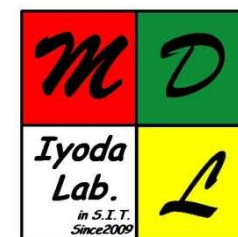


維持管理工学

～第九回 非破壊検査技術(2)～

マテリアルデザイン研究室
伊代田 岳史

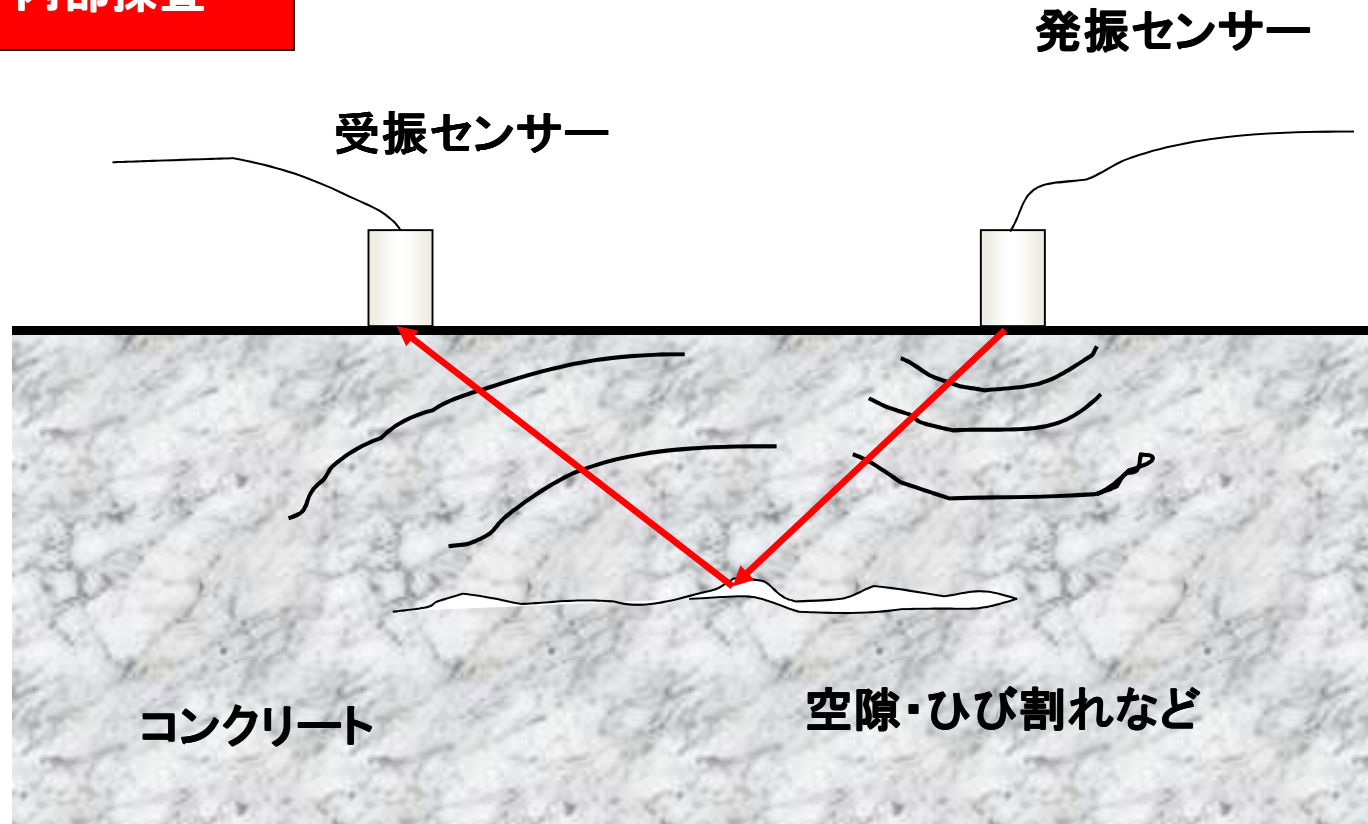


超 音 波 法

超音波は非破壊検査の手法として多くの分野で使用されているもので、建設分野においても、コンクリートのみならず鋼材、プラスチック等の検査等に多く使用されている。

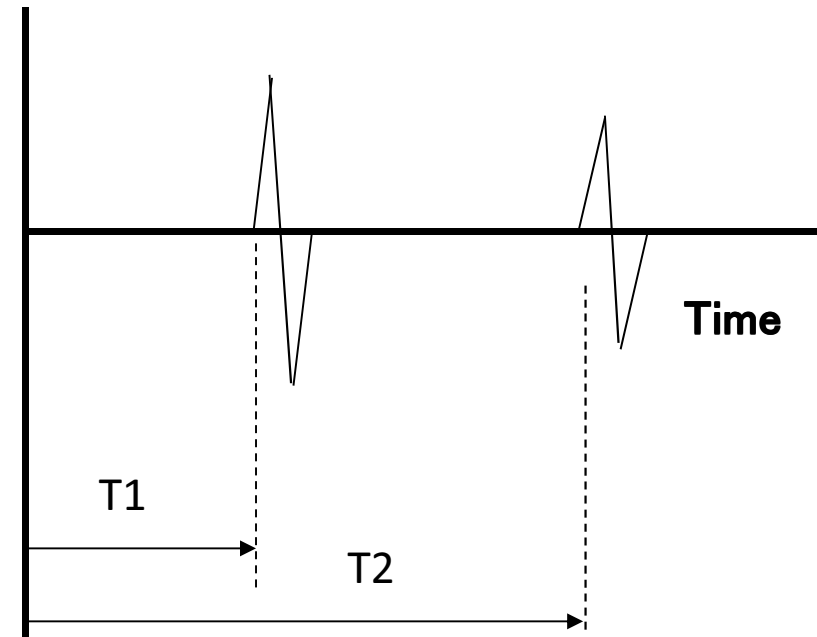
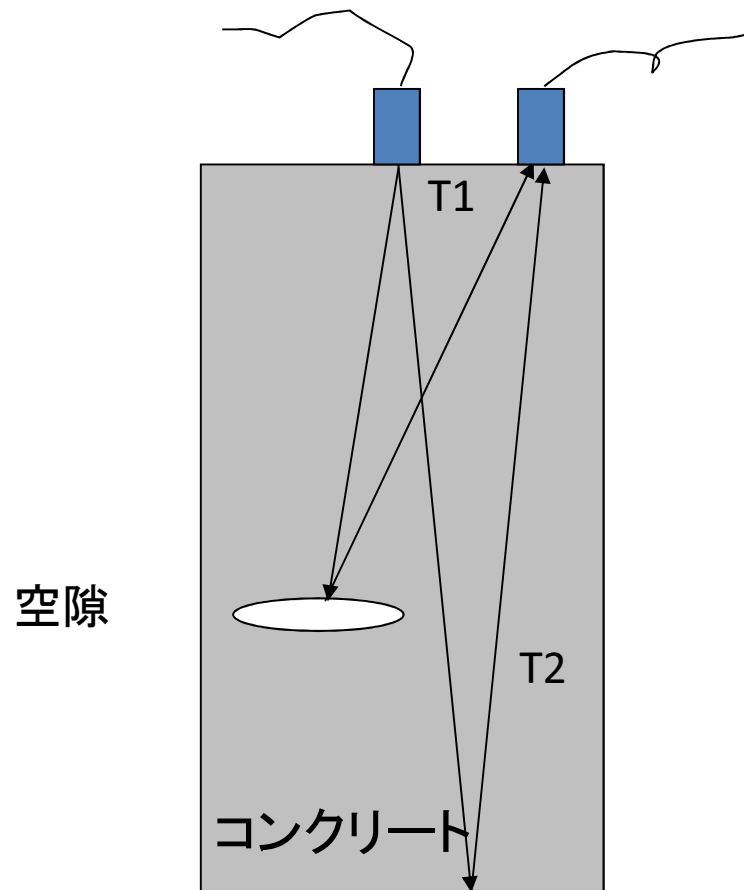
超音波法による空隙等の探査

