

道路・橋梁の老朽化に伴う現状と対策

## 橋梁の維持管理の現状と問題点

平成29年2月6日

埼玉大学レジリエント社会研究センター  
センター長・教授 睦好宏史

注：レジリエンス(Resilience)とは、「回復する力、立ち直る力」あるいは「しなやかで強いこと、強靱」と訳されています。レジリエント社会とは、大きな自然災害等が起こったとしても、被害を最小限に抑え、すぐに復旧して、人々がこれまでと同じ生活が出来るようにする社会です。

### 講演内容

1. 経年劣化による橋梁の損傷例
2. 橋梁の維持管理の現状と問題点、その解決法
3. 長寿命化に向けた研究
4. 橋梁の高耐久性設計

## 講演内容

1. 経年劣化による橋梁の損傷例
2. 橋梁の維持管理の現状と問題点、その解決法
3. 長寿命化に向けた研究
4. 橋梁の高耐久性設計

## Ynys-y-Gwas橋の落橋(1985年)



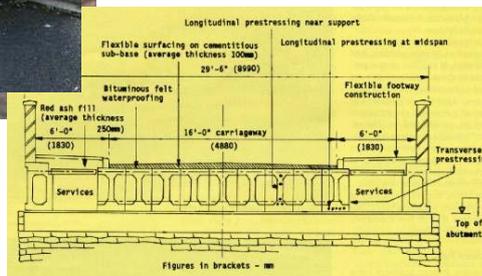
Y-Y-G橋 イギリス 1985年

- ・単純セグメントポストテンション
- ・支間長18.3m、幅員8.9m
- ・1ブロック2.45m、1支間8ブロック
- ・車道部I桁、歩道部箱桁
- ・12Φ5を5ケーブル(1主桁)
- ・フルプレ設計
- ・床板防水工施工の形跡有

- ・1953年建設
- ・1985年12月4日 落橋

英国運輸省の記者発表

- ・PC鋼材腐食←防水不良、グラウト不良  
コンクリート・グラウト中に塩分
- ・ブロック中のPC鋼材は健全



### Gordon Clark来日記念講演資料から

1985

#### CORROSION AT JOINTS BETWEEN PRECAST SEGMENTS – COLLAPSE NEAR MIDSPAN



RAMBOLL



RAMBOLL



Mortar joint between segments – bad corrosion

### Gordon Clark来日記念講演資料から

19

1



Ten  
tie-c

RAMBOLL

6

## Mid-bay Bridge (フロリダ州)



### 損傷原因

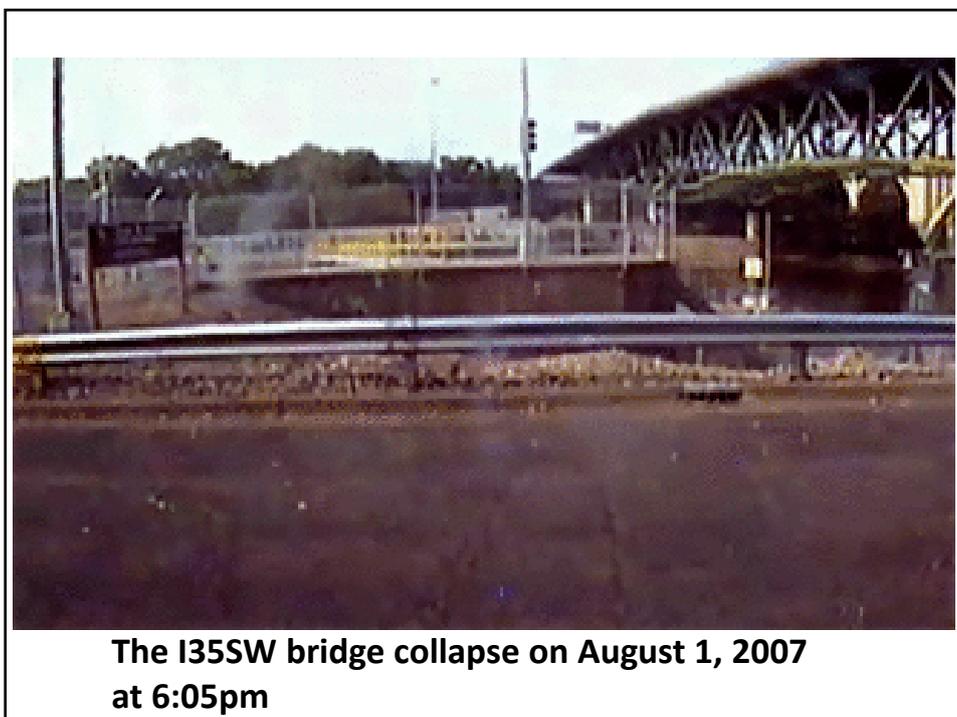
1. 定着部からの水の浸透
2. 低品質なグラウト

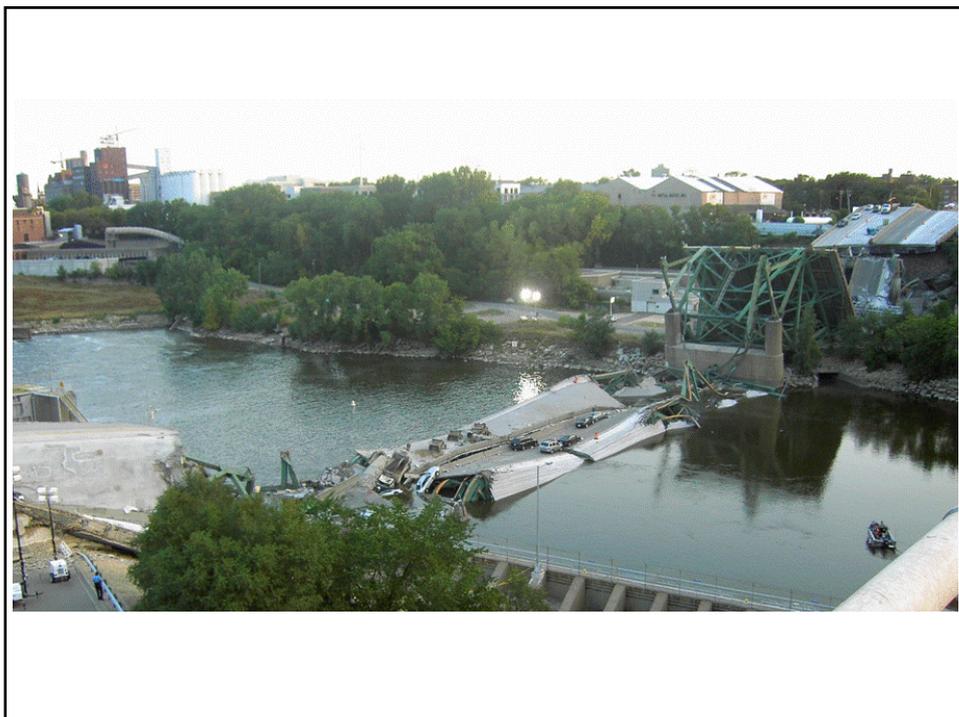
7



- ・1995年完成
- ・自動車レース場と駐車場を結ぶ歩道橋。
- ・プレテンションPC鋼材の破断。

PC歩道橋の落橋(米国ノースキャロライナ:  
2000年)



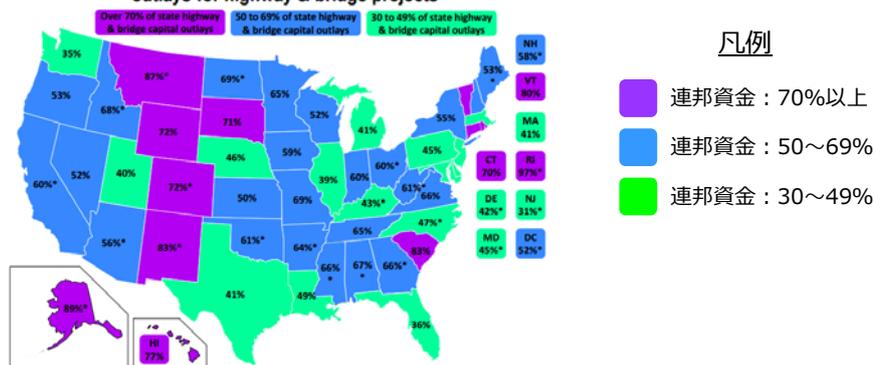


セントアンソニーフォールズ橋(PC箱桁橋:370m)



## アメリカにおける橋梁点検（2年ごとに点検する）

Federal funds, on average, provide 52% of annual State DOT capital outlays for highway & bridge projects



各州交通局の高速道路及び橋梁プロジェクトに対する年間の総事業費の約52%が、連邦政府からの提供による。

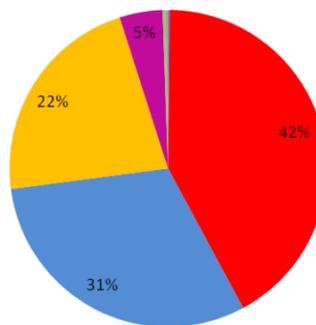
## アメリカにおける橋梁の現況

	資産台帳	構造的に欠陥のある橋梁	欠陥率 (%)
全橋梁数 [a]	611,845	53,077	8.67
[a] の橋面積 (㎡)	369,109,087.7	24,766,426.53	6.71
セグメント工法によるPC橋 [b]	343	3	0.87
[b] の橋面積 (㎡)	3,599,521.78	102,081.56	2.84
セグメント工法PC橋の数量比率 (%)	0.056		
セグメント工法PC橋の橋面積比率 (%)	0.98		

## アメリカにおける概観

米国の高速道路橋の主径間で使用される材料の分布

- その他
- コンクリート
- 鋼
- プレストレストコンクリート
- 木材
- レンガ等の組積
- アルミニウム・錬鉄・鋳鉄



## 日本の橋梁の現状

朝日新聞 2009年11月4日

**崩落寸前の橋 121基**  
 国土省集計 寿命前に劣化

- ・15万橋ストック ⇒ 更新事実上不可能
- ・年1千橋架替え ⇒ 150年必要
- ・通行不能2.8% 通行制限2.7%
- ・(道路法47条)市町村道だけでは9%

