

地盤急変部における強震時地盤変位の平面分布モデルとその考察

宮崎大学大学院 学生員 ○織田 隆夫
 宮崎大学大学院 学生員 嶋田 剛
 宮崎大学工学部 正員 原田 隆典

1. まえがき 近年、建設の数が増加してきている地中構造物をより一層耐震的に設計するために、一地点の地震動特性に加えて、多地点間の地震動変位特性に関する工学的情報が求められている。これまでに著者らは、確率的方法を援用して、地震動の場所による変動状態の推定を試みている¹⁾。このモデルを地盤急変部に適用し、地盤急変部と平坦部の最大ひずみを比較することにより、地盤急変部の評価を試みたので、ここに報告する。

2. モデルの概説 本解析で用いる地盤モデルを図-1に示す。地盤急変部BCにおける地盤の卓越周期 T_g (sec)は T_{g0} から T_{g1} に直線的に変化すると仮定する。ここに、 T_{g0} と T_{g1} は平坦地盤ABとCDの卓越周期である。場所による変位変動を規定するパワースペクトル密度関数は、次式で与えられるものとする¹⁾。

$$S_r(k) = \frac{D^2}{b\sqrt{\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{k^2}{4b^2}\right) \quad \text{----- (1)}$$

(1)式において、 D^2 は地盤変位 $r(x)$ の場所に関する2乗平均値(分散)、 b は(メートル)^{1/2}の次元を持つパラメータ、 k は波数である。これまでの著者らの研究により¹⁾、非超過確率 $P=0.37(=e^{-1})$ に対して、 T_g が一定の地盤条件では、次の2式が成立することがわかっている。

$$\log b = -(1.564 \log T_g + 1.971) \quad \text{----- (2)}$$

$$D = r_{\max} \cdot (2 \ln b + 12.219)^{-\frac{1}{2}} \quad \text{----- (3)}$$

(3)式において、 $r_{\max}$ は地盤変位の最大値である。そこで図-2に示すように、 T_g と $r_{\max}$ が地盤急変部で直線的に変化すると仮定すれば、(2)、(3)式より、地盤急変部BCでの b と D は次の2式で与えられる。

$$\log b = -\left\{1.564 \log \left(T_{g0} + \frac{T_{g1} - T_{g0}}{l} \cdot x\right) + 1.971\right\} \quad \text{---- (4)}, \quad D = \left(r_{\max 0} + \frac{r_{\max 1} - r_{\max 0}}{l} \cdot x\right) (2 \ln b + 12.219) \quad \text{---- (5)}$$

(4)、(5)式において、 l は地盤急変部BCの長さ(m)、 x はB地点からの距離(m)である(図-1参照)。なお、添字0および1は、それぞれ区間ABおよびCDでのパラメータを表わしている。(4)式中の (T_{g0}, T_{g1}) の組み合わせとして、Ⅰ(0.25, 0.50)、Ⅱ(0.25, 0.67)、Ⅲ(0.33, 0.50)、Ⅳ(0.33, 0.67)、Ⅴ(0.50, 0.67)の5ケースを考えた。また、(3)式中の $r_{\max i}$ は次式で与えるが、これは応答変位法で変位振幅として用いられている。²⁾

$$r_{\max i} = \frac{2}{\pi} \cdot S_r \cdot T_g \cdot K_R \quad (i=0, 1) \quad \text{----- (6)}$$

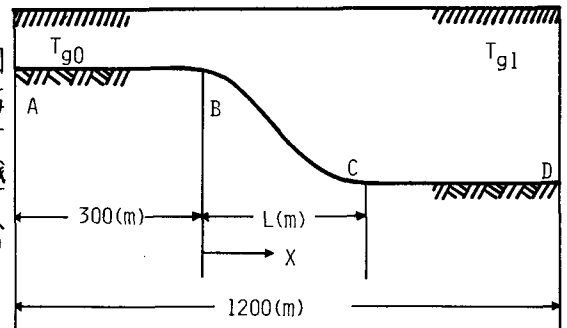


Fig.1 Mathematical Model of Ground and its Notations

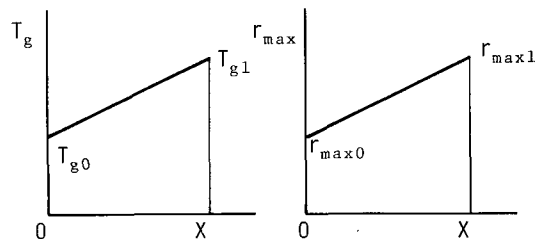


Fig.2 Variation of T_g and $r_{\max}$ with X

Table 1 Value of $r_{\max}$	
$r_{0.25}$	0.004331 (m)
$r_{0.33}$	0.006549 (m)
$r_{0.50}$	0.012159 (m)
$r_{0.67}$	0.016292 (m)

