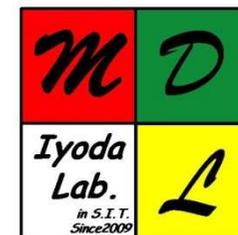
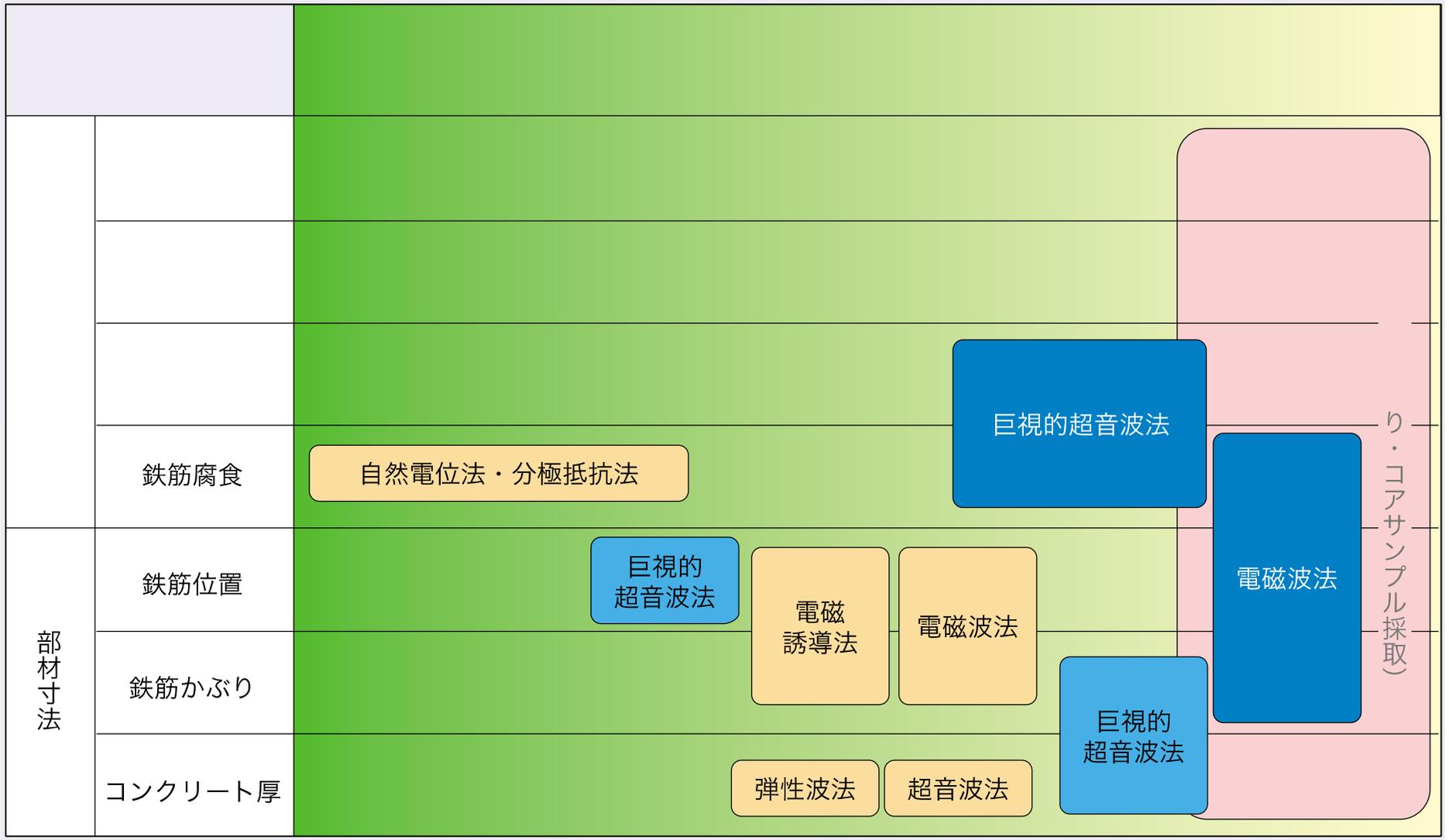


維持管理工学

～第八回 非破壊検査技術(1)～

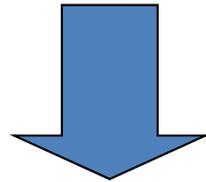
マテリアルデザイン研究室
伊代田 岳史





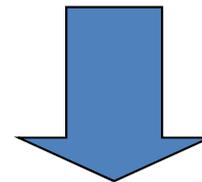
維持管理の基本（RC示方書）

構造物の維持管理は、供用期間を通じて構造物が保有すべき要求性能を許容範囲内に維持するよう維持管理計画を策定し、初期点検、劣化予測、点検、評価及び判定、対策、記録を適切に行える維持管理体制を構築の上実施する。



