

KEISOKU  
RESEARCH  
CONSULTANT CO.

広島県コンクリート診断士会 第43回定例会

株式会社 計測リサーチコンサルタント

技術紹介



株式会社 計測リサーチコンサルタント  
事業推進部 大町 正和

1

KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

◆会社概要



本社社屋 (広島)

- 設立 1972年11月2日
- 資本金 4,680万円
- 従業員数 105名 (R1.10月現在)
- 所在地

広島本社:	広島市東区
東京本社:	東京都足立区
大阪支社:	大阪府吹田市
九州支社:	福岡市博多区
岡山営業所:	倉敷市
名古屋営業所:	名古屋市

株式会社 計測リサーチコンサルタント  
KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

2

KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

◆技術紹介

- ☛スリット応力解放法

コンクリートの現有作用応力推定
- ☛棒形スキャナ

微破壊によるコンクリートの内部検査
- ☛ひずみ可視化デバイス

ひずみを見える化





3

KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

◆スリット応力解放法の概要

作用応力の直角方向にスリットを切削することによりコンクリートの応力を解放し、応力解放前後のスリット近傍の解放ひずみを全視野ひずみ計測装置で計測する。  
解放ひずみを測定後、FEM解析を行うことにより現有作用応力を推定する手法である。

**特徴**

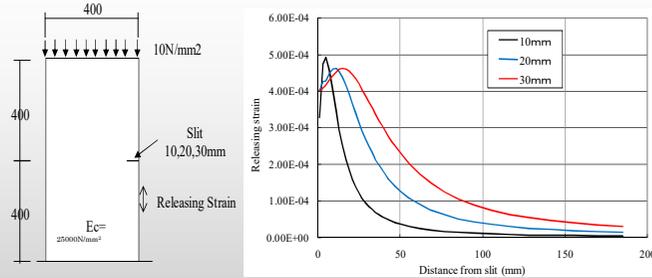
- ・任意の点でひずみの多点計測が可能
- ・スリット近傍の微小領域まで高精度なひずみ分布計測ができる
- ・躯体への影響が少ない
- ・配線の問題がない




NETIS登録:スリット応力解放法CG-160009-A  
第18回国土技術開発賞 創意開発技術賞 受賞

4

### ◆スリット応力解放法(基本的な考え方)



### ◆スリット応力解放法とは?

スリットを切削する前後のスリット近傍の解放ひずみを全視野ひずみ計測装置で計測し、計測した画像からデジタル画像相関法により解放ひずみ分布を求める方法

### ◆スリット応力解放法(調査機器)

- 主な使用機器
- ・ラインセンサースキャナ
  - ・スリット切削用コンクリートカッター
  - ・計測用PC

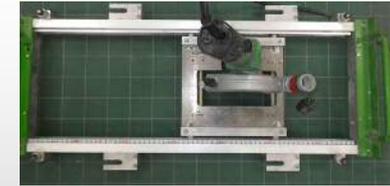


図:コンクリートカッター

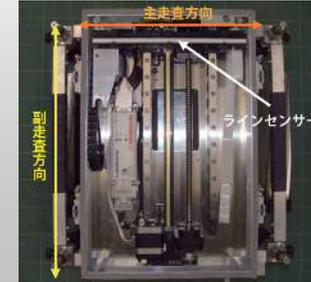


図:ラインセンサー

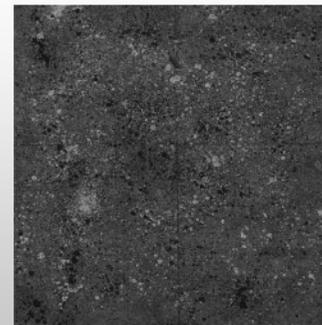
表:スキャナ仕様

外形寸法	W400×B400×H130mm
重量	約6kg
撮影範囲	200×200mm
最大解像度	1200dpi

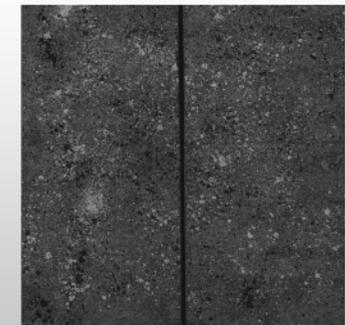
### ◆スリット応力解放法(調査手順)