内部探査



受振センサーで受信した波形および時間差から
コンクリートの内部空隙等を検出することができる。

コンクリート中の空隙等探査の原理



ノイズを除去することが必要

人工空隙を有するコンクリート試験体



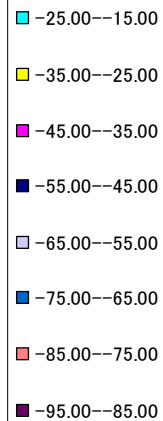
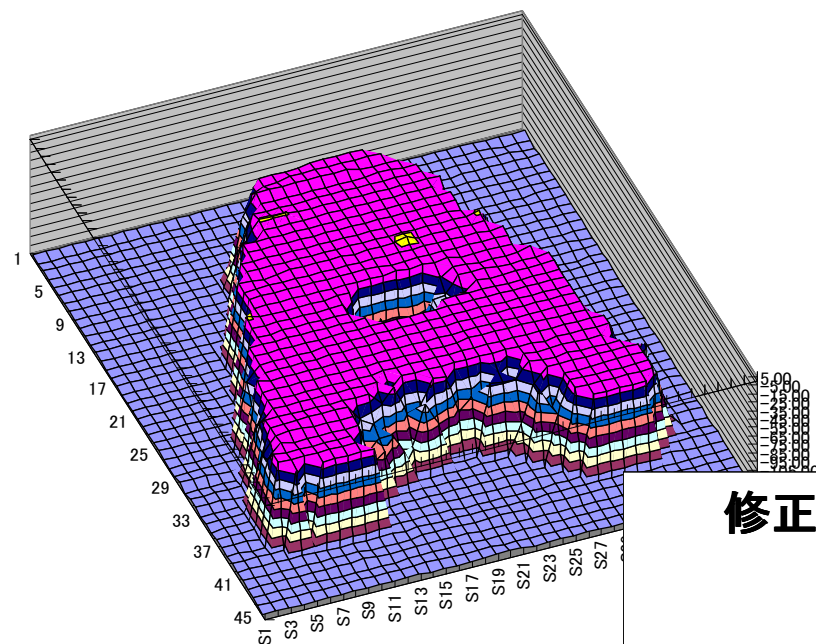
上面外観

底面外観



「A」の形状をした
空隙を有する
コンクリート試験体

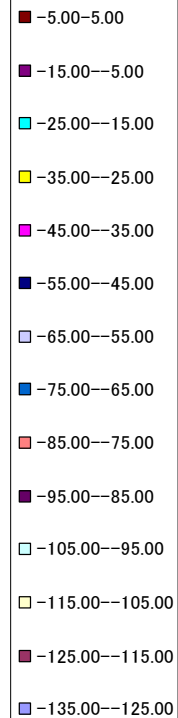
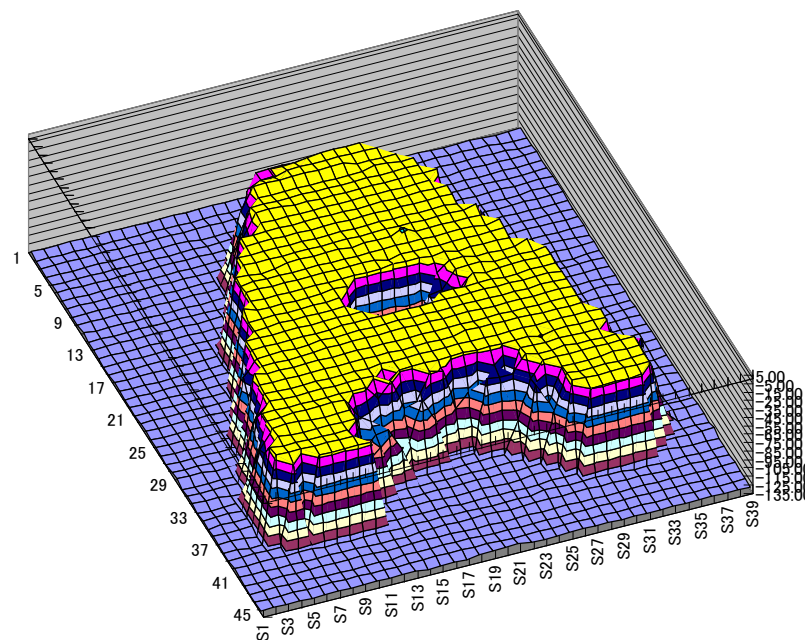
超音波法によるコンクリート内部空隙探査（平田）



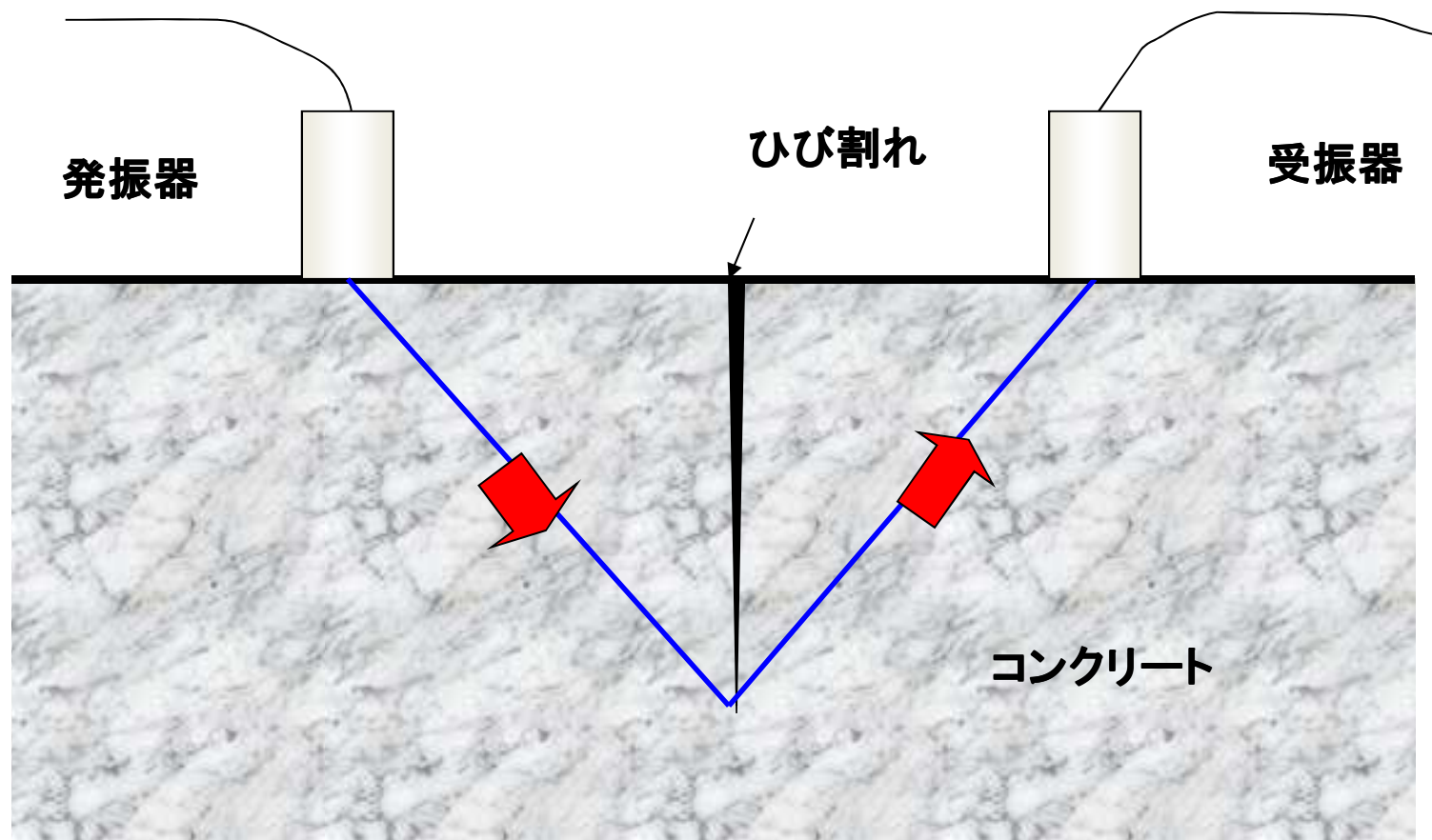
深さ: 3cm

修正結果

A厚み100mm(補正あり)

