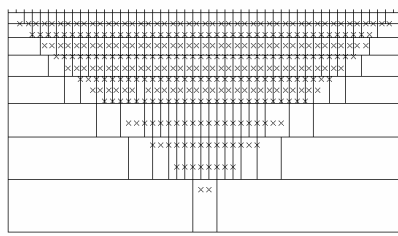

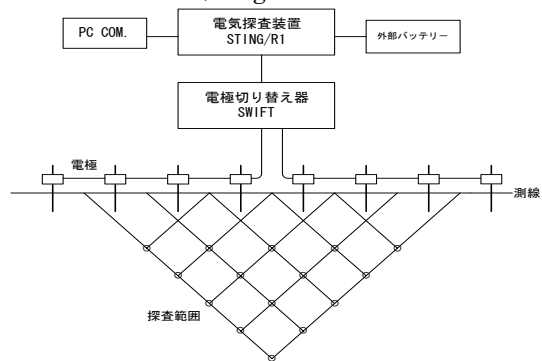
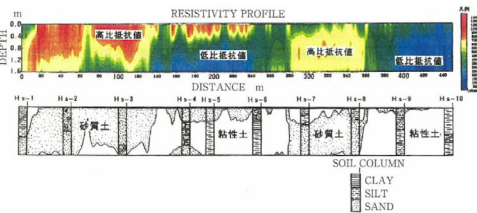
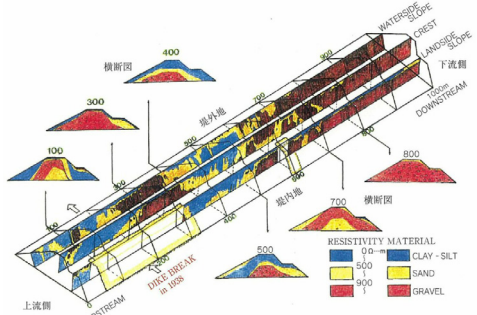
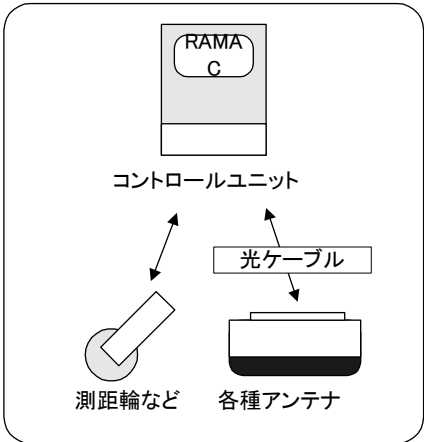

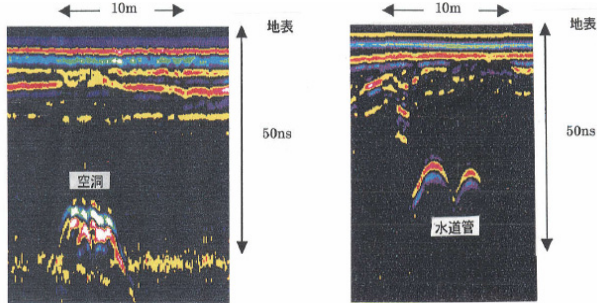
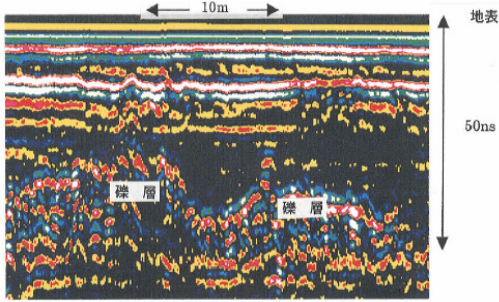
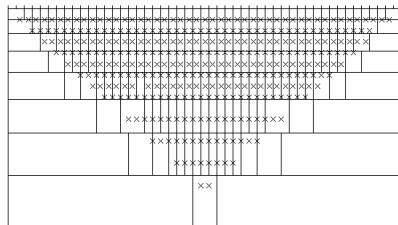

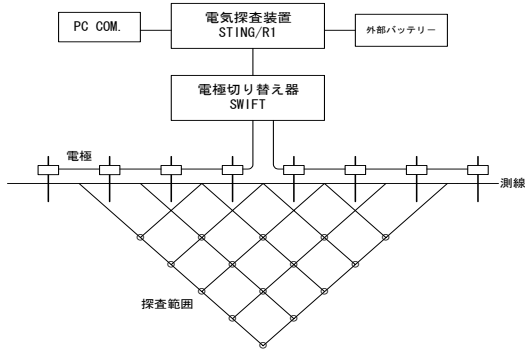
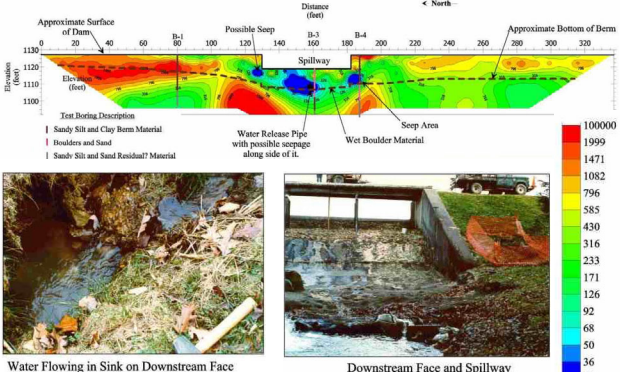
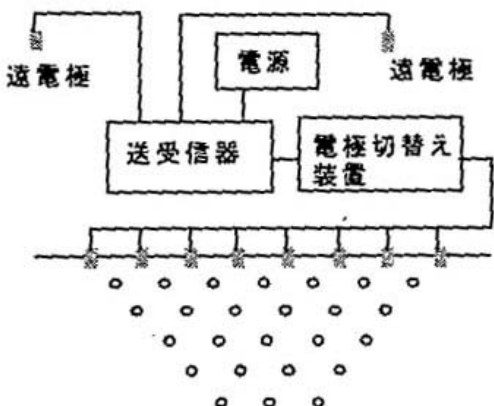
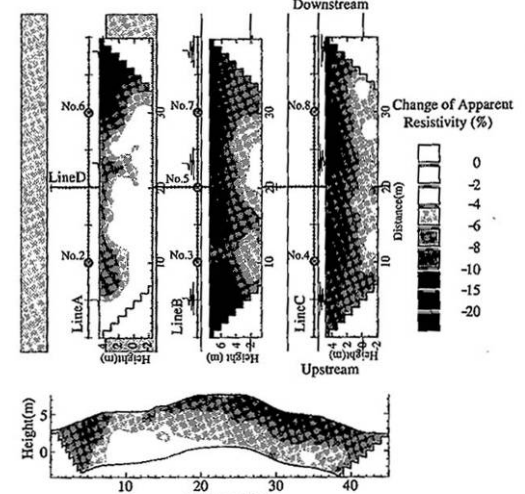


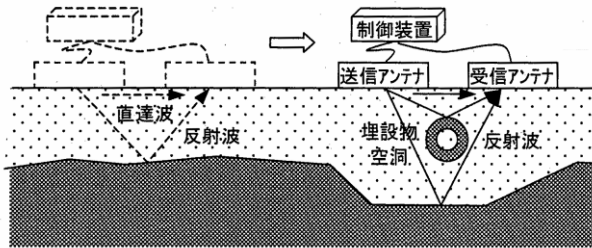
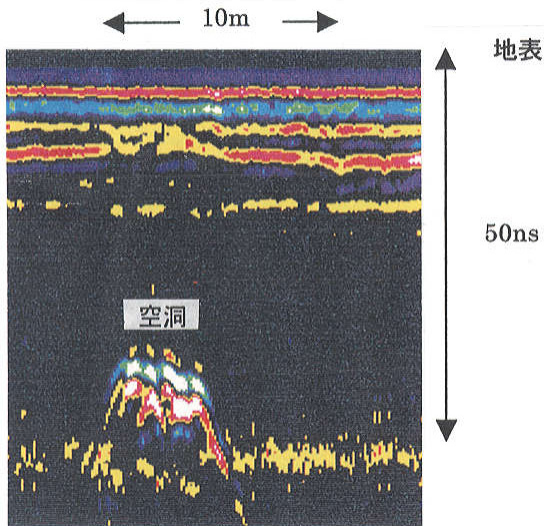
名称	河川堤防対象の2次元比抵抗探査	
目的	堤体の土質	
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 2次元比抵抗探査は、地表に一定間隔で電極を設置し、地盤の比抵抗値を求めることにより、その相対変化などから地下の構造を調べる方法である。</p> <p>&lt;測定法&gt; 2次元比抵抗探査は、一対の電流電極 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> の間に直流電流(あるいは交替直流)を流し、他の一対の電位電極 P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> の間の電位差を測定する。電位差等から見掛け比抵抗が求められ、その変化から地下構造(比抵抗分布)を推定することができる。現地にて測定された見掛け比抵抗を擬似的に断面で表示したものから、真の比抵抗の分布を推定するには限界がある。したがって、真の比抵抗分布を求めるには2次元逆解析が必要である。</p> <p>&lt;判定法&gt; 比抵抗値の相対分布から堤体の土質分布を推定する。地下水の比抵抗により低比抵抗となることがあるなど、ボーリング調査等の他の地質調査との対比が必要である。</p>	
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 探査測線と平行な導電体があると測定値は異常となる。測線の両端では解析精度が劣るため、探査範囲から両側に測線を延長する必要がある。 電極間隔が小さいと探査深度が浅く解像度が高くなる。逆に電極間隔が大きいと探査深度が深く解像度が低くなる。 右に見掛け比抵抗を擬似的断面に表示するデータポイントと逆解析モデルブロックの関係を示す。</p> <p>&lt;精度&gt; 前述のように測定領域をセルで分割して解析するため、精度はセルの大きさ(電極間隔)に規制される。セルの最小は1m程度が限度であるため、それより薄い層の検出は困難。</p>	 <p>□ モデルブロック(セル) × 見掛け比抵抗データ疑似ポイント</p>
<p style="text-align: center;">測定概念図</p>  <p>比抵抗メーター      電極制御システム      電極</p> <p style="text-align: center;">(StingR1/Swift システム : AGI 社製)</p>  <p style="text-align: center;">Sting R1 / Swift システムの配置例</p>	<p style="text-align: center;">測定出力及び調査実施例</p>  <p style="text-align: center;">堤防縦断方向の2次元比抵抗探査及び土質調査結果例</p>  <p style="text-align: center;">堤防縦断方向の2次元比抵抗探査結果例</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：北海道河川防災研究センター、河川堤防の漏水対策技術、北海道河川防災研究センター、2003.6 物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

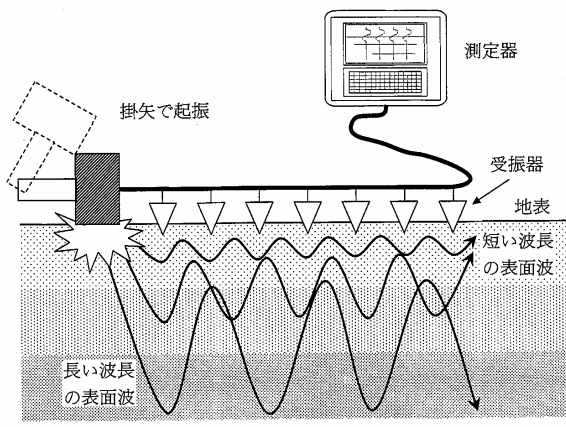
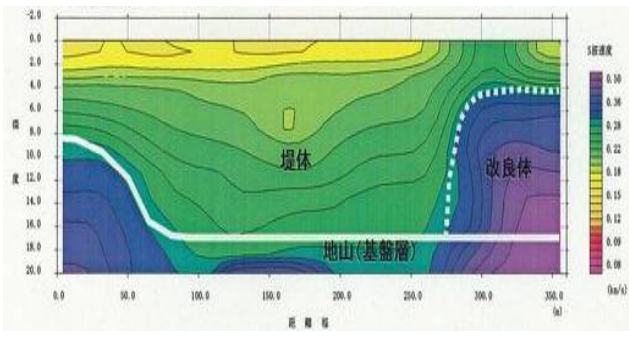
名称	河川堤防対象の地中レーダ探査	
目的	地下埋設物 護岸等の背面空洞	
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 地中レーダは、送信アンテナから地中に発射した電磁波が反射して受信アンテナで捉えられるまでの伝播時間を計測して、地盤構造や埋設物の位置や形状を画像化する探査法である。反射波を並べた断面または画像処理した断面に現れるパターンから、埋設物や地下構造の形状を推定する。</p> <p>&lt;測定法&gt; 送信及び受信アンテナの間隔を一定に保ち、測線沿いに移動しながら測定を行う。(プロファイル法) 測定結果は、いくつかのデータ処理を行って、波形表示、濃淡またはカラーによる断面表示として画像化される。地中レーダは画像化とパターン認識が重要であり、調査目的・対象に合わせて各種のフィルタ処理や増幅処理が適用される。</p> <p>&lt;判定法&gt; 通常は、測定断面上で認められる反射パターンのパターン認識で異常物の位置や形状を推定する。</p>	
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 一般に、周波数が低くなると波長が長くなって分解能が低下する。地表数 m 以浅の埋設物や空洞を探査する場合は、数 100MHz 以上の周波数が用いられる。数 m 以上の探査を行う場合には、100MHz 以下の周波数を用いるが、探査深度が 10m 以上得られることは少ないといわれている。</p> <p>&lt;精度&gt; 測線方向の精度(測定間隔)は任意(概ね 1cm 以上)である。深度方向の精度(分解能)は波長の半分が目安とされ、500MHz で約 10cm、100MHz で約 50cm の精度(分解能)となる。</p>	
測定概念図	測定出力及び調査実施例	
<div style="text-align: center;">  <p>測定装置概念図 (RAMAC/GPR MGS 社製)</p>  <p>測定状況</p> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) 深さ 0.9m のローム層の地盤内で検出された空洞探査例。空洞部は、不規則ではあるが上に凸の反射パターンを呈することが多いものの、測定断面図のみで空洞の存否を判断することは、非常に難しい。</p> <p>(b) 深さ 0.5m において 4m の間隔を隔てて敷設されていた 2 本の水道管の測定断面例。埋設管は上に凸の双曲線の反射パターンを呈することが多い。測線は水道管に直交する方向に設定した。</p> <p>測定出力 {空洞、埋設物}</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(c) 深さ 1~1.2m 付近に分布する礫層上面からの反射映像。深度(時間)軸/距離軸の比が大きいため、見掛上わずかな凹凸が誇張されて表示されている。</p> <p>測定出力 (地質構造)</p> </div> </div>	
基準・要領化の有無	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

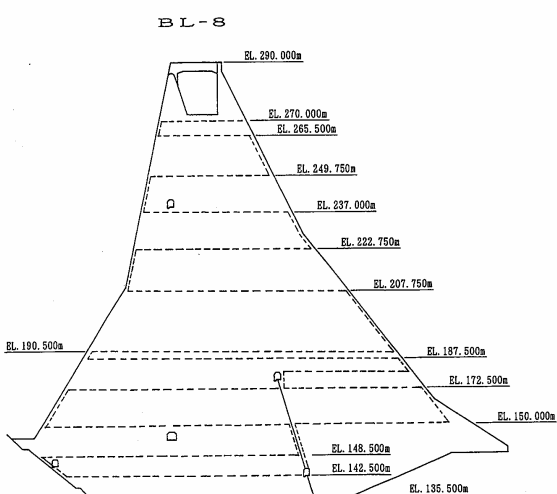
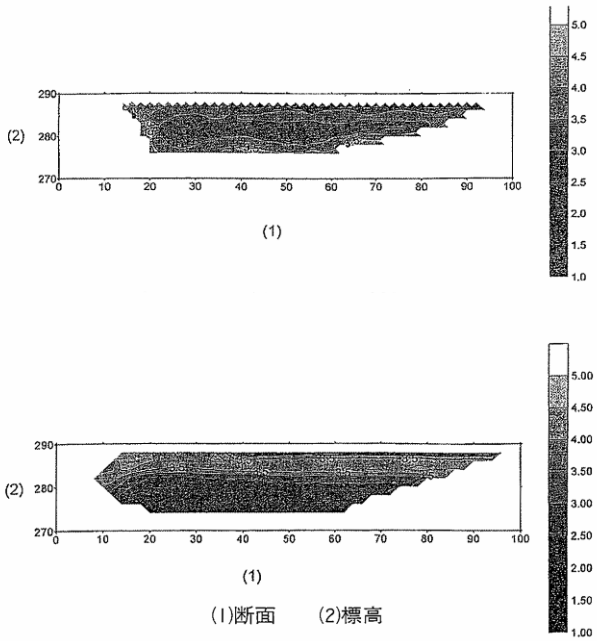
<p>名称</p>	<p>河川堤防対象の表面波探査(2次元表面波探査)</p>	
<p>目的</p>	<p>堤体盛土層の締め固め状況 築堤履歴 基礎地盤深度</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 表面波は実体波(P波やS波)と同じく弾性波の一種であるが、実体波のように地下に向かって進行することができず、地盤の表層を水平方向にのみ伝播する性質がある。このとき、表面波は波長が長い(低周波数)程より深部の層まで伝播することができるので、低周波数の表面波ほど相対的に深部での地盤の速度を反映することになる。このように周波数によって伝播速度が変化するという表面波の特性(分散性)を利用することによって、表面波速度の深さ方向の分布を捉えることができる。なお、表面波とS波とは速度がほぼ等しいことから、表面波速度をS波速度とみなすこともある。</p> <p>&lt;測定法&gt; 2次元表面波探査の測定は、P波浅層反射法地震探査と同様な測定システムおよび測定方法を用いる。表面波は、地面を鉛直方向に打撃するなどして容易に発生させることができる。</p> <p>&lt;判定法&gt; 求められたS波速度構造から地盤状況を推定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 探査深度は、15~20m以浅の浅層地盤を対象とする。屈折法では探査できない硬軟互層の地盤に対しても探査可能である。 分解能はそれほど高くないので、概査として大局的なS波構造を把握するものである。</p> <p>&lt;精度&gt; 測定領域をセルで分割して解析するため、精度はセルの大きさ(地震計間隔)に規制される。最小は1m程度。</p>	
	<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>
<div data-bbox="180 1189 815 1671" data-label="Diagram"> <p style="text-align: center;">測定概念図</p> </div>	<div data-bbox="847 1189 1453 1693" data-label="Figure"> <p style="text-align: center;">表面波探査結果(上図)と地質構造断面図(下図)</p> </div>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：鈴木・佐藤・辻、人工振源を用いた表面波探査の土木調査への適用(その2)―河川堤防調査への適用事例―、物理探査学会 第106回学術講演会 2002.5</p>	

名称	河川堤防対象の2次元比抵抗探査	
目的	堤体の漏水	
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 2次元比抵抗探査は、地表に一定間隔で電極を設置し、地盤の比抵抗値を求めることにより、その相対変化などから地盤の状況を調べる方法である。</p> <p>&lt;測定法&gt; 2次元比抵抗探査は、一対の電流電極 <math>C_1</math>、<math>C_2</math> の間に直流電流(あるいは交替直流)を流し、他の一対の電位電極 <math>P_1</math>、<math>P_2</math> の間の電位差を測定する。電位差等から見掛け比抵抗が求められ、その変化から地下構造(比抵抗分布)を推定することができる。現地にて測定された見掛け比抵抗を擬似的に断面で表示したのから、真の比抵抗の分布を推定するには限界がある。したがって、真の比抵抗分布を求めるには2次元逆解析が必要である。</p> <p>&lt;判定法&gt; 同一層では漏水箇所は健全箇所比含水率が高いため、比抵抗値が小さくなる場合が多い。そのような比抵抗分布の特異箇所から、漏水の判定を行う。</p>	
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 探査測線と平行な導電体があると測定値は異常となる。測線の両端では解析精度が劣るため、探査範囲から両側に測線を延長する必要がある。 電極間隔が小さいと探査深度が浅く解像度が高くなる。逆に電極間隔が大きいと探査深度が深く解像度が低くなる。 右に見掛け比抵抗を擬似的断面に表示するデータポイントと逆解析モデルブロックの関係を示す。モデルブロックの最小単位は1m程度。</p> <p>&lt;精度&gt; 前述のように測定領域をセルで分割して解析するため、精度はセルの大きさ(電極間隔)に規制される。セルの最小は1m程度が限度であるため、それより薄い層の検出は困難。</p>	 <p>□ モデルブロック(セル) × 見かけ比抵抗データ疑似ポイント</p>
測定概念図	測定出力及び調査実施例	
 <p>比抵抗メーター      電極制御システム      電極</p> <p>(StingR1/Swift システム : AGI 社製)</p>  <p>Sting R1 / Swift システムの配置例</p>	 <p>Water Flowing in Sink on Downstream Face      Downstream Face and Spillway</p> <p>Downstream Face Looking North 漏水調査の例</p>	
基準・要領の有無	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料： AGI 社、 <a href="http://www.agiusa.com/sting.shtml">http://www.agiusa.com/sting.shtml</a></p>	

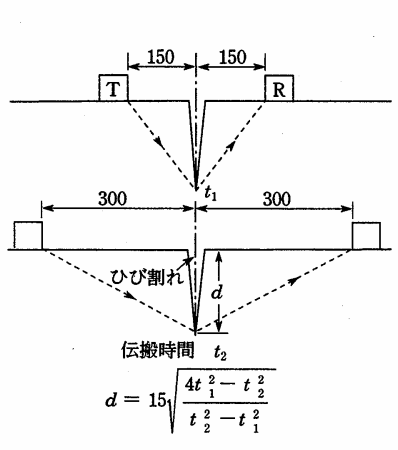
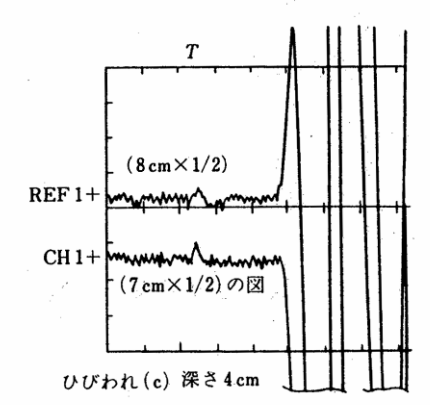
<p>名称</p>	<p>ダム・貯水池・ため池対象の2次元比抵抗探査</p>	
<p>目的</p>	<p>漏水箇所</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 電気探査のうち比抵抗法は、地盤に電流を通電した時に地盤に発生した電圧を測定することで、地下の比抵抗分布を求める探査である。比抵抗値は岩石や土などの種類によって異なり、また、同一の岩石や土でも、その地盤状況（孔隙率・飽和度・間隙水等）の変化に応じて異なった値を示す。この原理を利用して、比抵抗分布から地下構造を探査しようとするのが比抵抗法による電気探査法である。</p> <p>&lt;測定法&gt; 2次元比抵抗探査の電極配置には、二極法配置やポール・ダイポール配置、ダイポール・ダイポール配置、ウェンナ配置などがある。二極法配置では、電流電極を固定し電位電極の位置を変化させながら電位の測定を行うことを繰り返す。測線をダム堤体の上下流側に各1測線、横断方向に1測線配置し、解析深度を湛水面～湖底深度にとることが多い。</p> <p>堤体施工時にあらかじめ電極を設置して堤体の比抵抗値を監視する方法、あるいは堤体完成後に電極を設置するが、電極を長期間設置して任意の時期に測定する方法もある。</p> <p>解析では地下構造と地形が二次元であると仮定して、測線下の鉛直断面内の比抵抗分布を求める。</p> <p>&lt;判定法&gt; 同一の地層内で漏水箇所と健全箇所がある場合、漏水箇所は湿潤状態であるため、健全箇所に比べて比抵抗値が低いことが予想される。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 電極を設置（間隔50cm～2m）するため、表面がコンクリート等で被覆されていないこと。 測線と平行方向に導電体（例えばネットフェンス）があると測定値が異常となる。 測線の両端では解析精度が劣るため、対象範囲より広く測線を設定することが望ましい。 漏水箇所の広がりや把握できる精度と、想定される漏水深度以上の探査深度が必要となり、最小の間隔は50cm程度で、漏水箇所の検出を目的とすると最大の間隔は2m程度の電極を配置する。また、探査深度は電極間隔が長いほど深くまで測定が可能となり、それに従って測線長も長くする必要がある。</p> <p>&lt;精度&gt; 探査の精度は電極間隔が狭いほど高くなり、浅部ほど精度が上がる。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
 <p style="text-align: center;">測定概念図</p>	 <p style="text-align: center;">見かけ比抵抗変化図</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3 など</p>	


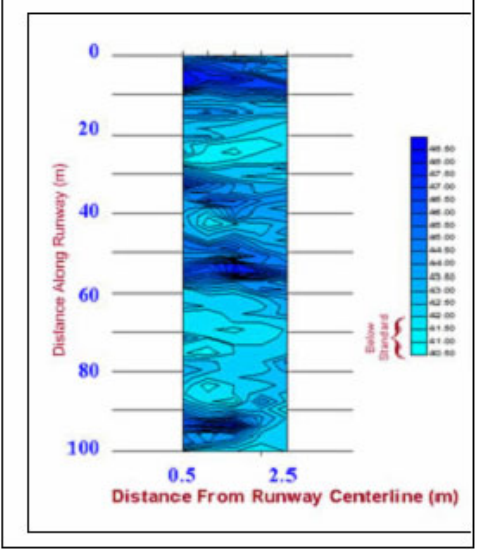
<p>名称</p>	<p>ダム・貯水池・ため池対象の地中レーダ探査</p>	
<p>目的</p>	<p>主にダム周辺護岸部の空洞</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  地表に配置した送信アンテナから電磁波を発信し、地下で反射してきた電磁波を地表の受信機で受信する。測定器で測定、移動を連続的に繰り返し、地下浅部の連続波形を得ることができ、この波形から地下構造を推定する。埋設管や空洞など反射形状が周辺と異なる部分の検出に適している。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  測定は、地表に測定装置をセットし、直線上を移動させながら測定する（測線間隔：1m～2m）。測定中は、現地でモニターを見ながら作業を行い、異常値等が検出された場所を現地で把握しておき、異常値の検出の有無によって、測線を追加・変更する。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  反射面のパターンから、空洞や緩み地域の範囲を把握する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  探査深度は3m程度までで、使用する電磁波の周波数を高くすれば分解能が高くなるが、探査深度が浅くなる。探査深度の深い場合ほど、分解能が粗くなり、とくに浅い深度の分解能が著しく低下する。                  地下水面下は測定が困難である。                  コンクリート中の亀裂や鉄筋の検出を目的とする場合と、護岸下の空洞の検出を目的とする場合とでは、測線の設定や使用する周波数が異なってくるので、測定対象に見合った計画・測定をおこなう。</p> <p>&lt;精度&gt;                  地下2～3mの探査の場合、分解能は数10cm程度であり、位置精度は電磁波速度の精度による。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
 <p>測定概念図</p>	 <p>空洞調査例</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無                  基準・要領：                  参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	


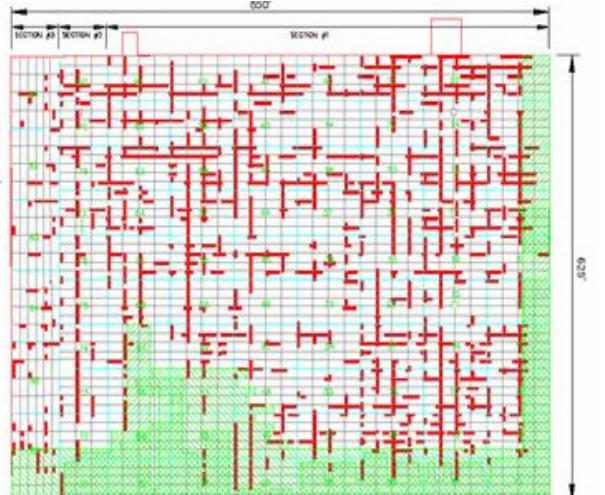
名称	ダム・貯水池・ため池対象の表面波探査(2次元表面波探査)	
目的	漏水箇所、改良体など	
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt;                  表面波は、周波数が異なると伝わる速度が変わる性質（分散）を持つ。一方、地盤は地質の層相や工学的性質が異なると S 波速度が異なる。ある点から発振された表面波は、短い周波数の波は地表付近の S 波速度とほぼ同じ速度で伝播するが、長い周波数の表面波は、より下の S 波速度層の影響を受けた伝播速度で伝播する。                  したがって、伝播速度の違いを把握できれば、逆解析により地下の S 波速度構造を把握することができる。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  地表の起振点で表面波を発生させ、受振点では複数の受振器を地表面に直線上に配置して、送振された表面波を測定する。さらに、起振点を細かく移動して、その都度各受振点で振動を測定する。                  解析は、S 波速度構造モデルを作成し、周波数と表面波の伝播速度の関係(分散曲線)の理論値と実測値があうように、モデルを修正していく。結果として、地下の S 波速度構造が把握できる。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  漏水地点は、非漏水地点に比べ S 波速度が遅いことが予想される。そのため、分布する地層が同じで S 波速度層の低い地点が現れた場合、漏水箇所の可能性がある。</p>	
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt;                  探査深度は 20m 程度が目安である。                  地表の凹凸の大きいところや急斜面では適用不能。                  地表面がコンクリートなど硬いもので覆われていると、探査不能か振動が伝わったとしても探査深度が浅くなる。</p> <p>&lt;精度&gt;                  位置や範囲の精度は、諸条件により変化するが、セルに分割して解析するため受振器間隔等に依存して 1m より大きい。</p>	
測定概念図	測定出力及び調査実施例	
	 <p style="text-align: center;">堤体の改良体調査例</p>	
<p style="text-align: center;">測定概念図</p> <p>基準・要領化の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領：                  参考資料：土質調査法改訂編集委員会、地盤調査法、地盤工学会、1995.9                  山中他、人工振源を用いた表面波探査の土木地質調査への適用、(社)四国建設弘済会、2005</p>	

