

音響トモグラフィを用いた構造物設備診断技術

ÅÀœ"ä/z]i Qg]i Yägä]- ¶"ÜÀœä
äpā Ìi Å- z² aO qä äí gäÜzÄ O² ¶YÝ

榊原 淳一 SAKAKIBARA Junichi

しい情報を入手できるユニークな手法である。本手法を構造物設備診断に適用するため、センサーの小型化(10g)、周波数特性の改善(15kHz~80kHz)と計測・解析システムの自動化、高速化を行った。本システムを用いた実証実験では、コンクリート梁内部の速度分布において、曲げ試験によって発生した亀裂部分での速度低下(0.4~0.8km/s)が認められ、また、人工的に亀裂を発生させたH鋼では速度低下だけでなく振幅の減少(1/10)を確認することができ、本システムが構造物設備診断に適用可能であることが分かった。

] YÄQgm

%z]i Qg]i Yägä]- ¶"ÜÀœäYÄ² äi zä² qzÜ Üi² qä² öz Yäe Qe]² j- zae] qäö oçoaYägoÜQzäÜzqä äöe oäzY]Qae]² aO qä Üi Qä
ÜzQg]iözü zäp]äÄäœää- zae] qä äí i Å- z² aO qä äí gäÜzÄ O² ¶YÝ Yägä]² YÜÀœzä z² äe ÄÜözqä]i² ö² Yczqä
Qpā aO qä², epā &üfāi e] Qäpāzä Ä]² ääozāi ÜQzä] äozāi gäÜzÄ i ä- Qgä- zÖi Üz- z² aO qäÜ]gYé" äöYäe- äÜzä
OYäe ÄÜözqä]ä e e cüzäozāi YÄ² Yé]² äe zä] ÅO a] ÄzÜe]² äö ¶äz- ¶² YÄQg]² äz- ÄzÜe- z² ääö] özqäeQä jö Ozäz] gäeä
e aÜgäÜzqäÄÜä] äofā] zO ä zg]- zYä] özÜpE, pEä - äYäO qä jö OzäO Äe qzäe]i" oäÜg' zqäÄÜä] äwä zO ä zg]- zYä
Y- OeÜä] p] äeozYäÜzY äÄÜ] özäeQäœä² zöä- zae] qäö OäÄÄeQ] eäpā] zäi Yzqä] ääozāi i Å- z² aO qä äí gäÜzÄ
qO² ¶YÝE

1. はじめに

構造物や地盤を非破壊で可視化することは、構造物の健全性や地盤の安全性の評価を行う上で大変効果的である。しかし、医療用CTや資源開発に用いられる地震探査に代表地廟蔵方 味テ 嬰

い(地震探査),(5)得られる情報と実際の関連づけが難しい,(6)コストが割高という短所もあり、医学以外の分野では技術の浸透が進んでいないのが現状である。

JFEシビルは、1991年から米国マイアミ大学と共同で、海中探査に用いられる特殊な音響信号をベースとした「音響トモグラフィ」と呼ばれる地盤探査手法^{1,2)}を開発してきた。この音響トモグラフィは、「制御された高周波数の弾性

”。

2. 音響トモグラフィについて

2.1 音波を用いた探査手法における位置付け

señalに音波を用いた主な探査技術を、計測精度と計測範囲について分類して示した。同図から計測精度は計測周波数に反比例し、計測範囲は周波数に比例することが分かる。たとえば、計測周波数10Hz~100Hz程度の低周波領域を用いる地震探査は、計測範囲は100m~1km、計測精度は10m程度、計測周波数1MHz~1GHzの超音波領域を用いる超音波診断では計測範囲は~10cm、計測精度は1mm~1cmである。

これらの領域の中間に位置する音響波(可聴)領域は

0.1~2 m程度の計測精度を持つため、地盤調査に用いるには都合がよいが、従来はこの音響波領域を用いた計測は海洋調査以外で用いられることは少なかった。これは、音波は地中においては(1),(2)式に示す粘性減衰により、周波数に指数関数的に比例した減衰が起こるため、現場に適用するには計測範囲が不十分(たとえば、飽和した砂層中では1 kHzで数メートル程度)であったことが理由である。

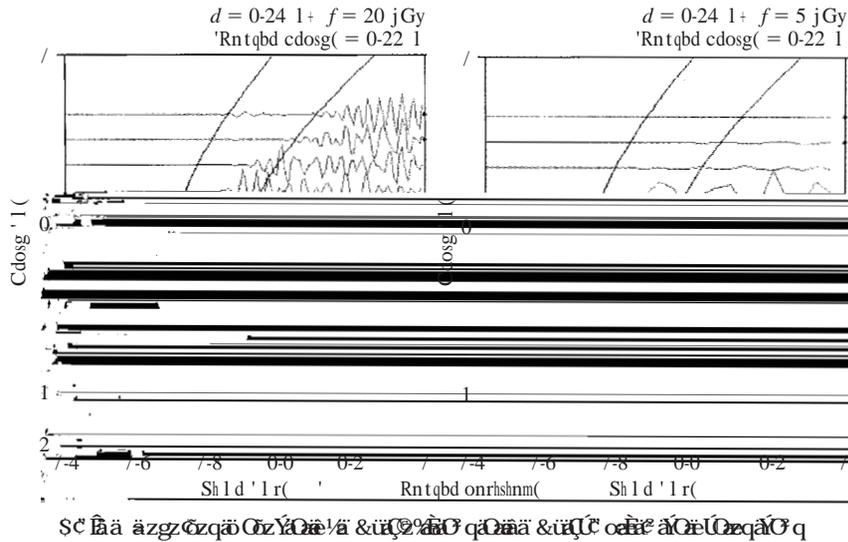
$$A = A_0 \cdot \exp(-\alpha \cdot r) \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha = (Q^{-1} \cdot f) / V \dots\dots\dots (2)$$

