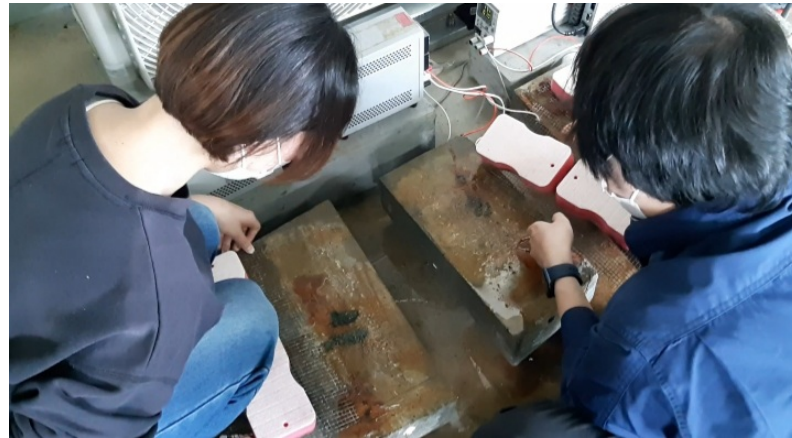
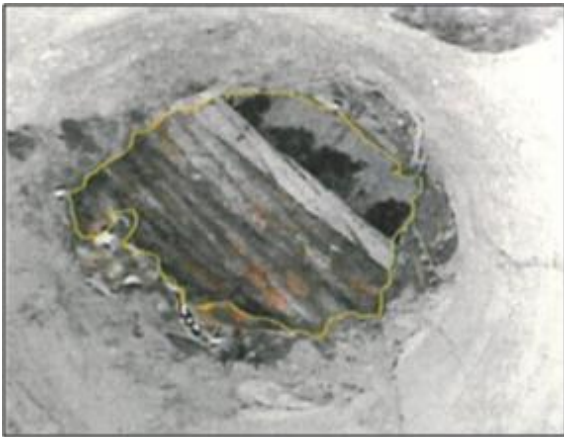
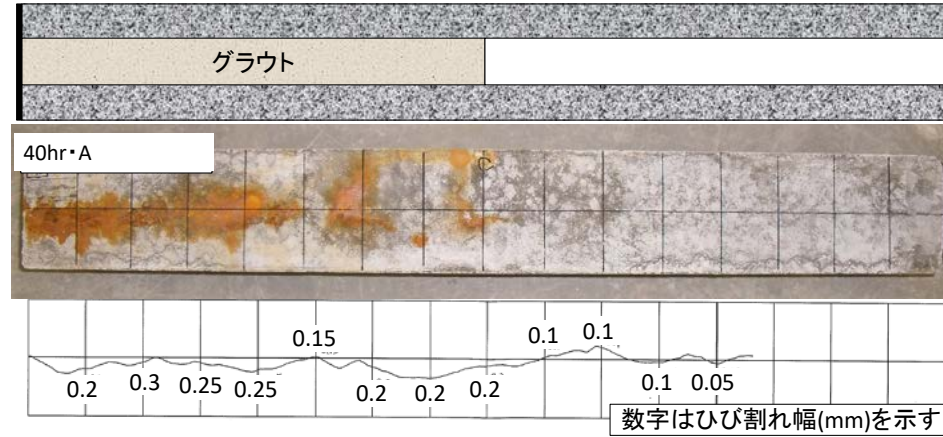


# 軸方向ひび割れとグラウト充填状況に関する研究事例

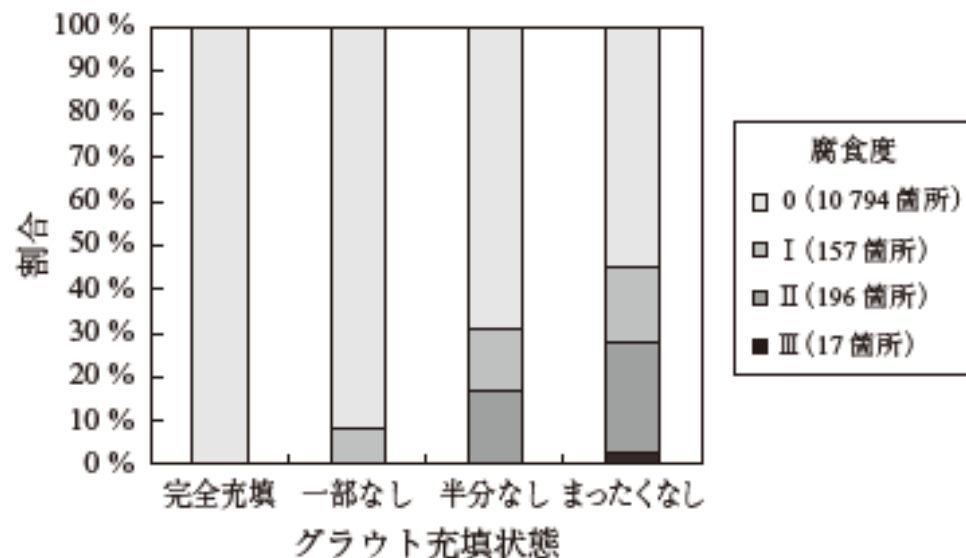


高知工業高等専門学校 准教授 近藤拓也

## 【自己紹介】

- 2001年4月～2015年3月 西日本旅客鉄道（株）  
主として、橋梁（鋼・コンクリート）の  
維持管理業務・技術開発等に従事
- （2009年4月～2012年3月 京都大学大学院工学研究科）  
ポストテンション方式鉄道PC構造物の腐食に着目した  
維持管理方法に関する研究
- 2015年4月～ 高知工業高等専門学校 准教授
- 学位 博士（工学）（2012年 京都大学）

## 【１． PC構造物の変状】



| 腐食度 | 概要                                                                                                |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ⅲ   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 表面に凹凸が確認できるもの</li> <li>• 層状の腐食生成物が表面全体に存在するもの</li> </ul> |
| Ⅱ   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 表面に凹凸が確認できるもの</li> <li>• 層状の腐食生成物が存在するもの</li> </ul>      |
| Ⅰ   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 表面全体に錆は生じているものの、層状の錆は発生しておらず、かつ表面に凹凸が確認されないもの</li> </ul> |
| 0   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 表面に錆がほとんど発生していない状況、もしくは点錆程度の錆が生じている状況</li> </ul>         |

図-グラウト充填状況とPC鋼材腐食の関係例  
(湯浅ら-2016プレストレストコンクリート)

