

# 技術研修会(第9回)

共同開催  
山口県土木建築部  
(一財)山口県建設技術センター  
(一社)山口県建設業協会  
山口県土木施工管理技士会  
山口県生コンクリート工業組合  
(一社)山口県測量設計業協会

## 復興道路と コンクリートの品質確保

徳山高専 田村隆弘

### はじめに、おさらいを 「コンクリート構造物の品質確保の意義」

ひび割れを眺めながら、この国のことを思う

- 「政治は土木なり」・・・中曽根康弘 元総理  
(土木学会誌2008年1月号)
- 「列島強靱化」・・・藤井聡 京都大学大学院工学研究科教授 (第2次安倍内閣・内閣官房参与)

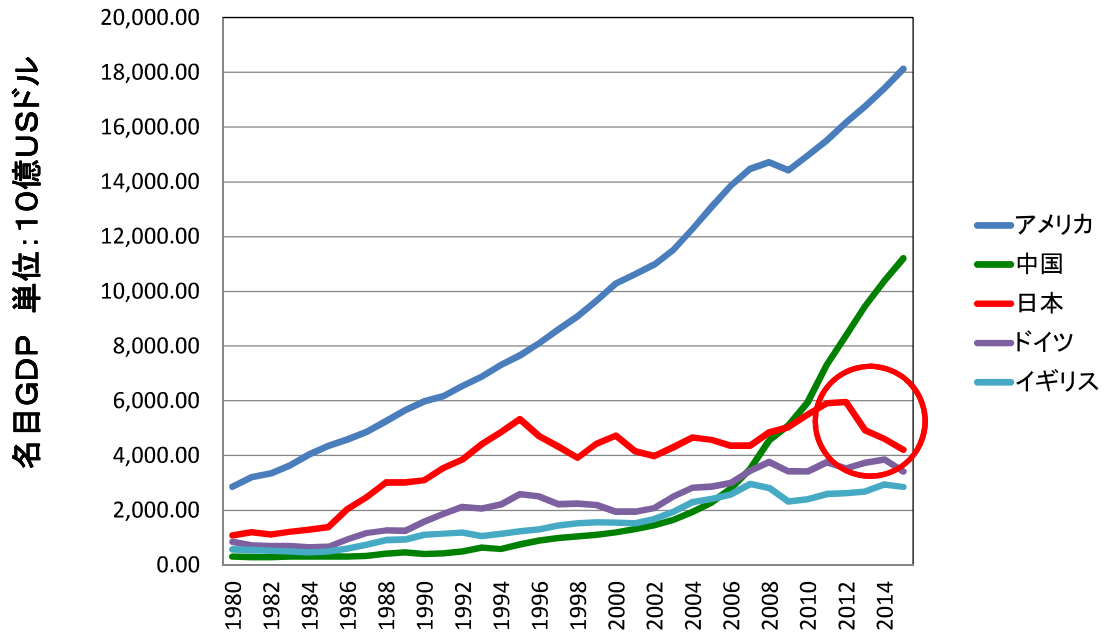
共通点は、「政治は、国や地域の発展のために、“社会基盤整備”についてしっかり考えなくてはならない。」

## 背景\_その1 建設投資

### 政策とコンクリート構造物の耐久性

- GDPと建設投資
  - 建設投資（新設と維持管理費）
- 設計における供用年数と構造物の寿命
  - 構造物の耐久性・・・環境作用、供用条件、維持管理状態、そして、初期品質で異なる
  - 供用年数・・・設計時に決めてはいるが（供用期間が過ぎても使えるものなら使いたい）

# 世界各国のGDPの現状(2015)



データ出典: 世界の経済・統計 情報サイト: 世界経済のネタ帳  
[http://ecodb.net/ranking/imf\\_ngdgd.html](http://ecodb.net/ranking/imf_ngdgd.html)

## 公共投資水準の国際比較

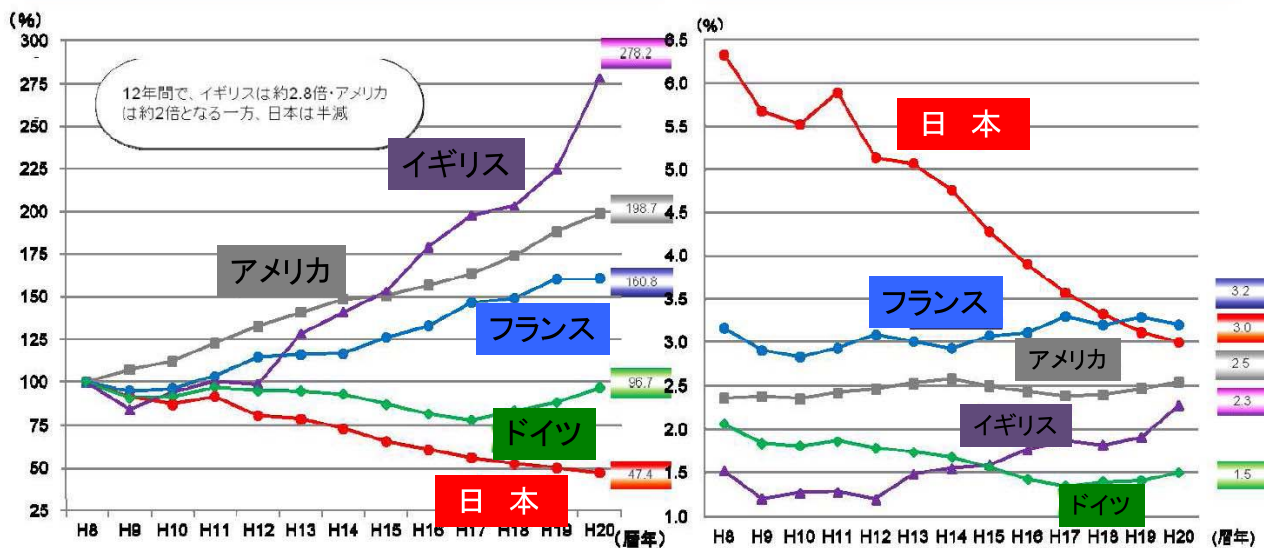
国土交通省

- 日本の公共投資が減り続ける中、欧米は公共投資を増加
- 我が国の一般政府公的固定資本形成(注)の対GDP比は欧米諸国と同等の水準

(注: 国と地方公共団体の行う社会資本の新設、改良等。公営企業が行うものは含まれない。また、用地費、補償費は含まれない。)