## PC橋の落橋事例



新菅橋（長野県木祖村 村道）  
単純ポステンPca箱桁、橋長26m  
完成 1965年/落橋 1989年  
亜鉛メッキ鋼線使用

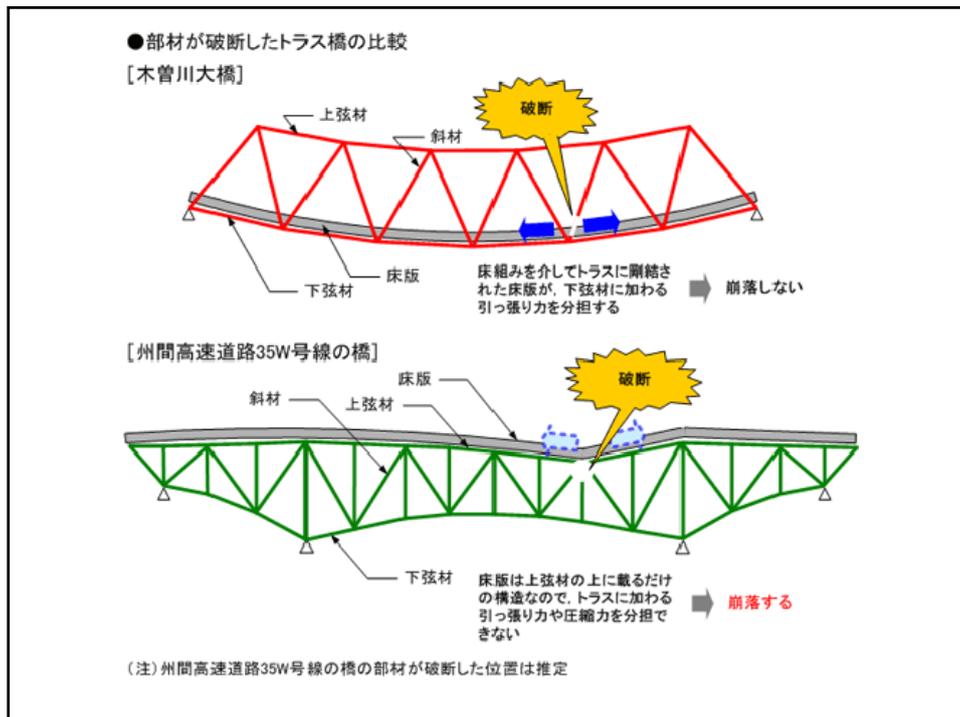


島田橋（岐阜県福田町 町道）  
斜張橋（有ヒンジ）、橋長 38.7m  
完成 1963年/落橋 1990年  
グラウト品質不足

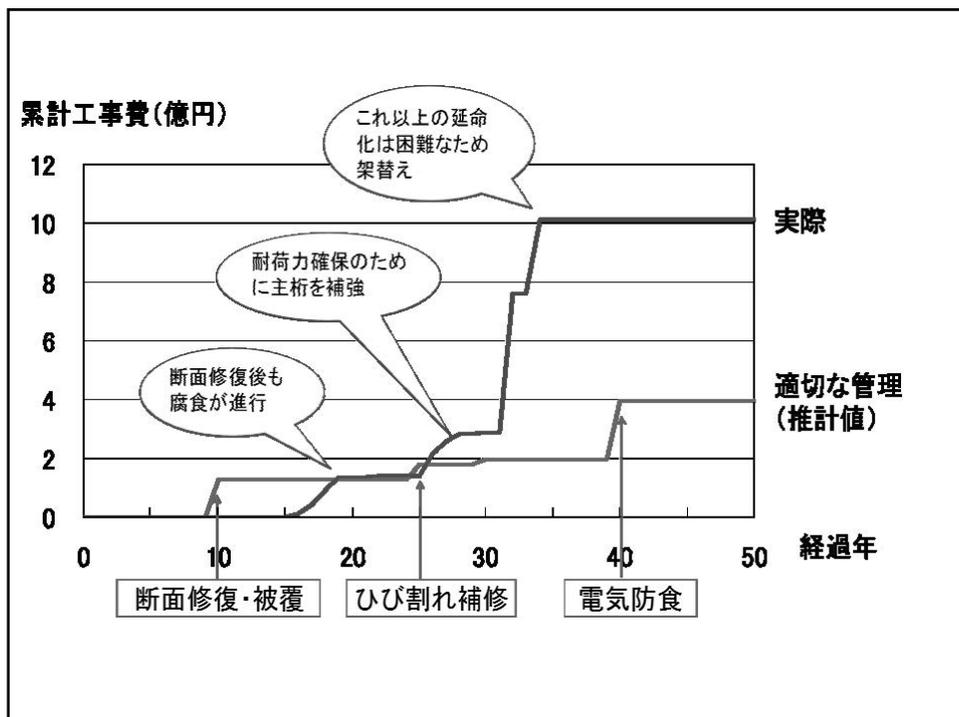


長さ:858.46 m  
最大支間長:70.63 m  
幅:11.8 m  
形式:12連単純平行  
弦下路ワーレントラス橋  
建設年:1963年

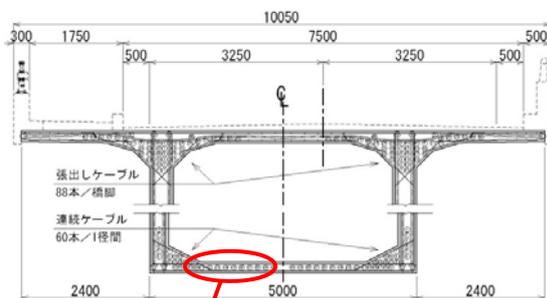
木曾川大橋(国道23号線)



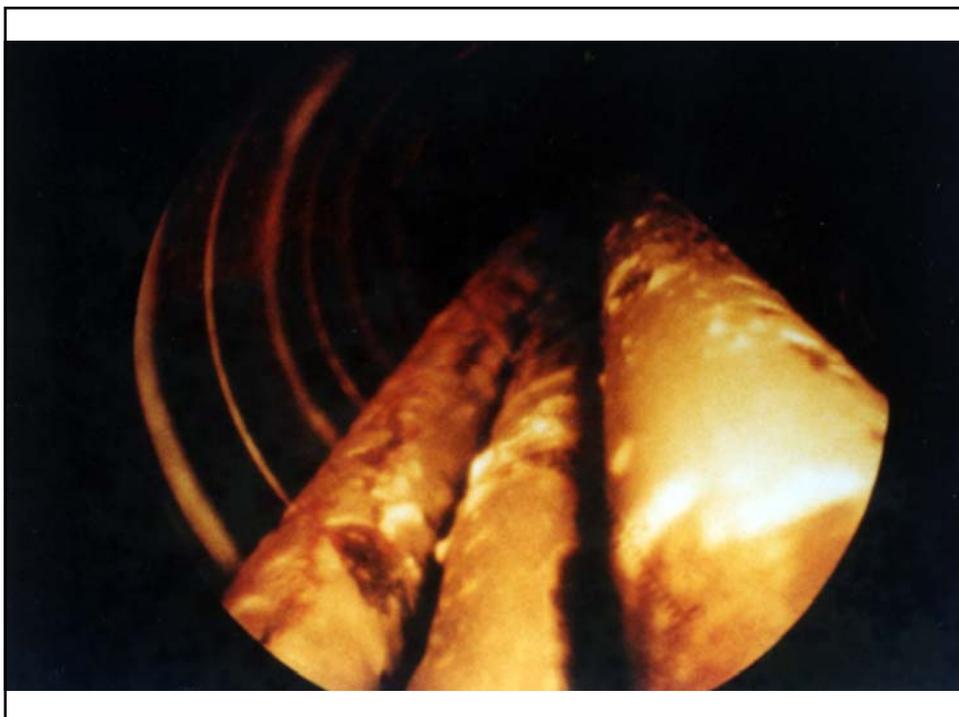


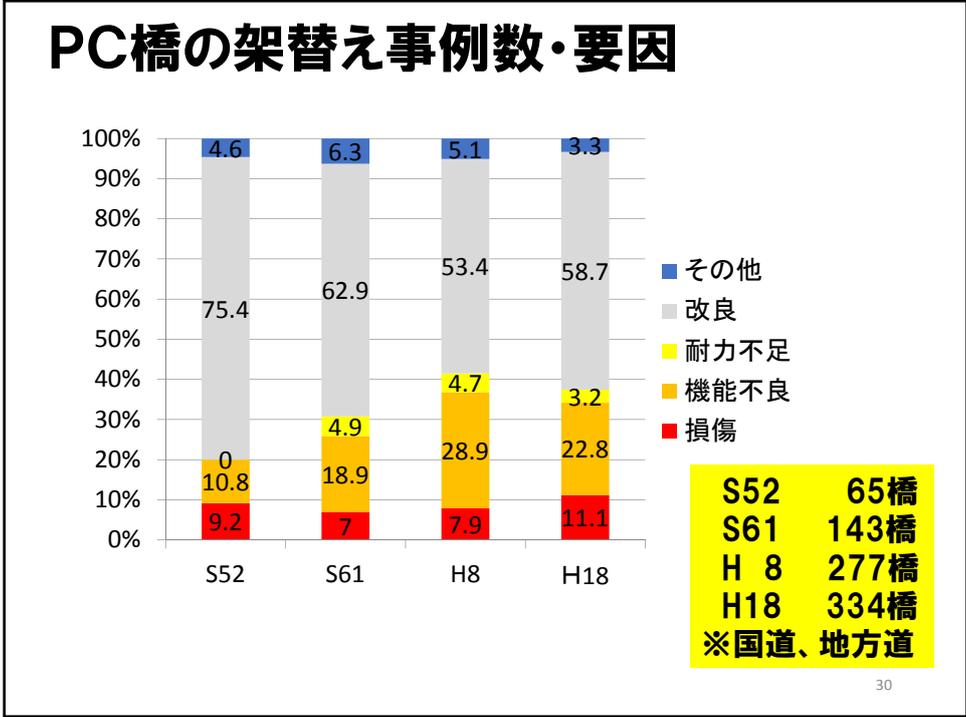
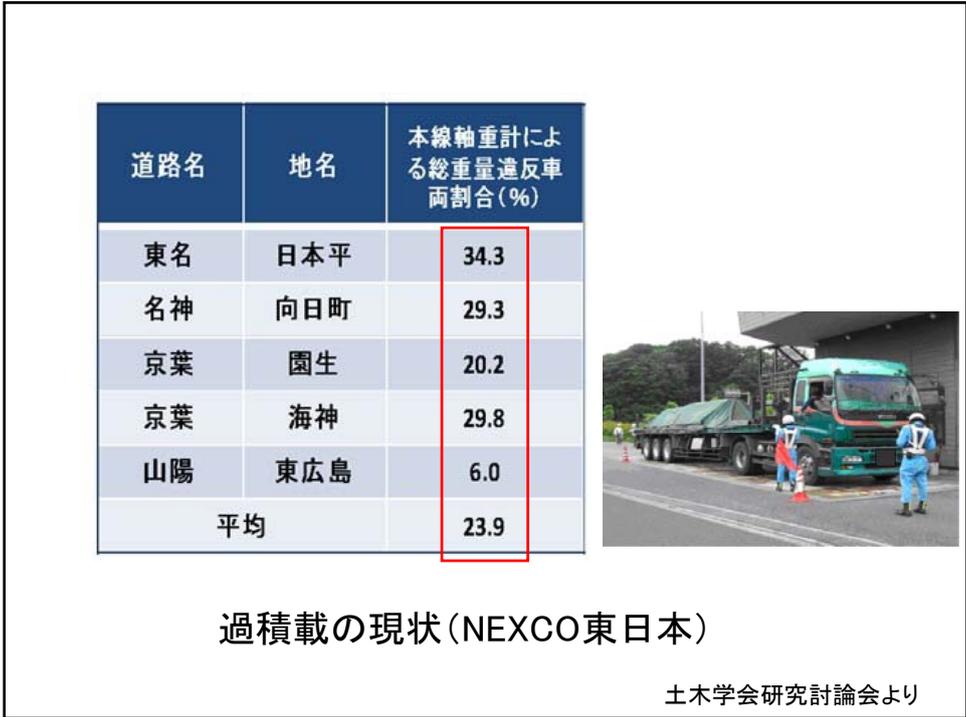