名称	ダム・貯水池・ため池対象の光ファイバー測定	
目的	漏水箇所	
原理・測定方法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 光を光ファイバーに発射すると、幾つかの部分が逆散乱光として発射口に戻ってくる。逆散乱光のうち「ラーマン光」といわれる光の強度は、光が発生した点の温度に依存するので、温度の計測に利用できる。また、同じく逆散乱光のうち「ブリルアン光」の強度は、伸び歪に依存する。したがって、発射口における逆散乱光が到達した時間から、逆散乱光が変化した地点の距離を算出し、光ファイバー上の温度分布を把握する。</p> <p>&lt;測定法&gt; 堤体の上下流側に光ファイバーケーブルを設置し、レーザー操作部・光受信部・光ファイバー連結装置などを設置し、コンピューターと接続する。レーザーによって光パルスを送信し、パルスが再び受信機に到達するまでの時間と強度を測定し、位置と温度の値に変換する。結果として、温度分布が得られる。</p> <p>&lt;判定法&gt; 堤体の温度分布に異常が認められれば、漏水箇所および規模の推定ができる。</p>	
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; もっぱら堤体設置時に光ファイバーを同時に設置する例が多い。</p> <p>&lt;精度&gt; 光ファイバー自体の精度は温度に対して±0.3℃程度だが、温度計測装置の精度がさまざまである。</p>	
測定概念図	測定出力及び調査実施例	
 <p style="text-align: center;">光ファイバー設置例</p>	 <p style="text-align: center;">(1)断面 (2)標高</p> <p style="text-align: center;">堤体内の温度分布例</p>	
基準・要領化の有無	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：(株)ジオテック <a href="http://www.geotech.co.jp">http://www.geotech.co.jp</a> ダム日本、北村律太郎、2004.10</p>	



名称	ダム対象の超音波測定	
目的	堤体の亀裂箇所や劣化箇所	
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt;                  コンクリートの超音波伝播速度は、伝播区間中に亀裂があると、健全部よりも伝播速度が低下する。また、伝播区間（距離）と伝播時間の関係から、亀裂の深さの算出が可能である。コンクリート躯体表面で、超音波速度を複数測定することで、亀裂の程度や劣化部を把握することができる。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  コンクリート表面を平滑にし、測定器との接触をよくするため接触媒体を測線上に塗布する。次にパルス型超音波測定器の発振子と受振子を設置する。発振子から超音波パルスを発生させ受振子で受振する作業を繰り返す。結果として亀裂や劣化のある場所が示される。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  伝播速度の分布から、亀裂のある範囲を示し、伝播速度から亀裂の深さを算出する。</p>	
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt;                  亀裂の深度を測定する場合は、目視による観察後に亀裂を挟んで測線を設定する。                  コンクリート表面に接触媒体を塗布するため、広い面積には不向きである。</p> <p>&lt;精度&gt;                  深さ精度は利用周波数や深さに依存し数 mm~10cm 程度で、利用する波長程度（50KHz で約 8cm）が目安。</p>	
測定概念図	測定出力及び調査実施例	
<div style="text-align: center;">  <p>ひび割れ深さ測定概念図</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>測定波形例</p> </div> <p style="text-align: center;">測定出力（波形例）</p>	
基準・要領化の有無	無 基準・要領： 参考資料：コンクリート構造物の非破壊試験法、（社）日本非破壊検査協会など	

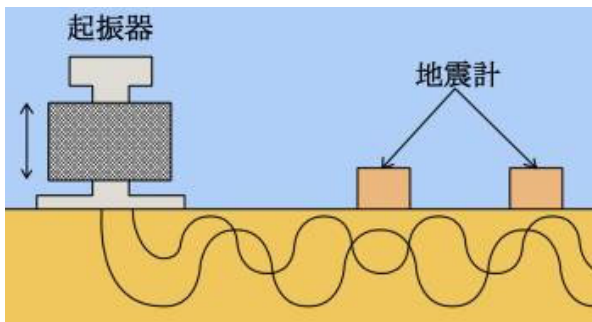
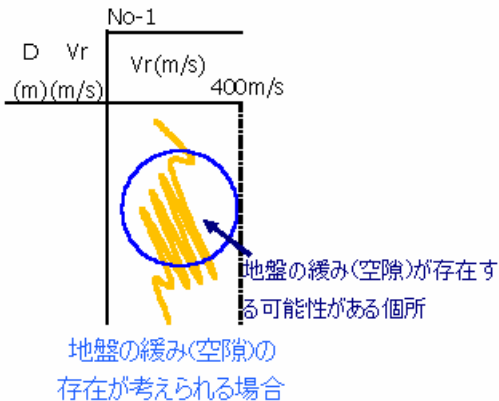
<p>名称</p>	<p>空港対象の地中レーダ探査</p>	
<p>目的</p>	<p>滑走路・エプロン・格納庫舗装部の舗装厚</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                      地中に向けて送信アンテナより電磁波を発信し、地下で反射した電磁波を受信アンテナで受信する。測定機器を移動させることで地下の連続的な波形を得て、これを映像化することで地下の状況を推定する。</p> <p>&lt;測定法&gt;                      測定車にマウントされた2台の空中発射型アンテナ(ホーンアンテナ)を、舗装面に対して垂直に約50cm(20inch)離して走らせる。このレーダ探査システム(RoadScan System)はGSSI社デュアルチャンネルのレーダ探査機SIR-20と2台の900MHzホーンアンテナ(model 4108)を基本とする。測定車へのマウント装備(Universal horn antenna vehicle mounting kit)と専用の解析アプリケーション(RADAN Software+Road Structure Assessment Module)を使っている。車両にはホイール搭載型距離測定装置(エンコーダ)を用いる。</p> <p>&lt;判定法&gt;                      舗装上面と下面の時間差より、舗装厚を算出する。時間-厚さの換算係数は、既知の舗装厚を持つ場所で測定し校正する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                      厚さが1インチ(2.54cm)以上であれば測定可能。                      測定走行速度は、72km/h(45mph)以下とする。</p> <p>&lt;精度&gt;                      1インチ程度</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">測定状況</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">滑走路舗装厚さ平面図</p> <p>図は、幅2m長さ100mの範囲の舗装厚を等厚線表示したもの。明るいブルーは標準以下の厚さの部分を示している</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領：                      参考資料：GSSI, www.resourceinternational.com, www.geophysical.com, RosdScan by GSSI Complete GPR System for Road Inspection and Analysis, Model 4108 Horn Antenna System Settings and User Notes</p>	

名称	空港対象の地中レーダ探査		
目的	滑走路・エプロン・格納庫舗装部下の空洞		
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt;                  地中に向けて送信アンテナより電磁波を発信し、地下で反射した電磁波を受信アンテナで受信する。測定機器を移動させることで地下の連続的な波形を得て、これを映像化することで地下の状況を推定する。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  測定車にマウントされた2台の空中発射型アンテナ(ホーンアンテナ)を、舗装面に対して垂直に約50cm(20inch)離して走らせる。このレーダ探査システム(RoadScan System)はGSSI社デュアルチャンネルのレーダ探査機SIR-20と2台の900MHzホーンアンテナ(model 4108)を基本とする。測定車へのマウント装備(Universal horn antenna vehicle mounting kit)と専用の解析アプリケーション(RADAN Software+Road Structure Assessment Module)を使っている。車両にはホイール搭載型距離測定装置(エンコーダ)を用いる。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  反射面のパターンから、舗装部背面の空洞箇所を推定する。</p>		
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt;                  レーダ波の波長またはそれ以上の厚さで、ある程度の広がりをもつ空洞でないと発見は困難。                  測定走行速度は、72km/h(45mph)以下とする。</p> <p>&lt;精度&gt;                  1インチ程度(推定)</p>		
測定概念図	測定出力及び調査実施例		
 <p style="text-align: center;">測定状況</p>	 <p style="text-align: center;">空洞箇所分布図</p>		
基準・要領化の有無	無 基準・要領： 参考資料：GSSI、www.resourceinternational.com、www.geophysical.com、RoadScan by GSSI Complete GPR System for Road Inspection and Analysis, Model 4108 Horn Antenna System Settings and User Notes)		


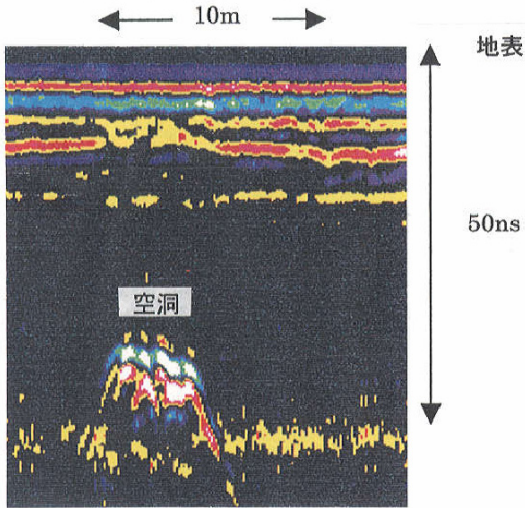
<p>名称</p>	<p>空港対象の赤外線熱映像探査</p>	
<p>目的</p>	<p>空港滑走路舗装表面のはく離</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                      内部空隙のあるコンクリートが日中に外気温で暖められた場合、空隙部では比熱が小さいために健全部に比べて表面温度が高くなり、夜間に外気温が下がると逆に低くなる傾向がある。また空隙部に滞留水をもつ箇所では、昼夜とも低温域となって現れる。したがって、コンクリート表面の温度を測定することで空隙部を把握することができる。</p> <p>&lt;測定法&gt;                      赤外線カメラで対象物を撮影し、対象物に非接触で物質表面の面的な温度分布を求める。</p> <p>&lt;判定法&gt;                      対象物の温度差の違いを映像で表し、異常箇所の特定を行う。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="295 779 582 996"> <p>はく離箇所の映像例</p> </div> <div data-bbox="694 728 1420 1041"> <p>健全部と劣化部の温度差</p> </div> </div>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                      15~20cm 以上より深い空隙は、温度差が出にくい。                      雨天、降雪時は温度差をとらえにくい。                      空隙の範囲を把握するには有効だが、空隙の厚さは分からない。</p> <p>&lt;精度&gt;                      最小検知温度差 0.1℃、測定精度±0.4%程度。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div data-bbox="242 1429 686 1758"> <p>赤外線カメラ例</p> </div>	<div style="display: flex;"> <div data-bbox="821 1388 1220 1780"> <p>上：可視光画像 下：赤外線画像</p> </div> <div data-bbox="1228 1388 1436 1747"> <p>温度が高い部分は赤っぽく映る。 黒い部分は温度が最も高い部分。</p> </div> </div> <p>滑走路モニタリング結果例</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無                      基準・要領：                      参考資料：産報出版(株)、東アジアの航空ネットワークの将来展開に対応した空港整備手法に関する研究の充実について  <a href="http://www.sanpo-pub.co.jp/CONTENTS/KENKI/kenki-2002-B.html">http://www.sanpo-pub.co.jp/CONTENTS/KENKI/kenki-2002-B.html</a>,                      (独) 土木研究所 水工研究グループ                      住重試験検査(株)、<a href="http://www.shiei.co.jp">http://www.shiei.co.jp</a></p>	

<p>名称</p>	<p>港湾・埋立地対象の表面波探査(定常振動)</p>	
<p>目的</p>	<p>港湾埋立地等の軟弱地盤について液状化予測</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  地盤の液状化を予測するには、(a)地盤の締め具合、(b)地下水位、(c)土粒子の平均粒径と細粒分含有率が要素となる。地盤の締め具合は「地盤を伝播するS波速度」に反映する。                  表面波は周波数による分散を起こし、任意の周波数の表面波速度は深さに依存するため、表面波速度の深度分布を求め、S波速度分布を得る。地下水位や土質は、既存のボーリングデータもしくは電気探査による比抵抗から求める。                  &lt;測定法&gt;                  周波数可変型起振器によって周波数を変えてレイリー波を発生させ、既知の距離に置いた地震計2点間の位相速度を測定する。                  &lt;判定法&gt;                  液状化抵抗率FLが1.0になる時のS波速度(V<sub>scr</sub>)を計算で求め、地盤のS波速度(V<sub>s</sub>)と比較し、V<sub>scr</sub>&gt;V<sub>s</sub>の場合は「液状化する」、V<sub>scr</sub>&lt;V<sub>s</sub>の場合は「液状化しない」と判定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  S波速度の逆転層があっても探査できる。探査深度は20m程度まであり、深度とともに分解能は低下する。1測点で得られるのは1次元速度構造である。表層に硬いものがあると、深部の探査が困難な場合がある。                  &lt;精度&gt;                  分解能は1/4波長程度であり、深部ほど波長の長い波動を利用するので精度は深さとともに低下する。</p>	
	<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>
<div data-bbox="217 1160 786 1458" data-label="Diagram"> </div>	<div data-bbox="890 1104 1441 1485" data-label="Figure"> </div>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<p>周波数可変型起振器と既知の距離に置いた地震計2点</p>	<div data-bbox="866 1574 1425 1910" data-label="Figure"> </div> <p style="text-align: center;">液状化判定結果例                  網かけ部分は「液状化する」と判定する。</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無                  基準・要領：                  参考資料：(株)日本地下探査、<a href="http://www.chikatansa.co.jp/">http://www.chikatansa.co.jp/</a></p>	

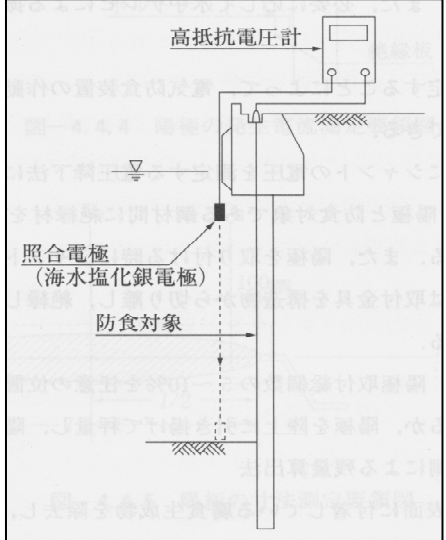
名称	港湾・埋立地対象の表面波探査(定常振動)
目的	埋め立て地盤の吸出しによって発生する空洞
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 表面波は周波数による分散を起こし、任意の周波数の表面波速度は深さに依存するため、表面波速度の深度分布を求め、S波速度分布を得る。</p> <p>&lt;測定法&gt; 周波数可変型起振器によって周波数を変えてレイリー波を発生させ、既知の距離に置いた地震計2点間の位相速度を測定する。</p> <p>&lt;判定法&gt; S波(レイリー波)速度構造を表面波(レイリー波)探査によって求め、位相速度-深度分布図のパターンより空洞の有無を判定する。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; S波速度の逆転層があっても探査できる。探査深度は20m程度まであり、深度とともに分解能は低下する。1測点で得られるのは1次元速度構造である。表層に硬いものがあると、深部の探査が困難な場合がある。</p> <p>&lt;精度&gt; 分解能は1/4波長程度であり、深部ほど波長の長い波動を利用するので精度は深さとともに低下する。</p>

測定概念図	測定出力及び調査実施例
 <p>測定概念図</p> <p>周波数可変型起振器と既知の距離に置いた地震計2点</p>	 <p>空洞箇所の判定例</p>

基準・要領化の有無	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：(株)日本地下探査、<a href="http://www.chikatansa.co.jp/">http://www.chikatansa.co.jp/</a>、 (株)地盤保証協会、<a href="http://www.jiban-hosho.co.jp/8.html/">http://www.jiban-hosho.co.jp/8.html/</a></p>
-----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

名称	海岸対象の地中レーダ探査	
目的	コンクリート等で被覆された傾斜型堤防（いわゆる三面張り堤防）空洞	
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt;                  地中に向けて送信アンテナより電磁波を発信し、地下で反射した電磁波を受信アンテナで受信する。測定機器を移動させることで地下の連続的な波形を得て、これを映像化することで地下の状況を推定する。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  測定装置の位置を固定して、ケーブルで届く範囲でアンテナを移動させる場合と、測定装置とアンテナともに移動して測定する場合がある。通常、等間隔に測線を設定し、測線上で測定を行なう。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  反射面のパターンから、舗装部背面の空洞箇所を推定する。                  反射が強い部分を空洞と判定するが、必ずしも空洞箇所ばかりではないので、削孔および孔内カメラ等により検証する必要がある。</p>	
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt;                  「堤内が空洞化した場所ではレーダ探査の波形に顕著な反応が現れる。しかし、さらに変状が進行して水叩き面の破損・陥没に至ると、空洞は埋まり、レーダ探査で顕著な反応が得られない」と考察される。つまり、レーダ探査は、堤防が「建造後長期間を経過して空洞化が懸念されるが、まだ水叩き面に大きな破損は見られない」という段階にあるときに調査手法として最も有効と言える。</p> <p>&lt;精度&gt;                  深度についての精度は使用するアンテナ周波数で異なるが、10～数10cm程度のオーダーで、既知の埋設物などで校正が必要である。</p>	
	測定概念図	測定出力及び調査実施例
	 <p data-bbox="322 1751 715 1783">測定状況（海岸護岸部のレーダ探査例）</p>	 <p data-bbox="986 1751 1161 1783">測定出力（空洞）</p>
基準・要領化の有無	<p data-bbox="488 1868 520 1899">無</p> <p data-bbox="488 1908 619 1939">基準・要領：</p> <p data-bbox="488 1948 1482 2087">参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3                  （独）水産工学研究所、レーダーを用いた海岸堤防の空洞探査事例、水工研技法2003、<a href="http://www.nrife.affrc.go.jp/shiosai/2-1/2-1-5.htm">http://www.nrife.affrc.go.jp/shiosai/2-1/2-1-5.htm</a>,                  中外テクノス(株)、<a href="http://www.chugai-tec.co.jp/index.php">http://www.chugai-tec.co.jp/index.php</a></p>	

名称	湾湾対象の自然電位測定
目的	鋼構造物の防食効果
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 海水中に、陽極としての照合電極と防食を施した金属物を浸す。金属物の空中部分に負極端子を置き、両極間に発生した自然電位を測定する。基準とする防食電位と比較して防食状態を把握する。</p> <p>&lt;測定法&gt; 海水中に照合電極と称する、亜鉛あるいは海水塩化銀等を使った電極を設置する。対象構造物用電極は海面上に設置する。照合電極を構造物に沿って深度方向に1m 間隔で移動させ、各深度の電位を測定する。測定地点を固定し、モニタリングを行う場合もある。 +端子に照合電極、-端子に対象構造物とし、高抵抗電圧計（内部抵抗1MΩ/V以上の直流電圧計）で電位を測定する。負極となる電位測定地点は、対象構造物の延長方向20～50mごとに1箇所設置される。</p> <p>&lt;判定法&gt; 防食効果の判定は、海水中に浸漬されている鋼構造物の電位が、海水塩化銀電極を使用した場合は基準電位-780mVより絶対値が大きいのであれば防食効果があり、飽和甘こう電極を使用した場合には基準電位-770mVより絶対値が大きければ防食効果がある。相対的に高電位を貴、低電位を卑と称する。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 防食処理され、海水に浸漬した鋼構造物（鋼管杭、鋼矢板等）を対象にする。照合電極の種類により、判定基準に違いがある。</p> <p>&lt;精度&gt; 1mV程度。基準電位に対する傾向をみることが重要である。</p>

測定概念図	測定出力及び調査実施例																																						
 <p style="text-align: center;">測定概念図</p>	<p style="text-align: center;">各対象施設全体の電位 単位は-mv</p> <p>構造物別に、平成9年3月と平成14年1月の電位を示した。全ての電位が管理電位より低いので防食効果が保たれていることが分かる。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">施設名</th> <th colspan="2">最 貴 値</th> <th colspan="2">最 卑 値</th> <th colspan="2">平 均 値</th> <th rowspan="2">管 理 電 位</th> </tr> <tr> <th>H9.3</th> <th>H14.1</th> <th>H9.3</th> <th>H14.10</th> <th>H9.3</th> <th>H14.1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>橋脚部</td> <td>1001</td> <td>1004</td> <td>1077</td> <td>1079</td> <td>1033</td> <td>1039</td> <td>-800 mV 卑値</td> </tr> <tr> <td>フーチング部</td> <td>995</td> <td>1008</td> <td>1068</td> <td>1066</td> <td>1028</td> <td>1036</td> <td>-800mV 卑値</td> </tr> <tr> <td>緩衝施設部</td> <td>1003</td> <td>1005</td> <td>1053</td> <td>1043</td> <td>1029</td> <td>1030</td> <td>-800mV 卑値</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">判定結果例</p>	施設名	最 貴 値		最 卑 値		平 均 値		管 理 電 位	H9.3	H14.1	H9.3	H14.10	H9.3	H14.1	橋脚部	1001	1004	1077	1079	1033	1039	-800 mV 卑値	フーチング部	995	1008	1068	1066	1028	1036	-800mV 卑値	緩衝施設部	1003	1005	1053	1043	1029	1030	-800mV 卑値
施設名	最 貴 値		最 卑 値		平 均 値		管 理 電 位																																
	H9.3	H14.1	H9.3	H14.10	H9.3	H14.1																																	
橋脚部	1001	1004	1077	1079	1033	1039	-800 mV 卑値																																
フーチング部	995	1008	1068	1066	1028	1036	-800mV 卑値																																
緩衝施設部	1003	1005	1053	1043	1029	1030	-800mV 卑値																																

基準・要領化の有無	<p>有</p> <p>基準・要領：運輸省港湾技術研究所、港湾構造物の維持・補修マニュアル、沿岸開発技術研究センター、1999.6</p> <p>参考資料：国土交通省近畿地方整備局、関西国際空港(株) 連絡橋・鉄道管理課 <a href="http://www.test.kkr.mlit.go.jp">http://www.test.kkr.mlit.go.jp</a></p>
-----------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



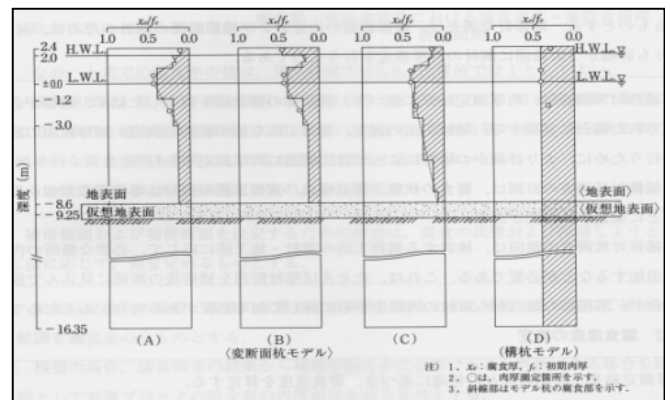
名称	港湾対象の超音波測定
目的	鋼構造物の防食効果
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 鋼材の表面にあてた探触子から放射した超音波パルスが鋼材の底面で反射し、探触子に戻るまでの反射時間が超音波の通過する距離に比例することを利用する。</p> <p>&lt;測定法&gt; 超音波厚み計の探触子を定められた測定点でそれぞれ3回ずつ当てて測定し、その平均値を測定値とする。標準として概念図に示す位置を測定する。測定点は公称肉厚が一樣な約 10cm×10cm の範囲を選定し、その中の5点で測定する。</p> <p>測定対象になる鋼材とほぼ同じ厚さの肉厚の基準鋼板により超音波厚み計を校正する。測定を行う前に、鋼材への付着物をハンマーやスクレイパ等で除去し、ワイヤブラシ等で鋼材面をこすり地肌を露出させる。</p> <p>&lt;判定法&gt; 測定の結果得られた現有肉厚と腐食速度から断面のモデル化や腐食傾向の推定を行う。構造物の形式により異なるが、基本的には腐食後のプロフィールをモデル化して応力計算等を行い構造物の耐力強度を検討する。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 海水に浸漬した鋼構造物（鋼管杭、鋼矢板等）</p> <p>&lt;精度&gt; 厚み計の測定機器の精度は0.1mmのオーダー 厚さの変化による腐食傾向を判定するので、校正を精度よく行う必要がある。</p>

測定概念図

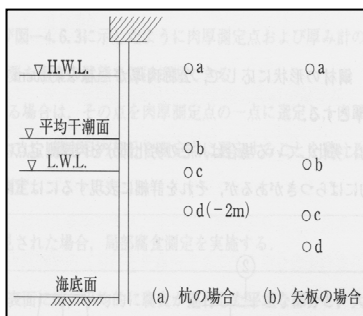
測定出力及び調査実施例



測定状況



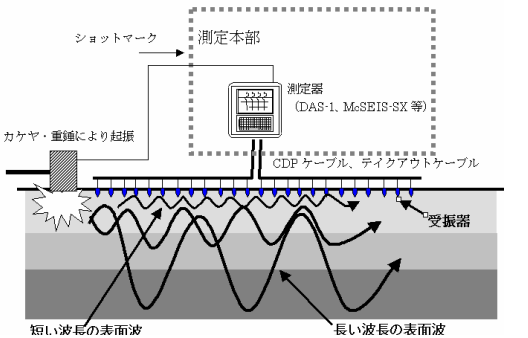
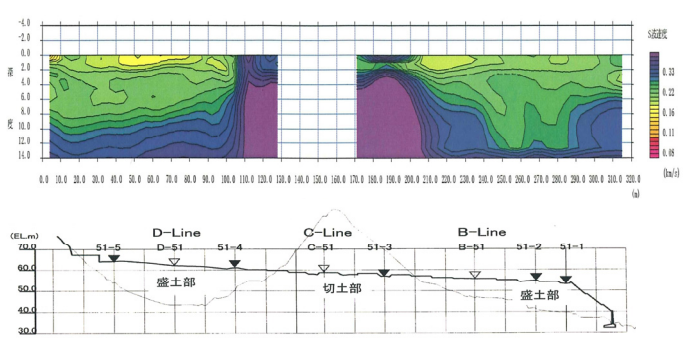
鋼管杭の鉛直方向腐食プロフィールとモデル化例



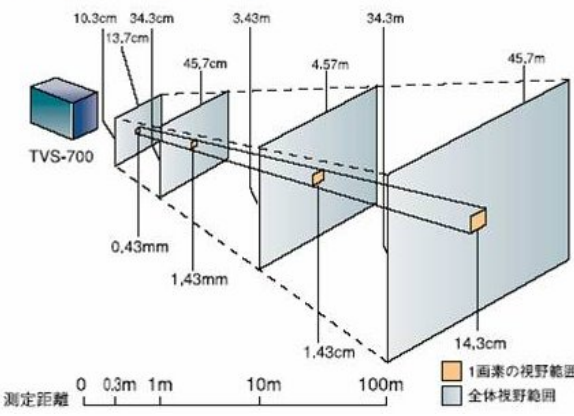
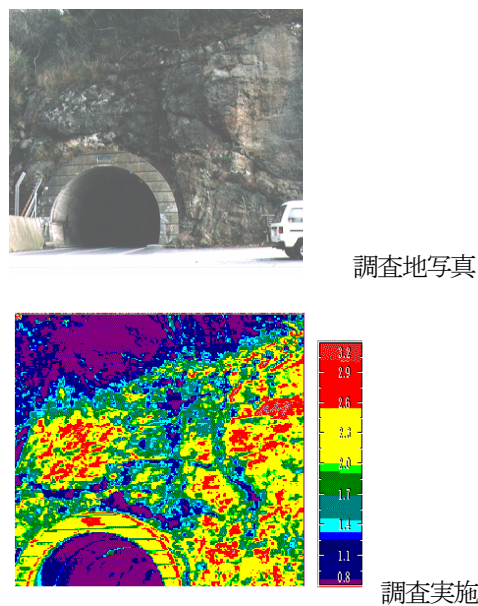
測定位置標準図

基準・要領化の有無

有  
 基準・要領：運輸省港湾技術研究所、港湾構造物の維持・補修マニュアル、沿岸開発技術研究センター、1999.6  
 参考資料：横浜調査設計事務所、TECHNO REPORT 鋼構造物腐食調査の内容、  
<http://www.pa.ktr.mlit.go.jp>

<p>名称</p>	<p>道路・鉄道対象の表面波探査(2次元表面波探査)</p>	
<p>目的</p>	<p>道路や鉄道盛土の不均質性 地震時の安定解析の基礎データ取得</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 盛土上の路線方向に地震計を等間隔に設置し、人工的に振動を発生させる。発生した波の分散曲線を求め、これに整合するように逆解析でS波速度構造を求める。</p> <p>&lt;測定法&gt; 探査深度に応じて1m~2mの等間隔で、24個程度の地震計を設置する。測線端からカケヤやモンケン等で振動を発生させる。反射法地震探査と同様の測定手法で、地震計・起振を順次移動しながらデータを収録し、測線全体の測定を行う。</p> <p>&lt;判定法&gt; 2次元S波速度構造、ならびに換算したN値分布から、盛土の締め固め状態で弱い箇所を抽出する。また重要構造物であれば、求まったS波速度構造から地震時の安定解析の基礎データにも使用。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 速度逆転層があっても適用可能。 N値断面に変換が可能(別途、ボーリング(N値)情報が必要)。 地表の変化(地形の凹凸)が大きいところでは適用できない。(一定勾配の斜面なら可能) 探査深度は十数m程度であるが、固い地盤では探査可能深度が浅くなる。 速度層境界を把握するのであれば、弾性波探査の方が有効。 盛土の地盤構造検討だけでなく、埋設管周辺の地盤の緩み検出、道路斜面の地すべり検討(風化層の層厚)、河川・ため池での堤防地盤の検討、宅地地盤調査に利用されている。</p> <p>&lt;精度&gt; 測定領域をセルで分割して解析するため、精度はセルの大きさ(地震計間隔)に規制される。最小は1m程度。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
 <p>測定概念図</p> <p>波長による伝播速度の違い(分散)を逆解析することで、不均質な地盤のS波速度構造を求めることが可能となる。</p>	 <p>解析結果図(切土・盛土の例)</p> <p>左右の盛土部で低速度、中央切土部で高速度の状況がみられる。特に右側盛土部では低速度の落込みが顕著であることがわかる。</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：山中他、人工震源による表面波探査法を用いた宅地造成地盤の振動特性調査、日本応用地質学会平成16年度研究発表会、2004</p>	

