

名古屋大学工学部 正員 富樫 重  
電々公社 正員 中西 信輔  
名古屋大学工学部 正員 川本 勝万

1. 序 近年、多く建設されるようになった海底トンネル等の長大な地下構造物は、一般に軟弱地盤に横たわり、また、軟弱地盤下の比較的硬い地層と斜交する場合が多くみられる。このため、この種の地下構造物の耐震性を検討するには、地盤軟弱性に加えて、地層斜交性を考慮に入れねばならないが、これまでの研究の多くは、地盤軟弱性に関して扱ったものが多く、斜層地盤に関する研究は少ない。そこでここでは、地盤の斜地層の傾斜度、地盤の振動特性に与える影響を検討することにし、また、既に建設された名古屋港下の導水トンネルの周辺地盤についても検討を加えることにする。

## 2. 解析モデル

ここでは、二つの解析モデルを扱う。一つは、傾斜の度合の地盤振動性状への影響を把握するため、軟弱層と硬層との傾斜境界をもつとした、図1に示されるモデル斜層地盤である。他の一つは、図2に示される名古屋港付近地盤

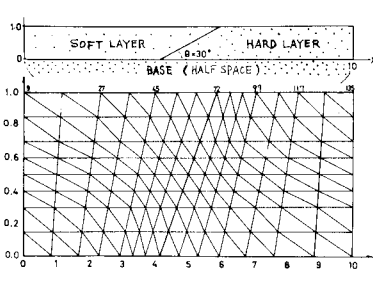


図1 モデル傾斜地盤

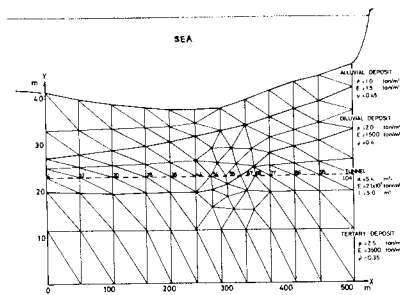


図2 名古屋港付近地盤

である。地盤材料定数については、モデル斜層地盤の場合、基盤層の諸数値を無次元化して、密度 $\rho$ 、S波位相速度を $V$ として、硬層  $\rho = 1$ ,  $V = 0.2$

軟弱層  $\rho = 1$ ,  $V = 0.63$

基盤  $\rho = 2.5$ ,  $V = 1$

とし、また名古屋港付近地盤の場合、図1中に示した。解析は、二次元FEMを用い、各モデルにおけるメッシュは、図1、図2のようにした。また、モデルの境界においては、基盤側には Lysmerの粘性境界を、地盤両側方には、仮定の境界を、各々想定した。これらのモデルにおいて、鉛直下方より上昇する半単位振幅をもつ調和入射平面S波に対する、地盤各部の応答を求めた。

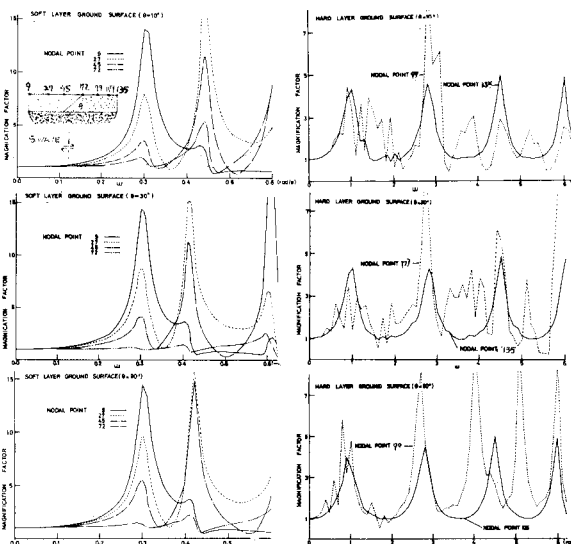


図3 地表面応答倍率(軟弱層)

図4 地表面応答倍率(硬層)

## 3. モデル斜層地盤の解析結果

図2に示されるモデル地盤において、傾斜角 $\theta$ を、 $10^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ 、と5段階に変えて、地盤各部の応答を求め、その結果を図3～図6に示す。地盤が軟弱層のみから成っている場合、固有振動数は、 $W = 0.3$  であり、また応答倍率は  $AMP = 12$  であり、硬層のみの地盤の場合には、 $W = 1.0$ ,  $AMP = 4$  である。地盤が、傾斜境界面を挟んで軟弱層と硬層とから成ると、軟弱側地表面の応答倍率、硬層側のそれが、各々示された図3、図4からわかるように、基準振動数周辺にも、応答倍率をピークにらしめる振動数が生じる。軟弱側においては、特に顕著にその振動数が  $W = 0.4$  で現われている。軟硬層境界

に接近するほど、軟弱層本来の固有振動数での応答倍率は、低下するが、新たに生じたと考える固有振動数  $\omega=0.4$  では、応答倍率は増加する一方、境界面のごく付近では、逆に、減少している。この現象は、傾斜面  $\theta$