新規建設構造物

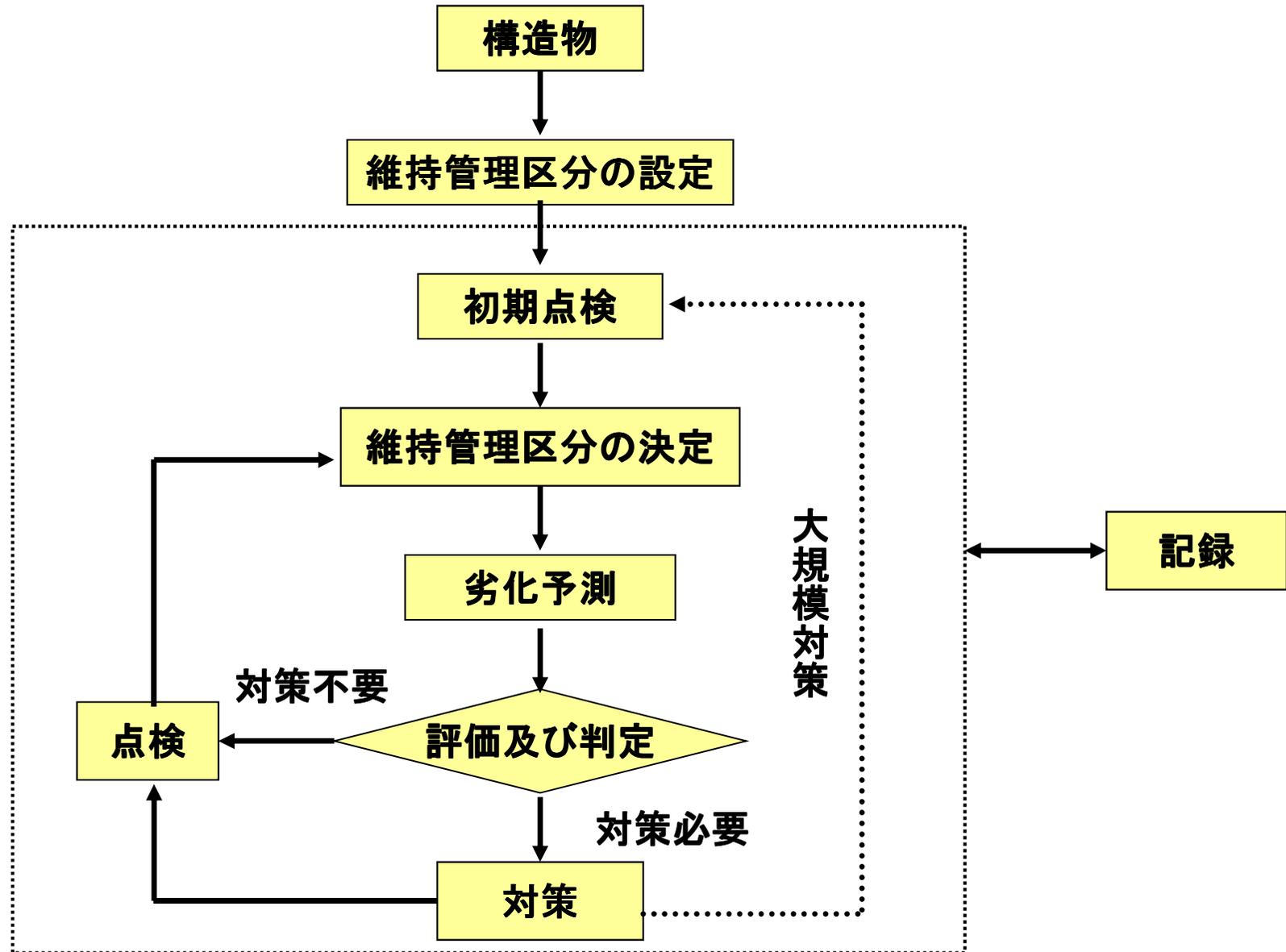
予測が必ずしも
適当でない場合もある



既存構造物

初期点検、記録の不備
がありうる

維持管理フロー（RC示方書）



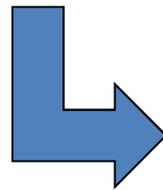
劣化機構の推定（RC示方書）

新設構造物

- ・設計・使用材料・施工状況などの記録
 - ・構造物の環境条件や使用条件
- **劣化機構**を推定する。

既設構造物

- ・構造物の環境条件や使用条件
 - ・変状の特徴
- **劣化機構**を推定する。

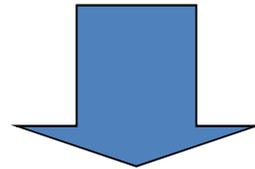


既設構造物では点検結果が
重要となる

非破壊検査の利用

劣化原因の推定や劣化程度の判定：
目視検査だけでは不十分

→ **非破壊検査**の使用



非破壊検査を適用する場合には、各種非破壊検査方法の原理および特徴を考慮して利用することが肝要である。

非破壊検査の利用

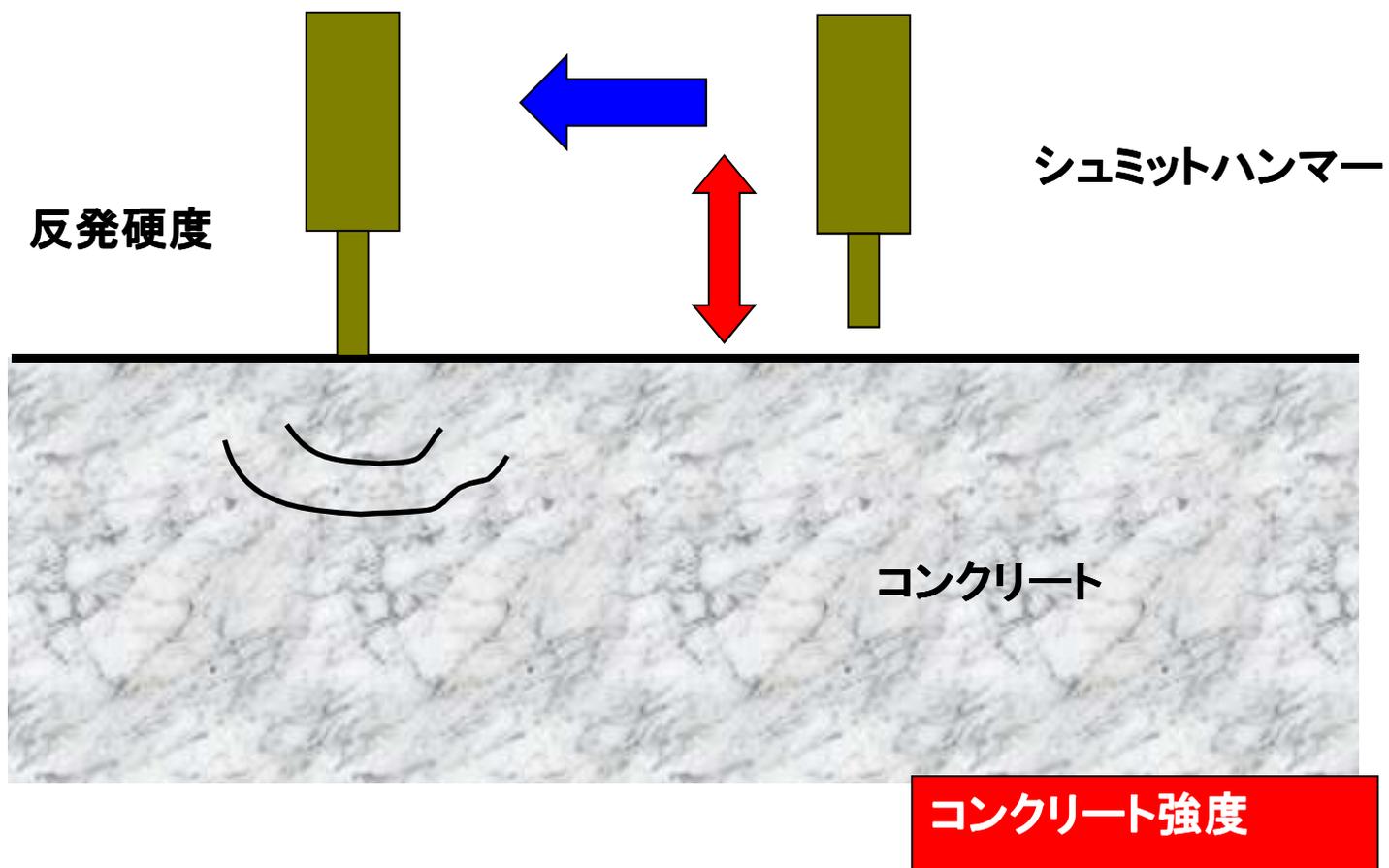
非破壊検査には様々な原理が用いられている。
このため、対象とする検査項目が同じであっても
それぞれの手法に特有の利点・欠点が存在する。

強度	外観検査	内部検査
シュミットハンマー	目視検査	超音波法
超音波法	写真撮影	電磁誘導法
プルアウト法	デジタルカメラ	AE法
プルオフ法	赤外線法	打音法
ブレイクオフ法	レーザー法	放射線透過法
組合せ法等	マルチスペクトル法	レーダー法
		自然電位法

