

# 広島県コンクリート診断士会

## 地上及び地下コンクリート構造物の 劣化から構造物の長寿命化を考える

令和元年6月12日(水)

**米倉 亜州夫**

(広島大学名誉教授・元広島工業大学教授) 工学博士  
(株)米倉社会インフラ技術研究所 代表取締役

**コンクリート構造物の劣化事例からその原因  
(劣化診断)を検討し、その防止法を考える**

**新設する時から長寿命化できるコンクリート構  
造物を造る**

**どのようなコンクリートを用いるか**

**どのような施工をするか。**

# 社会インフラ施設の老朽化

社会インフラ施設の老朽化が社会的に問題となっている。

今後50年間に維持管理費、更新費、修繕費等として190兆円必要と言われている。

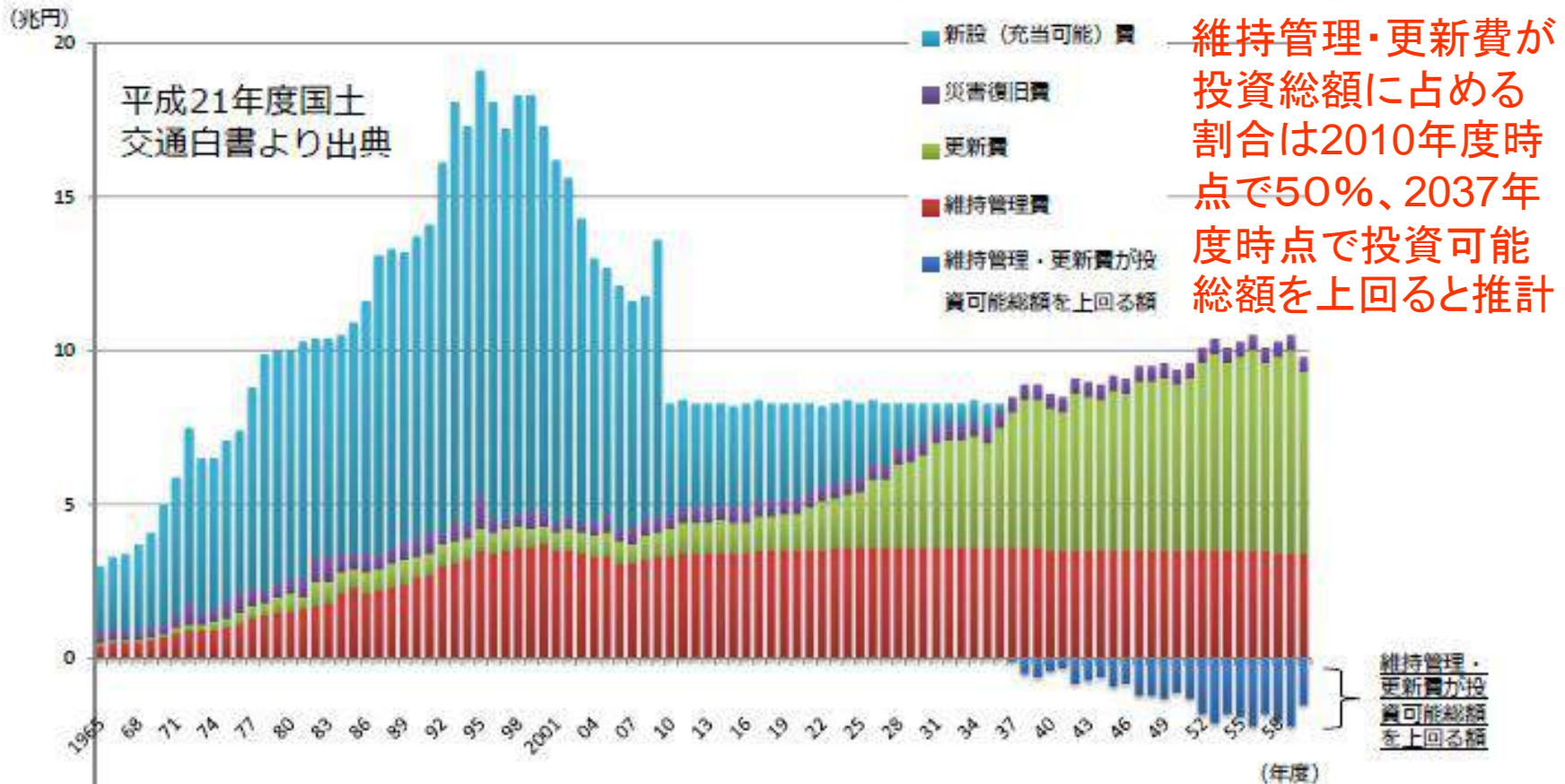
平成26年7月から2m以上の橋梁、トンネルは5年に1度、定期点検を行うことが義務つけられた。

