

埼玉大大学院 学生員 ○佐藤 靖彦
埼玉大工学部 正員 川上 英二

1. まえがき

長大地中埋設構造物の耐震性は2地点間の地盤の相対変位・平均ひずみに大きく影響されるため、ひずみの正しい評価が必要である。従来、地盤のひずみ振幅は各地点でのパワースペクトルより地震波を変形せずに伝播するものと仮定して推定されている。著者らは、地震波が伝播する場合に波形の変形が生ずるという実験結果に基づいて、この波形変形を考慮した場合、2地点間の相対変位・平均ひずみはこの影響を考慮しない場合と比較してどの様な違いが生ずるかを解析的に検討を加えている。ここで波形が変形しなから伝播する原因には大別して、(1)地盤構造の不均一性等の理由により各観測点での波形の相関が減少する場合、(2)表面波のように位相速度が周期によって異なるという分散現象の場合とが考えられる。前者の要因に関しては前大会¹⁾で報告を行ったが、今回の研究は後者の分散性をもつ波動による相対変位・平均ひずみの特性について解析・検討を行う、にものである。

2. 分散性を有する波動

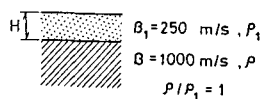
表面波の場合の波形の変形は各周期成分の位相速度が異なるために生ずるものであり、長周期成分の位相速度は基盤内のS波速度に近く、短周期成分の位相速度は地表面付近のS波速度に近いという性質をもっている。²⁾ ここでは図-1の様な厚さ $H=0, 100, 200, \infty$ mの表面層を持つ地盤を考えた。この地盤に対するLove波($H=0, \infty$ mではSH波)の基本モードの分散曲線は図-2に示すように求められる。各地点での波動のパワースペクトル $S_T(\omega)$ はすでに求められた一定の関数であると仮定すると、分散性をもつ波動の2地点間のクロススペクトルは次式のように表わされる。

$$S_{XT}(x_0, \omega) = S_T(\omega) \exp(-i\omega x_0 / c(\omega))$$

ただし、 x_0 は2地点間距離であり、位相速度 $c(\omega)$ は角振動数の関数である。ここでは、加速度パワースペクトルにGoto-Kamedaの式³⁾を用い、図-3(a)~(d)にはそれぞれ表層厚が $H=0, 100, 200, \infty$ mである場合の相互相関関数 $R_{XT}(x_0, \tau)$ を示してある。図-3(a), (d)は位相速度が振動数によらず一定の場合であり、相互相関関数の最大値は自己相関関数の最大値と等しい。一方、図-3(b), (c)は位相速度が振動数により変化する場合であり、分散により相互相関関数の最大値が自己相関関数の最大値より小さくなっている。