コンクリート強度

- 反発硬度(シュミットハンマー)
- 超音波(透過法)
- プルアウト法など

シュミットハンマー法（反発硬度法）



シュミットハンマー (N型)



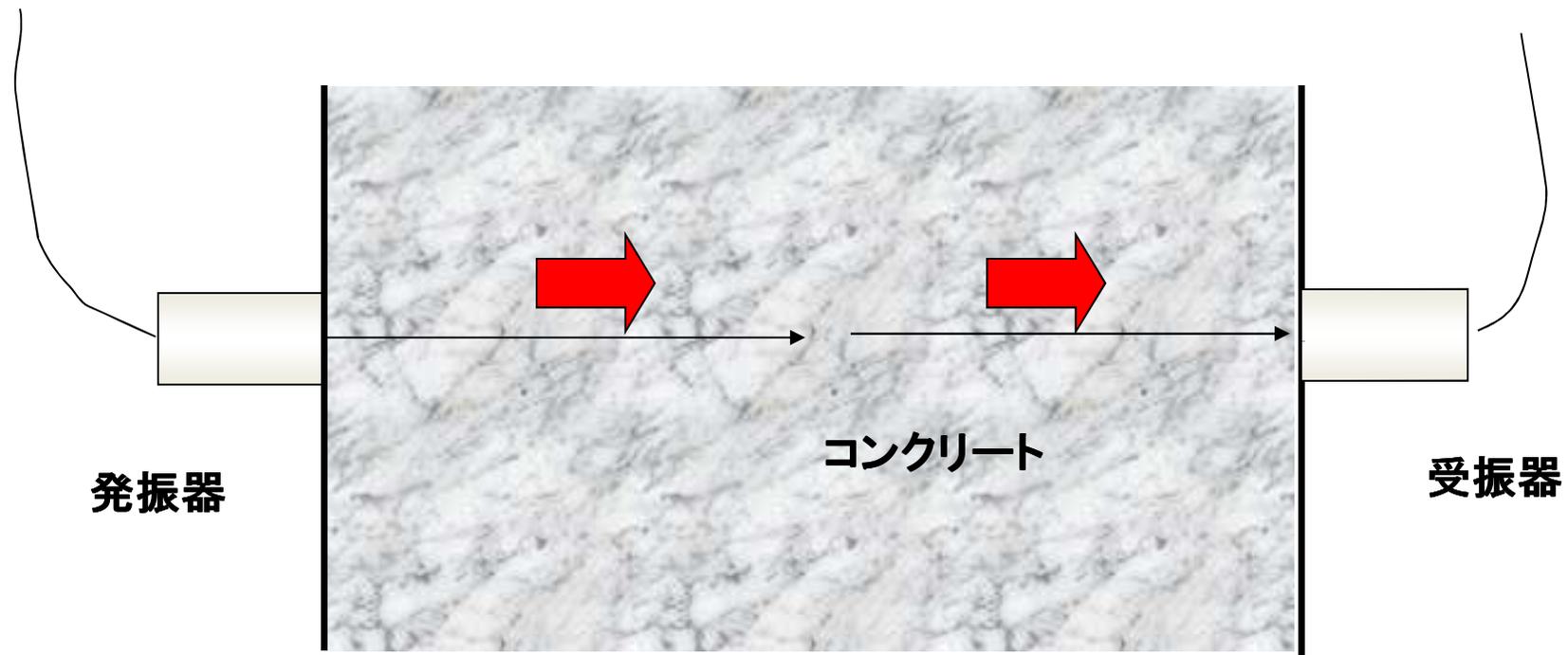
シュミットハンマーでの計測



シュミットハンマー法の特徴

- 簡便に試験が行え、構造物を傷めない。
- 土木学会では試験方法が定められているが、誤差は大きい場合があるとしている。
- 調査個所によって種々の影響を受けやすい。
 - ・構築後の経過年数
 - ・構造物の応力状態
 - ・コンクリート表面の湿度、凹凸、中性化等
 - ・表層の骨材種類、分布、配合他
- 強度推定式が必ずしも一定ではない。
- 内部コンクリートの強度は推定できない。