劣化原因はコンクリートの中酸化、鉄筋腐食、塩害、凍害、アルカリ骨材反応、化学的侵食(硫酸劣化)など種々ある。

このような劣化の大部分はコンクリート構造物表面かぶりからの空気や雨水の侵入によって生じている。

# 維持管理・更新費の推計（従来通りの維持管理・更新をした場合）

今後の投資可能総額の伸びが2010年度以降対前年度比±0%で、維持管理・更新に関して今まで通りの対応をした場合。維持管理・更新費が投資総額に占める割合は、2010年度時点で50%であるが、2037年度時点で投資可能総額を上回る。



（注）推計方法について

- 国土交通省所管の8分野（道路、港湾、空港、公共賃貸住宅、下水道、都市公園、治水、海岸）の債権・補助・地価調整を対象に、2011年度以降につき次のような設定を行い、推計。
- 更新費は、耐用年数を経過した後、同一機能で更新すると仮定し、当初新設費を基準に更新費の実態を踏まえて設定。耐用年数は、税法上の耐用年数を示す財務省令を基に、それぞれの施設の更新の実態を踏まえて設定。
- 維持管理費は、社会資本のストック額との相関に基づき推計。（なお、更新費・維持管理費は、近年のコスト増減の推移を反映）
- 災害復旧費は、過去の年平均額を設定
- 新設（充当可能）費は、投資可能総額から維持管理費、更新費、災害復旧費を差し引いた額であり、新設費額を示したものではない。
- 取壊費・補償費を含まない。各事業団等会社等の株主等を含まない。

出典：平成21年度国土交通白書

# 迫る橋の老朽化

国土交通省によると

全国で15m以上の橋が約14万橋ある。

このうち、50年以上経過した橋

2006年度 8,900橋（全体の6%）

2016年度 28,400橋（全体の20%）

2026年度 66,300橋（全体の47%）

老朽化は橋の種類、環境、交通量等によって異なる。

15m以下の小規模橋梁は全橋梁数の80%以上で、その80%近くがコンクリート橋である。

日本は今後50年間に社会インフラ施設の長寿命化（維持管理、補修補強、更新）のための費用が**190兆円**必要になると試算されている。



# 広島市仁保橋からのコンクリート片落下 H25.5.15

## コンクリート片また落下

### 広島橋の点検拡大へ 倉庫屋根に穴

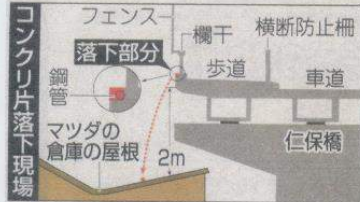
広島市は15日、南区小磯町の仁保橋(長さ408㍎、幅15㍎)からコンクリート片が四つ落下したと発表した。歩道の欄干の台座から剝がれ落ち、2㍎下にあるマツタの倉庫の屋根2カ所に穴が開いたが、けが人はなかった。老朽化が原因とみられる。7日には西区の鈴が峯陸橋でコンクリート片がワゴン車の屋根に落下する事故が起きたばかり。市は緊急点検の対象を広げるが、今回の落下を14日に把握していた。



欄干からコンクリート片が落下した  
仁保橋 15日午後8時、広島市南区  
(撮影・福井宏史)



