

CS - 19

横波弾性波を用いたコンクリート表層劣化部の 同定法に関するBEM-FEM結合解析

熊本大学大学院 学生会員 ○福本 進也
熊本大学工学部 正会員 大津 政康

1. はじめに

コンクリート構造物に生じる欠陥は様々であるが、これらの欠陥を評価するための方法が、従来よりいろいろ検討されてきた。しかしそれらの多くは、いまだ開発途上にあり効果的かつ簡便な方法の開発が必要である。そこで著者らは、横波弾性波（SH波）を用いて、コンクリート表面の劣化程度を図-1のような伝播経路を考慮して評価する手法の開発を目的とし、その解析手法に有限要素法と境界要素法を用いた結合解析を開発中である。本論文ではその解析手法を、弾性非定常問題に適用した。結果について報告する。

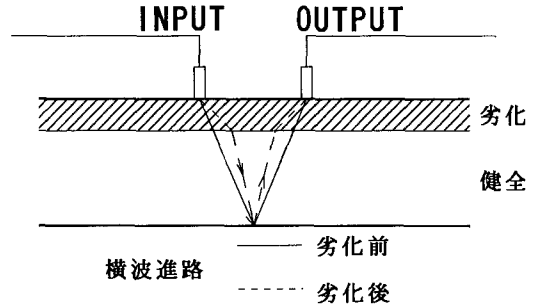


図-1 手法概要

2. BEM-FEM解析

図に示す結合領域において、BEM領域Dについて考える。領域Dの境界 $B=B_{b1} \cup B_{b2} \cup \Gamma$ を境界要素分割すると、BEM領域における定常解を離散化し節点力を考慮することにより、次のようなマトリックス表示を得る。

$$K_b u_b = F_b \quad (1)$$

ここで u_b 、 F_b はBEM境界B上の全節点変位および節点力ベクトルであり、また K_b は、BEM領域の剛性マトリックスである。次に、FEM領域A（境界 $S=B_{f1} \cup B_{f2} \cup \Gamma$ ）についても要素分割すると、その平衡方程式は次のような形で表される。

$$K_f u_f = F_f \quad (2)$$

ここで、 u_f 、 F_f はFEM領域A内の全節点変位および節点ベクトルであり、また K_f は、FEM領域の剛性マトリックスである。BEM領域における式とFEM領域の式は全く同型としていることより、結合境界 Γ における応力および変位の連続条件は、

$$u_b = u_f \quad (3) \quad t_b + t_f = 0 \quad (4)$$

となることにより、

$$K u = F \quad (5)$$

となり、(5)を与えられた境界条件のもとで解くことによって不均質な場を含む領域に対する定常場の結合解析が実行される。非定常問題の解析には、以上の方法により各周波数に対する複素数解を求め、入力波を考慮して逆フーリエ解析を行った。

3. 解析の結果および結果の考察

本研究では、表層部をFEMそれ以外をBEM解析する。今回は、解析精度の検討もかねて既存の文献の解析モデルとして図-3のようなくさび型のモデルを用いた¹⁾。半無限境界の長さを30cmとして計算し、S

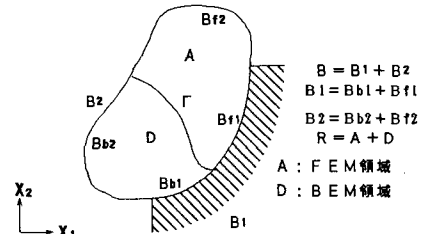


図-2 結合領域と境界

H波をモデル下方から垂直入射させて境界上の応答振幅を求めた。なお劣化は、FEM部分の波速をBEM部分の波速に対して小さくさせることによって考慮した。ここで、FEM部とBEM部の波速の比を α とおく。図-4, 5は、 α が1.0, 0.7の時の節点141での応答スペクトル図である。 α が0.7のとき70kHz付近に1.0のときには見られない顕著なピークが存在しているの