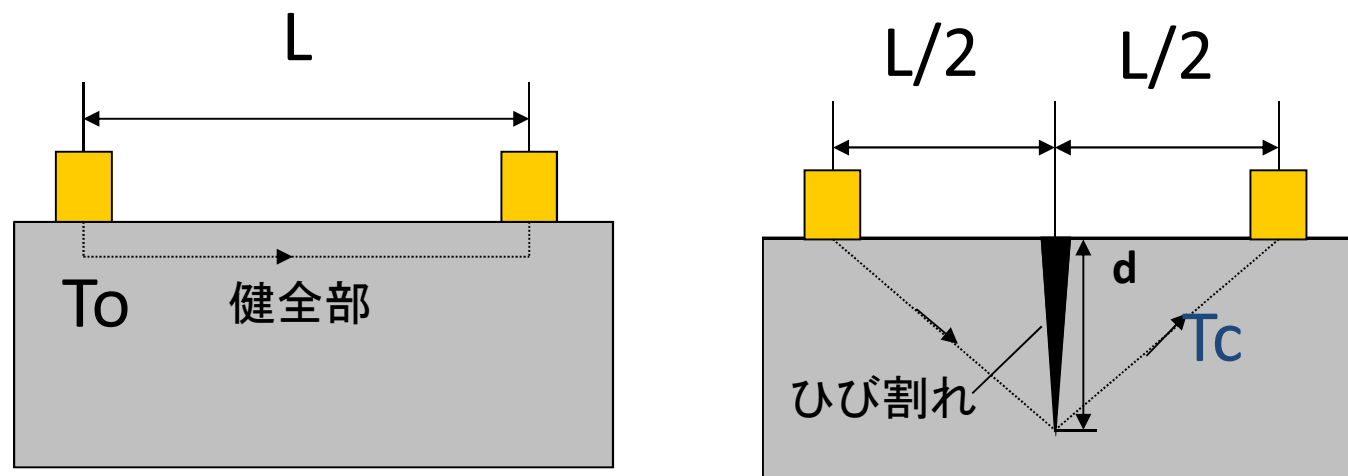


超音波法



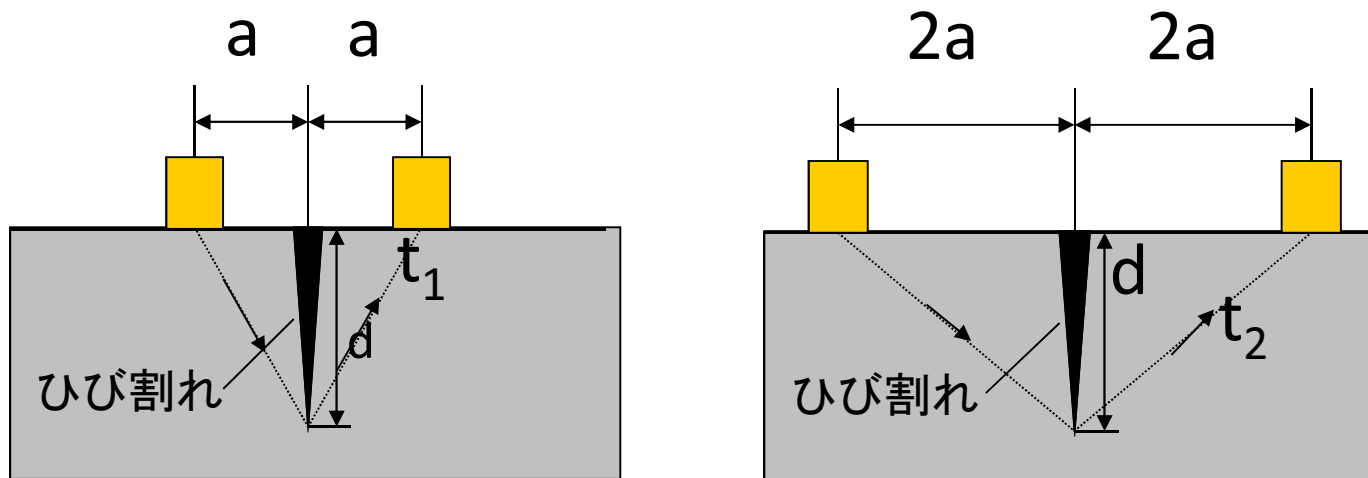
内部探査

弾性波によるひび割れ深さ推定方法（Tc-To法）



$$d = \frac{L}{2\sqrt{(T_c/T_o)^2 - 1}}$$

弾性波によるひび割れ深さ推定方法（修正BS法）

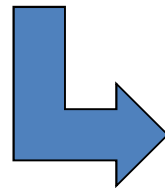


$$d = a \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$

弾性波によるひび割れ深さ推定方法（透過法）

問題点

- ・探触子がひびわれから等間隔
- ・表面にも縦波が伝播すると仮定

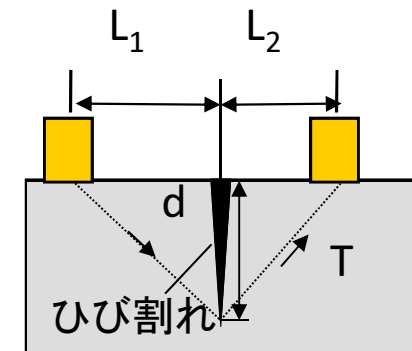
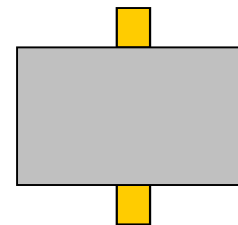


高周波には当てはまらず

縦波速度法

v : 透過法によって測定した縦波速度

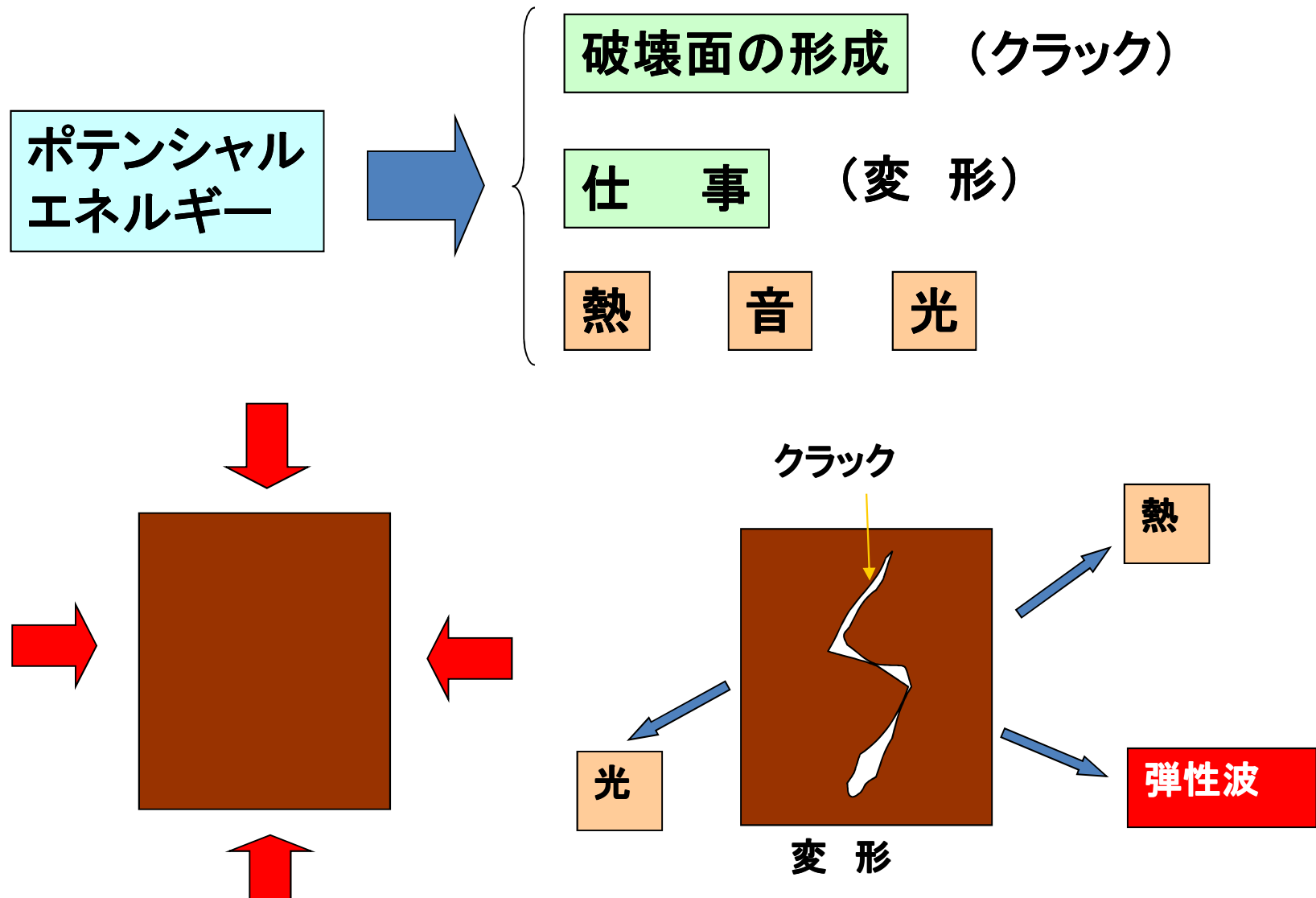
$$d = \sqrt{\left\{ \frac{(VT)^2 - L_1^2 + L_2^2}{2VT} \right\}^2 - L_2^2}$$



A E 法

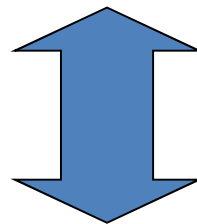
AE法は大きな規模では地震探査なども含まれるが、基本的に材料の損傷等が生じたときに発生した弾性波をモニタして、損傷の所在場所、損傷の大きさなどを検出する手法で、常時モニタリングが基本となる。