<p>名称</p>	<p>トンネル対象の地中レーダ探査</p>	
<p>目的</p>	<p>トンネル覆工厚ならびに覆工背面空洞</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  トンネル覆工表面に設置したアンテナよりコンクリート中に向けて電磁波を送信し、覆工背面や空洞との境界面から反射してきた電磁波を受信することで、覆工厚ならびに空洞の有無を検出する。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  1) プロファイル測定                  送信および受信アンテナの間隔を一定に保ちながら測線沿いに移動しデータを収録する。測線沿いの覆工状況を解析する基本データになる。</p> <p>2) ワイドアングル測定                  送信アンテナを固定し、受信アンテナを移動させ、コンクリートの電磁波速度を求める。プロファイル測定で求まる結果の時間軸に電磁波速度を乗じることで、覆工表面から背面方向の深度断面図が得られる。</p> <p>3) 解析                  トンネル路線方向に1測線だけでは断面図しか得られないが、3測線以上行うことで2次元的な「覆工厚分布図」ならびに「空洞分布図」が得られる。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  反射面のパターン認識で空洞と考えられる記録から、設計時の覆工巻厚に満たない箇所や広がりをもった空洞箇所を検出する。このような箇所が検出されたらボーリングで確認する必要がある。その際、採取されたコンクリートのコアを用いた一軸圧縮試験や中性化試験でコアの劣化状況を判定する必要がある。またコア採取後にファイバースコープ等で覆工背面や地山状況、湧水状況等を観察する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  在来工法では、使用する電磁波の周波数は、覆工巻厚によるが、400~500MHz。                  在来工法ではトンネル天頂部付近に空洞ができやすい。測線設定を考える上で天頂部付近は必須である。またその両側に各1~2測線を配置することにより、2次元的な状況が把握できる。</p> <p>&lt;精度&gt;                  覆工厚：使用するアンテナの周波数、コンクリートの誘電率にもよるが5cm程度の誤差はある。                  空洞厚：覆工背面、特に地山からの反射波を抽出するのが難しく、精度は覆工厚に比べ劣る。そのため、コア抜き箇所を多く取り入れるなどの配慮が必要である。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div data-bbox="151 1444 406 1691" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="446 1601 550 1646" data-label="Caption"> <p>測定状況</p> </div> <div data-bbox="151 1702 710 1982" data-label="Diagram"> </div> <div data-bbox="335 1982 534 2004" data-label="Caption"> <p>図-2 プロファイル測定方法</p> </div> <div data-bbox="574 1982 710 2016" data-label="Caption"> <p>測定概念図</p> </div>	<div data-bbox="877 1444 1428 1668" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="877 1713 1428 1937" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="1013 1937 1292 1960" data-label="Caption"> <p>地下レーダ探査 探査記録および解析結果例</p> </div> <div data-bbox="1101 1982 1220 2016" data-label="Caption"> <p>解釈事例</p> </div>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有                  基準・要領：日本道路協会、道路トンネル維持管理便覧、日本道路協会、1993.11                  参考資料：物理探査学会、物理探査ハンドブック 第7章地中レーダ、物理探査学会、1998.3</p>	

<p>名称</p>	<p>道路・鉄道対象の赤外線熱映像探査</p>	
<p>目的</p>	<p>道路や鉄道沿いトンネル坑口の岩盤表面のゆるみ 吹付モルタル法面内部の空洞</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 岩盤の温度は、空気や水の存在比率、すなわち岩の中の空隙率と含水比に影響を受ける。そのため、風化が進行しかつ乾燥している部分や、空隙の多い部分は温度変化が大きく、湿潤している部分は、温度変化が小さい。 また、吹付背面に空洞が存在する場合、空洞(空気)は熱を伝えにくく、モルタルは薄いために熱容量が小さいので、吹付表面の温度変化は大きくなる。</p> <p>&lt;測定法&gt; 対象斜面の表面温度を数時間間隔で赤外線カメラで計測し、温度変化を把握する(差画像解析)。</p> <p>&lt;判定法&gt; 温度変化の状況と目視観察結果等を総合し、対象斜面のゆるみ、吹付背面の空洞、吹付材の劣化、地山の状態等を検討する。吹付背面に空洞が存在する場合、温度変化が一番大きく、湿潤する地点では変化が小さい。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 表面の温度は表面から15cm程度の深度までの状況しか反映しないため、それより深部については適用外であることに留意する必要がある。赤外線探査が適用できるのは、露出している吹付面である。植生が生えている部分は極力植生を除去するが、除去不可能な部分は温度や温度変化の判定ができず適用範囲外となるため、留意が必要である。 また、ロックネットが覆っている部分はネットの影響を受ける可能性がある。特にネットが二重に覆っていると影響が大きい。ネットの影響を少なくするためには、夜間測定を行い、気温やネット、モルタルの温度の経時変化を把握する等の慎重な測定が必要である。</p> <p>&lt;精度&gt; 画像の分解能はカメラと対象物との距離(空間分解能)およびカメラ自体の分解能で決まる。空間分解能は近いほど向上するが1回の測定で領域をカバーできないことがある。カメラの分解能は画素数と1画素あたりのビット数による。画素数が240×320であれば1画面あたり76800画素数あり、1画素あたり12ビット(4096階調)であれば、1階調0.1℃とすると409.6℃分のデータを有することになる。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<p>■測定距離と視野の大きさ(標準35mmレンズ)</p>  <p>35mm レンズでの測定距離と視野の大きさの関係</p>	 <p>調査地写真</p> <p>調査実施例</p> <p>赤色系ほど温度変化が大きくなるよう着色した。現地踏査結果から、亀裂・ゆるみが多いことがわかる。</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>有</p> <p>基準・要領：熱赤外線映像法による吹付のり面診断研究会、熱赤外線映像法による吹付のり面老朽化診断マニュアル、土木研究センター、1996.1</p> <p>参考資料：日本アビオニクス株式会社 <a href="http://www.avio.co.jp/index.htm">http://www.avio.co.jp/index.htm</a></p>	

名称	道路・鉄道対象の光ファイバセンサ測定
目的	道路・鉄道沿線の不安定岩盤斜面の監視

**原理・測定法及び判定法**

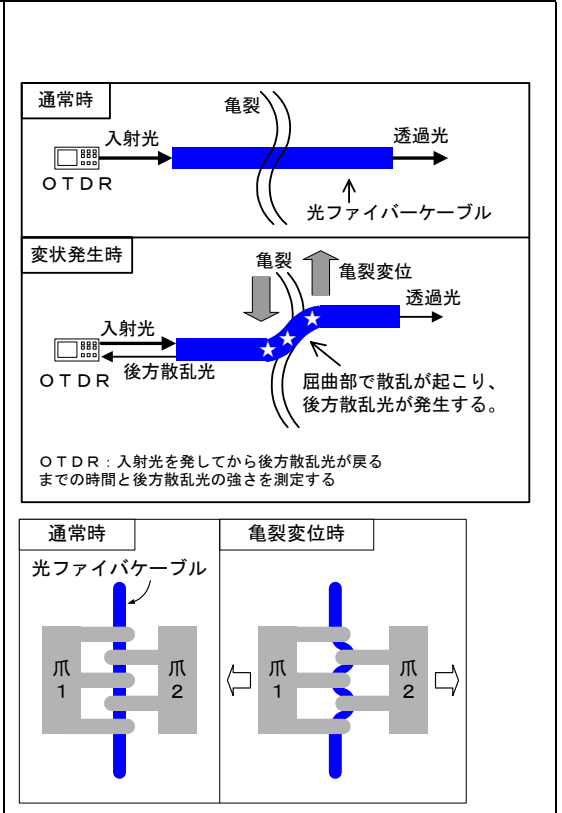
<原理>  
 岩盤斜面に設置した光ファイバケーブルが変形すると、その箇所にて散乱が発生し、一部の光（後方散乱光）が発光側に戻る原理を利用する。この後方反射光の所要時間から変位位置を特定するとともに、後方散乱光の強度から変位を把握する。

<測定法>  
 変位を検出するセンサ部では、右下図のように亀裂変位が生じると光ファイバケーブルが屈曲し、これにより生じるレイリー散乱光を計測する。

光センサには、Iロック方式、土圧方式（土中埋設）、直接方式（落石防護フェンス等に設置）の3種類があり、現地状況に応じて使い分ける。

<判定法>  
 センサは日常変動（岩盤の温度膨張等）に反応しないよう、0～2mm程度を不安定領域とし、2～4mm程度の亀裂変位に対して後方散乱光が変化する。

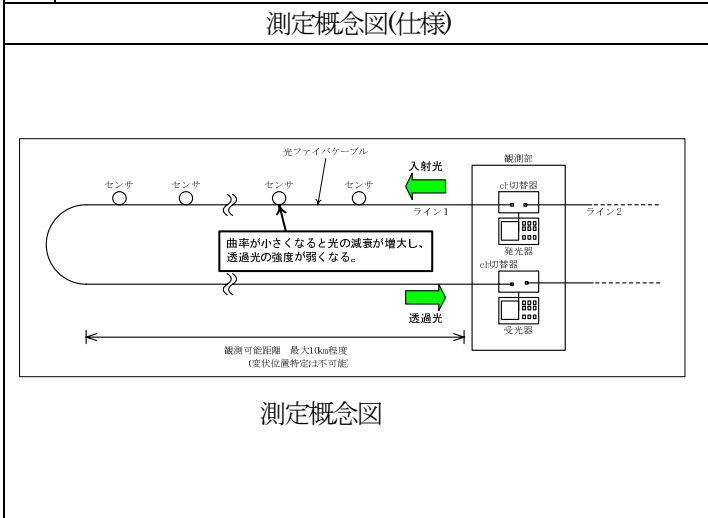
岩盤崩壊での管理基準値の設定には、観測データの蓄積が必要であり、日常変動（日周期・年周期変動）の範囲を把握した上で、日常変動の範囲を超えるような異常変動や計測値の累積傾向・加速傾向の有無を定期的あるいは自動監視する。



**適用範囲・精度**

<適用範囲>  
 最大10kmの光ファイバケーブル上に設置した多数のセンサーで、線的・面的な観測が可能。  
 異常の発生箇所（変位が生じた箇所）を特定可能。

<精度>  
 0.5mm程度。



測定出力及び調査実施例

計測結果(2005/04/19 14:03:07)

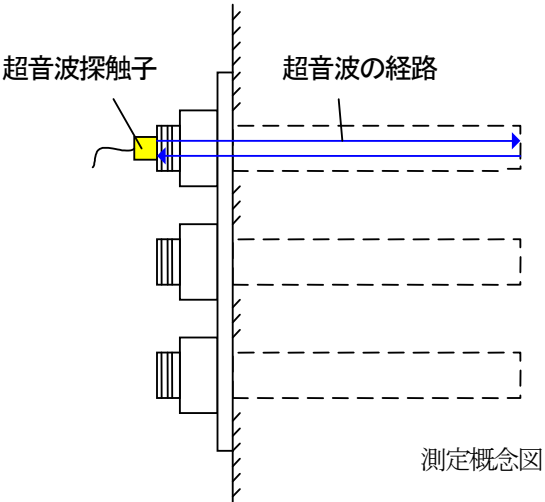
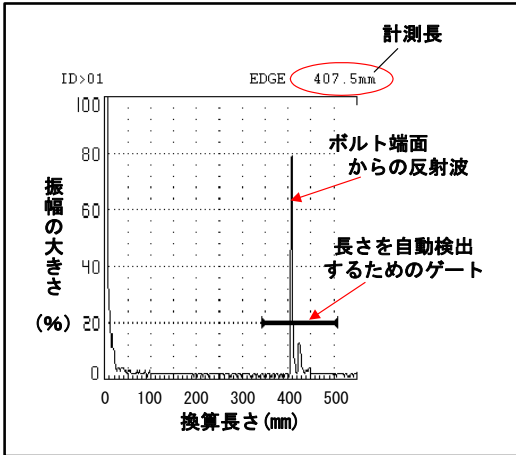
[6]					[6]						
区間番号	センサ方式	測定値	1次管理値	2次管理値	区間番号	センサ方式	測定値	1次管理値	2次管理値		
1-D	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-D	土圧方式	01	05	1.0	1.5
1-E	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-E	土圧方式	01	05	1.0	1.5
1-F	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-F	土圧方式	01	05	1.0	1.5
1-G	ロック方式	01	05	1.0	1.5	1-G	土圧方式	01	05	1.0	1.5
1-H	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-H	土圧方式	01	05	1.0	1.5
1-I	ロック方式	02	05	1.0	1.5	1-I	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-J	ロック方式	01	05	1.0	1.5	1-J	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-K	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-K	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-L	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-L	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-M	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-M	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-N	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-N	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-O	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-O	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-P	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-P	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-Q	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-Q	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-R	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-R	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-S	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-S	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-T	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-T	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-U	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-U	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-V	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-V	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-W	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-W	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-X	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-X	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-Y	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-Y	土圧方式	02	05	1.0	1.5
1-Z	ロック方式	00	05	1.0	1.5	1-Z	土圧方式	02	05	1.0	1.5

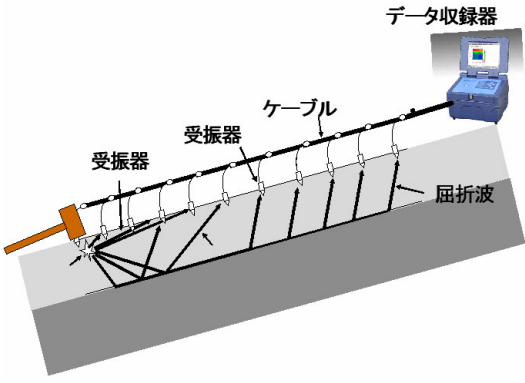
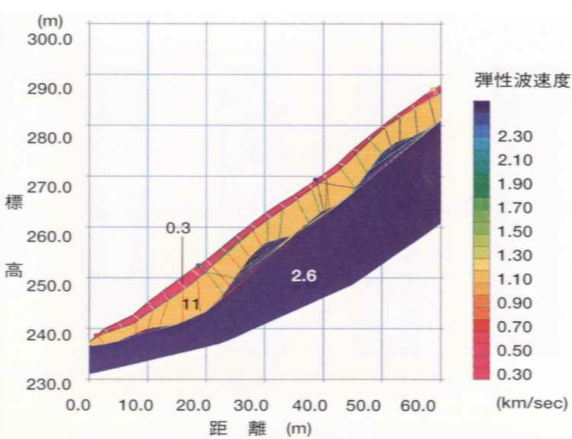
管理値凡例  
 1次管理値 2次管理値 2次管理値

測定事例（管理基準値を予め決めておき、それを越えた場合、警報するなどの対策をとる）

基準・要領の有無

有  
 基準・要領：光ファイバセンサを活用した斜面モニタリングシステムの導入・運用マニュアル、(独) 土木研究所、2003.6  
 参考資料：

<p>名称</p>	<p>道路・鉄道対象の超音波探査</p>	
<p>目的</p>	<p>斜面法枠アンカーボルトや橋梁の落橋防止アンカーボルトの長さ</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理、測定法&gt;                  アンカーボルト先端の金属部に超音波探触子（発信器・受信器一体型、発信周波数：5MHz 程度）を固定し超音波を発信させ、埋設されている反対側端部から反射する波を受信する。                  往復に要した時間の半分を、鋼棒中の超音波伝播速度(5,900m/sec)で除すことで、アンカーボルトの長さが求まる。                  ※鋼棒中の超音波伝播速度の算出は使用したアンカーボルトを気中で測定し、正確な速度を使用することが望ましい。しかし、そのようなことが出来ない場合、「超音波探傷試験Ⅱ, p7, (社)日本非破壊検査協会」では超音波伝播速度として5,900m/sec が示されている。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  測定結果（計測長）と設計長とを比較し、計測長が短いアンカーボルトについて検討する。一例として、落橋防止アンカーボルトの場合のチェックを下記に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測長が設計長よりも50mm以上短いボルト数</li> <li>・設計長不足の落橋防止装置数</li> <li>・アンカーボルト径の15倍（15D）の定着長が確保されていないボルト数</li> <li>・定着長が15D以下のアンカーボルトを含む落橋防止装置数</li> </ul>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  アンカーボルトの長さ：10mm～400mm 程度                  アンカーボルトの径：16mm以上                  端面角度はできるだけ平らにすることが望ましい。端面に傾斜があると容易に反射波が得られない。</p> <p>&lt;精度&gt;                  精度は使用する周波数、超音波伝播速度、機器のサンプリング、反射波信号のSN比、トリガー作動状況に負う。</p>	
<p>測定概念図(仕様)</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
 <p>測定概念図</p>	 <p>測定結果出力例</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有                  基準・要領：超音波パルス反射法によるアンカーボルト長さ測定要領（案）、国土交通省、2003.11                  参考資料：超音波探傷試験Ⅱ、(社)日本非破壊検査協会</p>	

<p>名称</p>	<p>道路・鉄道対象の屈折法地震探査</p>	
<p>目的</p>	<p>道路や鉄道沿い斜面の風化層厚 表層地すべり、斜面の不安定土塊</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 地表付近で人工的に弾性波を発生させ、地下の速度境界から屈折した波を観測し速度構造を算出し、地下の地質構造を求める。</p> <p>&lt;測定法&gt; 道路鉄道路線の面する斜面に、探査深度に応じて地震計間隔 1m～5m の等間隔で、24～48 個程度地震計を地面に設置し、カケヤやモンケン、あるいは火薬類等で弾性波を発生させる。(求める層厚が薄ければ、地震計間隔を狭める。) デジタルで記録を取得する場合には、地盤状況に応じてサンプリング数やデータ長をあらかじめ試算しておく。 得られた波形記録から発生した波の初動走時を求め、走時曲線を完成させる。これに整合するように、はぎとり法あるいは調査範囲をセルで分割し逆解析で速度構造を求める。 最近ではハードやソフトの普及により、逆解析手法が一般的に使用されている。</p> <p>&lt;判定法&gt; 弾性波探査で求まる速度は地盤強度と正の相関があるため、求まった斜面の速度構造から、風化層領域を抽出する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 表層崩壊の可能性のある場合、地震計間隔を 0.5m～1m 程度で測定する必要がある。風化層の薄い場合についても注意が必要。測線両端の解析精度を向上させるには遠隔起振が必要である。</p> <p>&lt;精度&gt; 測定領域をセルで分割して解析するため、速度層厚の精度はセルの大きさ(地震計間隔)に規制される。表層厚の精度は地震計間隔や直接波を受信する地震計数にもよるが、セルの最小は 1m 程度が限界であるため、それより薄い層の検出は困難。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
 <p>測定概念図</p>	 <p>解析結果例</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：物理探査学会、物理探査ハンドブック、物理探査学会、1998.3 物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

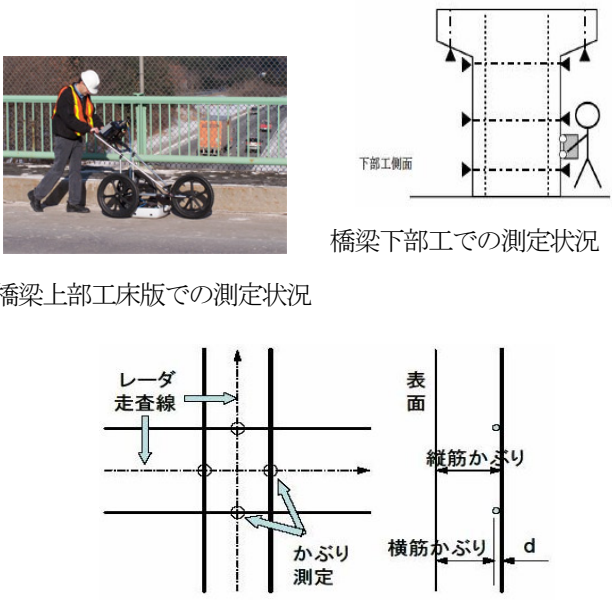
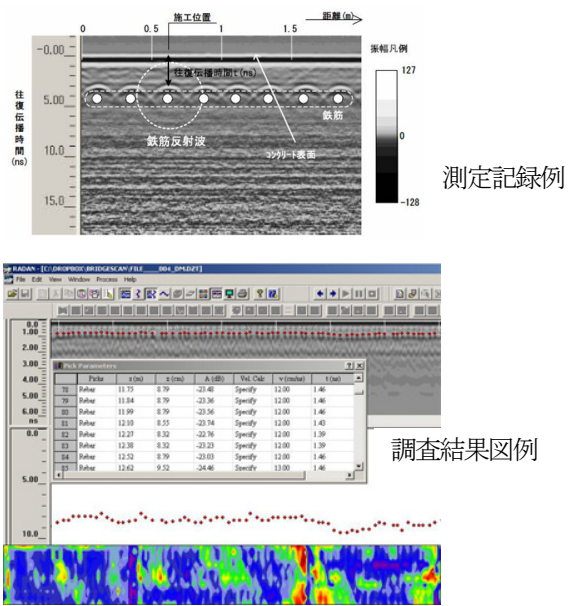
<p>名称</p>	<p>道路・鉄道対象の2次元比抵抗探査</p>	
<p>目的</p>	<p>道路や鉄道沿い斜面の風化層厚 表層地すべり、斜面の不安定土塊</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 電気探査は地盤に電流を印加し、地盤の電氣的性質を調査する探査手法であり、電極の設置や通電方法により何種類かの方法がある。</p> <p>&lt;測定法&gt; 電気探査のうち、土木分野でよく利用される2次元比抵抗探査は2極法の電極配置で行うもので、測線上と測線から十分離れた地点に電極を用いて地盤に電流を印加して電位を測定し、見かけ比抵抗を求める。測定で求められた見かけ比抵抗分布と整合するよう、地盤の比抵抗分布をインバージョンで解析し、真の比抵抗分布を求める。</p> <p>&lt;判定法&gt; 斜面の比抵抗構造から比抵抗異常箇所を求める。この場合、地質や地下水の比抵抗により風化層が基盤より高比抵抗や低比抵抗になることがあり、地質構造と併せて比抵抗断面の解釈を行うことが必要である。 表層崩壊箇所の検出では、乾燥時・降雨時で2回測定を行い、変化率を求めることでより詳細な浸透ゾーンの把握が求まる。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 求める対象に応じて電極間隔と測定深度を変える。表層崩壊の可能性のある箇所を検出する場合、電極間隔は1～2m。それより深い風化層分布を把握する場合、電極間隔2～5m。 測線両端は測定密度が低下する。そのため、解析精度を向上させるために、探査深度分を両側に延長する必要がある。</p> <p>&lt;精度&gt; 測定領域をセルで分割して解析するため、精度はセルの大きさ（電極間隔）に規制される。セルの最小は1m程度が限度であるため、それより薄い層の検出は困難。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div data-bbox="164 1406 667 1736"> <p>データ収録器</p> <p>電極</p> <p>測定概念図</p> </div>	<div data-bbox="710 1429 1420 1892"> <p>比抵抗構造解析結果例</p> <p>変化率解析結果例（左：湿潤時、中：乾燥時、右；変化率）</p> </div>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：物理探査学会、物理探査ハンドブック、物理探査学会、1998.3 物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

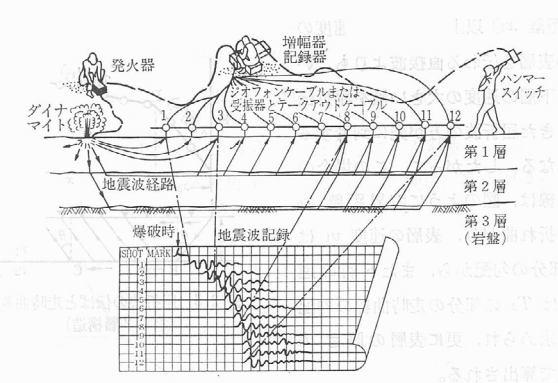
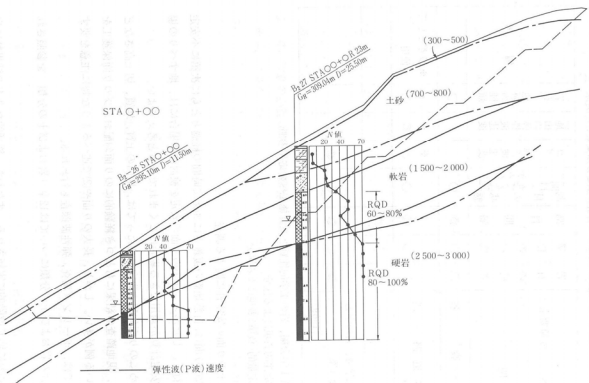


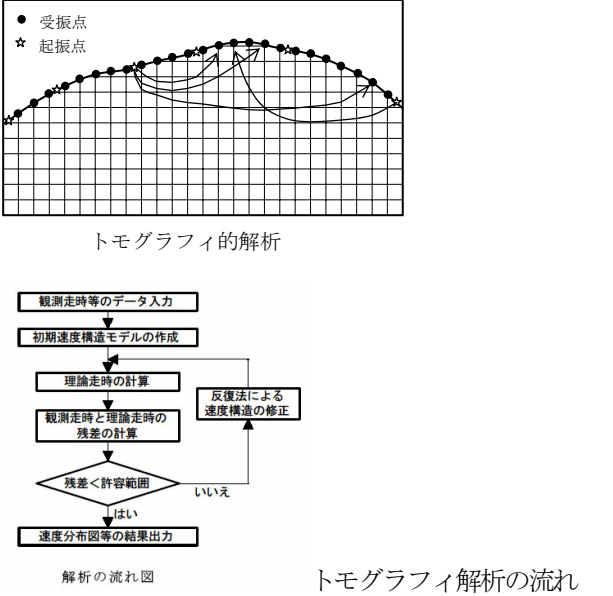
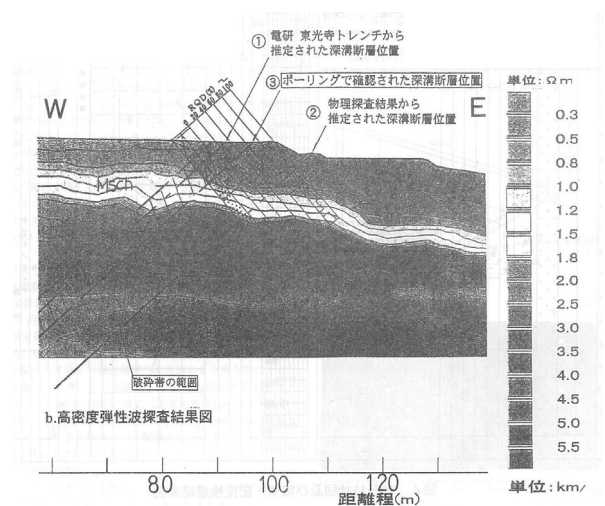
名称	道路・鉄道対象の地中レーダ探査
目的	道路や軌道敷直下の空洞や埋設管
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 道路路面に設置したアンテナより路面直下に向けて電磁波を送信させ、反射してきた電磁波を受信することで、空洞の有無や埋設管位置を検出する。</p> <p>&lt;測定法&gt; 1) プロファイル測定 送信および受信アンテナの間隔を一定に保ちながら測線沿いに移動し、データを収録する 2) ワイドアングル測定 送信アンテナを固定し、受信アンテナを移動させ、路盤の電磁波速度を求め、プロファイル測定で求まる結果の時間軸に電磁波速度を乗じることで、深度断面図が得られる。 3) 解析 道路路線方向に複数の測線を設定することで、空洞の範囲の他、道路を横断する埋設管位置・深度を特定する。</p> <p>&lt;判定法&gt; 反射面のパターン認識で空洞と考えられる記録から、空洞上面深度や舗装厚、発生位置などを求め、早急に確認（ボーリングまたは開削）すべき箇所の優先度を定める。想定される範囲から、空洞規模が大きいと予想された場合、開削して原因を特定する必要がある。空洞発生原因が埋設管と想定される場合、連通試験なども行う必要がある。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 使用する電磁波の周波数は200~400MHz程度。探査深度は約2m程度。ただし地下水位以浅が対象。 アンテナ幅を考慮し、路線方向に1車線数測線必要。これにより2次元的な状況が把握できる。また異常箇所では道路横断方向の実施も望ましい。 効率化を考慮した車載型アンテナを用いれば、1日十数kmの測定も可能。</p> <p>&lt;精度&gt; 精度は牽引速度、アンテナの送信間隔に応じて変わる。手押しの場合の目安は10cm程度、車載型では50cm~1m。</p>

<p style="text-align: center;">測定概念図</p> <p style="text-align: center;">測定概念図</p>	<p style="text-align: center;">測定出力及び調査実施例</p> <p style="text-align: center;">道路路面下の空洞測定出力例と確認後の断面図</p>
<p style="text-align: center;">測定状況（左：道路、右：鉄道）</p>	<p style="text-align: center;">線路軌道敷での測定出力例</p> <p>※断面図中の線は、盛土と地山との境界</p>

<p>基準・要領の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：物理探査学会、物理探査ハンドブック、物理探査学会、1998.3 物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>
-----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------

