉄道 第一大戸川橋梁



- 昭和29年（1954年）の  
PC桁（経年61年）
- スパン：30m

- 
- しっかりと造られた**多くの構造物は健全で、十分な耐久性をもっている**
  - **施工時の管理不十分**などによる欠陥、**建設時点の技術的な未解明**のものが変状の主な原因である

# 維持管理の仕組み

## 鉄道構造物の検査に関する基準の変遷

昭和31年 : 建造物保守心得(案)

40年 : 建造物検査標準

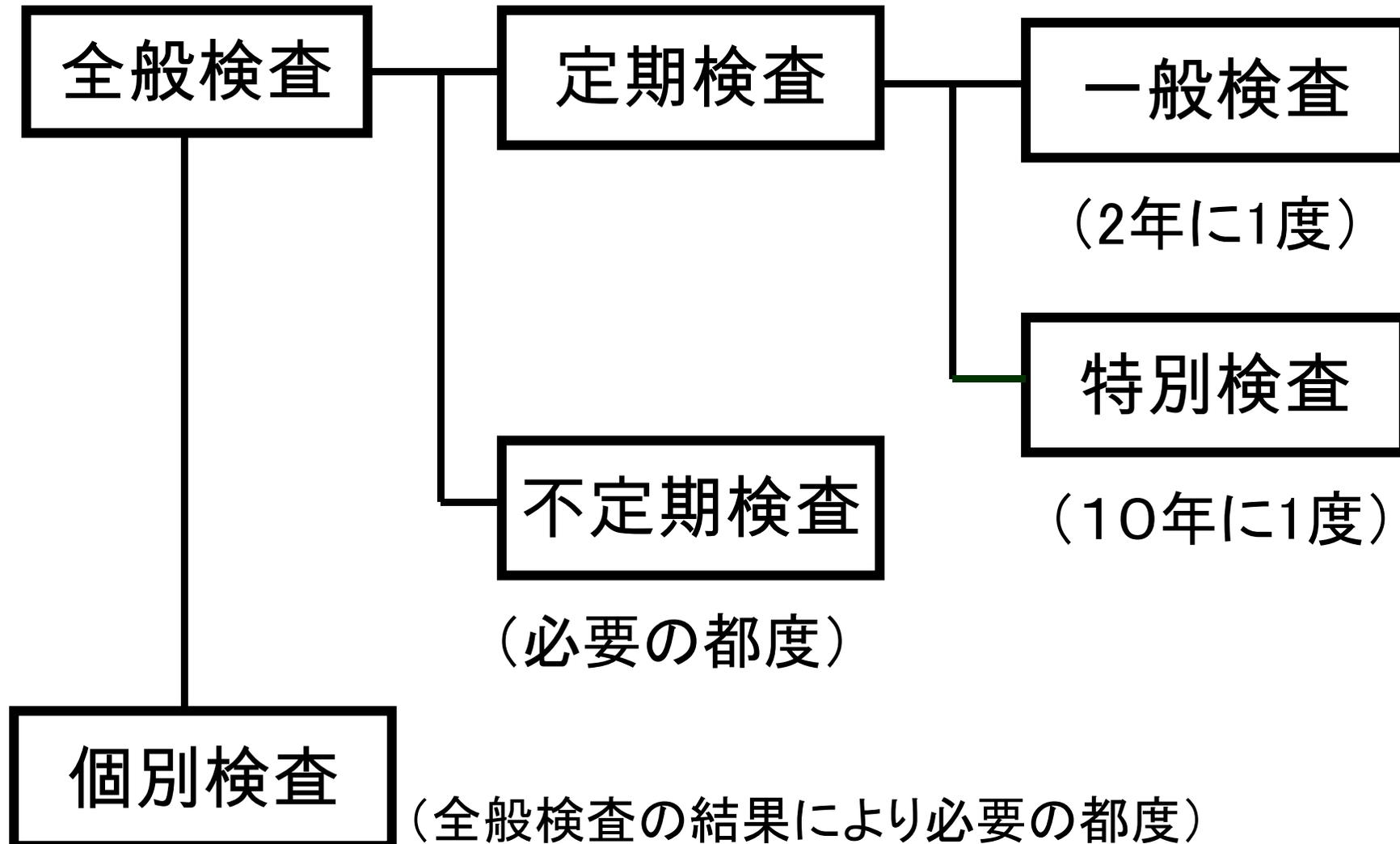
49年 : 土木構造物取替えの考え方  
(維持管理のバイブル的存在)

