

すべては素晴らしい未来のために

『コンクリート内部調査技術』および 『モアレ縞を用いたひずみ計測技術』の紹介

株式会社 計測リサーチコンサルタント

東京事業部 米本 雅紀

会社概要



○ 設立 1972年11月2日

○ 従業員数 112名 (R5.4月現在)

○ 所在地

広島本社: 広島市東区

東京本社: 埼玉県八潮市

大阪支社: 大阪府吹田市

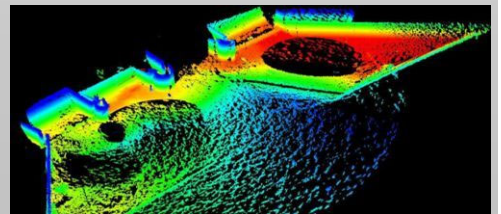
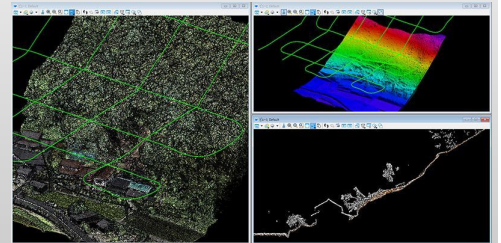
九州支社: 福岡市博多区

岡山営業所: 岡山県倉敷市

名古屋営業所: 名古屋市天白区

K R Cの技術 – 6つの柱 –

- ① 建設工事における情報化施工
- ② 社会基盤の維持管理
- ③ 環境計測
- ④ 防災・災害復旧
- ⑤ 文化財の修復・活用支援
- ⑥ 新技術の研究開発



K R Cの技術

トンネル撮像システム
壁面を連続的に撮影し、展開画像と損傷図を作成



点検支援技術性能カタログ[トンネル]
TV010021-V0022

スリット応力解放法
PCの導入プレストレスを測定



NETIS登録 CG-160009-A
点検支援技術性能カタログ[橋梁]
BR030042-V0022

EMセンサー
PC鋼線の緊張力を測るセンサー



特許第3942463号
NETIS登録 CG-140020-VE



コンクリート内部調査技術 ～棒形スキャナ～

NETIS:CG-210002-A

点検支援技術性能カタログ [橋梁] BR030043-V0022

◆はじめに

構造物内部の劣化状況のデータは、診断や補修補強設計、アセットマネジメントを的確に行うために必要不可欠な情報である。また、精度を上げるためには、1つの構造物から多くのデータを得ることも重要である。

構造物の内部状況を直接調べる方法は、以下の方法が一般的である。

①採取コアの観察

コンクリート内部に損傷がある場合には、途中でコアが折れてしまい、正確な損傷の判定が出来ない。また、一般的にコア径がφ100程度となり、少なからずともダメージを与えるため、多くの箇所を検査することが出来ない。

②ドリル孔を利用した内視鏡による調査

安価な内視鏡では、ひび割れ幅の測定は困難である。工業用内視鏡でひび割れ幅を測定する機器もあるが高価である。また、内視鏡による調査は小径で検査箇所を増やせるが、ひび割れの確認に時間を要する。

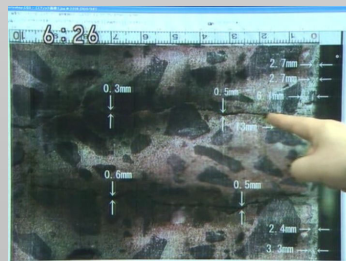
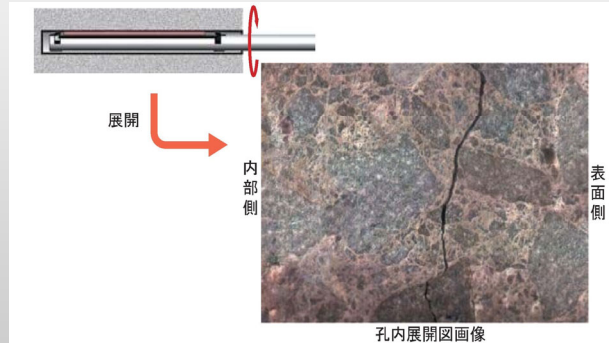
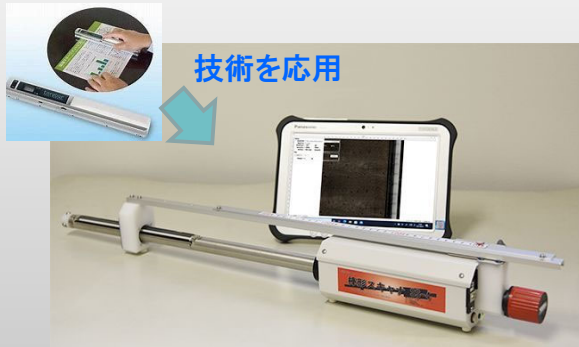
棒形スキャナは、