マツタの倉庫の屋根に落ちた  
コンクリート片(中央)と2  
カ所の穴



市道路課によると、落下は14日午後2時40分にマツタからの通報で把握した。欄干(鉄製)を支えるコンクリ

ート台座の外側約1.3㍎が剝がれていた。コンクリート片はいずれも縦約5㍎、横約5㍎、長さ約40㍎、重さ約1㍎。二つが倉庫の屋根に直径約10㍎の穴を開けた。

仁保橋は1964年に広島県が建設、80年に管理を市に移した。市道路課は台座に埋め込まれたケーブルを通すための鋼管が染み込んだ水でさびて膨らみコンクリートにひびが入ったとみている。

2010年6月の定期点検で橋の一部が欠けているのを見つけたが、他の橋を優先し補

修していなかった。市道路課は「連続して落下事故が起き大変申し訳ない」としている。鈴が峯陸橋の事故後、市は道路や線路をまたぐ橋75本の緊急点検を決め、16日から打音検査を始める予定でいたが、仁保橋は対象外だった。市は今回の事故を受け、下に公園や建物がある60本の緊急点検にも着手する。

マツタのグローバル広報企画部は「生産に



# 広島県・広島市 老朽化架橋補修 急務 H25.6.4

## 老朽化の架橋補修急務

**街が危ない**

寿命50年

広島県・市乏しい財源

私たちの街で危険の身が膨らんでいる。道路や橋、下水道など高度経済成長期に整備したインフラが老朽化している。5月には広島市内で、橋からコンクリート片が落下する事故が相次いだ。50年が「寿命」とされるインフラ。生活の安全や利便性をどう守り、次世代に引き継ぐか。真剣に考える時期が来た。

広島市役所の幹部会の老朽化は近年、全国議会。3日、局長級の課題となつて、上の26人が目を覚ます。広島市に切迫感がある。公共施設老朽化対策の1策、検討会議の初会合。4月。 「対応を考え直さないと大変なことになる」と大変な声があふく。

続く落下事故

訓示を述べた松井一実。まさに「連鎖」だった。市長は最後に「きを前」た。5月、老朽化した。 「お盆が近いから、コンクリート片が落ちる事故が3件続いた。最初は7日、締めくくりにやめてほしい」と。 橋やトンネルなら高24メートルの塊が、6メートル下の度経済成長期集約的宮島街道を走行していたワゴン車後部の屋根

を直撃した。昨年10月の目視点検で異常は確認されていなかった。 陸橋の裏側には、落下防止用の防護ネットは急ぎ足。自転車での

登下校で毎日通る広島工大高1年生森一真君(16)は「事故後はちょっと急いで通り抜けた」と話した。

広島大学の藤井聖教授(維持管理工学)は「高度経済成長期は、いかに初期投資を抑え、早く安く運営を重視した時代。維持管理の視点はそもそもなかったのだ」と指摘する。



「7日」した事故は広島県内の各地で起きていく。県が管理する安野トンネル(安芸太田町)。昨年、内蔵のコンクリート片が落下、車を直撃した。老朽化した水道管が破裂した事故も増え、昨年は安芸高田市で約700世

クリック。 広島市で相次いだ橋からのコンクリート片落下事故。5月7日、下にあるマツタの倉庫の屋根に穴を開けた。約24メートルのコンクリート片が落ち、ワゴン車の屋根を損傷。15日には仁保橋(南区)で欄干の台座が割れ、2メートル下の公園や建物などがあつたりする135本の緊急点検を本年度内に終える方針でいる。

帯が断水。尾道市でも事故で約100世帯に影響が出た。 更新に19兆円 国土交通省は、道路や下水道などインフラの更新には今後50年で190兆円が必要と推計する。各自治体は財政難の中、多額の費用を注ぐ更新ではなく、計画的な点検で損傷を見つければ、予防的に補修を進める維持管理にシフトする。 日本鋼管(現JFE)が死んだ昨年12月の中央自動車道笹子トンネルの天井板崩落事