グラウトが完全に充填



ほぼ完全に防食機能を発揮

グラウト充填不良が存在



防食機能が低下

グラウト充填不良箇所の  
特定は重要

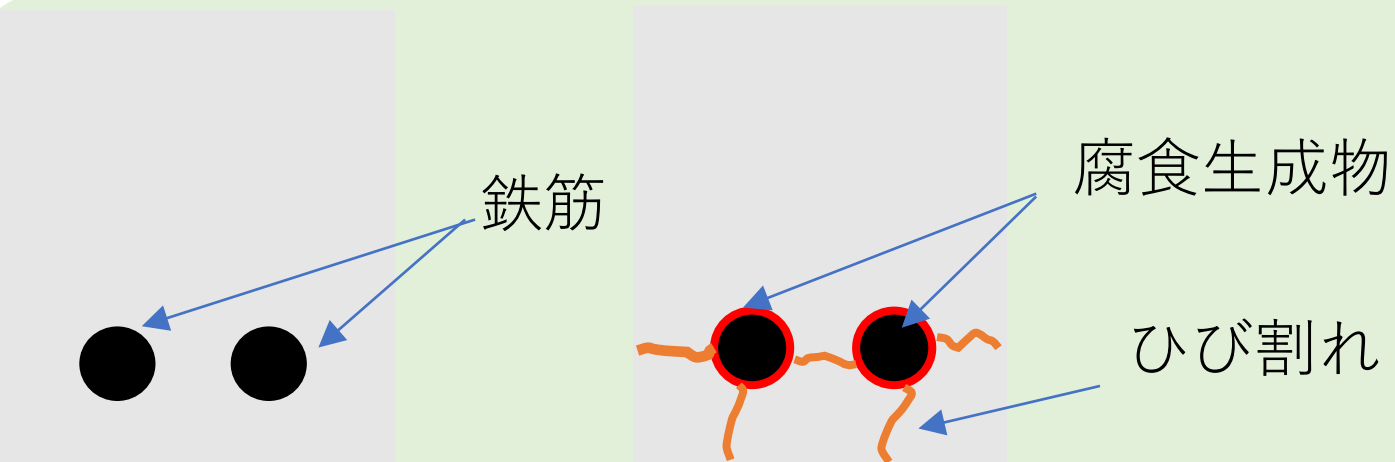
## 【1. PC構造物の変状】

### 腐食ひび割れの進展メカニズム

**RCの場合**

鉄筋が腐食すると、  
コンクリート表面にひび割れ

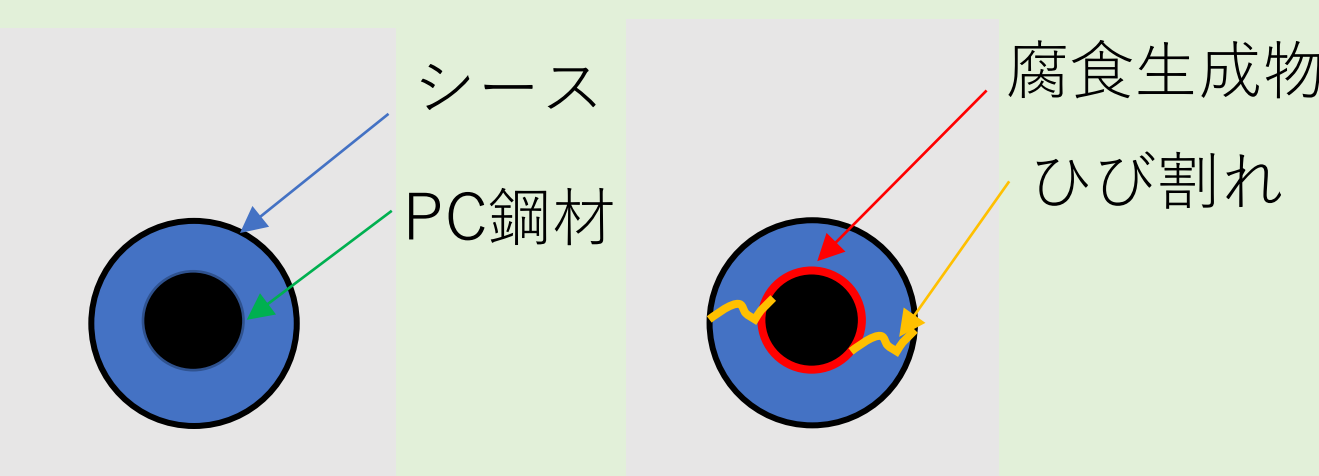
目視で異常に感づける



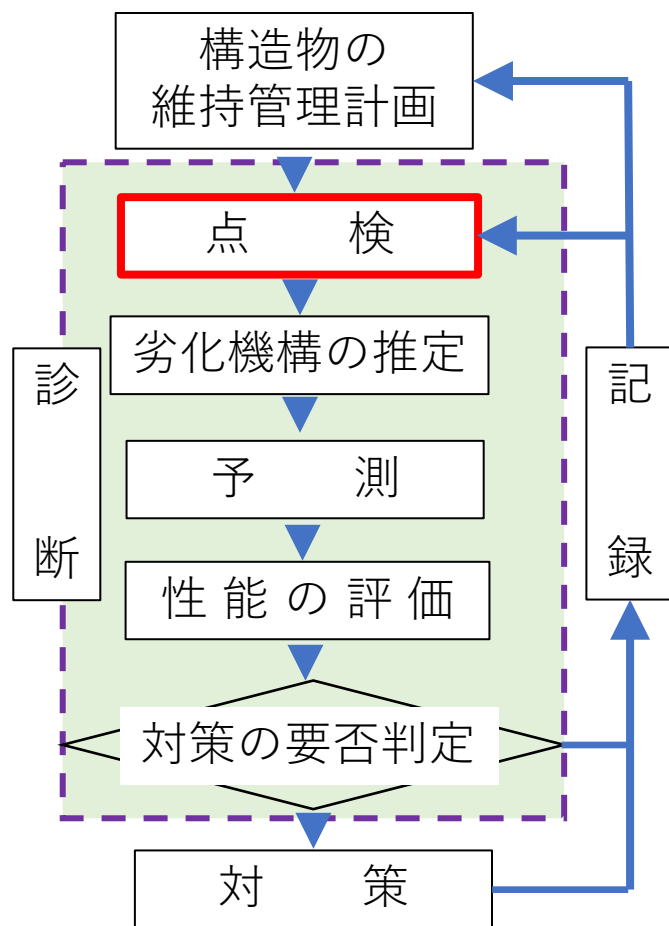
**PCの場合**

シースが鋼材由来の  
ひび割れをブロック

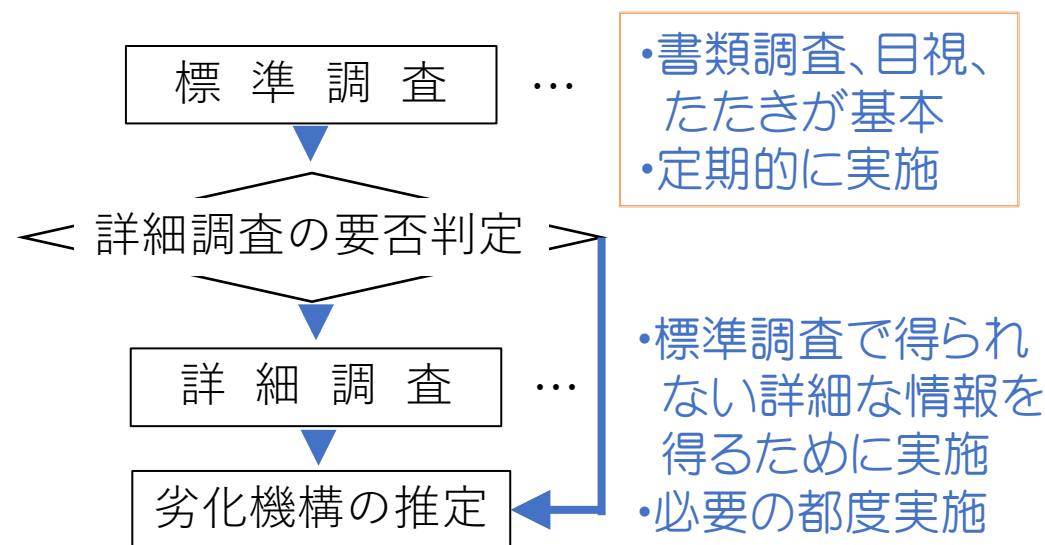
目視で異常に感づけない？



# 【1. PC構造物の変状】



構造物の維持管理の手順  
(土木学会：コンクリート標準示方書  
「維持管理編」より)



定期点検の手順  
(土木学会：コンクリート標準示方書  
「維持管理編」より)

・ 定期的に実施    ・ 簡便に実施  
グラウト充填不良箇所をひび割れ発生状況  
からスクリーニングできる技術の開発

## 【 1 . PC構造物の変状】



ポステンPCの軸方向ひび割れ発生事例

### 軸方向ひび割れの発生原因

- ・ グラウト充填不足部分に存在する水の凍結膨張圧
- ・ シースやPC鋼材の腐食



(ひび割れの発生が必要であるが)

これらの発生条件を整理することにより  
グラウト充填状況のある程度整理する  
ことができるのでは？

## 【2. PC構造物の腐食とひび割れ】

### 腐食に起因するひび割れ要因 (1)

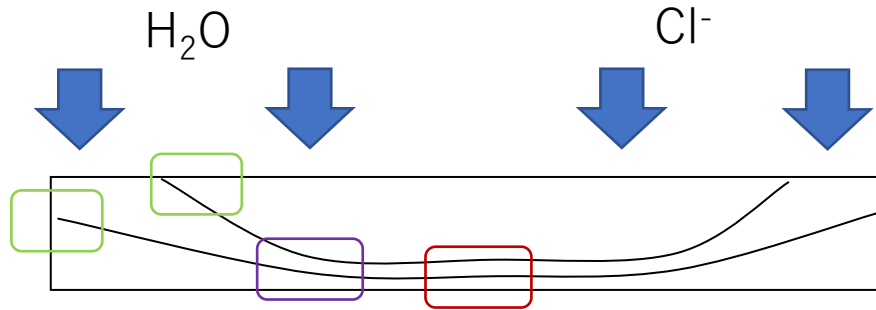


図-シース内空隙部への劣化因子の侵入模式図

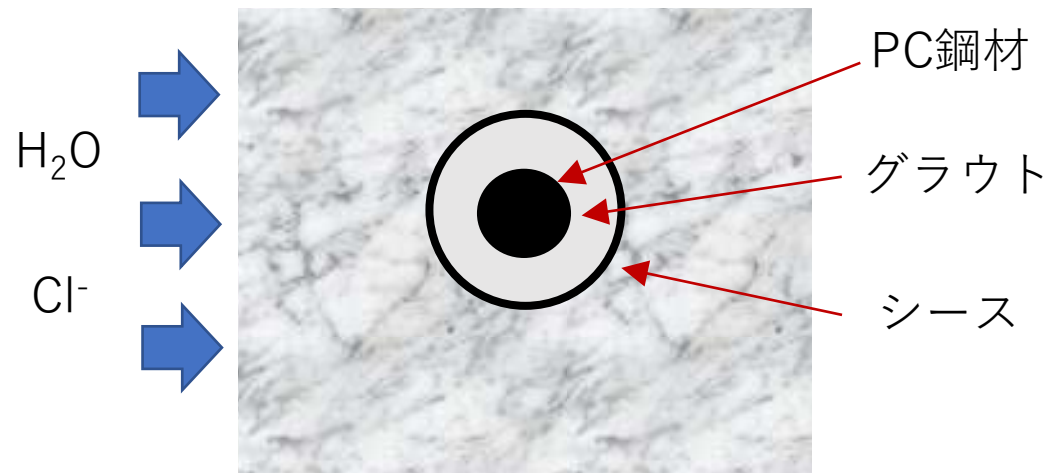
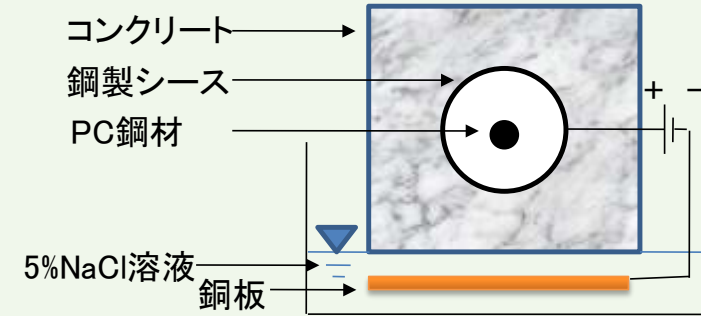
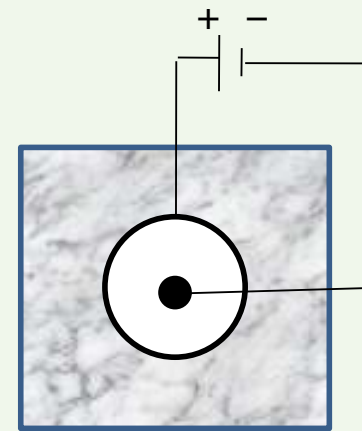