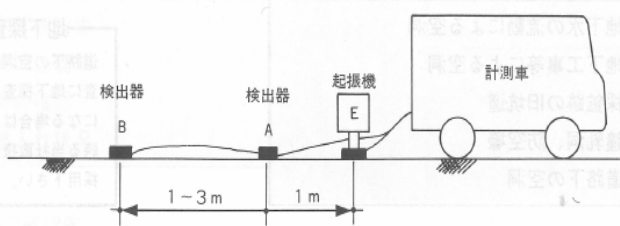
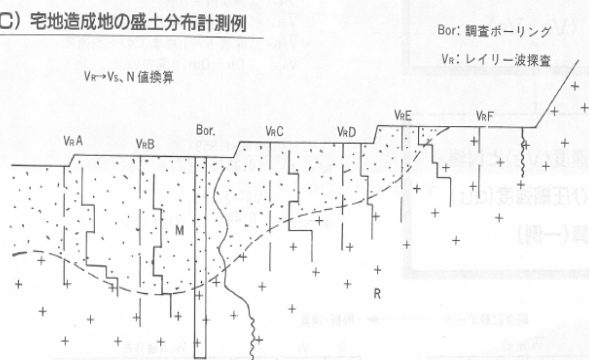
<p>名称</p>	<p>道路対象の地中レーダ探査</p>	
<p>目的</p>	<p>道路橋梁のコンクリート内部の鉄筋の配筋状態 鉄筋までのかぶり厚</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 橋梁上部工床版あるいは橋梁下部工にアンテナを設置し、中心部に向けて電磁波を送信させ、コンクリート中の鉄筋より反射してきた電磁波を受信することで、鉄筋配置や鉄筋までのかぶりを調べる。</p> <p>&lt;測定法&gt; 1) プロファイル測定 送信および受信アンテナの間隔を一定に保ちながら測線沿いに移動し、データを収録する。 2) ワイドアングル測定（電磁波速度測定）あるいはコンクリートの比誘電率測定 ワイドアングル測定では送信アンテナを固定し、受信アンテナを移動させ、コンクリートの電磁波速度を求める。プロファイル測定で得まる結果の時間軸に電磁波速度を乗じることで、深度断面図が得られる。 3) 解析 鉄筋配列、鉄筋までのコンクリート厚を求める。</p> <p>&lt;判定法&gt; 反射面のパターン認識で鉄筋を検知し、設計図面と比較しながら鉄筋配列や鉄筋までのコンクリート厚を調べる。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 使用する電磁波の周波数は900MHz～1500MHz程度。探査深度は周波数が高いほど浅く約0.5m～0.2m程度。事前に鉄筋間隔を把握し、井桁状に測線を配置する。これにより2次元的な状況が把握できる。</p> <p>&lt;精度&gt; 牽引しながらの測定であれば、精度は牽引速度、アンテナの送信間隔に応じて変わる。路面が平滑で距離計が内装された装置であれば、手押しでの場合、距離の精度は数cm程度、深度方向の精度は電磁波速度の精度による。</p>	
	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<p style="text-align: center;">測定概念図</p>  <p style="text-align: center;">橋梁下部工での測線配置例</p>	 <p style="text-align: center;">調査結果図例</p> <p>上段：鉄筋までのコンクリート厚（断面図）。赤点は鉄筋に対応。 下段：鉄筋までのコンクリート厚の平面分布図</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有 基準・要領：非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態及びかぶり測定要領（案）、平成17年5月（平成18年3月一部改定）、国土交通省大臣官房技術調査課 <a href="http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/13/130518_2.html">http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/13/130518_2.html</a> 参考資料：GSSI、<a href="http://www.geophysical.com/">http://www.geophysical.com/</a></p>	

<p>称</p>	<p>土地造成対象の屈折法地震探査</p>	
<p>目的</p>	<p>地質状況, 基礎深度 風化層厚, 自然斜面・切土斜面安定性 地盤改良, 土軟硬・リップバビリティなど</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 地表に一定間隔で受振子を設置し、地表付近で発破や重錘落下などにより人工的に弾性波 (P 波、S 波) を発生させ、地下の速度の異なる地層境界で屈折して地表に戻ってきた波を観測することで、地下の速度構造を調査する探査方法。 &lt;測定法&gt; 通常はP 波を測定するが、土質地盤を対象とする場合、S 波を測定することが多い。この場合、起振方法として、板たたきが用いられることが多い。 測定波形から初動を読み取り走時曲線の作成を行う。はざとり法などにより走時曲線を解析して速度層の速度値と層厚を求める。 &lt;判定法&gt; 速度構造から地盤状況を判断する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 主に岩盤を対象に適用され、適用目的は広範囲にわたる。 土質地盤を対象とする場合、S 波を用いることが多い。 &lt;精度&gt; 探査精度は目標とする探査深度、受振点間隔、走時の読み取り精度によって異なる。受振点間隔を小さくするほど精度は高くなるが、走時の読み取り精度を 1ms 単位とすると、地表付近においても 1m 程度の誤差が予測される。</p>	
	<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>
<p>測定概念図</p>  <p>図-2.4 屈折法P波探査概念図</p> <p>測定概念図</p> <p>測定波形から初動を読み取り、走時曲線を作成する。走時曲線を、はざとり法などで解析し、地盤の速度構造を求める。</p>	 <p>図 2-2 切土部における土砂、軟岩、硬岩の判定例</p> <p>切土斜面での適用例</p> <p>この結果に基づき、掘削のための土軟硬、切土斜面の安定評価を行う。</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>有 基準・要領：日本道路公団、土質地質調査要領、道路厚生会、1992.4 など 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

<p>名称</p>	<p>土地造成対象の屈折法地震探査</p>	
<p>目的</p>	<p>地質状況、基礎深度 風化層厚、自然斜面・切土斜面安定性、土軟硬・リップビリティ 地盤改良、空洞など</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 地表に一定間隔で受振子を設置し、地表付近で発破や重錘落下などにより人工的に弾性波（P波、S波）を発生させ、地下の速度の異なる地層境界で屈折して地表に戻ってきた波を観測することで、地下の速度構造を調査する探査方法。 &lt;測定法&gt; 通常はP波を測定するが、土質地盤を対象とする場合、S波を測定することが多い。この場合、起振方法として、板たたきが用いられることが多い。また、受振子や起振部をボウリング孔内に設置して測定を行うこともある。 測定波形から初動を読み取り、その走時から地盤の速度分布を解析する。解析に際しては、地盤を格子状に区切り、格子の速度分布をトモグラフィ的手法により求める。解析は、測定した走時と格子の速度分布から計算できる走時がほぼ一致するまで、格子の速度分布を修正する作業を繰り返すことで行う。コンピュータを用いて解析を行う。 &lt;判定法&gt; 速度分布と速度値から地盤状況を判断する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 主に岩盤を対象に適用され、適用目的は広範囲にわたる。土質地盤を対象とする場合、S波を用いることが多い。地盤の速度構造が複雑な場合や連続的に速度が変化する場合に、はざとり法に比べ有利な探査方法。精密調査として孔間速度検層と組み合わせることがある（弾性波トモグラフィ）。 &lt;精度&gt; 探査精度は目標とする探査深度、受振点間隔、解析に用いる格子（メッシュ）、走時の読み取り精度によって異なる。はざとり法に比較すると、客観性の高い解析法である。受振点間隔を細かくするほど精度は高くなるが、走時の読み取り精度を1ms単位とすると、地表付近においても1m程度の誤差が予測される。</p>	
<p style="text-align: center;">測定概念図</p>  <p style="text-align: center;">トモグラフィ的解析</p> <p style="text-align: center;">トモグラフィ解析の流れ図</p>	<p style="text-align: center;">測定出力及び調査実施例</p>  <p style="text-align: center;">丘陵地での断層調査に適用された例。</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：</p>	

名称	土地造成対象の浅層反射法地震探査
目的	地質構造、基礎深度 空洞・埋設物 廃棄物層厚など
原理・測定方法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 地表面に一定間隔で受振子を配置し、地表面で人工的に弾性波（P波・S波）を発生させ、地中の速度層境界で反射して地表に戻ってきた波を測定することで、速度構造を調査する方法。</p> <p>&lt;測定法&gt; 起振器や地盤の打撃により弾性波を発生させる。土質地盤で浅部を調査する場合、SH波を用いることが多い。測定結果を基に重合処理や波形処理を行うことにより反射時間断面図や深度断面図を作成する。</p> <p>&lt;判定法&gt; 速度構造、反射面の位置、反射パターンなどから地質構造、地下異常物の判定を行う</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 地下の断層（断層に起因する地層の段差）の検知、空洞の検知、基礎深度確認のために適用されることが多い。適用は、起伏の少ない平地などに限定される。都市部での適用性が高い。速度逆転層がある場合にも適用可能。</p> <p>&lt;精度&gt; 探査精度は探査深度、受振点・起振点間隔、重合数などにより異なる。探査深度が概ね50m以下の場合、受振点・起振点間隔は、0.5～2.0mに設定されることが多い。反射面の分解能は、測定した波の波長の1/4が目安となる。</p>

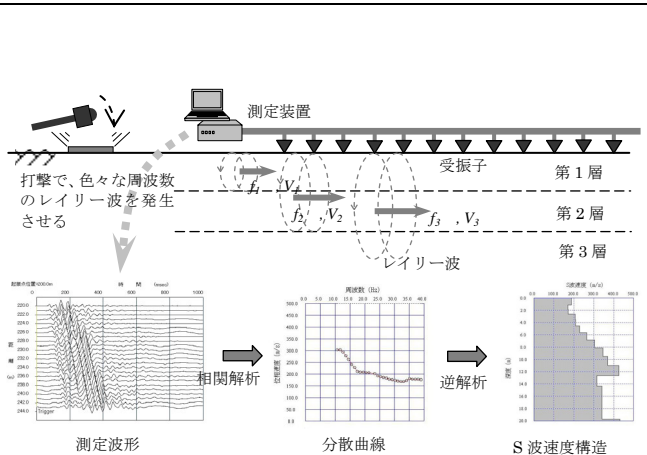
測定概念図	測定出力及び調査実施例
<div style="text-align: center;"> <p>測定概念図</p> <p>振源にはハンマー打撃のほか、パイプレータ振源などが使用されている。</p> </div>	<div style="text-align: center;"> <p>時間断面図</p> <p>時間断面図と深度断面図</p> <p>花崗岩地域での風化残留岩塊、転石調査の例。風化層下面と転石上面に反射面があらわれている。</p> </div>
基準・要領化の有無	<p>有</p> <p>基準・要領：日本道路公団、土質地質調査要領、道路厚生会、1992.4 など</p> <p>参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3 など</p>

<p>名称</p>	<p>土地造成対象の表面波探査（定常振動）</p>	
<p>目的</p>	<p>地盤基礎 空洞・埋設物、遺跡・遺構 廃棄物層厚、地盤改良など</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 起振器により地盤に定常振動（レイリー波）を発生させ、2つの受振器で振動を測定することで、振動周波数と伝播速度の関係性を求め、地盤のS波速度構造を求める探査法。 &lt;測定法&gt; 起振器で周波数を変化させながら地盤を振動させ、2つの受振器で振動周波数と速度の関係を測定する。レイリー波の伝播速度はほぼS波速度に近く、波長が長いほど地盤の深い部分を反映する速度となることから、S波速度の深度分布が得られる。 &lt;判定法&gt; S波速度の深度分布から基礎深度、地盤強度、軟弱部層厚などを求める。また、S速度分布の乱れから、空洞や地下埋設物の検知を行う。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 地下水位にあまり影響されないこと、S波速度の逆転層があっても探査できる特徴がある。適用は、比較的起伏が少ない場所（計測車が搬入できる場所）に限られる。 探査可能な深度は、地盤条件によっても異なるが、20m程度までであり、深度とともに分解能は低下する。表層にコンクリートスラブなど硬いものがあると、深部の探査が困難な場合がある。 &lt;精度&gt; 測定波長が長くなるとともに精度は低下する。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div style="text-align: center;">  <p>測定概念図</p> </div> <p>起振器により励起された振動を2つの検出器で測定する。起振周波数を連続的に変化させることで、速度の深度分布を求める。</p>	<div style="text-align: center;">  <p>C) 宅地造成地の盛土分布計測例</p> <p>宅地造成地における盛土層厚の調査例</p> </div>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有 基準・要領：日本道路公団、土質地質調査要領、道路厚生会、1992.4 参考資料：地盤調査法改訂編集委員会、地盤調査の方法と解説、地盤工学会、2004.6 など</p>	

名称	土地造成対象の表面波探査（2次元表面波探査）
目的	地盤基礎 空洞・埋設物、遺跡・遺構 廃棄物層厚、地盤改良など
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 2次元表面波探査は、一定間隔で並べた受振子で表面波(レイリー波)を測定し、その位相速度と周波数から地盤のS波構造を求める探査法である。</p> <p>&lt;測定法&gt; 測定は、一定間隔で受振子を配置しカケヤや重錘落下等の非爆薬振源を用いて起振を行い、波形データを取得する。解析は、測定波形から周波数と伝播速度の関係(分散曲線)を求め、分散曲線から水平多層構造を仮定してS波速度構造を求める。</p> <p>&lt;判定法&gt; S波速度構造から地盤状況を判定する。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 地盤表層のS波速度分布の大まかな把握に適した調査手法である。S波速度と地盤の強度の相関性が良いことから、地盤表層の強度分布の大まかな把握、異常部の検出に適している。地下水位にあまり影響されないこと、S波速度の逆転層があっても探査できる特徴がある。</p> <p>適用は、比較的平坦な場所に限られる。カケヤを用いた起振の場合、探査可能な深度は15~20mまでである。地表面に硬い層があると、深部の探査が困難な場合がある。S速度層の分解能はさほど良くない。交通ノイズの影響を受けやすい。</p> <p>&lt;精度&gt; 測定周波数が低くなるとともに精度は悪くなる。</p>

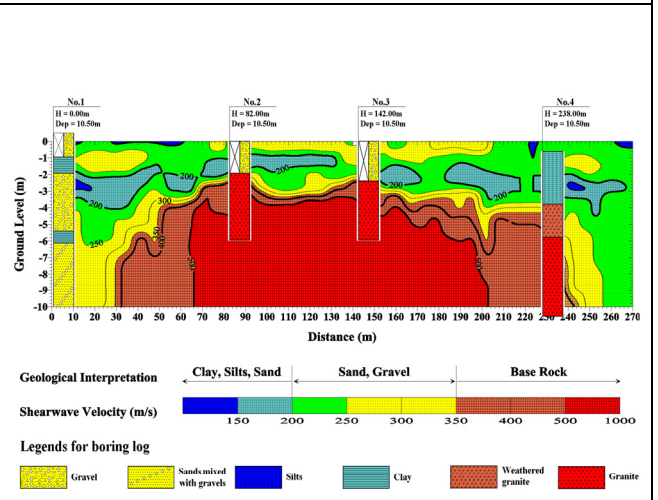
測定概念図

測定出力及び調査実施例



測定及び解析概念図

カケヤなどで地面を強打することで、色々な周波数成分をもった表面波(レイリー波)を発生させ、周波数ごとの伝播速度を求めることで、S波構造を解析する。



花崗岩地域での基礎深度の探査例

基準・要領の有無

無

基準・要領:

参考資料: 地盤調査法改訂編集委員会、地盤調査の方法と解説、地盤工学会、2004.6 など

名称	土地造成対象の微動探査
目的	地盤基礎、地震基盤 平地部基盤地質構造など
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 自然発生している微動（表面波）を複数の地震計で測定し、レイリー波の周波数と伝播速度の関係（分散曲線）を求め、その関係から地盤のS波速度構造を求める探査法。</p> <p>&lt;測定法&gt; 測定は、アレー状（三角形アレーが多い）に配置した地震計で一定時間微動測定を行い、得られた波形の相関を解析することで、レイリー波の周波数と伝播速度の関係を得る。また、周波数と伝播速度の関係から、水平多層速度構造を仮定して、S波速度の深度分布を解析する。</p> <p>&lt;判定法&gt; S波速度構造から、地盤状態、地震基盤などの判定を行う。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 比較的深部の大まかなS波速度構造を求めるのに適した探査法であり、表層付近の詳細な構造を探索するには適さない。平野部での深部探査に適用されることが多い。 地盤の常時微動が小さい場合、解析が困難となる場合がある。細かいS波速度構造の解析は困難であり分解能はあまり良くない。</p> <p>&lt;精度&gt; m単位でS波構造を求めることは困難である。</p>

測定概念図

測定出力及び調査実施例

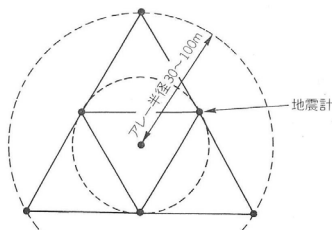


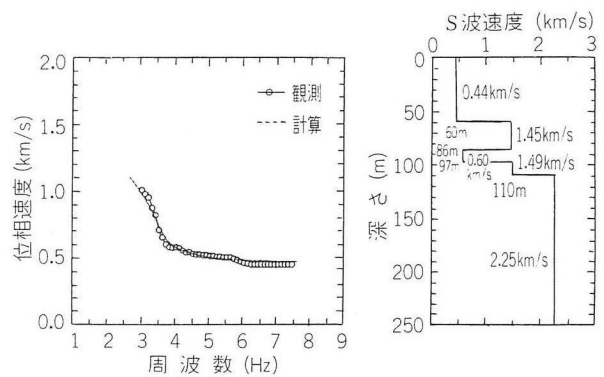
図-2 地震計観測網(アレー)



写真-1 地震計設置

アレー配置と測定状況

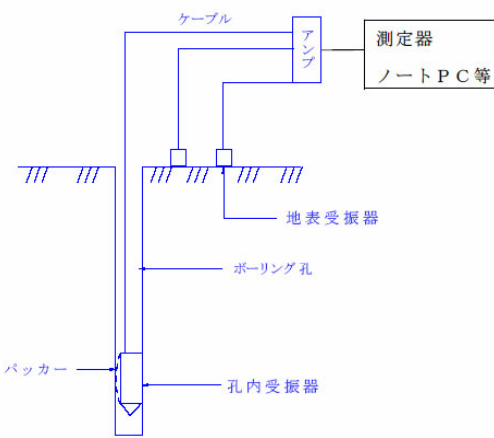
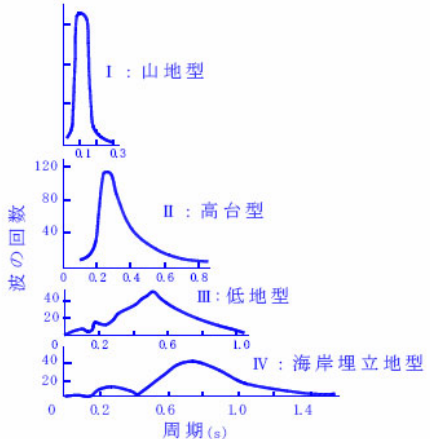
地震計を三角形の頂点の位置に配置し、同時に微動を測定する。  
三角形の大きさは、探査深度にあわせて調整する。



分散曲線（周波数とレイリー波速度の関係）とS波速度構造解析結果



名称	土地造成対象の微動観測
目的	地盤固有周期、地盤振動特性 地盤種別 地盤振動源、公害振動など
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt;                  どのような場所であっても地盤は微小な振動をしている。このような微小振動のうち、周波数が1~20Hz程度のものが常時微動と呼ばれている。この振動を地震計で測定し、測定振動波形の卓越周波数などを求めることで、地盤種別の判定、地盤振動特性の把握を行う探査法である。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  一定時間、地震計を用いて常時微動を測定する。測定波形を周波数分析することで、卓越周波数などを求める。また、地中と地表での測定結果を比較することで、振動増幅特性を推定することもある。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  周波数数頻度曲線、卓越周波数ピークなどから地盤種別の判定を行う。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt;                  周辺振動源の影響を受けやすいので夜間に測定されることもある。                  振動を嫌う建造物の調査に際して、地盤の振動の強さを把握するために適用されることがある。また、高層建築物の調査に際して、地盤の固有周期を把握するため適用されることが多い。                  交通ノイズ、工場振動や天候の影響を受けやすい。</p> <p>&lt;精度&gt;                  地盤種別の判定は定性的であり、精度は特定しにくい。</p>

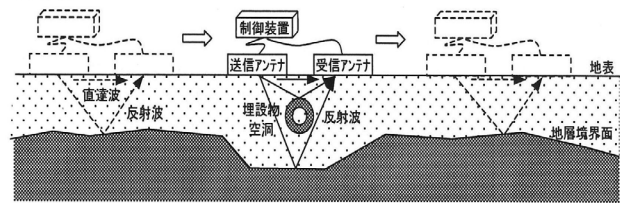
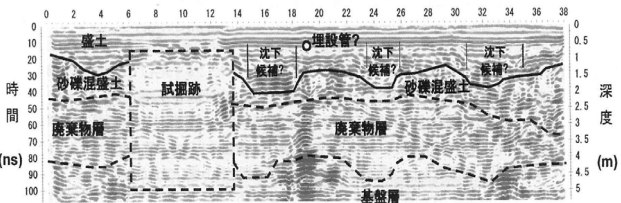
測定概念図	測定出力及び調査実施例
<div style="text-align: center;">  <p>測定システムの例</p> <p>通常、10~20分程度の測定を行い、交通ノイズなどの影響の少ない1~2分程度の記録を周波数分析する。</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>周期-頻度曲線の地盤型による違い</p> <p>軟弱層が厚くなるほど、常時微動の固有周期は長くなる傾向がある。</p> </div>

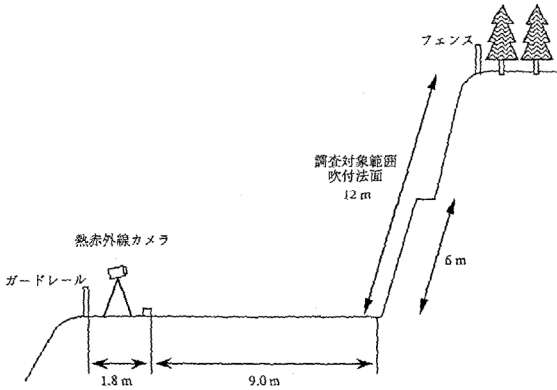
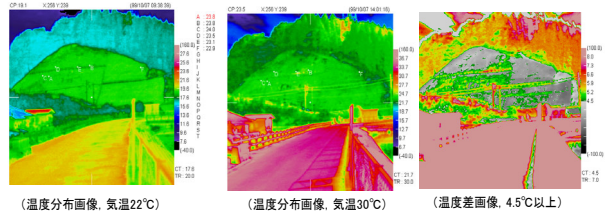
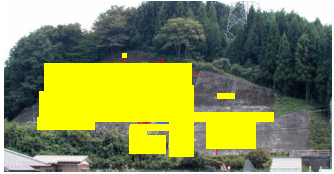
基準・要領の有無	無 基準・要領： 参考資料：地盤調査法改訂編集委員会、地盤調査の方法と解説、地盤工学会、2004.6 など
----------	-------------------------------------------------------------

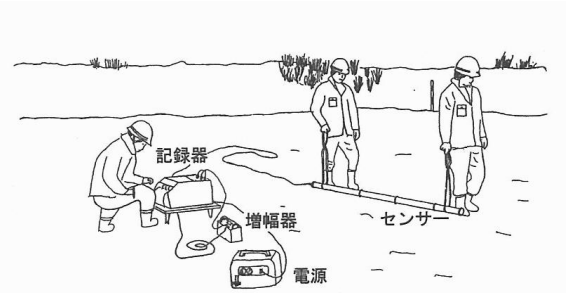
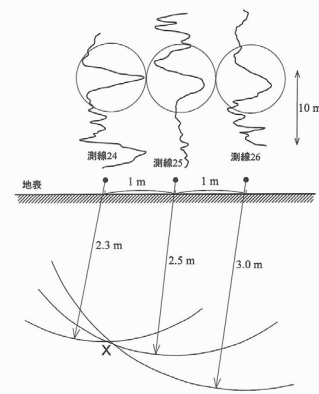
<p>名称</p>	<p>土地造成対象の比抵抗法電気探査（垂直探査）</p>	
<p>目的</p>	<p>地質構造 水源、水みち、漏水箇所 空洞、遺跡・遺構など</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 測線上に所定の位置に4本の電極を配置し、2本の電極に電流を流したとき、地盤に発生した電位の差を他の2本の電極で測定することで、地盤の比抵抗を測定する探査法。</p> <p>&lt;測定法&gt; 電極の配置方法には、いろいろな方法があるが、ウェンナー法とシュランベルジャー法が代表的な配置方法である。電極配置の間隔を変えて測定し、縦軸に見かけ比抵抗値、横軸に電極間隔をとった見かけ比抵抗曲線を作成する。この曲線を、水平多層構造を仮定した解析を行うことで、地盤の比抵抗構造を求める。</p> <p>&lt;判定法&gt; 地盤の比抵抗構造から、地盤状況の判断、地下の異常物の検知を行う。一般には、地盤の含水量が高い部分、粘土含有量が多い部分、風化変質の進んだ部分で低い比抵抗部分となる。このような特性を利用して、断層の検知などを行う。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 地盤の比抵抗値が含水状態に影響されることから、地下水関係の調査に適用されることが多い。垂直探査の適用は比較的起伏の少ない場所が多い。 探査深度は、外側電極間隔の1/3~1/5程度がめやす。また、内側電極間隔の最小は50cm程度である。比抵抗構造の分解能は深度とともに悪くなる。地表付近であっても分解能は50cm以上である。都市近郊では、電気的ノイズの影響を受けることがある。</p> <p>&lt;精度&gt; 探査精度、分解能とも深度とともに低下する。</p>	
<p>測定概念図</p> <p>ウエナー法配置による垂直探査の測定方法</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p> <p>ウエナー法による垂直探査の解析結果例</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有 基準・要領：日本道路公団、土質地質調査要領、道路厚生会、1992.4 など 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3 など</p>	

<p>名称</p>	<p>土地造成対象の2次元比抵抗探査</p>	
<p>目的</p>	<p>地質構造、 空洞・遺跡・遺構・文化財、埋設廃棄物分布・層厚 水みち、地盤改良など</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 2次元比抵抗探査は、一定間隔で電極を設置し、比抵抗を測定することで地盤の比抵抗分布を求め、地質、地盤状態を調査する探査法である。 &lt;測定法&gt; 測定は、地盤に人工的に電流を流し、そのとき生じる電位を測定する。この電極配置には2極法をはじめいくつかの配置方法がある。測線上に設置した電極の多数の組み合わせで測定を行う。解析には2次元断面を仮定してトモグラフィ的な処理を用いる。 &lt;判定法&gt; 地盤物質においては、構成鉱物・粒度・間隙率・含水量と間隙水の化学的性質などによりさまざまな比抵抗値を示し、この違いにより地盤状況、地下の異常部の判定を行う。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 地盤の比抵抗値が含水状態に影響されることから、地下水関係の調査に適用されることが多い。複雑な比抵抗分布を示す地盤、連続的に比抵抗分布が変化する地盤の探査に有利である。塩水などのトレーサを地盤中に注入し、地下水のながれを調査すること、地下水状態の変化のモニタリング調査に適用されることもある。 都市近郊では、電気的ノイズの影響を受けることがある。 &lt;精度&gt; 探査の精度は、電極間隔を狭くするほど高くなるが、最小電極間隔は0.5~1.0m程度である。探査精度、分解能とも深度とともに低下する。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div data-bbox="164 1227 786 1592"> <p>デジタル式比抵抗測定器</p> <p>送電極</p> <p>送電極</p> <p>測線ケーブル</p> <p>2極法配置による高密度電気探査の測定模式図</p> </div>	<div data-bbox="914 1182 1377 1816"> <p>比抵抗2次元探査測線配置及び標高18mレベル比抵抗分布</p> <p>LOCATION: 5-LINE</p> <p>INVERTED RESISTIVITY SECTION</p> <p>5-LINE 比抵抗分布断面図</p> <p>廃棄物物理め立て範囲調査での適用例</p> </div>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有 基準・要領：日本道路公団、土質地質調査要領、道路厚生会、1992.4 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3 など</p>	

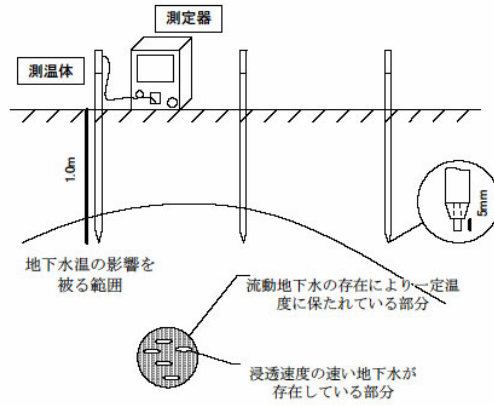
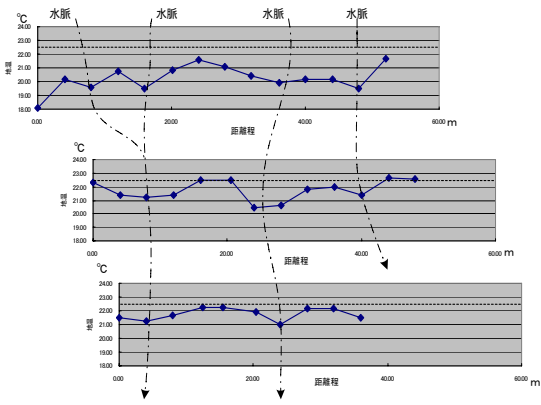
<p>名称</p>	<p>土地造成対象の電磁探査</p>	
<p>目的</p>	<p>地下埋設物・空洞、残置基礎・杭、遺跡・遺構・文化財 埋設廃棄物分布、土壌汚染 表層地質構造、水みち、地盤改良など</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 電磁探査のうちEM探査とは、人工的に発生させた電磁場に対する地盤の応答を測定することによって、見掛けの比抵抗分布、さらに解析によって地盤の比抵抗構造を求める探査法である。EM探査は、大まかな比抵抗分布の把握や異常部の検出に適した探査手法である。</p> <p>&lt;測定法&gt; 測定器は送信コイル、受信コイルおよび制御装置から構成される。測線上を非接触に測定器を移動させて測定を行うため、測定時間は短時間となる。解析では、多層構造を仮定した比抵抗構造モデルから計算される周波数毎の比抵抗値と、実際の測定値から求まる周波数毎の比抵抗値との誤差が小さくなるように比抵抗構造モデルを修正して比抵抗構造を求める。</p> <p>&lt;判定法&gt; EM探査では、周波数が高い場合、地表面付近の比抵抗分布を反映した測定結果となり、周波数が低い場合、地盤深部の比抵抗分布を反映した結果となる。測定周波数と比抵抗分布、解析した比抵抗構造から地盤状況、埋設物の判定を行う。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; EM探査の適用は、比較的表層の調査に限られる。非接触であり、電気探査に比較して短時間で測定可能であることから、マッピング調査に適している。 金属埋設物の検知性に優れているが、地表の金属物や電氣的ノイズの影響を受けやすい。</p> <p>&lt;精度&gt; 測定精度、分解能は探査深度（測定周波数の低下）とともに低下する。</p>	
<p style="text-align: center;">測定概念図</p> <p style="text-align: center;">送信周波数を変化させて測定するタイプの模式図 この図は受信コイルと送信コイルの間隔を固定したスリングラム法であるが、他に、受信コイルと送信コイルの間隔を変化させて測定するタイプの測定法もある。</p>	<p style="text-align: center;">測定出力及び調査実施例</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3 など</p>	