一般政府公的固定資本形成の推移(平成8年を100とした割合)

一般政府公的固定資本形成のGDPに占める割合

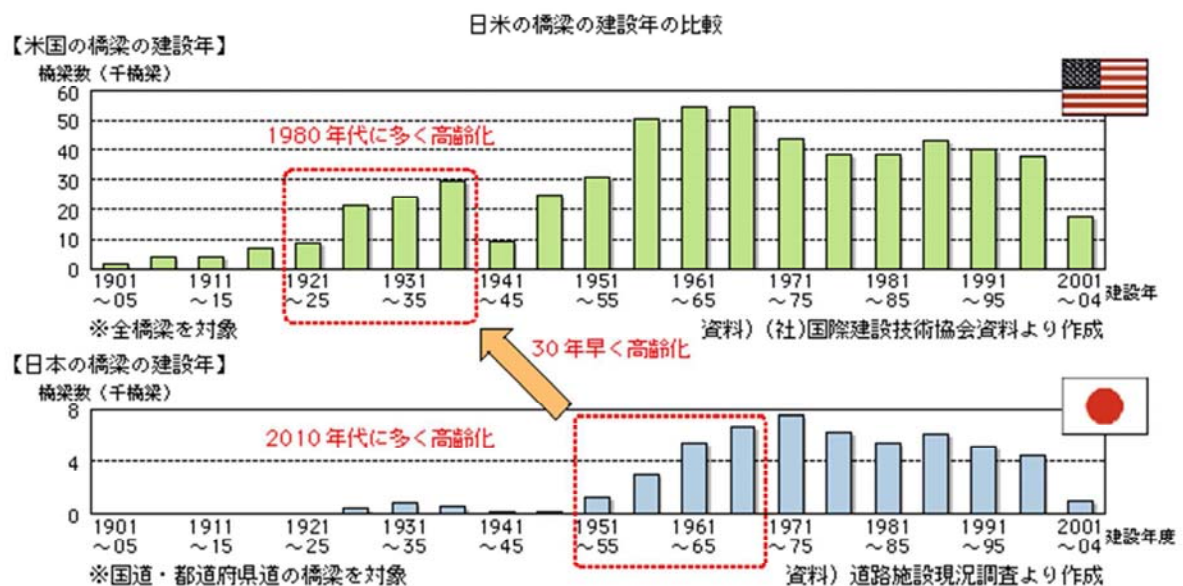


出典: OECD・National Accounts、日本の値は内閣府平成20年度国民経済計算(確報)  
 ・平成17年の英国のIglについては、英国原子燃料会社(BNFL)の資産・債務の中央政府への承継(約145億ポンド)の影響を除いている。

国土交通省 社会資本整備関係  
 参考資料 平成22年7月

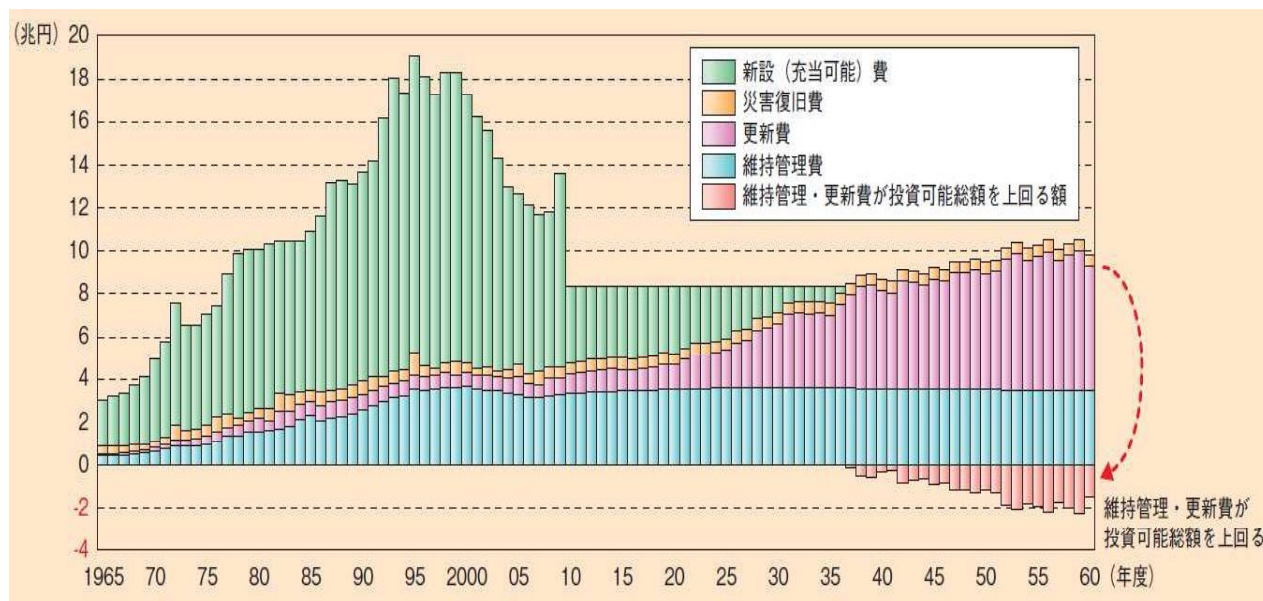
## 背景\_\_その2 インフラの劣化問題

- 20世紀後半にアメリカにおけるインフラの劣化が社会問題(荒廃するアメリカ)として大きな話題となる。(国土交通白書H18より)