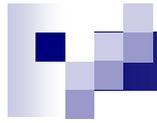
62年 : 土木建造物等保守管理標準

平成13年 : 土木建造物等全般検査マニュアル

平成18年 : 鉄道構造物等維持管理標準 制定

# 検査区分



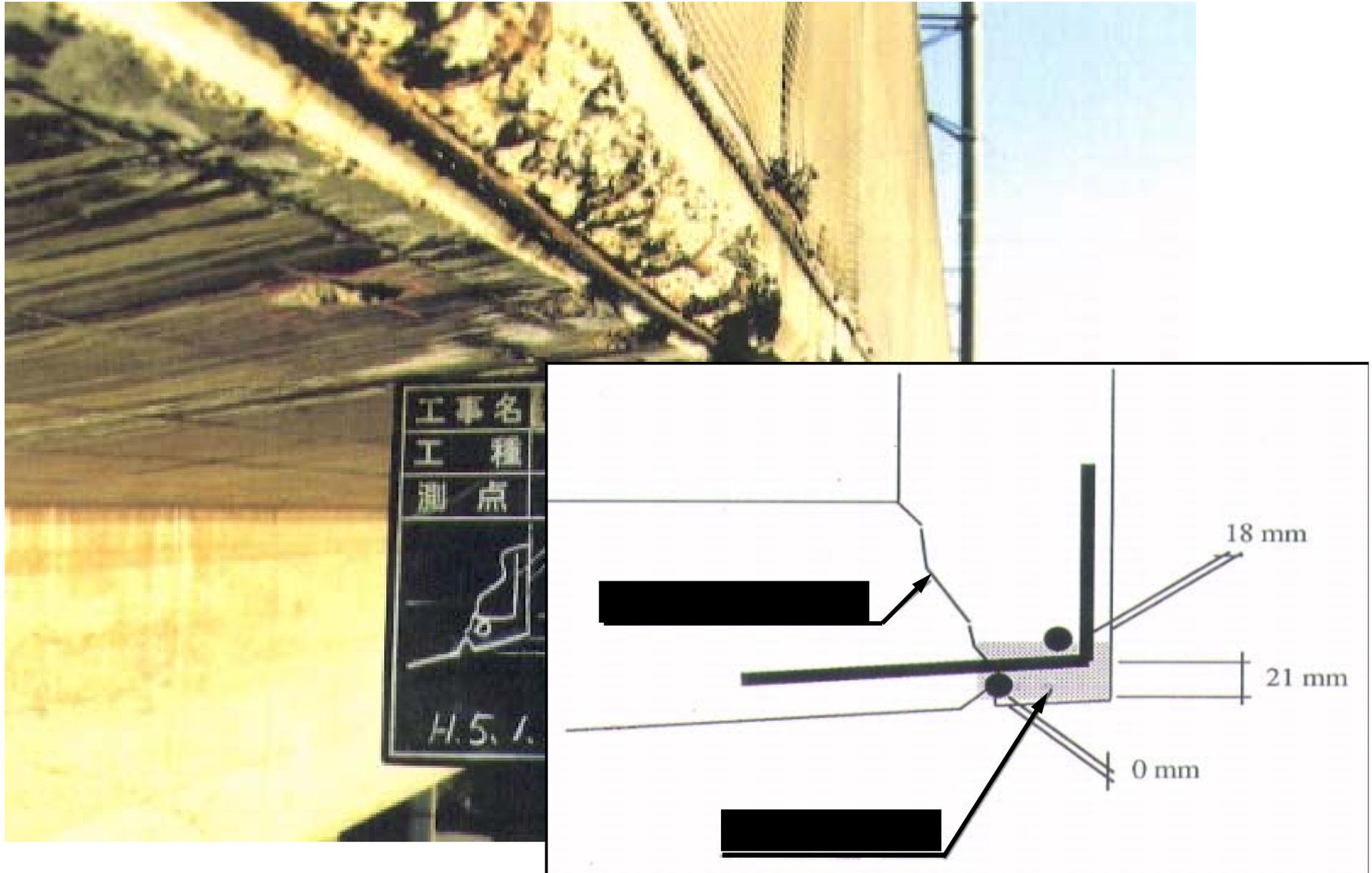


## 2. 主な変状事例と対策



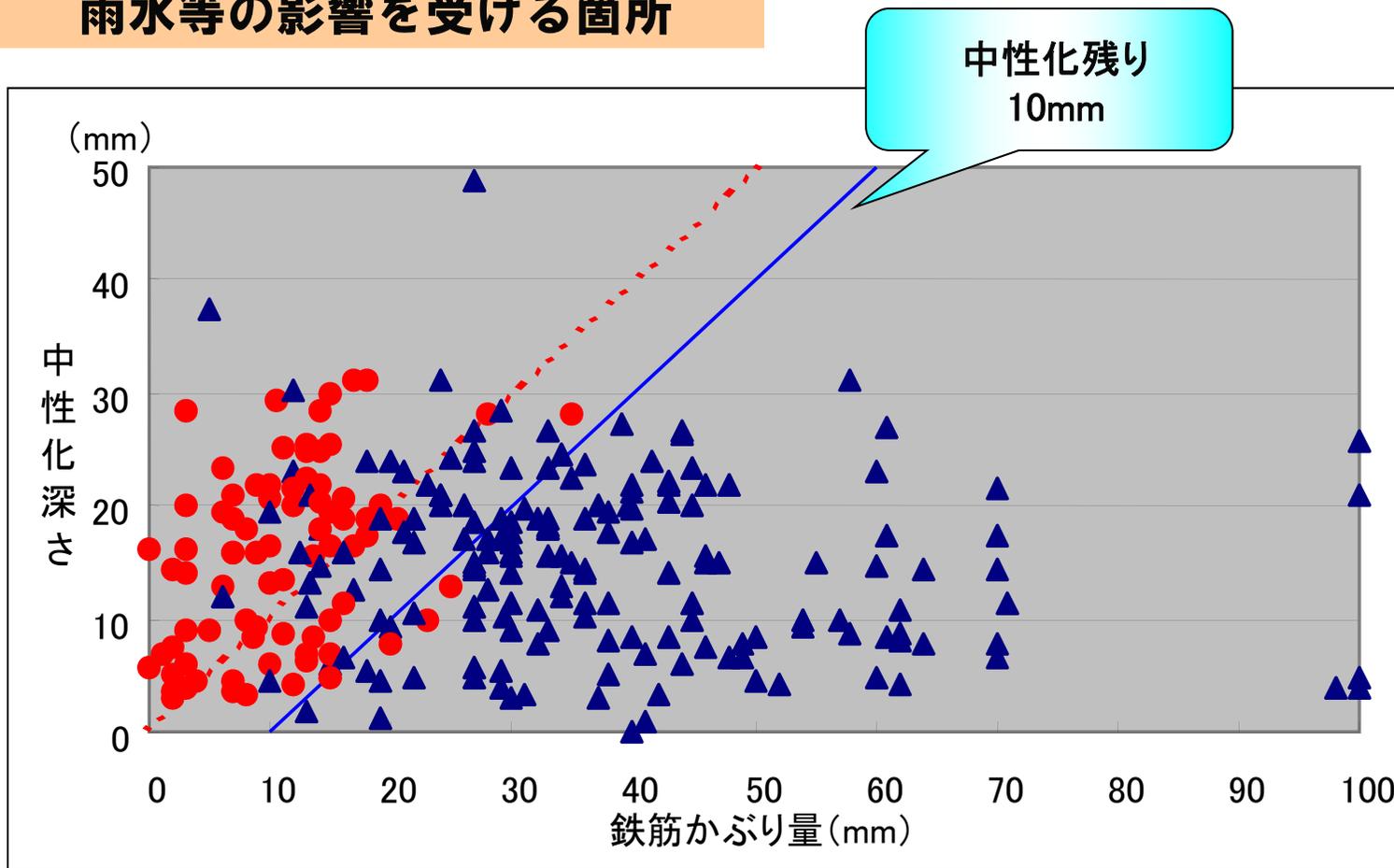
## **2.1 コンクリート片の剥落 (高架橋)**

# コンクリート片の剥落



# コンクリート片の剥落と 中性化残り・雨水等の影響

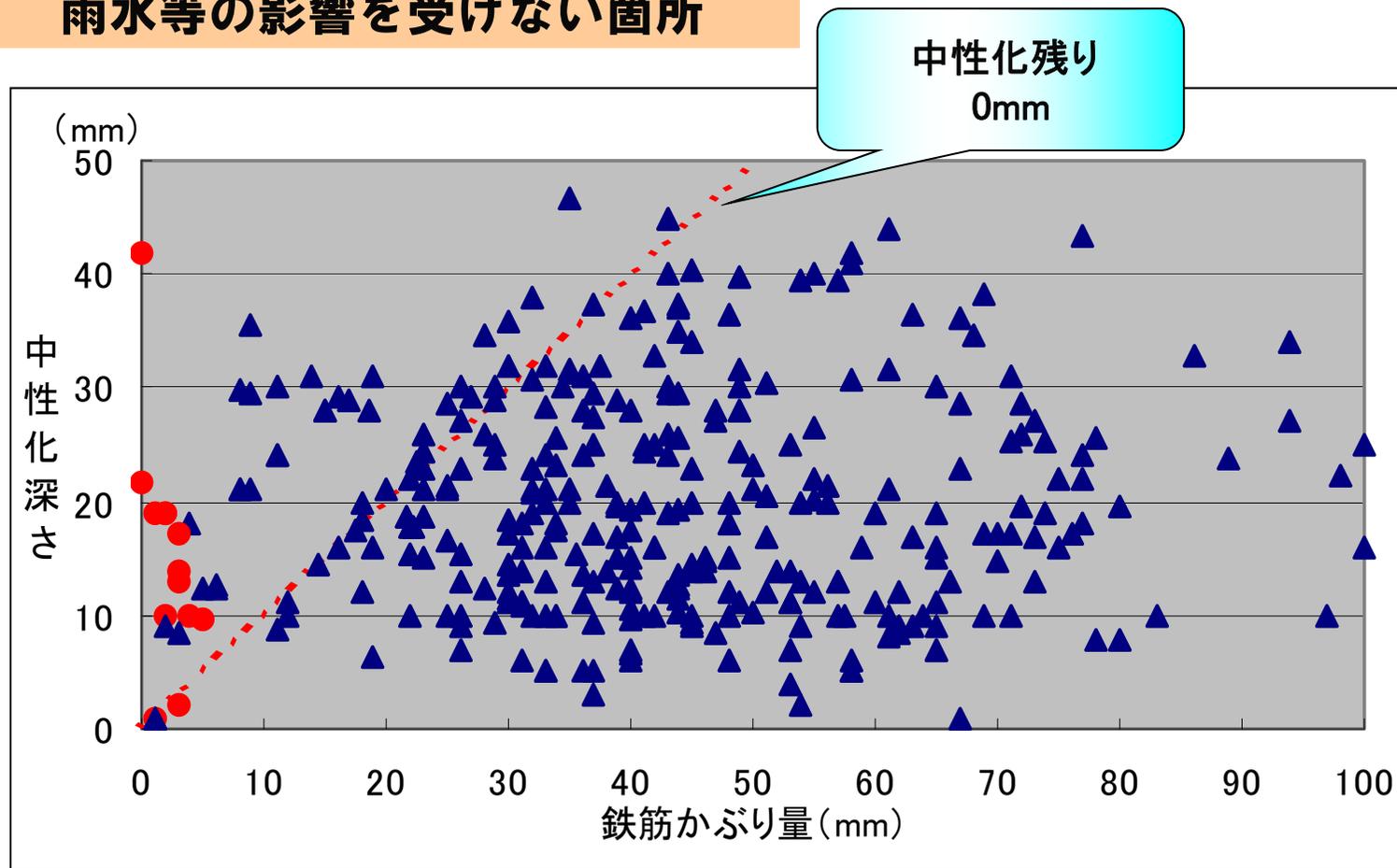
## 雨水等の影響を受ける箇所



- コンクリート剥落箇所
- ▲ コンクリート無剥落箇所

# コンクリート片の剥落と 中性化残り・雨水等の影響

雨水等の影響を受けない箇所



- コンクリート剥落箇所
- ▲ コンクリート無剥落箇所

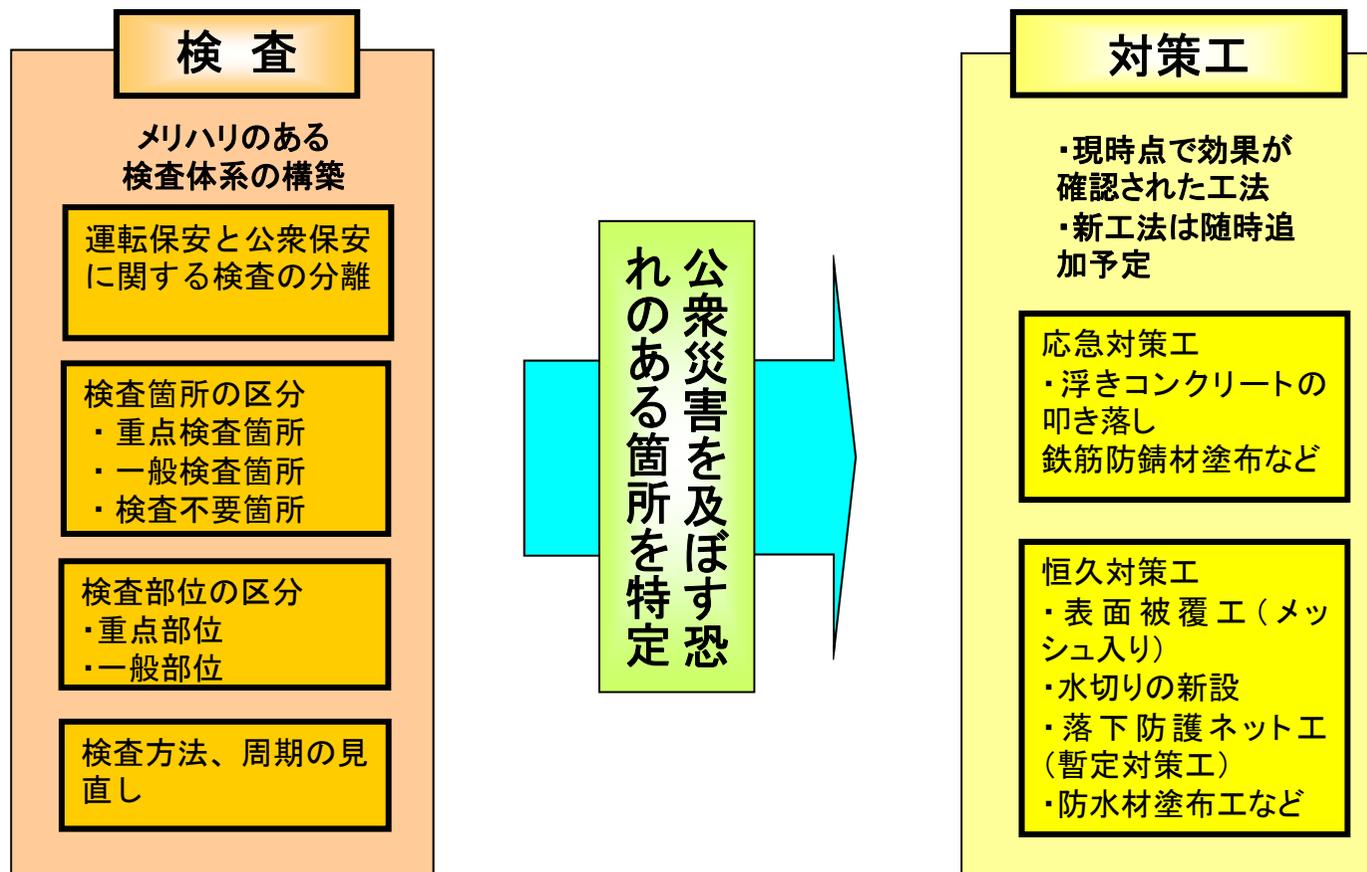


## 剥落の原因

- 1. かぶり不足
- 2. 水の多い中性化速度の速いコンクリート
- 3. コンクリートが湿っている(雨が当たる)
- 4. 建設時のひび割れ

# 既設のコンクリート構造物への対策

## 既設構造物における対策



・剥離剥落に関する維持管理マニュアル ・表面被覆工の標準仕様の制定・作成

# 重点的な検査の実施（検査箇所の区分）

重点検査箇所



一般検査箇所



検査不要箇所