### PC鋼材の破断が発見される



現場打ちコンクリート部







## 高速道路での損傷①(昭和61年完成橋梁)



33

## 高速道路での損傷②(昭和56年完成橋梁)

中央道  
 構造形式:3径間連続PC合成桁橋  
 供用開始:1981年(昭和56年)  
 損傷発見:2009年(平成21年)  
 床版の剥落防止対策工事時に床版PCケーブルの腐食・破断確認  
 詳細調査により、床版連結ケーブル11/50本でグラウト充填不良を確認



34

## 高速道路での損傷④(昭和44年完成橋梁)



### 近畿道

- ・昭和44年11月 完成
- ・昭和45年3月 供用
- ・PC単純プレテンT桁橋
- ・PC鋼棒Φ24
- ★平成6年4月22日 PC鋼棒突出
- 緊急調査でB橋も突出

### 原因

- ・PC鋼棒腐食
- 破断部ではΦ20mmまで欠損
- ・PCグラウト未注入
- ・跡埋め部にも隙間有

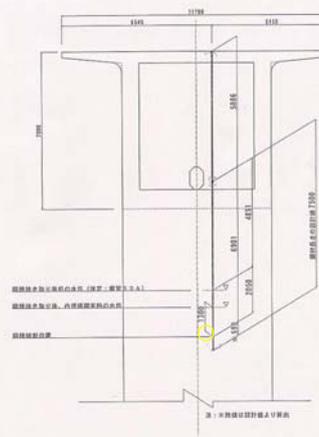
35

## 高速道路での損傷⑤(昭和57年完成橋梁)



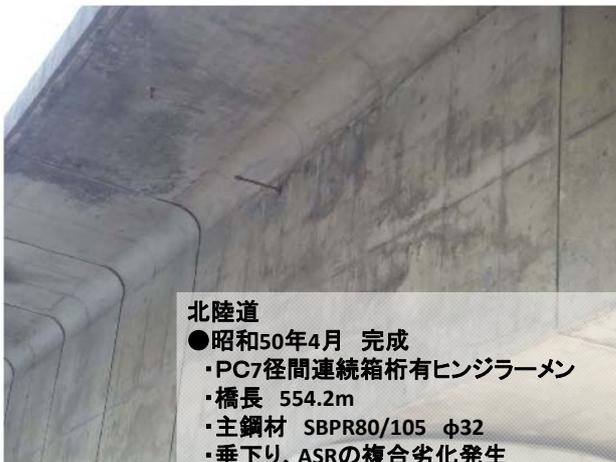
### 北陸道

- 完成:昭和57年
- 突出:平成12年5月22日 (完成後18年)
- 柱頭部せん断鋼棒の突出をパトロール発見
- 形式:PC3径間連続ラーメン箱桁



36

## 高速道路での損傷⑥(昭和50年完成橋梁)



### 北陸道

- 昭和50年4月 完成
  - ・PC7径間連続箱桁有ヒンジラーメン
  - ・橋長 554.2m
  - ・主鋼材 SBPR80/105 φ32
  - ・垂下り、ASRの複合劣化発生
- 平成13年 補修・補強工事
  - ・外ケーブル補強、橋面防水、連続化
- 平成24年8月 PC鋼棒突出
  - ・平成13年の工事中に鋼棒を損傷

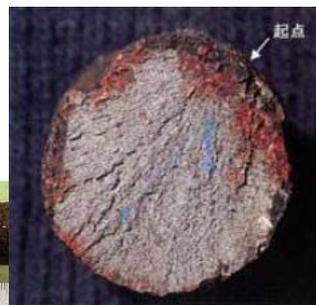
37

## 国道T桁橋での損傷

### 国道BP

- ① 単純プレテンT桁@4連/1974年(S49)完成  
平成19年 横締め鋼棒破断
- ② 3径間連結プレテンT桁/1974年(S49)完成  
平成20年 横締め鋼棒破断

### ■間詰部からの漏水・グラウト不充填



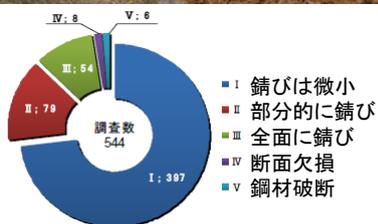
38

## 公社有料道路橋での損傷



昭和49年 供用開始  
単純24連ポステンT桁+3径間連続箱桁

- ・平成21年 主桁補強工事(大型車対応)  
(PC鋼材の劣化&グラウト不充填発見)
- ・平成22年 緊急補強工事(9.2億円)  
(外ケーブル等)



39

## 県道ED橋での損傷 (鋼材破断)



完成 : 2000年12月  
形式 : 3径間連続エクストラードストPC箱桁  
橋長 : 177.1m (70.3+71.0+34.4m)  
幅員 : 車道 7.0~8.5m、歩道 2.0~2.5m@2  
破断 : 2011年6月6日11時50分頃、大館市役所職員から秋田県へケーブル破断を連絡。同日20時から通行止め

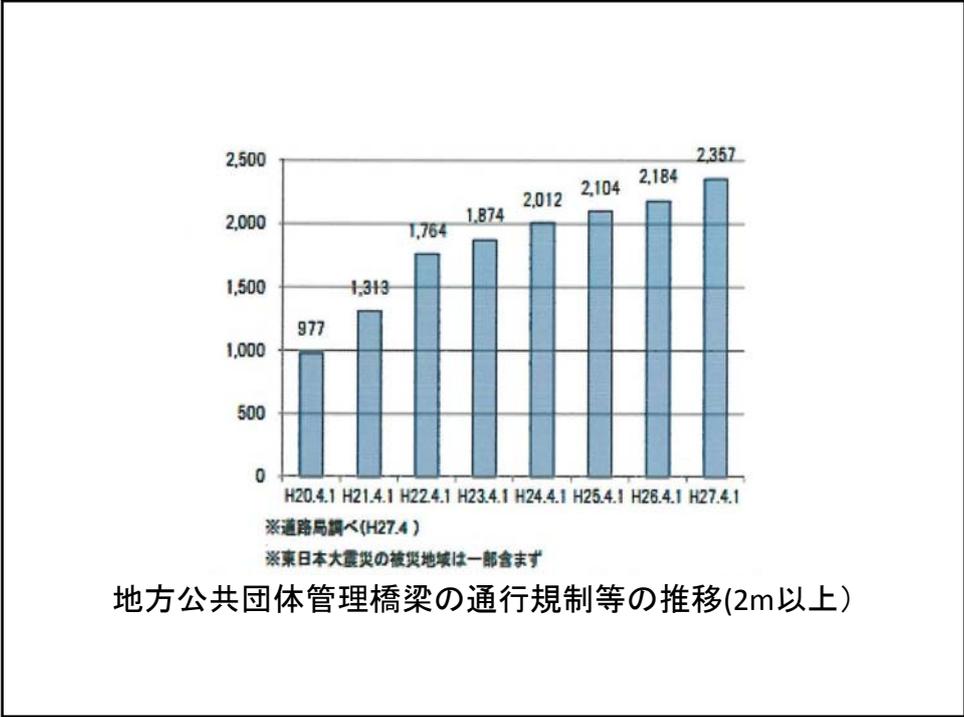
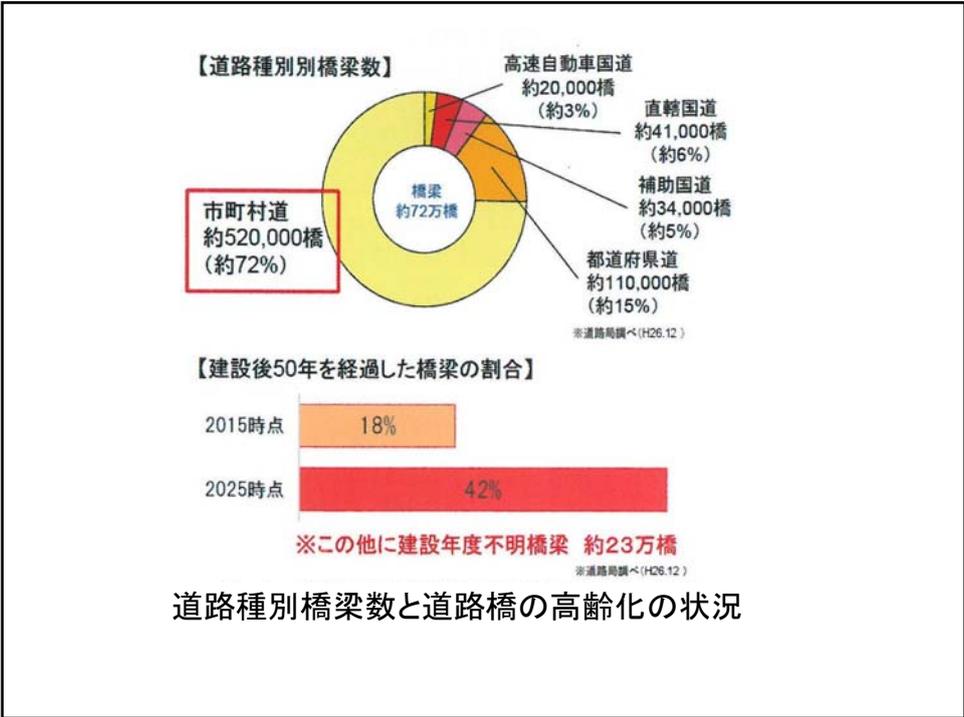
40

