

光学的全視野計測を用いた

# 応力解放法による 現有作用応力計測技術

NETIS登録番号：CG-160009-A

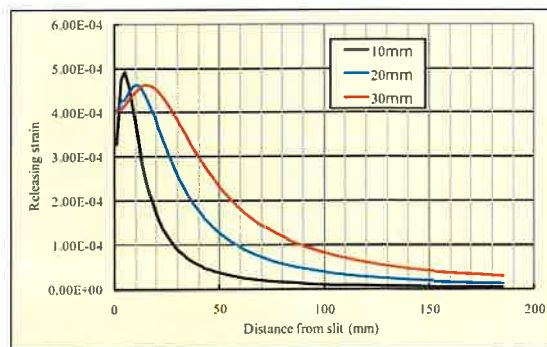
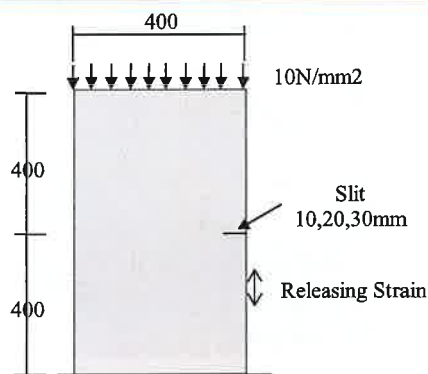


## スリット応力解放法による現有作用応力計測

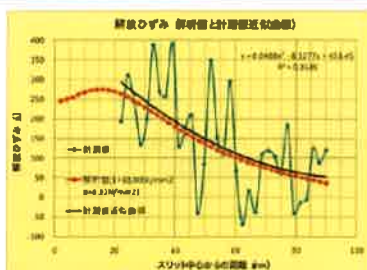
一様に応力が作用しているコンクリート部材に応力方向に対して垂直にスリットを切削すると、スリット周辺に解放ひずみが発生します。この解放ひずみより現有作用応力を計測する技術です。

### 特 徴

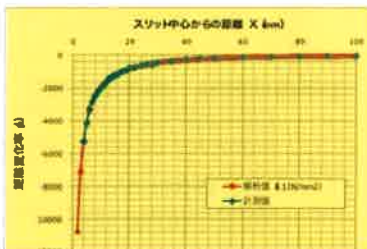
- ◆ 応力解放ひずみ計測は、ひずみ分布を計測できる光学的全視野計測法を用います。
- ◆ スリット応力解放法は、スリットを切削する前後のスリット周辺部をラインセンサスキャナタイプ全視野ひずみ計測装置で計測します。
- ◆ ラインセンサスキャナタイプ全視野ひずみ計測装置での画像をデジタル画像相関法による画像解析により解放ひずみ分布を求めます。
- ◆ 光学的全視野計測法を用いることによりスリット近傍の微小領域まで高精度なひずみ分布計測を行うことができます。また、FEM 解析による逆解析を行い、計測した解放ひずみ分布を元にしてコンクリート部材の現有応力を推定することができます。
- ◆ PC 構造物では、現有作用応力よりプレストレス量の推定ができます。また、PC 橋の復元設計の資料としても活用できます。



