

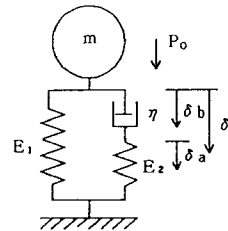
I-451 人工築島を利用した大深度地中連続壁の周波数応答解析

室蘭工業大学 正員 松岡 健一, 岸 徳光
 日本大学生産工学部 正員 能町 純雄
 北海道開発局 正員 和田 忠幸
 (株)メイセイエンジニアリング 正員 小針 憲司

1. はじめに 近年施工技術の進歩により、堅固な基礎地盤が地下百m程度に位置するような軟弱地盤地域においても、大規模土木構造物の基礎工の施工が行なわれるようになった。ここでは、この一つの例として海中に人工島を築いた上で連続地中壁工法により大深度基礎を施工する時の地震時安定性を検討することを目的として、地盤を含めた地中連続壁構造本体の周波数応答解析を行なった。解析は有限プリズム要素を用いて行なっている¹⁾。また、減衰定数に関しては Rayleigh 減衰モデル等が考えられるが、ここでは以下に述べるように新たな三要素モデルを提案し、これに基づいて減衰定数を設定している。

2. 三要素モデルを用いた振動方程式の定式化 通常の振動解析において、減衰定数は Rayleigh 減衰を基本にして決定しているものと考えられるが、これは、固有振動数、あるいは弾性波の波動伝播速度が無限小、あるいは無限大時に減衰が無限大となり、振動あるいは波動伝播現象が現れないことを意味している。

本論文ではこのような矛盾を改善するために、以下に示すような Kolsky²⁾ によって示された三要素モデルを用いた減衰定数の評価を試みた。図-1 に示すような一質点系の三要素モデルを考える。全体の変位を δ 、 E_2 部、 η 部の変形をそれぞれ δ_a 、 δ_b とすると、次のような関係式が求まる。



$$\left. \begin{aligned} E_1 \delta + E_2 \delta_a &= -m \ddot{\delta} + P_0 \\ E_2 \delta_a &= \eta \dot{\delta}_b \\ \delta_a + \delta_b &= \delta \end{aligned} \right\} \dots (1) \sim (3)$$

また、 $\omega^2 = E_1 / m$, $c = \eta / E_2$... (4), (5)

式(1)～(5)を整理すると、次の運動方程式が求まる。

$$\ddot{\delta} + 2h\omega \dot{\delta} + \omega'^2 \delta = \frac{P_0}{m} \quad \dots (6)$$

ここで、減衰定数 h および ω' は

$$h = \frac{\omega c}{2 \{1 + (\omega c)^2\}} \frac{E_2}{E_1} \quad \dots (7)$$

$$\omega' = \omega \sqrt{1 + \frac{E_2}{E_1} \frac{1}{\{1 + 1/(\omega c)^2\}}} \quad \dots (8)$$

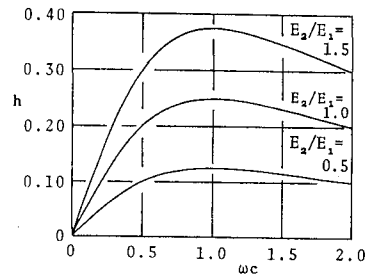


図-2 hの分布図

図-2には、 ωc と E_2 / E_1 をパラメーターにしたときの h の分布について整理している。図のように、減衰定数 h は中間部でピークを示すものの、この部分を境として固有振動数が減少する方向と増大する方向に減少する関数となっている。

3. 任意四辺形リング要素を用いた周波数応答解析式の定式化 図-3 に示すような任意のリング状アイソパラメトリック四辺形プリズム要素を考え、歪と変位の関係を考慮し、有限フーリエ変換を行ない仮想仕事の原理を用いて要素の運動方程式を誘導し、周期的地震波を入力する。ここで、固有角振動数、固有モードを求め基準関数を導入して直交性を考慮すると、一質点系の振動モデルに置換することができる。さらに、これを

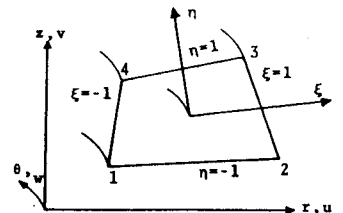


図-3 四辺形リング要素

2.1 で提案している三要素モデルに適用し解析を行なう。紙面の関係で解析式は省略する³⁾。

4. 数値解析例 数値解析例として、現在室蘭港に建設中の白鳥大橋主塔基礎部の各施工段階のうち、地中連続壁内部を最終掘削し一部基礎体を打設した状態を取りあげた。図-4はこれのメッシュ図を示している。また、減衰定数に関しては、最低次固有値に対する減衰定数を $h=0.1$ と仮定し、 E_2/E_1 を1.2 変化させて数値解析を行なっているが、ここでは一つのケースのみ示す。また解析は全て基礎部に 100gal の複素振幅波を入力した場合の結果について整理している。