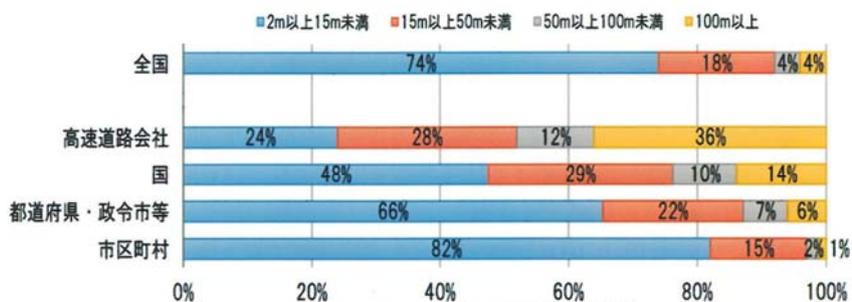
## 鉄道橋での損傷



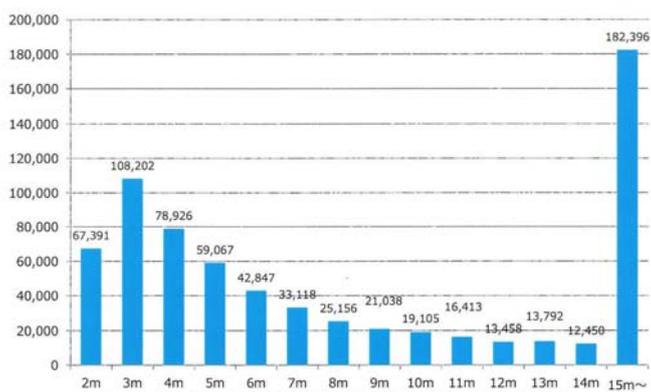
## 講演内容

1. 経年劣化による橋梁の損傷例
2. 橋梁の維持管理の現状と問題点、その解決法
3. 長寿命化に向けた研究
4. 橋梁の高耐久性設計

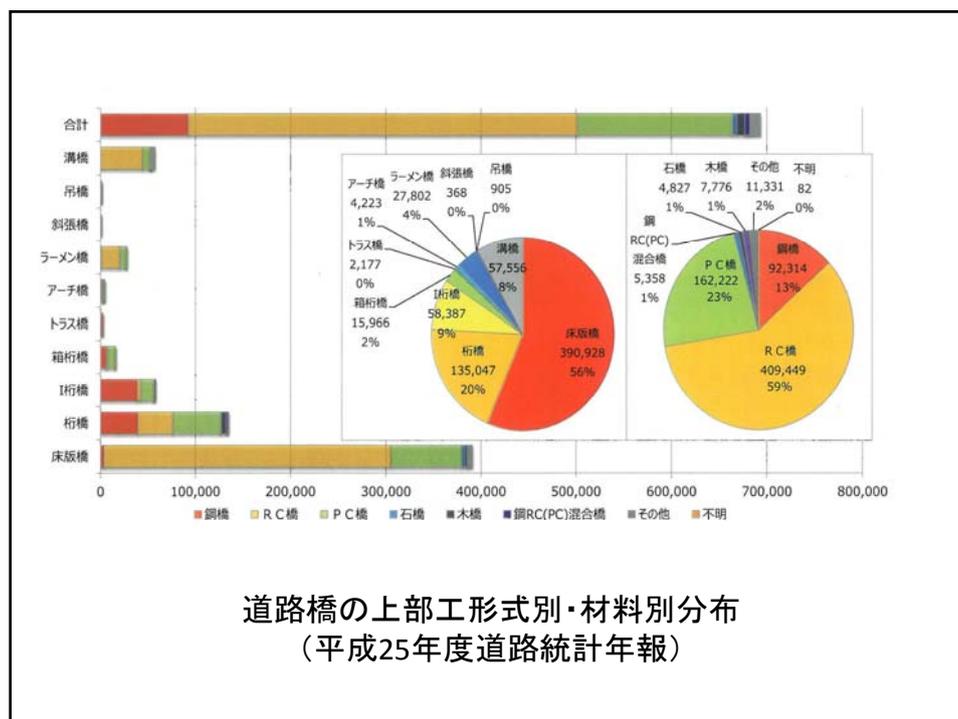




道路橋の管理者別橋長分布(平成25年度道路統計年報)



橋長15m未満の橋梁数(平成25年度道路統計年報)

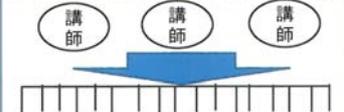


## 地方自治体が抱える問題点

- (1) 財源に余裕が無く、点検、維持補修までは予算が廻らない
- (2) 構造物の点検、診断、補修などに関する専門知識を備えた技術者が不在または不足
- (3) 県内の多数の市町村に対して政策転換の指導を行う人材が不足



### H26.2.7 橋梁点検の共同研究を通じて (実践講座の実態)

従前 (Before)	現在 (After)
	
	
<p>受講生40～50名で 初心者は質問しにくい</p>	<p>受講生10～12名程度で1班4名 マンツーマン指導で何でも聞ける体験型</p>

**橋梁点検研修(実践講座)の状況**

出典: J-BECLレポート

### H26.2.7 橋梁点検の共同研究を通じて (点検・診断・補修)

従前 (Before)	現在 (After)																																																
																																																	
<p>コンサルタントが点検・システムで判定 コンサルまかせで、判定結果無チェック</p>	<p>直営点検 健全度グループ討議</p>																																																
<p>システム健全度表照査により判定の見直しが必要</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>検査項目</th> <th>評価項目</th> <th>検査結果</th> <th>健全度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="10">中心線部</td> <td>ひび割れ</td> <td>1</td> <td rowspan="10">3</td> </tr> <tr> <td>ひび割れ発生</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>ひび割れ進展</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>露筋</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>剥離</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>中性化深度</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>腐食電位</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>塩化物付着</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>コンクリート強度</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>コンクリート中性化</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td rowspan="10">下部工 橋台・橋脚</td> <td>ひび割れ</td> <td>1</td> <td rowspan="10">3</td> </tr> <tr> <td>剥離</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>露筋</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>中性化深度</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>コンクリート強度</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>コンクリート中性化</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>ひび割れ</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>剥離</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>露筋</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>中性化深度</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>システムの判定、長寿命化補修サイクルで補修を実施</p>	検査項目	評価項目	検査結果	健全度	中心線部	ひび割れ	1	3	ひび割れ発生	1	ひび割れ進展	1	露筋	4	剥離	4	中性化深度	2	腐食電位	2	塩化物付着	2	コンクリート強度	3	コンクリート中性化	3	下部工 橋台・橋脚	ひび割れ	1	3	剥離	4	露筋	4	中性化深度	2	コンクリート強度	3	コンクリート中性化	3	ひび割れ	1	剥離	4	露筋	4	中性化深度	2	<p>簡易版点検要領の効果絶大 旧要領では実現できなかった</p> <p>診断結果発表</p> <p>健全度判定会の結果を理解して補修優先度を決めて実施</p> <p>解答、質疑判定のバラツキの解消</p>
検査項目	評価項目	検査結果	健全度																																														
中心線部	ひび割れ	1	3																																														
	ひび割れ発生	1																																															
	ひび割れ進展	1																																															
	露筋	4																																															
	剥離	4																																															
	中性化深度	2																																															
	腐食電位	2																																															
	塩化物付着	2																																															
	コンクリート強度	3																																															
	コンクリート中性化	3																																															
下部工 橋台・橋脚	ひび割れ	1	3																																														
	剥離	4																																															
	露筋	4																																															
	中性化深度	2																																															
	コンクリート強度	3																																															
	コンクリート中性化	3																																															
	ひび割れ	1																																															
	剥離	4																																															
	露筋	4																																															
	中性化深度	2																																															

**職員による橋梁点検の実施状況**

出典: J-BECLレポート

### 東出雲町の場合

人口：約1万人、橋梁数：486橋、建設課の職員数：5名（2名は道路橋点検士）

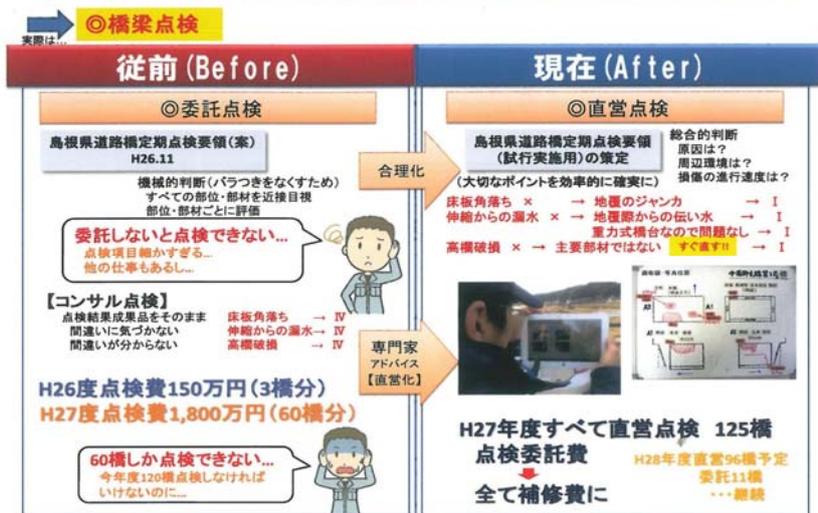


扇橋（橋長8.6m幅員9.3m）



小万丈一号橋（橋長4.1m幅員6.3m）

### 県の橋梁（直営）点検支援を通じて（島根県奥出雲町）



従前の委託点検から直営点検へ

出典：J-BECLレポート

## 山口県の場合

## ■課題①：予算・人員の不足

- ・点検計画を策定しても、予算の内示が見込めない(伸びない)
- ・跨線橋や跨道橋では、1橋あたりの点検費用が膨大
- ・自治体、特に町では専門知識を有する技術職員が不足
- ・脆弱な維持管理体制

## ■対応(案①)

- ・職員点検の実施(段階的な点検)
  - ⇒小規模橋梁、第三者被害の可能性が低い、技術的難易度が低い等の橋梁は職員が点検を行う。
  - ⇒職員点検で損傷を確認した(Ⅲ程度より悪い等)場合に、委託点検(詳細調査)を行う。
- ・起債制度、補助制度の拡充
  - ⇒法定化した(それ以外も)点検を支援する制度。
  - ⇒維持管理時代に則した補修・補強を支援する制度。
- ・新技術の開発・導入、産官学の連携
  - ⇒新技術の開発・導入による点検費用の削減。
- ・組織の強化
  - ⇒本格的なメンテナンスが可能な組織の構築。
  - ⇒維持管理の先進的な外部団体(ANA等)への視察を研修カリキュラムに追加する等の研修制度の充実。



土木学会研究討論会(2015年)より

## ■課題②：情報・技術の不足

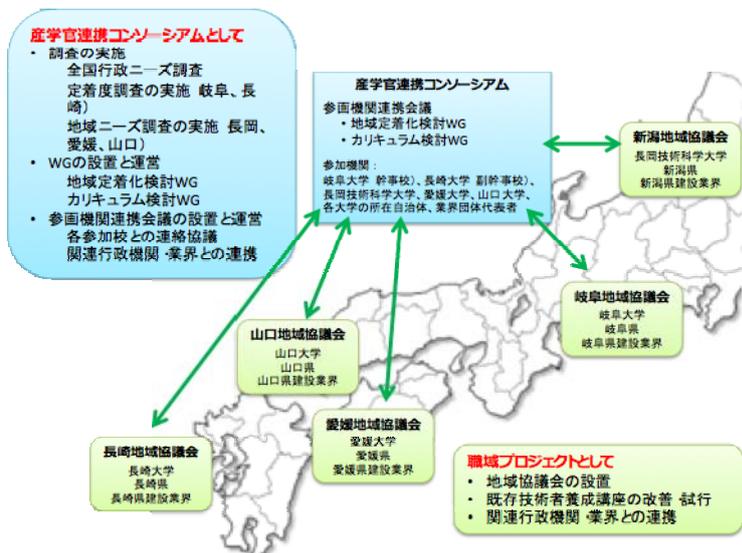
- ・未確認の部位、点検計画の不足
- ・公表すべき情報の選別
- ・特殊橋(斜張橋)等の点検・診断技術の不足
- ・点検、診断の資格制度の不足

## ■対応(案②)

- ・点検の高度化。
  - ⇒未確認の部位等の確実な点検・診断。
  - ⇒継続的な点検による、損傷傾向の把握と点検精度の向上。
  - ⇒添架物件(占用物件)の点検、修繕等の指導、情報共有。
  - ⇒補修・補強部材(外ケーブル、電位測定等)の点検手法の確立、設計への反映。
- ・公表内容の精査
  - ⇒見える化により国民の理解の得る一方で、公表した計画の履行が責務となるため、**確実に対応予算を確保して(or確保出来る見込みのものを)公表する。**
- ・技術資料の充実
  - ⇒特殊橋の点検・診断要領等の策定。
- ・職員点検の資格(研修)制度の創設、OBの活用
  - ⇒職員点検の資格(研修)制度の創設。
  - ⇒経験豊富なOBを活用した点検・診断(技術の伝承)。