- ①小孔径で構造物へのダメージを少なく
- ②調査時間の短縮
- ③ひび割れ等の位置を正確かつ分かりやすく

をコンセプトに開発された微破壊の調査機器である。

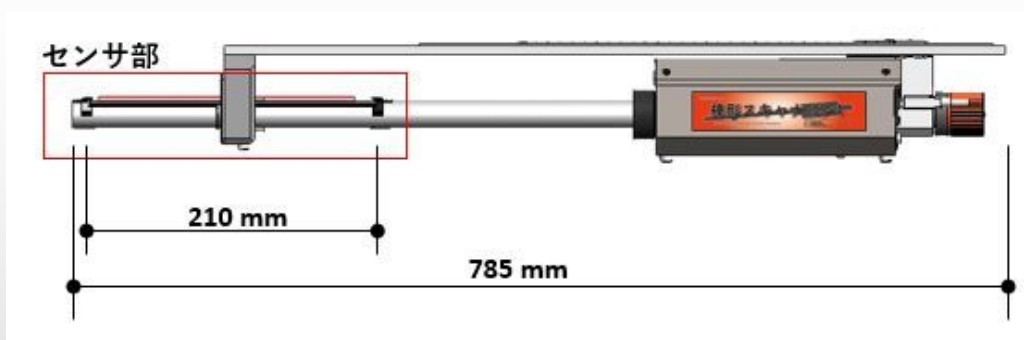
◆棒形スキャナの概要

棒形スキャナ(SS-4)は、コア孔(約25mm~30mm)を利用し、一般のハンディスキャナと同じ原理を利用して開発した調査機器である。コア孔に棒形スキャナを挿入し、360°回転させることによりコア孔の内面をスキャンすることができる。ゆがみの無い高解像度の展開画像(1pixあたり0.042mm)が取得され、画像からひび割れ幅や位置等を確認することが可能となる。



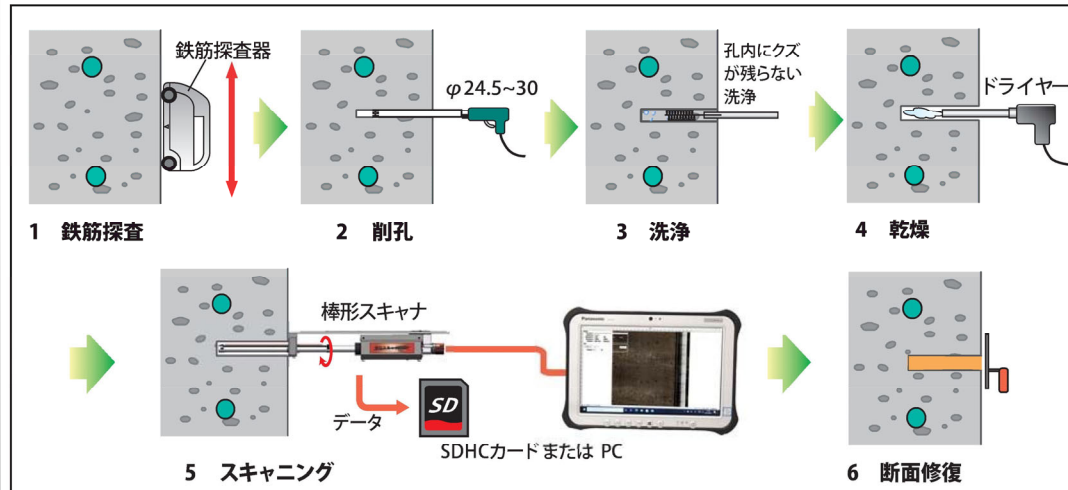
NHKで紹介されました
(2009年3月12日)

◆棒形スキャナの仕様



仕 様	
読取り削孔穴サイズ	直径約φ24.5~30mm穴の内面(周長 約77~94mm)
読取り有効サイズ	210mm(主走査:穴奥行き方向) 188mm(副走査:回転方向) (段取り替えにより、深さ400mmまでの対応可能)
出力解像度	600dpi/300dpi 24bitフルカラー
外形寸法	W:80×H:100×L:785(mm) (突起物含まず)
データ保存方法	パソコン/SDHCカード(class4)
電源	単三型充電電池4本/ACアダプタ
その他	画像合成アプリケーション付属