た福山市。昨年度からの5年間で水道管125キロの更新に迫られる。事業費は約100億円に上るといふ。 人材不足も深刻だ。 国土省が実施したアンケートによると、全国の町の5割、村の7割で専門知識を持った土木技術職員はゼロ。9人が死亡した昨年12月の中央自動車道笹子トンネルの天井板崩落事

た福山市。昨年度からの5年間で水道管125キロの更新に迫られる。事業費は約100億円に上るといふ。 人材不足も深刻だ。 国土省が実施したアンケートによると、全国の町の5割、村の7割で専門知識を持った土木技術職員はゼロ。9人が死亡した昨年12月の中央自動車道笹子トンネルの天井板崩落事





# 広島道高架からコンクリ片

## 対策見直し求める声

# 目視点検9カ月後に落下

平成29年6月14日  
中国新聞記事  
広島高速道路高架橋からのコンクリート片の落下

コンクリート片が落下した広島自動車道の高架橋で、めくれた遮断防止シートを撤去する作業員 (13日午前10時23分)



中国地方の高速道路でのコンクリート片落下の主な事例

17年7月	広島市東区江の川の河川敷に、中国自動車道の橋から17個(最大0.830kg)落下。結果確認は約17個が落ちていたのが見つかる。
19年1月	広島県安芸高松市の中国自動車道(高松川上流)から4個、1.1kg(最大0.830kg)落下。確認は約17個が落ちていたのが見つかる。
19年2月	山口市小郡上郷の中国自動車道(安芸川下流)から約9個、重量約240kgのコンクリート片が落ちていたのが見つかる。
13年	下松市末成上の広島自動車道上の橋の床版(幅約40m)下の4個(最大1.6kg)落下。結果確認は約1.2kg(最大0.830kg)が落ちていたのが見つかる。
15年8月	広島市西区(保津川の広島自動車道)から約24個のコンクリート片が落ちていたのが見つかる。最大0.830kg(重量)と長さ7～8cm、厚さ約3cm。
18年	広島市東区(江の川の広島自動車道)から約24個のコンクリート片が落ちていたのが見つかる。最大0.830kg(重量)と長さ7～8cm、厚さ約3cm。

広島市安佐南区のアストラライン(中央)高架橋の橋下には広島自動車道の高架橋(2007年)から落下したコンクリート片が約5000個見つかっている。目視点検は、2015年に実施された。落下したコンクリート片は、目視点検で確認されたコンクリートの落下原因を調査する。調査の結果、落下原因は、コンクリートの劣化による落下が相次ぐ中、目視点検の不徹底が原因と見られる。目視点検は、目視で確認できないコンクリートの劣化を把握するために実施されている。

目視点検は、目視で確認できないコンクリートの劣化を把握するために実施されている。目視点検は、目視で確認できないコンクリートの劣化を把握するために実施されている。目視点検は、目視で確認できないコンクリートの劣化を把握するために実施されている。目視点検は、目視で確認できないコンクリートの劣化を把握するために実施されている。

目視点検は、目視で確認できないコンクリートの劣化を把握するために実施されている。目視点検は、目視で確認できないコンクリートの劣化を把握するために実施されている。目視点検は、目視で確認できないコンクリートの劣化を把握するために実施されている。目視点検は、目視で確認できないコンクリートの劣化を把握するために実施されている。

費用は年間10億



# 鉄筋コンクリート梁 の主鉄筋の腐食



# ①劣化鉄筋コンクリート床版を有する 鋼主桁橋

1973年建設

かぶりコンクリートの剥落と鉄筋腐食

エフロレッセンスなし(貫通ひび割れなし)





## ②健全な床版を有するRC床版鋼桁橋

1978年建設  
(30年経過)

かぶりコンクリート  
が健全





五日市  
Itsukaichi  
31 出口  
EXIT 500m

本線  
THRU TRAFFIC

2013/05/03 13:42

# 昭和35年(1960)～昭和50年(1975)代初めに建設されたコンクリート構造物に劣化が集中

この時期、日本は高度経済成長時代、建設ブーム  
東京オリンピック(昭39)、東海道新幹線、  
名神、東名高速道路、黒部第四ダム、首都、阪神高速道路、万博  
(1970)、山陽新幹線(1973, '74)