## ○重点検査箇所

コンクリート片の剥落が旅客公衆等に対して危害を及ぼす恐れの高い箇所

## ○一般検査箇所

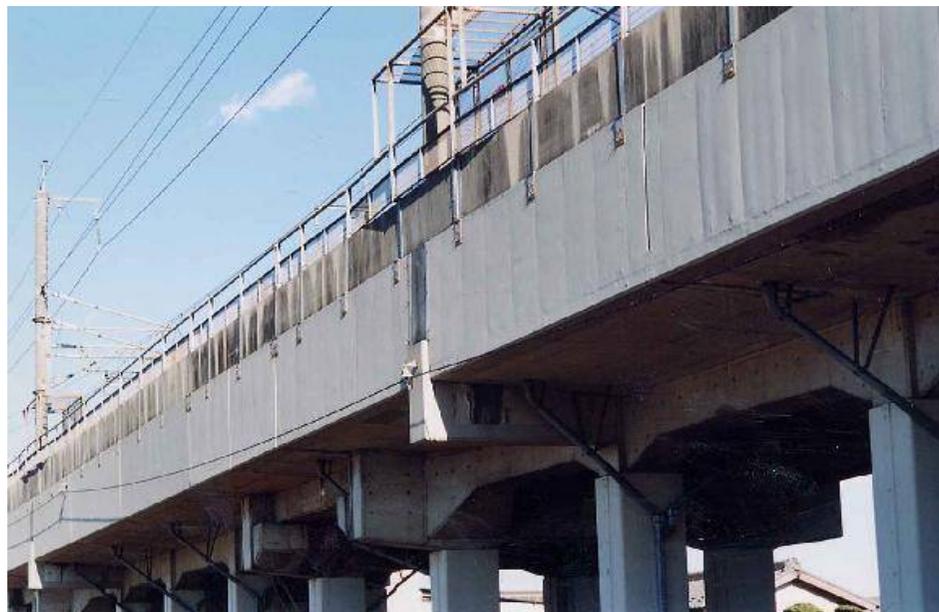
コンクリート片の剥落が旅客公衆等に対して危害を及ぼす恐れのある箇所

## ○検査不要箇所

コンクリート片の剥落が旅客公衆等に対して危害を及ぼすことのない箇所

## 剥離・剥落対策工

### ・・・表面被覆工（メッシュ入り）



《高欄・張出しスラブ下面での表面被覆工法》

#### ○表面被覆工法：

- ・実績のある表面被覆工法の中で10年以上機能を果たしている5工法を採用
- ・それ以外の工法：  
10年以上の品質保証、表面被覆工法の規格などを満足することが条件

## 新設建造物の品質向上施策

1. コンクリートの**配合**と**標準かぶり**の見直し
2. **水切り**構造細目の見直し
3. コンクリート受入れ時の**単位水量試験**の追加
4. **合成短繊維混入**によるコンクリート片の剥落防止  
対策
5. **打音検査**の導入
6. 鉄筋かぶりの**非破壊検査**の導入

検査で品質は変わる



## 2.2 アルカリ骨材反応

## アルカリ骨材反応による劣化事例

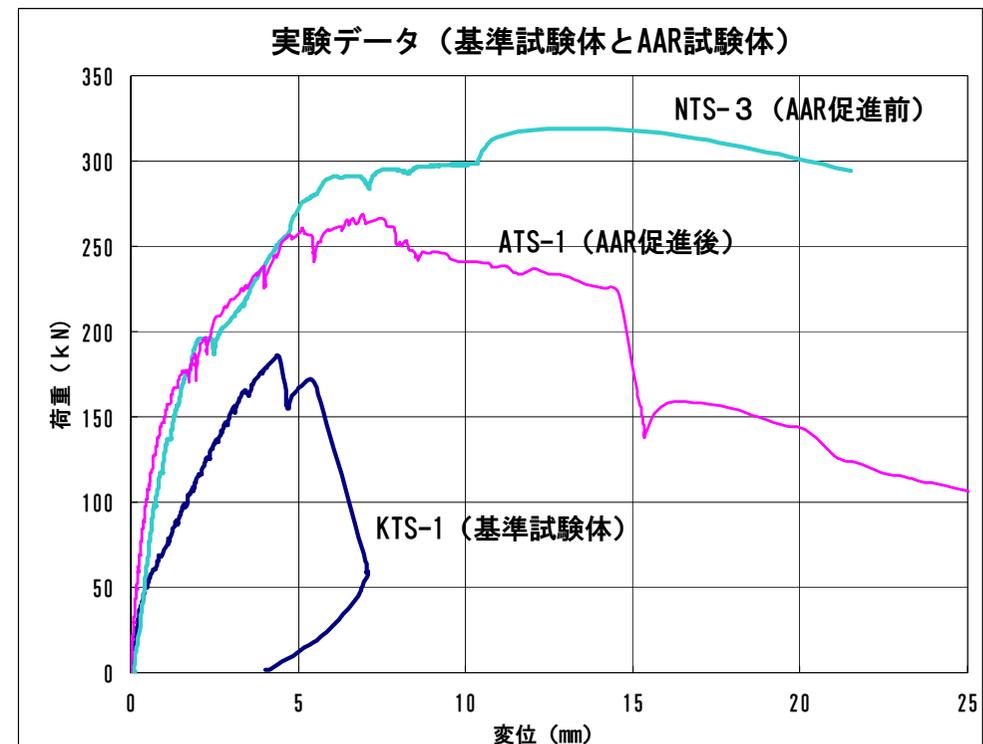
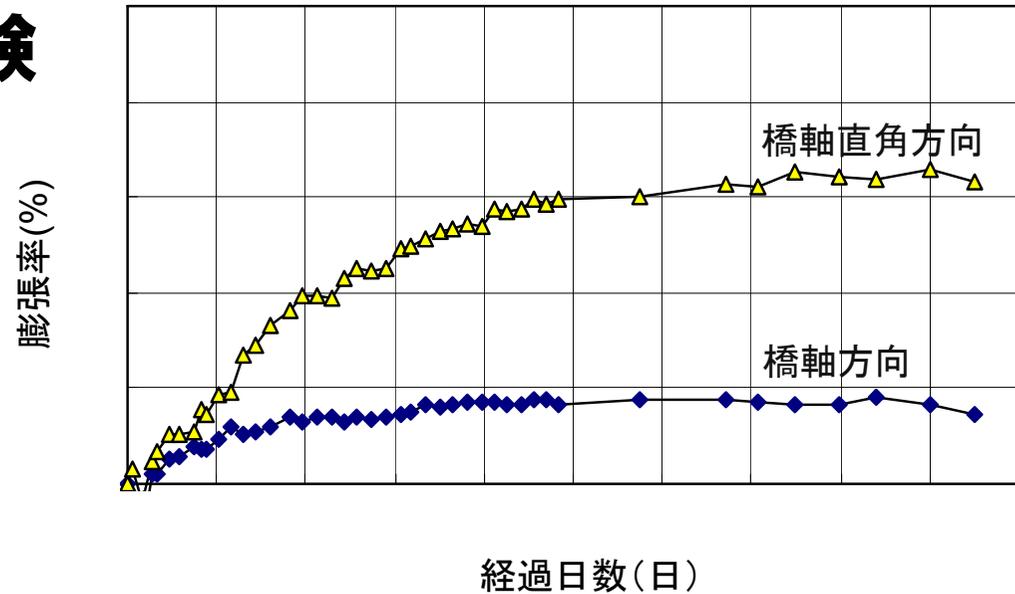


# ASR反応部材の載荷試験 (静的せん断載荷試験)



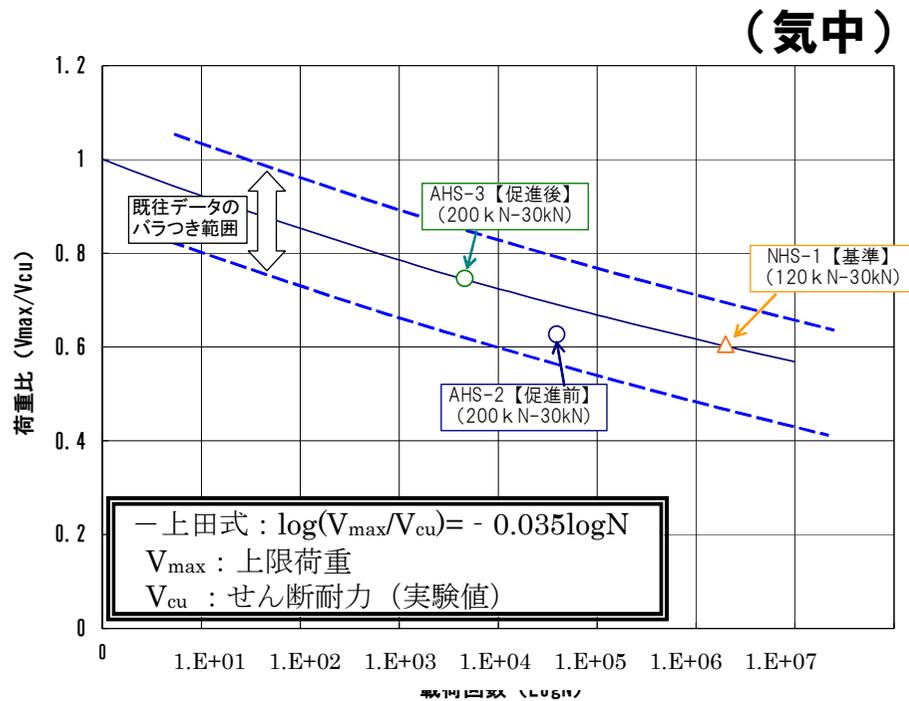
ASR反応部材の耐荷力は、  
基準試験体の同等以上である  
ことを実験で確認