<p>名称</p>	<p>土地造成対象の地中レーダ探査</p>	
<p>目的</p>	<p>地下埋設物・空洞、残置基礎・杭 表層地盤状況、遺跡・遺構・文化財 コンクリート構造物鉄筋分布など</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 地中レーダは、送信アンテナから電磁波を地中に放射し、地中で反射して戻ってきた電磁波を受信アンテナでとらえ、その伝播時間を測定して地盤構造や埋設物の位置・形状などを求める探査方法である。</p> <p>&lt;測定法&gt; 測線に沿って送信および受信アンテナを移動させながら測定を行う。電磁波の周波数は、数 10MHz~1GHz であり、パルス波を放射する方法と連続波を放射する方法がある。</p> <p>&lt;判定法&gt; 反射面のパターンから地盤構造（層境界、沈下の有無など）、埋設物の有無・位置・形状、緩みなどを判定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 探査可能な深度は、通常、地表から数 m 程度である。特に、地下水面以下の探査は困難である。周波数が高いものは、コンクリート構造物の鉄筋配置の探査などにも適用される。 周波数が高くなるほど分解能が高くなるが探査できる深度は浅くなる。また、地表面状態の影響を受けやすい。地下 2~3m 程度の探査の場合、検出可能な異常物は cm オーダ以上である。</p> <p>&lt;精度&gt; 測定周波数を高くすると、分解能や精度は向上するが、探査深度は浅くなる。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
 <p>測定概念図</p>	 <p>廃棄物の探査例</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有 基準・要領：日本道路公団、土質地質調査要領、道路厚生会、1992.4 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3 など</p>	

<p>名称</p>	<p>土地造成対象の赤外線熱映像探査</p>	
<p>目的</p>	<p>湧水箇所 吹付け背面空洞、コンクリート剥離など</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 赤外線カメラは測定対象物表面から放出される赤外線エネルギーを測定して、赤外線エネルギーと温度との相関関係から測定結果を温度画像化する。赤外線熱映像探査は表面の温度分布の状況変化から背面空洞または内部の欠陥を検出する方法である。非接触で広範囲の測定が可能なることから作業効率に優れている。</p> <p>&lt;測定法&gt; 赤外線カメラを用いて、対象に温度差が生じる2時刻で撮影（測定）を行う。</p> <p>&lt;判定法&gt; 温度差から欠陥状況などを判定する。空洞がある部分では温度差が大きくなる。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 現場の状況や測定時の環境や天候により測定結果が影響を受ける。表面の温度は表面から15cm程度までしか影響を受けないので、温度差が表面に現れにくい深部の欠陥の検出は困難である。表層部の調査に限定される。</p> <p>&lt;精度&gt; 温度測定精度は、日射条件やカメラと対象物の距離により異なる。近いほど分解は高くなるが、測定範囲が狭くなる。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div style="text-align: center;">  <p>測定概念図</p> </div> <p>吹付け面が高温となる日中と低温となる夜間の2回にわけて、熱赤外線撮影を行う。</p>	<div style="text-align: center;">  <p>(温度分布画像、気温22℃)      (温度分布画像、気温30℃)      (温度差画像、4.5℃以上)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>解釈図：密着不良空洞化箇所分布図</p> </div> <p>吹付のり面での探査結果</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有</p> <p>基準・要領：熱赤外線映像法による吹付のり面診断研究会、熱赤外線映像法による吹付のり面老朽化診断マニュアル、土木研究センター、1996.1</p> <p>参考資料：地盤調査法改訂編集委員会、地盤調査の方法と解説、地盤工学会、2004.6</p>	

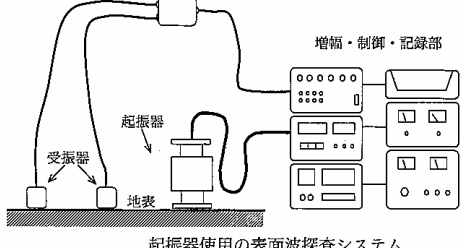
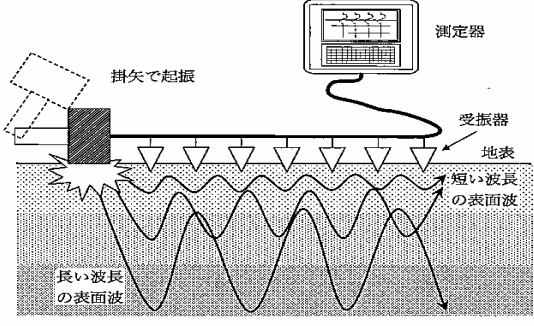
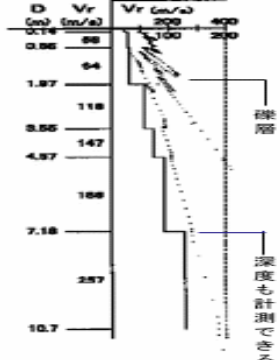
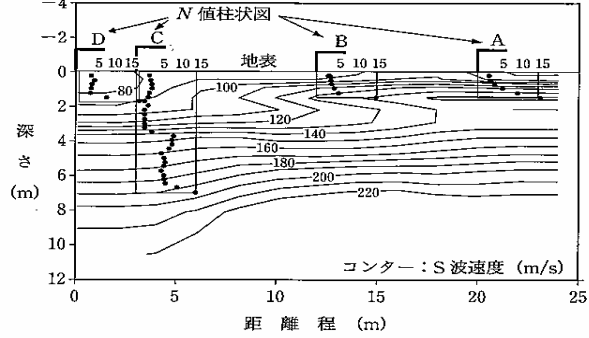
<p>名称</p>	<p>土地造成対象の磁気探査・磁気検層</p>	
<p>目的</p>	<p>鉄埋設物、残置基礎・杭 遺跡・遺構・文化財 不発弾など</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 土木建設分野で適用される磁気探査は、多くが埋設鉄類の探査である。鉄類は残留磁気と地球磁場による感応磁気により帯磁しており、鉄類の近傍では地球磁場が局所的に乱されている。これを測定することにより埋設鉄類のような強磁性体の位置を検知する探査法である。</p> <p>&lt;測定法&gt; 地表から比較的浅い箇所を対象として、磁気センサーを水平方向に移動させ、磁場の傾度（あるいは差分）を測定する。埋設深度が深い場合は、探査孔を掘削し磁気センサーを孔内に降ろすことで探査を行う。</p> <p>遺跡・遺構・文化財に適用する磁気探査は全磁力測定を行う。</p> <p>&lt;判定法&gt; 磁場の傾度（あるいは差分）の測定波形から、埋設鉄類の位置、深度、磁気量などを解析し、磁気量の基準値を定め判定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 250kg 爆弾の場合、検出範囲は深度 2m 程度である。探査漏れが生じないように、余幅を考慮して測線、測点を設定する必要がある。</p> <p>&lt;精度&gt; 磁性の高い鉱物が含まれている地盤では、検知精度は低下する。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div style="text-align: center;">  <p>図9.27 陸上での水平埋設鉄類探査の測定状況</p> <p>地表面付近の埋設鉄類の探査状況</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>図9.32 不発弾探査の実例</p> <p>磁気異常ピークの距離解析から不発弾の位置を推定した例</p> </div>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：物理探査学会、物理探査ハンドブック、物理探査学会、1998</p>	

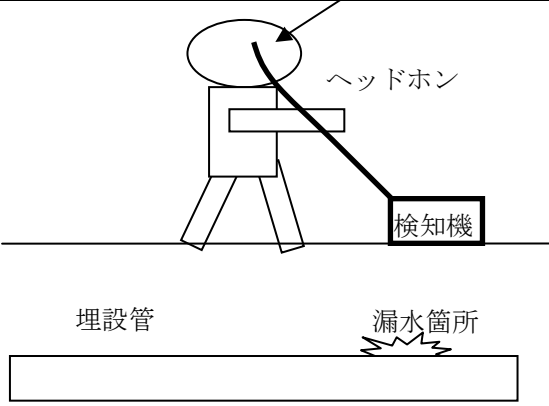

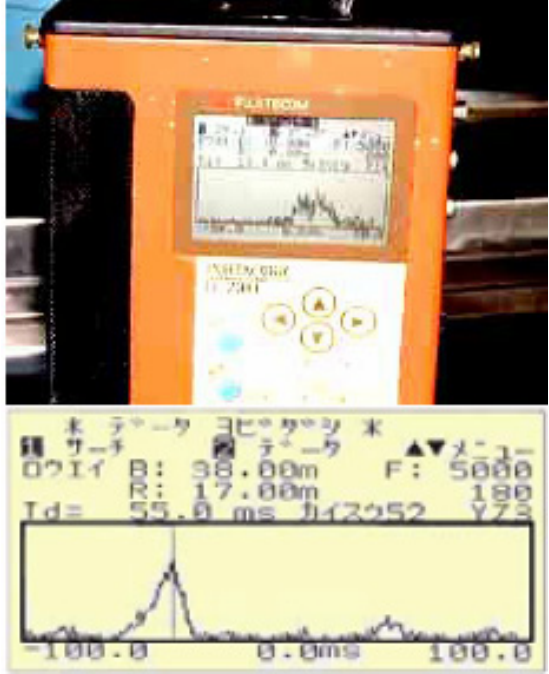
名称	土地造成対象の1m深地温探査
目的	水みち、漏水箇所、伏流水 地温分布など
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; 日射の影響を受けにくい深度1mにおける地中温度を測定することで、浅層の地下水流脈の経路、規模などを調査する探査法である。</p> <p>&lt;測定法&gt; 測線に沿って一定間隔で細い穴を地表から深さ1mまであけ、深度1mで地中温度を測定する。</p> <p>&lt;判定法&gt; 測線に沿った温度分布より、水脈の位置を判定する。 流動地下水の年間変化は少なく、温度が安定していることから、水脈近くと水脈が存在していないところでは温度差が生じる。この温度差の程度により水脈を判定する。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 比較的浅部の水脈、伏流水、漏水箇所などの検知に適用される。 1m深地温と水脈の温度差(2.5℃以上)が大きくなる時期に探査する必要がある。また、測定値の地形、地況に応じた補正を行う必要がある。周辺と温度差の無い地下水脈や深部の地下水脈の探査は困難である。</p> <p>&lt;精度&gt; 地下水脈の位置は推定できるが、その深度を特定する精度はない。</p>

<p style="text-align: center;">測定概念図</p>  <p style="text-align: center;">測定システム</p> <p style="text-align: center;">測定概念図</p> <p>地表から1mの穴をあけ温度計を挿入して地温を測定する。</p>	<p style="text-align: center;">測定出力及び調査実施例</p>  <p style="text-align: center;">水みち調査例</p> <p>測定温度の低い部分が水みちと考えられる。</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

基準・要領化の有無	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：物理探査学会、物理探査ハンドブック、物理探査学会、1998</p>
-----------	---------------------------------------------------------------

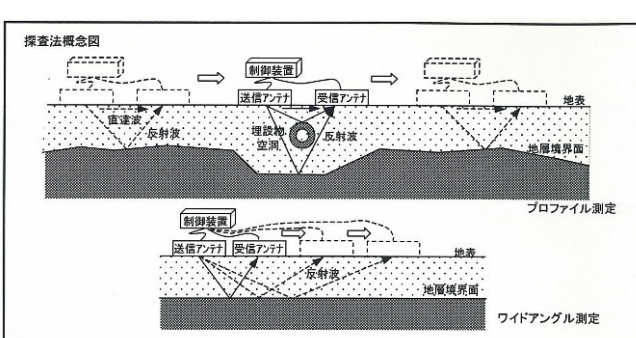
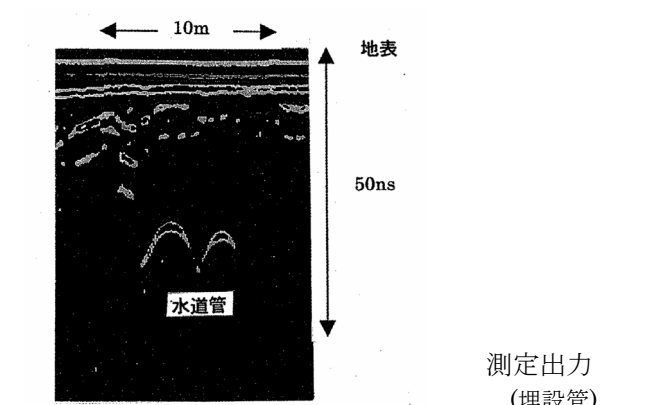


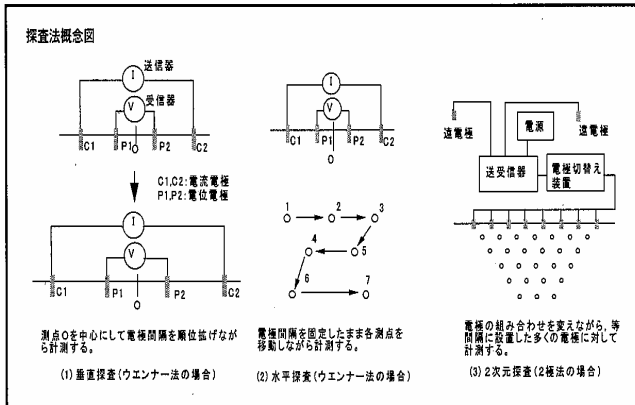
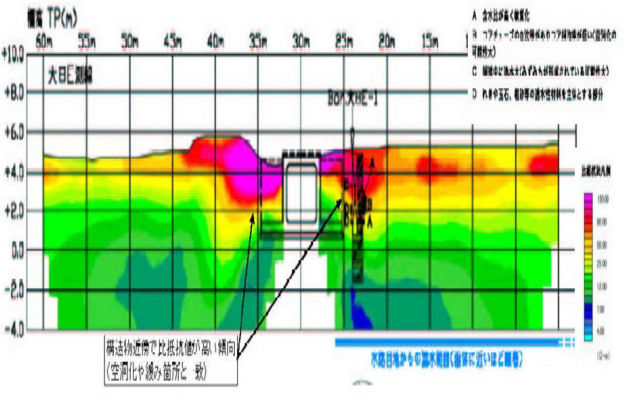
<p>名称</p>	<p>ライフライン対象の表面波探査(2次元表面波探査)・表面波探査(定常振動)</p>	
<p>目的</p>	<p>浅部の地盤状況、遺跡や地盤中の空洞、地盤の工学的性質</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  表面波の一つであるレイリー波は、地表面に垂直な方向に大きく振動し、振動エネルギーは地表面付近で大きく、深くなるほど減衰する。およそ波長に相当する深さまでの地盤のS波速度を反映し、その伝播速度 <math>V_r</math> は一般にS波速度 <math>V_s</math> の 0.9~0.95 倍である。                  また、水平多層構造をもつ地盤を伝播する表面波の速度は、波長(周波数)に依存して変化するので、表面波速度を測定し解析することにより地盤のS波構造を求めることができる。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  起振器利用の表面波探査と2次元表面波探査の2つがある。起振器利用の表面波探査は、周波数を制御しながら起振器によって地表面を上下方向に加振し、一定距離だけ離れた2個の受振器によって伝播してきた波動を測定する。2次元表面波探査は、衝撃波を発生させ伝播してきた表面波を測線上の多数の受振器を用いて測定する。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  探査結果としては地盤のS波速度構造を求めることができ、地盤状況等を判定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  屈折法では探査できない硬軟互層の地盤に対しても探査可能であるため、空洞を対象とした調査にも有効である。                  探査の深さを大きくするには重量の大きい起振器を使う必要がある。例えば、重量 300kg 級の起振器を用いた場合で、深さ 20~30m 程度までの探査が限界である。</p> <p>&lt;精度&gt;                  起振力に限界があり、受振器の間隔を広くとれないので長波長の表面波の測定精度が低くなる。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div style="text-align: center;">  <p>起振器使用の表面波探査システム</p> <p>表面波探査(定常振動)測定概念図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2次元表面波探査測定概念図</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>表面波探査(定常振動)によるS波柱状図例</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2次元表面波探査構造断面図例</p> </div>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領：                  参考資料：地質調査法改訂編集委員会、地盤調査の方法と解説、地盤工学会、2004.6                  ビイック(株) <a href="http://www.vic-ltd.co.jp/jiban/melit.htm">http://www.vic-ltd.co.jp/jiban/melit.htm</a></p>	

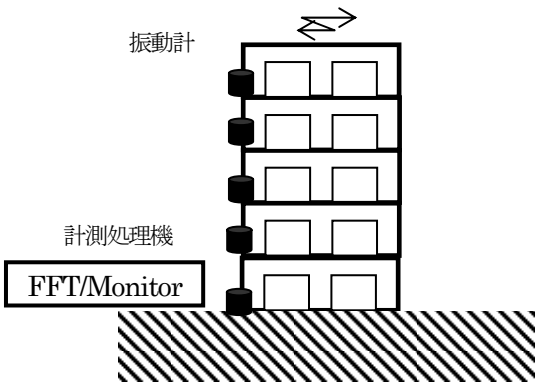
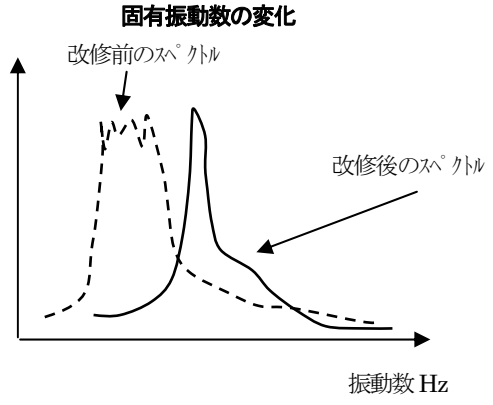
<p>名称</p>	<p>ライフライン対象の音響測定</p>	
<p>目的</p>	<p>漏水箇所</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  水道管が埋設されている部分（地表面）やバルブに対して調査機器をあてがい、漏水箇所から発生している音「漏水音」を、ヘッドホンを通して人間の聴覚で判断する。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  漏水音とは、管欠損部から管内圧により噴出される水の音をいう。ピンホールから漏水している「サッサー・・・」という耳の遠くなるような音、「ドー」と路面全体に広がるような音、その他流水音・水勢音・摩擦音・衝撃音などがある。検知機や音聴棒等を使用し、路面、バルブ、弁等の箇所です音する。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  漏水音の検知。                  相関式漏水探知機を併用することにより、漏水箇所を挟んだ2点間にセンサーをおき漏水音を検知し、音の到達時間の差から2点間のどこに漏水があるか判定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  探査深度は 1.5～2.0m 以内。</p> <p>&lt;精度&gt;                  地中 2m 以内であれば、ほぼジャストポイントの精度で検出できる。</p>	
	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div style="text-align: center;"> <p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p>  <p>相関式漏水探知機</p> </div>	 <p>相関式漏水測定出力例</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領：</p> <p>参考資料：(有) ルーテン、<a href="http://rooten.jp/profile.html">http://rooten.jp/profile.html</a></p> <p>(有) ユネット、<a href="http://www.yoonnet.com">http://www.yoonnet.com</a></p>	

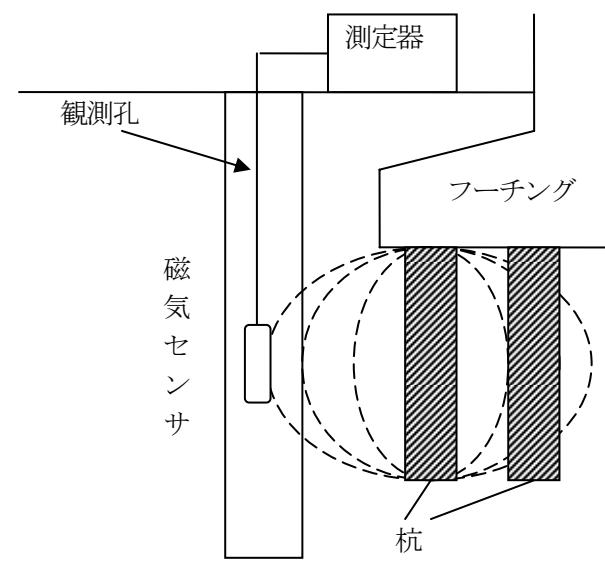
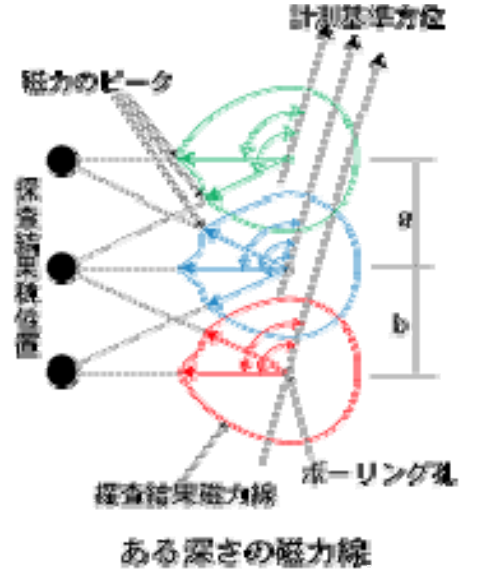
<p>名称</p>	<p>ライフライン対象の管内レーダ探査</p>	
<p>目的</p>	<p>管外側の空洞・緩み</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 管内レーダ探査は、レーダアンテナから発射した電磁波が地中で反射して受信アンテナで捉えられるまでの伝播時間を計測して、地盤構造や埋設物の位置や形状を映像化する探査法であり、数 MHz 以上の高い周波数の電磁波の伝播を利用した手法である。反射波を並べた断面または画像処理した断面に現れるパターンから、管の外側の空洞・緩みの形状を推定する。</p> <p>&lt;測定法&gt; 調査起点位置にレーダアンテナ搭載車を設置し、距離計を 0 に設定する。管内部の上面にレーダアンテナを接地し、搭載車が自走しながら計測する。測定結果は、いくつかのデータ処理を行って、波形表示、濃淡表示またはカラー表示による測定断面として画像化される。地中レーダは画像化とパターン認識が重要であり、調査目的・対象に合わせて各種のフィルター処理や増幅処理が適用される。</p> <p>&lt;判定法&gt; 通常は、測定断面上で認められる反射パターンのパターン認識で異常物の位置や形状を推定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 狭小な管構造物に広く適用される。一般に、周波数が低くなると波長が長くなって分解能が低下する。数 100MHz 以上の周波数が用いられるため、1m程度の分解能である。</p> <p>&lt;精度&gt; 数 10cm の探査深度等に対する精度で得られる。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div data-bbox="165 1279 794 1720" data-label="Image"> </div>	<div data-bbox="842 1263 1461 1693" data-label="Figure"> </div> <p>測定出力例 (上はカメラ出力、下はレーダ出力)</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：(株)バーナム、<a href="http://www.burn-am.com">http://www.burn-am.com</a></p>	

<p>名称</p>	<p>ライフライン対象の浅層反射法地震探査</p>	
<p>目的</p>	<p>埋設物・空洞</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  地表付近で、人工的に弾性波（P波またはS波）を発生させ、その弾性波が地中を伝播し音響インピーダンス境界に達すると、屈折、透過、反射して、その一部は再び地表に反射波として戻ってくる。この反射波に注目し、微弱な反射信号を地表に多数設置した受振器で測定する方法である。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  適用する場所により、陸上部での浅層反射法探査と海上・河川・湖沼などの水上部での浅層反射法探査がある。浅層反射法探査は、微弱な反射信号を強調するため、起振点と受振点の中間の共通反射点からの反射波を、NMO補正を行って重合するCMP重合法を基本とした測定を行う。</p> <p>データ処理・解析は、反射法用ソフトウェアを使用してコンピュータで行う。最初取得したデータを解析ソフトに適合するようにデータフォーマット変換を行う。この変換されたデータを基に反射波を強調させるため、CMP編集、利得補正、各種フィルター処理、静補正、NMO補正、速度解析、ミュート、CMP重合、マイグレーションなどの様々な処理を施し反射時間断面図を作成する。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  測定・解析の結果得られる反射深度断面図より判定</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  探査深度は、数十m～数百mを対象とする。測線長、受振器間隔、起振装置の選択により、様々な深度に対応することができる。</p> <p>探査深度が深くなると解析の分解能が低下する。</p> <p>&lt;精度&gt;                  探査深度にもよるが、浅層の場合は数m程度の精度である。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div data-bbox="162 1144 798 1467"> <p>探査法概念図</p> </div> <div data-bbox="162 1478 798 1892"> <p>データ取得</p> <p>測定概念図</p> </div>	<div data-bbox="821 1144 1492 1646"> <p>結果図</p> <p>探査結果図例</p> </div>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有</p> <p>基準・要領：日本道路公団、土質地質調査要領、道路厚生会、1992.4 など</p> <p>参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

<p>名称</p>	<p>ライフライン対象の地中レーダ探査</p>	
<p>目的</p>	<p>地盤中の異常物の位置、深度、規模、形状等</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 送信アンテナから地中に発射した電磁波が地中で反射して受信アンテナで捉えられるまでの伝播時間を計測して、地盤構造や埋設物の位置や形状を映像化する探査法である。反射波を並べた断面または画像処理した断面に現れるパターンから、埋設物や地下構造の形状を推定する。</p> <p>&lt;測定法&gt; 地盤の電氣的性質の中で、比抵抗と誘電率、特に誘電率の不均質を利用する。金属製埋設物や埋設電線のように地盤との比抵抗の差が大きい境界面や誘電率の異なる境界面で電磁波の反射は生じる。地質による影響が少なく、アンテナを埋設する必要はないので、アスファルトやコンクリートの上からでも測定可能である。</p> <p>通常は、概念図に示したように、送信アンテナと受信アンテナの間隔を固定し、測線上を移動しながら測定するプロファイル測定で測定する。電磁波の伝播速度を求めたい場合には、一方のアンテナを固定し、アンテナ間隔を広げながら測定するワイドアングル測定を用いる。プロファイル測定とワイドアングル測定を組み合わせたアレイ測定で測定する探査装置もある。</p> <p>測定結果は、いくつかのデータ処理を行って、波形表示、濃淡表示またはカラー表示による測定断面として画像化される。画像化とパターン認識が重要であり、調査目的・対象に合わせて各種のフィルター処理や増幅処理が適用される。連続波レーダではまずパルスに変換する。これらの処理は測定器内で自動的に行われる場合と、室内に持ち帰って実施する場合とがある。</p> <p>&lt;判定法&gt; 通常は、測定断面上で認められる反射パターンのパターン認識で異常物の位置や形状を推定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 地盤の比抵抗も関係し、岩盤のような高比抵抗の地盤での探査深度は大きく、粘土のような低比抵抗の地盤での探査深度は小さくなる。</p> <p>一般に、周波数が低くなると波長が長くなって分解能が低下する。地表数m以浅の埋設物や空洞を探査する場合は、数 100MHz 以上の周波数が用いられる。数m以上の探査を行う場合には、100MHz 以下の周波数を用いるが、探査深度が 10m 以上得られることは少ない。</p> <p>地中レーダの分解能は波長の半分が目安とされていて、500MHz で約 10cm、100MHz で約 50cm の分解能となる。連続波レーダはパルスレーダに比べて信号が大きくなるので、探査深度も増大する。</p> <p>&lt;精度&gt; 深度 10m 以内の浅層地盤を対象としており、1~数mの精度である。</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>測定出力 (埋設管)</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