### ◆スリット応力解放法(取得画像)



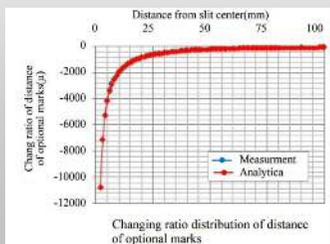
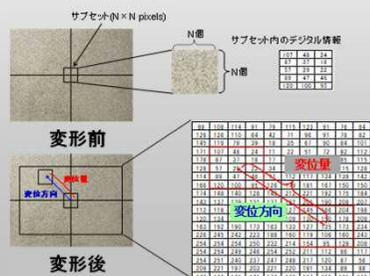
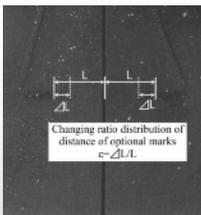
初期画像



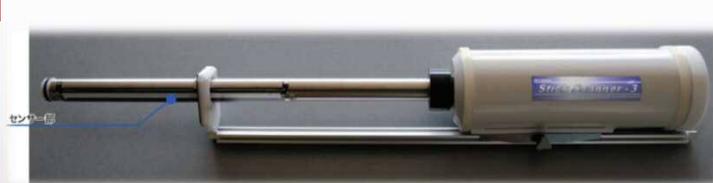
応力解放後画像

### ◆スリット応力解放法(現有作用応力の推定)

デジタル画像相関法により解放ひずみ分布を取得  
↓  
計測結果と同じような変位(ひずみ)分布となる状態をFEMによりシミュレートする  
↓  
シミュレーション結果から現有作用応力を推定する  
「対称点間距離の変化率」によりフィッティング