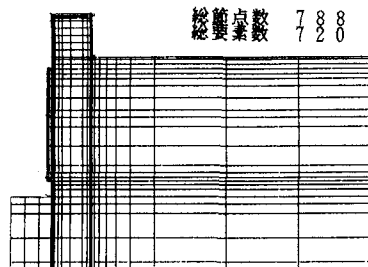


図-4 メッシュ図

図-5は、 $E_2/E_1=1.5$ とした場合の加速度と z 方向応力の周波数応答関数を示している。 $E_2/E_1=1.5$ の場合には、高次の固有値に対応する減衰定数も大きくなり($n=30$ で $h \approx 0.3$ 程度)、減衰の影響を受け

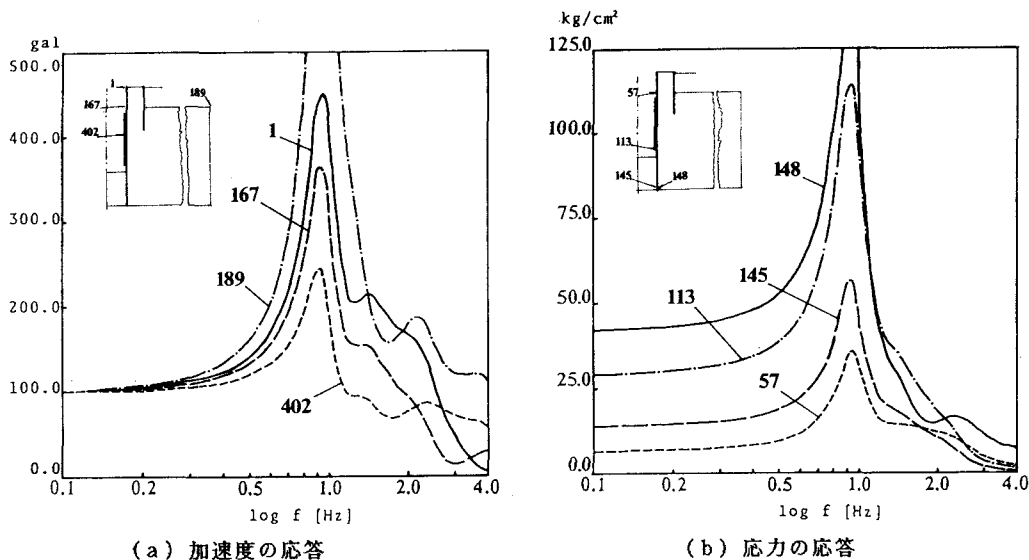


図-5 $E_2/E_1=1.5$ とした場合の周波数応答関数

比較的滑らかな曲線となっている。加速度、応力とも0.9Hz付近でピーク値を示している。節点189での加速度は、構造体の中心より150m離れた海底面でのものだが、最大ピーク値(約0.9Hz)で約900galもの値をとるが減少も著しく、1.7Hzで約50galとなっている。また連壁の加速度は、頂部の方が大きく、底部に向かう程小さな応答を示している。

応力 σ_z に関しては、やはり0.9Hz付近で加速度と同様鋭いピークを示し、周波数の増加とともに急激に減少している。また、連壁最深部の応力は外側(要素番号148)で大きな値を示し、1.0Hzより小さな周波数では曲げとともに大きな軸力を受けることを示している。

4. おわりに 人工築島を利用した地中連続壁構造体の地震時安定性について検討を行なうことを目的として、地盤を含めた各施工段階の地中連続壁構造本体の周波数応答解析を行ない、設計上重要と思われる箇所を中心にして加速度、応力等の周波数応答関数の作成を行なった。また減衰定数に関しては、Kolskyによって示された三要素モデルを提案し、これに基づいて減衰定数を設定して解析を行なった。本モデルの定式化によって、より合理的な減衰定数の設定が可能になったものと考えられる。

※参考文献 1) 村澤: 軸対称リング要素を用いた築島構造物の静的・動的解析, 室蘭工業大学卒業論文, 1988. 2) Kolsky: Stress Wave in Solids, Dover Publication, 1963. 3) 能町他: 大深度地中連続壁構造体の周波数応答解析, 北海道支部論文報告集, 第45号, 1989.