<p>名称</p>	<p>ライフライン対象の2次元比抵抗探査・比抵抗法電気探査(垂直探査)</p>	
<p>目的</p>	<p>帯水層や地層の分布、断層、熱水変質帯や風化帯の分布など 空洞や緩み</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 地盤はその性質やおかれている状態に応じて電流の流れ易い部分と流れ難い部分がある。このような電流の流れ易さの違いを比抵抗と呼ばれる物性値で表現する。比抵抗が小さいほど電気は流れ易い。地中に電流を流すと、地中の比抵抗の分布に対応した電位分布が地中内に生じ、この電位分布を地表面上で測定したデータから、地中の比抵抗分布を推定する手法が電気探査比抵抗法である。</p> <p>&lt;測定法&gt; 探査手法として、①垂直探査、②水平探査、③2次元探査に大別される。これらの探査方法は調査場所の状況や調査目的に応じて使い分けられるが、最近では2次元探査の利用が一般的である。</p> <p>垂直探査では、測点を中心に電極間隔を順次拡大して測点の深度方向の見掛け比抵抗を測定する。水平探査では、電極間隔を一定に保って電極配置全体を測線に沿って移動しながら見掛け比抵抗を測定する。電極配置としては、ウエンナー配置などがよく用いられる。2次元探査では測線上に等間隔に電極を設置し、多芯ケーブルを介して測定器に接続する。測定器側の電極切替スイッチを用いて、電流を流す電極と電位を測定する電極を順次選択しながら測定を行う。</p> <p>さまざまな電極配置において、比抵抗はその電極配置における平均的な比抵抗を表しており、見掛け比抵抗と呼ばれる。見掛け比抵抗 <math>\rho a</math> は送信電流 <math>I</math> と測定電位 <math>V</math> から次式によって求められる。 <math>\rho a = G \cdot V/I</math> ここで <math>G</math> は電極間隔 <math>a</math> と電極配置によって決まる係数で、電極配置係数と呼ばれる。</p> <p>2次元探査の解析は、現地の測定状況をコンピュータ上に再現させ、測線断面内の比抵抗分布モデルを計算値が測定値に一致するように繰り返し修正する方法をとる。</p> <p>&lt;判定法&gt; 空洞があると比抵抗が大きくなることを利用して空洞や緩みを推定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用限界&gt; 探査深度は電極間隔と測線長に密接に関係する。測定器の性能と地層の比抵抗値にも左右される。浅層に分布する小規模な地中の空洞や緩みを判読する場合は、探査深度としては20m程度である。また、近くにある管が金属である場合や鉄筋が入っている場合には適用が難しい。</p> <p>&lt;精度&gt; 探査深度が深くなると分解能や解析精度が低下する。</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p> <p>測点Oを中心として電極間隔を順位拡大しながら計測する。 (1) 垂直探査(ウエンナー法の場合)</p> <p>電極間隔を固定したまま各測点を移動しながら計測する。 (2) 水平探査(ウエンナー法の場合)</p> <p>電極の組み合わせを変えながら、等間隔に設置した多数の電極に対して計測する。 (3) 2次元探査(2技法の場合)</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>2次元比抵抗探査結果例 比抵抗分布モデルをカラー画像化した比抵抗断面図として表示する。</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

<p>名称</p>	<p>建築対象の微動観測</p>	
<p>目的</p>	<p>構造物の剛性変化のモニタリング</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  既存建築物の基礎および各階に振動計を配置し、既存建築物に加えられる常時微動から得られる建築物の振動特性を、基礎および各階で求め、耐震性能の基準と比較する。耐震改修前の測定により現況下の建物の耐震性能に関する診断を行うとともに、改修工事後において再測定を行うことにより、耐震改修効果および改修工事の施工精度の確認に利用する。なお、常時微動は、建築物の動的特性を知るための振動源として利用される。                  ここで、振動特性の解析項目として、振幅特性、位相特性、固有振動数、減衰定数、振動モードがあり、これらの結果から、建築物の耐震性能評価検討項目として、水平剛性、偏心率、剛性率などが求められる。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  計測システムは、振動計、増幅器、記録装置、モニタ機器および周波数分析器（FFT）からなる。                  振動計は、基礎、柱、耐震壁および梁上に、各振動計が各階同じ位置になるよう設置し、動電型速度計が好ましい。                  記録装置は、多チャンネル同時測定可能で大容量のものが好ましい。モニタ機器は、ペン型記録計もしくはオシロスコープでもよい。周波数分析器には、ローパスフィルタを備えることが必要。                  各階での振動測定の差分を取ることで、各階ごとに振動特性を解析する場合もある。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  建物の固有振動数による確認法                  1) 各階の層剛性による確認法                  2) 耐力指標値による確認法</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  原則的には、全形態の建築物（RC造、S造、木造）に適用可能であるが、本指針（案）・解説を作成するにあたり参照した、常時微動測定データの蓄積および耐震改修の事例がRC造において多いことにより、適用範囲は、RC造が好ましい。</p> <p>&lt;精度&gt;                  測定精度に影響する条件として、以下の要因が挙げられる。                  1) 微動の特性；時間的に大きく変動するのが一般的であるため、微動が安定した時間で測定することが好ましい。                  2) 計測器の設置条件；設置共振を受けにくい箇所（躯体の結合部など）に設置する。                  3) 電氣的ノイズの排除；電源、ケーブル、増幅器など機器すべてがノイズ発生要因で、接地を十分にとる。                  4) データの処理方法；フィルタの利用と、FFTにおける窓関数の選択が重要。</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>改修前後の調査結果（固有振動数に変化が見られる）</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有                  基準・要領：建築物の耐震改修の促進に関する法律および施工規則 法 123 号、1995.10                  参考資料：建築研究振興協会、常時微動測定による既存建築物の耐震改修効果確認法 指針（案）・同解説、建築研究振興協会、1997.3</p>	

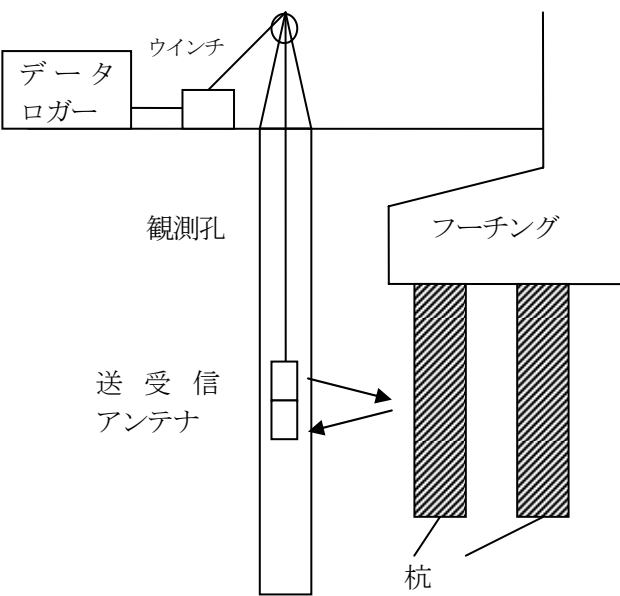
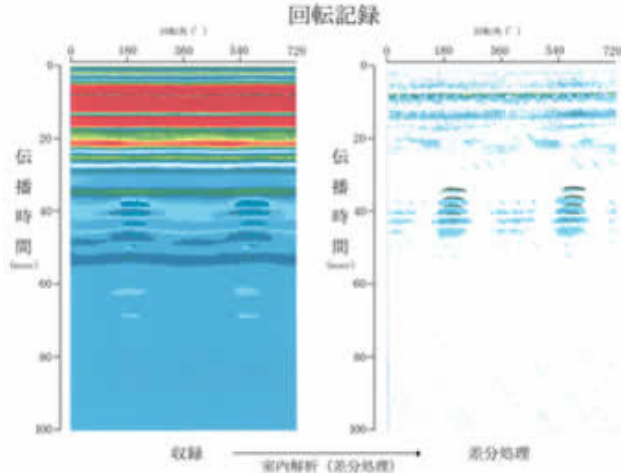
<p>名称</p>	<p>建築対象の磁気検層</p>	
<p>目的</p>	<p>構造物の根入れ深さ</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 鋼材を含む杭の近くでは、地球磁気が局所的に乱されている。これを測定することにより杭の位置を特定する。</p> <p>&lt;測定法&gt; 構造物の基礎の周辺に観測孔を設置し、磁気傾度計または、フラックスゲート型磁力計を挿入、移動しながら連続的に調査対象物による磁気異常を測定する。これにより得られる磁気異常波形を解析して、杭長および杭配置を求める。</p> <p>&lt;判定法&gt; 磁気異常点深さの解析 プローブの深さと異常波形の各ピークの位置（異常波形の中心）により求める。 探査孔から異常点までの距離の解析 異常波形の半波長や 1/4 波長の長さ <math>\lambda</math> を求め、これに係数を乗じて求める。 <math>d = \alpha \lambda + \beta</math> (d: 異常点までの距離、<math>\alpha</math>、<math>\beta</math>: 実験で用いた値)</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 観測孔と杭の離れが 1m 以内であれば精度よく形状調査に適用できる。杭以外の強磁性体が近くにある場合は、この磁場の影響で対象とする杭配置の測定が困難となることがある。調査対象は、鋼杭や鉄筋を含む杭で、木杭は探査不可である。</p> <p>&lt;精度&gt; <math>\pm 0.1\text{m}</math> (対象物から 1m 以内の両側で計測の場合)</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
 <p>磁気検層システム</p> <p>この図は、観測孔を通じて測定器とフーチングを接続し、磁気センサーが杭の位置を検出する様子を示しています。杭は斜線で塗りつぶされた縦長の形状で、その周囲には磁気センサーの検出範囲を示す点線が描かれています。</p>	 <p>杭位置検知例</p> <p>この図は、観測孔から得られる磁気異常波形を示しています。縦軸は「深さ結果検出位置」、横軸は「計測基準方位」を示しています。異なる色（黒、青、赤）の磁気ピークが描かれ、それらが「ある深さの磁力線」を形成していることがわかります。また、「ボーリング孔」の位置も示されています。</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無 基準・要領 参考資料：地盤工学への物理探査技術の適用と事例編集委員会、地盤工学への物理探査技術の適用と事例、地盤工学会、2001.10 日本ビスタテック(株)、<a href="http://www.vistatec.co.jp">http://www.vistatec.co.jp</a></p>	



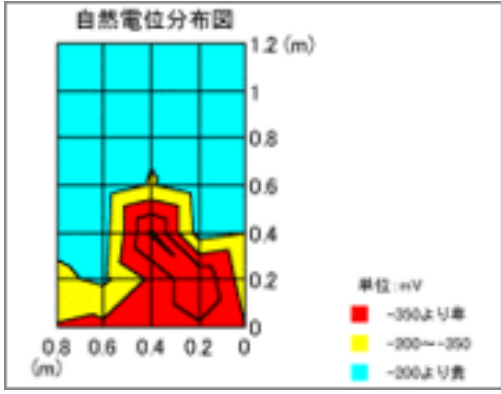


名称	建築対象の速度検層
目的	構造物の根入れ深さ
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; ボーリング孔を用いて、構造物—地盤を伝播する弾性波の速度分布を調べ、構造物の根入れ深さを求める。</p> <p>&lt;測定法&gt; 構造物の基礎の周辺に観測孔を設置し、孔内に受振器を設置する。対象物に振動を発生させ、伝播してきた弾性波を受振する。</p> <p>&lt;判定法&gt; 深度順に並べた波形記録図から初動走時を読み取り、振源位置の補正を加え、深度と走時の関係を表すグラフ（走時曲線）を作成する。この走時曲線を解析して根入れ深さを求める。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 深さ数 100m まで測定可能。鋼杭、コンクリート杭、木杭の調査が可能。</p> <p>&lt;精度&gt; 地盤と構造物の P 波速度のコントラストが大きいほど変曲点は明瞭になり、測定精度はよくなる。ボーリング孔と杭が 1m 未満の離れの場合、受振間隔の 10～20% の誤差がある。</p>

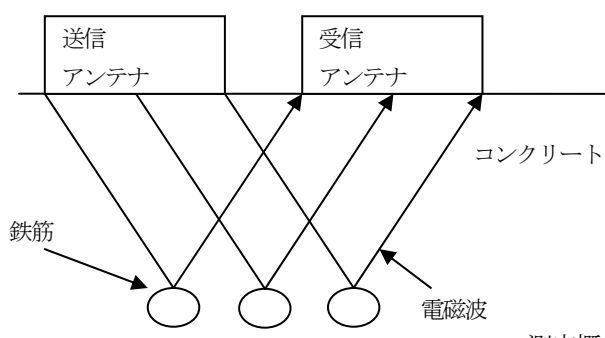

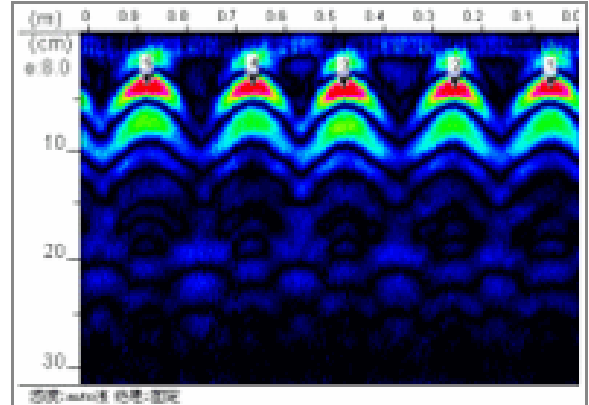
測定概念図	測定出力及び調査実施例
<p style="text-align: center;">速度検層システム</p>	<p style="text-align: center;">測定出力イメージ図</p>

基準・要領化の有無	<p>有</p> <p>基準・要領：地盤工学会、JGS 1122-2003、地盤の弾性波速度検層方法、地盤工学会、2003</p> <p>参考資料：地盤工学への物理探査技術の適用と事例編集委員会、地盤工学への物理探査技術の適用と事例、地盤工学会、2001.10</p> <p>(株)ダイム、<a href="http://www.di-me.co.jp">http://www.di-me.co.jp</a></p>
-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

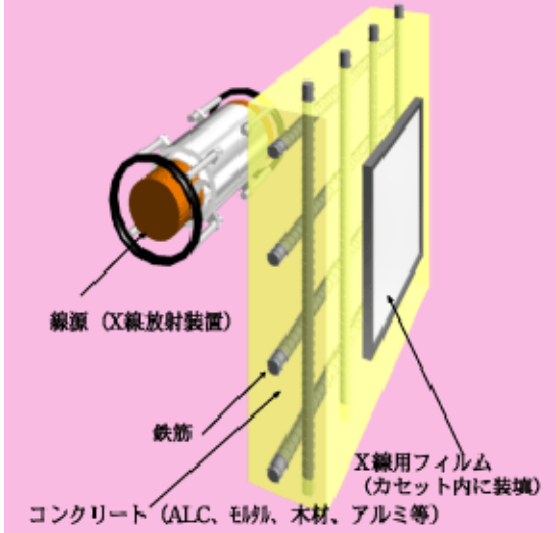
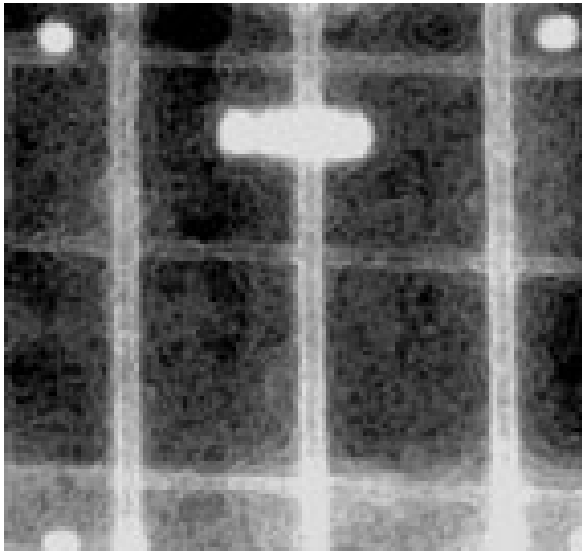
名称	建築対象のボアホールレーダ	
目的	構造物の根入れ深さ	
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt;                  地中に送信された電磁波は誘電率の異なる構造物で反射される。この反射波を受信するまでの時間と電磁波の送信位置から杭の位置を求め、根入れ深さを把握する。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  杭基礎周辺に観測孔を設置し、孔内で送受信アンテナを移動しながら連続的に電磁波を送信する。周囲の地盤と電氣的性質の異なる構造物からの反射波を受信して得られる反射映像から根入れ深さを求める。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  反射面までの距離Dは、次式で求められる。</p> $D = \frac{1}{2} \sqrt{(T \cdot V)^2 - X^2}$ <p>送受信アンテナ間隔：X、地中の電磁波伝播速度：V、反射時間：T</p>	
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt;                  ボアホールが杭から1.0m以上離れると検知が困難である。ボアホールと杭の離れが1m以内であれば、電磁波の減衰が大きい地下水位以下でも精度よく形状を調査することが出来る。調査対象は、木、コンクリート、鋼材などほとんどの材質が探査可能であるが、地盤が塩分を含む場合は反射波が不明瞭になり、探査が困難になる。</p> <p>&lt;精度&gt;                  根入れ深度の精度は測定間隔やボアホールの杭からの離れ等に依存し、通常、測定間隔以下。</p>	
	測定概念図	測定出力及び調査実施例
 <p>ボアホールレーダシステム</p>	 <p>測定出力</p>	
基準・要領化の有無	無 基準・要領： 参考資料：地盤工学への物理探査技術の適用と事例編集委員会、地盤工学への物理探査技術の適用と事例、地盤工学会、2001.10 物理探査学会、物理探査ハンドブック、物理探査学会、1998 (株)日本地下探査、 <a href="http://www.chikatansa.co.jp/pan/neire/neire.htm">http://www.chikatansa.co.jp/pan/neire/neire.htm</a>	

<p>名称</p>	<p>建築対象の自然電位測定</p>									
<p>目的</p>	<p>コンクリート中の鉄筋の腐食</p>									
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  金属が腐食する際に、金属のイオン化反応(酸化反応:アノード反応)と、電子を放出する反応(還元反応:カソード反応)が同時に進行する。この時の電子の動きである腐食電流を測定することにより、金属の腐食状態を推定する。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  測定には電位差計(±1V または±500mV の測定レンジを有し、最小読取り値が 10mV 以下で、内部抵抗が 10<sup>9</sup>Ω 程度以上)、照合電極(基本的には銅-硫酸銅電極または鉛電極を使用するが、カロメル電極、銀-塩化銀電極を使用しても良い)、鉄筋に直接通電するための接続ケーブルを使用する。まず任意箇所ですコンクリートをはつり、鉄筋を露出させ、鉄筋の表面を磨いてケーブルを接続する。次に調査範囲とするコンクリート表面に水を塗布あるいは散布して 20 分~1 時間放置し、コンクリート表面を十分に湿潤化させる。測定は、鉄筋からのケーブルを電位差計の+端子に接続し、照合電極を一端子に接続し、調査範囲内に設けた格子点上に照合電極を設置して行う。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  自然電位による鉄筋の腐食判定基準(ASTM C876)に従って判定する。</p> <p>ここで、<math>E = E_m + E_f</math></p> <p><math>E</math>: 銅-硫酸銅電極を使用した電位(mV)  <math>E_m</math>: 任意の照合電極による実測値(mV)  <math>E_f</math>: 補正值</p> <table border="1" data-bbox="847 853 1406 1014"> <thead> <tr> <th>腐食の可能性</th> <th>電位 E(mV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90%以上の確率で健全</td> <td><math>E &gt; -200</math></td> </tr> <tr> <td>不確定域</td> <td><math>-200 \geq E &gt; -350</math></td> </tr> <tr> <td>90%以上の確率で腐食発生</td> <td><math>-350 \geq E</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>カロメル電極 : -46mV                  銀-塩化銀電極 : -120mV                  鉛電極 : 800mV</p>		腐食の可能性	電位 E(mV)	90%以上の確率で健全	$E > -200$	不確定域	$-200 \geq E > -350$	90%以上の確率で腐食発生	$-350 \geq E$
腐食の可能性	電位 E(mV)									
90%以上の確率で健全	$E > -200$									
不確定域	$-200 \geq E > -350$									
90%以上の確率で腐食発生	$-350 \geq E$									
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  鉄筋が自然地盤からの迷走電流などの影響を受けている場合、適用は難しい。本手法は、腐食の可能性について診断するものであり、鉄筋の腐食速度を測定するものではない。コンクリートは十分に湿っている必要があり、コンクリート表面が非常に乾燥し電氣的に絶縁体に近い場合、表面に塗装等の絶縁材料が被覆されている場合、表面が常に水で覆われているような場合には適用できない。また、エポキシ樹脂塗装鉄筋や亜鉛メッキ鉄筋など表面がコーティングされている鉄筋には適用できない。</p> <p>&lt;精度&gt; 電位差の最小読取り値 10mV 以下。</p>									
<p>測定概念図</p>  <p>測定状況</p>  <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>自然電位分布図</p>									
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有                  基準・要領: 土木学会基準 (JSCE-E601: コンクリート構造物における自然電位測定方法)                  参考資料: コンクリート構造物の非破壊試験方法、(社) 日本非破壊検査協会など</p>									

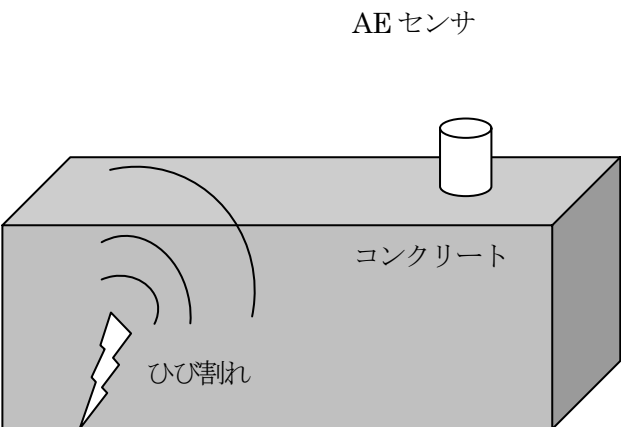
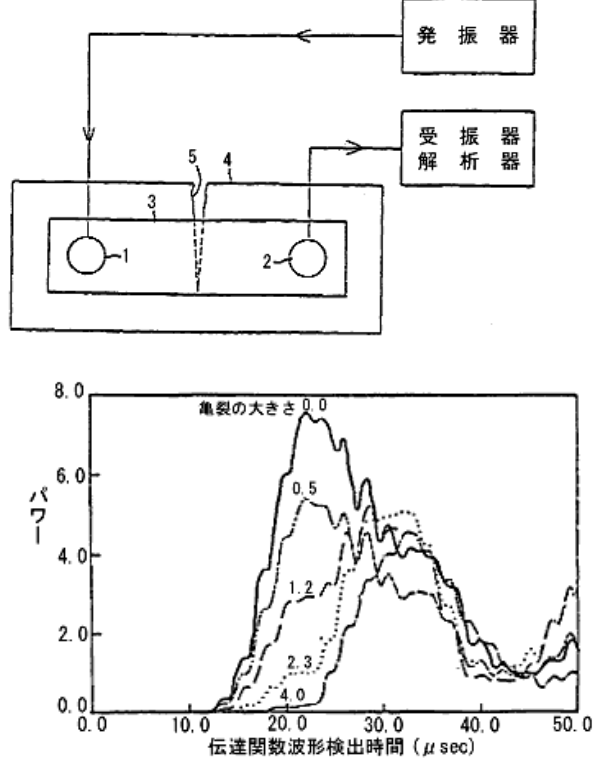
<p>名称</p>	<p>建築対象の分極抵抗測定</p>	
<p>目的</p>	<p>コンクリート中の鉄筋の腐食</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 鉄筋の腐食速度によって、鉄筋表面の電気抵抗が変化することを利用し、鉄筋の腐食速度を推定する方法。鉄筋に微弱な電流または電位差を負荷した時に生じる電位変化量または、電流変化量から得られる分極抵抗は腐食速度（腐食電流密度）と反比例の関係にある。</p> <p>&lt;測定法&gt; 交流インピーダンス法が一般的。照合電極や対極を含んだコンクリート表面に当てる外部電極と一部はつった鉄筋との間に微小な電流を供給し、鉄筋の影響による電流や電位の変化を測定する。</p> <p>&lt;判定法&gt; 電位差がマイナスにシフトするほど腐食発生域となり、腐食速度が大きくなる。</p> <p><math>i_{corr} = K/R_p</math> <math>i_{corr}</math>：腐食電流密度(腐食速度)(A/cm<sup>2</sup>)、K：換算係数(V)、<math>R_p</math>：分極抵抗(<math>\Omega \cdot \text{cm}^2</math>)である。 換算係数 K は実験定数であり、コンクリート中の鋼材の場合、0.026~0.038V の範囲とされている。なお、腐食速度 <math>i_{corr}</math> は電気量なので、物理量である鋼材の腐食量への換算は別途必要である。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;コンクリート表面が非常に乾燥し電氣的に絶縁体に近い場合、コンクリート表面に塗装等の絶縁材料が被覆されているような場合やコンクリート表面が常に水で覆われているような場合には適用できない。また、エポキシ樹脂塗装鉄筋や亜鉛メッキ鉄筋など表面がコーティングされている鉄筋には適用できない。計測対象のコンクリート表面はひび割れや凹凸がなく滑らかでなければならない。鉄筋はコンクリートと直接接していなければならない。腐食によるひび割れが進展し、ひび割れ幅が大きくなり、鉄筋がコンクリートと直接接していないような場合には適用できない。迷走電流が存在しているところや、強い磁場が作用しているところでは測定できない。</p> <p>&lt;精度&gt;信頼性を向上させるためには、1年以上の長期間にわたって複数回の測定を行うことが望まれる</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div data-bbox="151 1227 662 1585" data-label="Diagram"> <p>測定概念図</p> </div> <div data-bbox="151 1615 534 1883" data-label="Image"> <p>作業状況</p> </div>	<div data-bbox="869 1272 1444 1758" data-label="Figure"> <p>腐食反応抵抗の逆数と腐食面積率</p> </div>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：コンクリート診断技術 '03 基礎編、(社)日本コンクリート工学協会 IHI(株)、<a href="http://www.ihl.co.jp/ihl/technology/gihou/image/44-2-17.pdf">http://www.ihl.co.jp/ihl/technology/gihou/image/44-2-17.pdf</a> 電力土木技術協会、<a href="http://www.jepoc.or.jp">http://www.jepoc.or.jp</a> (株)シーテック、<a href="http://www.kk-ctec.co.jp/sub1-2.html">http://www.kk-ctec.co.jp/sub1-2.html</a></p>	

<p>名称</p>	<p>建築対象の地中レーダ探査</p>	
<p>目的</p>	<p>コンクリート中の鉄筋、空洞、ひび割れ・はく離、漏水箇所</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  電磁波をコンクリート内部へ送信アンテナから送信すると、その電磁波はコンクリートと誘電率の異なる物体（鉄筋、空洞）との境界面で反射する。この反射波を受信アンテナで受信し、その伝播速度から反射物体までの距離を求める。                  &lt;測定法&gt;                  コンクリート表面にアンテナを設置し、コンクリート内部に電磁波を送信しながら直線状に移動する。所定の移動距離ごとに反射波を受信し、内部断面の観測パターンを作成する。                  &lt;判定法&gt;                  反射波の観測パターン認識からコンクリート中の空洞や鉄筋等を推定し、次式により、空洞や鉄筋の位置を把握する。  <math display="block">V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_s}} \quad L = \frac{V \cdot T}{2}</math>                 V：電磁波の伝播速度、L：対象物の深度 C：真空中の電磁波速度  <math>\epsilon_s</math>：コンクリートの比誘電率、T：電磁波送信から受信までの時間</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  電磁波の周波数が、高周波数であるほど分解能が良く、低周波数であるほど検知できる距離が長い。このため、一般には探査対象物（鉄筋、塩ビ管、空洞等）の規模や探査深度を踏まえて適切な送信電磁波の周波数を検討して探査に使用する必要がある。鉄筋探査においては数百 MHz～1GHz 程度の送信電磁波を使用した専用機が用いられる。この場合の適用範囲は検知できる鉄筋の最小径がφ6mm 以上、かぶり厚が 5～200mm、分離できる最小の鉄筋間隔が 80mm 程度である。                  ダブル筋においては上部筋の検知は可能であるが、下部筋の検知は難しい。                  &lt;精度&gt;                  メーカーにより差が有るが、平面位置精度の誤差：±10mm 又は±1%以内                  かぶり厚さの誤差：±（5mm+実かぶり厚さの0.1%）または±5%                  アンテナの大きさによるが、1GHz で深さ 100mm 以内の場合水平分解能 50～100mm 程度</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p>  <p>測定状況</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>測定出力</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有                  基準・要領：非破壊試験によるコンクリート構造中の配筋状態及びかぶり測定要領案、国土交通省、                  参考資料：コンクリート診断技術 '03 基礎編、(社)日本コンクリート工学会                  物理探査学会、物理探査ハンドブック、物理探査学会、1998 など                  (株)コンステック、 <a href="http://www.constec.co.jp">http://www.constec.co.jp</a></p>	

<p>名称</p>	<p>建築対象の電磁誘導測定</p>	
<p>目的</p>	<p>コンクリート中の鉄筋位置</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  コイルに交流電流を流すことによって周辺に磁界を発生させ、その磁界によって金属や磁性体中に渦電流が発生する作用を利用した物理探査法である。                  &lt;測定法&gt;                  コンクリート表面上に置いたコイルに通電して一次磁界を発生させる。この時、コンクリート中に導電体や磁性体があれば影響を受けて渦電流が発生する。この渦電流によって二次的な磁界が発生し、受信用のコイルで二次磁界の影響を検知する。コイルが鉄筋に近づくと、コイルの起電力が変化し、この変化より鉄筋の位置深さを測定する。コイルは、1つのコイルで送受信を兼用するタイプと、送受信別に分かれたセパレートタイプがある。                  &lt;判定法&gt;                  コンクリート自体は低導電率かつ非磁性体であるため、基本的には二次磁界は変化しない。このため、二次磁界が変化した範囲中に鉄筋等の金属物が存在し、二次磁界が最大となる位置が鉄筋等の中心位置となる。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 鉄筋ピッチが密な場合は、周囲の鉄筋の影響を受け、正確な測定が困難になる。ダブル配筋の場合は表面の鉄筋しか検出できない。径の大きな鉄筋ほど深い位置まで探査が可能であり、かぶり厚は薄いほど測定精度は高い。かぶり厚が既知である場合、鉄筋径は比較的容易に測定できる。個々の鉄筋を正しく検知するための目安としては、配筋間隔 40mm 以上あるいは「配筋間隔：かぶり厚」が 1:1 以上であることが望ましい。かぶり厚の評価には最低でも 10mm 以上の深さが必要である。鉄筋を検知できる最大のかぶり厚は鉄筋径に依存し、D6mm で約 130mm、D16mm で約 150mm、D22mm で約 160mm である。                  &lt;精度&gt; 距離分解能：最小 5mm 以下、鉄筋間隔の精度：±10mm 以下                  かぶりの分解能：最小 2~3mm 以下、かぶりの精度：±5mm 以下                  判別可能な近接する鉄筋の中心間距離：75mm（かぶり 75mm 未満）、かぶり×1.5 以下（かぶり 75mm 以上）</p>	
	<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>
<div data-bbox="255 1198 662 1478" data-label="Diagram"> </div> <div data-bbox="303 1512 670 1904" data-label="Image"> </div> <p>測定概念図</p> <p>測定状況 (例: フェロースキャン)</p>	<div data-bbox="893 1209 1348 1747" data-label="Figure"> </div> <p>測定出力イメージ (配筋平面図)</p> <p>※基本的には鉄筋直上の反応位置を把握するための探査であるが、あらかじめ測定位置を入力しておくことによって上記のような配筋平面図を出力できる装置が多い。</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有                  基準・要領：国土交通省、土木研究所、非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態及びかぶり測定要領案、国土交通省、2005.4                  参考資料：コンクリート構造物の非破壊試験法、(社)日本非破壊検査協会</p>	