### ◆棒形スキャナの概要



#### 仕様

**センサ** センサタイプ: CISラインセンサ  
センサ長: 210mm  
解像度: 600dpi (1pixel: 0.042mm)

**検査孔** 検査孔径: φ25mm  
検査長: 350mm

**本体** 全長: 662mm  
質量: 1.4kg(電池を除く)

**記録画** 像: 24ビットカラー  
ビットマップ画像(BMP)

**電源** 電池駆動: 単3電池4本  
(付属品を使用の事)

**保存方法:** SDカードまたはUSB  
接続時は直接PCIに保存

NETIS登録: 棒形スキャナ QS-110038-A  
広島県公共土木施設の『長寿命化に資する技術』区分3: 活用促進を図る技術

### ◆棒形スキャナの特徴

**検査孔が  
φ25mmと小径**

配筋が密な場合でも調査が可能

削孔作業が容易

構造物の損傷が軽微

**装置が軽量で  
撮影操作が簡易**

調査時間の短縮

**高精細な孔壁面の  
デジタル画像**

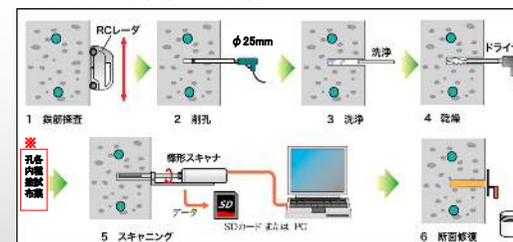
内部ひび割れを原位置で正確に把握

デジタルデータとして記録・保存

各種画像処理が可能

診断, 設計, マネジメント  
の確度向上および効率化

### ◆棒形スキャナの調査手順

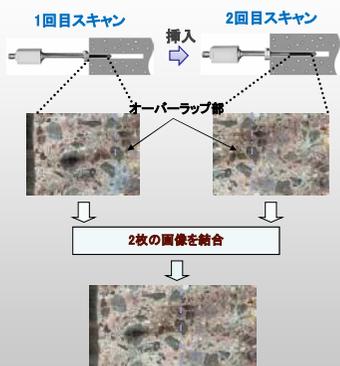


- 1 RCレーダ等で鉄筋探索を行い削孔位置を決定する。
- 2 コアドリルで削孔する(湿式削孔が標準であるが、乾式削孔も可能)。
- 3 ブラシで孔内を水洗洗浄する。
- 4 パイプを取り付けたドライヤで孔内を乾燥する。
- 5 棒形スキャナを孔内に挿入し、スキャニングリングを回し孔壁面を撮影する。  
撮影画像をSDカードまたはPCに保存する。
- 6 無収縮モルタル等で断面修復し完了。

※ 中性化試験を行う場合はフェノールフタレイン溶液を孔内にスプレーで噴霧し、乾式削孔を行い硝酸銀溶液を噴霧し塩化物イオン浸透試験も可能

### ◆取得画像の処理

#### 画像結合



#### 画像計測



ひび割れ部を2値化処理により抽出

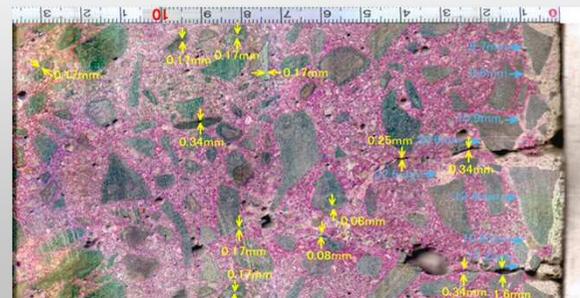
- 1pixelが0.042mmと高解像度の画像であり、画像にひずみが無い  
⇒ pixel数のカウントにより劣化部の幅、面積の計測ができる

- ひずみの無い画像が取得できるため画像の結合を精度良く行なうことができる  
⇒ 検査孔全体を1枚の画像として記録でき、劣化深度の計測が可能

### ◆棒形スキャナの調査事例

#### ASRひび割れ, 中性化

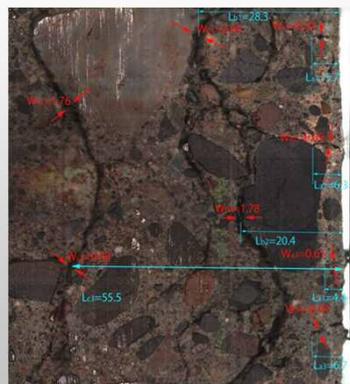
- ASR特有の骨材を貫通するひび割れや反応リムが確認できる
- 中性化試験を同時に行った。ひび割れ部で中性化深さが深くなっている



### ◆棒形スキャナの調査事例

#### 凍害ひび割れ

- 凍害特有の層状のひび割れが確認できる  
⇒ 通常のコア抜き法ではコアがバラバラに採取されひび割れ測定は不可能
- 各部のひび割れ幅の計測を実施し、凍害による劣化深度を特定  
⇒ 補修設計(はつり深さ)に活用



### ◆ひずみ可視化デバイスの特徴

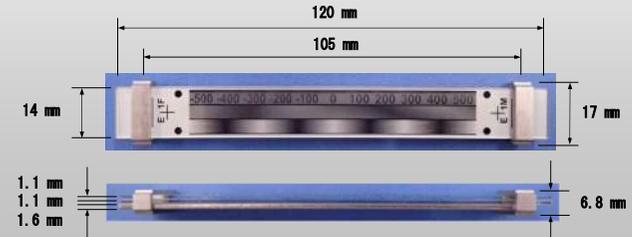
- 電気的な要素は一切なし
  - ・電源不要（究極の省電力タイプのセンサ）
  - ・電気的な故障のない、耐久性の高いセンサ
- ひずみを可視化
  - ・ひずみを定量的に目視で確認
- デジタル画像からひずみを算出
  - ・一般的なデジタルカメラでひずみを計測
- 自己温度補償
  - ・温度影響を受けない  
(測定対象：コンクリート・鋼製部材)

