

## 10. 画像によるひび割れモニタリング

本報告会の講演内容はモニタリングシステム技術研究組合(RAIMS)が実施した研究であり、内閣府の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」の委託事業研究成果を含みます。

本書の一部または全部を許可なく複製・転載・引用することを禁じます。

# 画像によるひび割れモニタリング

国際航業株式会社

伊礼 貴幸

1

## Contents

- 1 RC床版ひび割れ点検の問題点
- 2 問題点の解消に向けた考え方
- 3 新たなモニタリング手法の提案
- 4 各プロセスの実証結果
- 5 ガイドラインの概要(ひび割れモニタリング)

# 1 RC床版ひび割れ点検の問題点

- **コストの問題**
  - － 足場設置や点検作業車等による費用の増大
  - － チョーキングやスケッチなど現場作業の長期化
- **品質の問題**
  - － 誰が行っても同じ点検結果が得られる客観性が担保できない
  - － 点検者の技能による見落とし
  - － 手間を要するスケッチ図作成、正確性に問題
- **作業環境の問題**
  - － 足場上など高所での点検は安全上のリスク
  - － 上向きの姿勢を維持した作業は点検者に苦痛
  - － その影響で点検の見落とし、正確性の低下
- **モニタリングデータとしての問題**
  - － 点検記録の客観的な経年比較が困難
  - － 第三者が診断に用いる点検結果の品質不足



## 2 問題点の解消に向けた考え方

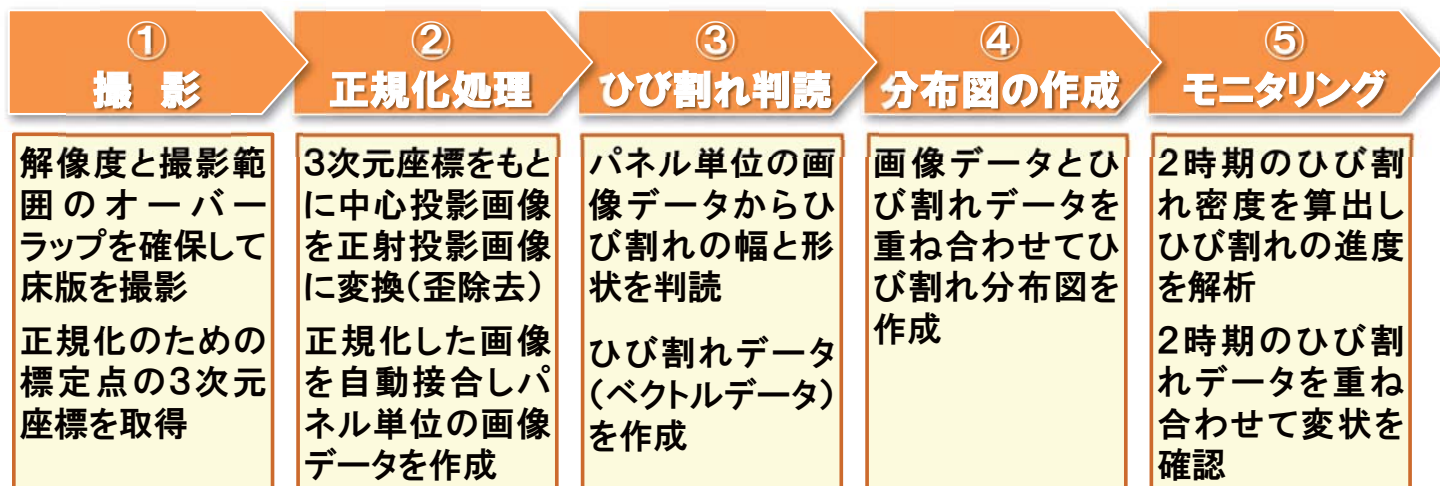
- **コストを縮減するために**
  - － 足場設置、点検作業車、通行規制を抑制
  - － 現地作業の省力化(チョーキングの省略など)
  - － 画像取得に高価なカメラを使用しない
- **品質を確保するために**
  - － 画像を正規化(ひび割れ判読の品質確保)
  - － パネル単位の画像(見落とし、バラツキの排除)
  - － 画像に座標を付与(損傷個所を把握)
- **作業環境を改善するために**
  - － 高所作業の抑制(遠方からの撮影)
  - － 作業ウエイトを屋外から屋内へシフト
- **モニタリングを実現するために**
  - － 2時期データの比較(同じ箇所、同じ範囲、ひび割れ密度)
  - － 客観性を確保したデータ蓄積(第三者による診断、スクリーニング)