超音波法（透過法）



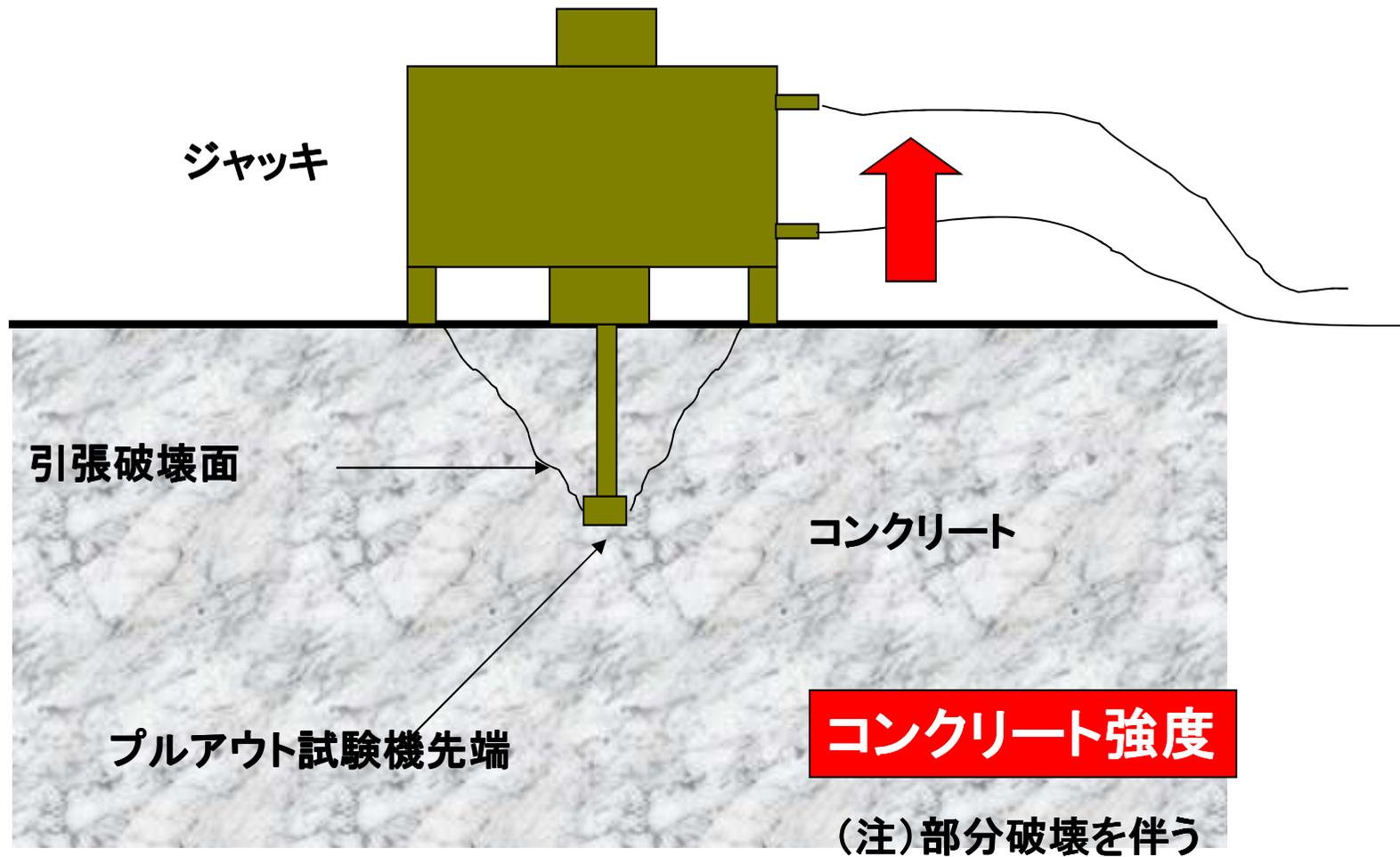
伝播速度から
強度推定

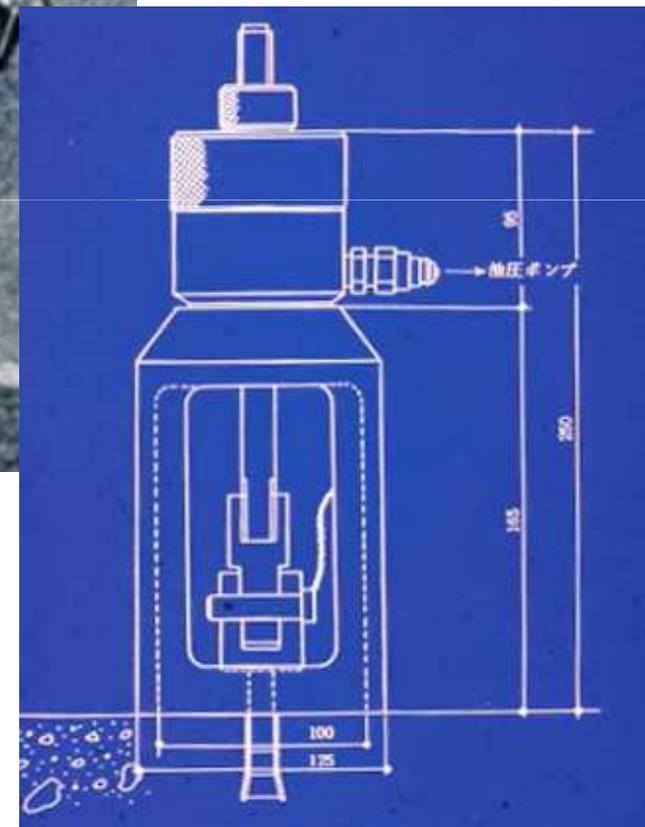
コンクリート強度

超音波伝播速度による圧縮強度推定

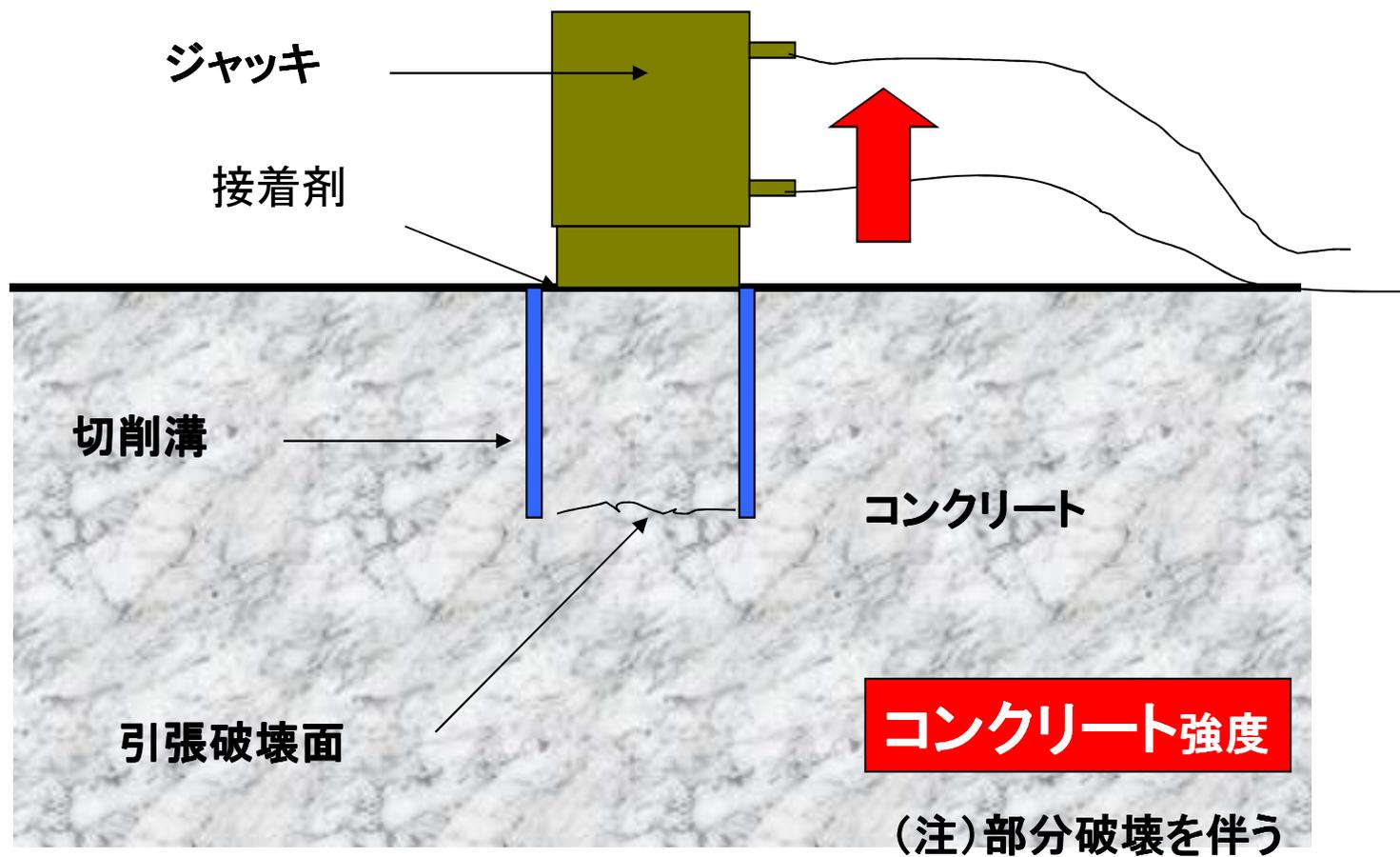
- 伝播速度を求める場合、センサーを向かい合わせて測定すると誤差が少ない。
(一側面で計測する場合には表面波の影響を考慮する必要がある)
- 強度推定には内部の骨材分布や空隙分布の影響を受ける。
- 部材が厚い場合には、高周波成分が透過しにくくなる。
- わずかな伝播速度の誤差が強度推定に大きく影響する。