日本1国でこの15年間に消費されたセメント量：  
欧米の100年分の消費量に相当

コンクリートの大量生産：生コン、コンクリートポンプの出現  
建設の合理化→省力化→分業化→管理体制の崩壊→  
無責任状態→粗製乱造のコンクリート構造物の大量生産

河川産骨材の枯渇→海砂、山砂、碎石、細砂等の使用、

# コンクリートポンプの出現

## 初期のポンプ:

スランプの大きい、やわらかいコンクリートでないとパイプ閉塞を起こして圧送が困難だった。

→ 単位水量の増大

現場での加水 → 水セメント比W/Cの増大

単位水量の大きいコンクリートやW/Cの大きいコンクリート → ブリージングが大



# 30年以内に南海トラフ地震が発生する確率が極めて高い

東京都直下型地震の発生は4年以内に70%の確率

このまま社会インフラ施設を使い続ければ、大きな災害に耐えうることは難しい。

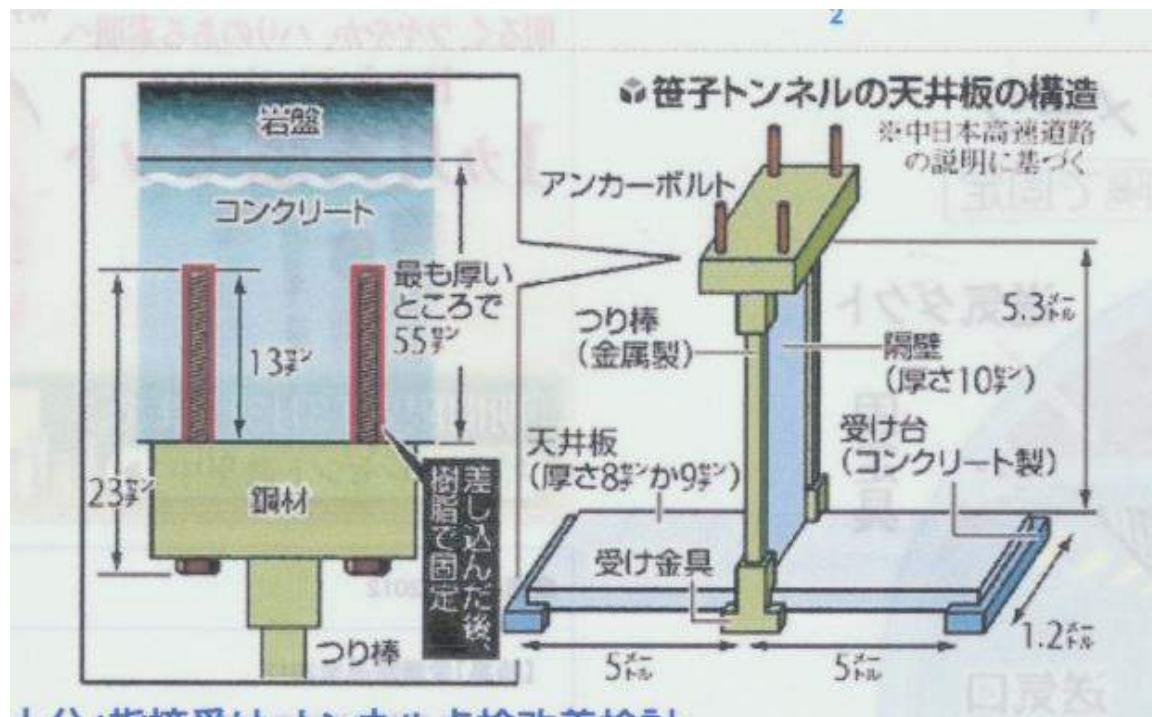
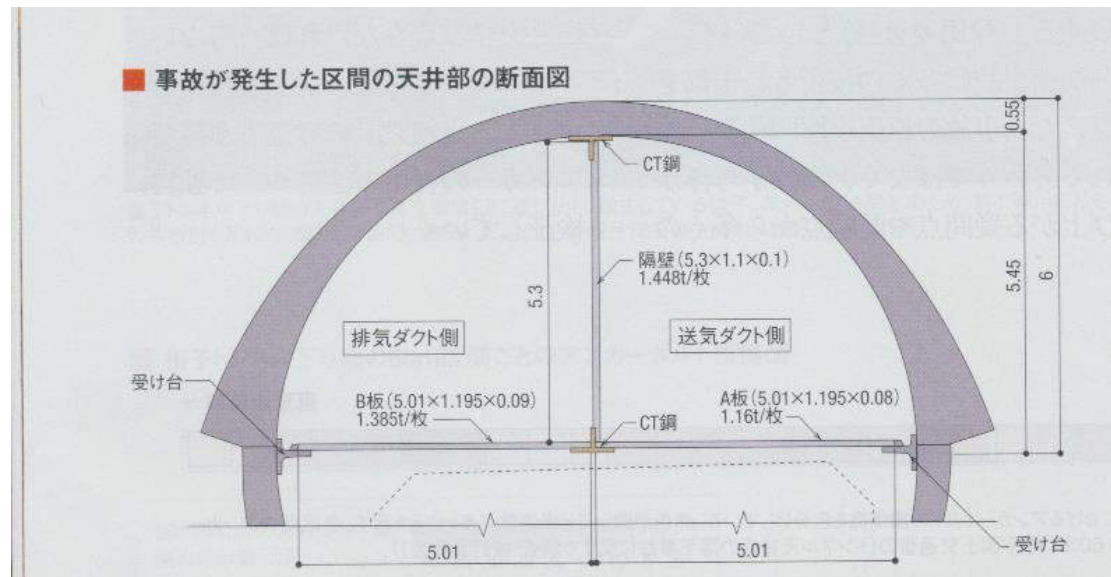
特に建設してから50年を経過する老朽化した構造物が急速に増大。