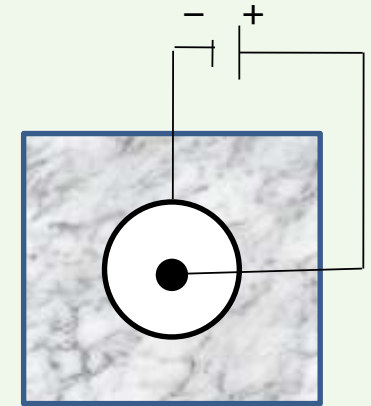
図-PC鋼材付近断面図



(a)鋼製シース電食回路【外側から腐食】



(b)鋼製シース電食回路  
【内側から腐食】

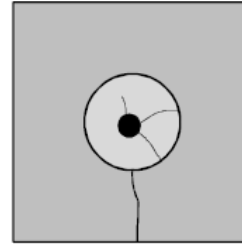
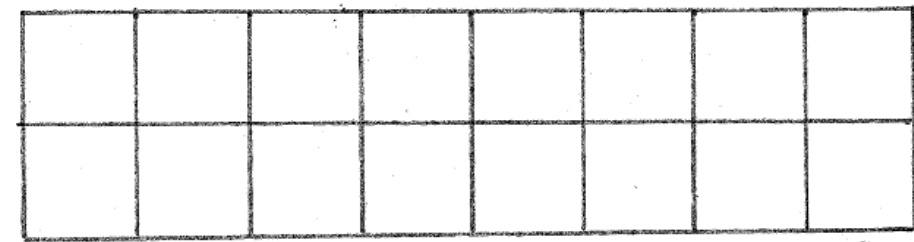
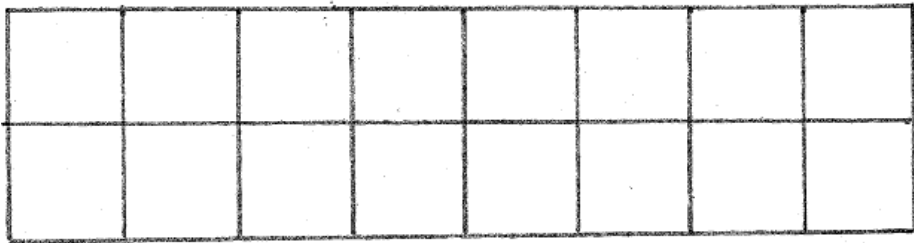
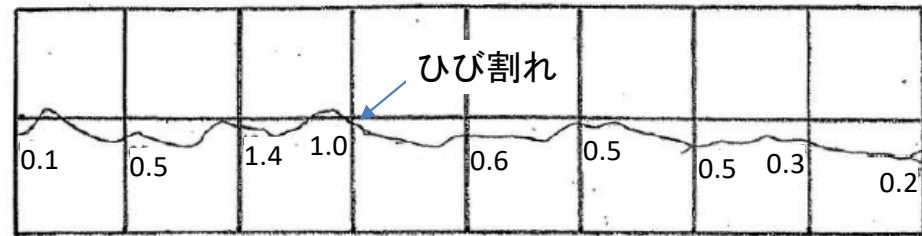


(c)PC鋼材電食回路

図-試験模式図（腐食とひび割れの関係）

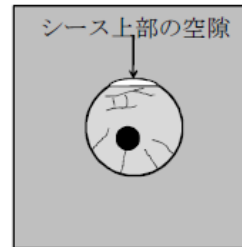
## 【2. PC構造物の腐食とひび割れ】

### 腐食に起因するひび割れ要因（2）



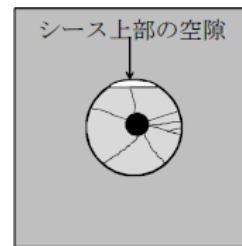
シース外側腐食

コンクリート表面に  
ひび割れ発生



シース内側腐食

ひび割れをシースが  
遮断

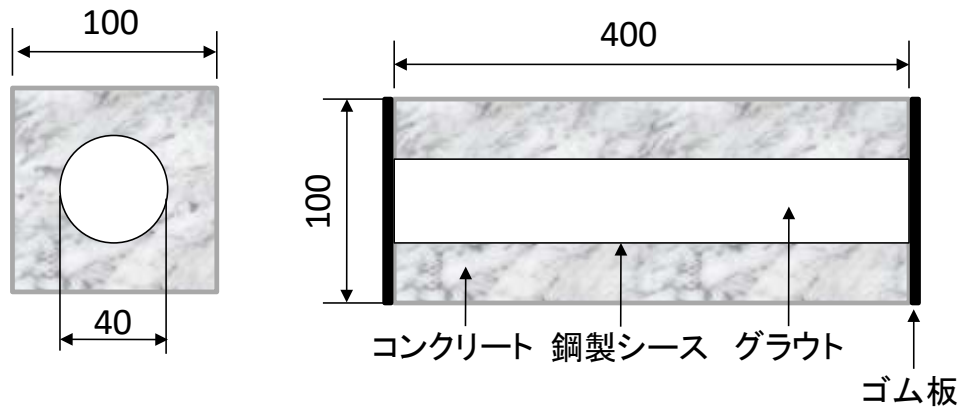


PC鋼材腐食

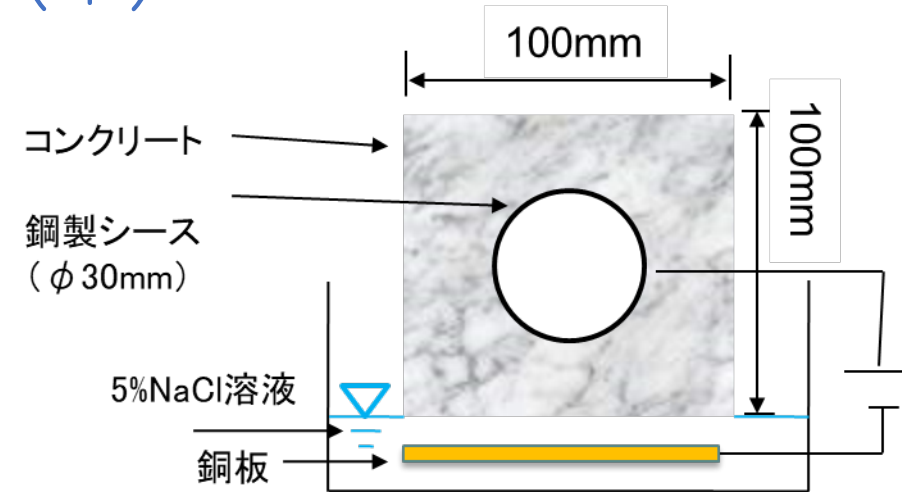
図－電食終了後の供試体状況の一例

## 【 2. PC構造物の腐食とひび割れ】

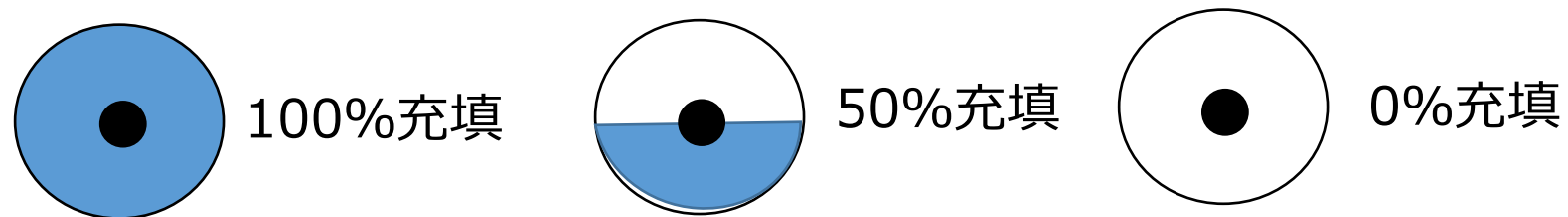
### 鋼製シース腐食とひび割れの関係（１）



図－供試体概要



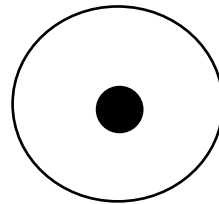
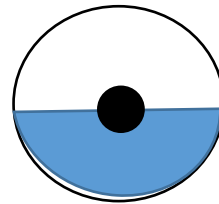
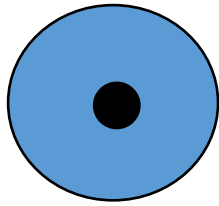
図－電食回路図