# 3 新たなモニタリング手法の提案

## ● 本手法の特徴

- ① 画像を正規化する 〔正確な判読〕
- ② 画像に座標を持たせる 〔位置が分かる〕
- ③ パネル単位の画像にする 〔見落とし、バラツキの防止〕
- ④ 経年比較を可能にする 〔客観的なモニタリング〕

## ● 新手法の実施手順



# 4 各プロセスの実証結果（実施項目）

## 実証した主な項目

試験項目	基本要件	ひび割れの判読性能	データの客観性確保	モニタリングに耐える品質確保	作業環境の改善	コスト削減
標定点照射装置の位置精度			●	●		
正規化画像の位置精度			●	●		
標定点照射装置の照射角度	●	●				
カメラの撮影角度	●	●				
撮影距離による判読性能	●				●	
標定点照射装置の操作性					●	
撮影支援ソフトウェア	●	●				
画像接合ソフトウェア						
光源の違いによる判読性能	●	●				
再現性(客観性)の評価			●	●		
コスト検証						●

## 4 各プロセスの実証結果（撮影）

### ● 技術手法

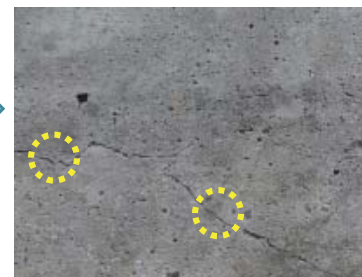
- 0.2mmを判読できる画質で撮影  
→高価な専用カメラは使わない、単焦点レンズを使う（ズームしない）
- 撮影範囲のオーバーラップ（30%以上）
- 画像を正規化するための標定点（3次元座標）を取得



カメラと連動して標定点の3次元座標を取得



オーバーラップを確保した撮影



0.2mmのひび割れを判読できる画像

## 4 各プロセスの実証結果（撮影）

### ● 実証結果

- 対象物から25m離れた位置からでも、0.2mmのひび割れを判読できる画像を取得（撮影距離に応じた焦点距離）
- 撮影支援ソフトウェアにより「画質、撮影範囲、オーバーラップ（撮影範囲）」の確認作業を効率化
- 標定点の3次元座標の位置精度は2.7mm（目標精度の範囲内）

#### 〔目標精度の考え方〕

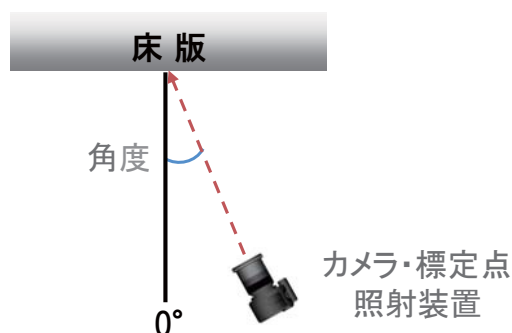
- 本手法を用いたモニタリングでは、異なる条件（点検者・機材など）で取得した2時期データの比較を目指す
- 「2時期データの重ね合わせ」「位置や形状による個々のひび割れの識別」「ひび割れ密度の算出」「一般的な測量機器（トータルステーションなど）で容易に確保できる精度」をもとに、位置精度の目標を1cm以内に設定

## 4 各プロセスの実証結果（撮影）

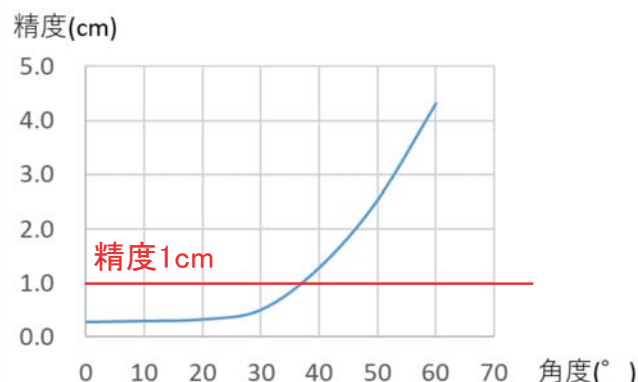
### ● 実証結果

- 斜め撮影によるひび割れの判読性能に係る試験結果は以下のとおり
  - ① 標定点照射装置の場合  
照射角度が $35^\circ$  までは目標精度の範囲内に収まった
  - ② カメラの場合  
撮影角度が $40^\circ$  まではひび割れが判読可能( $50^\circ$  を超えるとピント合わせが困難、分解能が低下)
- 上記から**照射角度や撮影角度は $30^\circ$  以内が望ましい**