住みよい社会、国民を守るためにも低コストで耐久性のある構造物の長寿命化開発が新設、既設どちらにも必要。

# 笹子トンネル アンカーボルト引き抜け

樹脂が劣化  
NATM工法  
二次ライニング  
コンクリート  
はほとんど応  
力が生じない  
として弱いコン  
クリートで施工

(株)米倉社会インフラ技術研究所



# 以上の橋梁やトンネル等の劣化事例から その原因について考えられること

**橋梁の劣化：鉄筋腐食、かぶりコンクリートの剥落の原因**  
⇒かぶりが多孔質のため、ここから空気や雨水が侵入、  
鉄筋が腐食して、元の体積の2.5倍程度まで膨張し、その  
膨張圧でかぶりコンクリートが剥落、その後、鉄筋腐食が  
一層促進されて、構造物の劣化が促進された。

**対策：かぶりコンクリートを密実にして、空気や雨水の侵  
入を防ぐ。建設時から水セメント比が小さいコンクリートで、  
湿潤養生を十分する施工をする。**

**補修方法：断面修復工、表面被覆工、橋面防水工、電気防食工等  
いろいろある。**

**トンネル：二次覆工コンクリートはW/Cが大きい弱いコン  
クリート**



# コンクリート表面の汚れ

(W/Cの大きい弱いコンクリートで湿潤養生を十分していない場合に生じる:多孔質)

**カビ・コケによる汚れ**:コンクリート構造物表面がスポンジのように多孔質であるため、雨水を保水し易く、天気になれば水分が蒸発しやすい。水分が無くなるとカビ・コケが死滅してその死骸が表面に付着する。その死骸をエサとする新たなカビ・コケが表面に付着する。その繰り返しで、コンクリート表面が黒く汚れていく。このようなコンクリートは空気や水も侵入しやすい。⇒**コンクリート構造物の劣化**

# 100m平和大通りの「祈りの手」の像 (鉄筋コンクリート製)H29.11.14撮影



カビ・コケによる  
黒い汚れが全  
面に発生してい  
る

# 原爆死没者慰霊碑（御影石製）

H29.11.14 撮影 後ろに「平和の灯」、原爆ドームが見える





広島平和公園  
原爆死没者慰霊碑(1952年)