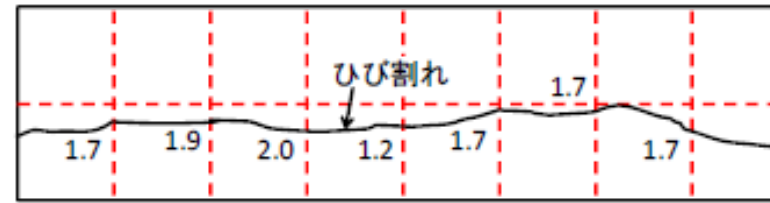
図－グラウト充填率

## 【2. PC構造物の腐食とひび割れ】

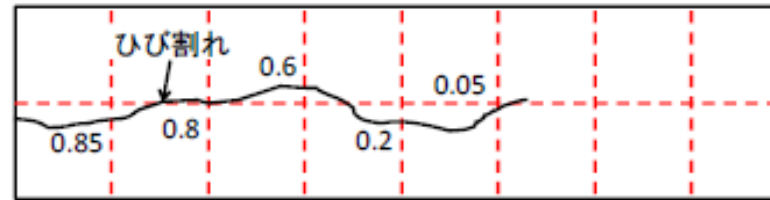
### 鋼製シース腐食とひび割れの関係（2）



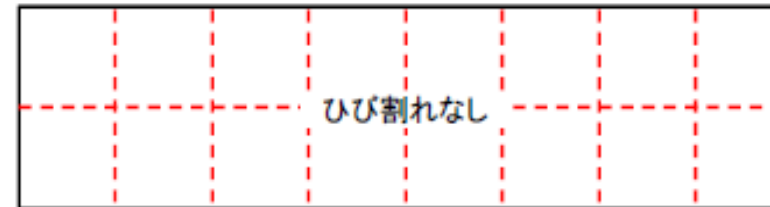
図－グラウト充填状況



グラウト充填率100%



グラウト充填率50%

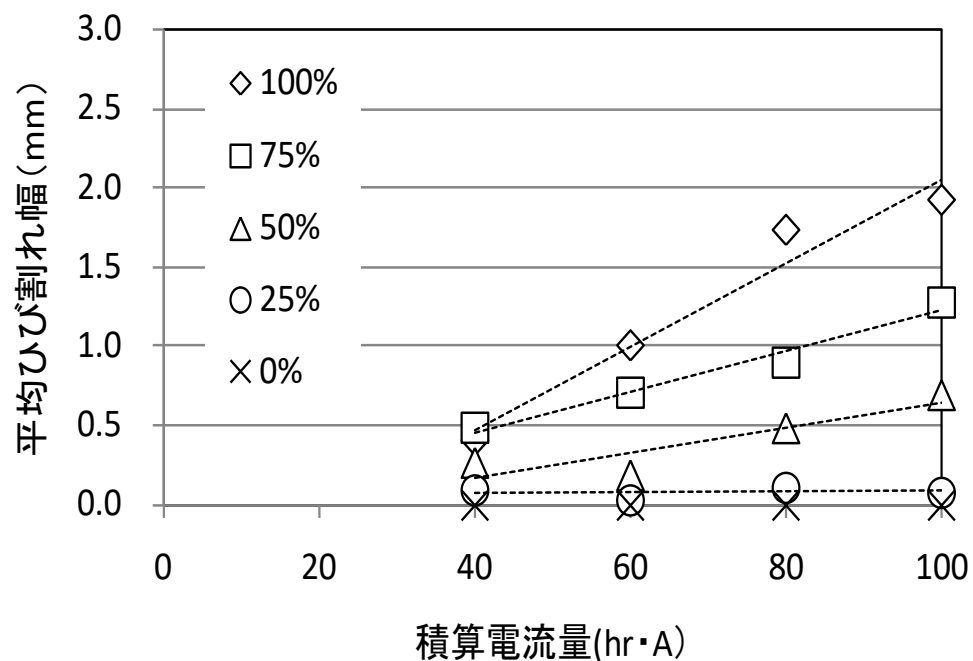


グラウト充填率0%

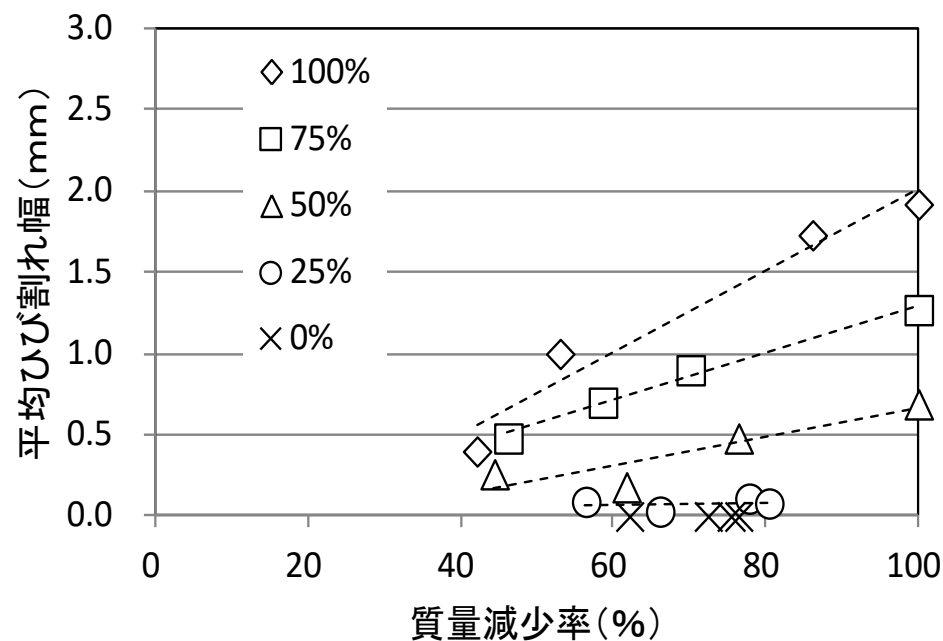
図－電食終了後の外観状況

## 【 2. PC構造物の腐食とひび割れ】

### 鋼製シース腐食とひび割れの関係 (3)



図一 積算電流量－平均ひび割れ幅

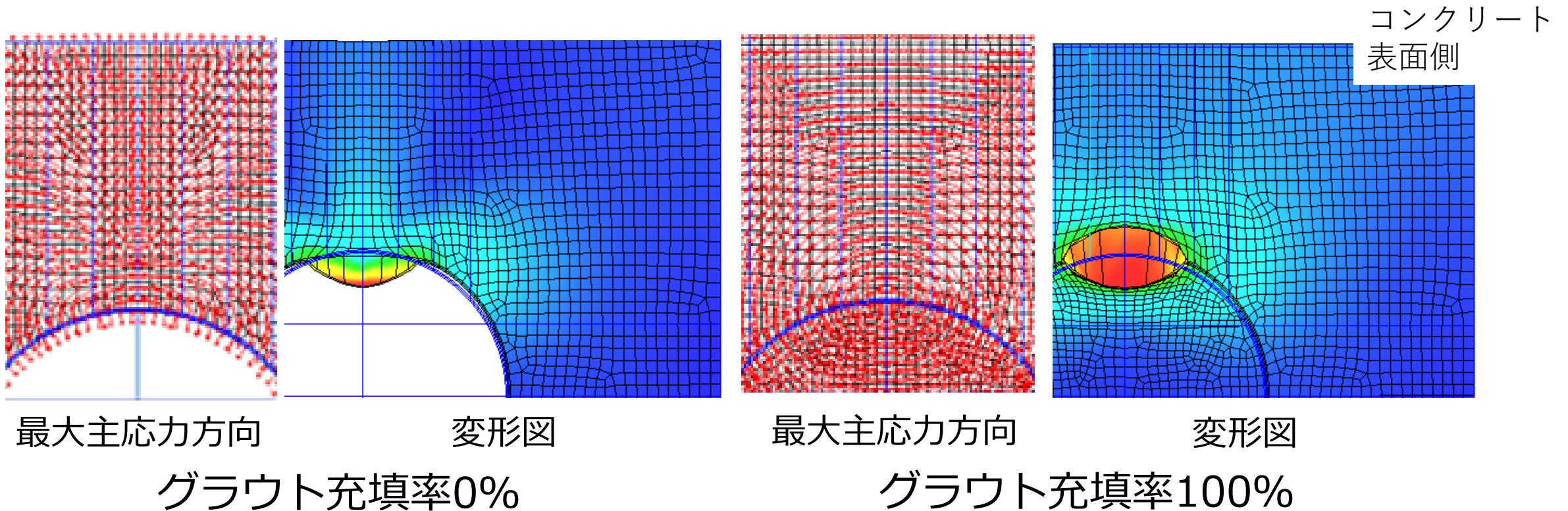


図一 シース質量減少率－平均ひび割れ幅

グラウト充填率大⇒シース腐食によりコンクリートに引張力を発生させやすい

## 【 2. PC構造物の腐食とひび割れ】

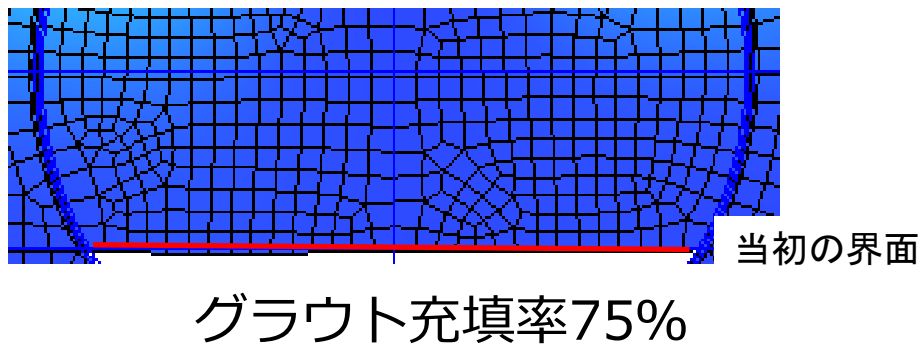
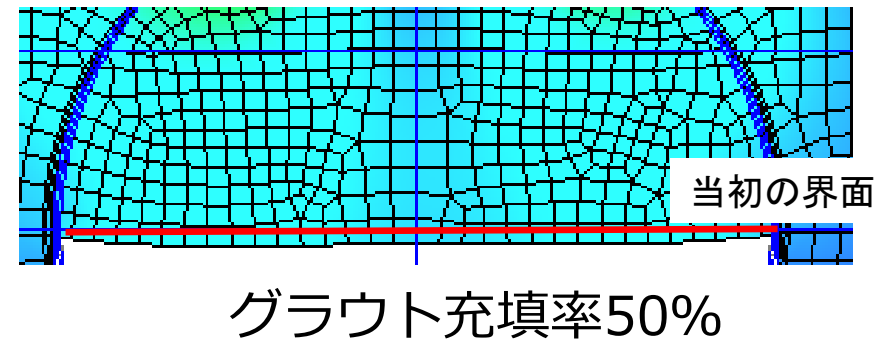
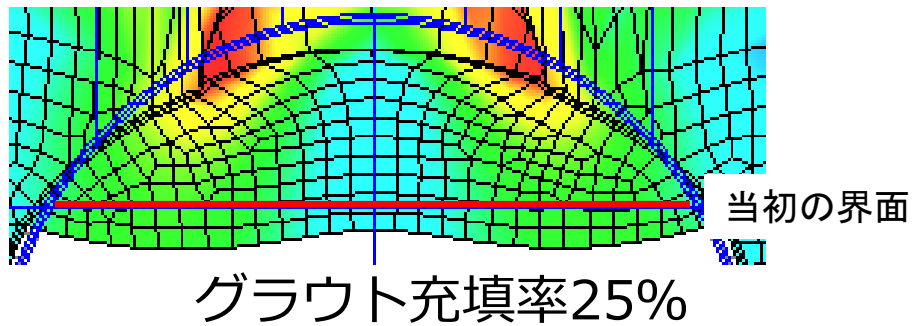
### 鋼製シース腐食とひび割れの関係（４）