A: 受波振幅, A_0 : 発振波振幅, f : 発振周波数,
 r : 伝播距離, Q^{-1} : 減衰率, V : 音速

本論文で述べる音響トモグラフィは、「精度が良い」という音響波



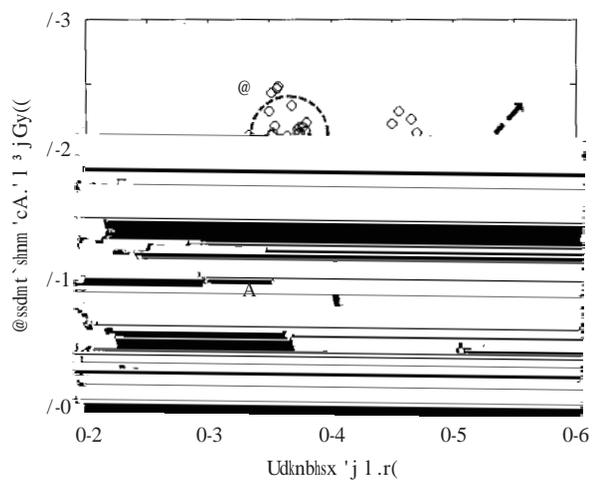


計測範囲数 10 cm のコンクリート構造物まで寸法に関する制約をほとんど受けない。

2.3 地盤調査におけるこれまでの実績

SCIA は東京湾沿いの埋立地において実施した地盤調査の例であり、速度と減衰率分布の計測例（計測距離 66 m, 55 m, 計測深度 65 m）をボーリング結果および標準貫入試験結果（JIS A 1219）と比較して示した。速度分布図からは速度 1.5 km/s 以上の砂層と 1.5 km/s 以下のシルト～粘性土層、減衰率分布から G.L.-30 m, G.L.-60 m 付近の地中ガスの存在が見て取れる。速度分布図における地層境界と実曲線で示した標準貫入試験結果が良く一致していることが分かる。

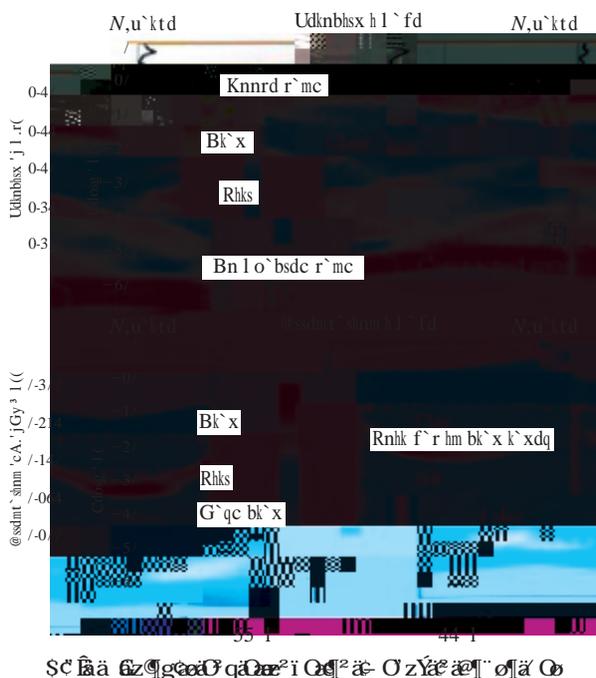
SCIA は断面内の同位置における速度と減衰率の値を比較して示したものである。断面内の地層には、波線矢印で



示す「高速度 - 高減衰率」 - 「低速度 - 低減衰率」と、実波線で示す「高速度 - 低減衰率」 - 「低速度 - 高減衰率」の 2 つの傾向が認められるが、これは前者が砂と粘性土の違い、後者が飽和土と不飽和土の違いを表していると考えられる。また、音速が同じであるため評価・分離ができない有機ガスによる低速度部 A と粘性土による低速部 B の違いも明瞭に判断できることが分かる。

3. 構造物設備診断への適用

音波を用いた構造物設備診断には、従来技術としてハンマーなどによる打撃音の評価、または UT に代表される超音波探触子を用いた反射波や屈折波の計測がある。無限遠を仮定できる地盤とは異なり、構造物には寸法による境界条件があるため、計測対象物の寸法に依存した周波数（波長）を選択する必要があり、周波数の制御ができない打撃音では計測できない場合がある。また、超音波探触子とパルス波を組み合わせた発振方法は、超音波の減衰が激しい



4. まとめ

地盤調査手法として開発した音響トモグラフィを構造物設備診断に適用するために、センサー、計測・解析手法の

確認できたが、き裂の影響により亀裂のないH鋼と比較して、1/10程度の振幅しかないと分かる。