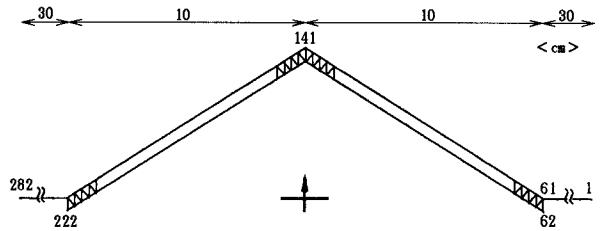


図-3 解析モデル

で、このピークが、劣化の影響を受けて生じたものであることがわかる。そこで、Tp (pulse 継続時間) の異なる二種類の Ricker-pulse を入力波として非定常波形を求めた。図-6~9は、節点141でのそれぞれの入力波に対してFFT法で計算した結果である。図-6, 7を見ると入力波が低周波数成分のため、二つの図は非常によく類似しており図-5に見られるピークの影響を受けていない。しかし、図-8, 9を見ると二つの図は明らかに異なっており、明らかに劣化の影響を受けていると考えられる。このことから、Tpの値は、劣化の影響の有無に大きく依存し、横波弾性波の入力周波数の選択が表層劣化部の検出に重要なことがよくわかる。

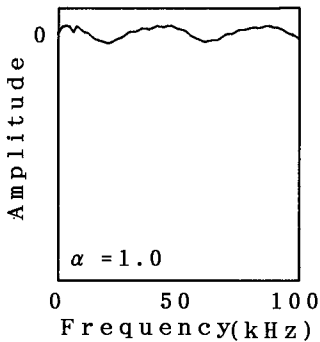


図-4 劣化前応答スペクトル

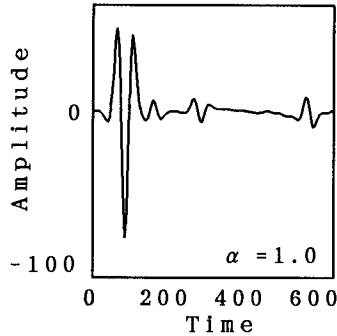


図-6 変位応答(Tp=50 μsec)

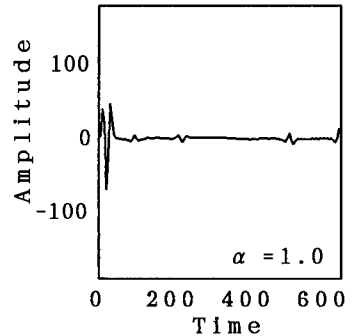


図-8 変位応答(Tp=25 μsec)

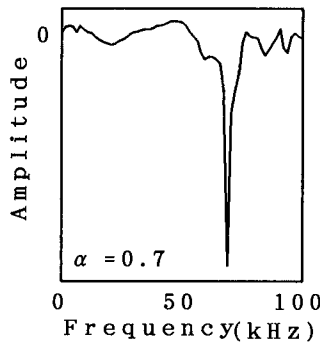


図-5 劣化後応答スペクトル

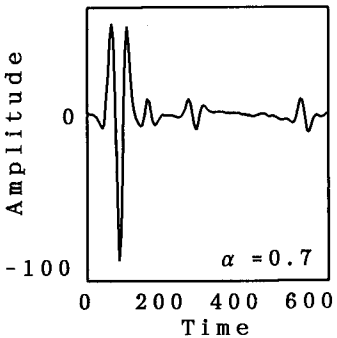


図-7 変位応答(Tp=50 μsec)

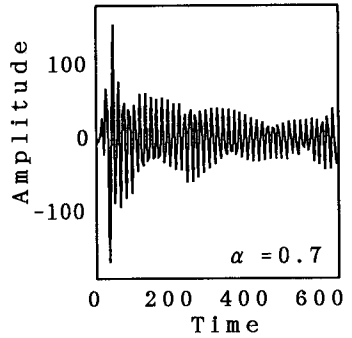


図-9 変位応答(Tp=25 μsec)

<参考文献>1) FRANCISCO J. SANCHEZ-SESMA: DIFFRACTION OF ELASTIC WAVES BY WEDGES, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 75, no. 5, pp. 1435-1446, October 1985