### ◆ひずみ可視化デバイスの仕様

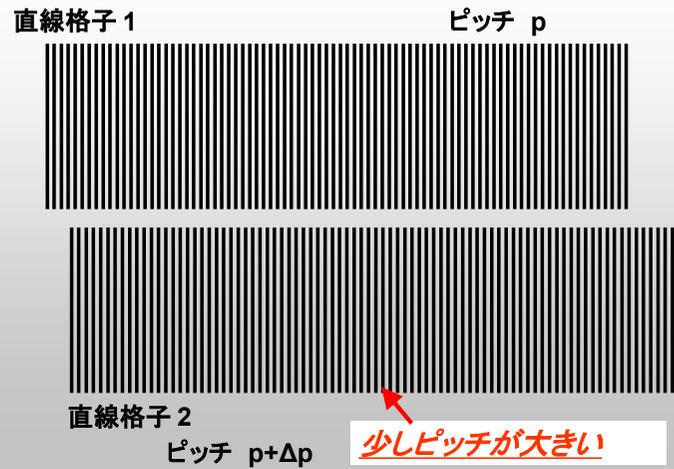
#### ひずみ可視化デバイス仕様

標点間距離	105 mm
判読容量※	±500 με (F.S.=1000με)
可視化分解能	50 με
非直線性	±1% of F.S.
繰り返し精度	±10 με

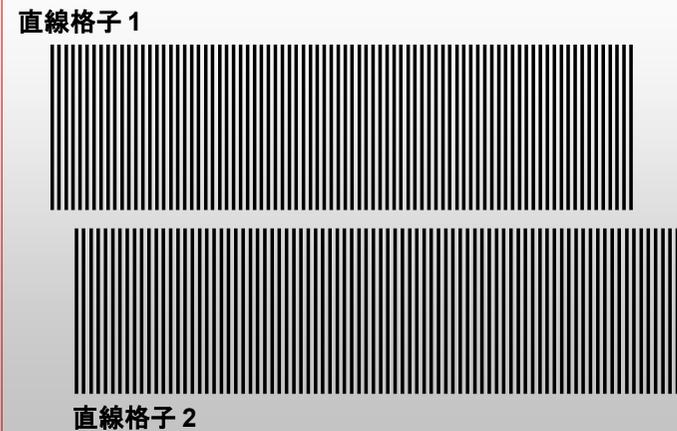
※連続画像撮影の場合、容量±10000με



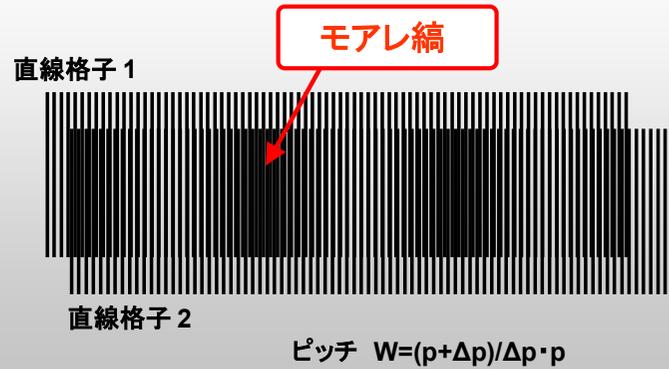
### ◆ひずみ可視化デバイスの測定原理(モアレ縞の原理)



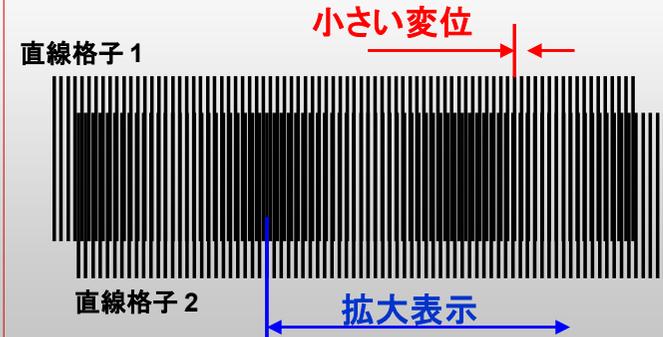
### ◆ひずみ可視化デバイスの測定原理(モアレ縞の原理)