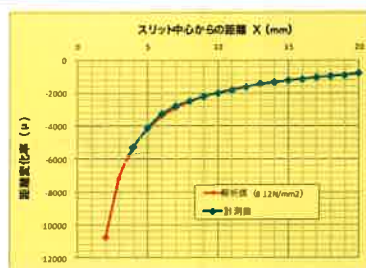
### 現有作用応力計測事例



解放ひずみ分布例



対称点間距離変化率分布例 0～100 mm区間



対称点間距離変化率分布例 0～20mm 区間の拡大図

#### 解析値と計測値の比較例

スリット中心からの距離 X (mm)	解析値 $\delta 1$ ( $\mu$ )	計測値 $\delta 2$ ( $\mu$ )	6 2/δ 1 (%)
2	-10771.5	-	-
3	-7099.0	-	-
4	-5262.4	-5247.0	99.7%
5	-4159.9	-4110.0	98.8%
6	-3424.2	-3269.0	95.5%
7	-2898.1	-2784.0	96.1%
8	-2502.9	-2480.0	99.1%
9	-2195.1	-2199.0	100.2%
10	-1948.4	-1995.0	102.4%
11	-1746.3	-1808.0	103.5%
12	-1577.5	-1621.0	102.8%
13	-1434.5	-1415.0	98.6%
14	-1311.8	-1314.0	100.2%
15	-1205.3	-1221.0	101.3%
16	-1112.2	-1150.0	103.4%
17	-1029.9	-1042.0	101.2%
18	-956.9	-966.0	101.0%
19	-891.6	-916.0	102.7%
20	-833.0	-780.0	93.6%
20mm	平均値 ( $\delta 2 / \delta 1$ )		100.0%
	標準偏差 S ( $\delta 2 / \delta 1$ )		2.85%
	作用応力 $\sigma$ (N/mm²)		8.12
作用応力誤差 $\Delta \sigma = \sigma \cdot S$ (N/mm²)			0.23

# 光学的全視野計測を用いた 応力解放法による現有作用応力計測技術

## スリット応力解放法による現有作用応力計測の手順

- 1 鉄筋探査により計測位置を特定します。
- 2 ひずみ計測位置を平坦にし、洗浄液（アセトン等）で清掃し、画像取得用の模様を付けます。
- 3 スリット切削位置のマーキングを行います。
- 4 光学式全視野計測装置により、応力解放前のコンクリート表面を計測します（初期画像）。
- 5 応力作用方向に対して直角方向にコンクリートカッターでスリットを切削します。
- 6 再度、光学式全視野計測装置により、応力解放後のコンクリート表面を計測します（変形後画像）。

応力解放前の  
表面状況



光学式全視野  
計測装置での計測  
(初期画像)



切削状況



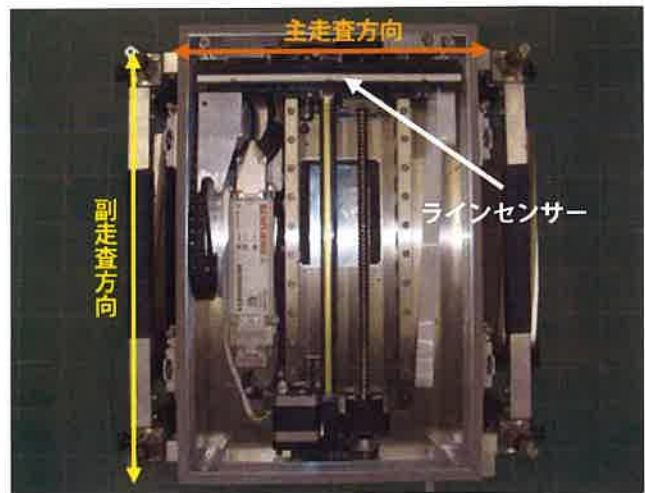
応力解放後の  
表面状況



光学式全視野  
計測装置での計測  
(変形後画像)



計測画像



ラインセンサスキャナタイプ全視野ひずみ計測装置

株式会社

**K&T** こんさるたんと  
Knowledge & Technology Consultant

〒277-0005 千葉県柏市柏3-8-17 グランモール千代田203号  
Tel: 04-7160-3714 Fax: 04-7160-3715  
担当: 肥田研一 E-mail: k-hida@kt-c.co.jp  
URL: http://kt-c.co.jp/

株式会社 計測リサーチコンサルタント

**KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.**

広島本社	〒732-0029	広島市東区福田1丁目665-1 (代蔵)	TEL 082-699-5471
東京本社	〒120-0006	東京都足立区谷中2丁目10-7 エムケイビル	TEL 03-5673-7050
大阪支社	〒564-0062	大阪府吹田市垂水町3丁目2-18	TEL 06-6821-0161
九州支社	〒812-0007	福岡市博多区真比羅2-2-25 SKビル	TEL 092-474-5206
名古屋支店	〒468-0042	名古屋市天白区海老山町1010	TEL 052-800-2341
岡山営業所	〒710-0016	倉敷市中庄2415-1 中洋マンション	TEL 086-462-8418

http://www.krcnet.co.jp  
E-mail: krc@krcnet.co.jp

佐賀大学 大学院 工学系研究科 都市工学専攻 伊藤研究室

〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄1 TEL: 0952-28-8874 FAX: 0952-28-8699  
E-mail: itoy@cc.saga-u.ac.jp  
http://toshi1.civil.saga-u.ac.jp/itoy/Index.html

長崎大学 工学部 インフラ長寿命化センター

〒852-8521 長崎県長崎市文政町1-14 TEL: 095-819-2880 FAX: 095-819-2879  
http://lem.eng.nagasaki-u.ac.jp/