## 維持管理・更新費の推計(2010年の建設投資を基準として従来通りの維持管理・更新をした場合の予測)



国土交通白書2011より

## 点検、維持管理

- しかし、一方では国内でも山陽新幹線トンネルのコンクリート塊落下事故や笹子トンネル天井落下事故等、コンクリート構造物や橋梁の劣化問題が多発。
  - 国土交通省は、今後は5年に一度、国や県のみならず市町村でもトンネルや橋梁等の近接目視による点検を行うよう通達。
  - ここで記録される点検データは、数年先には膨大なビッグデータとしてさまざまな構造物の耐久性に関する情報を提供することが期待される。

## 初期品質はどれほど、耐久性に影響があるのか。

- 正確には分からない。
- 耐久性は、環境作用によって異なる。
- 要は鉄筋を守ることが出来る時間が耐久性
- 従って、表層品質と環境作用の関数
  - 塩害は、かぶり厚さ、水セメント比、セメントの種類等々と環境作用の程度で決まってくる
  - 中性化は、かぶり厚さ、水結合材比、混和材の種類等々と環境作用の程度で決まってくる

## 第2部

### 土木学会350委員会の活動 「コンクリート構造物の品質確保に 関する研究委員会」

# 350委員会沖縄県視察



## (3) 350委員会が生まれるまでの経緯 起源は山口県

2004年\_\_コンクリートよろず研究会(徳山高専)で  
「コンクリートのひび割れ」をテーマに研究発表会

↓

2007年\_\_山口県が「ひび割れ抑制システム」を開発

↓

2011年\_\_日本コンクリート工学会「データベースを核とした  
コンクリート構造物の品質確保に関する研究委員会」設置

↓

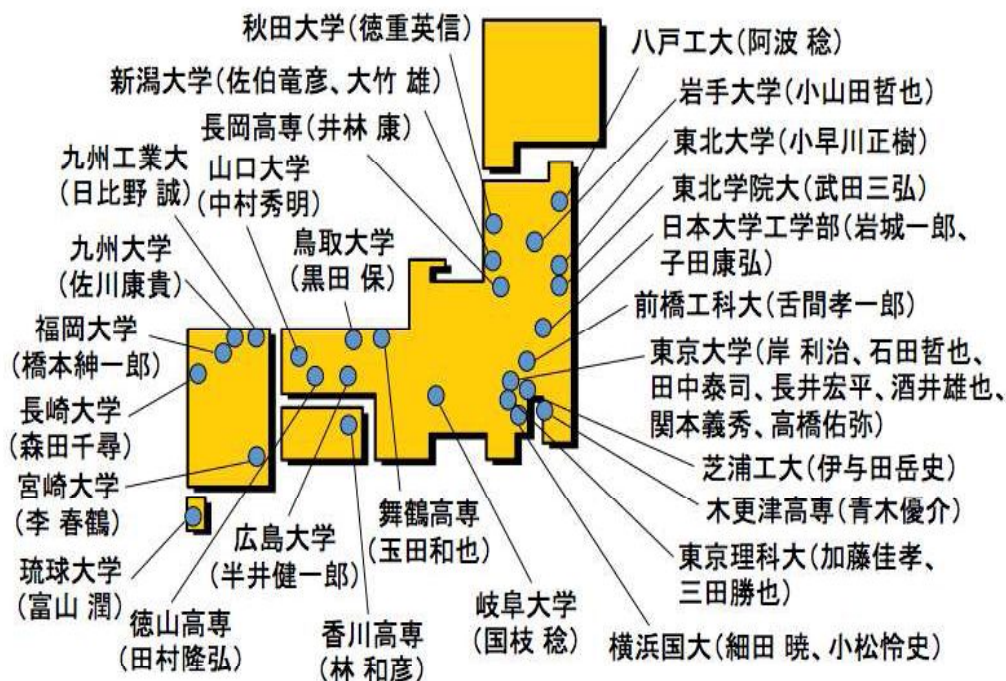
2014年\_\_土木学会コンクリート委員会3種研究小委員会  
「コンクリート構造物の品質確保に関する研究委員会  
(350委員会)」が発足

全国各地から80人の研究者が集まり、急ピッチで進む東北の復興道路関連工事や全国各地でコンクリート構造物の品質確保の取組みを推進

## (4) 目的

- 目的
  - コンクリート構造物の耐久性を向上させ、その機能を長期に渡って確保することで、社会の安全性の向上と経済の発展を図り、豊かな文化を支える社会基盤を構築する。
- 350の4大活動
  - 東北復興道路関連構造物の品質確保
  - 品質確保システムの推進
  - 品質確保のためのマネジメント研究
  - 維持管理データの活用
  - その他、上記以外のコンクリート構造物の品質確保に繋がる取組全般