グラウト充填率の違い⇒シース変形方向の違い⇒コンクリート作用力の違い

## 【2. PC構造物の腐食とひび割れ】

### 鋼製シース腐食とひび割れの関係（5）



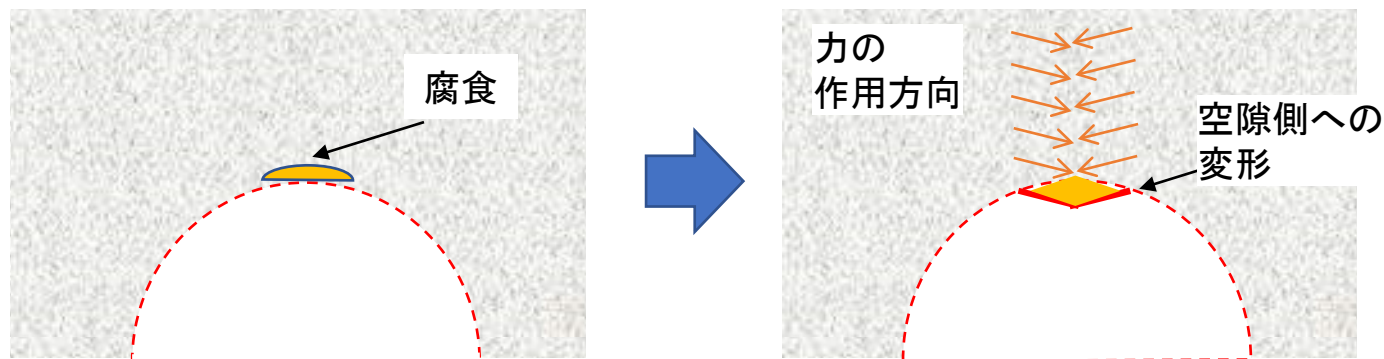
図－グラウト－空隙境界部の変形  
(塑性ひずみコンクリート表面到達時)