土木学会研究討論会(2015年)より

【社会基盤整備分野】「地域ニーズに応えるインフラ再生技術者育成のためのカリキュラム設計」



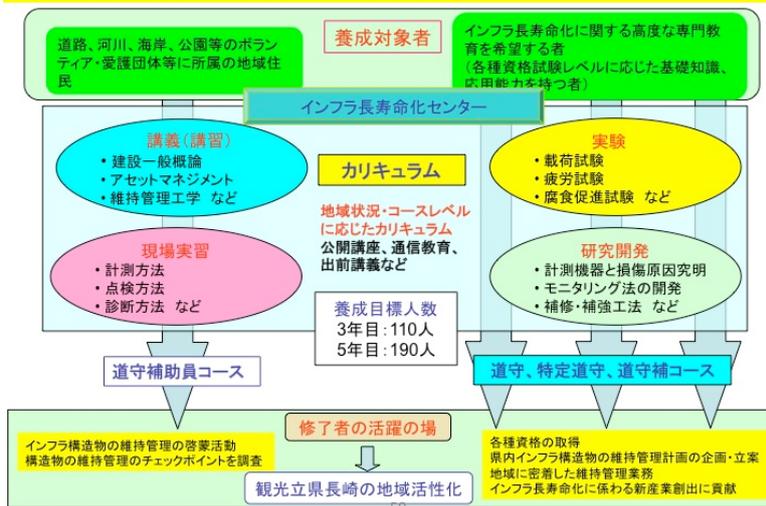
長崎大学  
インフラ長寿命化センター  
道守養成ユニット



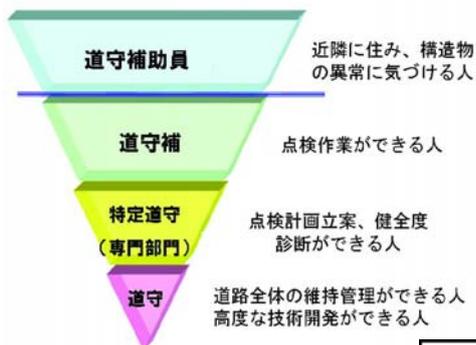
## 長崎大学インフラ長寿命化センター 道守養成ユニット

地域再生人材創出拠点の形成

### 「観光ナガサキを支える“道守”養成ユニット」実施内容



## 長崎大学インフラ長寿命化センター 道守養成ユニット 道守に係わる養成講座



名称	カリキュラム		養成候補者
道守補助員	講義レベル	市民講座 ・講義 ・現場実習	・構造物の近隣住民
道守補	到達レベル	土木施工管理技士 ・講義	・地元自治体OB ・企業OB ・地元自治体職員 ・企業職員
特定道守		診断士 ・現場実習	
道守		技術士 ・研究開発	

## 長崎大学インフラ長寿命化センター 道守養成ユニット 成果・実績

### ●認定後の活動

#### ◆ボランティア活動



愛護団体  
「道守養成ユニット  
長崎地区」  
平成24年6月設立  
活動内容(年4回程度)  
・道路清掃  
・道路点検



長崎市内の歩道を歩きながら、道路の清掃を行い、異常・危険箇所のチェックを行っています。

#### ◆点検活動

##### 橋梁・防災点検(平成24年度～)

###### 【概要】

長崎県職員と県職員OBが合同で実施する橋梁・防災点検に道守認定者が参加し、三者合同で点検を実施しています。

##### 道守認定者の事前勉強会(講師:県職員OB) 点検状況(長崎振興局管内、五島振興局管内の2箇所)

内容・長崎県の点検要領  
・点検シートの記載方法  
・調査の流れなど



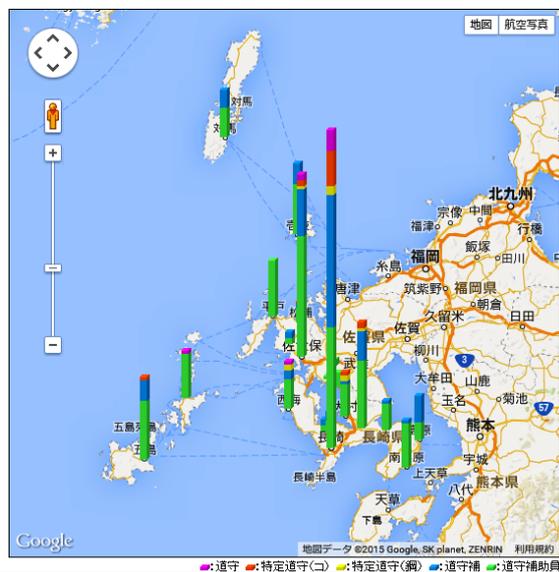
## 長崎大学インフラ長寿命化センター 道守養成ユニット 成果・実績

### ●管轄別認定者数

管轄	道守	特定道守(コ)	特定道守(綱)	道守補	道守補助員	計
長崎	7	12	3	50	47	119
県央	0	3	3	11	34	51
県北	2	2	1	18	51	74
(大瀬戸)	1	0	2	3	10	16
(田平)	0	1	0	1	24	26
島原	0	0	0	11	30	41
五島	0	1	0	7	20	28
(上五島)	1	0	0	0	15	16
杵岐	0	0	0	7	17	24
対馬	0	0	0	6	10	16
県外	1	2	0	4	3	10
計	12	21	9	118	261	421

## 長崎大学インフラ長寿命化センター 道守養成ユニット 成果・実績

### ●養成状況



## 岐阜大学でのME養成について —岐阜県における産官学協働の 維持管理に関する取り組み—

## ME(Maintenance Expert )とは？

- ☑ なぜ必要なのか？ : 継続的人財育成
- ▶ 高度技術による維持管理
- ▶ 機能保全→高機能化→新しい維持管理へ
- ▶ 発注者と受注者が「技術」という共通言語で対話できる
- ▶ 発注者と受注者共通の高度な維持管理技術による維持管理レベルのスパイラルアップ
- ▶ 地域に根付く町医者的な高度維持管理技術者の広域ネットワーク

65

## MEの内訳

国職員	8人
県職員(滋賀県含む)	36人
市町村職員	17人
団体職員	4人
建設会社	59人
コンサル	46人

66

## ME養成講座の内容

- ☑ 80コマ(4週間)の集中講義
- ▶アセットマネジメント基礎科目(座学)
- ▶社会基盤設計実務(演習主体)
- ▶点検・施工・維持管理実習(フィールド実習主体)
- ☑ 発注者/受注者が同じ講義を一緒に受講
- ▶全員が同レベルの技術取得を目指す
- ☑ すべての講義を受講してはじめて、ME認定試験の受験資格を得る

67

## ME養成講座の概要

- ☑ 16コマ=1科目で、以下の全5科目から構成される。
- ▶「橋梁の設計・トンネル」
- ▶「橋梁の維持管理」
- ▶「地盤と斜面」
- ▶「土構造物と舗装・水道・河川構造物」
- ▶「インフラマネジメント」

68

## 講義風景



座学でアセットマネジメントの基礎を学び

パソコンなどを用いた設計演習を行ない

フィールド実習により現場を学び

認定試験に合格すれば

はれてMEとして認定されます

- ☑ 約20人の少数人数で講義を実施
- ☑ 1日4コマ×20日間の集中講義形式

69

## フィールド実習

- ☑ 岐阜県や岐阜国道事務所の協力で、ドリル穿孔なども実施。
- ☑ フィールド実習で損傷の指摘をし、補修が実施されたこともある



70

## 講演内容

1. 経年劣化による橋梁の損傷例
2. 橋梁の維持管理の現状と問題点、その解決法
3. 長寿命化に向けた研究
4. 橋梁の高耐久性設計

### 橋梁の劣化に影響を及ぼす要因

(外的要因)

- 1) 塩害→鋼材腐食
- 2) 疲労→床版の更新
- 3) 凍結融解
- 4) その他(過積載)

(内的要因)

- 1) グラウト(ポステンPC橋)
- 2) 防水・排水
- 3) ASR
- 4) その他(継手、ひび割れ)

(解明すべき点)

- 1) 鋼材が腐食破断した場合の安全性(耐荷性)
- 2) グラウトの未充填に対する対処
- 3) ASRに対する処置
- 4) その他

# PC鋼材が破断したPC桁の 力学的性状に関する研究 (埼玉大学)



## PC鋼材を破断させた梁の力学的性状

インデントPC鋼材  $\phi 7\text{mm} \times 3$ 本配置

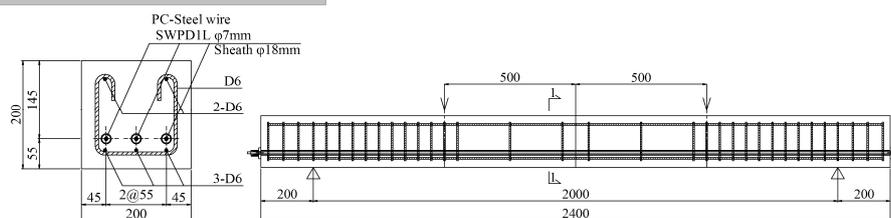


図-3: 実験供試体の概要

表-1: 使用材料および材料強度・導入直後の鋼材応力度

CASE	コンクリート 圧縮強度	グラウト 圧縮強度	鉄筋 (SD345 D6)		PC鋼材 (SWPD1L $\phi 7$ )			プレストレス $\sigma_{pe}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
	$f_c$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	$f_g$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	$\sigma_{sy}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	$E_s$ ( $\text{kN}/\text{mm}^2$ )	$\sigma_{py}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	$\sigma_{pu}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	$A_p$ ( $\text{mm}^2$ )	
CASE-0	54.9	74.4	475	215	1,435	1,653	38.48	758
CASE-1	56.5	91.0						809
CASE-2	56.6	89.8						721
CASE-3	57.4	93.5						782
CASE-4	56.3	94.1						830
CASE-5	57.7	89.1						743



## PC鋼材を破断させた梁の実験概要

➤ PC鋼材の**切断本数**、**切断箇所**、および**載荷方法(1点/2点)**をパラメータとして載荷実験を実施し、鋼材破断による曲げ性状を確認

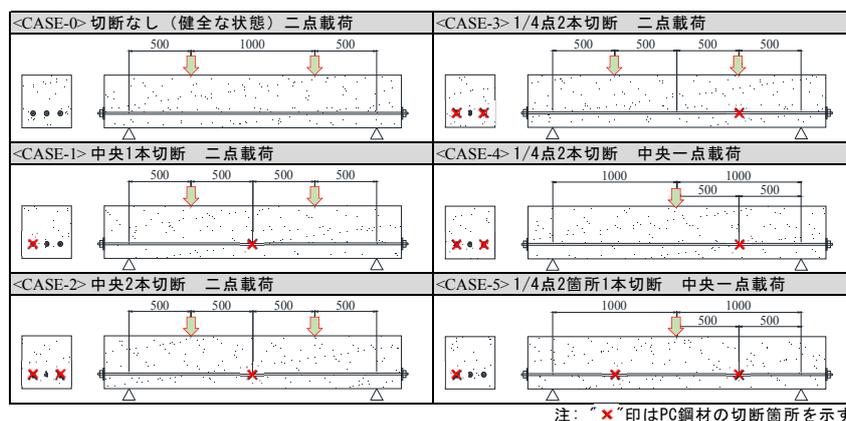


図-4: 実験ケース



## 漏洩磁束法による破断位置の推定

➤ **漏洩磁束法の適用性確認**

漏洩磁束法: 鋼材の破断を検知する非破壊検査手法の1つ。  
コンクリート表面から永久磁石により内部の鋼材を磁化(着磁)し、  
測定した磁束分布波形から鋼材破断部の漏洩磁束の有無を判定する。