## (5) 活動体制





田村 隆弘 (委員長)	細田 暁 (副委員長, WG3主査)
長井 宏平 (幹事長・WG4主査)	田中 泰司 (WG4副査)
阿波 稔 (WG1主査)	小山田 哲也 (WG1副査)
半井 健一郎 (WG2主査)	森岡 弘道 (WG2幹事)
林 和彦 (WG2幹事)	
青木 雄介 岸 利治	関本 義秀 藤岡 彩永佳
石田 哲也 国枝 稔	高橋 佑弥 藤波 亘
井上 翔 葦重 勲	武田 三弘 前田 勉
井林 康 黒田 保	谷口 康一 丸山 聡
井元 晴丈 古賀 裕久	玉田 和也 三田 勝也
伊代田 岳史 子田 康弘	津野 和宏 森田 千尋
岩城 一郎 小早川 正樹	寺崎 浩行 山田 一夫
上田 洋 小松 怜史	徳重 英信 山田 真次
臼井 達哉 佐伯 竜彦	富山 潤 山根 立行
内田 雅人 酒井 雄也	中嶋 勇 米寿 満芳
遠藤 雅司 坂田 昇	中村 秀明 李 春鶴
大島 正記 佐川 康貴	西田 宏司 和田 陽一
大竹 雄 笹倉 伸晃	二宮 純 渡邊 賢三
笠井 和弘 佐藤 和徳	根本 浩史
風間 洋 舌間 孝一郎	橋本 紳一郎
加藤 佳孝 鈴木 浩明	日比野 誠

## (6) 今日までの活動状況

2014年 9月29日(月)～10月 1日(水)	現地調査→第1回全体委員会→公開ワークショップ
2014年10月17日(金)	トンネル覆工コンクリートの品質・耐久性向上に関する勉強会(◎南三陸国道事務所・鶏住居第2トンネル)
2014年10月20日(月)	WG1 表層品質評価SWG
2014年10月28日(火)～10月29日(水)	WG2 第1回WG会議(◎山口)
2014年11月 7日(金)	技術講習会「コンクリート構造物の品質確保」(◎青森河川国道事務所)
2014年11月20日(木)	WG4会議@スクワール麹町
2014年12月 1日(月)	トンネル点検データ分析TF&勉強会(◎仙台)
2014年12月12日(金)～12月13日(土)	WG1 表層品質評価SWG第2回、第25回会議
2014年12月16日(火)	ASR講習会(◎仙台)
2014年12月17日(水)	忘年会
2014年12月18日(木)～12月20日(土)	WG1会議+三陸国道事務所主催勉強会@岩手
2015年 1月 9日(金)	山口大学中村先生DBミーティング
2015年 1月29日(木)～ 1月30日(金)	WG1&WG2合同会議@山口
2015年 2月 4日(水)	WG4会議@四ツ谷
2015年 2月 9日(月)～ 2月10日(火)	寒中コンクリート施工VTR撮影
2015年 3月 3日(火)～ 3月 4日(水)	コンクリートの品質向上に関する勉強会(東北地方整備局)高耐久フライアッシュ床板試験施工@釜石
2015年 3月 9日(月)	勉強会@岩手大学工学部テイクホール「新設コンクリート革命の真実 岩手県で何が始まっているのか?何が必要なのか?
2015年 3月16日(月)	土木学会西部支部講習会@九州大学医学部百年講堂「次世代に残る最高品質のコンクリートへの挑戦」
2015年 3月26日(木)	WG1 表層品質評価SWG 第3回会議
2015年 3月31日(火)	データベースに関する打ち合わせ(東北技術事務所)
2015年 4月 6日(月)	WG4会議@土木学会(四ツ谷)
2015年 4月22日(水)	小体道路工事における品質確保の視察
2015年 5月11日(月)	WG4 中間成果報告会兼勉強会(◎仙台)
2015年 5月21日(木)～ 5月22日(金)	群馬県 コンクリート品質確保指導者研修会
2015年 6月 5日(金)	岐阜大学ME 講習会
2015年 6月10日(水)～ 6月12日(金)	山口県勉強会
2015年 7月 1日(水)～ 7月 3日(金)	沖縄開催
2015年 7月10日(金)	仙台河川国道事務所 品質確保講習会
2015年 7月31日(金)	WG2 WG3 合同会議(◎東京)
2015年 8月21日(金)	九州地方整備局との意見交換会(◎久留米)
2015年 8月24日(月)～8月25日(火)	南三陸品質確保ツアー
2015年 8月27日(木)	WG1およびJC(寒中)委員会 合同会議
2015年11月 7日(土)	中間ワークショップ

1年間で32のイベント実施

## 2. 活動内容

### 1. WG1

復興道路品質確保システムに関する研究

### 2. WG2

品質確保システムの推進に関する研究

### 3. WG3

品質確保マネジメント

### 4. WG4

維持管理データを活用した品質確保

### 5. その他

## (1)WG1

### 復興道路品質確保システムに関する研究

- 主査：阿波 稔(八戸工業大学)



## (2)WG2 品質確保システムの推進に関する 研究

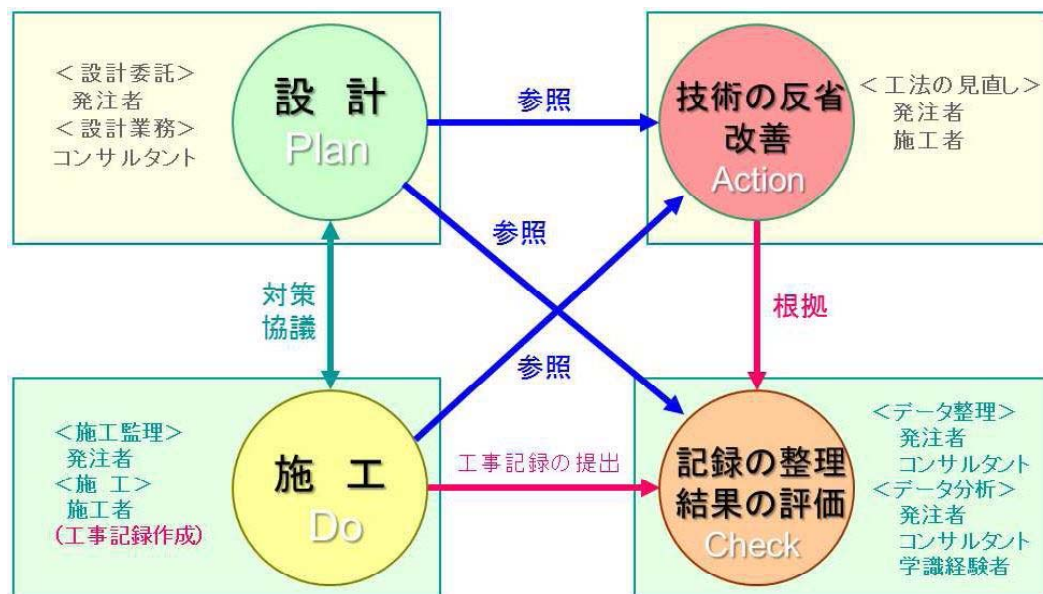
- 主査: 半井 健一郎(広島大学)