(6)式は地表面での変位振幅を示すものであるが、 S_v は単位震度当りの応答速度(cm/aec), T_g は表面層の卓越周期(aec), K_R は基盤面における設計水平震度である。(6)式中の T_g として、(0.25, 0.33, 0.50, 0.67)の4種類の地盤を与え、 $K_R = 0.15$ とすると、表-1に示すように各々の T_g に対して $r_{\max}(m)$ が得られる。したがって、(2), (3), (4), (5)式および表-1より得られる値を(2)式に代入することにより、図-1に示す地盤の変動を規定するパワースペクトル密度関数 $S_r(k, x)$ を求めることができる。これは、地盤急変部では場所 x に関して非定常となり、地盤変位 $r(x)$ の場所による変動の様子は、次式によってシミュレートすることができる³⁾

$$r(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sqrt{2 S_r(k, x) \Delta k} \cdot \cos(kx + \phi) \quad \text{----- (7)}$$

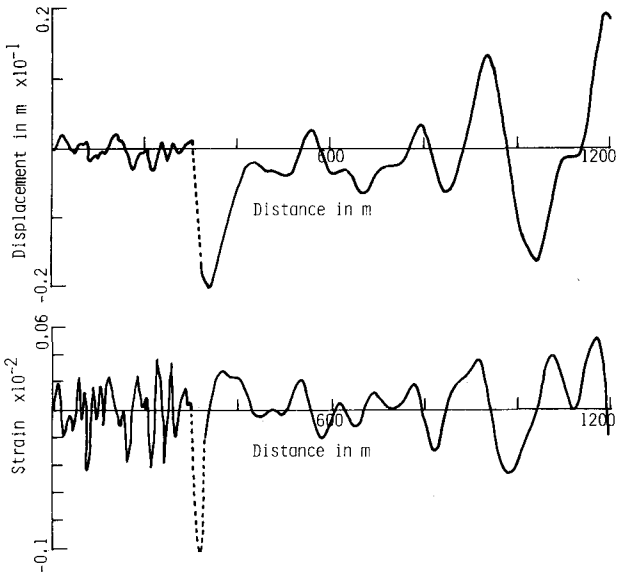


Fig.3 Sample Waves of Spatial Variation of Displacement and Strain

(7)式により計算した一例を図-3に示す。図-3はII(0.25, 0.67)の地盤で、地盤急変部の長さ $l = 24(m)$ として地盤変位および地盤ひずみを求めたものである(図-1参照)。図-3から容易にわかるように、地盤急変部(300~324m, 図-3中に点線で示す)において、地盤ひずみが大きくになっている。そこで、次に、地盤急変部における最大ひずみ ϵ_{line} と平坦部での最大ひずみ ϵ_{re} の比 $n (= \epsilon_{line} / \epsilon_{re})$ を求めることで、地盤急変部を評価した。すなわち、モデル地盤全体の距離を600(m)とし、地盤急変部の長さ $l(m)$ を変えて n を求めることを種々のケース(I ~ V)で行なって図-4を得た。図-4は、5個の乱数による n の平均値を描いたものであるが、次のようなことが読み取れよう。

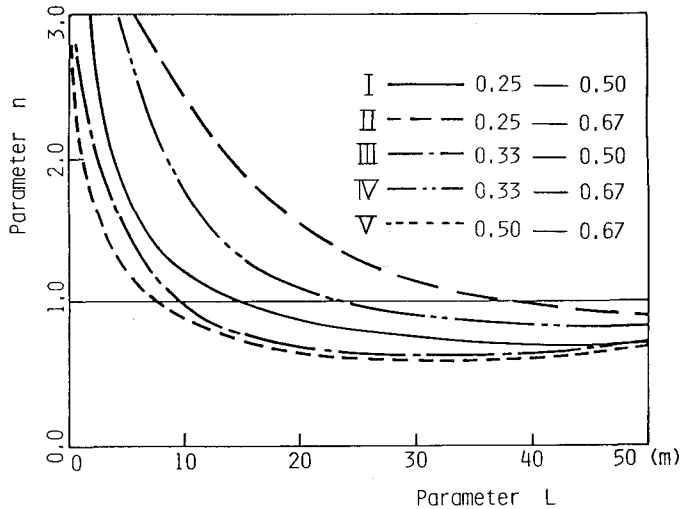


Fig.4 Relationships among L, n and Ground Condition

- 地盤急変部の長さ l が大きくなるにつれて、急変部と平坦部の最大ひずみの比 n は4から0.8に減少する。
- n の減少は地盤条件に大きく支配され、II(0.25, 0.67)のケースが n の値は最も大きく、IV(0.33, 0.67), I(0.25, 0.50), III(0.33, 0.50), V(0.50, 0.67)の順に小さくなるが、 $l \geq 25(m)$ の急変部では、大きなひずみは発生しない。

1) 織田, 嶋田, 原田「地震動変位の工学的平面分布モデルに関する一考察」土木学会第37回年次講演会概要集, I-312 (1982)

2) 久保慶三郎「地震と土木構造物」P.52, 鹿島出版会 (1981)

3) R. Shinozuka, C.-M. Jan "Digital Simulation of Random Processes and its Application" Journal of Sound and Vibration, vol. 25 (1), PP.111-128 (1972)