## AAR促進試験



# A S R 反応部材の載荷試験→耐荷力の低下はまだない (せん断疲労載荷試験)

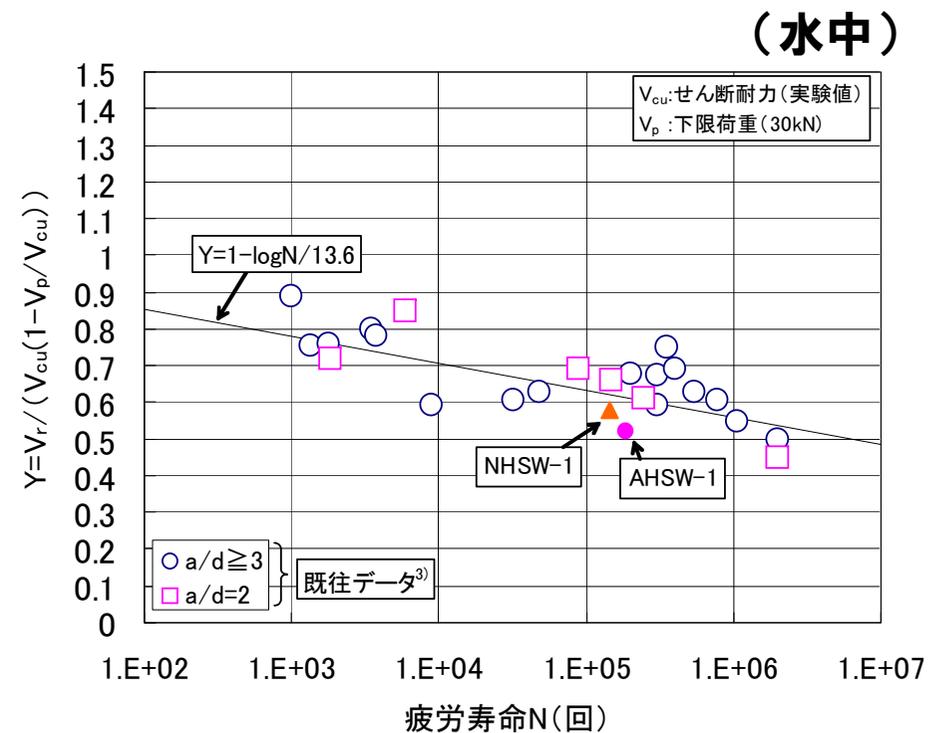
## 既往の評価式との比較



### 上田式

$$\log(V_{max}/V_c) = 0.035 \log N$$

※ $V_c$ には静的せん断耐力



### 井上式

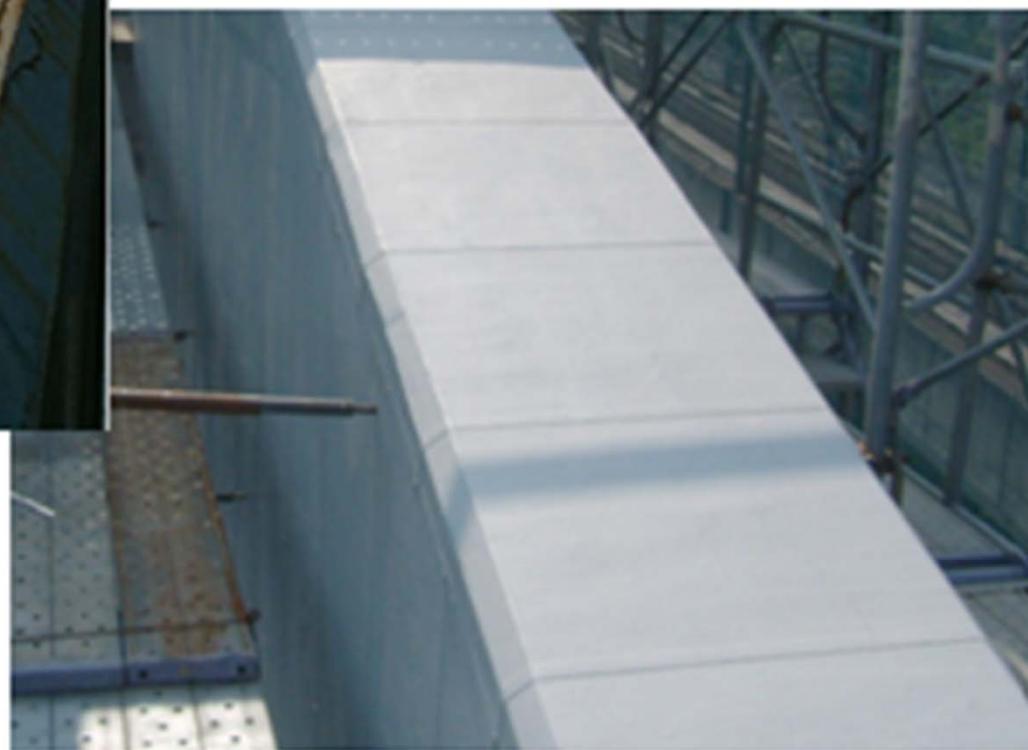
$$Y = V_r / (V_c(1 - V_p/V_c)) = 1 - \log N / 13.6$$

※ $V_c$ には静的せん断耐力

## 補修事例



ASRによる変状



高疲労耐久性シートによる補修



**現行JISにより施工した構造物に  
変状が生じる例がある**

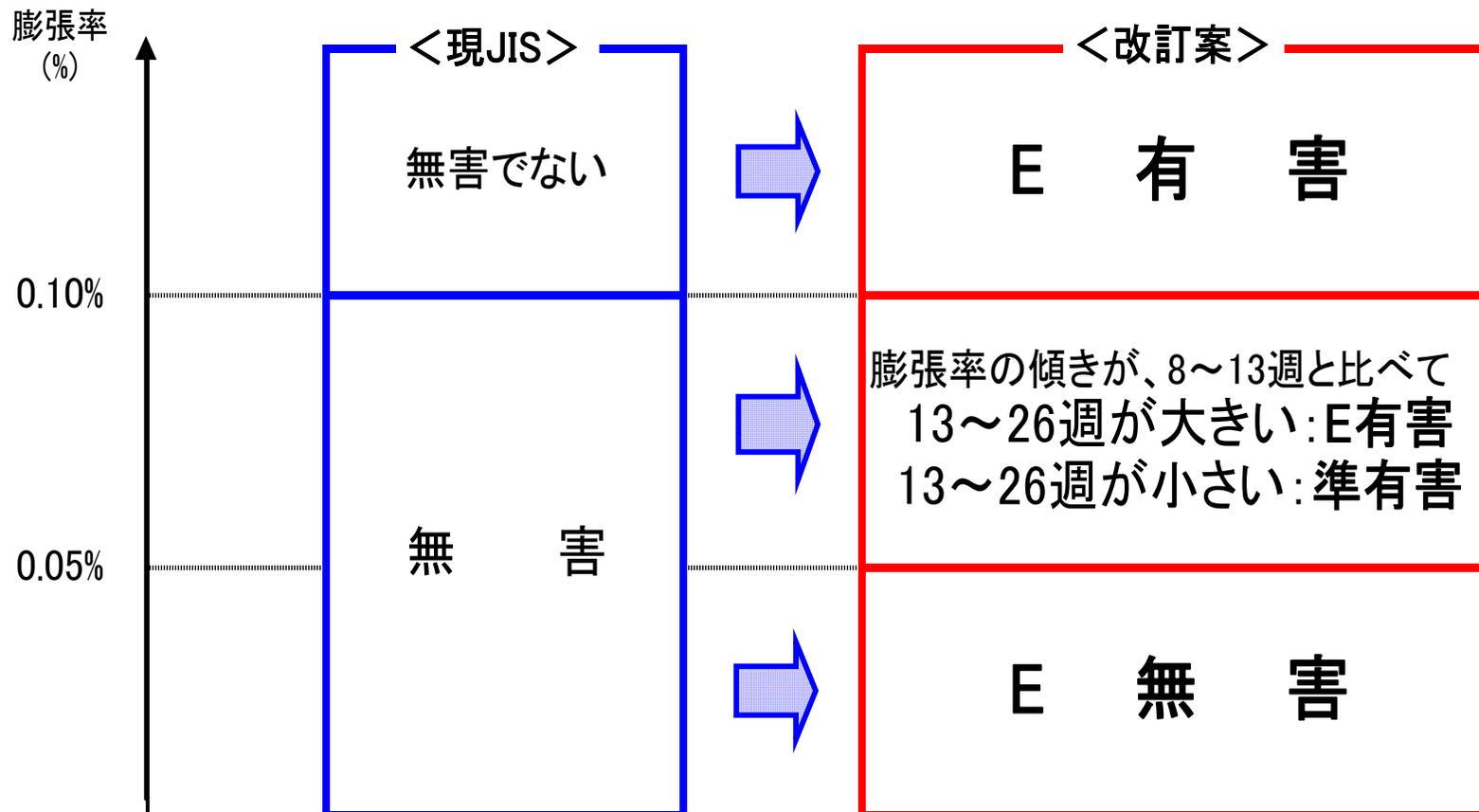


**補修費をどこかで負担しなくてはならない**

# 骨材のアルカリシリカ反応判定区分の変更

## 1. モルタルバー法

現JISとの比較(膨張率の違いによる区分)



# アルカリシリカ反応判定区分と対策の変更

○JR東日本

**骨材の区分により抑制対策の方法を決定**

骨材のアルカリシリカ 反応判定区分	対 策
<b>E有害</b>	<b>混合セメント等による対策</b>
<b>準有害</b>	<b>アルカリ総量を2.2kg/m<sup>3</sup>に規制する対策 もしくは 混合セメント等による対策</b>
<b>E無害</b>	<b>無対策</b>