※本計測技術は国土交通省建設技術研究開発助成制度の補助による研究成果です。

“ひずみ” を見える化！

# ひずみ可視化デバイス (SVD-1)

モアレ縞の原理を用いてひずみを計測するセンサで、概略のひずみ値を目視で確認できるとともに、デジタルカメラで撮影したデジタル画像を画像解析することにより、より精度の高いひずみ値を取得することができます。構造がシンプルで、電気的な要素を必要としないことから長期耐久性に優れており、社会インフラの長期モニタリングに適しています。

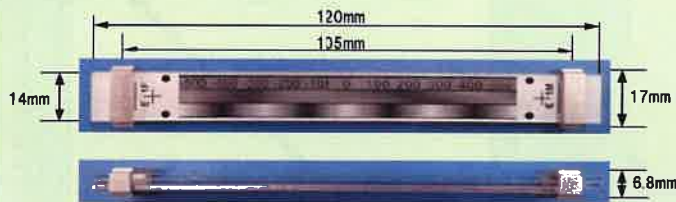


特許 第 5843256 号  
特許 第 6304655 号

## ■ 特長

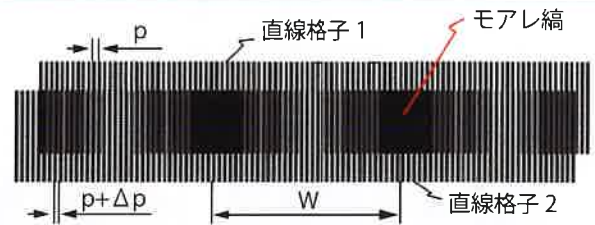
- ・電源不要  
→ 究極の省電力タイプのセンサです
- ・“ひずみ” を見える化  
→ ひずみ量を目視で確認できます
- ・デジタル画像からひずみを算出  
→ デジタルカメラでひずみを計測できます
- ・自己温度補償  
→ 温度補償材料：コンクリートおよび軟鋼

## ■ 仕様



標点間距離	105 mm
判読容量	$\pm 500 \mu \epsilon$ (F.S.= $1000 \mu \epsilon$ )
可視化分解能	$50 \mu \epsilon$
非直線性	$\pm 1\%$ of F.S.
繰り返し精度	$\pm 10 \mu \epsilon$
外形寸法	17mm×120mm×t6.8mm

## ■ 計測原理



ピッチの異なる直線格子を生成した 2 枚のプレートを重ねることで発生するモアレ縞の原理を用いています。直線格子 1 のピッチを  $p$ 、直線格子 2 のピッチを  $p+\Delta p$  とすると、モアレ縞のピッチ  $W$  は、 $((p+\Delta p)/\Delta p) \cdot p$  で表されます。式より、直線格子 1 がピッチ  $p$  ほど移動すると、視覚的に  $(p+\Delta p)/\Delta p$  倍に拡大表示され、モアレ縞は  $W$  ほど移動します。この原理によって、2 枚のプレートの相対的な微小変位を視覚的に拡大表示して検出します。