名称	建築対象の X 線測定	
目的	コンクリート内部状況	
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt; コンクリート中を透過した X 線透過像からコンクリート内部の状況を調査する。</p> <p>&lt;測定法&gt; 試験部を挟んで X 線放射装置とフィルムを配置する。</p> <p>&lt;判定法&gt; 透過写真はコンクリートより密度の高い鉄筋の像は白く、空洞やひび割れの像は黒く映し出される。</p>	
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt; 高エネルギーの X 線を使用すれば 1m を越す躯体を撮影することも可能であるが、放射線防護のための安全管理上の制約があり、実際の現場作業においては低エネルギーの X 線装置（可搬式）の使用に限定される。 立体半径 5m 以内を立ち入り禁止区間とする。「安全衛生法」「電離放射線障害防止規則」に従い、X 線作業主任者による放射線防護の安全管理を行う必要がある。 安全管理上の制約、経済的な作業効率を考慮すると、適用限界厚さ 40cm 程度。高密度のコンクリートほど適用限界厚さは減少する。試験部の両面に装置とフィルムを配置するスペースが必要である。</p> <p>&lt;精度&gt; 測定誤差は、厚さ 400mm の場合、かぶり厚 17mm 程度、配筋ピッチ 8mm 程度 厚さ 200mm 以下なら <math>\Phi 0.5\text{mm}</math> 程度の結束線も探査可能。</p>	
	測定概念図	測定出力及び調査実施例
 <p>測定概念図</p>	 <p>測定出力 (透過写真)</p>	
基準・要領化の有無	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：コンクリート診断技術 '03 基礎編、(社) 日本コンクリート工学協会 日本ビスタテック(株)、<a href="http://www.vistatec.co.jp/">http://www.vistatec.co.jp/</a></p>	

名称	建築対象のAE（アコースティック・エミッション）測定
目的	コンクリート劣化状態
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt;                  コンクリートのひび割れ発生に伴って発生し、伝播する弾性波を検出することにより、ひび割れの発生・進展を検出する。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  コンクリート表面にAEセンサを設置し、ひび割れ進展を計測する。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  AE発生頻度の多少により、コンクリートの劣化状態を予測する。カイザー効果を利用してその構造物が過去に受けた荷重の大きさを推定する。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt;                  同一のイベントを4箇所以上の受振器で観測できる場合には、比較的精度よくAEの発生位置評定が出来る。履歴荷重を受けた構造物には、履歴荷重を超える荷重が作用しない限りAEは観測されない（カイザー効果）。</p> <p>&lt;精度&gt;                  1<math>\mu</math>m<sup>2</sup>程度のクラック面積まで検出可能。</p>

測定概念図	測定出力及び調査実施例
 <p style="text-align: center;">測定概念図</p>	 <p style="text-align: center;">亀裂の大きさによる超音波伝達関数の変化</p>

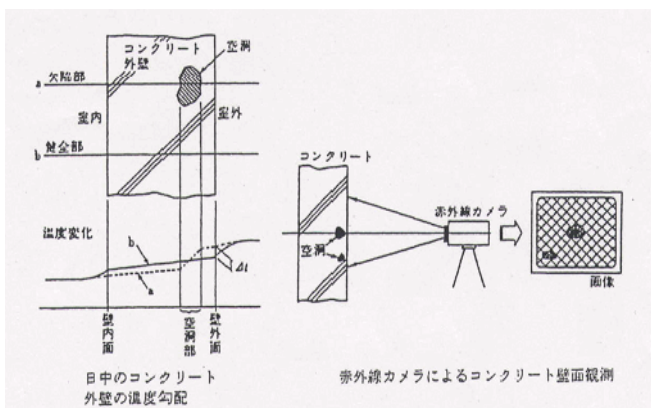
基準・要領化の有無	無 基準・要領： 参考資料：物理探査学会、物理探査ハンドブック、物理探査学会、1998 特許第 1875518 工業技術院、 <a href="http://www.cniri.go.jp/tokyo/3-1f.htm">http://www.cniri.go.jp/tokyo/3-1f.htm</a>
-----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



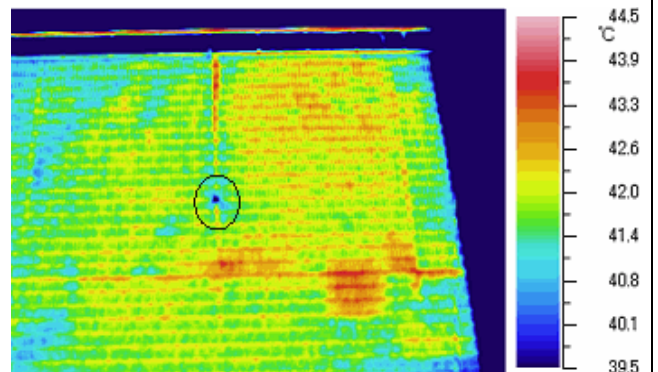
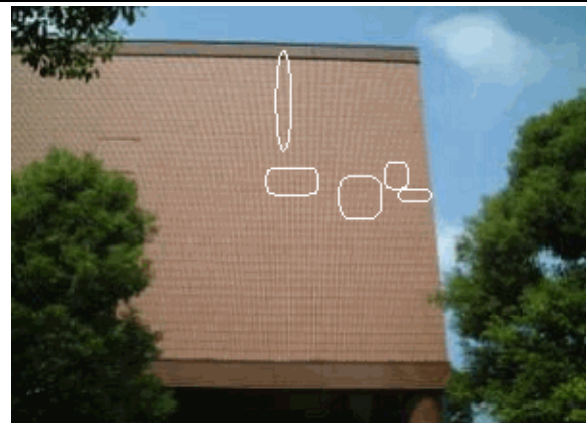
名称	建築対象の赤外線熱映像探査
目的	コンクリート密実度・空洞
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt;                  ステファン・ボルツマンの法則に従って、温度に依存して物質の表面から放射される電磁波（特に熱赤外域の波長の波）を検知して、温度分布情報から内部の密実度を調査する。コンクリート内部に形成される微小空隙によって、コンクリートの熱伝達率が変化するので、赤外線画像のコントラストが生まれる。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  赤外線映像装置（赤外線カメラ）を用いて対象物の表面温度（熱画像）を測定する。気象条件に左右されるため、屋外の場合は晴天の日に、調査対象部分の日射受熱量が最大となる時間帯または最高気温となる時間帯に測定する。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  熱画像上の表面温度異常部から内部欠陥の存在を推定する。高温で表示される部分が変状部であり、はく離などが存在する事を示す。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt;                  非接触で高速に大面積の測定が出来るが、気象に左右される。表面の汚れによる温度差を欠陥と誤認することがある。探査可能深度は、大きさによるが、表面から5cm程度である。欠陥の深さや空隙の厚さの推定は難しい。</p> <p>&lt;精度&gt;                  赤外線カメラの測定温度範囲は機種によるが-50~2000℃。測定精度±0.5%FS、最小検知温度0.1℃程度</p>

測定概念図

測定出力及び調査実施例



測定概念図

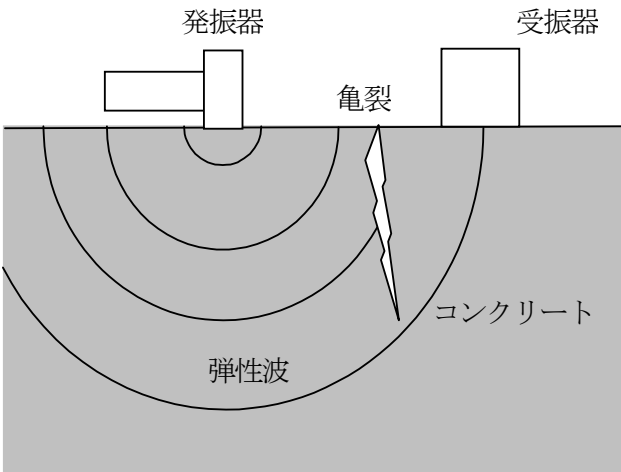
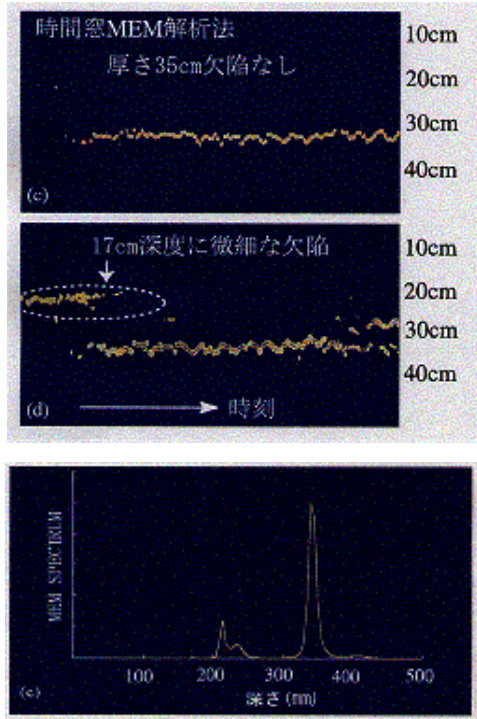


外壁タイル調査例(白印は浮き、黒印は漏水)

基準・要領化の有無

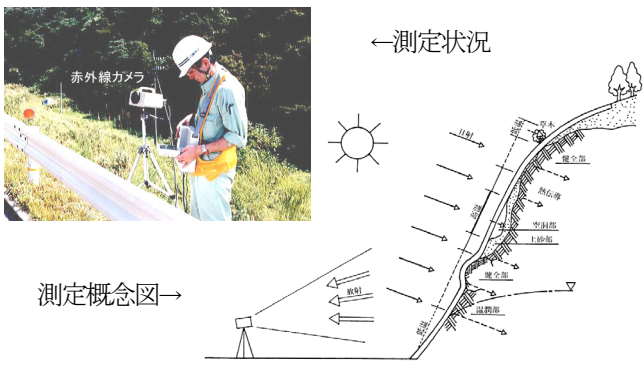
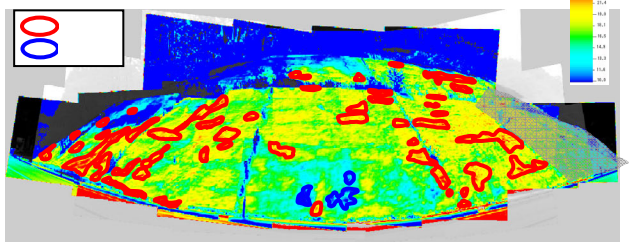
有  
 基準・要領：熱赤外線映像法による吹付のり面診断研究会、熱赤外線映像法による吹きつけ法面老朽化診断マニュアル、土木研究センター、1996.1  
 参考資料：コンクリート構造物の非破壊試験法、(社)日本非破壊検査協会  
 (株)ジャスト西日本、<http://www.just-shikoku.co.jp/>


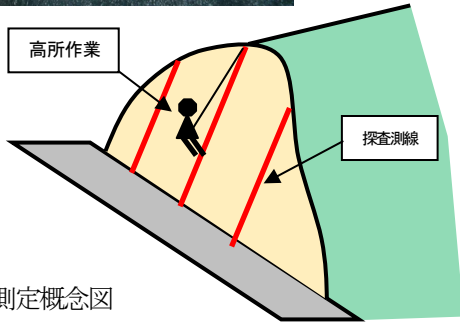
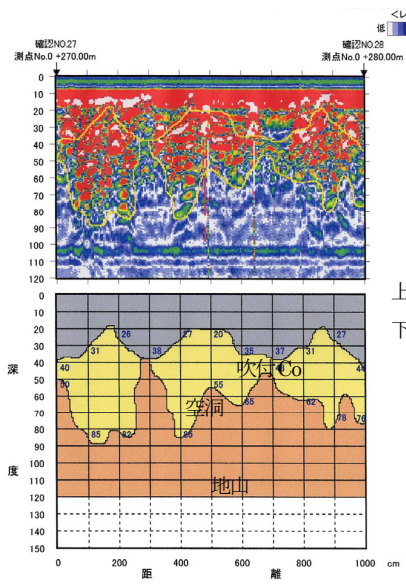
名称	建築対象の衝撃弾性波測定（打音測定）
目的	コンクリート内のひび割れ・はく離など
原理・測定法及び判定法	<p>&lt;原理&gt;                  コンクリート中のひび割れ、はく離箇所、空洞などに存在する空気層との境界で弾性波のほとんどが反射する事を利用する手法である。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  ハンマーなどの打撃により弾性波をコンクリート中に発振し、これをコンクリート表面の受振器で測定し、内部の欠陥の位置や寸法を測定する。一般的には20kHz以下の超音波域よりも低い周波数成分の多い波を使用する。打音の場合は、可聴域（20Hz～20kHz）の音（弾性波）を使用する。</p> <p>通常は、50cm間隔のメッシュの交点となる位置を打撃し測定する。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  ひび割れのない箇所では弾性波速度をあらかじめ求めてからひび割れ深さを求める方法や振動子の間隔を変化させることにより伝播距離と弾性波速度を未知数とした連立方程式を解く方法などがある。</p>
適用範囲・精度	<p>&lt;適用範囲&gt;                  コンクリート表面から10cm以下の範囲にある空洞やジャンカの存在の可能性が判定可能</p> <p>&lt;精度&gt;                  位置精度は測定機器の時間分解能、受振波形の立ち上がり部の読み取り精度に影響される。測定距離、伝播弾性波の減衰の程度によって精度は異なってくるが、弾性波速度4000m/sで読取誤差2～3μsecとすれば、10mm程度の誤差が生じる。</p>

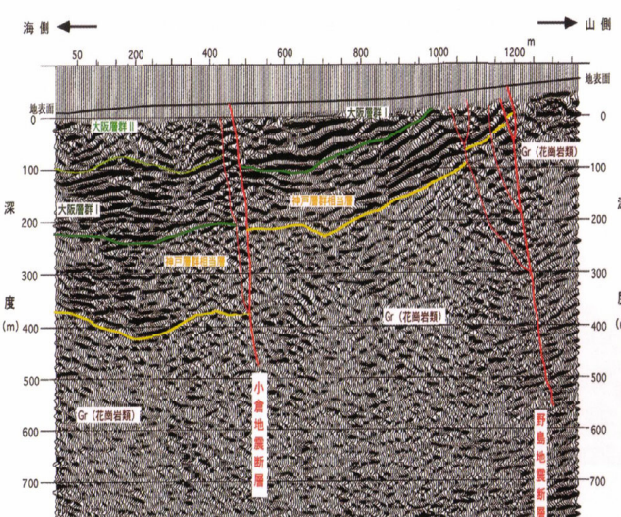
測定概念図	測定出力及び調査実施例
 <p style="text-align: center;">打音調査</p>	 <p style="text-align: center;">内部欠陥調査結果例</p>

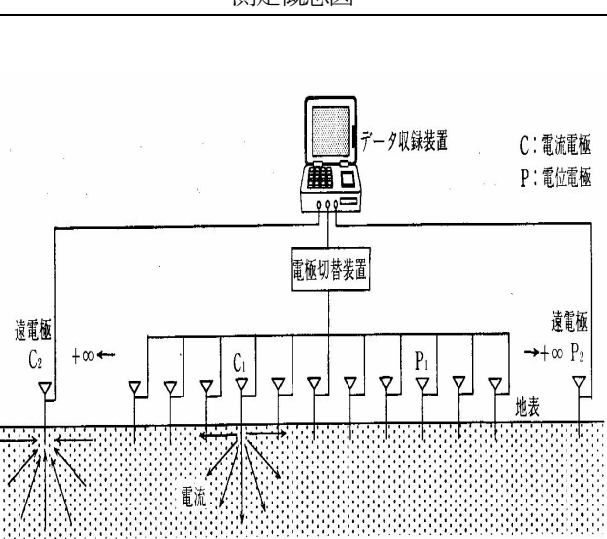
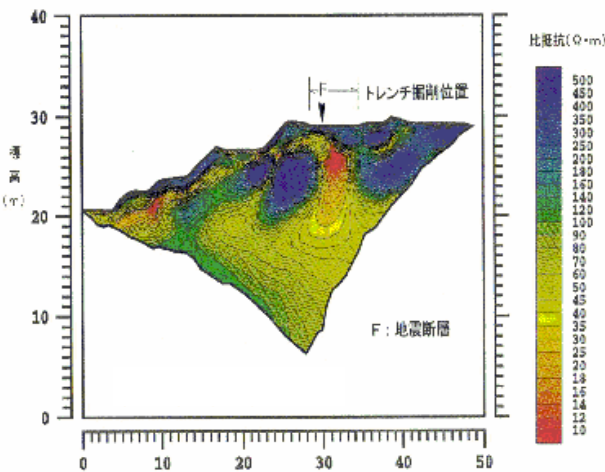
基準・要領の有無	無 基準・要領： 参考資料：コンクリート診断技術 '03 基礎編、(社)日本コンクリート工学協会 (株)大進コンサルタント、 <a href="http://www.daishin-c.co.jp">http://www.daishin-c.co.jp</a>
----------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

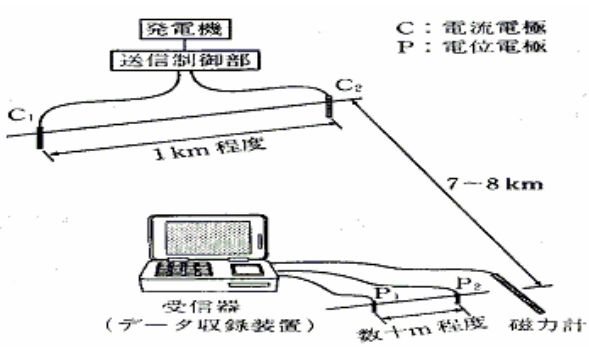
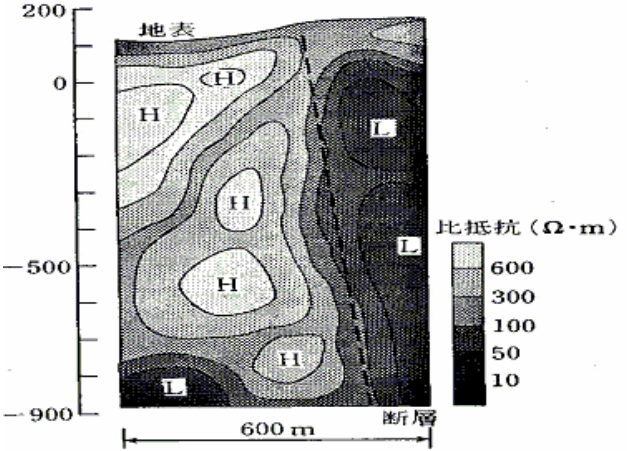
<p>名称</p>	<p>建築対象の超音波測定</p>																		
<p>目的</p>	<p>コンクリート内の弾性波伝播速度、ひび割れ・はく離など</p>																		
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  コンクリート中のひび割れ、はく離箇所、空洞などに存在する空気層との境界で弾性波のほとんどが反射する事や、内部に空洞がある場合などは、発信器から発せられた弾性波は空洞を迂回せざるを得ず、健全な場所と比較して弾性波の到達時間が遅れる事を利用する手法である。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  測定には圧電材料を用いた超音波の発振子と受振子を用い、発振子によって超音波（20KHz以上200KHz以下、通常は50~100KHz程度）を発生させ、受振子によって透過波や反射波を測定する（最小読み取り時間：0.1μs、透過測定能力：0~8m）。発振子と受振子の接触面にはグリース等の接着剤を塗布する。透過波を測定する場合、直接透過法あるいは半直接透過法に従って発振・受振子を配置し、主にコンクリートを伝わる超音波速度（縦波速度）を測定する。反射波を測定する場合、表面走査法（反射法）に従って発振・受振子を配置し、ひび割れ先端部や内部空隙面、あるいはコンクリート版の裏側からの反射波を測定する。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  超音波速度から圧縮強度を推定するには、あらかじめ対象構造物を想定した供試体やコアを複数使って超音波速度と圧縮強度を実際に測定し、その相関結果から強度推定式を作成することが一般的である。</p> <p>ひび割れ深さを評価する方法には、Tc-T0法、BS法が有力である。Tc-T0法は、ひび割れ箇所を挟んで発振子と受振子を等間隔で配置し、コンクリートを直接伝わる伝搬時間とひび割れ先端部に影響されて遅れる反射波の伝搬時間を測定してひび割れ深さを推定する方法である。BS法は、ひび割れ箇所を挟んで発振子と受振子を等間隔で2経路配置し、両経路におけるひび割れ先端部の反射波の伝搬時間からひび割れ深さを推定する方法である。</p> <p>内部空隙面や版厚の評価には基本的に反射波の伝搬時間およびコンクリートの伝搬速度を求めて評価する。</p>																		
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  発振子と受振子が接触するコンクリート面は平滑であること。原則的には、コンクリート素地面からの計測となる。表面にタイルやモルタル塗りが施されている場合、撤去の必要性がある。特に、モルタルの場合、モルタル内部に空隙等が無い時計測が可能の場合もあるが、接着強度があり、精度を高めるためには撤去が望ましい。深度50cm程度まで適用。発振子と受振子の距離は100mm以上とする。</p> <p>&lt;精度&gt;                  検出できる亀裂の最小幅は0.03mm程度、精度は利用周波数から換算される波長程度（50KHzで約8cm）。</p>																		
<p>測定概念図</p> <p>直接透過法      半直接透過法      表面走査法（反射法）</p> <p>発振子      発振子      発振子      受振子</p> <p>受振子</p> <p>測定概念図</p> $\text{クラック深さ}(h) = Y \cdot \sqrt{\frac{(4T_1^2 - T_2^2)}{(T_2^2 - T_1^2)}}$ <p>T1=Y(mm)の伝播時間                  T2=Z(mm)の伝播時間                  Z=2Y</p> <p>ひび割れ深さ測定出力イメージ（BS法による）</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p> <table border="1"> <tr> <td>START TIME</td> <td>0000.000000</td> <td>CURSOR TIME</td> <td>0000.000000</td> <td>GAIN</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>T1 = Tc</td> <td>0000.000000</td> <td>T2 = Tc</td> <td>0000.000000</td> <td>CRACK</td> <td>0000.000000</td> </tr> <tr> <td>SONIC SPEED</td> <td>3400.00</td> <td>MODE</td> <td>Tc/Tc</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>測定出力</p>	START TIME	0000.000000	CURSOR TIME	0000.000000	GAIN	15	T1 = Tc	0000.000000	T2 = Tc	0000.000000	CRACK	0000.000000	SONIC SPEED	3400.00	MODE	Tc/Tc		
START TIME	0000.000000	CURSOR TIME	0000.000000	GAIN	15														
T1 = Tc	0000.000000	T2 = Tc	0000.000000	CRACK	0000.000000														
SONIC SPEED	3400.00	MODE	Tc/Tc																
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有</p> <p>基準・要領：コンクリート強度測定のための非破壊試験マニュアル、日本建築学会                  参考資料：コンクリート構造物の非破壊試験法、(社)日本非破壊検査協会                  (株)大検、<a href="http://www.daiken-ndt.co.jp">http://www.daiken-ndt.co.jp</a></p>																		

<p>名称</p>	<p>斜面（吹付のり面）対象の赤外線熱映像探査</p>	
<p>目的</p>	<p>吹付のり面の老朽化 吹付のり面背面の空洞</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 物体は、それ自身の温度に応じた熱エネルギーを放出しており、そのエネルギー量は物体の材質や熱伝導性によって異なる。吹付のり面では、背面の空洞の有無によって吹付モルタルの熱伝導性に影響を及ぼすため、モルタル表面の熱エネルギーを測定することによって空洞有無や分布性を評価することが可能になる。</p> <p>&lt;測定法&gt; 赤外線カメラを利用し、遠方から対象物体を視認しながら非接触で表面の熱赤外線エネルギーを測定する。測定結果は、表面温度の高低によってカラー表示（熱画像）した熱映像画像写真を出力する。まず測定事前に、熱映像写真の位置指標を与える必要があるため、アルミ箔を張った反射板等（対象物体と熱伝導性が異なるもの）を用い、赤外線カメラの一視野に数枚の反射板が含まれるように吹付面に設置しておく。測定に当たっては法面の法線に対して、仰角で45°、水平角で30°以内の位置に赤外線カメラ（検出部）を設置する。</p> <p>&lt;判定法&gt; 熱映像から空洞有無を判定するためには熱伝導性を評価することが重要になる。このためには気温差のある2時刻で熱画像を取得することが重要である。吹付モルタル背後に空洞が存在する場合、モルタルの熱伝導性が良くなるため、外気温の変化に応じて温度変化が大きく現れる。判定に当たっては&lt;適用範囲&gt;に示す誤認要因に注意する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 赤外線熱映像法はコンクリートおよびモルタル吹付のり面の老朽化パターンのうち、特に次のような吹付のり面の老朽化診断に有効である。①モルタルおよびコンクリート崩落型②地山風化型③地山背後から湧水がある場合 適用上の留意点としては以下の通りである。 ①立地条件（日当たり良好ののり面に適用することが望ましい。） ②天候条件（晴天が望ましい。曇天でもある程度可能であるが、雨天は避けたほうが良い。昼夜の温度格差が小さい時期は避けるべきである。） ③施工条件（吹付層厚15cm以上は探査困難と考えるべきである。） ④法面表面の被覆条件：植生はモルタルの表面温度に変化を与える要因となるため、極力除去する。</p> <p>&lt;精度&gt; 本手法は非接触型の物理探査手法であり、診断は目視、コア抜き等種々の調査と合せて、総合的に行う必要がある。本手法の診断精度は調査の方法等により大きく変化するため、原理・手法を充分理解した上で適用する必要がある。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
 <p>←測定状況</p> <p>測定概念図→</p>	 <p>温度差分画像図</p> <p>赤：日夜間の温度格差大（吹付背後空洞が分布する可能性大） 青：日夜間の温度格差小（湧水等）</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>有 基準・要領：熱赤外線映像法による吹付のり面診断研究会、熱赤外線映像法による吹付のり面老朽化診断マニュアル、土木研究センター、1996.1 参考資料：コンクリート構造物の非破壊試験法、日本非破壊検査協会（参考書）など</p>	

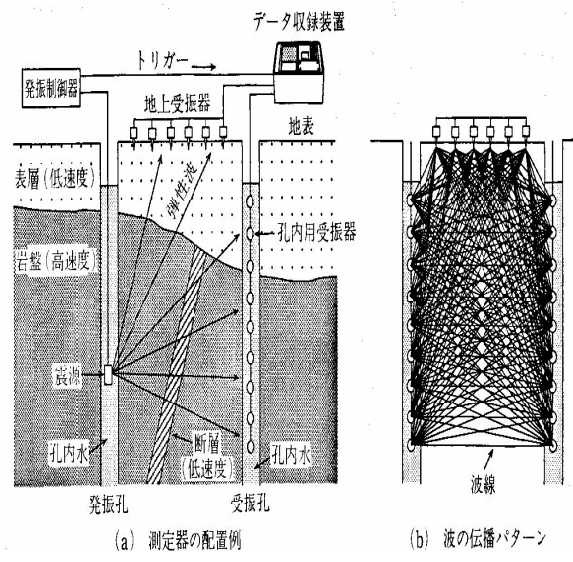
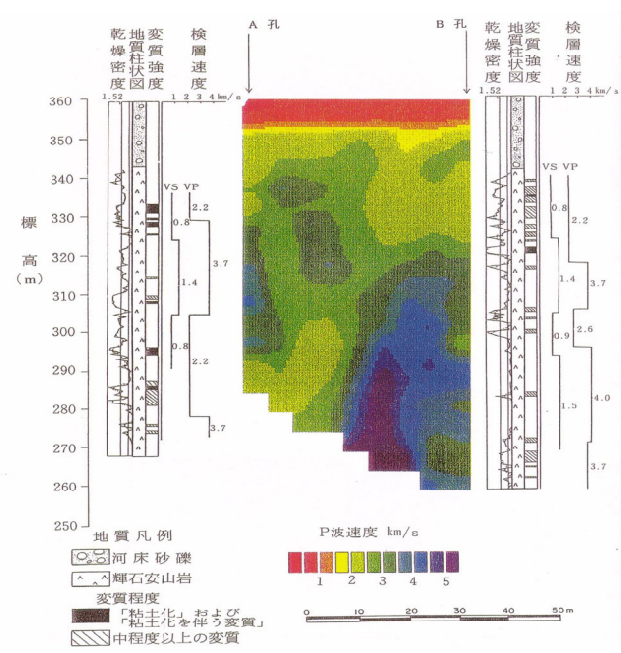
<p>名称</p>	<p>斜面（吹付のり面）対象の地中レーダ探査</p>	
<p>目的</p>	<p>吹付のり面の老朽化 吹付法面背後の空洞</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 地中レーダとは高周波の電磁波を地中に向けて放射し、地中において誘電率の異なる物質境界面より跳ね返ってくる反射波の走時を測定することによって、地中の様子を探査するものである。吹付のり面においては吹付モルタルおよび空洞と地山の境界部で電磁波反射が得られるためこれを基に吹付背後の空洞分布状況について判定を行う。</p> <p>&lt;測定法&gt; レーダアンテナを吹付のり面の表面に押し当てた状態で、アンテナを移動させることで測定を行う。吹付のり面の場合はザイルを用いた高所作業となる場合が多い。</p> <p>&lt;判定法&gt; 探査により得られた電磁波反射画像を基にパターン解析・波形解析等の処理を行い、空洞位置・深さ等の検出を行う。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 地中レーダの探査深度はレーダアンテナの周波数特性、対象物の誘電率等により左右されるが、のり面調査等で用いられる高周波数タイプ(1GHz程度)であれば一般的に探査深度は吹付表面より50cm程度の範囲である。なお、地中に地下水が形成されている場合は測定不能となる。</p> <p>&lt;精度&gt; 一般にレーダ探査の結果精度は平面位置・深度方向とも数cm程度のオーダーで得られるが、そのためには探査で得られた寸法と実寸法を対比させるキャリブレーションが数点必要である。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;">  </div> </div> <p style="margin-top: 10px;">測定状況及び測定概念図</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  <div style="margin-top: 10px; text-align: right;"> <p>上：反射パターン図</p> <p>下：解析断面図</p> </div> <p style="margin-top: 20px;">探査結果出力図の一例</p> </div>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領： 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