床版とカメラの撮影角度



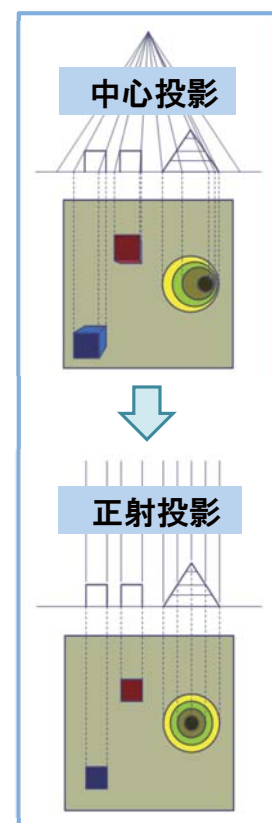
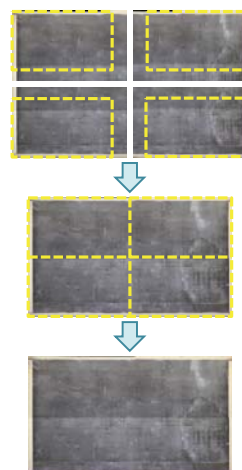
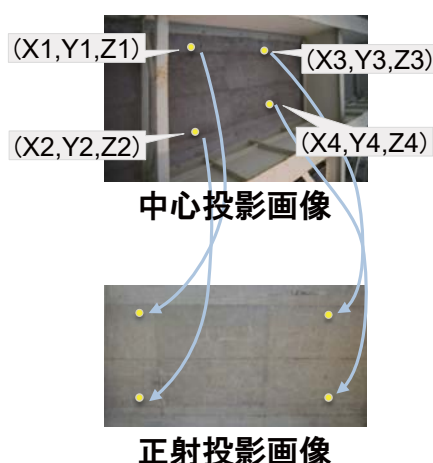
標定点の照射角度と位置精度



## 4 各プロセスの実証結果（正規化処理）

### ● 技術手法

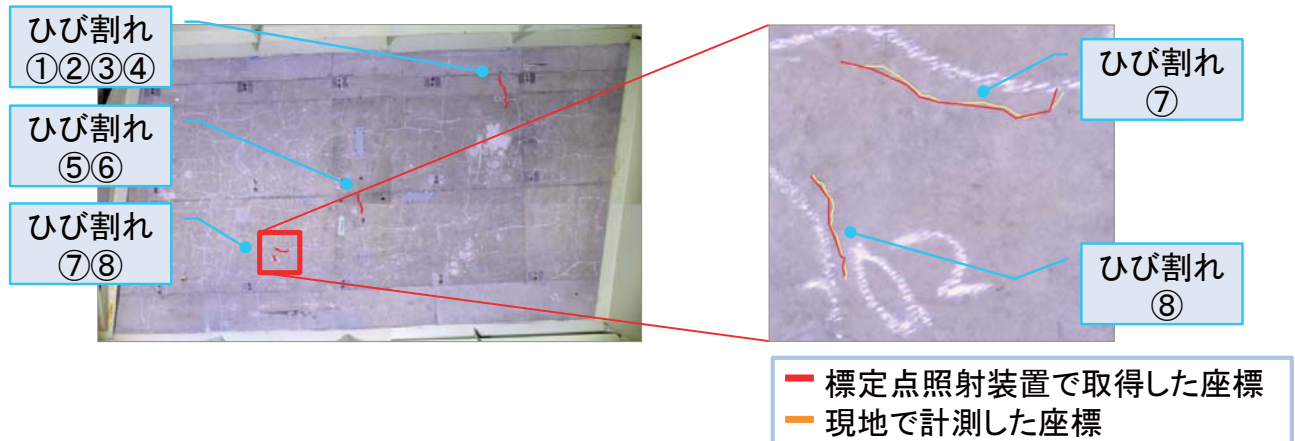
- **中心投影画像は画郭の端部に向かって歪が拡大、さらに「カメラの傾き、床版の傾き」が加わり品質にバラツキ、モニタリングにも影響**
- 解決策として**画像に写る標定点をもとに正規化を実施（中心投影画像を正射投影画像に変換）**
- **各画像はソフトウェアで自動接合しパネル単位の画像を生成（見落とし防止、正確な判読）**