◆調査手順

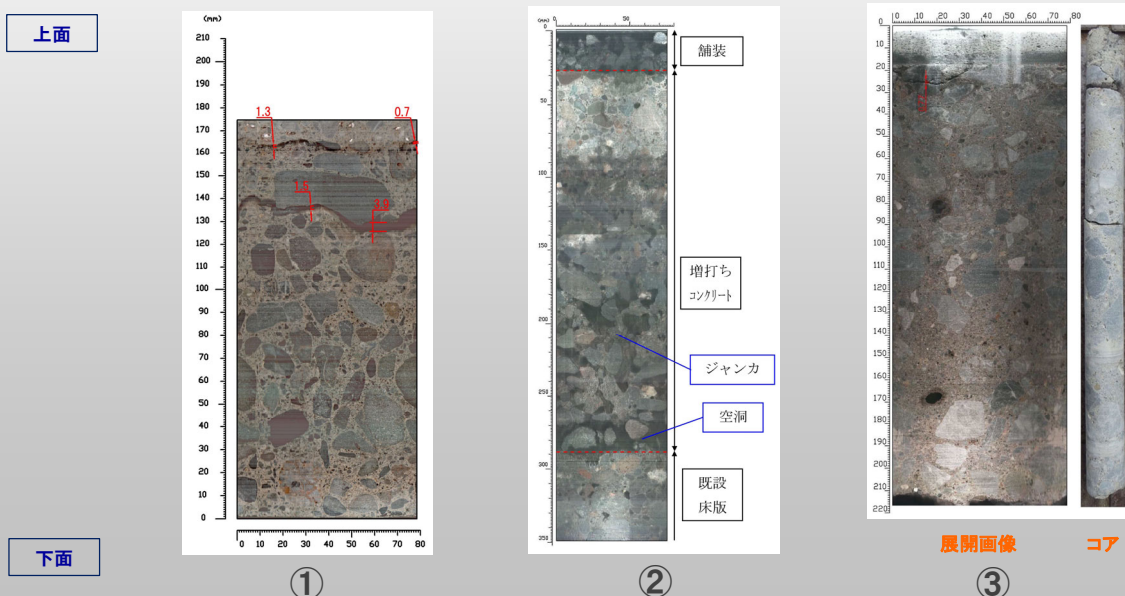


1. 鉄筋探査機で鉄筋の位置を確認し、削孔位置を決める
2. コアマシンで所定の位置まで削孔する
3. ブラシで孔内を水洗いする
4. パイプを取り付けたドライヤーで孔内を乾燥させる
5. 棒形スキャナを孔内に挿入し、スキャンニングリングを回し孔壁面を撮影する。撮影画像はSDカードまたはPCに保存される。
6. 無収縮モルタル等で断面復旧する。
 ※中性化深さ試験を行う場合は、フェノールフタレイン溶液を孔内にスプレーで噴霧し、スキャンニングする

◆調査事例(床版への適用事例)

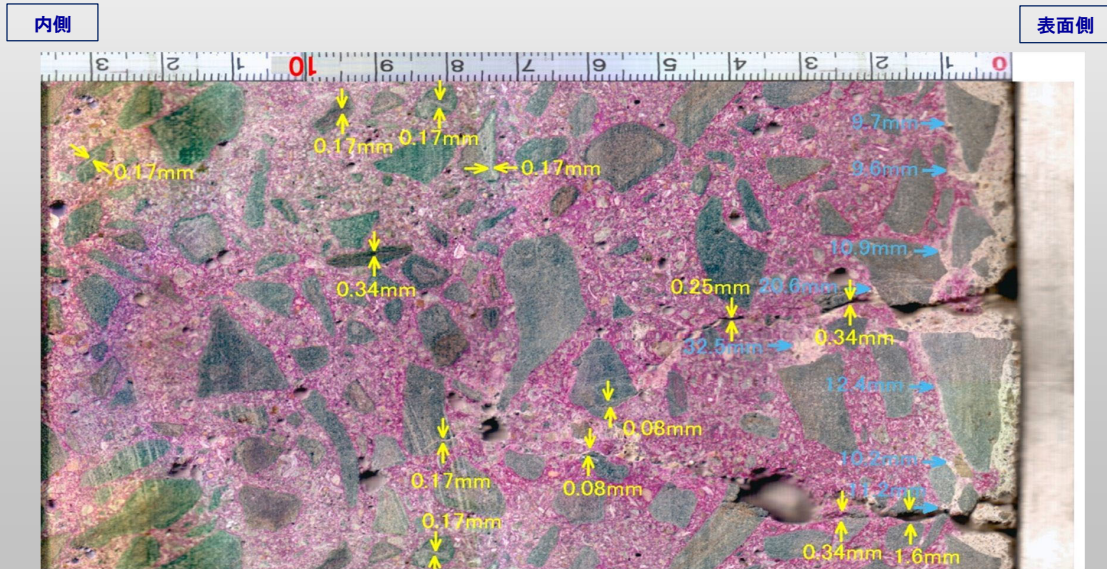
水平ひび割れ、土砂化、界面の付着状況、床版上面の水の滞留など劣化状況の確認、断面構造(層厚・防水層や補修箇所の有無など)の確認