<p>名称</p>	<p>防災（活断層）対象の反射法地震探査</p>	
<p>目的</p>	<p>断層の概略位置や地下深部までの地下構造</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  弾性波が音響インピーダンスの異なる境界に入射した場合、その音響インピーダンス（速度×密度）の比に応じて反射し、また振幅も変化する。それらの反射波動を利用して、反射面の分布を把握する探査法である。                  地上で発生させた弾性波が地下の様々な地層境界で反射し、地上に戻ってきた時の時間差に着目して解析し、その結果（反射時間断面図・反射深度断面図）をもとに地質構造を把握する手法である。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  探査測線上に受振器を一定間隔に設置し、受振器との距離を保ちながら順次発震を繰り返す。震原は火薬、重錘落下、パイブレータなどがある。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  断層があると反射時間断面図上に反射面の段差やずれが生じたり、反射面の追跡が困難になったりする。反射断面図のそれらの事象から断層の有無や地質構造を推定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  利用される弾性波は、実体波であるP波とS波であるが、特にS波は①地下水の影響を受けない、②変換波が発生しづらい、③速度値が小さく、得られる周波数が高い場合は分解能が高くなる等の特徴がある。そのため、浅部のみを対象にする場合はS波を用いた反射法地震探査を実施することが多い。ただし、発震エネルギーの透過力の関係から概ね深度 50m以深を対象にする場合はP波を使用した反射法地震探査が行われる。受振器間隔は対象深度により選択され、深度 50m 以浅対象の場合は0.5～2m 程度、深度 500m 程度の場合は5～10m 程度、深度 1000m 以深の場合は10～25m 程度である。</p> <p>発震間隔も同程度である。なお、屈折波の解析も同時に行うことも多い。</p> <p>&lt;精度&gt;                  一義的に精度は決まらない。                  分解能の観点から考えると得られる波長により変化する。たとえば、S波速度が700m/s、周波数が50Hzと仮定した場合、波長は14m となり、分解能はその1/4の3.5～4m 程度となる。しかし、実際解析する場合は色々な要素が入り込むため、一律に分解能を論議することは意味を持たない場合がある。</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>反射法地震探査結果</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無                  基準・要領：                  参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

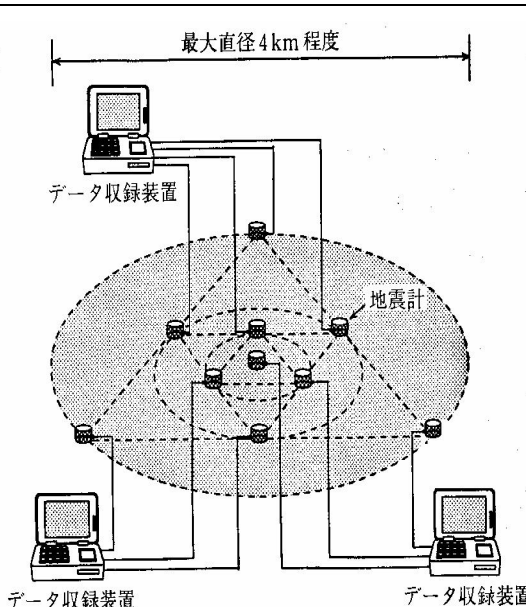
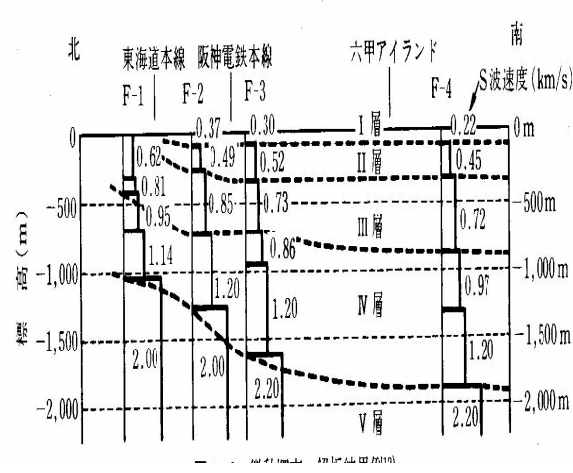
<p>名称</p>	<p>防災（活断層）対象の2次元比抵抗探査</p>	
<p>目的</p>	<p>断層の概略位置や地下深部までの地下構造</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  電気探査法の一つであり、地盤に電流を流すことにより生じる2点間の電位差を測定し、解析で得られた比抵抗分布から地下構造の推定を行う。地質調査法の一つとして古くから実施されてきたが、近年、コンピュータの発達によって大量のデータを定量的に解析することができるようになり、探査精度が飛躍的に向上した。                  比抵抗値は、地盤の電気の流れにくさを表す物性値（電気伝導度の逆数）であり、一般に新鮮堅硬な岩盤では高比抵抗、岩盤が破碎されたり変質粘土化した部分では低比抵抗を示す。また、岩種によっても異なる値を示す。                  &lt;測定法&gt;                  電極配置パターンには2極法やダイポール・ダイポール法およびウェンナー法に代表される4極法などの方式があり、探査目的に応じて選択される。いずれの電極配置パターンにおいても、小さな電極間隔の測定データは比較的浅部の情報を含んでおり、大きな電極間隔の測定データは深部までの情報を含んでいる。したがって、電極の組み合わせを変えて、色々な電極間隔で測定を行うことにより浅部から深部までの種々の比抵抗情報を含むデータセットを得ることができる。解析は初期比抵抗モデルを作成し、これに対して実際の測定と同じ電極配置でシミュレーション計算を行って理論電位差を求め、測定された電位差との差が小さくなるようにモデルを繰り返し修正していく方法（逆解析）で行い、測線下の比抵抗分布図（断面）を得る。                  &lt;判定法&gt;                  比抵抗分布から、断層の概略位置や地下深部までの地下構造把握を行うが、断層部や破碎部、変質部では低比抵抗値を示すことが多い。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  2次元比抵抗探査は破碎帯や変質粘土化帯などの低比抵抗帯に対する感度が高く、物理探査手法の中でも比較的、断層を対象とした調査に適している。                  &lt;精度&gt;                  電極間隔と、ほぼ同程度と考えられるが、他の探査法と同様に、実際、解析する場合は色々な要素が入り込むため、一律に精度を論議することは意味を持たない場合がある。通常は電極間隔が狭いほど高くなる。また、探査深度は測線長が長いほど深くまで探査可能となる。</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>2次元比抵抗探査結果</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無                  基準・要領：                  参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

<p>名称</p>	<p>防災（活断層）対象の電磁探査</p>	
<p>目的</p>	<p>断層の概略位置や地下深部までの地下構造</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt; 人工的に発生させた電磁場に対する地盤の応答を測定することにより、見かけの比抵抗分布、さらに解析によって地盤の比抵抗構造を求める探査手法。</p> <p>&lt;測定法&gt; 電磁法探査には多くの手法およびバリエーションがあるが、比較的多く実施される手法としてはCSAMT法、TEM法、広範囲を効率良く調査することが可能な空中電磁法がある。以下では断層を対象とした場合に良く行われるCSAMT法について説明する。</p> <p>電流源を測定点から十分離れた地点に設定し、地面に設置された1対の電極に周波数を切り替えながら数Hz～10kHz程度の電流を流す。電流の周波数が低いほど信号が地下深部まで透過するため、周波数を変えて測定することにより浅部から深部までの比抵抗情報を得ることができる。測定点側では、周波数ごとの電流によって誘導される電場・磁場を1対の電極およびコイルで測定し、見かけ比抵抗を計算する。その結果を基に1次元解析、2次元解析を行い、地下の比抵抗構造を求める。測定点は目的によって100～500m間隔程度に設定することが多く、測線は道路沿いや格子状に設定される場合が多い。</p> <p>&lt;判定法&gt; 比抵抗分布から、断層の概略位置や地下深部までの地下構造把握を行うが、断層部や破碎部、変質部では低比抵抗値を示すことが多い。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt; 探査効率の良さと深部探査が可能であることが特徴的である。電線、電話線、送信所、工場、鉄道から発する電磁波や人工的に設置された金属物が測定に影響するので、市街地、発電所、変電所、高圧線近傍での探査には適さない。低比抵抗（高導電率）の地質構造、たとえば帯水層、粘土層、断層破碎帯、変質帯に対する感度が高い。しかし、多層構造中に薄層が存在する場合、地層の比抵抗が一義的に決定できない透過層、局所的な低比抵抗層に全測定値が影響を受けてしまうスタティックシフト、解析誤差、解析手法上の制限・限界等の事項について十分に検討を行う必要がある。探査深度は測定に使用する周波数と地盤の比抵抗で決まる為、目的や対象深度、地質条件等を考慮して周波数が決められる。</p> <p>&lt;精度&gt; 探査深度は <math>\delta = 503\sqrt{(\rho / f)}</math> (<math>\delta</math> : 探査深度(m)、<math>\rho</math> : 地盤の比抵抗(<math>\Omega m</math>)、<math>f</math> : 電磁波の周波数(Hz)) が目安となるが、精度については、条件により異なるため、一義的には決まらない。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
 <p>測定概念図</p>	 <p>2次元解析結果図</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無 基準・要領： 参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

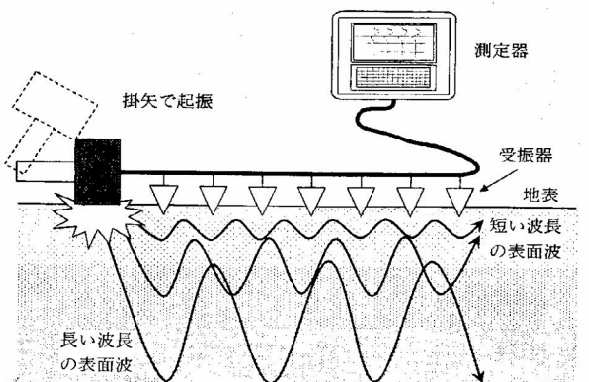
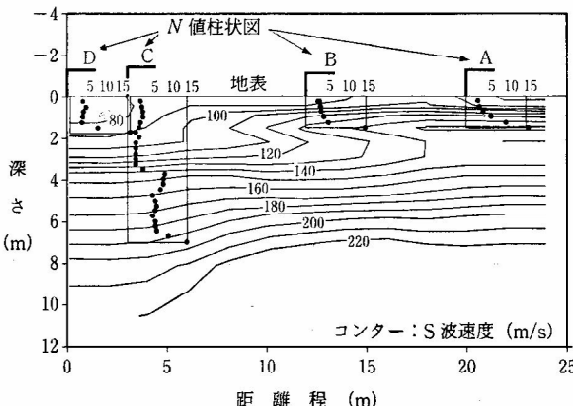


<p>名称</p>	<p>防災（活断層）対象の弾性波トモグラフィ</p>	
<p>目的</p>	<p>地盤内部の地層分布・堆積状況、岩盤内部の亀裂・破碎帯</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  ボーリング孔・調査横坑などを利用して調査対象範囲を取り囲むように弾性波測定を行い、そのデータを基に領域内の速度構造解析を行う。断層を対象とする場合は比較的狭い範囲で実施され、傾斜角度、破碎状況など他の手法に比べるとより詳細な情報を得ることが可能である。ただし、高角度の破碎帯は捉えにくい。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  ボーリング孔を利用した一般的な方法としては、一方は発震孔、他方は受振孔の組み合わせで受・発震を繰り返し、対象となるエリア内を透過する波線を多くして発震点と受振点間の走時を取得する。そのデータを基に逆解析を行う。具体的には、初期モデル（速度分布モデルあるいはスローネス分布モデル）を設定し、このモデルにおける全ての発震点・受振点ペアでの理論走時を計算し、観測走時との残差を求め、残差を最小化するようにモデルを修正する。この作業を繰り返し行い、理論走時と観測走時との残差が許容値より十分に小さくなった時点で残差が収束したと判断し、反復計算を終了する。この最終モデルを解析結果として速度分布断面図とする。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  速度分布断面図を基に、低速度分布箇所を把握し、岩盤内部の亀裂・破碎帯を推定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  一般対象領域内の分解能は、発震点や受振点を配置した近傍が最も高く、それから離れるに従い分解能が低下する。また、地震波の初動の波線は、速度の大きな部分に集中しがちで、速度の小さな部分では波線密度が低下する。また、四角形の領域をコの字型に取り囲む場合は発震点や受振点を配置できない部分で波線密度が低下し、かつ、多方向からの波線が透過できない状況となり、偽造が発生しやすくなる。そのため、目的とする部分の構造を念頭に置き、重要な部分で偽造が発生することが無いように、発震点や受振点の配置を検討することが必要である。</p> <p>&lt;精度&gt;                  受振器間隔や発震間隔に依存するが、それらの間隔と同程度。</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>(a) 測定器の配置例</p> <p>(b) 波の伝播パターン</p> <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>柱状図と速度分布断面図との対比</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領：                  参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

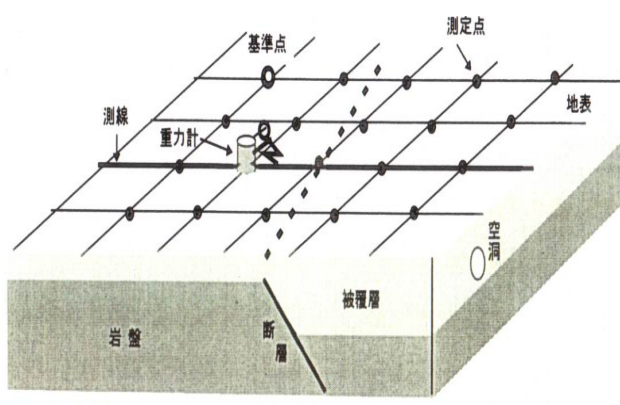
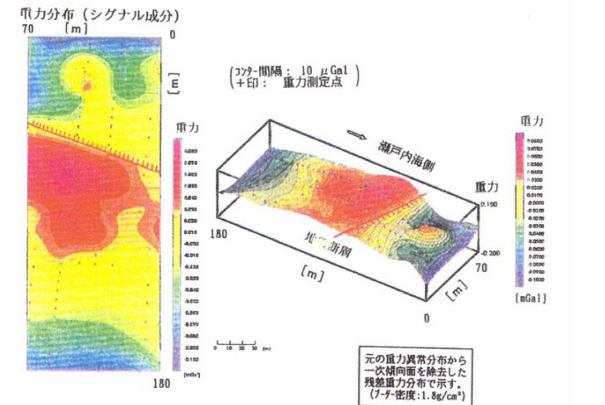
<p>名称</p>	<p>防災（活断層）対象の比抵抗トモグラフィ</p>	
<p>目的</p>	<p>地盤内部の地層分布・堆積状況、岩盤内部の亀裂・破碎帯</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  弾性波トモグラフィと同様に、ボーリング孔・調査横坑などを利用して調査対象範囲を取り囲むように比抵抗測定を行い、そのデータを基に解析を行う。断層を対象とする場合は比較的狭い範囲で実施され、傾斜角度、破碎状況など他の手法に比べるとより詳細な情報を得ることが可能である。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  ボーリング孔を利用した一般的な方法としては、一方は流電孔、他方は電位孔の組み合わせで測定を行う。測定原理・解析原理は地表からの2次元比抵抗探査と同じである。解析は逆解析により行われ、比抵抗モデルから各測点における理論電位を計算し、それを実測データに近づくように比抵抗モデルを繰り返し計算によって修正する方法であり、理論値と測定値の差が十分に小さくなったところで計算が収束したと判断し、最終モデルを解析結果として比抵抗断面図とする。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  得られる比抵抗分布図から、地層の分布、断層破碎帯や変質帯の分布、空洞の分布などを比抵抗の大きさと関連づけて推定する。また、複数回の測定を行い比抵抗の変化を調べる手法では、比抵抗の変化量または変化した箇所に着目し、地盤の状態変化や状況の変化を起こす原因と関連づけて効果判定や水位変動、透水性亀裂箇所等の推定などが行われる。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  破碎帯や地層の不均質の精査、および地盤に含まれる流体の状態・性質によって敏感に応答する性質を用いて地盤状況の調査・モニタリング等に用いられることが多い。そのため、概査段階よりも精査・施工段階で用いられる。</p> <p>&lt;精度&gt;                  電極設置範囲の他、電極間隔、対象となる比抵抗構造により、精度は大きく変化するが、電極を配置した近傍が最も高く、それから離れるに従い分解能が低下する。また、四角形の領域をコの字型に取り囲む場合は電極を配置できない部分で分解能が低下するが、電極を地中に設置することで探査対象により近づくことができる点と領域を囲む点で2次元比抵抗探査に比べて解析精度は向上する。</p>	
<p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無                  基準・要領：                  参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

<p>名称</p>	<p>防災（活断層）対象の微動探査</p>	
<p>目的</p>	<p>S波速度構造</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  地盤はごくわずかであるが常に振動しており、その微動を系統的に測定する。測定された微動には表面波が優勢に含まれており、表面波はその周期によって速度が異なる分散という現象を示す。その分散は地下構造に密接に関係し、そのS波速度分布により変化する。そのことから、表面波を抽出し、周期と速度の関係を知らることができれば、地下浅部から地下深部（深度3000m程度）までのS波速度構造を求めることができ、そのS波速度構造から測定点近傍の地下構造を推定することができる。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  微動を測定する方法として、古くから行われている「常時微動」があるが、「常時微動」は1秒以下の短周期の波動を対象とし、単点配置であるのに対し、本手法は1秒以上の長周期を対象とし、アレー配置を基本とするところが異なる。</p> <p>周波数一波数法(FK法)と空間自己相関法(SPAC法)の2種類に大別され、解析法も地震計(微動計)の配置法もやや異なる。空間自己相関法(SPAC法)は円形アレーを基本とするのに対し、周波数一波数法(FK法)はその制約は無い。活断層や地下構造を対象とする調査では近年、空間自己相関法(SPAC法)を実施するが多い。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  S波速度構造や低速度部分から地質構造、断層、破碎帯を推定する。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  「常時微動」が地盤の種別を求める指標にするのに対し、本手法はS波速度構造を把握する目的で行われる。本手法は自然に存在する微動を測定するため、受動的な方法であり、場所の制約が少ないため市街地での探査に適している。また、深部のS波速度構造を比較的簡便に把握できる。</p> <p>&lt;精度&gt;                  解析で得られる解が多数あるため、参考とする既往資料の有無によって変化する。数値的な精度を論ずるのは困難。</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>S波速度構造図</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無                  基準・要領：                  参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

<p>名称</p>	<p>防災（液状化）対象のPS検層</p>	
<p>目的</p>	<p>ボーリング孔近傍の速度構造（P波・S波）</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  孔壁近傍のP波及びS波速度を垂直方向に測定し、得られる速度値から地盤の硬軟の判定や、ポアソン比、剛性率、動弾性係数などの物性値を算出する。それらの物性値は構造物の耐震設計の基礎資料や地盤の液状化判定の指標となる。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  ボーリング孔を利用して垂直方向の速度を得る方法としては、大きく分けて2種類あり、地上発震-孔内受振方式のダウンホールPS検層と孔内発震-孔内受振方式のサスペンションPS検層や音波検層があり、目的や現場条件により選定される。ダウンホールPS検層ではボーリング孔に受振器ゾンデ（3成分受振器）を挿入降下し、地表部に設置されたP波震源（重錘）やS波震源（震源板）からの伝播時間を測定する。その伝播時間から深度-時間関係図（走時曲線）を作成し深度方向のP波速度・S波速度を算出する。ダウンホールPS検層の測定間隔は、目的や対象深度により異なるが通常0.5~5m程度で行われることが多い。サスペンションPS検層や音波検層では連続測定や1m間隔程度で受振器ゾンデを移動させる場合が多い。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  S波の速度分布から直接的に液状化判定は困難であるが、地盤の振動特性の検討を行い、さらに、それらの結果を含めた総合的な液状化判定に結びつけることが可能となる。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  得られる速度値は、地盤状況を良く反映した情報であり、適用対象は広い。特に、S波速度は地盤振動特性を良く反映するため、地震応答解析などには必要不可欠である。</p> <p>&lt;精度&gt;                  精度については、測定条件や測定間隔により大きく変化するため、容易に述べることは困難であるが、測定間隔以下の速度変化は得ることはできない。得られた速度値については多くの場合、数%~10%程度の誤差はあると言われている。</p>	
<p>測定概念図</p> <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p> <p>走時曲線と速度値</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無                  基準・要領：                  参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	

<p>名称</p>	<p>防災（液状化）対象の表面波探査(2次元表面波探査)</p>	
<p>目的</p>	<p>S波速度構造</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  S波速度分布が層構造を成す場合は、波長の短い表面波は上層のS波速度に近い速度を示し、波長の長い表面波は下層のS波速度に影響を受ける。この様な分散という現象をとらえ、分散の仕方が地盤のS波速度構造によって決まるため、そのデータを基に逆解析することでS波速度構造が求まる。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  発震としては、かけや打撃や重錘落下を用いることが多く、受振側は設定された測線上に等間隔（1～5m程度）に多数（24個程度）の受振器（固有周波数:4.5～8Hz程度）を設置し、順次、測線端で発震する。得られる波動としては、直接波、屈折波および反射波も同時に得られてしまうが、振幅は表面波が他の波動に比べると大きい。</p> <p>解析は、測定された波形をトレース毎に周波数領域に変換し、全てのトレースを見かけ速度に応じて積分することにより、時間-距離の領域の観測波形を直接的に、周波数-位相速度の領域に変換する。変換の結果として位相速度曲線（分散曲線）が得られ、分離が困難な実体波や高次モードの表面波を視覚的に分離できる。さらに、周波数と位相速度から波長を求め、波長の1/3の深度にその位相速度を対比させた初期モデルを設定し、観測分散曲線とはほぼ一致するまでモデルを逐次修正する逆解析を行う。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  解析により得られるS波の速度構造図（2次元断面）から、地盤内部の地層分布、堆積状況、硬軟を把握し、地盤の振動特性の検討や総合的な液状化判定をすることが可能となる。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  表面波探査の結果であるS波速度構造は地盤の工学的評価に適応性が高く、耐震地盤調査に有効である。屈折法では適用できない硬軟互層の地盤に対しても探査可能であるため、沖積地盤、埋土、盛土地盤および空洞を対象とした調査に有効である。舗装道路上でも調査が可能である。表面波は発震効率が高く、信号が大きいので、P波やS波による探査に比べ雑振動の多い市街地での探査も可能である。以上の様な特徴を持つ本探査手法は、宅地地盤調査、地中埋設管敷設調査、液状化予測調査、堤防診断調査、地盤改良評価調査、空洞調査、舗装路盤調査など、広範囲な用途に利用される。探査可能な深度は20～30m程度が限界と比較的浅部を対象としている。</p> <p>&lt;精度&gt;                  位置や範囲の精度は、諸条件により変化するが、セルに分割して解析するため受振器間隔等に依存して1mより大きい。</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>S波速度構造図</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無                  基準・要領：                  参考資料：地盤調査法改訂編集委員会、地盤調査の方法と解説、地盤工学会、2004.6</p>	

<p>名称</p>	<p>防災（活断層）対象の強制分極法電気探査</p>	
<p>目的</p>	<p>断層破碎帯（粘土化した岩石を含む）の位置</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                  地盤に電流を流すと地盤内部に電荷が蓄えられる。たとえば金属鉱物を含む岩石に電流を流すと、鉱物の表面と周囲の間隙水との間に電位差が生じる（電荷が蓄えられる）。電荷の蓄積が十分にされると電界は定常状態となり、次に電流を急に切断するとその瞬間から電荷の放出に伴う電流が流れる。この現象を誘導分極(Induced Polarization)と呼び、IP と略す。IP の効果、すなわち電荷を蓄えることのできる容量や放電に要する時間は鉱物の種類によって異なるので、地盤の IP 効果を測定して断層破碎帯などを含む地下構造の探査に適用される。</p> <p>&lt;測定法&gt;                  IP 効果を利用した測定・解析法としては「IP 映像法」がある。この IP 映像法は、地盤内の比抵抗分布と充電率分布を探査するものであり、測定により一次電位と二次電位の値が得られる。それらのデータを解析することにより、比抵抗と充電率の分布を知ることができる。測定法については、電極配置にダイポール・ダイポール配置やポール・ダイポール配置を利用し、電極は非分極性電極を使用する。測定装置のうち送信機は数アンペアの大電流をながすことができるものを、受信器には電圧分解能 1 マイクロボルト程度で IP 現象を測定できるものを用いる。非分極性電極としては鉛-塩化鉛電極が作業性の点から良いとされる。</p> <p>&lt;判定法&gt;                  比抵抗分布と充電率分布から判定される。粘土化を伴う断層破碎帯の場合、通常は低比抵抗・高充電率となる。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                  低比抵抗のため比抵抗だけでは探査の難しい地盤でも、充電率にコントラストがあれば詳細な構造を探査できる。</p> <p>&lt;精度&gt;                  幅の小さい破碎帯は、比抵抗分布では形状がぼやけることが多いが、IP 映像法では明瞭に捉えることができる。個々の精度については諸条件で変化するため言及することは困難。</p>	
<p>測定概念図</p> <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p> <p>(a) 比抵抗分布</p> <p>(b) 充電率分布</p> <p>比抵抗及び充電率分布断面図</p>	
<p>基準・要領の有無</p>	<p>無</p> <p>基準・要領：                  参考資料：島裕雅・梶間和彦・神谷英樹編、建設・防災・環境のための新しい電気探査法 比抵抗映像法、古今書院、1995</p>	

<p>名称</p>	<p>防災（活断層）対象の重力探査</p>	
<p>目的</p>	<p>断層位置</p>	
<p>原理・測定法及び判定法</p>	<p>&lt;原理&gt;                      重力は地球の質量による引力と自転による遠心力との合力であり、地上では980Gal (1Gal=1cm/s<sup>2</sup>) 前後の値をとる。重力は、地球が完全な球体で、回転せず、内部の密度が一樣であれば地球上のどこでも同じ値になるが、地球は内部が不均質な回転楕円体であり、しかも表面には山などの起伏があるため、それらの影響を受けて場所によって異なった値になる。重力探査はこの重力を測定・解析する。</p> <p>&lt;測定法&gt;                      調査領域の適切な位置に測線を設定するか、あるいは領域全体に、グリッド状の測点を設けて重力計により測定する。しかし、実際には、道路沿いや障害物を避けて測定を行うなど、必ずしも規則正しい測定点配置はなされない。測定点は、重力測定と前後して適切な精度の測量を行って、水準や位置を定めておく必要がある。対象深度が数百～数千mの場合の測定点間隔は目的に応じて100～500m程度が設定され、対象深度が数m～数十mのマイクログラビティ探査では、対象深度と同程度の測定点間隔とすることが多い。使用される重力計は約0.1 mGal以上、マイクログラビティ探査では数μGal以上の精度を持つものが必要である。なお、マイクログラビティ探査では測量精度を上げる必要があり、水準測量数mm、水平測量10cm程度の精度が必要。</p> <p>&lt;判定法&gt;                      測定重力値に対しては地下の密度分布の不均質以外の要因（ドリフトや大気圧、高度や測定点周辺の地形の影響など）に関する補正を行って、地下の密度分布だけを反映する重力異常（ブーゲ異常）を求め、それを基に地下構造を解析する。断層運動によって地層が上下方向に大きくずれていると、断層を境にしてその密度分布も異なるので重力異常として検出できる。重力異常の大きさは広域的なもので数十mGal、局所的なもので数分の1 mGalから数mGal程度である。</p>	
<p>適用範囲・精度</p>	<p>&lt;適用範囲&gt;                      他の手法にくらべて比較的経費が安く、測定自体はさほど時間がかからないことから、大規模な地質構造の把握を目的として広い範囲に対処できる。反射法地震探査、2次元比抵抗探査などが適用しにくい地域などでは概査としても行われる。また、マイクログラビティ探査では断層位置の特定や空洞探査、埋設物探査などにも適用される。</p> <p>&lt;精度&gt;                      大きな建造物や地形が急激に変化する箇所は影響が大きいなど諸条件で変化するため言及することは困難。</p>	
<p>測定概念図</p>  <p>測定概念図</p>	<p>測定出力及び調査実施例</p>  <p>マイクログラビティ調査結果図</p>	
<p>基準・要領化の有無</p>	<p>無                      基準・要領：                      参考資料：物理探査要領作成委員会、物理探査適用の手引き、物理探査学会、2000.3</p>	