プルアウト法

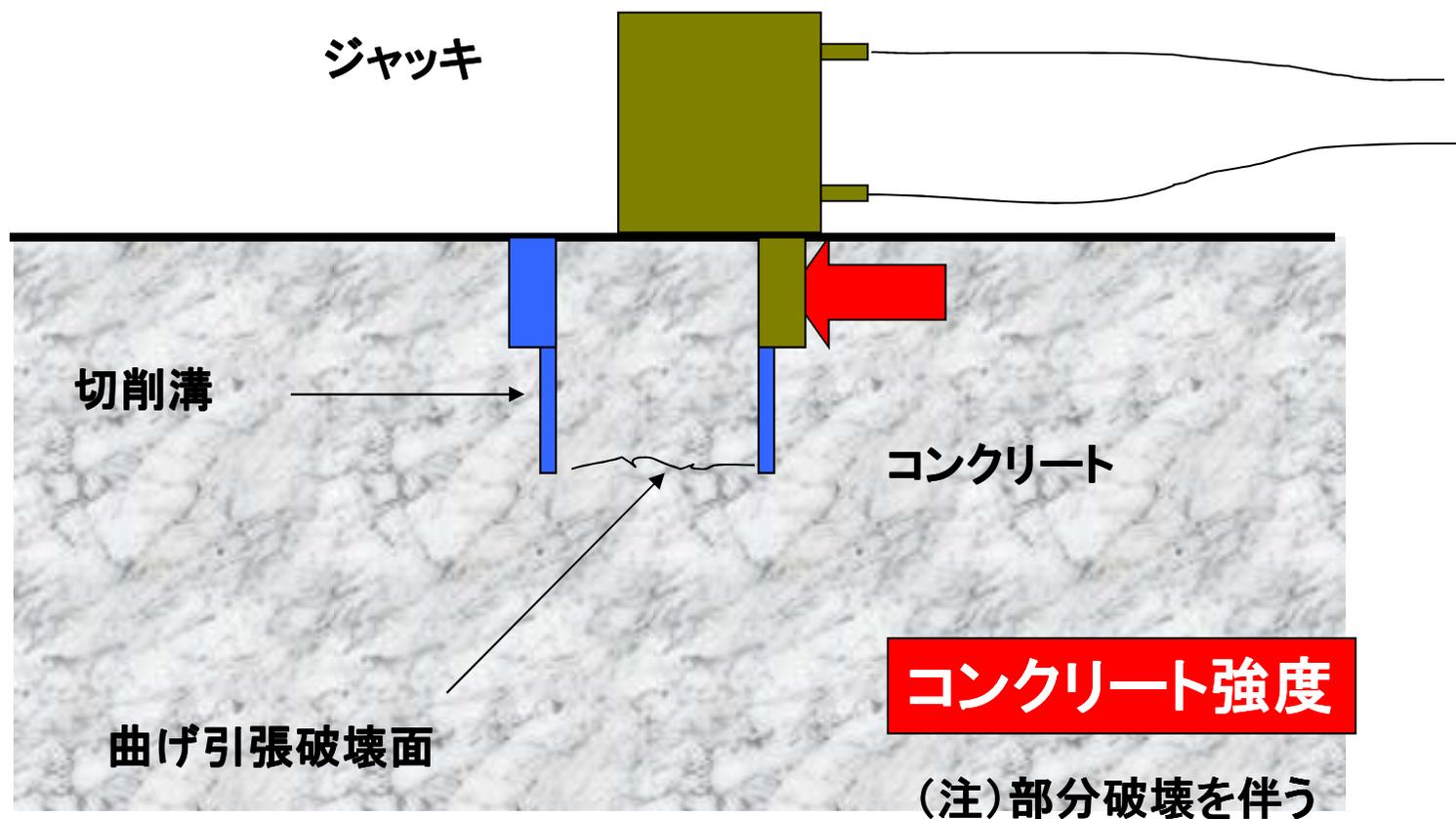




プルオフ法

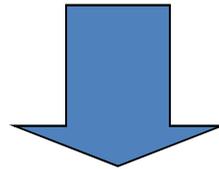


ブレイクオフ法



プルアウト法、プルオフ法、ブレイクオフ法の原理

コンクリートの圧縮強度は引張強度、曲げ強度、せん断強度と相関性がある。



表造部のコンクリートの引張強度、曲げ強度
せん断強度を求めて圧縮強度を推定する。

引張強度 : プルオフ法

曲げ強度 : ブレイクオフ法

せん断強度 : プルアウト法

プルアウト法、プルオフ法、ブレイクオフ法の特徴

- 実際の構造物のコンクリート強度を直接試験することが出来る。
- 構造物の表層強度を求めているため、内部コンクリートの強度ではない。
- いずれの方法も実構造物のコンクリート表面を傷める。
- 圧縮強度ではなく引張、曲げ、せん断強度から推定している。