- ① 下面から120mm~160mmに層状の水平ひび割れが認められた
- ② 増打ちコンクリート部にジャンカや空洞が認められた
- ③ コアは折れたが、展開画像からひび割れは認められなかった



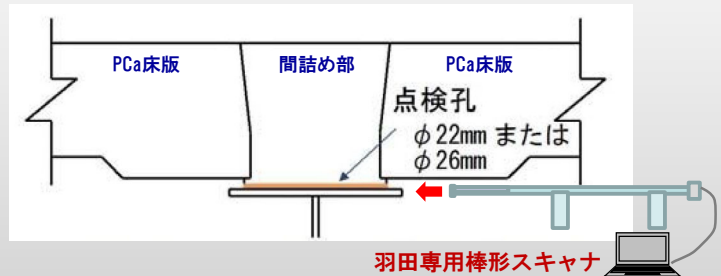
◆調査事例(ASR・中性化深さ測定への適用事例)

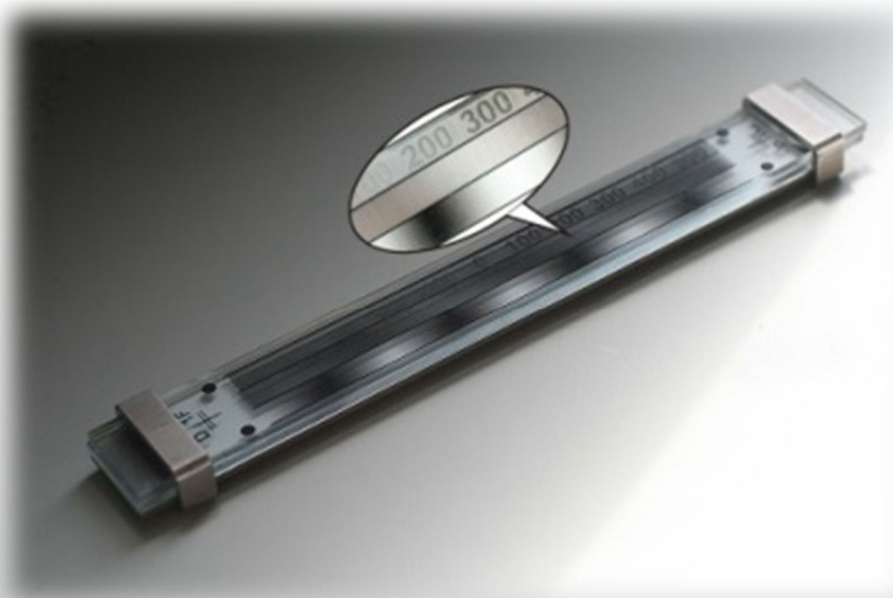
- ・ASR特有の骨材を貫通するひび割れや反応リムが確認できた
- ・フェノールフタレインを吹きかけ、中性化深さを確認した



◆調査事例(モニタリングへの適用事例)

2010年秋に開港した羽田空港D滑走路のモニタリング装置として適用
 プレキャスト床版と間詰めコンクリートとの境界部に発生するひび割れを
 予め設けたひび割れ点検孔より定期的に点検する維持管理計画 ⇒ 2年
 後, 5年後・・・以降5年ごとに50年後まで実施