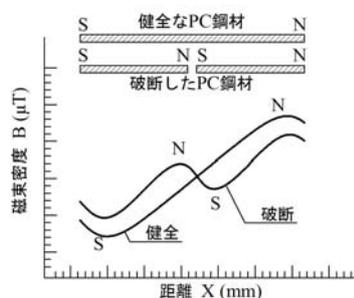
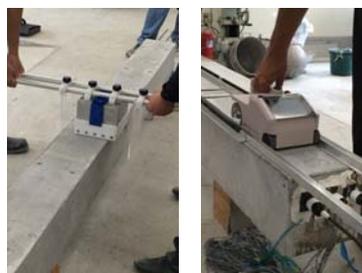


図-8: 漏洩磁束法の測定結果イメージ



着磁の様子 計測の様子

図-9: 漏洩磁束法検査状況



## 漏洩磁束法による破断位置の推定

### ▶ 漏洩磁束法の適用性確認

- PC鋼材を2本切断したケースについては、破断箇所で比較的明瞭なS字曲線を確認することができた。
- 切断前に着磁したCASE3においても、破断箇所を確認できた。

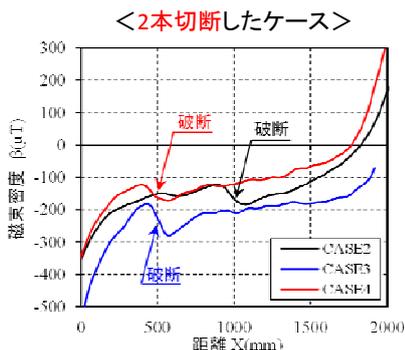


図-10: CASE2,3,4 測定結果

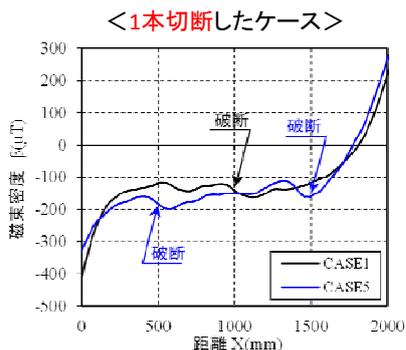


図-11: CASE1,5 測定結果



## PC梁の荷重実験結果

### ▶ 荷重試験結果

- いずれのケースも曲げ圧縮破壊
- 1点荷重と2点荷重が混在するため、支間中央のモーメントに換算し、最大モーメントを比較

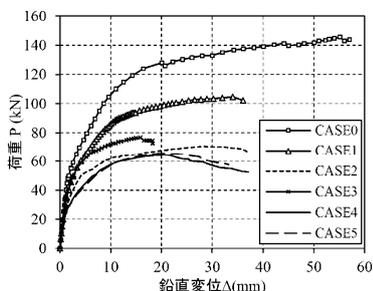


図-13: 荷重～鉛直変位関係

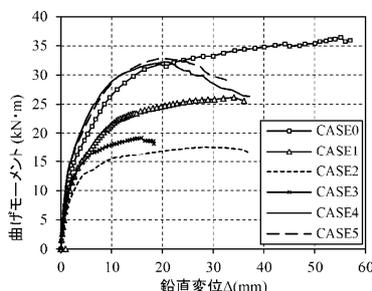


図-14: 支間中央の  
曲げモーメント～鉛直変位関係



## PC梁の荷重実験結果

### ➤ 荷重試験結果(断面計算結果との比較)

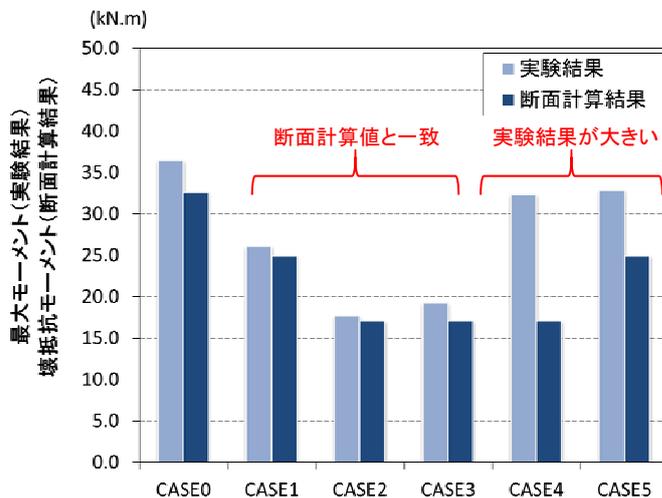


図-15: 最大モーメント(実験結果)と鋼材破断面の抵抗モーメント

## PC梁の荷重実験結果

### ➤ 荷重試験結果

- 鋼材破断箇所と最大モーメントを示す箇所が一致する  
CASE1, CASE2, CASE3は、実験値と破壊抵抗モーメント(計算値)が一致。

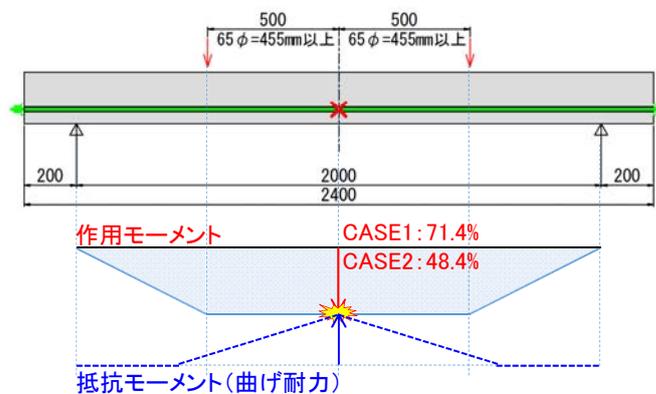


図-16: 鋼材破断を伴う曲げ破壊の概念(CASE1,2)

## PC梁の荷重実験結果

### ひび割れ性状

- CASE1, CASE2, CASE3は、鋼材破断位置において曲げ破壊

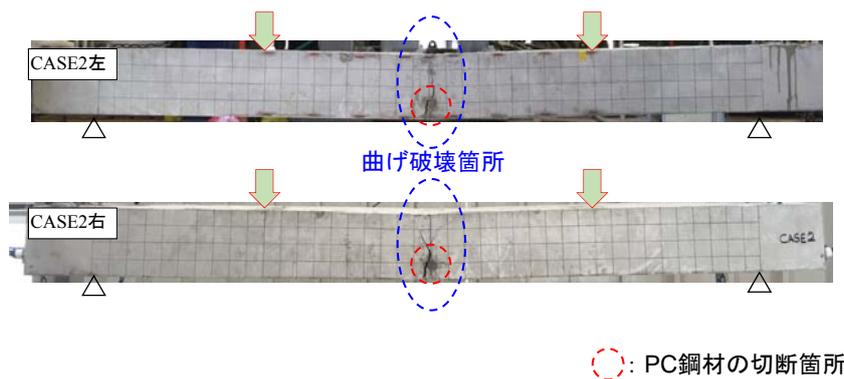


図-20: 荷重実験後の供試体 (CASE2)

## PC梁の荷重実験結果

### 荷重試験結果

- CASE4, 5は、破断箇所が最大モーメントを示す支間中央より離れており、破断面の抵抗モーメントの低下による影響を受け難い。

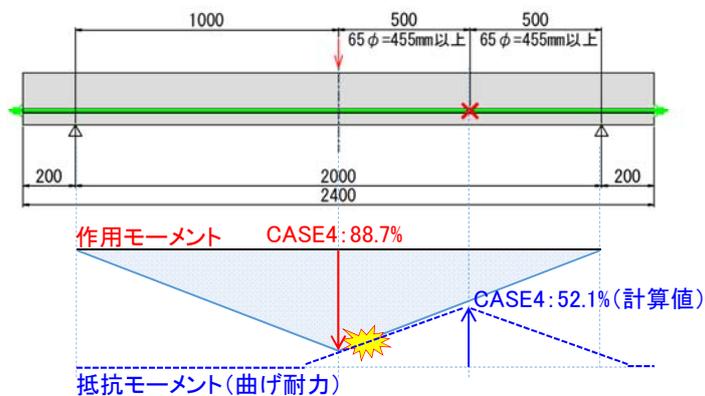


図-18: 鋼材破断を伴う曲げ破壊の概念 (CASE4)

## PC梁の載荷実験結果

### > ひび割れ性状

- CASE4は、支間中央より鋼材破断側に偏って損傷(曲げ破壊)

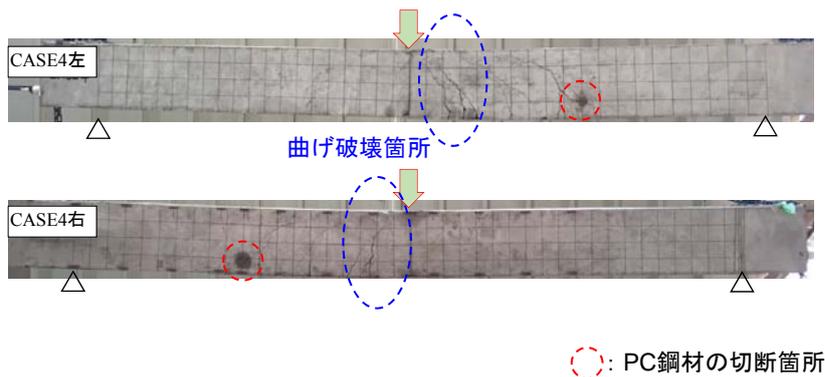


図-21: 載荷実験後の供試体 (CASE4)



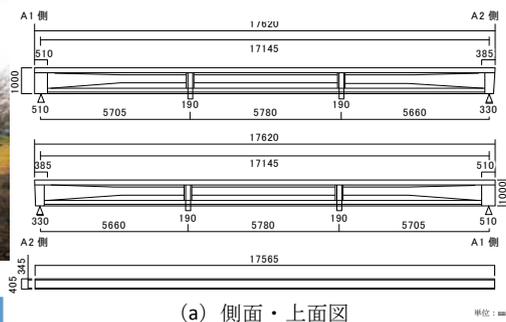
## 実PC桁の実験

(土木学会論文集 E2(材料・コンクリート構造) Vol. 71, No. 3, 2015より)