AE (Acoustic Emission) 法の基本



AE (Acoustic Emission) と地震

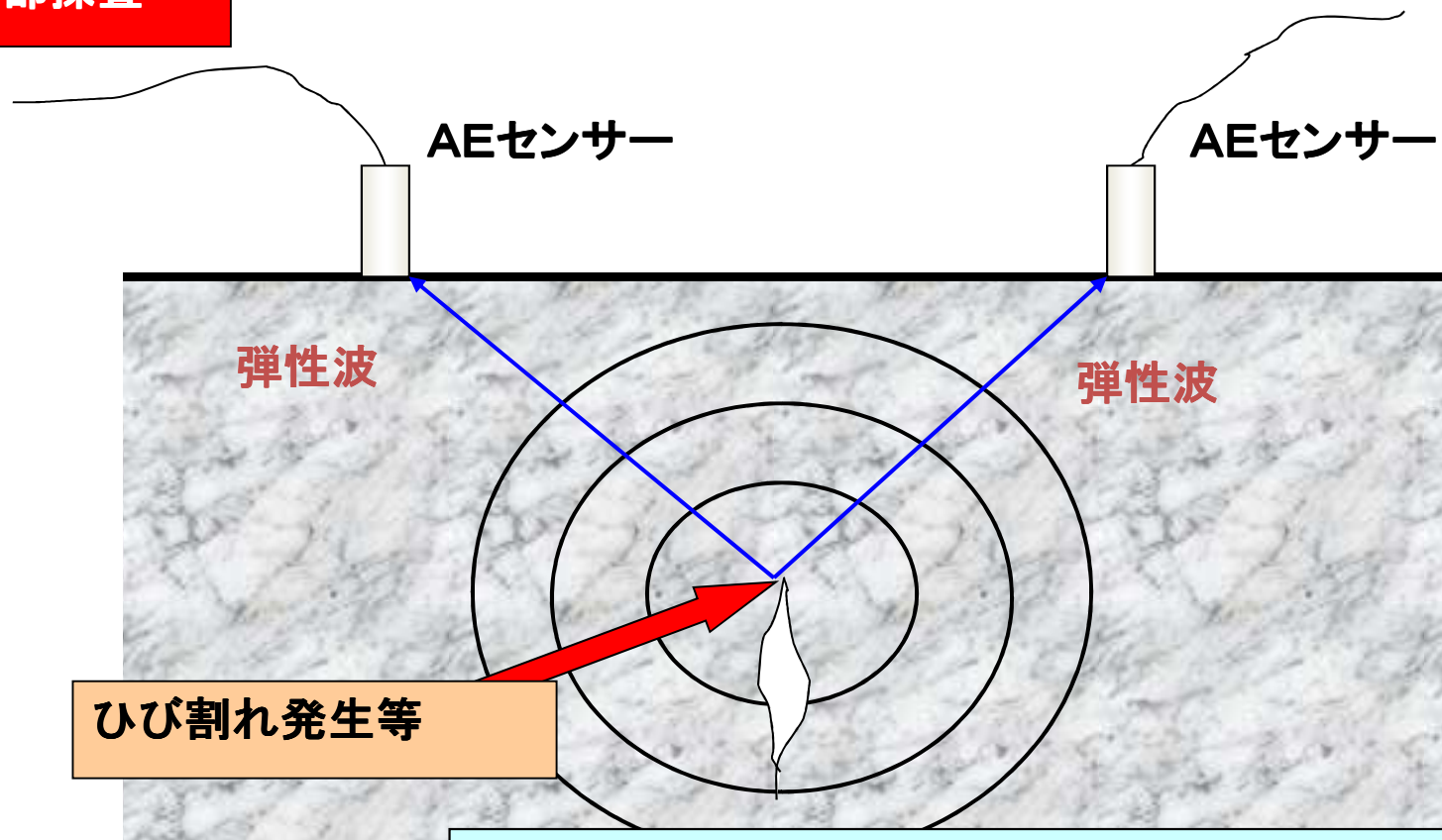
もし、破壊面の形成等に使われるエネルギーや放出される熱や弾性波のエネルギーが、このポテンシャルエネルギーに比例していると考えれば、その大きさを求めればポテンシャルエネルギーを求めることができ、位置を求めれば破壊が生じた箇所を求めることができる。



地震の震源、マグニチュードの推定等はこの原理を利用している
(地震は巨大なAEともいえる)

AE (Acoustic Emission) 法の計測

内部探査



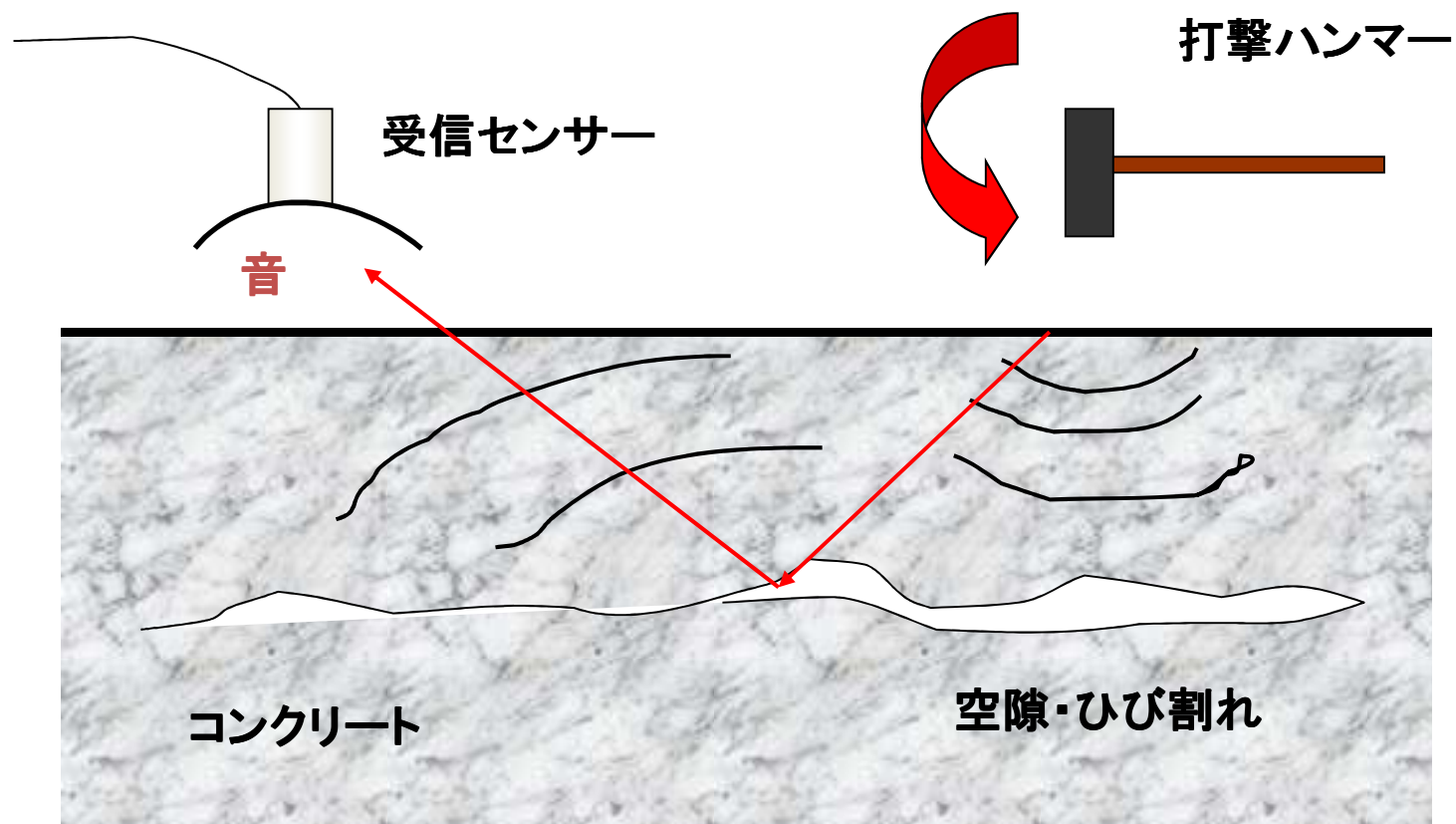
ひび割れ発生等

一般にはAEセンサーを固体表面に取り付けて多数のセンサーを同時計測する。

打音法

打音法は非破壊検査の手法として様々な物に適用されているが、経験的な扱いが多く、より科学的な扱いが必要である。なお、岩盤の判定、コンクリート構造物の仕上げ材の剥離等に多く使用されている。

打音法



内部探査

打音法の原理

ハンマー等

打 撃



マイクロフォン

振動

大気中伝播(雑音あり)