コンクリート表面ひび割れ発生以降の挙動に大きく影響？

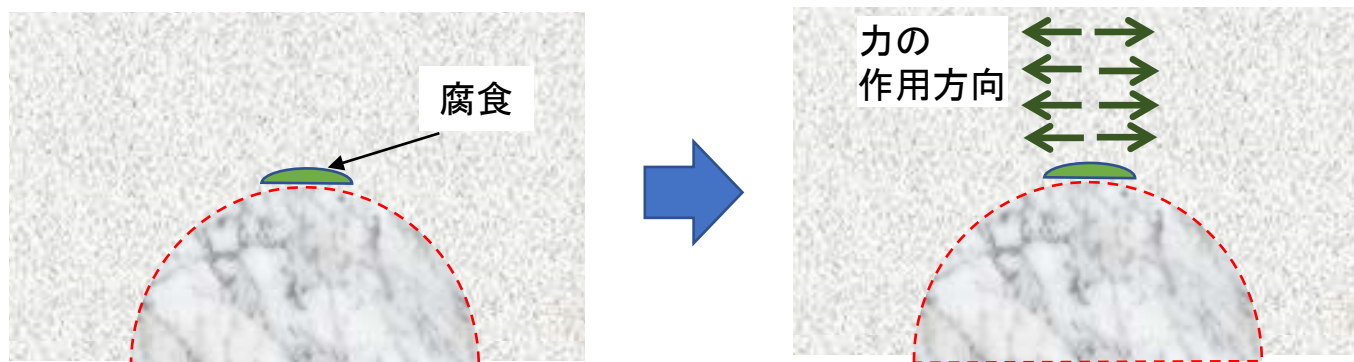
## 【 2. PC構造物の腐食とひび割れ】

### 鋼製シース腐食とひび割れの関係（6）

- グラウト充填とひび割れ発生の関係（コンクリート表面にひび割れが発生するまで）



グラウトが充填されていない場合



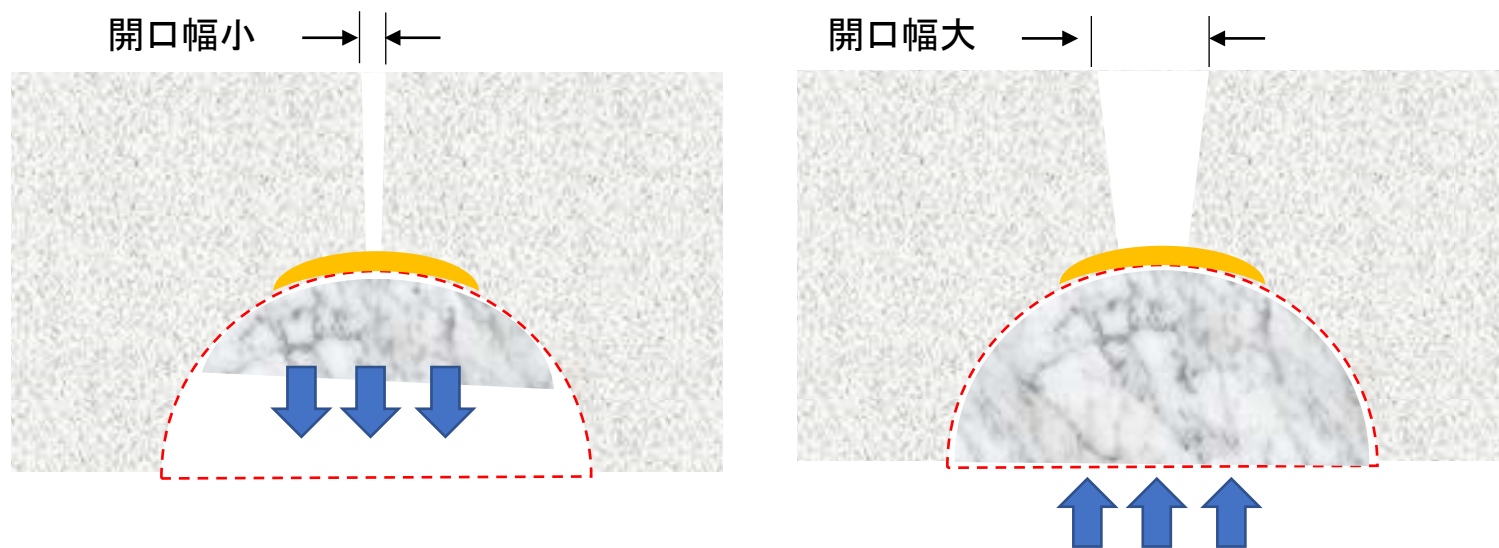
グラウトが充填されている場合

図ーシース腐食が生じた場合の腐食ひび割れ発生メカニズム

## 【 2. PC構造物の腐食とひび割れ】

### 鋼製シース腐食とひび割れの関係（7）

- グラウト充填とひび割れ発生の関係（ひび割れ発生以降）

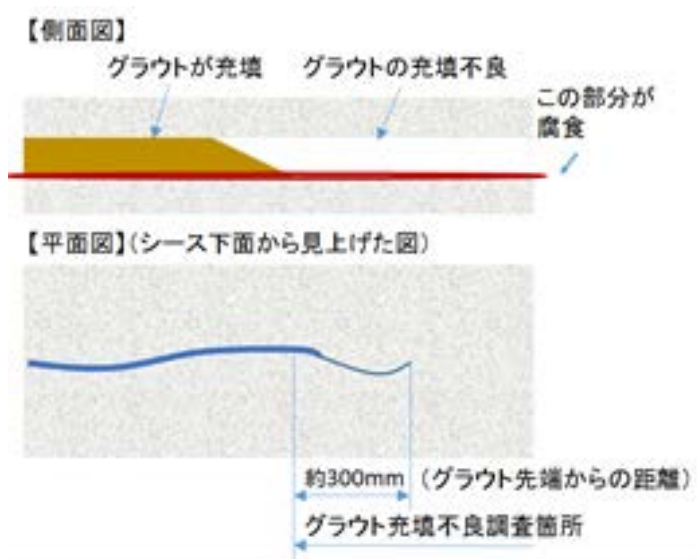


グラウト充填量が少ない場合    グラウトが充填されている場合

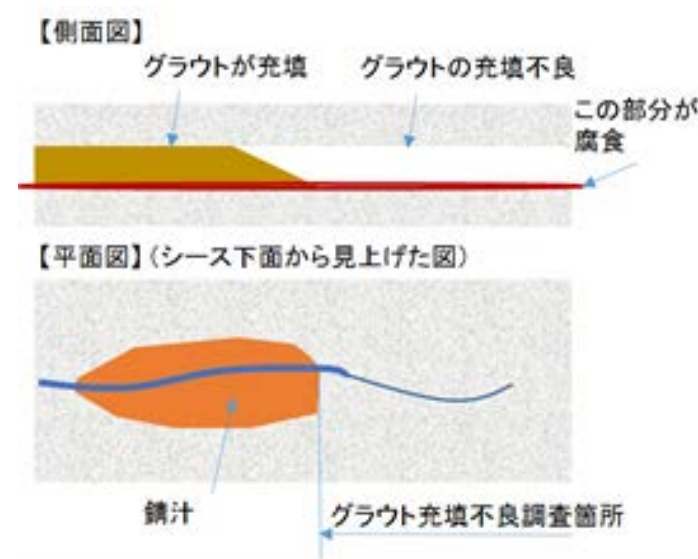
図一ひび割れ開口速度に与える影響要因

## 【2. PC構造物の腐食とひび割れ】

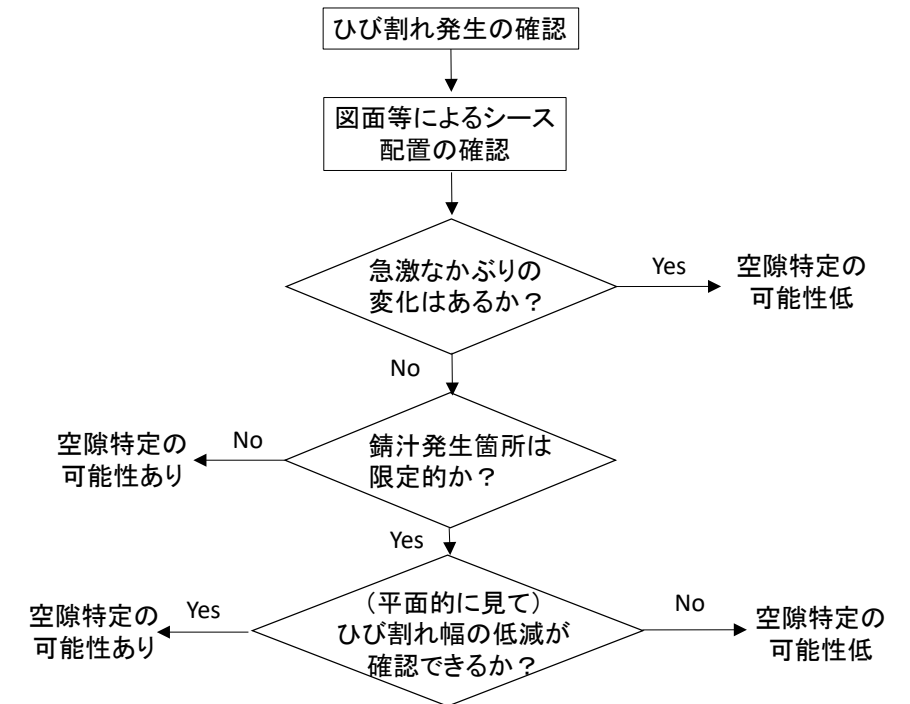
### 鋼製シース腐食とひび割れの関係（8）



グラウト充填調査方法1  
(ひび割れ幅に着目した方法)



グラウト充填調査方法2  
(錆汁に着目した方法)



コンクリート表面で確認されたひび割れから  
グラウト充填状況を簡易的に特定するフロー案

ひび割れ発生原因を鋼製シースと判断できる場合、  
グラウト充填状況をひび割れ発生状況から推定できるのでは？

### 【3. シース内滞留水の凍結とひび割れ】 予備試験

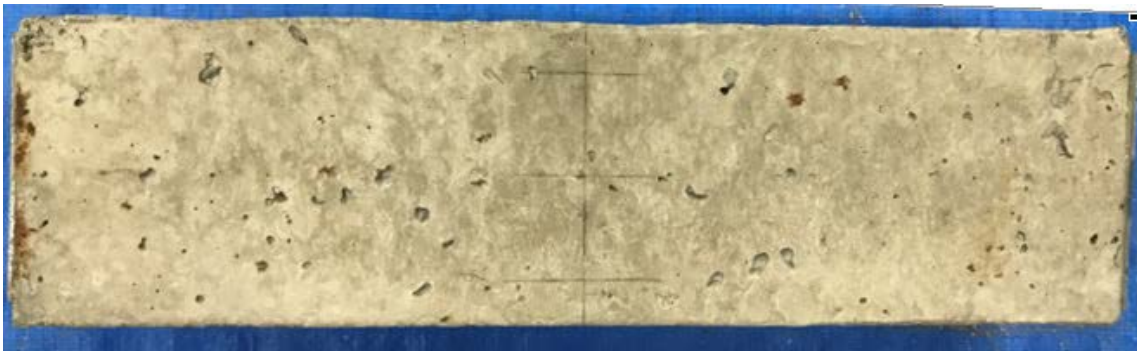
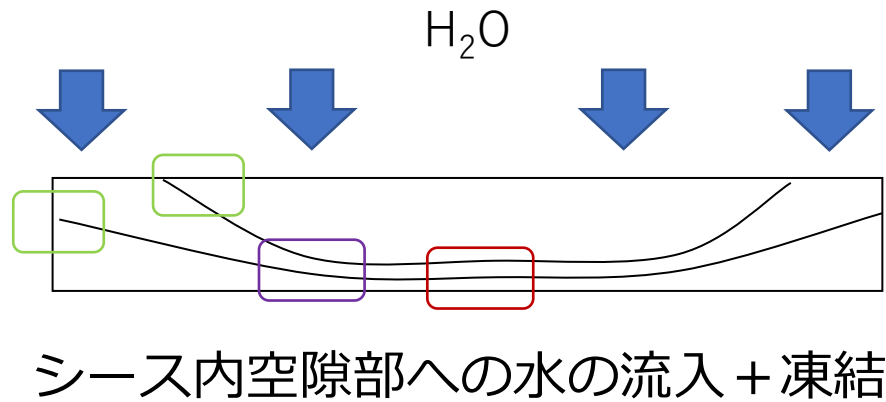


図 グラウトを充填した供試体

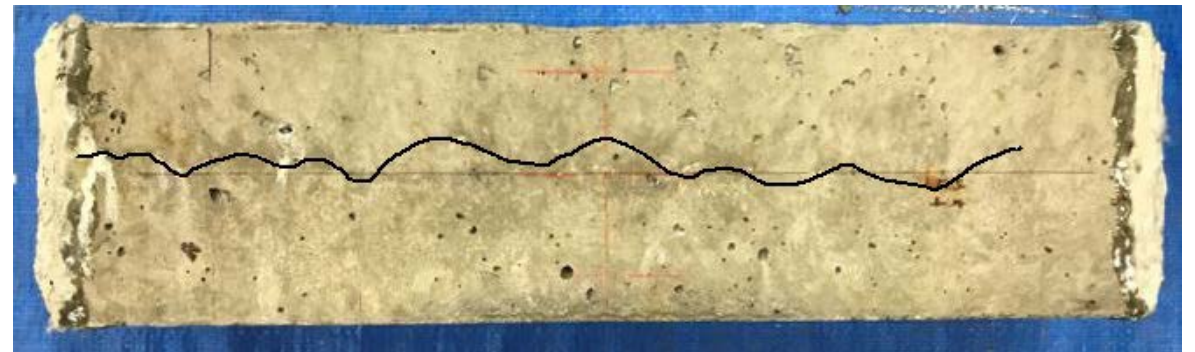
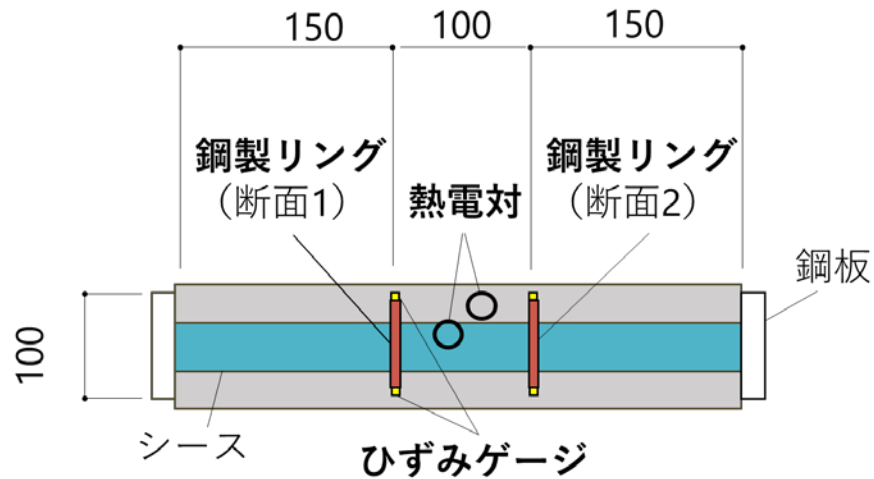