## ■ 計測方法

### ① 目視による「ひずみ」の評価



目視による「ひずみ」の確認

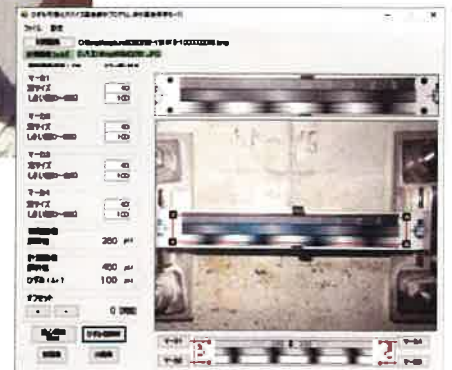


ひずみ読取値： $-200 \mu \epsilon$

### ② デジタル画像解析による「ひずみ」の評価



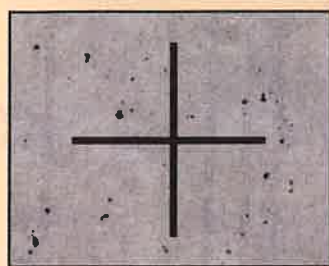
デジタルカメラによる写真撮影



画像解析プログラム

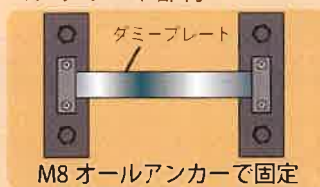
※本技術は、高木 健 准教授 (広島大学大学院) と共同開発した技術です。

## ■設置手順



1. 位置出し

コンクリート部材



M8 オールアンカーで固定

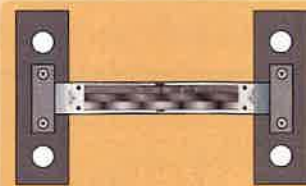
鋼製部材



溶接にて固定

2. 取付脚の固定

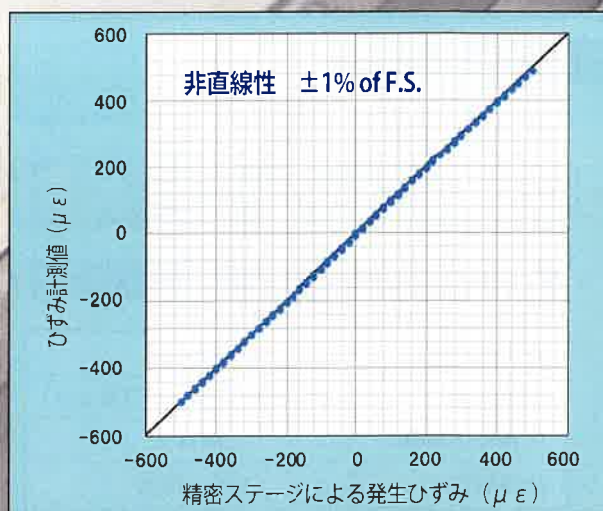
ダミープレートを取り外し、  
ひずみ可視化デバイスを取り付ける。



3. ひずみ可視化デバイスの  
取付

## ■検証試験

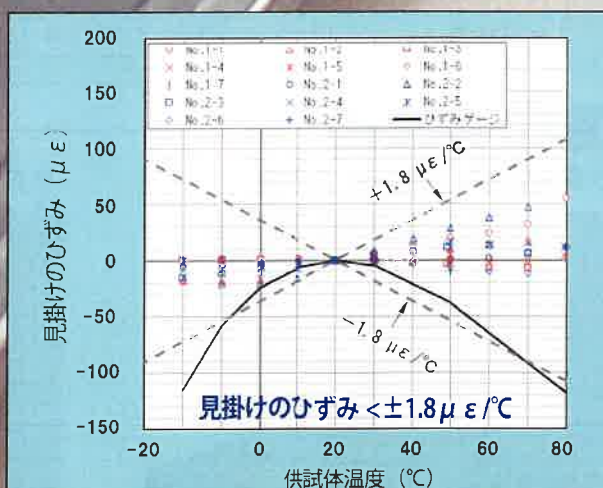
### 【精度検証試験】



### 【温度特性試験】



試験体：鋼製板 (線膨張係数)  $11.7 \mu\epsilon/^\circ\text{C}$



※平成 26 年度「技術開発支援制度」(一般社団法人 中国建設弘済会) および平成 30 年度「新成長ビジネス事業化支援事業」(公益財団法人広島市産業振興センター) による助成を受けています。

株式会社 計測リサーチコンサルタント

**KEISOKU  
RESEARCH  
CONSULTANT CO.**

http://www.krcnet.co.jp  
E-mail:krc@krcnet.co.jp

広島本社	: 732-0029	広島市東区福田1丁目665-1	(代表)	TEL. 082-899-5471	FAX. 082-899-5478
東京本社	: 120-0006	東京都足立区谷中2丁目10-7 エムケイビル		TEL. 03-5673-7050	FAX. 03-5673-7053
大阪支社	: 564-0062	大阪府吹田市垂水町3丁目2-18		TEL. 06-6321-0161	FAX. 06-6821-0198
九州支社	: 812-0007	福岡市博多区東比恵2-2-25 SKビル		TEL. 092-474-5206	FAX. 092-475-0494
名古屋営業所	: 468-0042	名古屋市中区海老山町1003 PATOビル		TEL. 052-800-2341	FAX. 052-800-2342
岡山営業所	: 710-0016	倉敷市中庄2881-67		TEL. 086-462-8418	FAX. 086-462-8628