コンクリートの外観検査

○目視検査

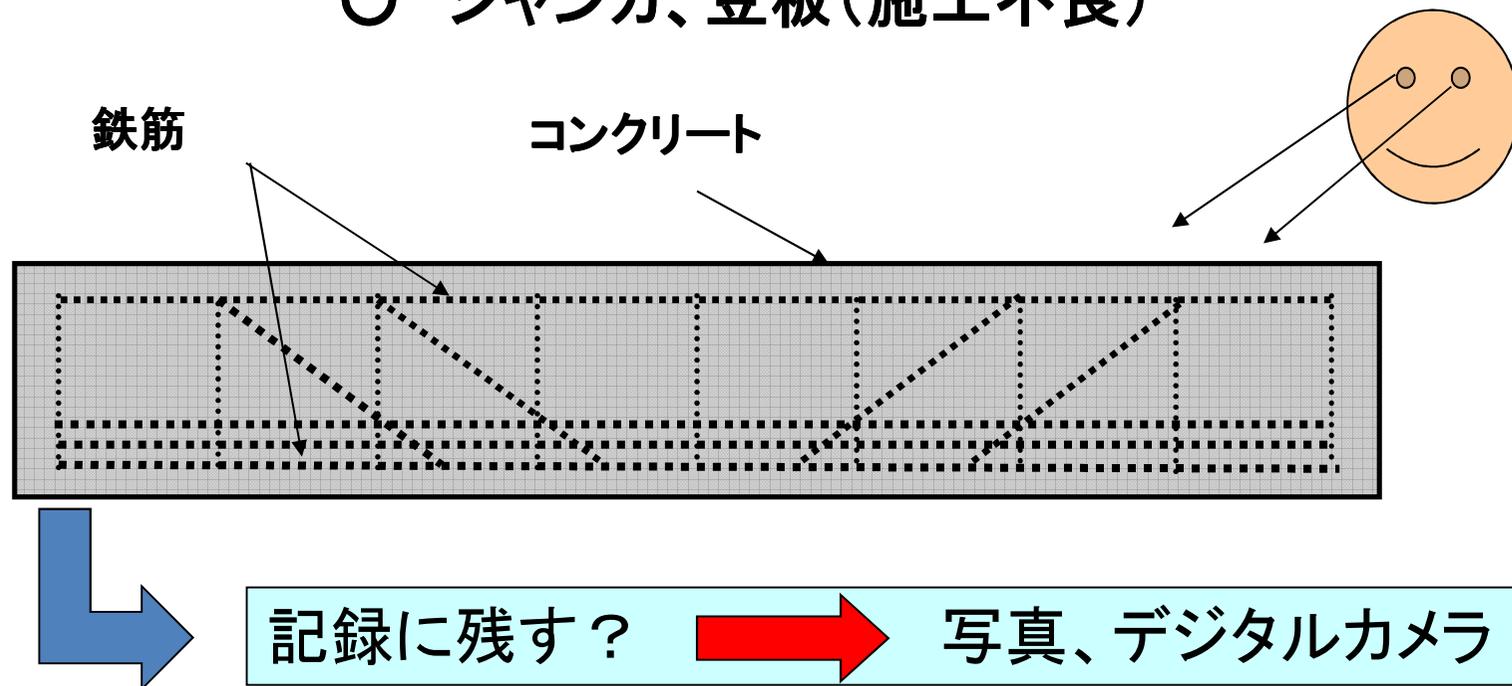
○デジタルカメラ

○赤外線法

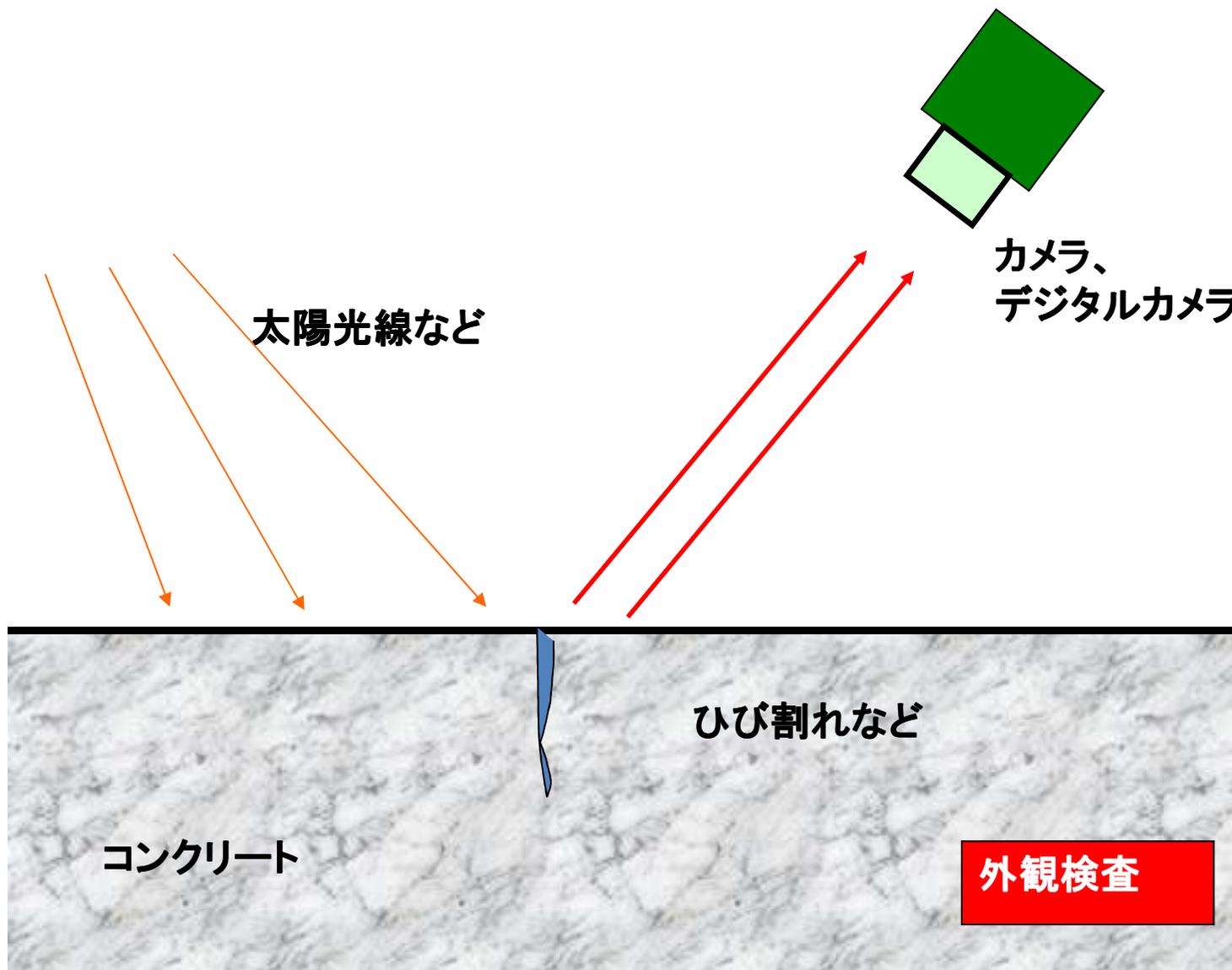
目視検査

目視(外観)検査

- ひび割れ(幅、分布など)
- 剥離、剥落
- 点錆、錆汁、鉄筋の露出
- エフロエッセンス
- ジャンカ、豆板(施工不良)