モアレ縞を用いたひずみ計測技術 ～ひずみ可視化デバイス～

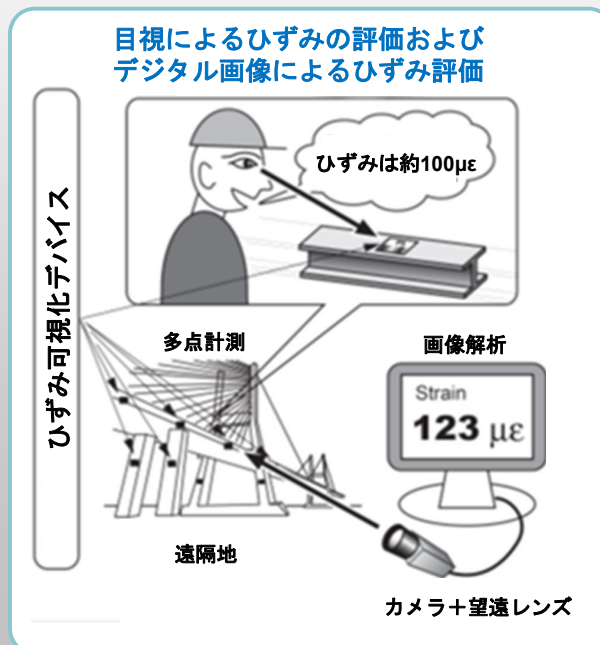
NETIS:CG-210002-A

点検支援技術性能カタログ [橋梁]BR030043-V0022

◆はじめに

ひずみを測るためには、ひずみゲージ(ひずみ計)に測定器(データロガー)を繋いで測定するのが一般的である。本製品は、測定器や電源が不要でひずみの変化が目で見えて分かる新しいタイプのセンサーである。

定期的な目視点検の際に、測定器不要で誰でもひずみが分かるのを目標として開発されましたが、維持管理だけでなく、施工管理にも利用されている。

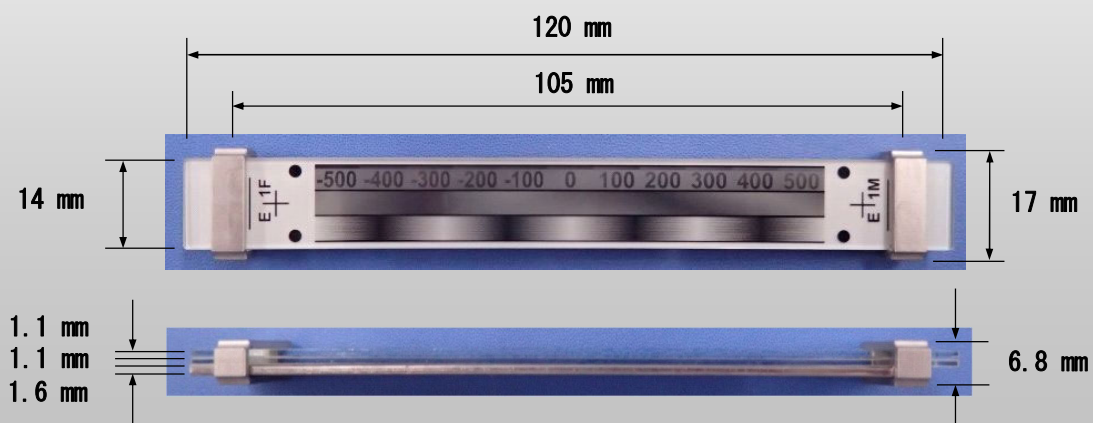


◆ひずみ可視化デバイスの特長

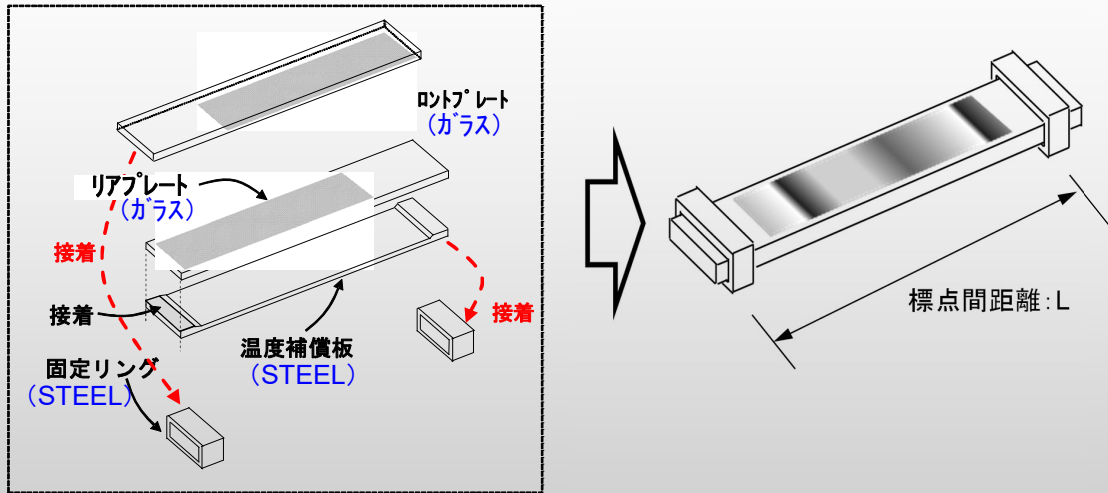
- 電気的な要素は一切なし
 - ・電源不要
 - ・電気的な故障のない、耐久性の高いセンサ
- ひずみを可視化
 - ・ひずみを定量的に目視で確認
- デジタル画像からひずみを算出
 - ・一般的なデジタルカメラでひずみを計測
- 自己温度補償
 - ・温度影響を受けない（測定対象:コンクリート・鋼製部材）