## 2.3 塩害

- 飛来塩分
- 海砂の塩分は検査方法が確立して解決済み

# 塩害による損傷状況



再変状の状況



PC鋼材の腐食状況

# 電気防食工法

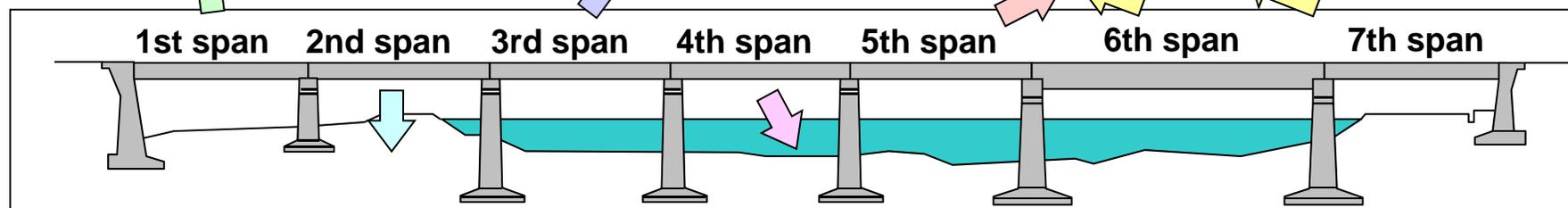
亜鉛シート工法



チタン溶射工法, チタン亜鉛溶射工法



チタンロッド挿入工法

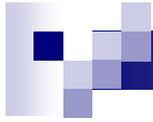


チタングリッド工法



チタンメッシュ工法

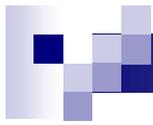




## 2.4 凍害

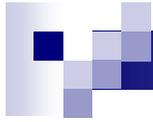
# 凍害の事例：橋脚





## 凍害の事例：張り出しスラブ



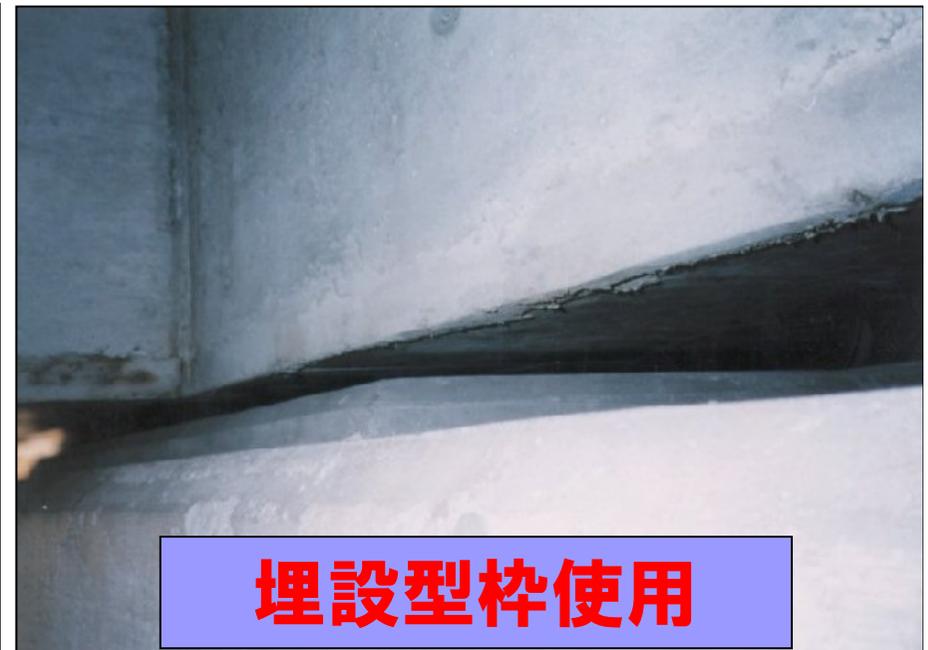
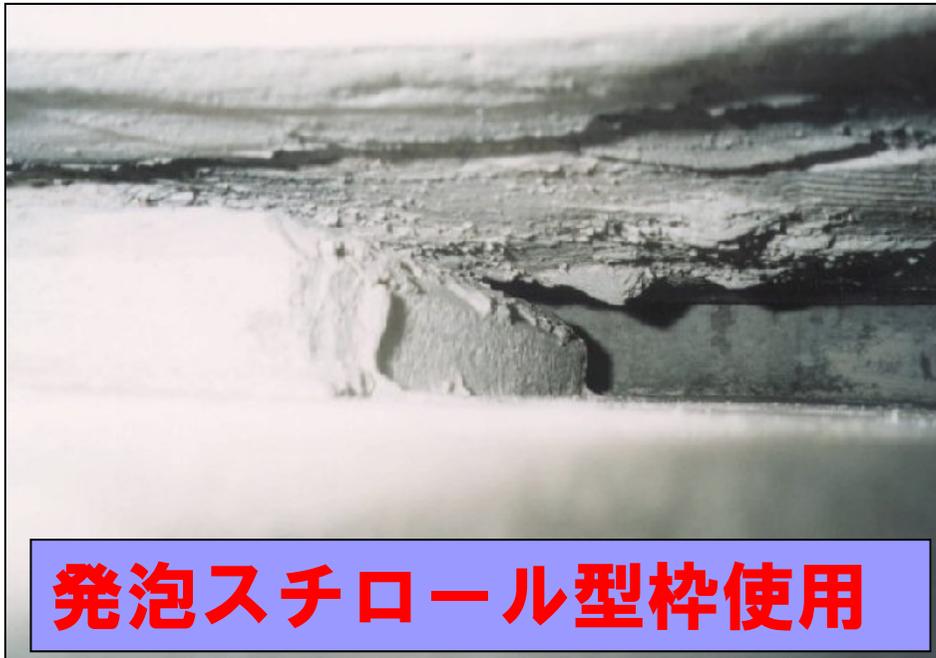