## 4 各プロセスの実証結果（正規化処理）

### ● 実証結果

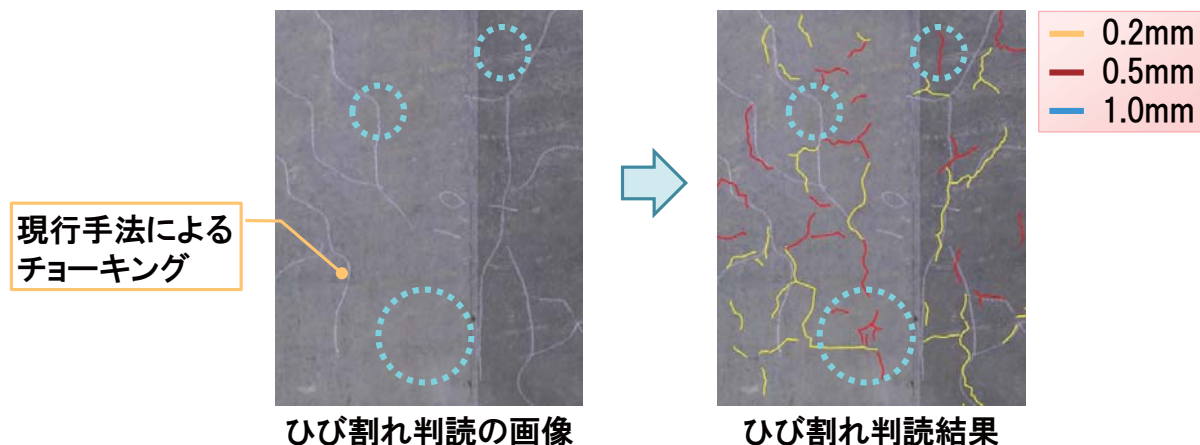
- 正規化した画像のひび割れの座標値と、現地で計測したひび割れの座標値を比較 → 位置精度の平均誤差:2.2mm、最大誤差:6.4mm
- 再現性を検証するために「撮影、正規化、ひび割れ判読」までの作業を異なる点検者で実施して比較 → 両者による位置精度の平均誤差:2.3mm、最大誤差:7.1mm、ひび割れ判読にもバラツキなし
- モニタリングに耐えうる画質と位置精度を確保していることを確認



## 4 各プロセスの実証結果（ひび割れ判読）

### ● 技術手法と実証結果

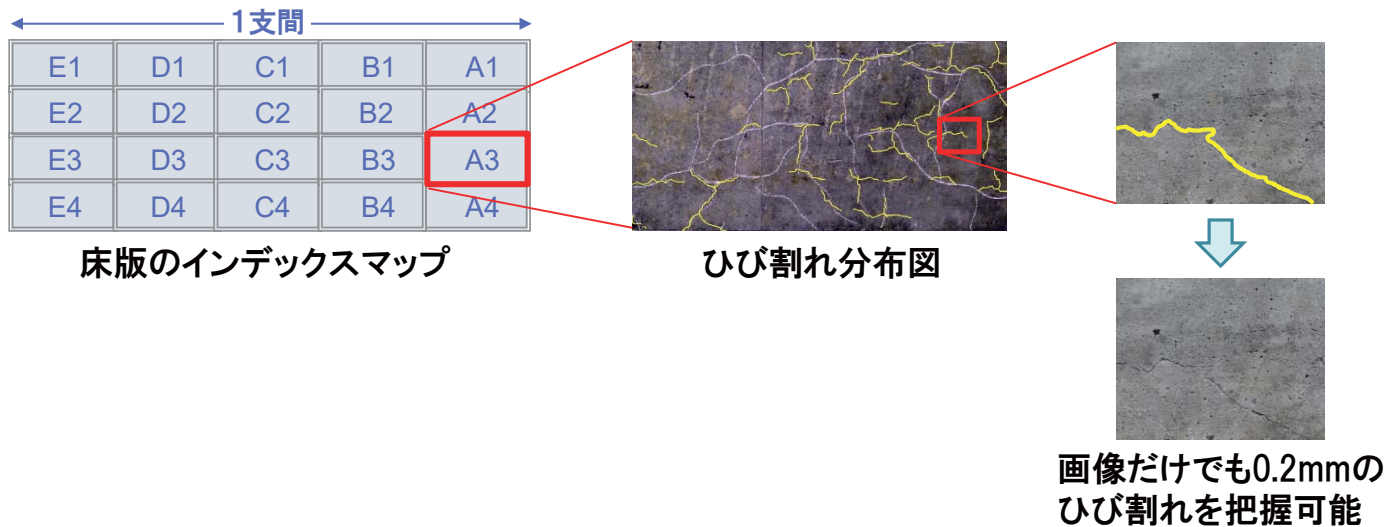
- 正規化したパネル単位の画像からひび割れの幅と形状を判読
- ひび割れ幅は、画像データ上に自動スケールを表示して確認
- 幅0.2mm以上のひび割れの形状をトレースしてひび割れデータ（ベクトルデータ）を作成
- 漏水や遊離石灰など、画像から把握できる損傷も同時に取得
- 画像によるひび割れ判読は、現行手法と比べて点検漏れやバラツキがなく正確