◆ひずみ可視化デバイスの仕様

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

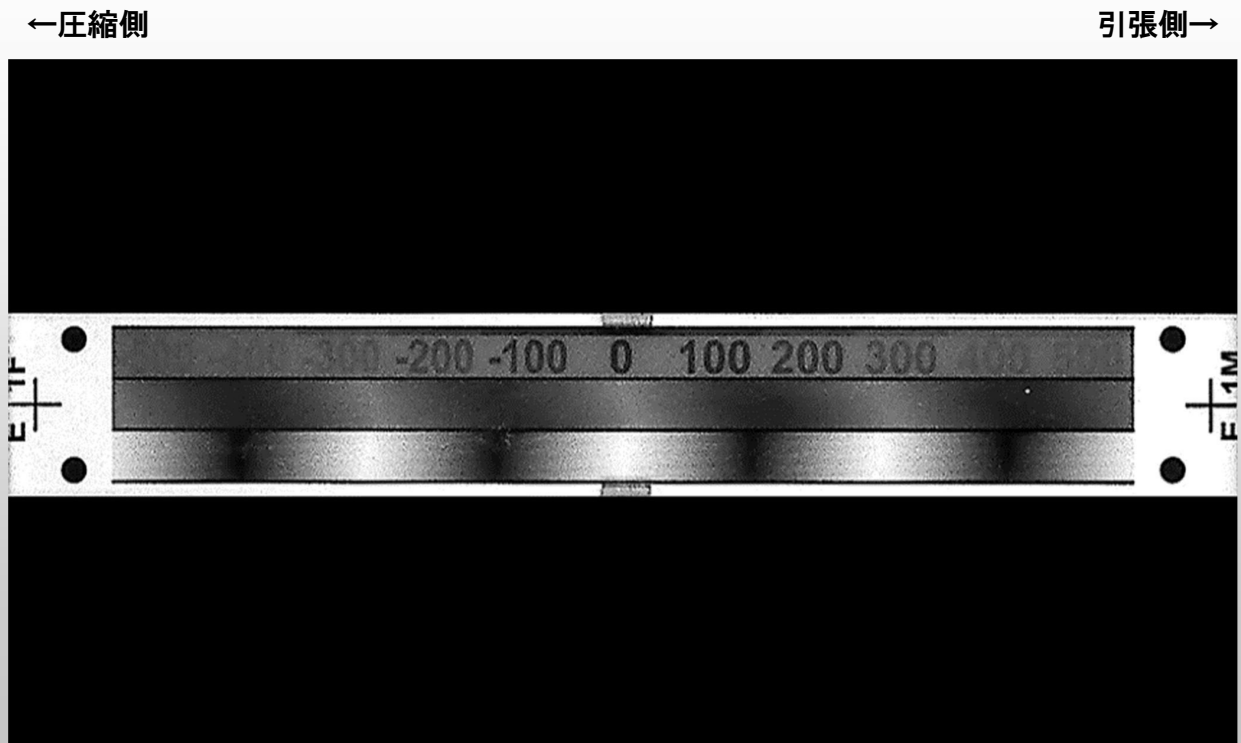


◆ひずみ可視化デバイスの構造・構成材料



標点間距離Lに発生した変位 ΔL を、格子パターンを施した2枚のプレートの相対的なズレ量から検出する。
ひずみ ε は、 $\varepsilon = \Delta L / L$ で求められる。

◆ひずみ可視化イメージ

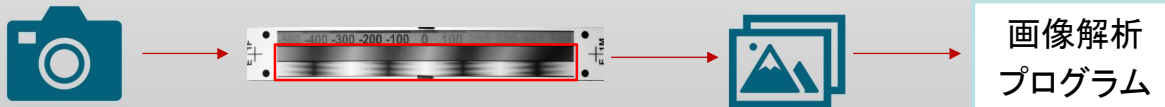


◆ひずみ可視化デバイスの測定方法

- 目視



- デジタルカメラでの撮影



◆ひずみ可視化デバイスの目視による計測

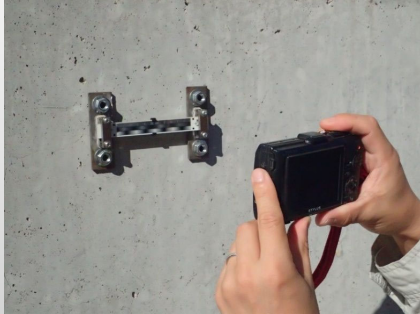
100 $\mu\epsilon$ ごとの数値の最も濃く表示されている数字を読み取ることでひずみ値を得ることができる。