## 2.5 支承部の損傷

# 桁座の変状事例 — ひび割れ、剥離 —



## 新設時の対応 <埋設型枠の使用>



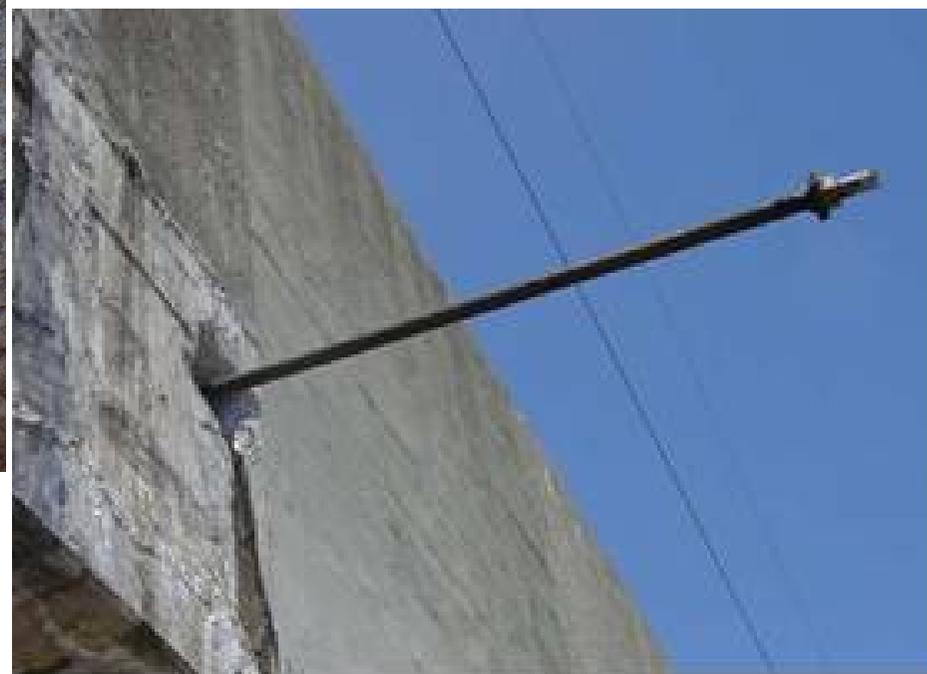
桁座面へのコンクリートの漏れ出しをなくし、ひび割れや剥離を防止できる。



## **2.6 P C鋼棒破断による突出 ( P Cグラウト不良)**

# PC鋼棒破断による損傷事例

主桁下面鉛直締めPC鋼棒突出によるかぶりコンクリート押抜きあと（グラウト充填不十分）



床版（電柱支持梁）横締めPC鋼棒突出状況  
（グラウト未充填）

# PC桁のグラウト不良対策

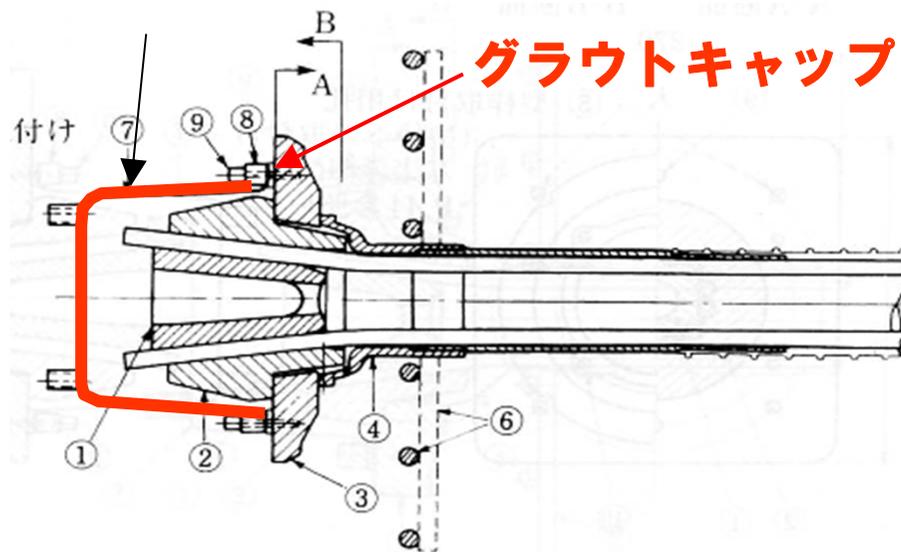
## 新設構造物への対策

### グラウトキャップの使用

JR東日本 土木工事標準仕様書より

『PCより線を束ねたマルチケーブルを使用する場合、PCグラウト注入にあたってはグラウトキャップを使用することとする。』

『グラウト硬化後は、グラウトキャップを取り外し、グラウトされていることを確認すること。』



グラウトキャップ取り外し後の状況

# PC桁のグラウト不良対策

## 新設構造物への対策

### プラスチックシースの適用



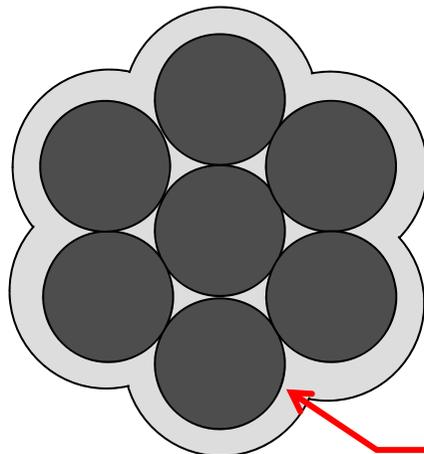
#### 導入の目的

- ・シースによりPC鋼材を絶縁することで、PC鋼材の腐食を防止する

# PC桁のグラウト不良対策

## 新設構造物への対策

### 被覆ケーブルの適用



エポキシ樹脂

#### 導入の目的

- ・被覆（塗装）PC鋼材を用いたうえで、グラウトを充填することにより、二重防錆をはかる。



- ・エポキシ粉体を吹き付けて、静電付着により被覆（塗装）したもの

# PC桁のグラウト不良対策

## 新設構造物への対策

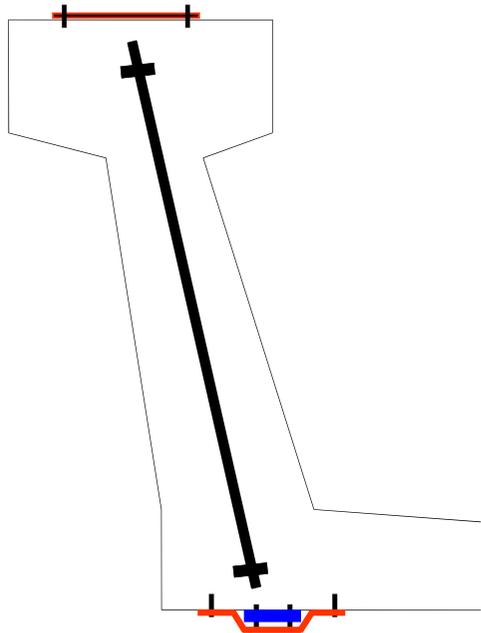
## アフターボンドケーブルの使用



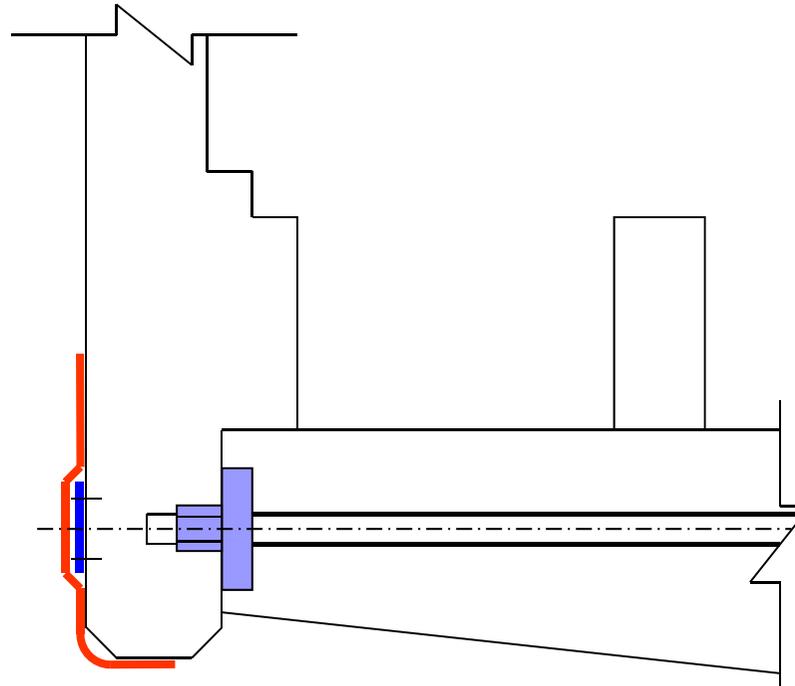
# PC桁のグラウト不良対策

## 既設構造物への対策(PC鋼棒突出対策)

繊維シート

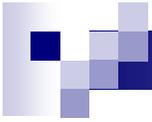


帯鋼板・繊維シート



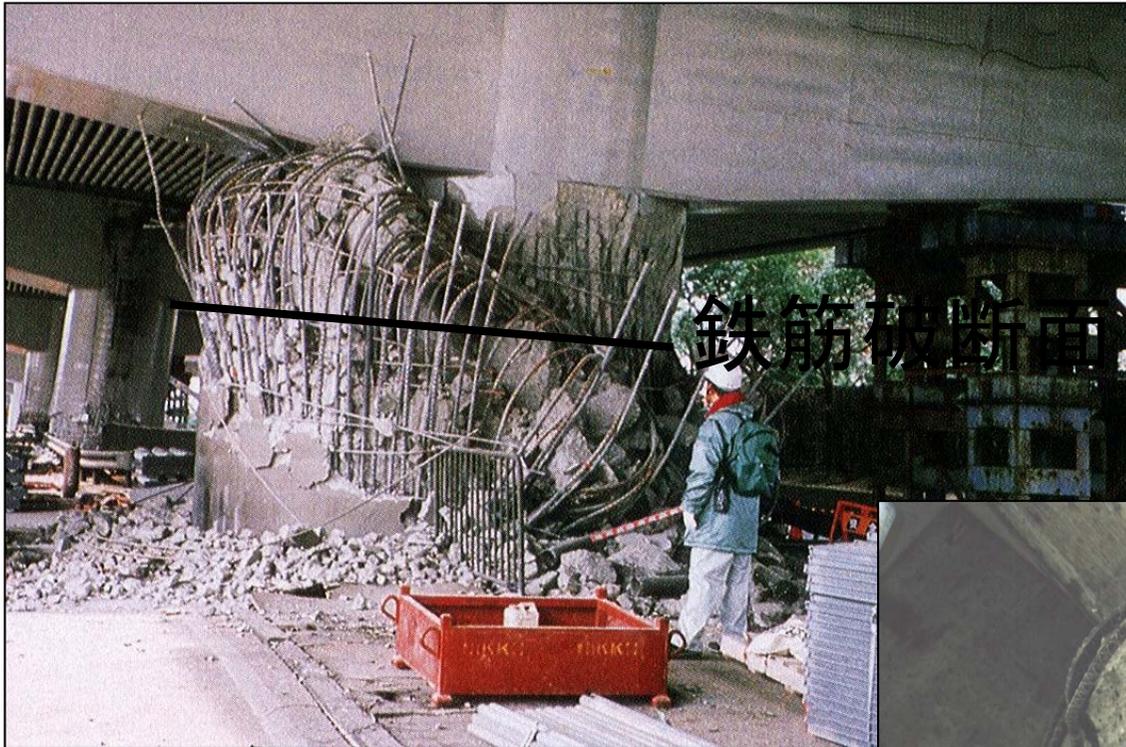
帯鋼板・繊維シート

定着部に鋼板・繊維シートを貼り付け、破断時に変状が確認できるようにする。

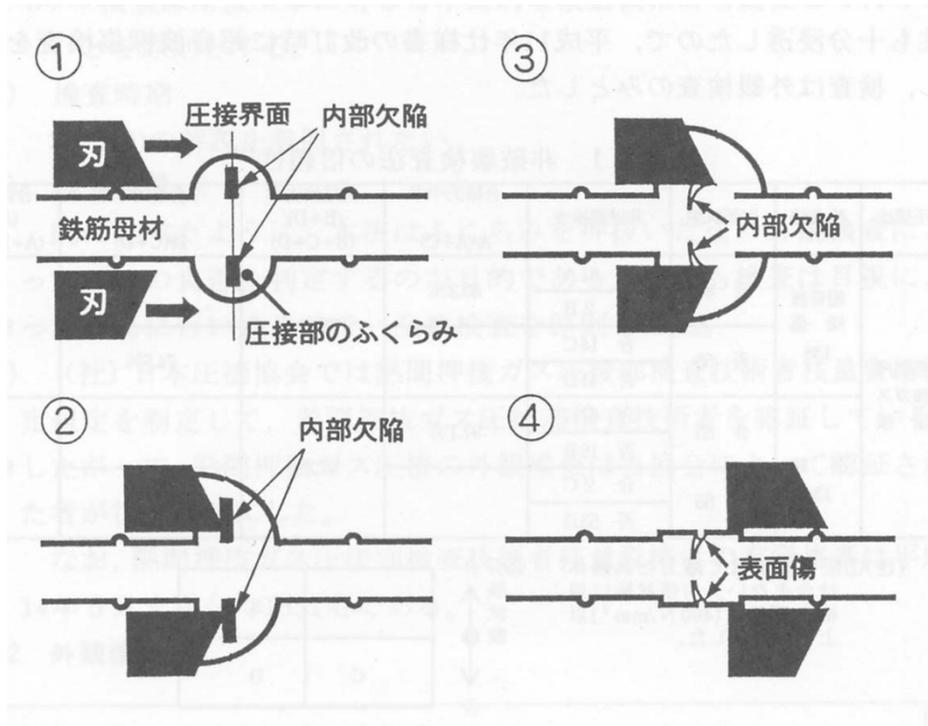


## 2.7 鉄筋圧接

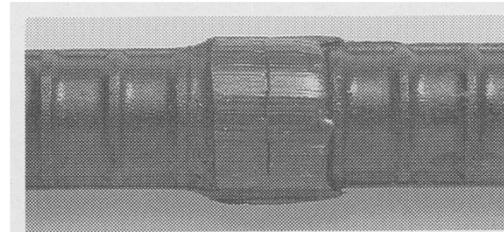
# 圧接部破断



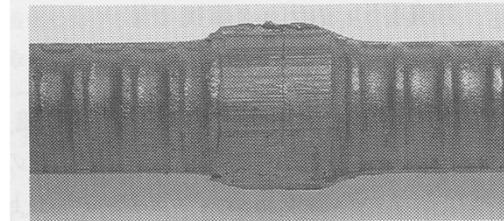
# 全数目視ができる 熱間押抜きガス圧接



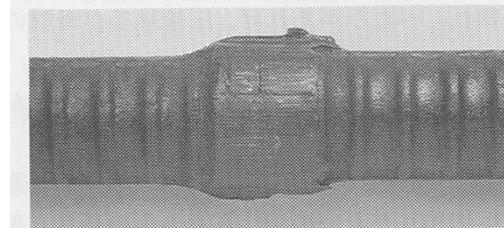
## 熱間押抜きガス圧接による表面傷の発見



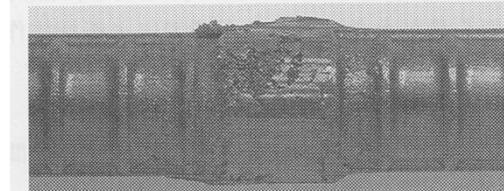
割れ(大)



割れ(小)



へこみ

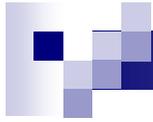


オーバーヒートによる表面不整

# 鉄筋継手の信頼性向上

熱間押しぬきガス圧接工法(全数目視確認)





## 2.8 地震災害と対策

# 地震災害と対策



(阪神淡路大震災)