# Stick Scanner = 3

## 棒形スキャナ

# SS-3

微破壊検査技術

Deterioration diagnosis of concrete structure

特許第4393756号



NETIS登録 QS-110038-A

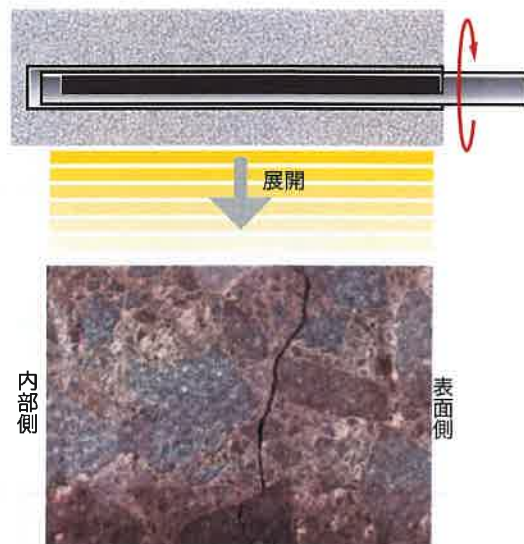


小径孔を利用した棒形スキャナによるコンクリート構造物内部検査



構造物から採取したコアからは、中性化深さや塩分含有量等のコンクリート構造物の劣化診断に用いる多くの情報が得られますが、大口径でのコア採取は、構造物に損傷を与え、さらに削孔の際に鉄筋を切断する恐れがあります。

本検査法は、小径孔(約φ25mm)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棒形スキャナを用いることにより、コンクリート構造物の内部状況を鮮明に記録し、そのスキャンニング画像から展開図を作成し、中性化進行状況、ひび割れ深さ、ひび割れ幅を計測するものです。