## 4 各プロセスの実証結果（分布図の作成）

### ● 技術手法と実証結果

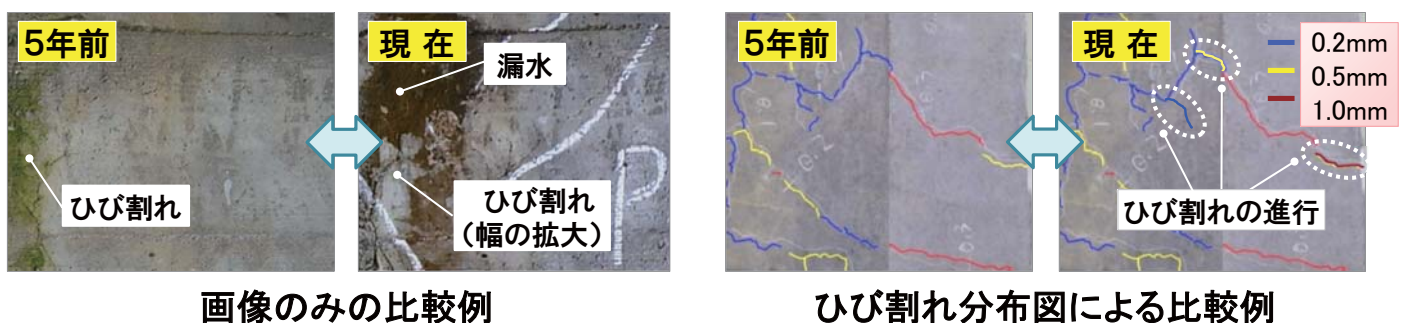
- 分布図は「パネル単位の床版の写真(画像データ)」「ひび割れデータ(ベクトルデータ)」を分かりやすく見える化するもの
- 画像データだけでも、0.2mm以上のひび割れを把握可能
- ひび割れ分布図は、パネルに番号を付与したインデックスマップを介して管理(大容量のデータもGISで簡便に運用)



## 4 各プロセスの実証結果（モニタリング）

### ● 技術手法

- 床版の写真(画像データ)とひび割れ(ベクトルデータ)は座標を持っており、2時期データの同じ位置を比較可能(データの連動表示も可能)
- 例えば、ひび割れデータからひび割れの延長を算出、単位面積あたりのひび割れ密度から劣化の進行を定量的に把握することも可能
- 劣化が進行している箇所は、画像データから劣化の状態を確認

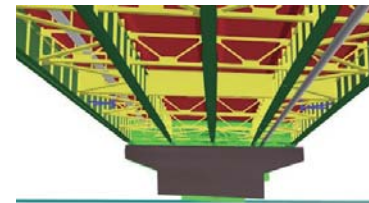
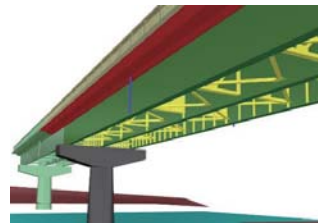
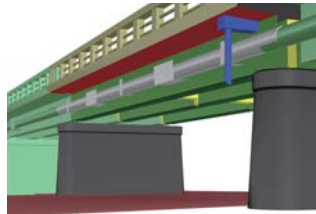