実構造物で目視評価を体験(左2014.10.28、右2015.1.29)

## (3)WG3 品質確保マネジメント

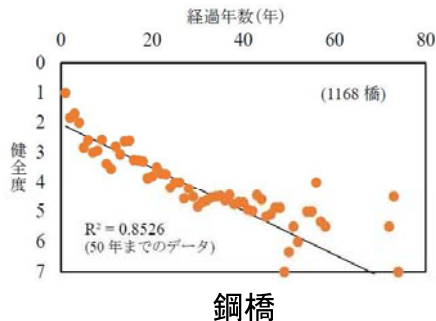
- 主査: 細田 暁(横浜国立大学)



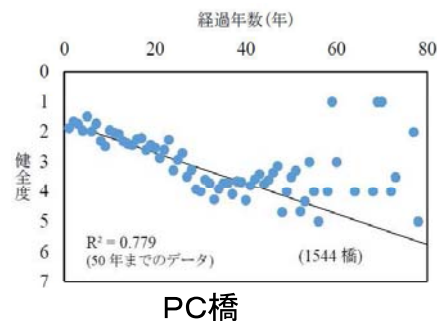
建設工事のPDCA

# (4)WG4 維持管理データを活用した品質確保

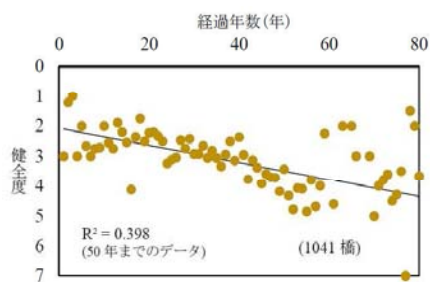
- 主査: 長井 宏平 (東京大学)



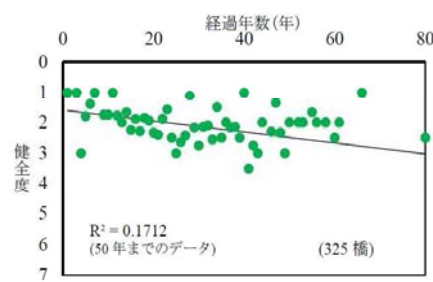
鋼橋



PC橋



RC橋



ボックスカルバート

350委員会ホームページ「品質確保チャンネル」

<http://hinshitsukakuhoch.web.fc2.com/>

## 品質確保チャンネル

Home
350委員会の予定
山口県のシステム
復興道路
耐久性確保技術
全国での取り組み

**更新情報**

6月8日  
山口県のシステムに研修用教材動画を追加しました

5月27日  
今後の予定を更新しました

5月27日

コンクリート構造物の品質確保小委員会(350委員会)

■ 三陸国道事務所勉強会(2014/12/19)

・ 勉強会プログラム(pdf)

「山口県の品質確保システム」  
(田村隆弘先生)



講演の様子 (youtube)

「寒中コンクリートの品質確保」  
(阿波裕先生)



「コンクリート構造物の品質確保の動向」  
(細田暁先生)



講演の様子 (youtube)

「国道45号 田老第6トンネル工事」  
(八巻大介様)



品質確保  
掲示板



## 第3部

# 東北復興道路コンクリートの品質確保

誰かの熱い“思い”によって、変わる建設現場の“意識”

- 急がなくてはいけない復興
  - 今なお19.9万人が避難生活(復興庁2015.8.28)
  - 大企業は早々に復活, しかし, 中小企業は・・・
  - ミッションインポッシブル(不足する材料と人手)
- あせって不良構造物を作ってはいけない
  - 早く作らなくてはいけないと思っている作業員は多いが、良いものを作ろうと意識している作業員は少ない

# 南三陸国道事務所長の熱い思い

佐藤所長さん：

「長年、道路課長としてコンクリート構造物の劣化を見てきた。私が担当する構造物を簡単に劣化させたくない。」

「良いものを造りたい・・・」



## 復興道路・復興支援道路 南三陸国道事務所の担当区間

4課41名＋PPP3工区体制で、  
6区間延長約50kmの改築事業を  
担当 H27当初事業費354億円

### ■三陸沿岸道路

- ・県境～陸前高田 8.0km
- ・高田道路 7.5km(内7.5km  
開通)
- ・吉浜道路 3.6km
- ・吉浜釜石道路 14.0km
- ・釜石山田道路 23.0km(内4.6km  
開通)