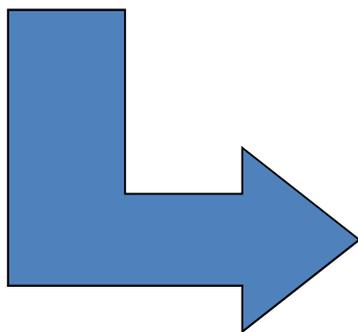
写真撮影・デジタルカメラ



デジタルカメラの利点

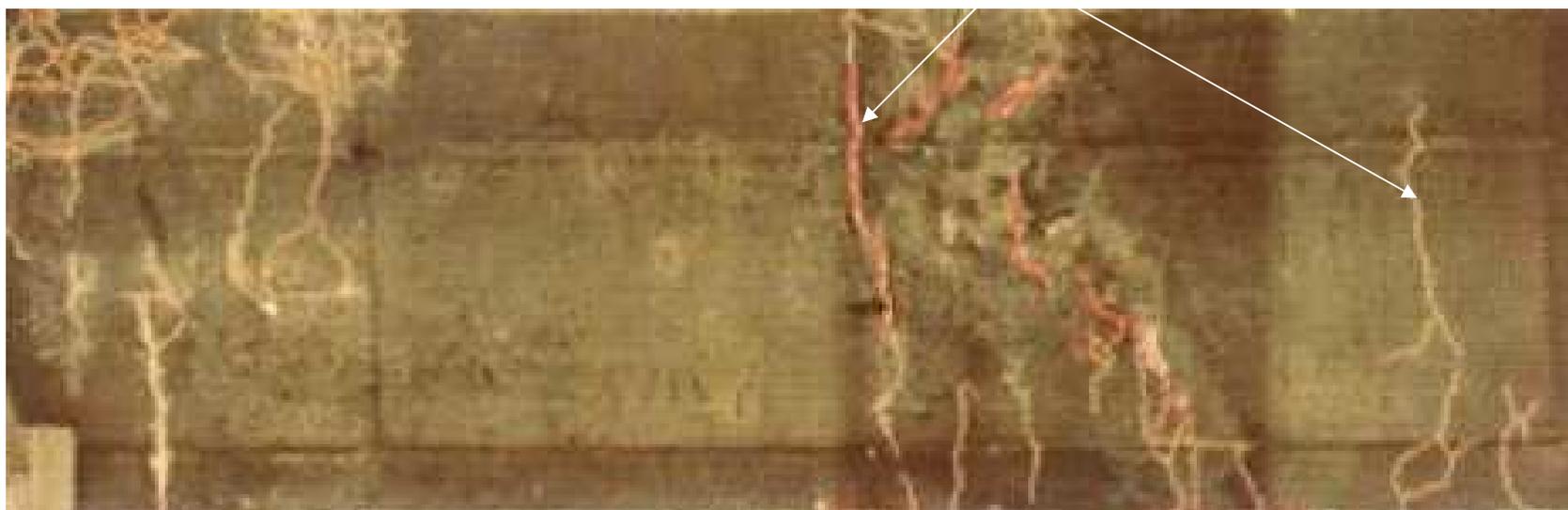


撮影時のゆがんだ画像を
実際の寸法に合わせて
修正することが可能



デジタルカメラによる測定例

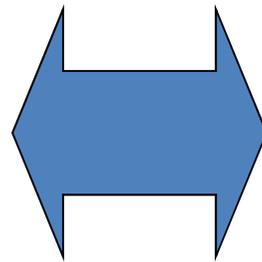
劣化診断特別研究委員会



その他の目視検査

大量のコンクリート構造物をより客観的に検査するためには、専門家の知識を取り入れたコンピュータシステムを利用することが望ましい。この方法であればデータも管理しやすい。