3. 分散性をもつ波動の2地点間の相対変位・平均ひずみの特性

分散性をもつ波動について、2地点間の相対変位・平均ひずみのスペク



B, B_1 : 基盤, 表面層のS波速度
 P, P_1 : 密度

図-1 地盤モデル

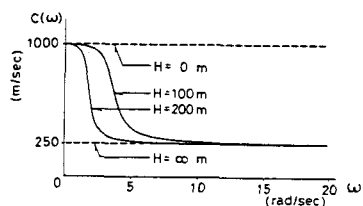


図-2 Love波の基本モードの分散曲線

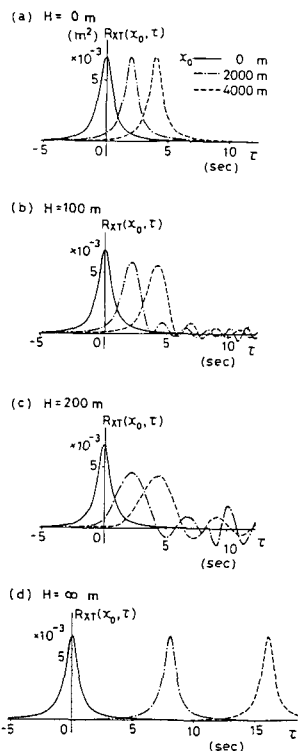


図-3 変位の相互相関関数

トルを求め、さらにそれぞれのr.m.s.値の算定を行った。図-4には2地点間距離 x_0 が25, 50, 100, 200, 400, 1000 mの各場合の平均ひずみスペクトル $sS_{XT}(x_0, \omega)$ を示している。各表層厚の場合とも2地点間距離の減少に伴いスペクトルは特に高振動数で大きくなる。4) $H=100, 200$ mの場合のスペクトルは低振動数において $H=0$ mのスペクトルに近づき、高振動数においては $H=\infty$ mのスペクトルに近づくためスペクトルの卓越振動数は分散性の影響により大きくなる。図-5(a), (b)はそれぞれ相対変位・平均ひずみのr.m.s.値と2地点間距離 x_0 との関係を示している。表面層厚 $H=100, 200$ mの場合のr.m.s.値は2地点間距離 x_0 が短い場合(本例では約100 m以内)ではむしろ $H=\infty$ mの場合の結果に似ており、 x_0 が約400 m以上では $H=0$ mの場合の結果に近づいているが、大体これら両者の間の大きさを示していることがわかる。

4. シミュレーションによる検討

分散性をもつ波動を相関をもつ複数定常確率過程を用いてシミュレーションを行った。図-6はその変位波形の1例である。 $H=0, \infty$ mの場合では波の形が観測位置によらず不変であり伝達時間分だけずれているだけであるが、 $H=100, 200$ mの場合には各成分波の位相速度が異なるため波形が変形して伝わっている。得られた2地点の変位波形より相対変位・平均ひずみ波形を求めそのr.m.s.値を図-5にプロットした結果、理論解と同様な傾向を示した。

5. 結論

各地点でのパワースペクトルがすでに求められた一定の関数である場合に、波動の分散性が相対変位・平均ひずみに及ぼす影響を調べた。その結果、

(1) 分散性をもつ波動による相対変位・平均ひずみの大きさは基盤の位相速度をもつ半無限体と表面層の位相速度をもつ半無限体とに対する値のほぼ間の大きさである。

(2) 相対変位・平均ひずみスペクトルの卓越振動数は波動の分散により大きくなる。この値は、2地点間距離の増加に伴い減少するが、2地点間距離が零に近い付近では速度の卓越振動数よりも大きくなる。

謝 辞 本報告をまとめるにあたり埼玉大工学部久保慶三郎先生、塚田啓行先生に貴重な御助言を頂きました。記して深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤・川上：第37回年次講演会報告集第1部, 1982.
- 2) 高田・安福：第6回地震工学シンポジウム講演集, 1982.
- 3) Goto, Kameda : Proc. 4WCEE, Chile, 1969.
- 4) 川上・佐藤：土木学会論文集, No.337, 1983.(掲載予定)

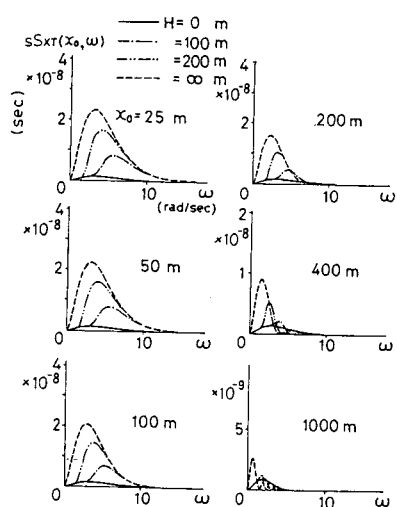


図-4 平均ひずみスペクトル

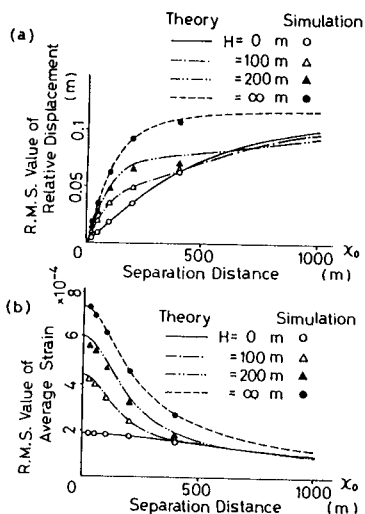


図-5 相対変位・平均ひずみのr.m.s.値

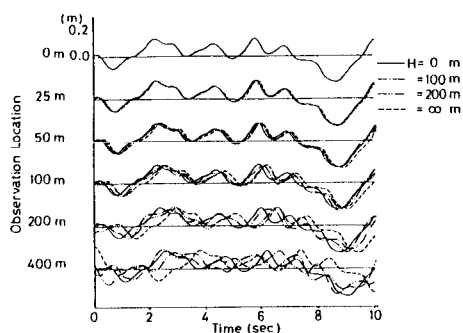


図-6 シミュレーションによる変位波形