### ■東北横断自動車道釜石秋田線 (釜石花巻道路)

- ・釜石道路 6.0km

岩手県の太平洋沿岸の南半分の  
復興道路・復興支援道路を担当

# 短期間で大量の構造物を建設

復興道路、復興支援道路あわせて、あと数年で

管理延長 約360km 増加

トンネル 100本以上 建設

橋 梁 200橋以上 建設

建設時期がほぼ同じなので、劣化もほぼ同じ時期に発生すると、将来の維持管理予算が逼迫する恐れ



起工式で使われた鍬が南三陸国道事務所に溢れた

## 早すぎる劣化のスピード

供用後**25年程度で約50%**が速やかに補修が必要

早期劣化の主な原因は以下の通り

- 1) 排水処理の配慮不足
- 2) コンクリートの初期欠陥の存在
- 3) 不十分な密実性など
- 4) 積雪寒冷に伴う塩害・凍害・ASR

従来通りの仕様や性能では、早期劣化により  
将来の維持管理予算が逼迫する恐れ

**復興道路等の高耐久化が不可欠の状況**

### 東北地方の自然環境、使用環境と劣化特性

○橋梁など構造物には過酷な環境

凍結抑制剤による塩害と、  
積雪・寒冷による凍害が発生

○凍結抑制剤平均散布量は、

約10トン/km/年

峠部及び日本海側では、

30トン/km/年 超

○H5スパイクタイヤ禁止以降に

散布量が増加

## 排水処理の配慮不足 伸縮装置からの漏水と桁端部の腐食



伸縮装置の遊間から光が差している。非排水機能が喪失

## スラブドレーンの流末水で排水管が腐食





## 床版打継ぎ目部からの漏水で主桁が腐食

床版打継ぎ目部からの漏水・遊離石灰



漏水の影響で腐食した主桁

供用して16年。漏水の影響で局部的に腐食が発生。

## 積雪・寒冷に伴う塩害・凍害・ASR 凍結抑制剤による塩害の事例

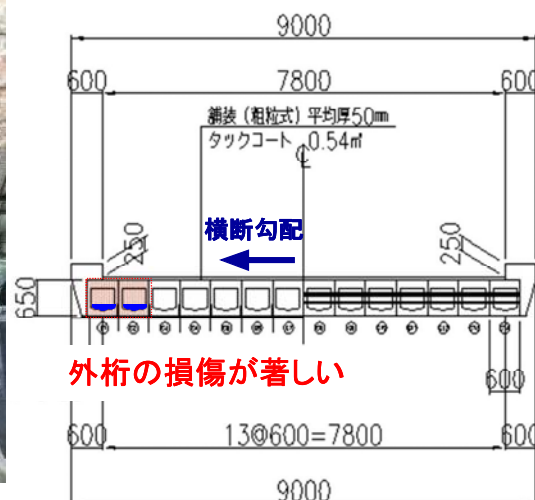


山岳橋梁である湖山橋は供用後34年で架け替え

## 引き金は床版面の脆弱化による桁内部への塩分混じりの路面排水の浸入



桁下面のPC鋼材の腐食、破断状況  
硬化コンクリート中の空気量は約0%



※凍結制御剤による塩害と凍害の複合劣化により損傷が著しく進行?

横断勾配の低い方の外桁内に塩分を含んだ水が滞水し、内部鋼材を腐食させ、桁下面のコンクリートが剥離

## 桁端部だけに発生したひび割れ



桁端部の漏水の影響範囲に発生したひび割れ。  
橋梁点検でもアルカリ骨材反応の疑い

# 初期欠陥防止対策を標準実装

施工状況把握チェックシートと表層目視評価を試行導入  
打設リフト毎の逐次改善を試行  
(特記仕様書に記載)