図 水を充填した供試体

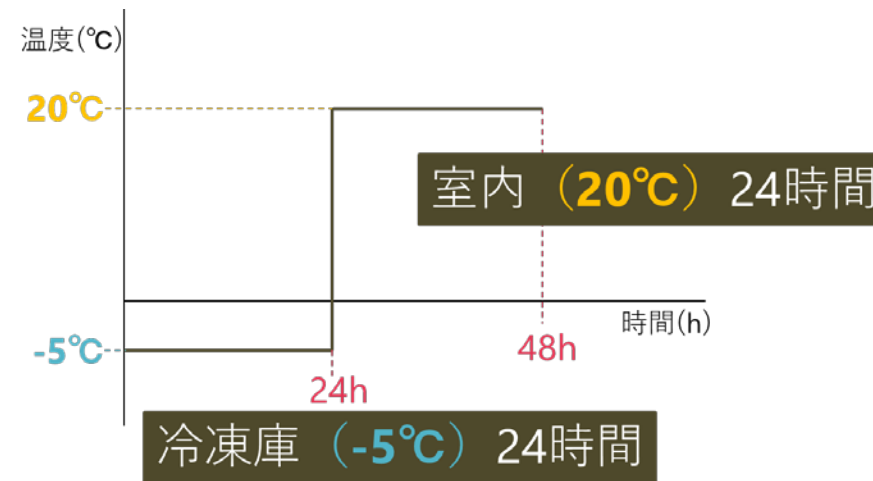
水 + 凍結でコンクリート表面にひび割れが発生

### 【3. シース内滞留水の凍結とひび割れ】

#### シース内の滞留水量と膨張圧の関係（1）



供試体概要図



温度サイクル



試験装置全景

### 【3. シース内滞留水の凍結とひび割れ】

#### シース内の滞留水量と膨張圧発生（2）

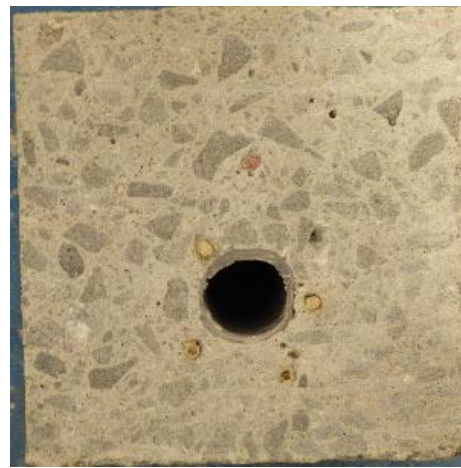


図-試験後のひび割れ発生状況  
(シース径40mm、水充填)

水の占める面積が大きいと  
ひび割れが発生



(径40mm、水充填)

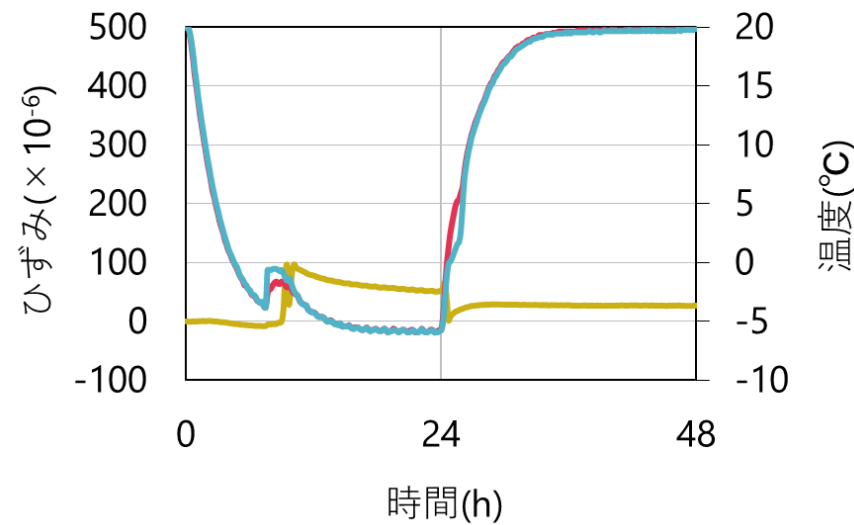
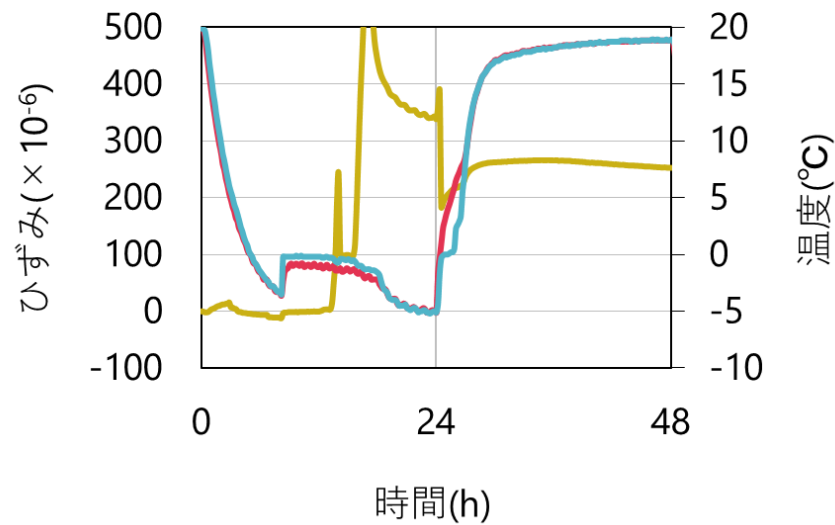


(径20mm、水充填)

供試体切断面の状況

### 【3. シース内滞留水の凍結とひび割れ】

#### シース内の滞留水量と膨張圧発生（3）



— 平均ひずみ — コンクリート温度 — シース内温度  
(径40mm、水充填) (径20mm、水充填)