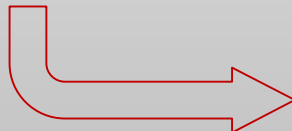
Images of strain visualization device		Reading value ($\mu\epsilon$)
	0	
	100	
	250	
	350	
	400	

◆ひずみ可視化デバイスのデジタルカメラによる計測

ひずみ可視化デバイスに正対して撮影
撮影画像を専用アプリケーションに入力することで解析を実施



デジタルカメラによる撮影状況

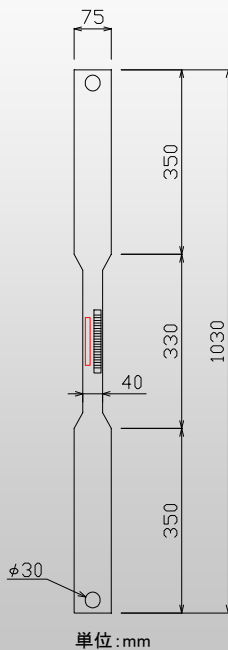


“解析” ボタン

ひずみ算出アプリケーション

◆適用事例(鋼材の引張試験)

鋼材の中央に両面設置し、載荷および除荷時のひずみ変化を測定した。ひずみゲージを比較対象とした。



アムスラー




試験片(表面)

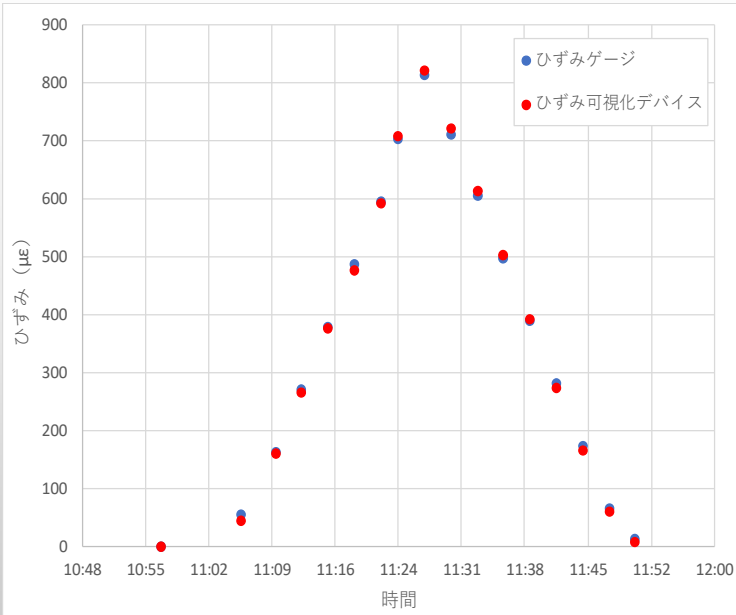


試験片(裏面)

 : ひずみゲージ

 : ひずみ可視化デバイス

◆適用事例(鋼材の引張試験)



時刻	荷重 (kN)	軸ひずみ (μ ε)		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

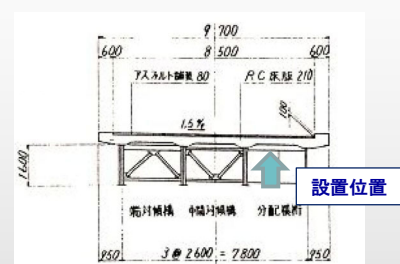
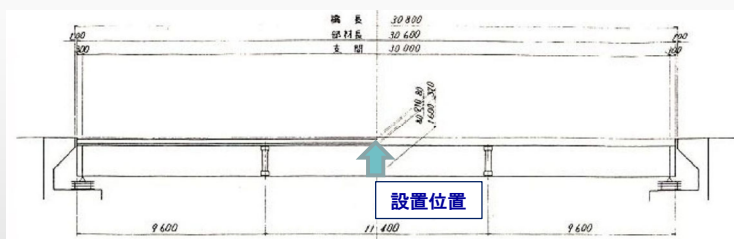


デジタルカメラ
OLYMPUS
STYLUS TG-3 Tough

符号 引張: +、圧縮: -

◆適用事例(橋梁の静的載荷試験)