総合評価において、

「材料・配合」と「養生」を技術提案から除外。協議事項に。

現状の標準発注では十分ではない。また、品質は受注者の現場予算内でやるものでもない。

求める技術提案は、「初期欠陥防止のための施工方法」  
根底にあるのは、

打込みの1日とその後の養生が100年の耐久性を決める  
であり、現場予算にとらわれない受注者の創意工夫を  
引き出す環境醸成が必要。

## コンクリートの初期欠陥の実態 コールドジョイントと豆板



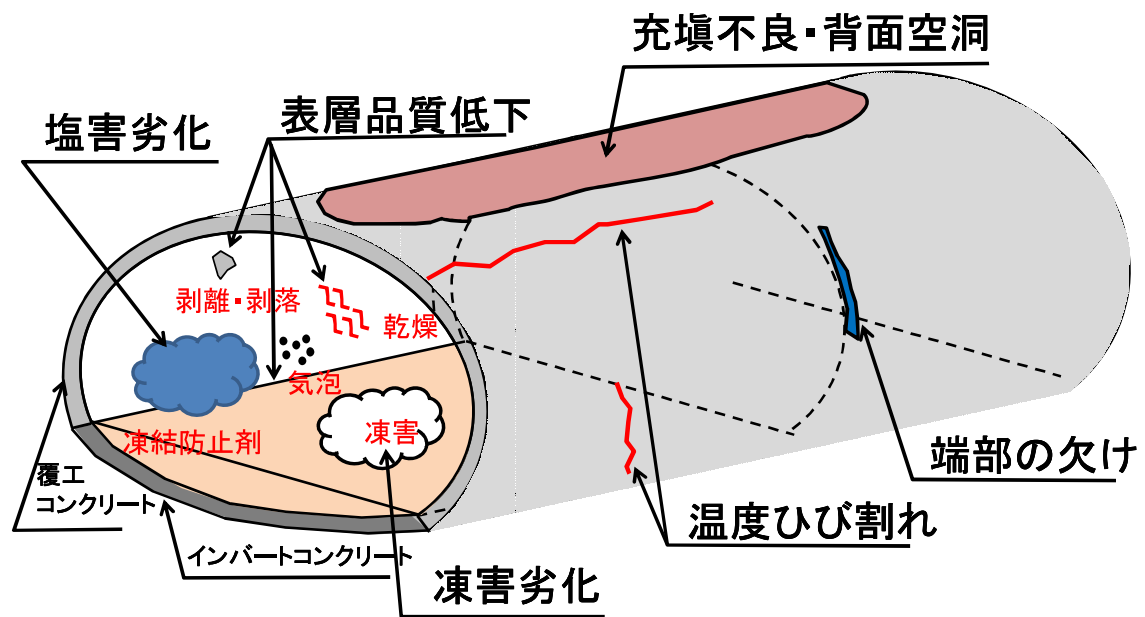
コールドジョイント



豆板



# トンネル覆工の劣化が生じやすい部位



# トンネルの養生の工夫 (農業用ビニールシートの活用)



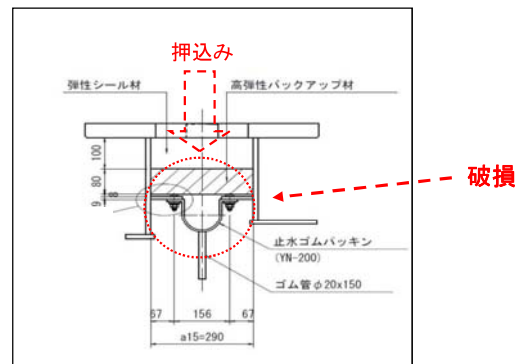
## 【伸縮装置の非排水機能の長寿命化について】

(82 東北)