表 PC桁の主要材料強度など

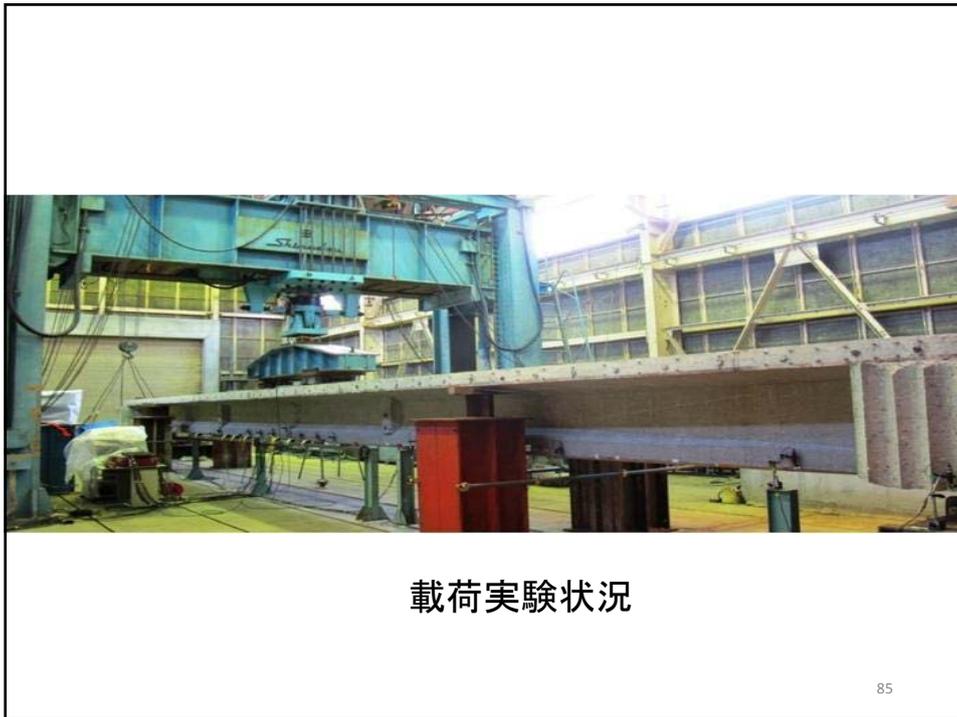
主要材料	規格・設計値等
Co設計 基準強度	400 kgf/cm <sup>2</sup>
鉄筋	D13 SD30
PC 鋼線	12φ7 引張強度 155 kgf/mm <sup>2</sup> 降伏点応力度 135 kgf/mm <sup>2</sup> 伸び 5%以上



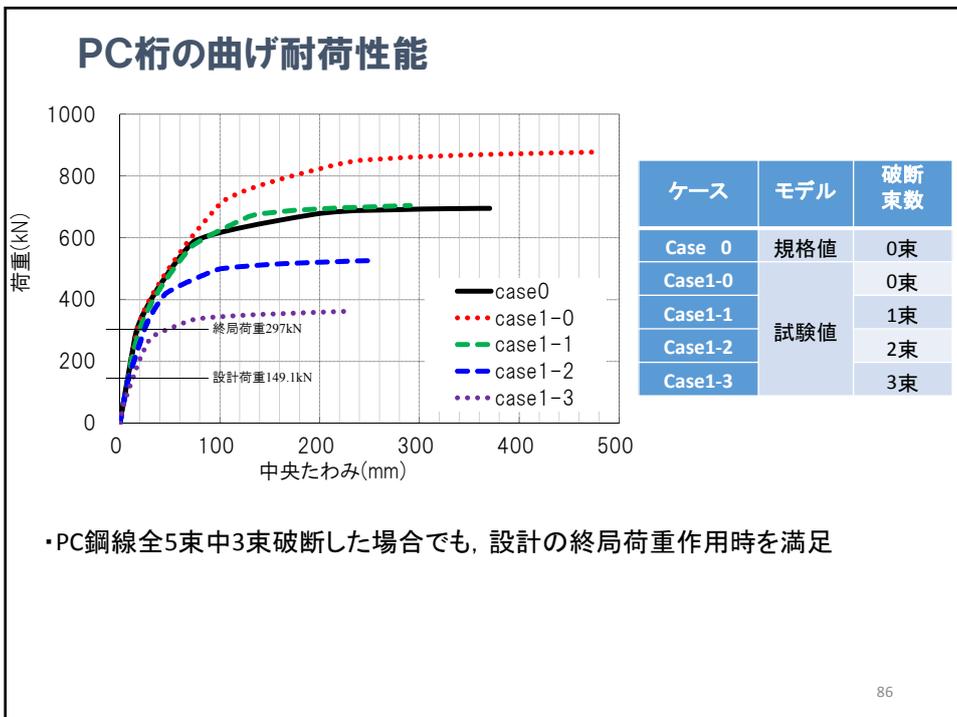
(a) 側面・上面図  
(b) 桁中央断面  
(c) 桁端断面

図 PC桁の構造一般図

84



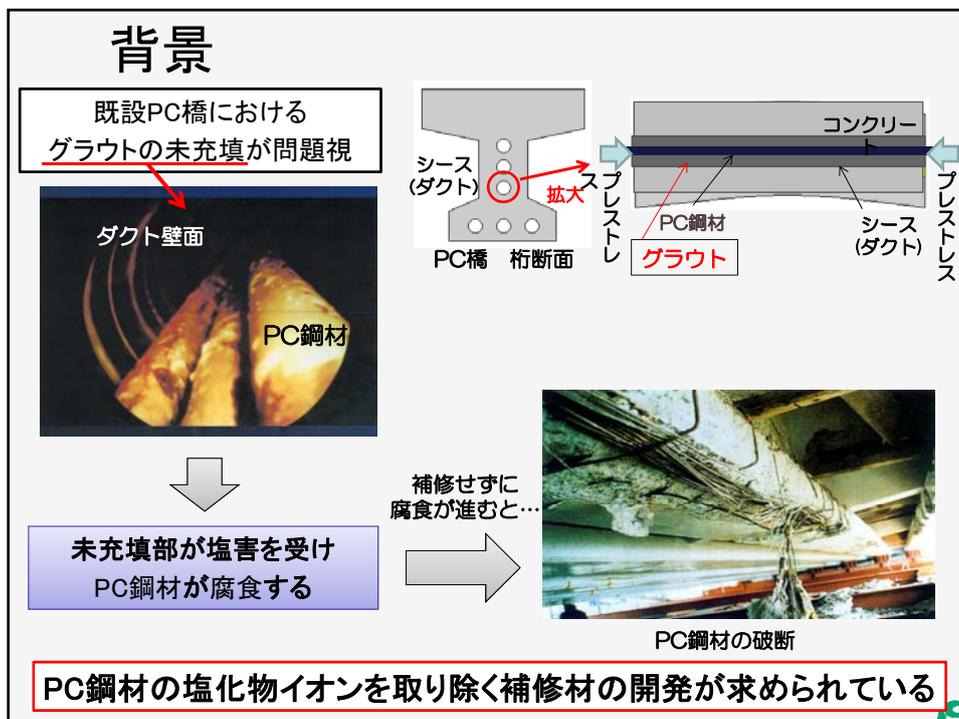
85



86

# イオン交換樹脂を混和した 再注入用PCグラウトの開発 (埼玉大学)

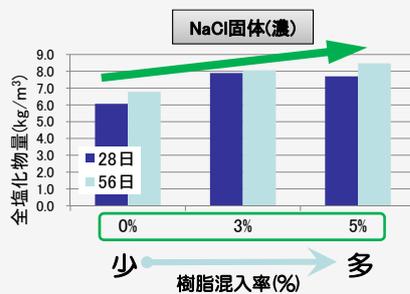
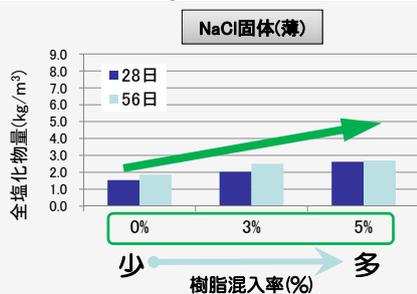
87





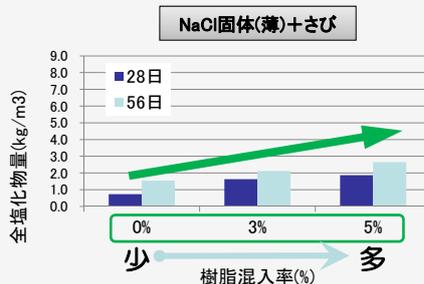
# 実験結果 全塩化

➤ 固体としてNaClを付着させた場合



樹脂混入率の増加に伴い  
全塩化物量が增加している

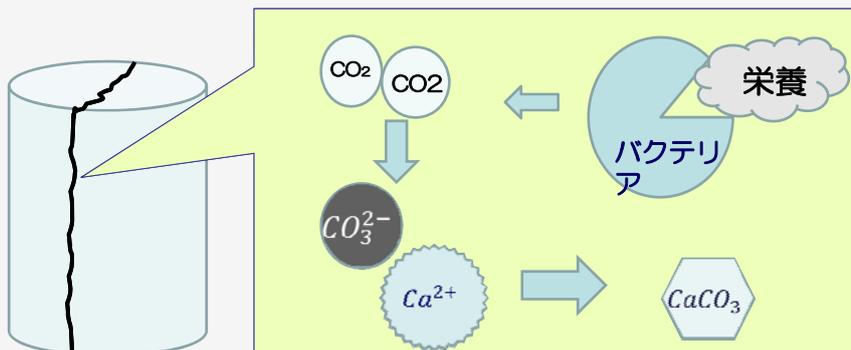
イオン交換樹脂による塩化物イオンの  
吸着効果により拡散した塩化物量が  
増加したと考えられる



微生物を用いたコンクリートのひび割れ  
治癒技術の開発  
(埼玉大学)

## 修復原理

- ・ バクテリアを用いたひび割れ修復工法開発すること

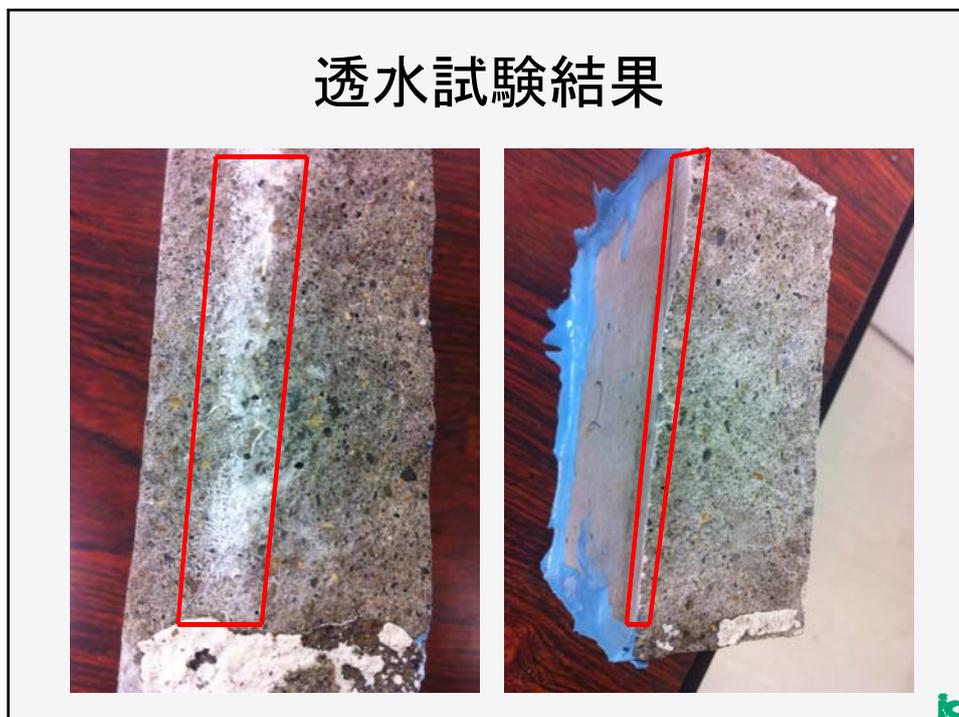
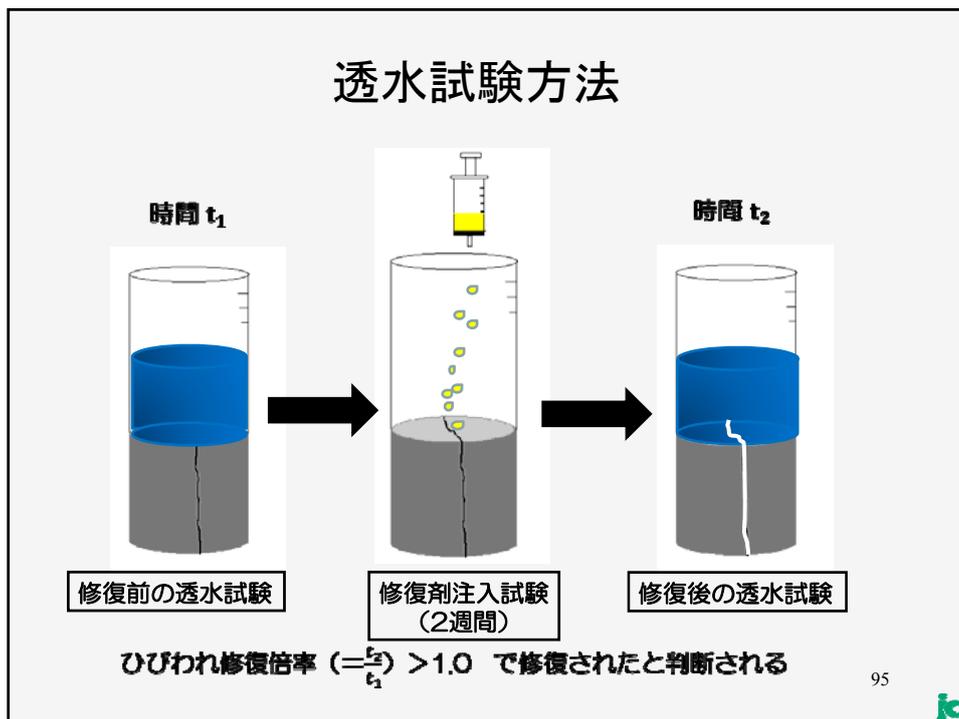