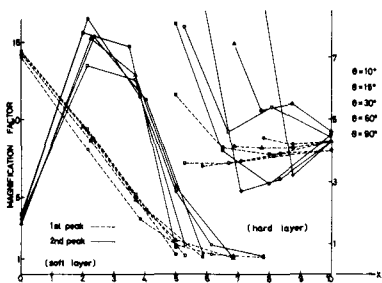


図5 応答倍率値の地表面分布

すべての場合の傾斜角に於いてみられることから、軟弱層が境界を跨して横たわる硬層の影響をうけることと考えられる。一方、硬層においては、軟弱層に接近した地表面では、軟弱層の場合のように、新しい固有振動数が顕著に生じていないけれども、応答倍率のカーブは、かなり乱れている。これは、軟弱層の振動が、硬層の一部に関与するためである。以上のことをより鮮明にみるために、軟層において第1番ボー7 ( $\omega=0.3$ )、第2番ボー7 ( $\omega=0.4$ )、硬層において第1番ボー7 ( $\omega=1.0$ )、第2番ボー7 ( $\omega=3$ ) の各値を、地表面各点でプロットして、図5に示す。この図より、軟弱層の第1番ボー7が、境界に接近する地表地点ほど減少し、第2番ボー7が、境界より遠からず近からずの地表地点で最大値となっていることがわかる。このような現象をより一層理解するため、次のように定義された影響率の地中におけるコンターを、軟弱層において  $\omega=0.4$ 、硬層において  $\omega=1.0$  の振動数に於いて、図6に示す。ただし、影響率とは、軟弱層又は硬層の応答倍率と、地盤が軟弱層又は硬層のみから成っていると見たときの応答倍率との差をとり、それを後者の応答倍率で除したものである。図6によると、軟弱層に於いては、硬層がみかけと基盤の如くふるまい、このため、軟弱層は、地中深く地表まで、特に境界面より若干離れた地点において影響をうける。この影響率は、傾斜角にはほとんど関係していない。これに於いて、硬層においては、軟弱層が、境界面付近の硬層に及ぼす影響は、わずかであり、またその域はかなり狭はめられている。

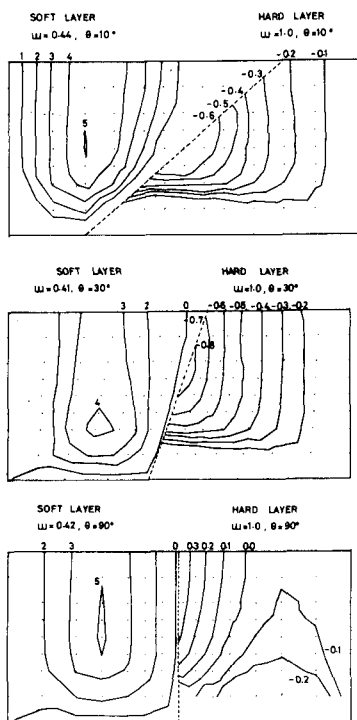


図6 影響率の地中内分布

#### 4. 名古屋港付近地盤の解析結果

図7に、地中の特定線上地点の応答倍率を軟弱層、境界付近、硬層ごとに整理して示す。地点が軟弱層から境界に接近するに従って、応答倍率及び固有振動数は減少している。また地点が硬層に入り境界より遠ざかる場合も同じである。これは、図2の右端地盤と左端地盤では、右端地盤の剛性が高いため、前章で述べられた理由から明らかである。次に、水平単位長さあたり、硬層と軟弱の境界を介して、応答倍率の変化率を求め、低振動域では、大略、30m 離れの距離で応答倍率が1程変化する。これより、単位あたりでは、0.015 である。この値は、鉛直方向の応答倍率値変化と比べて小さいので、あまり問題になる量ではないと判断される。

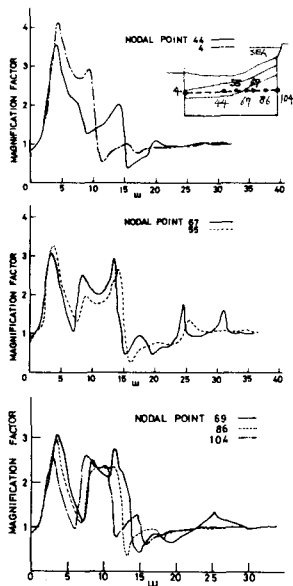


図7 地中の応答倍率

5. 結言 傾斜層地盤の振動特性と傾斜度について考察した結果、傾斜面が軟弱層に影響を与えるが、極めてゆるい傾度の場合、その影響は、無視できる。なお、本研究は、文部省自然災害特別研究(1)(代表者：東大生研、久保慶三郎教授)の一部であることを併記する。

A. 参考文献 (1) Lysmer, Proc. ASCE EM4/1969 (2) 麓田 佐藤, 4回地震工学シンポジウム (3) 川本, 土木学会臨時集議, 1976