# 地震災害と対策

## 技術的判断の根拠

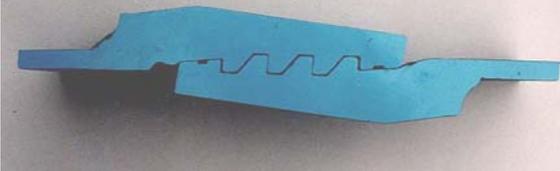
- ①鉄筋が降伏（伸びきってしまうこと）して曲がっても、**850℃程度で熱して真っ直ぐに戻せば、再使用できる。**
- ②コンクリートは、**ひび割れに注入すれば元の状態に戻る。**
- ③重いものは、**ジャッキと、テフロンで容易に動かすことができる。**

# 耐震補強工法の例

鋼板巻き補強工法



一般的な箇所



噛合せ継手による  
施工の省力化

RB (Rib Bar) 工法



- ・狭隘な箇所
- ・人力施工

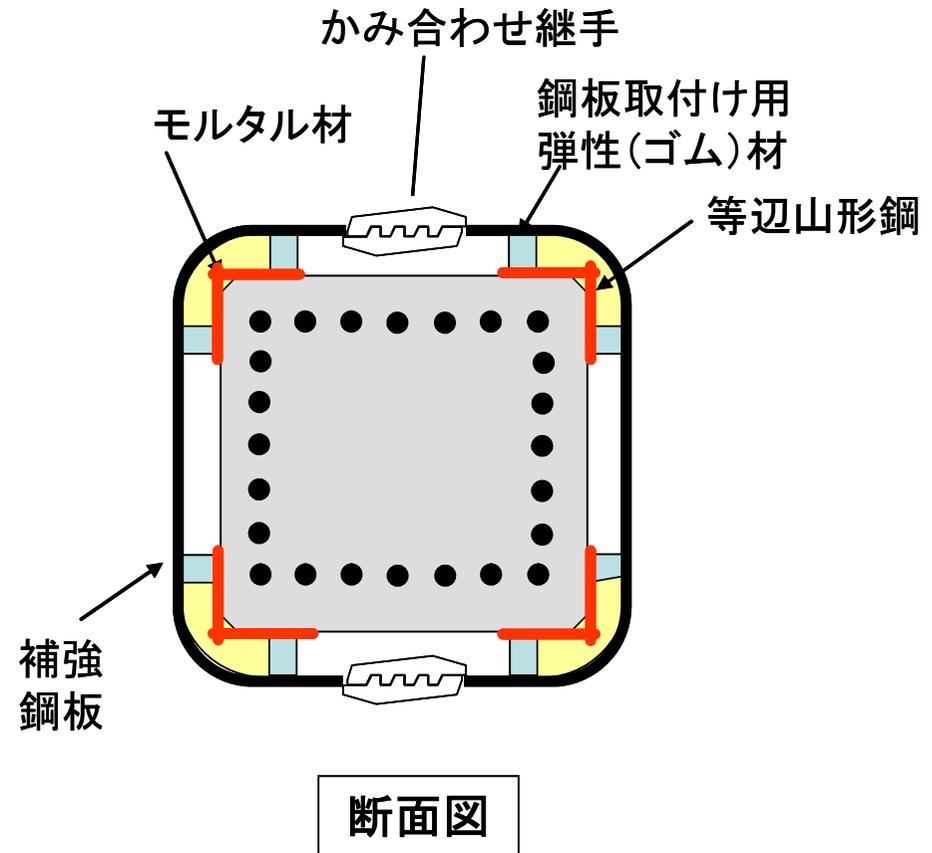
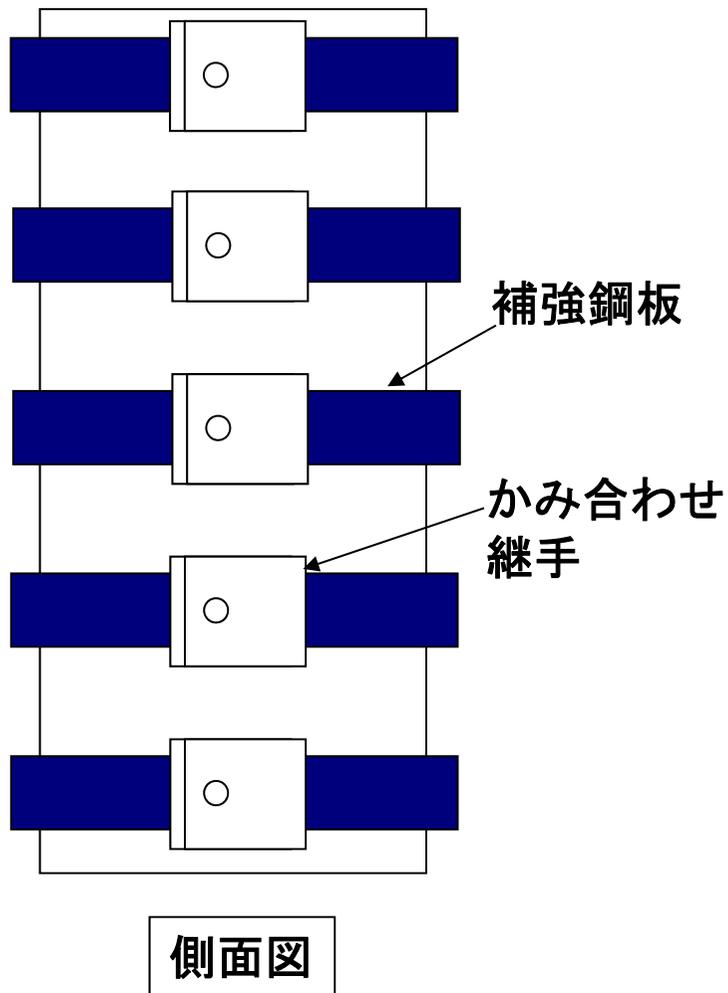
一面耐震補強工法