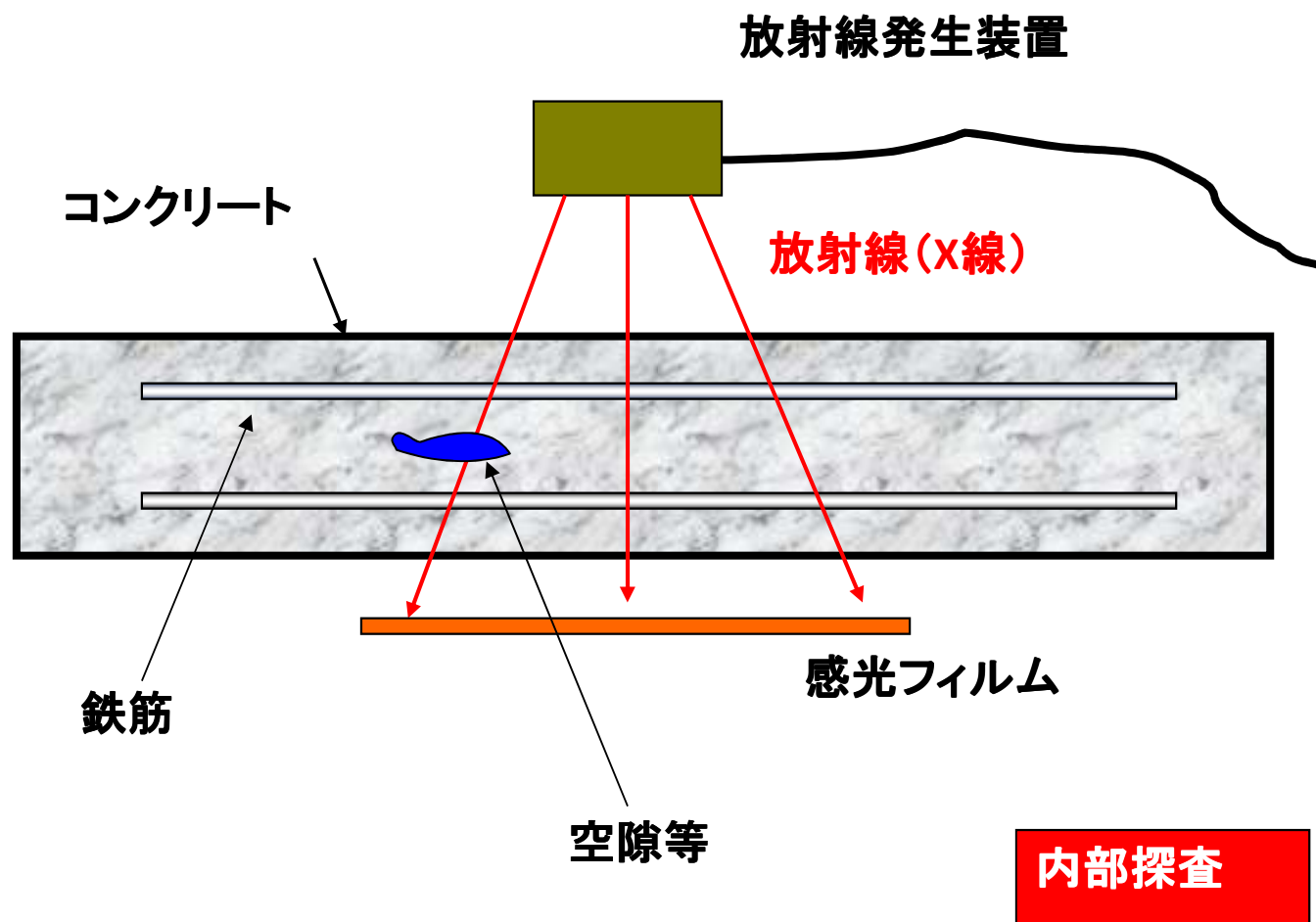
振幅
周波数

打音法は、基本的には打撃した物体の応答音を測定し、その音の振幅、周波数等から応答音の原因を明らかにする方法である。このため打撃位置と計測位置の関係、一定の打撃エネルギーの確保、雑音との区別などが重要になる。

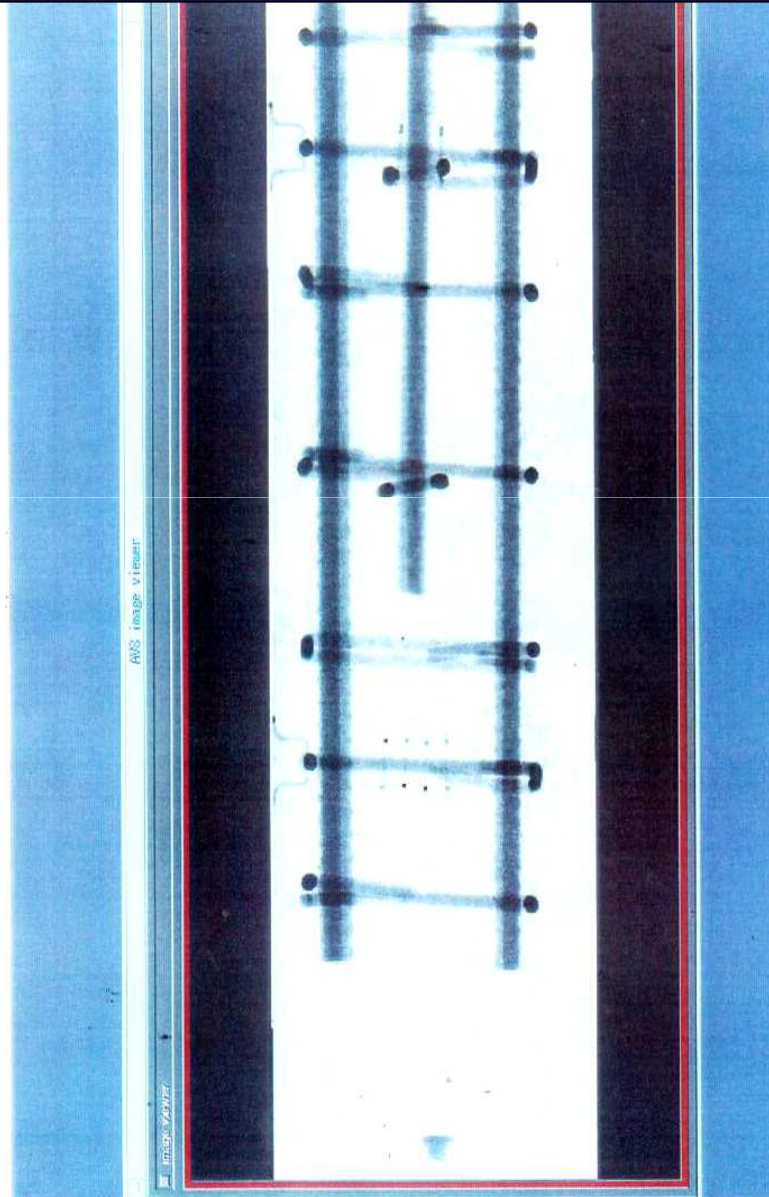
放射線透過法

放射線透過法は既に多くの材料等に利用されているが、コンクリートでは主に詳細調査に適用されている。二次元の画像として鉄筋等の配置等の確認に使用されているが、測定厚さに限界がある。