孔内展開図画像

### SS-3の特長

#### ◎小径孔で複数の内部欠陥・劣化状況の検査に対応可能

⇒ひび割れ幅・位置, ジャンカ, コールドジョイント, 空洞, タイルの浮き, 中性化, 注入材の充填状況等

#### ◎装置が小さく, 検査方法も簡易で, 1人で検査が可能。熟練を要さない。

⇒検査点数を多く取れる

#### ◎高倍率で鮮明なカラー画像が得られる。

⇒検査精度が高く, 検査結果の記録・保存が可能

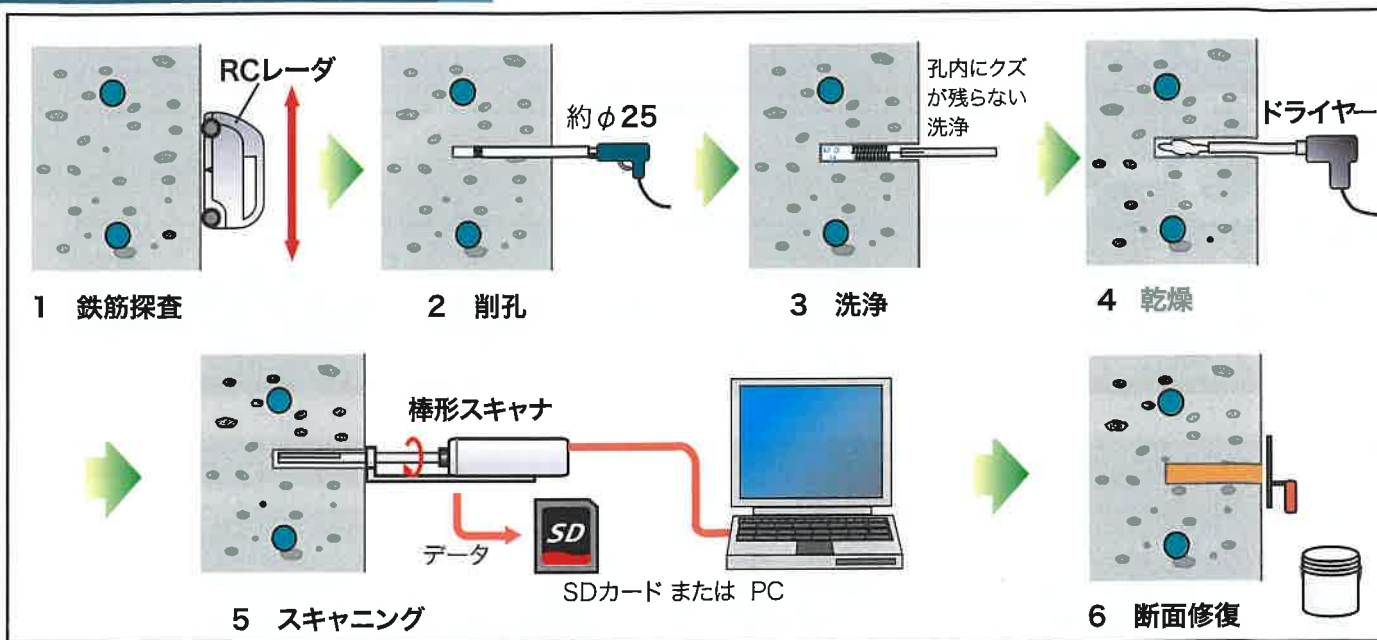
#### ◎削孔径が小径であるため, 検査後の補修が簡易。

⇒内部欠陥があった場合は, 注入材の注入孔や

アンカーの定着孔として利用可能

仕様	
読取り削孔穴サイズ	直径約φ25mm穴の内面(周長79mm)
読取り有効サイズ	210mm(主走査:穴奥行き方向) 160mm(副走査:回転方向) (段取り替えにより、深さ350mm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:81×H:94×L:662(mm) (突起物含まず)
データ保存方法	パソコン/SDカード
電源	単三型充電電池4本

作業手順

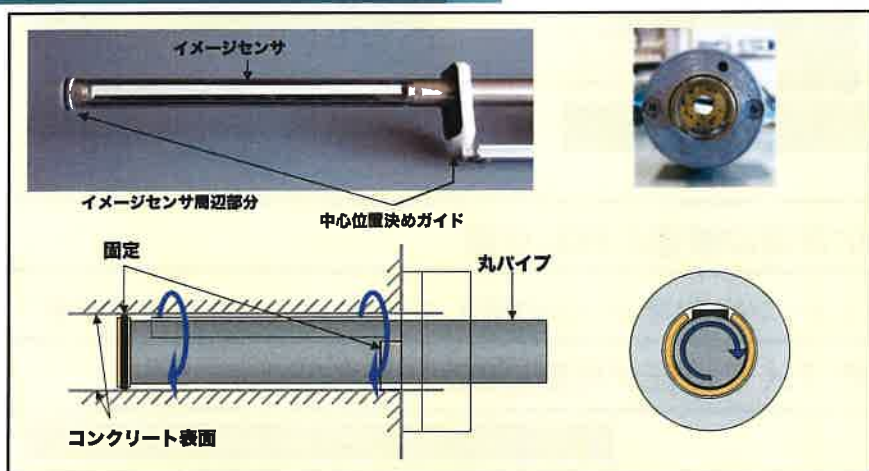


測定状況



孔内スキャン

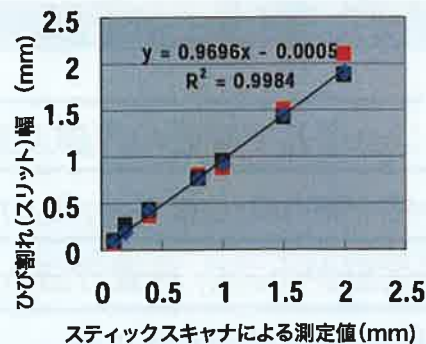
センサー詳細



測定結果



ひび割れ(スリット幅2.0mm)の場合



※本検査法は、伊藤幸広教授（佐賀大学大学院工学系研究科）により開発されました。  
 ※平成20年度「ひろしま産業創生補助金」を受けています。

株式会社 計測リサーチコンサルタント



http://www.krcnet.co.jp  
 E-mail:krc@krcnet.co.jp

広島本社	: 〒732-0029 広島市東区福田1丁目665-1	(代表) TEL. 082-899-5471 FAX. 082-899-5478
東京本社	: 〒120-0006 東京都足立区谷中2丁目10-7 エムケイビル	TEL. 03-5673-7050 FAX. 03-5673-7053
大阪支社	: 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3丁目2-18	TEL. 06-6821-0161 FAX. 06-6821-0198
九州支社	: 〒812-0007 福岡市博多区東比恵2-2-25 SKビル	TEL. 092-474-5206 FAX. 092-475-0494
岡山営業所	: 〒710-0016 倉敷市中庄2415-1 中祥マンション	TEL. 086-462-8418 FAX. 086-462-8628
名古屋営業所	: 〒468-0042 名古屋市天白区海老山町1010	TEL. 052-800-2341 FAX. 052-800-2342