◆ひずみ可視化デバイスの測定原理(モアレ縞の原理)



◆ひずみ可視化デバイスの測定原理(モアレ縞の原理)



◆ひずみ可視化デバイスの耐候性試験

- 試験条件
  - ・キセノンランプを連続的に照射
  - ・温度63°C(噴霧時38°C) 相対湿度50%
  - ・2時間毎に18分間噴霧(JIS K 7350-2に準ずる)
  - ・上記条件で、200 hourが自然環境1年に相当
  - ・100 hour毎に写真撮影・画像解析、動作確認
  - ※動作確認:SUS板を曲げて強制的にひずみを発生させ、動きを確認

■試験結果



耐候性 10年以上

◆ひずみ可視化デバイスの耐候性試験

- 試験条件
  - ・キセノンランプを連続的に照射
  - ・温度63°C(噴霧時38°C) 相対湿度50%
  - ・2時間毎に18分間噴霧(JIS K 7350-2に準ずる)
  - ・上記条件で、200 hourが自然環境1年に相当
  - ・100 hour毎に写真撮影・画像解析、動作確認
  - ※動作確認:SUS板を曲げて強制的にひずみを発生させ、動きを確認

■試験結果

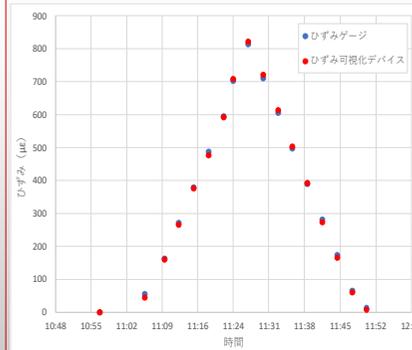


耐候性 10年以上

### ◆ひずみ可視化デバイスを用いた鋼材の引張試験



### ◆ひずみ可視化デバイスを用いた鋼材の引張試験

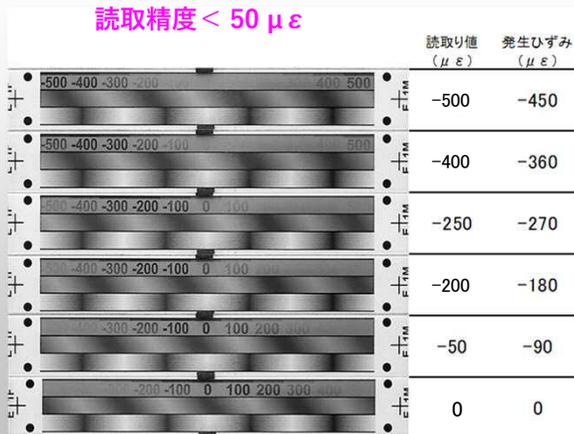


時刻	荷重 (kN)	軸ひずみ (με)		誤差
		ひずみゲージ	ひずみ可視化デバイス	
10:57	0	0	0	0
11:06	10	53	45	8
11:10	30	162	159	3
11:13	50	271	265	6
11:16	70	379	375	4
11:19	90	487	477	10
11:22	110	594	591	3
11:24	130	703	708	-5
11:27	150	813	821	-8
11:30	130	710	722	-12
11:33	110	605	612	-7
11:36	90	498	503	-5
11:39	70	390	393	-3
11:42	50	282	274	8
11:45	30	174	166	8
11:48	10	66	59	7
11:51	0	12	8	4



デジタルカメラ  
OLYMPUS  
STYLUS TG-3 Tough

### ◆ひずみ可視化デバイスの目視による計測



ご清聴ありがとうございました。

株式会社 計測リサーチコンサルタント



KEISOKU  
RESEARCH  
CONSULTANT CO.