専門家

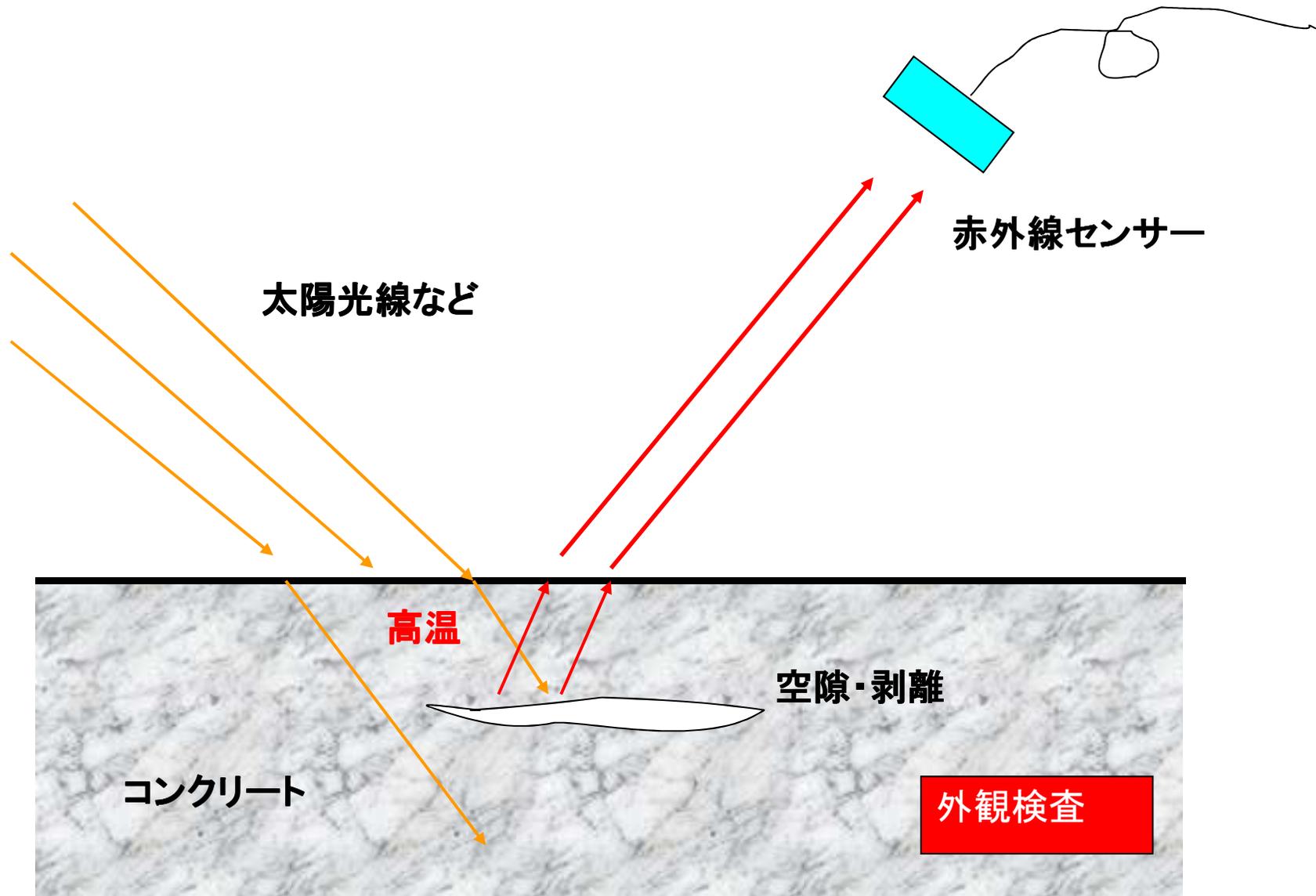


組合せ

コンピュータ



サーモグラフィー法

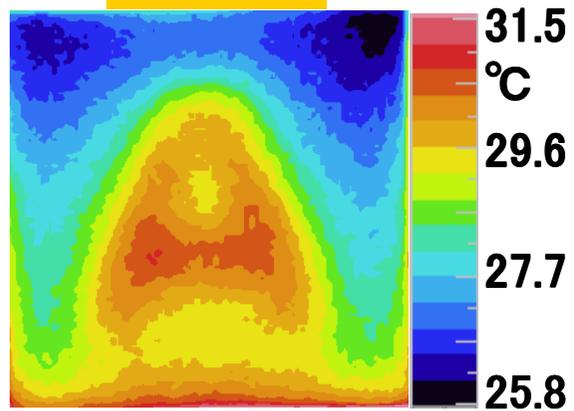




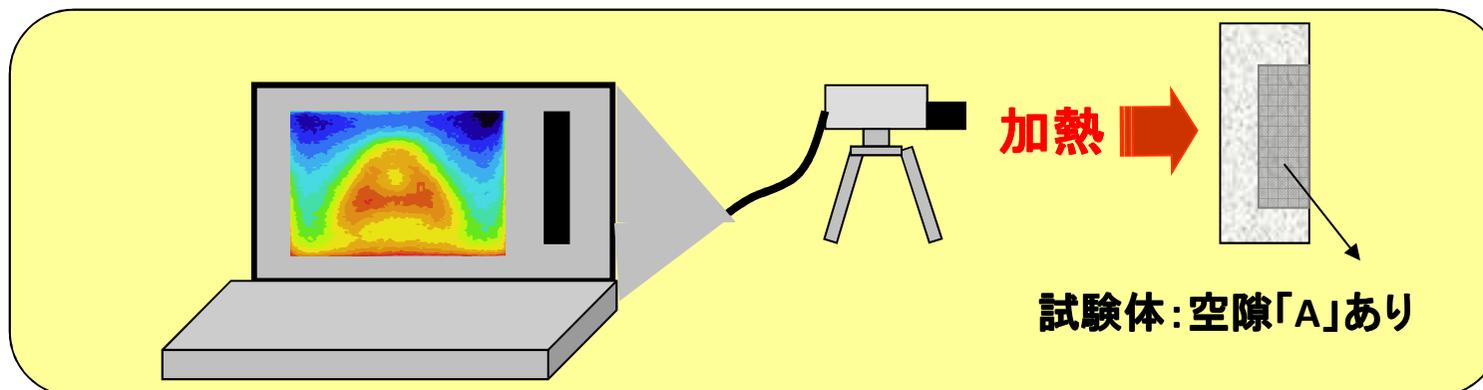
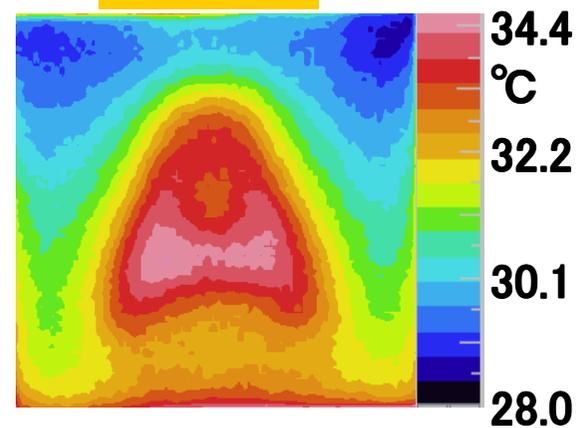
サーモグラフィーとは、物体表面から放射される赤外線を、検出素子を用いて二次元的に走査し、検出された赤外線量を映像として表示する方法

サーモグラフィー法による空隙検査

30min

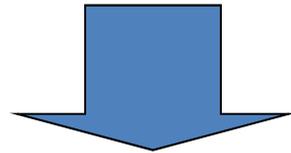


60min

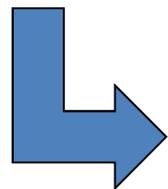


サーモグラフィー法

コンクリート構造物の健全部と欠陥部を比較すると、タイル・モルタルの浮き部、コンクリート中のジャンカ、空洞、漏水部などが存在すると、熱伝導率、比熱等の熱的性質が異なるため、気温、日射、人工的加熱・冷却に伴い表面温度の差が生じる。

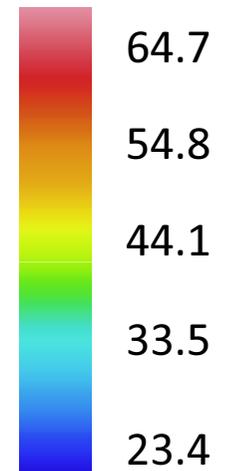


サーモグラフィーでは、赤外線映像装置を用いてコンクリート等の表面温度分布を測定し、表面温度異常部から内部欠陥等を推定する。



解析ではコンクリート表面温度分布を求める

実コンクリート構造物の サーモグラフィー法による検査結果例

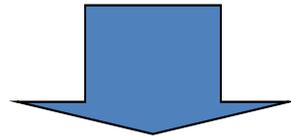


写真に示した個所において欠陥部を検知

得られた熱画像より、解析および実験結果をもとに
内部の欠陥状態(位置、大きさ)を推定する

レーザー法

直進性の高いまた減衰性の小さいレーザー光をコンクリート表面に発射し、その反射光を受光することにより、レーザー光の当たった個所の反射光を検出することが出来る。表面にひび割れ等が存在する場合には反射光は健全部と異なる。



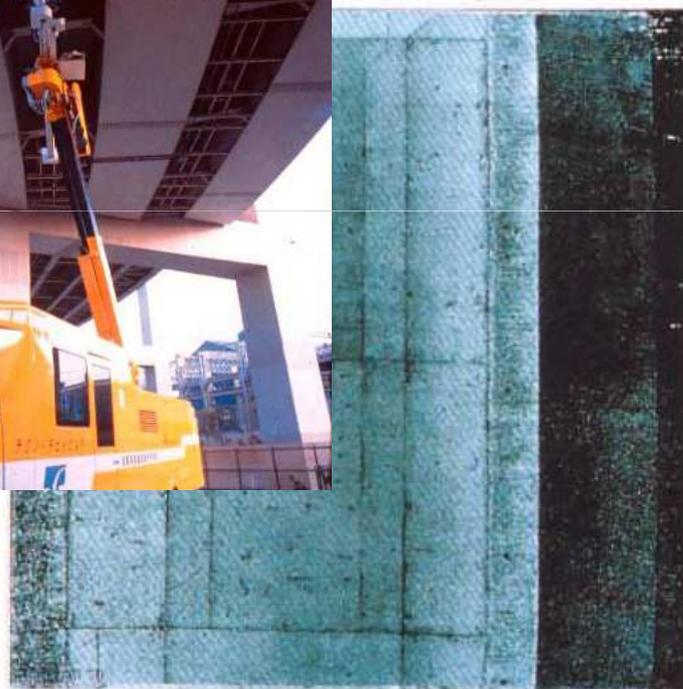
レーザー光で構造物表面をスキャンさせ、各点からの反射光を求めれば、それぞれの位置での反射光からコンクリート表面のひび割れ分布等を求めることができる。



レーザーによる計測結果（（財）首都高速道路技術センター）



0.2mm以上のひび割れ分布
等を求めることができる。



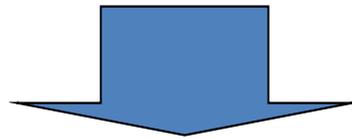
Display size
4m × 4m



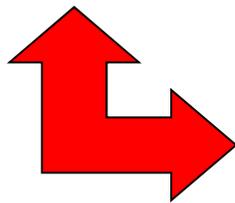
Display size
20cm × 20cm

マルチスペクトル法

各種物質の反射・放射波長の電磁波を計測し、各物質固有の分光反射輝度を求めれば、それぞれの物質を特定することが出来る。



コンクリート表面に分布する各種物質の分光反射輝度から、その物質のコンクリート表面での平面的な分布を知ることが出来る。



コンクリート表面での化学的な情報を得ることが出来る。