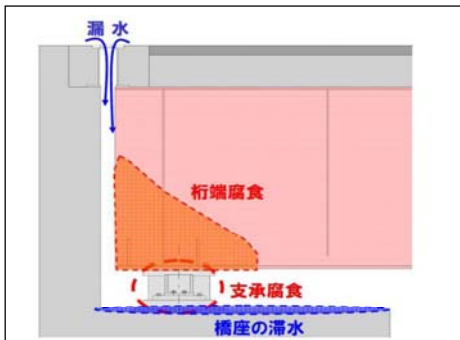
### ■伸縮装置からの漏水



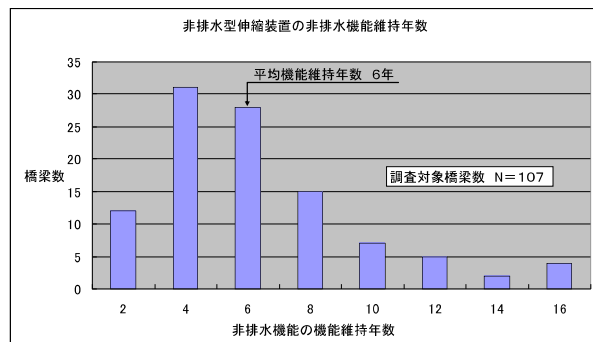
【伸縮装置】



【伸縮装置の断面構造例】



【伸縮装置からの漏水による桁端部の損傷イメージ】



【非排水型伸縮装置の非排水機能維持年数】



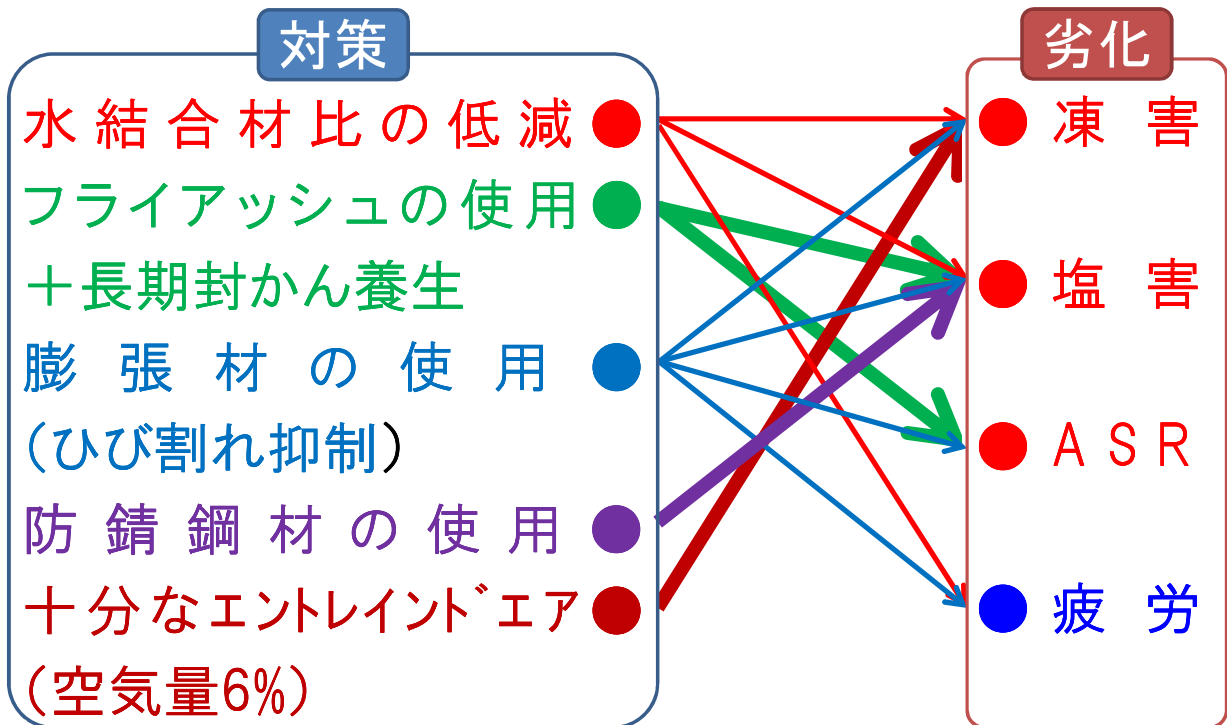
# 橋脚をビニールで長期養生



ビニールを巻いた箇所は、巻かない箇所より  
透気係数で1ランク上の密実性を実現（一般） → （良）

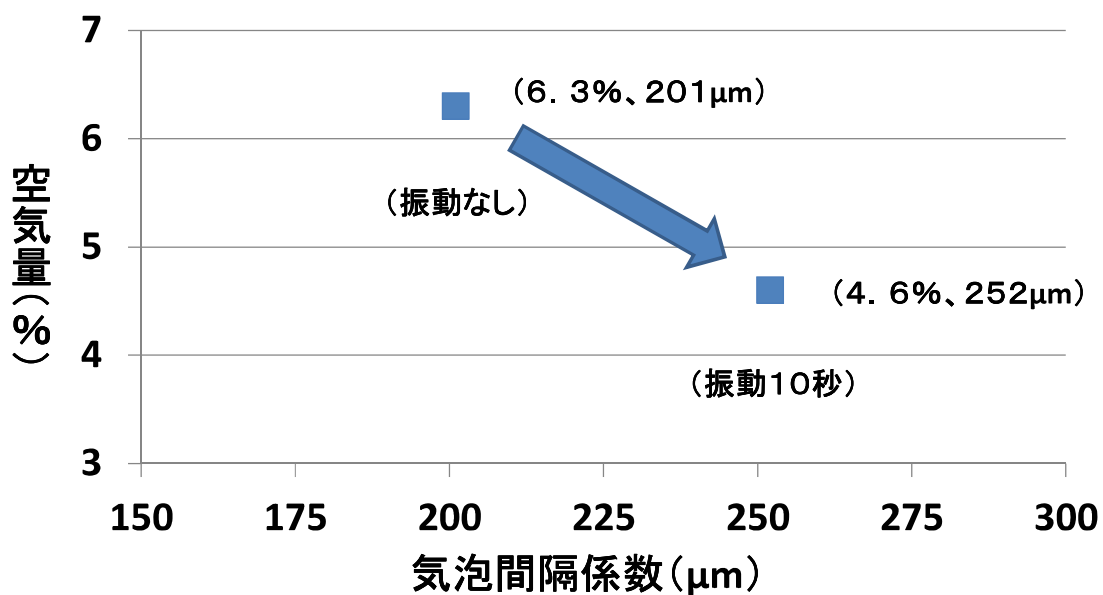


# 凍結防止剤散布下におけるコンクリート床版の多重防護(一例)の考え方



(資料提供: 日本大学 岩城教授)

## バイブレーター振動時間による硬化コンクリート中の空気量への影響



(向定内橋FAコンクリート現場到着時のフレッシュ空気量 6.3%)  
 (供試体(Φ150mm)でのリニアトラバース法での空気性状調査結果)

(データ提供: 日本大学 子田准教授)



## ASR対策と塩害抵抗性の向上のために フライアッシュを使用したRC床版



3ヶ月の長期養生。保水シート+2層のプチプチシート2枚重ね養生。  
冬期は桁下から給熱養生(目標温度10℃)

## パイプクーリング工法





## CF(キャンバーフォーム)工法



## 美シール工法



## 5. まとめ(佐藤所長)

このような動きは、お金も時間もかかります。  
しかし、品質、耐久性向上には不可欠の動き

経済性、工程重視から  
品質、耐久性重視へ転換が不可欠

目指すのは、

全国一律の発注標準から  
東北地方にあった発注標準の確立による  
品質、耐久性の向上



# “なぜ、初期品質にこだわるのか”

- 国民、県民、市民の税金によって建設する構造物は、多くが長期の耐久性が必要なもの。
- 多くの場合、初期品質を確保することが結果的に最もコストパフォーマンスが良い。
- 建設に携わる関係者の緊張感とモチベーションを高めることに繋がる。(補修より新設の方が楽しい。)
- 日本の技術者としてのプライド

## 南三陸国道事務所長の熱い思い

佐藤所長さんのコメント:

「良いものを造りたいな・・・」と、現場に行ってつぶやいただけです。

→ 現場の監督が燃えた。

いろいろなアイデアや工夫が始まった。





## まとめ

- 国を豊かにする
  - 災害から人々の命や財産、文化を守る
- そのために必要な計画的な建設投資
- 初期品質の確保は、経済政策にもつながる。
- 初期品質や維持管理でデータをとることは、失敗を繰り返さないために必要。
- 大量の構造物を作るときこそ、品質確保を重視
  - 大量に劣化するときが来る
- それぞれの地域において適切な品質確保がある

## 350委員会 in 九州

- 九州技術事務所の研修会に参加
- 簡易ひび割れ設計手法を開発
  - ひび割れ指数をグラフ化、構造物のサイズ等の条件が決まれば、ひび割れ指数1.0を目標にして誘発目を設置。
- しかし、ひび割れが沢山・・・当然の結果
- ひび割れ指数1.0＝ひび割れ発生確立50%  
「完璧な材料を用いて、完璧な施工がなされることを前提としたモデルでの解析結果」・・・現実は？

## 荷重VS耐荷力、環境作用VS耐久性能

- 設計で大切にされていることは、まず、作用荷重<耐荷力 で安全確保
- しかし、もっと大切なことは、環境作用<耐久性能 で丈夫で長持ち  
(環境作用:繰り返し荷重(疲労)、気温、降雨、塩化物、中性化)
- 鉄筋コンクリート構造物は、まず耐久性を保証した上で安全性を保証する設計にすべき。
  
- 東北復興コンクリートの品質確保は、凍害、凍結防止剤散布との戦い。  
沖縄でのコンクリートの品質確保は、塩害との戦い
  - 全国各地で、環境条件や骨材事情が異なる。日本全国のコンクリートを統一規格(JIS)で定めていることは、品質確保を保証していることとは言えない。
  
- 設計上の耐久性能や安全性能は、材料の品質が確かであることと、施工が確実であることが前提になっている。

## どうにかするぞ！

「一言で国を滅ぼす言葉は『どうにかなろう』の一言なり、  
江戸幕府が滅亡したるは、この一言なり」

小栗上野介

「どうにかできないのは、能力の限界ではなく  
**執念の欠如である**」

土光敏夫