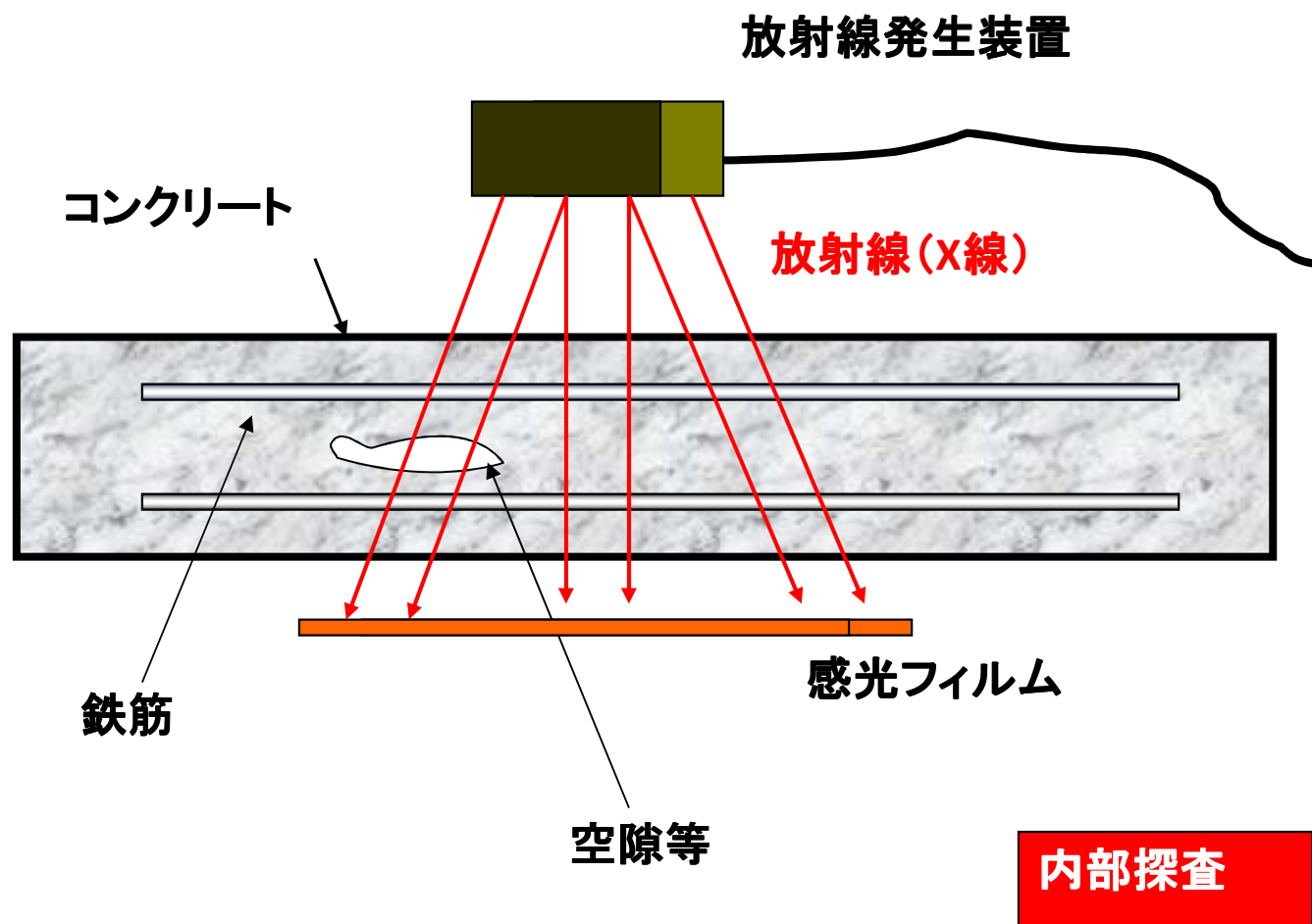
放射線透過法



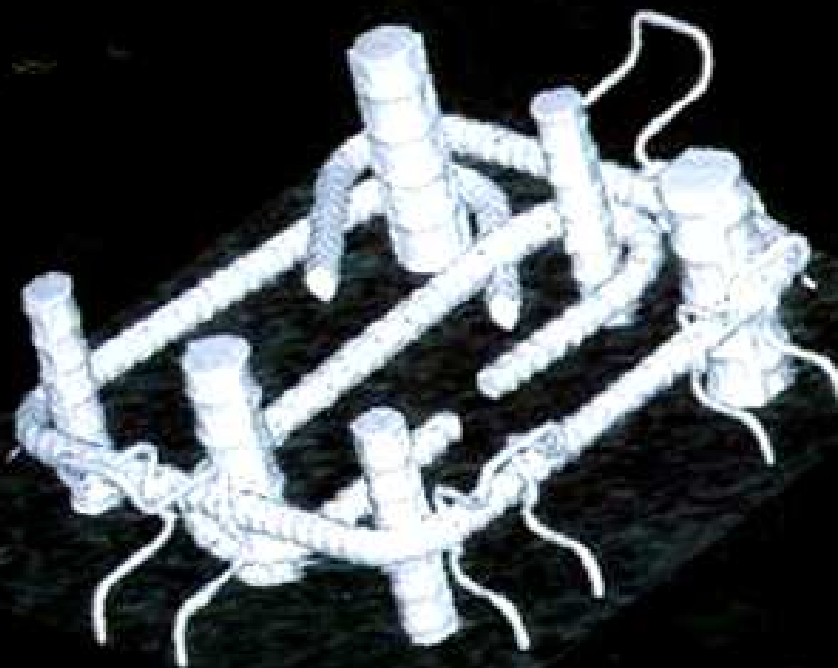
X線によるコンクリート内部の鉄筋計測（出海）



放射線透過法（2次元計測）



高エネルギーX線によるCTスキャン（出海）

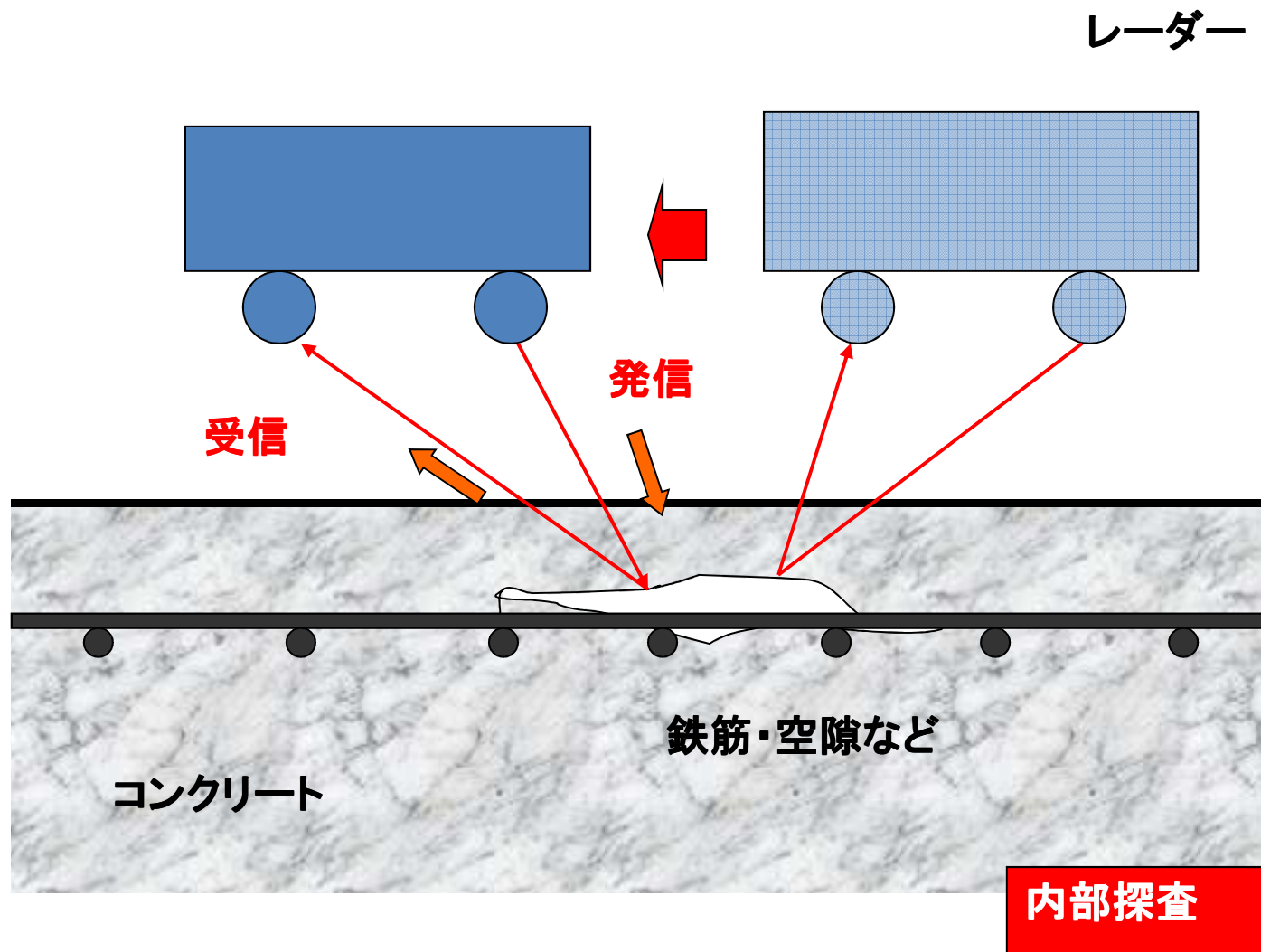


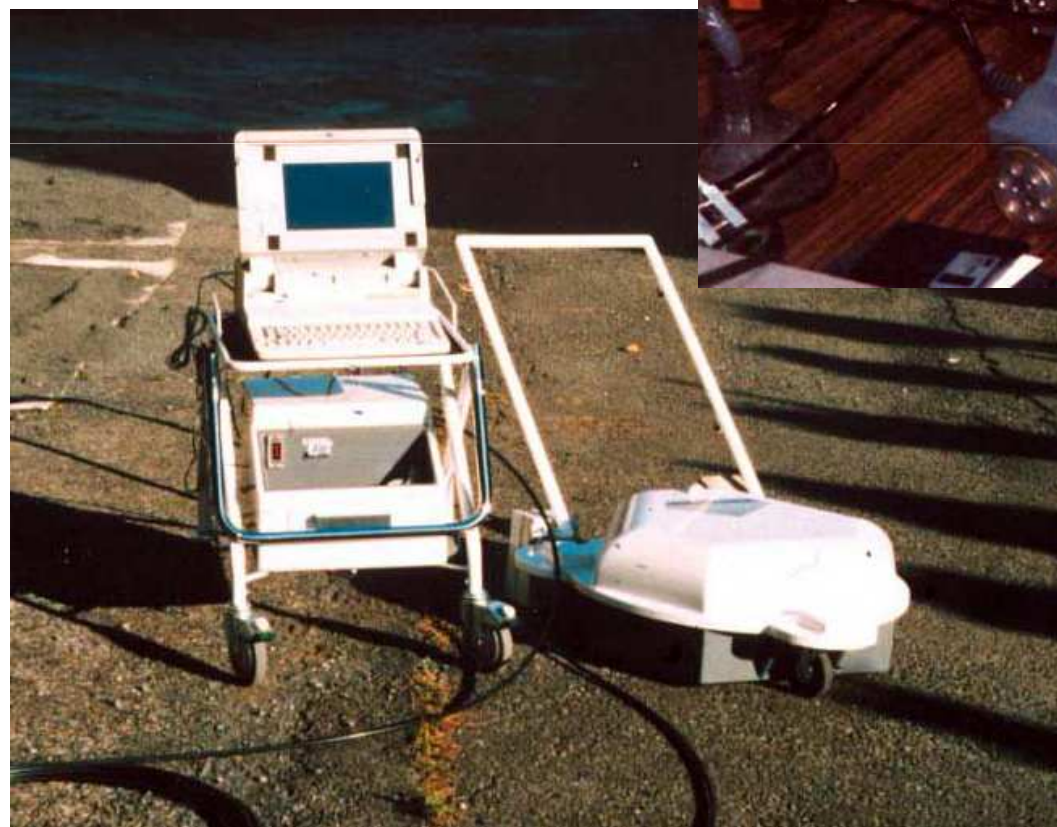
コンピューターを利用して高エネルギーX線を細かいピッチで放射し、透過波を計測して3次元画像を作成している。現在は現場での適用は難しいが、製品検査等では利用できる。