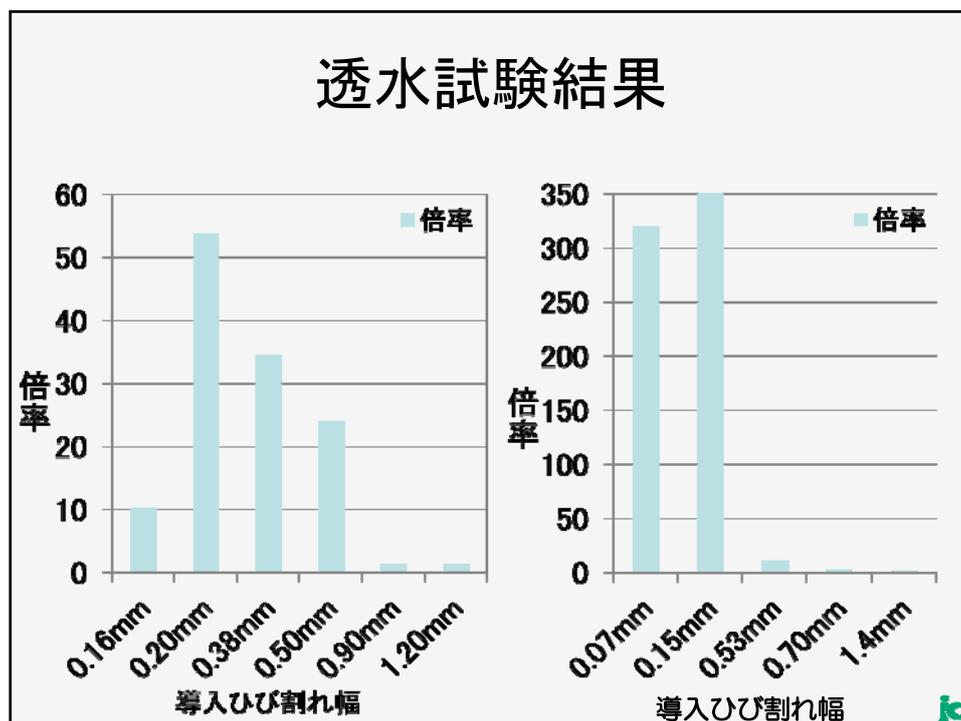
## 使用した微生物



- ・ イースト菌 (バクテリアの一種)
  - ・ スクロース (栄養源)
  - ・ 酢酸カルシウム (カルシウム源)
  - ・ トリス緩衝剤
- ・ トリス緩衝剤とは代表的なアルカリ性の生理塩、微生物に適切な生存環境を与えることができるもの。

94





## 講演内容

1. 経年劣化による橋梁の損傷例
2. 橋梁の維持管理の現状と問題点、その解決法
3. 長寿命化に向けた研究
4. 橋梁の高耐久性設計

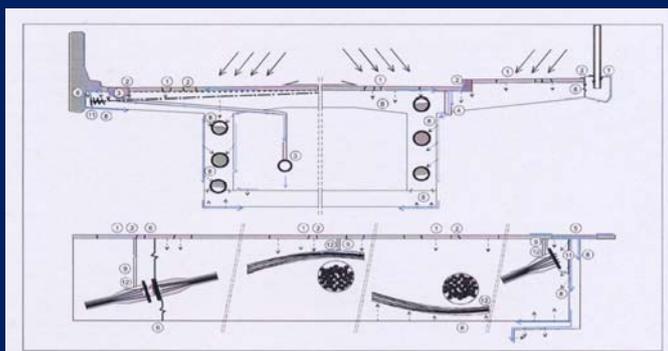
今後新設あるいは架け替えされる橋(耐久性の観点から)

1) 多重防護層 (Multilayer Protection)

2) 検査が容易であること

## PC鋼材の腐食過程

典型的なPC箱桁橋のハザードシナリオ(危険シナリオ)



PC鋼材を保護する外縁の層の破壊

- ① 舗装の欠陥(ひび割れなど)
- ② 床版防水層の欠陥
- ③ 排水枿や排水管の欠陥
- ④ 排水管の設置位置のミス
- ⑤ 伸縮装置からの漏水
- ⑥ 地覆の打ち継ぎ目からの漏水
- ⑦ インサートからの侵入
- ⑧ コンクリートかぶりの欠陥

PC鋼材を直接保護する層の破壊

- ⑨ グラウトホース内のグラウト未充填
- ⑩ 鋼製シースの破損
- ⑪ 定着具の後埋めコンクリートの欠陥
- ⑫ ダクト内のグラウト未充填による空隙

## PC橋のマルチレイヤーシステム(多重防護層)

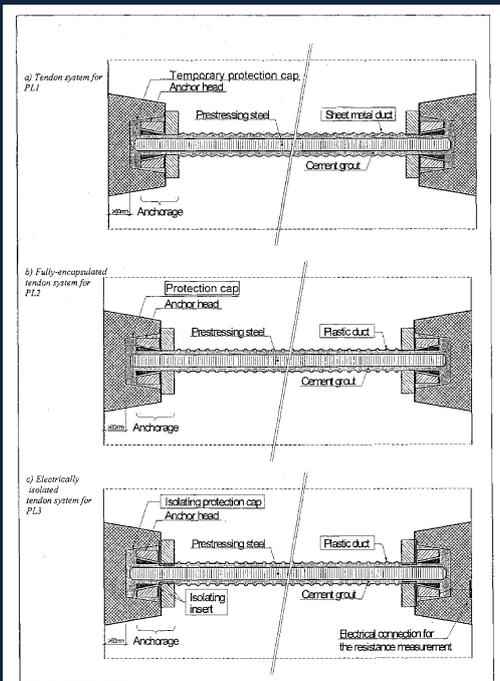
		Structural Protection		
		構造的防護層		
Action	外的環境 / 作用	High <sup>1)</sup>	Medium <sup>2)</sup>	Low <sup>3)</sup>
		High <sup>4)</sup>		Medium <sup>5)</sup>
		PL1		PL2
				PL3

### 構造的防護層

- 1) High: 床版防水層 + 高品質コンクリート + 容易な点検
- 2) Medium: 表面改質 + 通常のコンクリート
- 3) Low: セグメント目地 + 表面保護層なし + 点検できない構造

### 外的環境 / 作用

- 4) High: 飛沫帯や凍結防止剤の散布域
- 5) Medium: 湿潤環境
- 6) Low: 構造物の内部などの乾燥している所



PL1: 鋼製シース + グラウト

PL2: プラスチックシース + グラウト

PL3: プラスチックシース + グラウト + モニタリング

## PL3の適用例:ラローン橋(スイス)



鉄道橋 迷走電流による電気腐食の懸念(直流電流が危険)  
プラスチックシート+グラウト+モニタリング

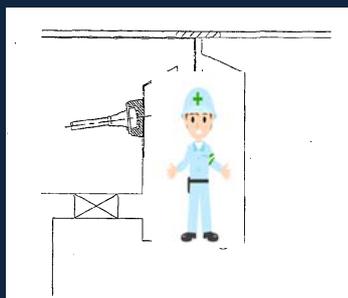
今後新設あるいは架け替えされる橋(耐久性の観点から)

1) 多重防護層 (Multilayer Protection)

2) 検査が容易であること

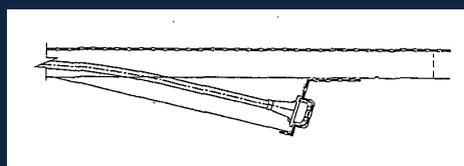
## 点検時や維持管理時のアクセス

点検時や維持管理時にその部位に簡単に行けるようにすることは、マルチレイヤプロテクションの考え方の中でも重要な点である。特に桁端の定着部に設置されるテンドンギャラリーは重要である。



テンドンギャラリー

点検(アクセス)可能+水が直接定着部に行かない配慮



箱桁内に定着突起を設け定着

点検(アクセス)可能+水が直接定着部に行かない配慮

### (1) 全ての橋について100年以上の長寿命化を実現

- 現在の設計では、設計供用期間が規定されていないが、適切な維持管理により80年以上使用されている橋がある一方で、50年程度で使用できなくなる橋も存在
- 今回、100年を基準化することにより、全ての橋について100年以上の長寿命化の実現が期待される

日本橋(国道1号中央区)

1911年(明治44年) 築設:105歳



千住大橋(国道4号荒川区)

1927(昭和2)年築設:88歳



### (2) ライフサイクルコストの優れた橋の実現

- 100年を基準化することにより、100年間の点検や補修・更新などについての具体的な検討を促すこととなるため、ライフサイクルコストの優れた橋の実現が期待される

### (3) 新技術の導入を促進

- 平成28年を生産性革命元年と位置づけ、総力をあげて生産性向上に取り組んでおり、今後、橋の建設や維持管理においても、新しい構造や材料等、新技術が提案されることが期待される
- これに対して、より適切な設計が可能となる新たな設計法を用いることで、新技術の導入促進を図ることができる

### (4) 日本企業の海外展開への支援

- ISOに準拠した基準となり、日本企業がこの基準を用いて得たノウハウが、海外展開への武器となる

出典:国土交通省



ご清聴ありがとうございました