床版の支間中央に1箇所設置し、車輛載荷時のひずみ変化を測定した。ひずみゲージを比較対象とした。



※車輪通過位置: 床版支間中央



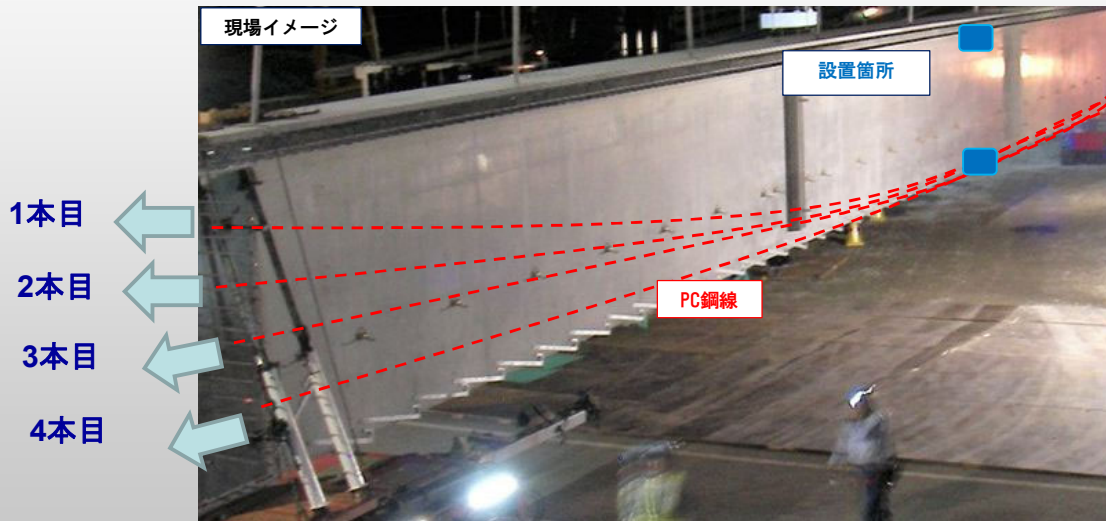
	ひずみ (μ ε)			差分 (μ ε)
	ひずみ可視化デバイス		ひずみゲージ	
	解析値	初期値からの差分		
無載荷時	406	-	-	-
1回目	451	45	31	+14
2回目	441	35	27	+8
3回目	437	31	32	-1
4回目	438	32	31	+1
5回目	431	25	24	+1

※車両を停止させ、車両載荷時のひずみを5回計測した

※ひずみ可視化デバイスは無載荷時および車両載荷時に複数枚撮影・解析を行い、平均値を記載

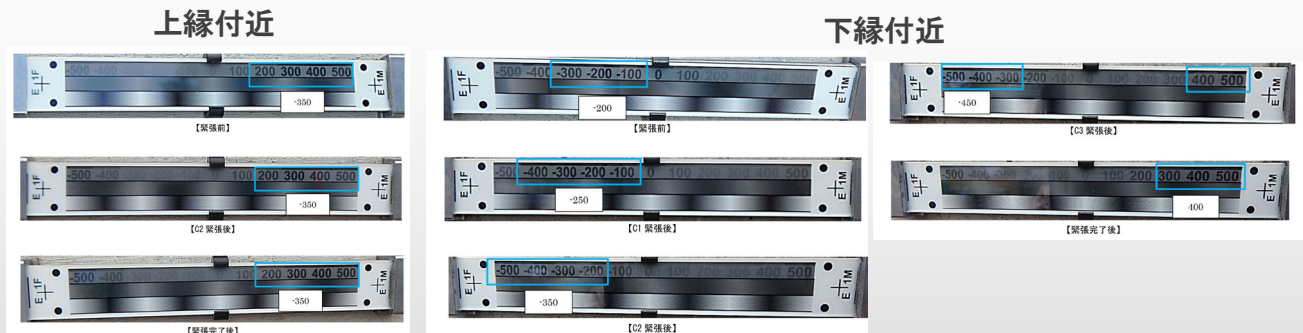
◆ 適用事例(緊張時のコンクリートひずみ測定)

プレストレス緊張時に、支間中央付近の側面上縁・下縁付近に設置し、各ケーブル緊張後のコンクリートの導入ひずみ(応力)を測定した。



◆ 適用事例(緊張時のコンクリートひずみ測定)

目視によるひずみ変化



「-350 μ」から「-350 μ」
ひずみ変化:「0 μ」

「-200 μ」から「+400 μ」
ひずみ変化:「-400 μ」

施工ステップ	ひずみ (μ)			
	上縁付近		下縁付近	
	目視	デジタルカメラ	目視	デジタルカメラ
緊張前	0	0	0	0
C1緊張後	0	-	-50	-44
C2緊張後	0	-26	-150	-140
C3緊張後	0	-	-250	-224
C4緊張後	0	-15	-400	-414

設置位置	設計値 (N/mm ²)	応力 (N/mm ²)			
		目視		デジタルカメラ	
上縁付近	2.2	0.0	0.0%	0.5	22.1%
下縁付近	13.9	13.2	94.7%	13.7	98.0%

※ $E_c=3.3\text{kN/mm}^2$ と仮定した