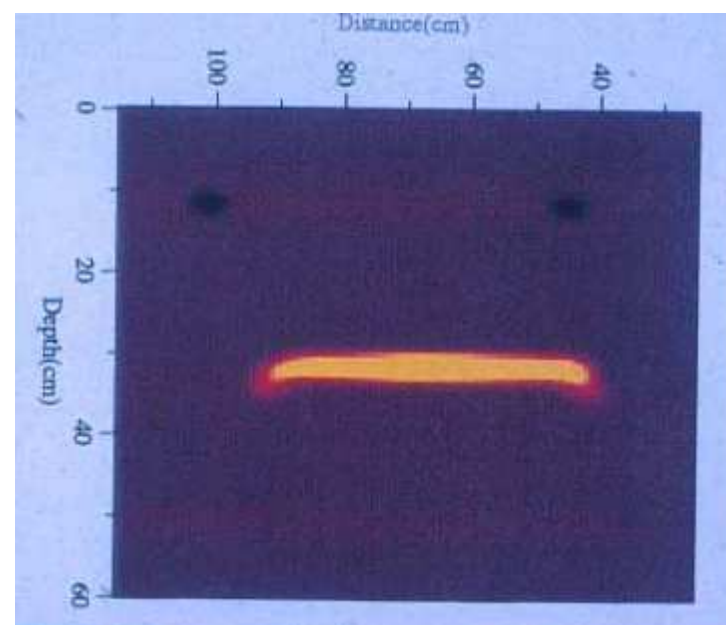
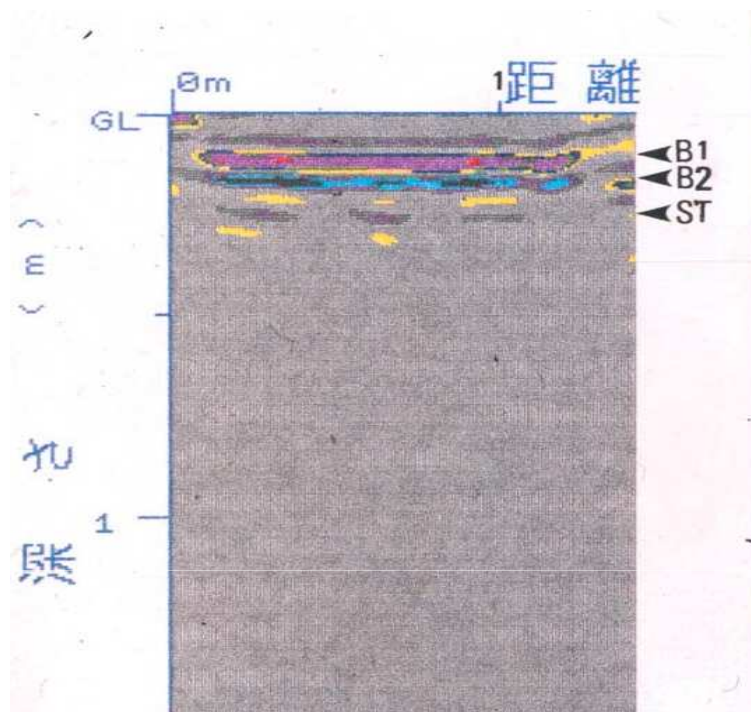
レーダー法

コンクリートに電磁波レーダを放射し、その反射波からコンクリート内部の空隙、鉄筋深さなどを計測する。一般にはコンクリートの場合、減衰を考慮して1GHz以下の周波数が用いられるが、精度を高めるには高周波であることが望ましい。

レーダー法



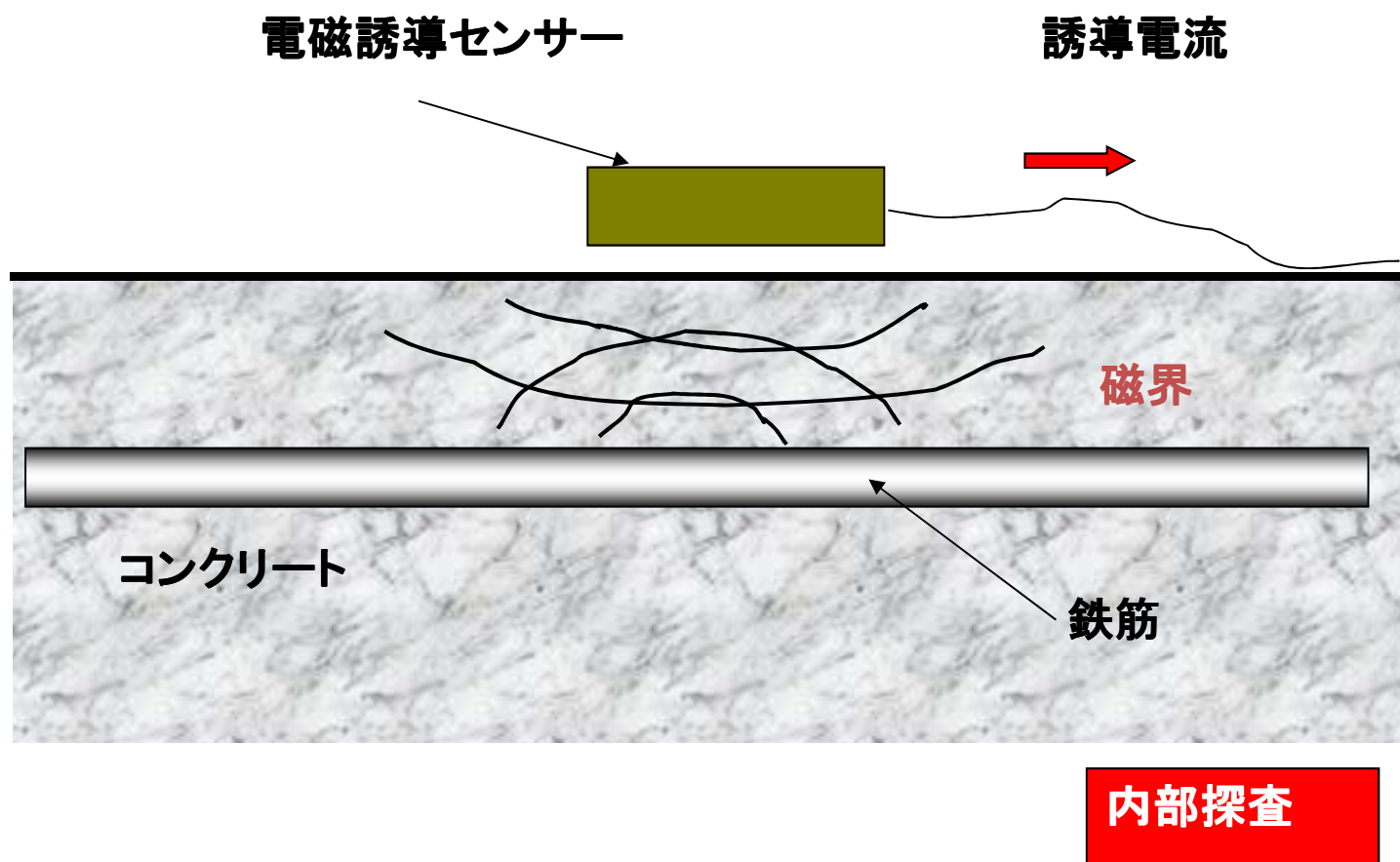




電 磁 誘 導 法

電磁誘導法では磁界をつくり出し、
その中にある鉄筋等により励磁された
磁界によりセンサ内の2次コイルに流
れる誘導電流を計測することで、鉄筋
の寸法、かぶりを測定する。