- ・店舗等が利用  
している箇所

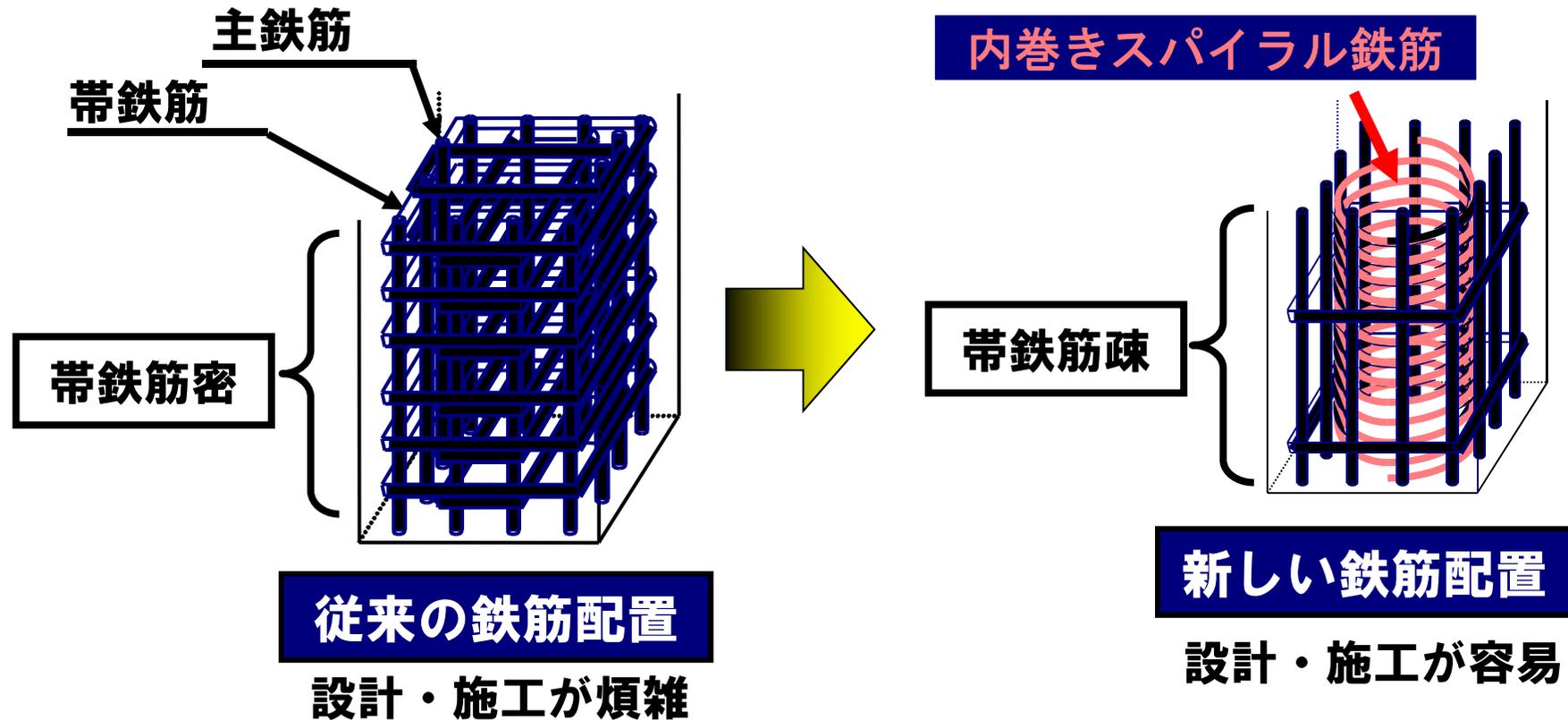
# 耐震補強工法の例

## RP耐震補強工法の概要



柱の外周に鋼板を配置して、コーナー部をモルタル充填し一体化を図る耐震補強工法

# 地震災害と対策（新設構造物）

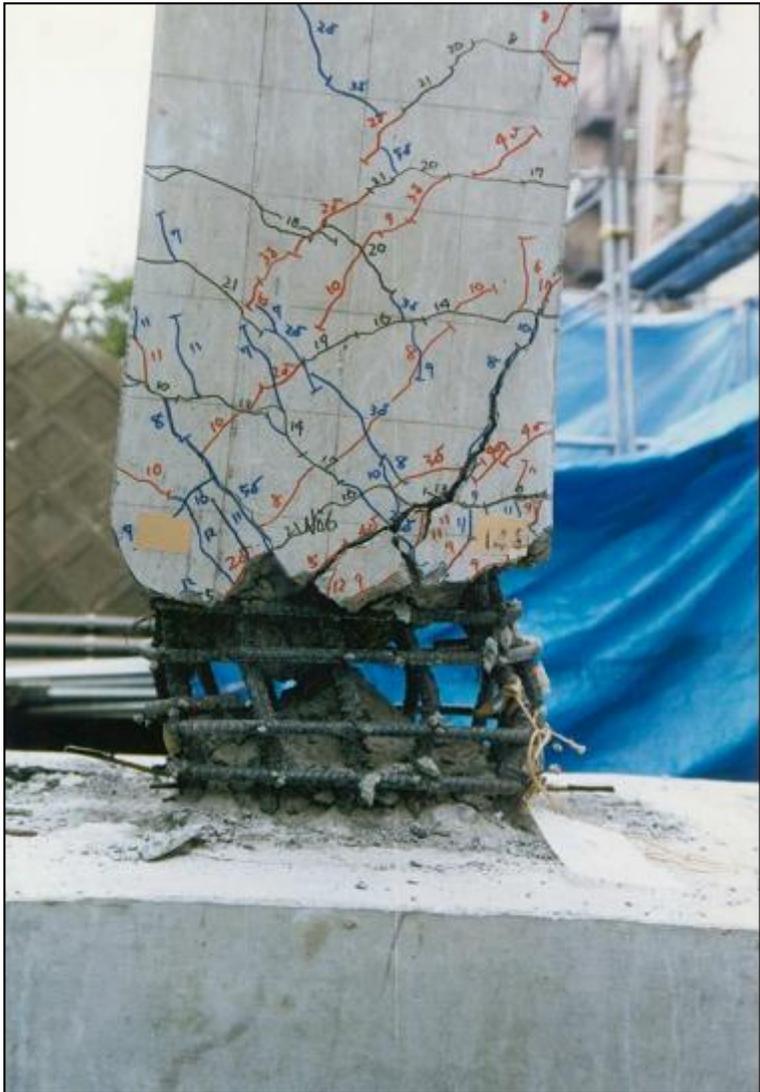


**柱端部および杭頭部に内巻きスパイラル鉄筋を使用**

**部材の耐震性能が現状の2倍以上**

# 損傷状況（交番載荷終了後）の比較

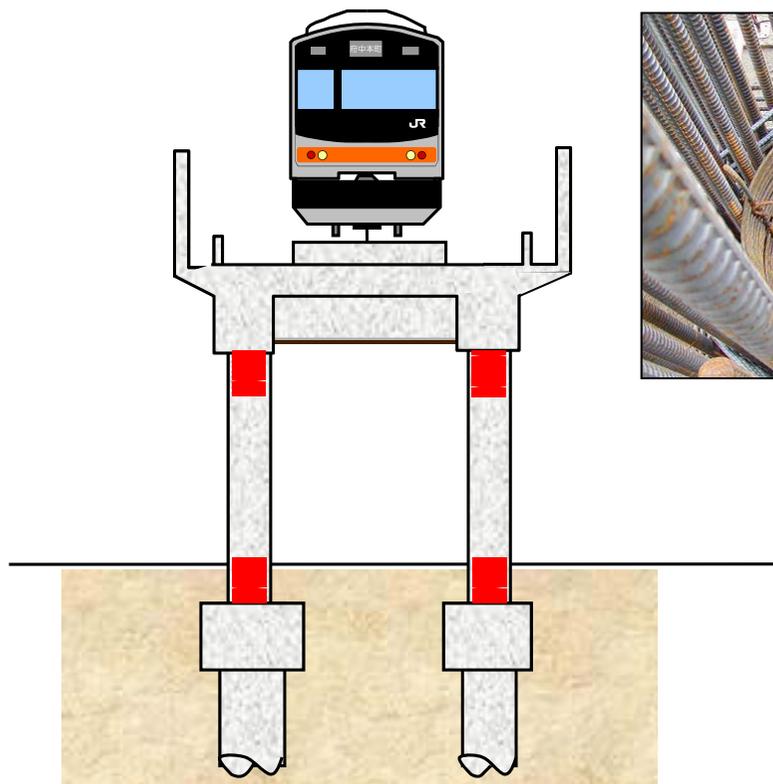
従来の配筋方法



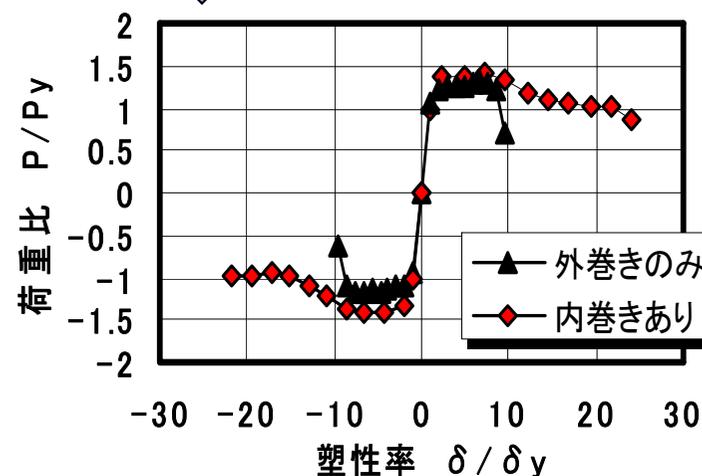
内巻スパイラル鉄筋の配筋方法（20 $\delta_y$ 載荷終了後）



# 内巻スパイラル鉄筋の適用



大変形領域でも  
急激な耐力低下  
を生じない

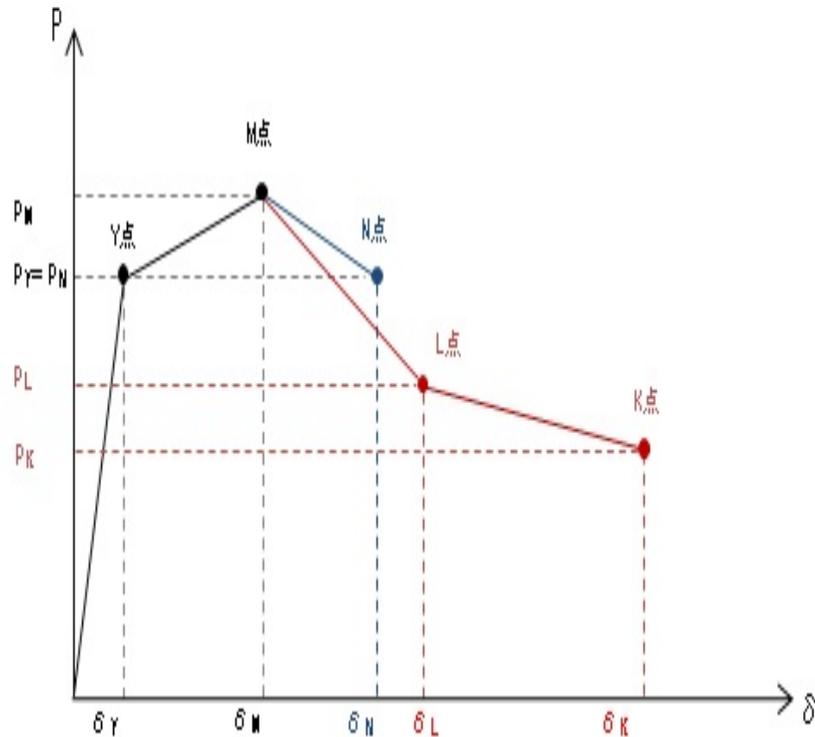


## 適用現場

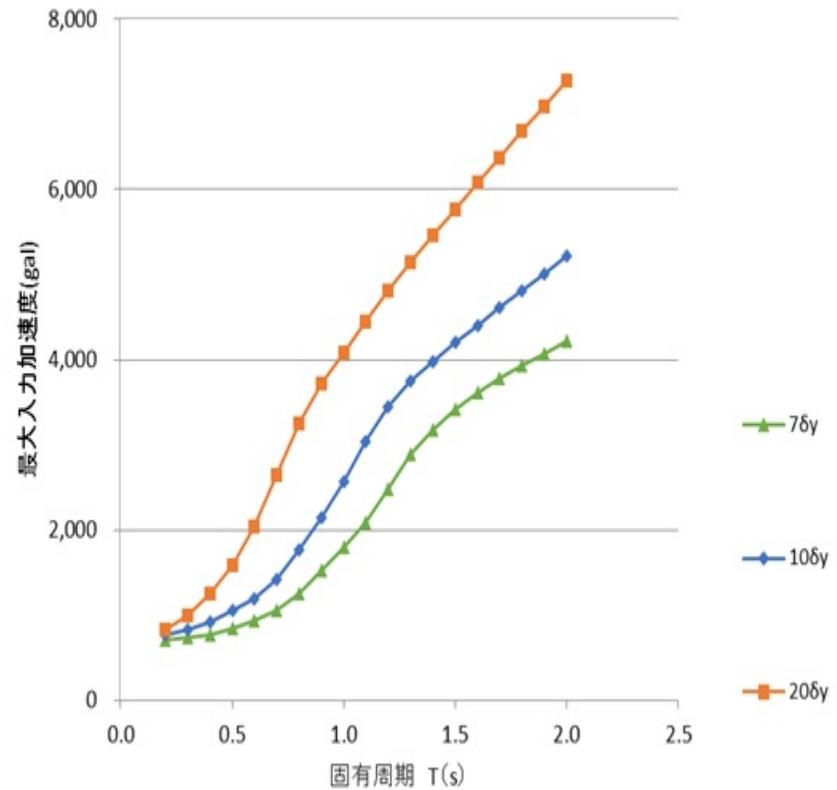
- ・ 東北本線長町駅付近連続立体交差化工事
- ・ 武蔵野線南越谷・吉川間高架化工事 等

コストアップせず高い耐震性能を実現

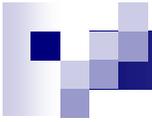
# 内巻スパイラルで耐震性能は大幅に向上



履歴曲線



耐えられる最大入力地震動



## 2. 9 火災被害



# 武蔵野線高架下の火災による構造物被害



### 3. まとめ

## 設計から維持管理までの情報の 連携が長寿命構造物を造る

- 維持管理のトラブル情報より、設計、施工の**技術基準などの速やかな変更が必要**、同じ変状構造物を造り続けさせないことが技術者の役割
- **多くの変状構造物を扱い続けることで、見ただけで、原因、対策ができる**(ほとんどの劣化は、耐荷力の低下のない初期に外観に現れる、自ら教えてくれる)
- 建設の情報を知ると、変状原因が想定できる  
(建設年より施工方法、設計基準がわかるので、**その時代の欠点**がわかる)