1952年建立当初はRC造であったが、  
老朽化のためか1985年御影石製に  
取り換えられている





2017年 平和の灯 健全度調査



補修試験 平成29年(2017)1月

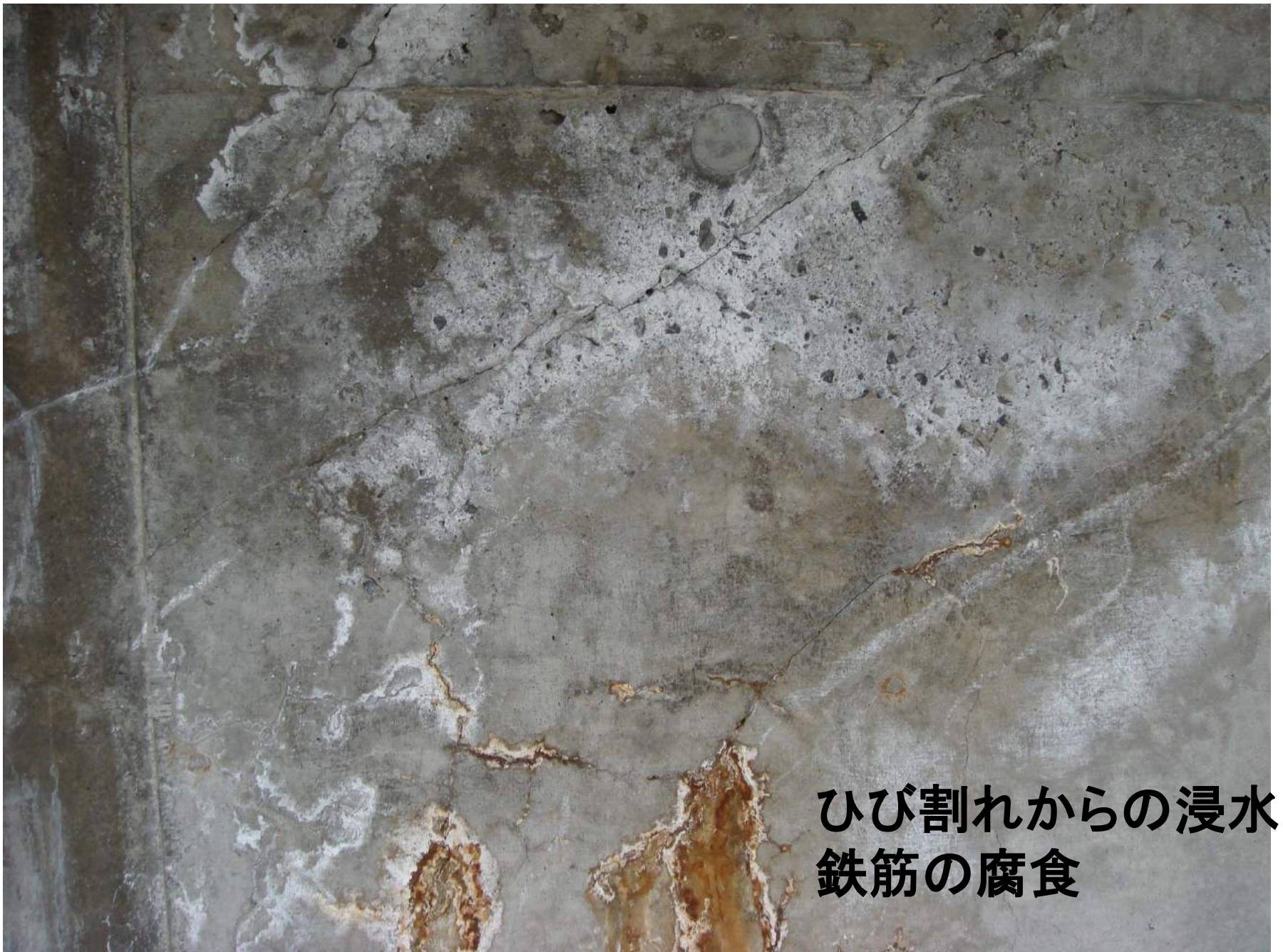


高圧洗浄実施状況



ジョイント部からの漏水、  
高欄コンクリートの劣化、






**ひび割れからの浸水  
鉄筋の腐食**





**弱いコンクリート、ひび割れ、析出物、**

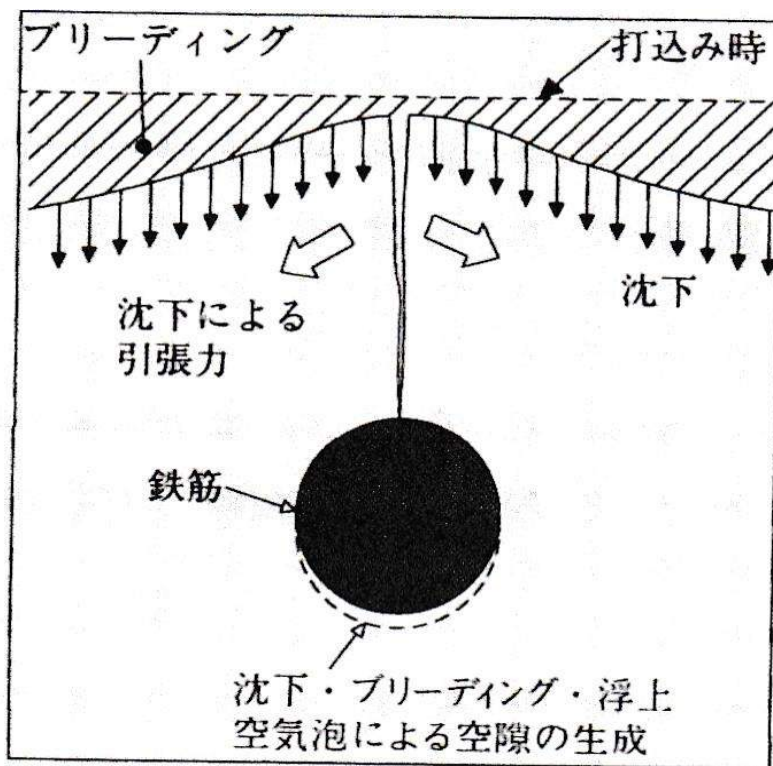


良いコンク  
リート、汚れ  
ない



# ブリージングによる沈下ひび割れ(弱いコンクリート)

ブリージング終了後にこてで表面をタンピングしてこのひび割れを除去していないと下の階への漏水が生じる



ブリーディングによる悪影響  
(日本コンクリート工学協会編/発行『コンクリート技術の要点 '03』 p.60, 2003)

# 上の階からの漏水補修







# ブリージングによる砂道

ブリージング水が水平なセパレーターの下に溜まり、そこが空隙となつて、水道が出来ており、漏水している。コンクリート打設後、数時間後に再振動締め固めをするべきであった。





# 橋脚打ち継ぎ目からの漏水

## ブリージングによるレイタンスを除去せずに打ち継いだ場合の漏水



# 建設時、建設直後のひび割れ

## ブリージングによる沈下ひび割れ

### 三径間連続桁鉄筋コンクリート床版の橋軸 直角方向ひび割れ

### トンネルの温度応力や乾燥収縮によるひび割れ

### 橋脚の温度応力や乾燥収縮によるひび割れ

# コンクリート構造物の劣化に共通した原因

外部から空気や水がコンクリート中に浸入してくるために生じる。

① **コンクリートの中酸化**：空気中の  $\text{CO}_2$  が水分に溶け込んで  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  と反応して pH が低下する化学反応。

② **コンクリート中の鉄筋腐食**：水分に溶け込んだ酸素と鉄筋との酸化反応。

③ **アルカリ骨材反応**：コンクリート中に浸入してきた水分によって膨張ひび割れを生じる。

④ **凍害**：コンクリート中に浸入してきた水分が凍結することによって生じる。