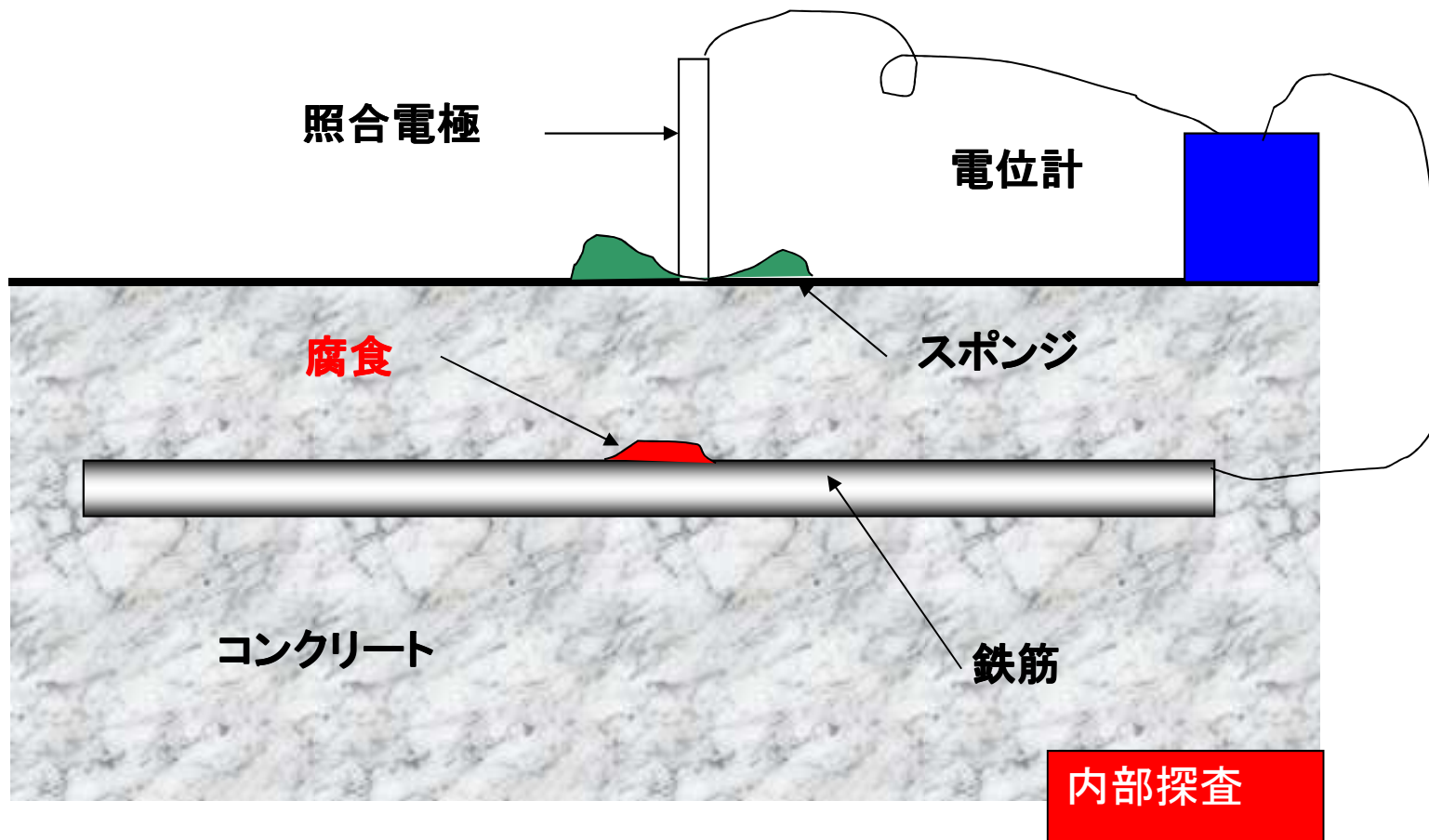
電磁誘導法



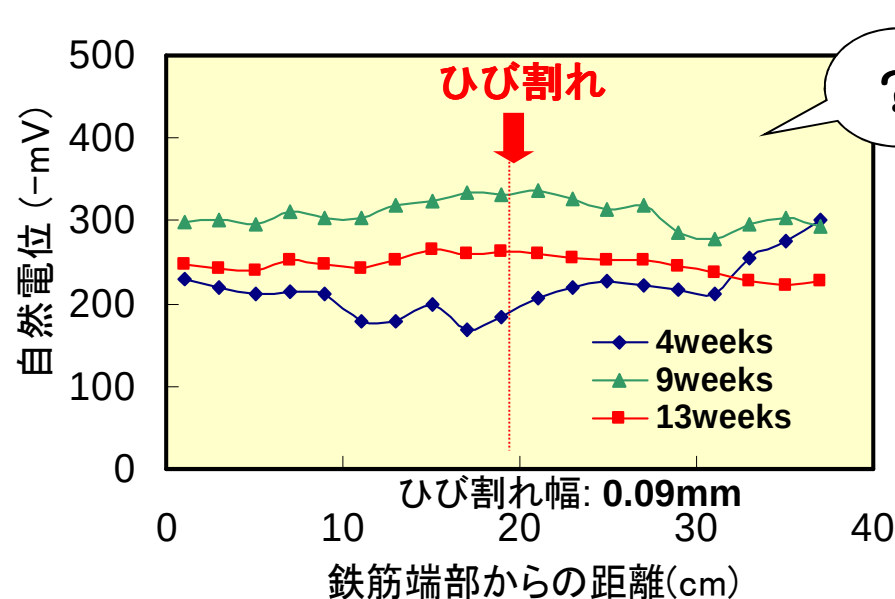
自然電位法

コンクリート中の鉄筋が腐食しているか否かを判別するには自然電位の計測が一般的である。コンクリートの比抵抗を計測する方法もあるが、自然電位を計測し、腐食電流の計算を実施すればかなり高い精度で腐食個所を特定できる。

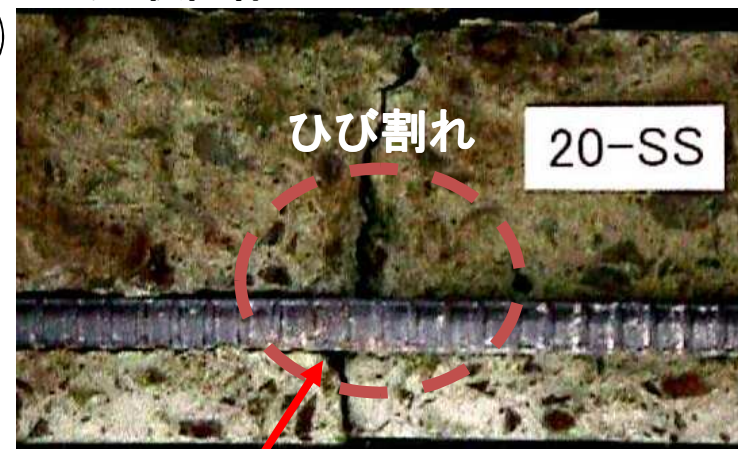
自然電位法



自然電位による鉄筋腐食の評価方法



促進13週 供試体



ASTMによる判定

Saturated silver chloride electrode	
Natural potential (mV)	Probability of corrosion
$-80\text{mV} < E$	no corrosion (90%)
$-230\text{mV} \leq E \leq -80\text{mV}$	unknown
$E < -230\text{mV}$	corrosion (90%)

コンクリート構造物の非破壊検査の問題点

非破壊検査方法	測定対象	非接触	問題点
シュミットハンマー	強度	X	ばらつき
プルアウト法	強度	X	部分破壊
赤外線法	剥離・変状	○	表層のみ
超音波法	ひび割れ	X	誤差
電磁誘導法	鉄筋径、かぶり	X	第1層まで
AE法	ひび割れ発生	X	常時モニター
打音法	剥離・ひび割れ	△	打撃が必要
放射線透過法	空隙、配筋	X	大がかり
レーダー法	かぶり、空隙	○	数十cmまで
自然電位法	鋼材腐食	X	第1層まで