水面積が大きい…✓潜熱発生期間が長い  
✓潜熱後期にコンクリートにひび割れが発生  
⇒膨張圧

### 【3. シース内滞留水の凍結とひび割れ】

#### シース内滞留水の凍結による膨張圧発生（4）

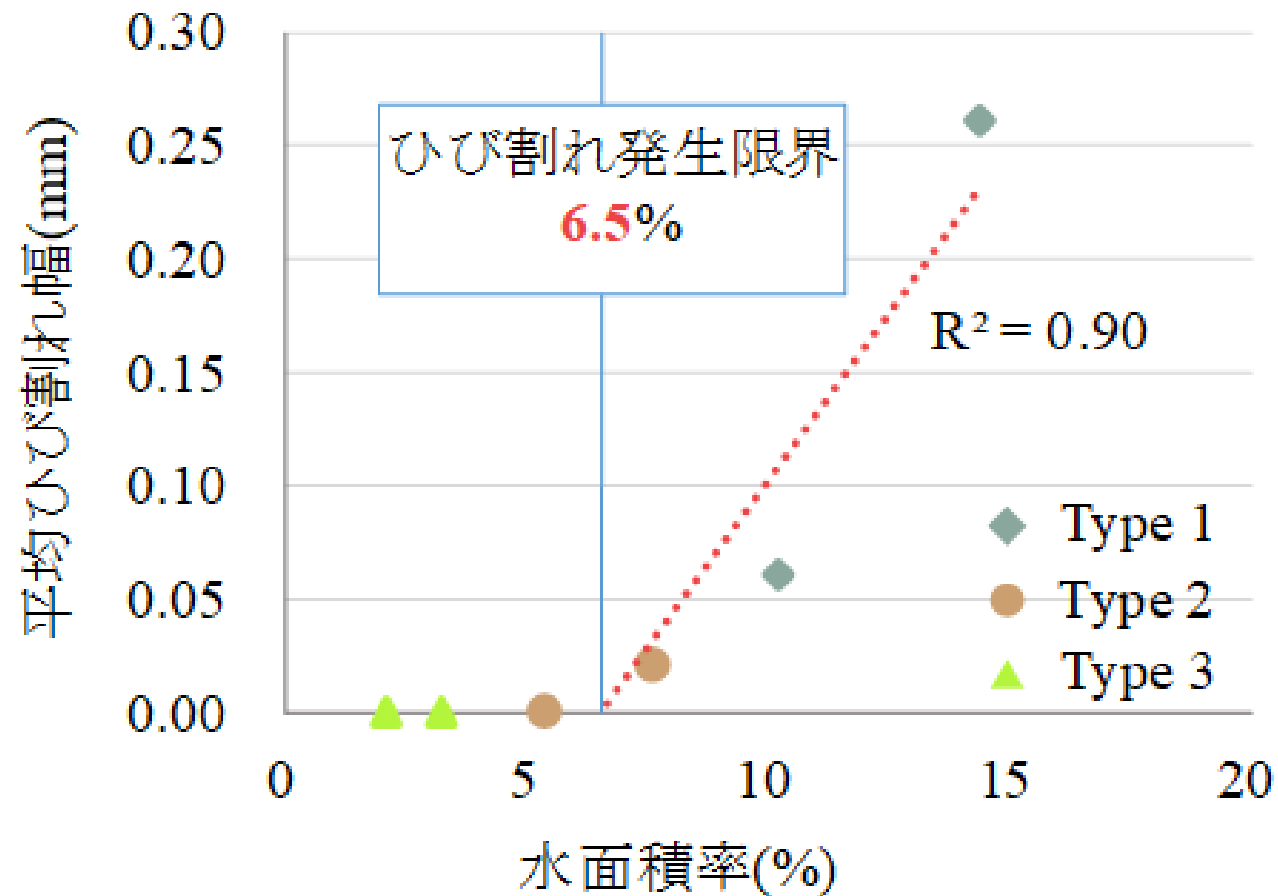


図-水面積率と平均ひび割れ幅の関係

供試体に占める水面積率が大きいと、ひび割れ大



実構造物では、

- ・ かぶり
- ・ 未充填グラウト

も考慮する必要がある？

### 【3. シース内滞留水の凍結とひび割れ】

#### シース内滞留水の凍結によるひび割れ発生条件（1）

シース内滞留水の凍結によるひび割れ

…鉄筋腐食によるひび割れと同じメカニズム？ =膨張圧？

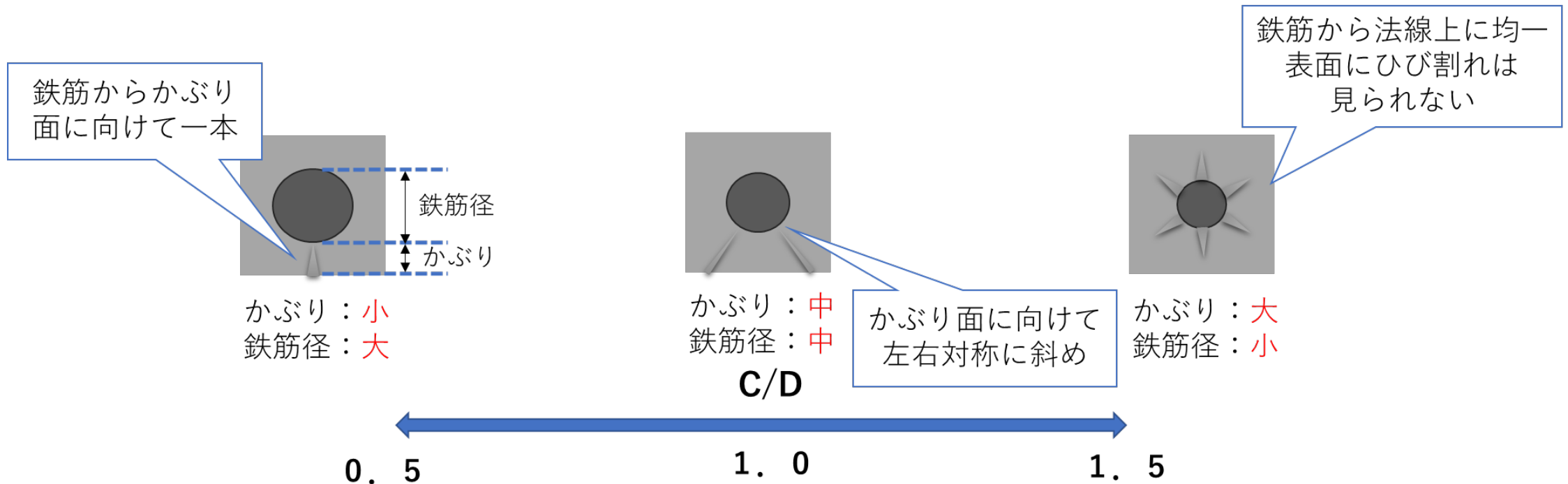


図 鉄筋腐食膨張圧によるひび割れ比

### 【3. シース内滞留水の凍結とひび割れ】

#### シース内滞留水の凍結によるひび割れ発生条件（2）

ポステン P C の場合…場所によっては充填不良グラウトが存在  
⇒ **EC/ED(換算かぶり/換算直径)** を提案

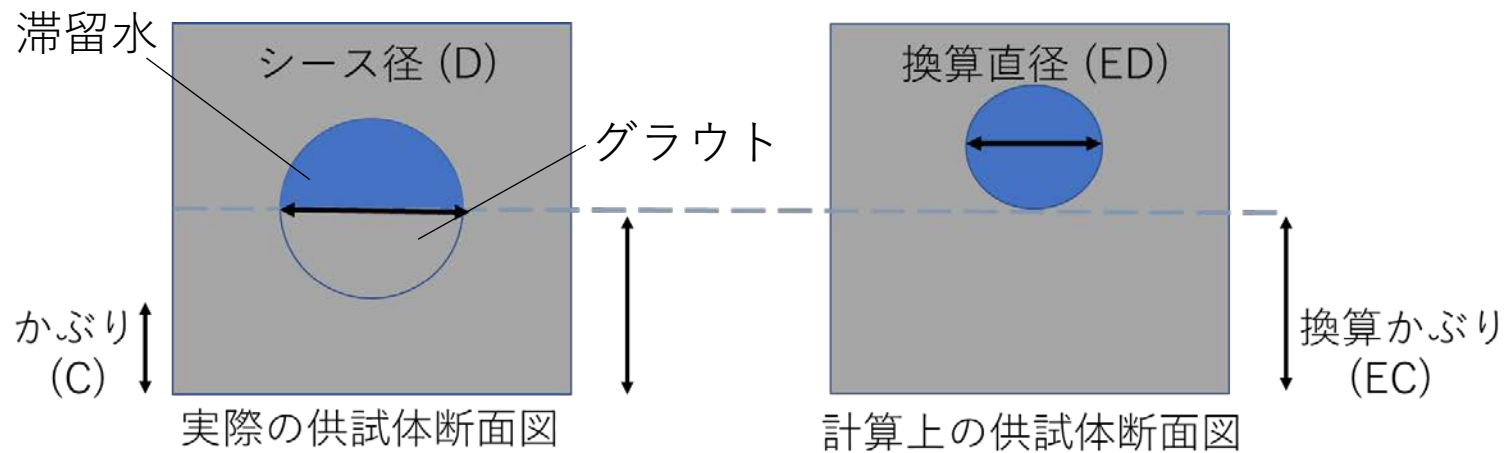


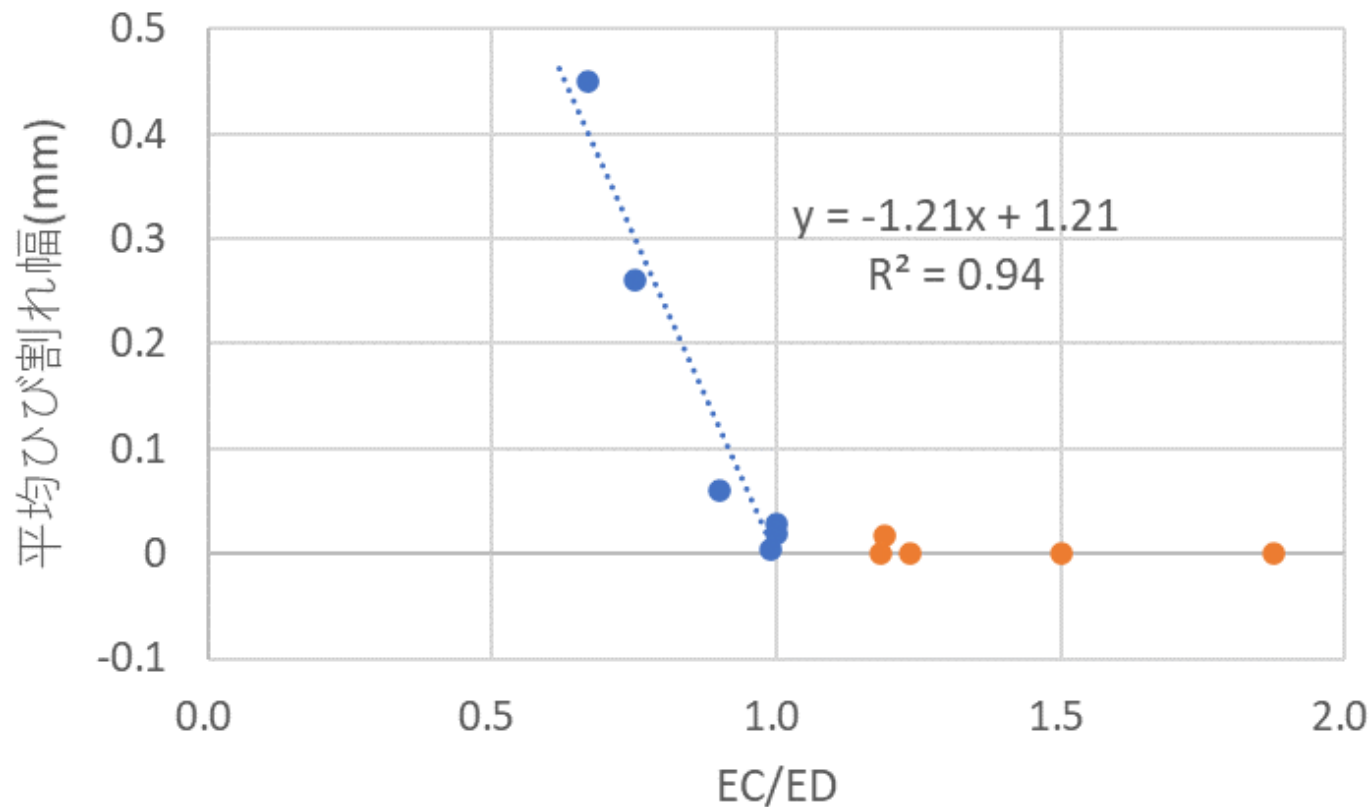
図 EC/EDの模式図

**換算直径** : 水の占める断面積を円と仮定した時の直径(=鉄筋径)

**換算かぶり** : グラウトが充填されている地点までをかぶりと仮定

### 【3. シース内滞留水の凍結とひび割れ】

#### シース内滞留水の凍結によるひび割れ発生条件（3）



充填不良グラウトをかぶりと  
考えることにより、  
ひび割れ性状の推定が可能？

図 EC/EDと平均ひび割れ幅の関係

## 【 4. 今後の課題】

ここで紹介した研究事例は、試験室ベースの実験に基づき得られたものである。実務への展開については、積み重ねるべきものが多い。

- ✓ かぶりが連続的に変化する場合のひび割れ性状
- ✓ 複数シースが配置した場合のひび割れ性状  
(隣接シースのグラウト充填状況も含む)
- ✓ 実構造物におけるデータの蓄積  
⇒ A I を用いた解析への発展？

第30回  
プレストレストコンクリートの  
発展に関するシンポジウム



函館アリーナ

2021年  
10 / 21(木)  
22(金)

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会  
東京都新宿区富田町4番4号（第2ビル5階）  
TEL:03-5268-2521  
FAX:03-5235-1973  
<http://www.jpcci.or.jp>



ご意見のほど  
お願い申し上げます。

ご清聴ありがとうございました。

第30回プレストレストコンクリートの  
発展に関するシンポジウム

ポスター入選作品

当時：高知工業高等専門学校  
久川かおり、久川すみれ