## 4 各プロセスの実証結果（復元図作成）

### ● 点群データを用いた図面の作成

- 自治体では維持管理に必要な図面がない場合が多い
- 図面を整備するには現地測量が必要(コスト大)
- 標定点取得方法の1つであるレーザスキャナを用いた場合、3次元座標をもった点群データが得られるため、効率的に図面が作成可能
- **富山市との共同研究では、下記の3種類の図面作成手法を検討**



## 4 各プロセスの実証結果（コスト評価）

### ● 対象橋梁の概要



橋種 : 3径間単純鋼  
 鈹桁橋  
橋長 : 88.0m  
総幅員 : 14.8m  
試験箇所 : 第1径間  
桁長 : 29.2m



橋種 : 3径間単純鋼  
 鈹桁橋  
橋長 : 94.5m  
総幅員 : 7.7m  
試験箇所 : 第1径間  
桁長 : 31.4m

### ● 現行手法とのコスト比較(床版1径間)

#### ① A橋の直接原価

- ・ 現行手法 : 198千円(460円/m<sup>2</sup>)
- ・ 本手法 : 107千円(250円/m<sup>2</sup>) ▲46%

#### ② B橋の直接原価


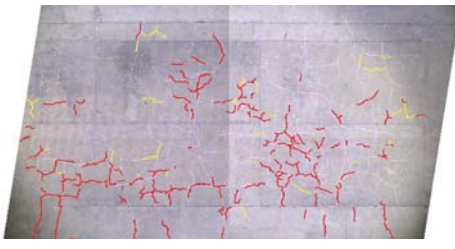
- ・ 現行手法 : 121千円(500円/m<sup>2</sup>)
- ・ 本手法 : 85千円(350円/m<sup>2</sup>) ▲30%

- 橋梁点検車・足場設置の抑制、現地作業の省力化等により**30%を超えるコスト削減効果を確認**
- **橋梁点検車を使った場合でも、チョーキングの省力化等により現行手法のコストを超えないと想定**

## 4 各プロセスの実証結果（まとめ）

### ● 実証結果のまとめ

- 当初設定した多様な試験項目の**実証結果**から**本手法の有効性を確認**

	現行手法	本手法
ひび割れ分布図 (損傷図)		
ひび割れの 位置や形状	チョーキングを元にした 概略図レベル	画像自体が座標をもった 図面であり正確
点検結果のバラ ツキ、見落とし	点検者の技量により バラツキ、見落としが発生	バラツキ、見落としがない
モニタリング	不可	画像の比較、分布図の比較、 ひび割れ密度による進捗把握 などが可能

## 4 各プロセスの実証結果（まとめ）

### ● 実証結果のまとめ

- 本手法は**定期点検(コスト縮減、品質向上)**と**モニタリング(2時期比較)**の両面に有効
- 本手法の**技術的特徴**は「**画像の正規化、座標の保持**」であり、床版以外の部材(桁・橋脚など)にも適用可能

富山市では、効率的な維持管理を目指して各種モニタリングシステムを試行しており、有効性を確認したのものから実装していく方針。**本技術については、本年度から実装される予定。**

# 5 ガイドラインの概要(ひび割れモニタリング)

- 目的
  - 点検作業の効率化とコストダウン
  - 技術者の技量に左右されない客観的データによる点検
  - モニタリングの実現
- ガイドラインの特徴
  - 画像によるモニタリングを実現するための要件を整理
  - 現行手法と本手法の作業手順の比較
  - 機材を限定しない作業手法の提案
  - 客観性確保と2時期比較のための基準の提示
  - 費用の目安の提示(現行手法、本手法)

# 5 ガイドラインの概要(ひび割れモニタリング)

## 第2編 RC床版のモニタリング

### 1 RC床版のモニタリングの種類と位置づけ

- 1.1 モニタリングの種類
- 1.2 モニタリングの役割

## 2 画像によるRC床版のひび割れのモニタリング

### 2.1 技術の概要

- 2.1.1 目的
- 2.1.2 画像によるモニタリング手法
- 2.1.3 正規化処理の原理

### 2.2 モニタリングの方法

- 2.2.1 モニタリングの手順
- 2.2.2 計画
- 2.2.3 機器の選定
- 2.2.4 撮影
- 2.2.5 正規化処理
- 2.2.6 ひび割れ判読
- 2.2.7 分布図の作成
- 2.2.8 データの保管
- 2.2.9 費用の目安

### 2.3 データの結果

### 2.4 保守

ガイドラインの構成

RAIMS