

不整形地盤におけるひずみ増幅率に関する解析

神戸大学工学部 正員 高田至郎○学生員 永井哲夫

1 まえがき；地中管状構造物の運動は、その周囲地盤各点の運動で近似されることが明らかにされ、かかる構造物の耐震性解析には地盤運動を明確にする必要がある。とくに、不整形地盤に埋設されている構造物には大きなひずみが発生すると考えられる。本文は不整形地盤として剛性あるいは層厚が変化する地盤モデルを設定して、その波動伝播特性の理論解析を行い、剛性あるいは層厚変化部におけるひずみ増幅率を計算した。

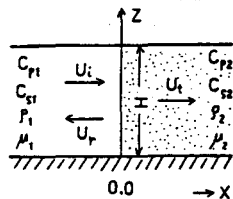


Fig. 1 解析モデル

2 波動伝播解析；(1)地盤剛性変化部の波動伝播解析：Fig.1が解析モデルである。剛な基盤面上に一樣な層厚Hを持ち $x=0$ において弾性率が急変する2種類の地盤が接続しており、 x の正の方向に伝播し x 方向のみの運動成分をもつ定常正弦波が入射する場合を考える。 $x \leq 0$ の領域における表層地盤での物理諸定数および変数の添字を1、 $x > 0$ の領域では2の添字を用いた。波動伝播解析により入射波動 U_i 、反射波動 U_r 、屈折波動 U_t を求め、それを用いて x 方向のひずみを求めて、 x の負方向無限遠でのひずみ、および剛性変化部の地表面でのひずみの、正弦型の単位入力に対する倍率 $Z_1(\omega)$ 、 $Z_2(\omega)$ を求めると次式のように表示できる。

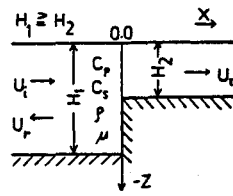


Fig. 2 解析モデル

$$Z_1(\omega) = i \cdot A_1''', \quad Z_2(\omega) = i \cdot A_1'''(1 - A_1) \quad \text{----- (1)}$$

ここに A_1''' は $x \leq 0$ での波数、 A_1 は反射波の振幅を示す。

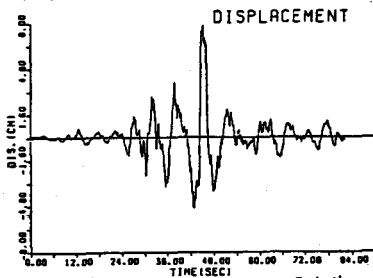


Fig. 3 変位波形 (1968年十勝沖地震室蘭)

そして任意の地震入力 $f(t)$ に対する時間応答は、 $f(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ と $Z_1(\omega)$ 、 $Z_2(\omega)$ との積を逆フーリエ変換した結果として得られ、剛性変化部でのひずみ増幅率が求められる。(2)層厚変化部の波動伝播解析：Fig.2が解析モデルで、段をもつ剛な基盤面上に $x \leq 0$ には層厚 H_1 、 $x > 0$ には H_2 の地盤層があって両者ともに剛性 μ 、密度 ρ 、横波速度 C_s 、縦波速度 C_p とする。 x の正の方向に伝播し x 方向

Table. 1 地震諸元

地震名	発生年月日	記録地点	震力	データ数(個)	Dmax (cm)	マグニチュード	観測時間(sec)
静岡	1965.4.20	清水工場	E-W	1976	1.935 7.18	6.1	0.02
十勝沖	1968.5.16	室蘭	N-S	4476	7.803 44.94	7.8	"
"	"	江戸	E-W	5926	-10.39 36.36	"	"

のみの運動成分をもつ定常正弦波が入射する場合を考え、(1)と同様に x の負方向無限

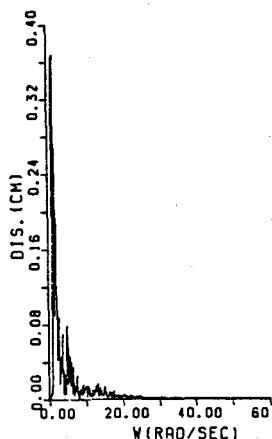


Fig. 4 フーリエスペクトル (1968年十勝沖地震室蘭)

Shirō TAKADA Tetsuo NAGAI

遠および層厚変化部の地表面における周波数応答関数 $Z_1(\omega)$, $Z_2(\omega)$ をそれぞれ求めると次式のように表示できる。

$$Z_1(\omega) = i \cdot a_1^{(n)} \quad , \quad Z_2(\omega) = i \cdot a_1^{(n)} - i \sum_{j=1}^{\infty} A_j \cdot a_1^{(j)} \quad \text{-----}(2)$$

ここで $a_1^{(j)}$, A_j はそれぞれ j 次モードのときの $x \leq 0$ での波数, 反射波動の振幅を示す。
 として (1) と同様の手法を用いてひずみ増幅率を得ることができる。

3 数値計算結果および考察; 地震入力 $f(t)$ として Table.1 に示すデータを用いた。Fig.3, Fig.4 はそれぞれ 1968 年十勝沖地震の時に室蘭で観測された地震波形の変位記録を時間領域および周波数領域で表示した一例である。Fig.5, Fig.6 はそれぞれ剛性および層厚が変化する場合の解析結果を示し、縦軸には入射側地盤に対する変化部でのひずみ増幅率 C を、横軸には $x > 0$ でのせん断 1 次モード固有周期 T_2 と $x \leq 0$ でのせん断 1 次モード固有周期 T_1 との比 T をとった。Fig.5 では $T < 1$ のときは剛性小から大の地盤へ波動が伝播する場合を表示して、 $T \geq 1$ のときは逆方向に伝播する場合を表示している。Fig.6 では $T < 1$ のときは層厚大から小の地盤へ波動が伝播する場合を表示し、 $T \geq 1$ のときは逆方向の場合を表示している。剛性小から大の地盤へ波動が伝播する場合、屈折波動が少なくなり変化部での入射側地盤に対するひずみは増幅され、逆方向に伝播する場合、入射側地盤に対する変化部でのひずみは減衰することがわかる。また層厚小から大の地盤へ波動が伝播する場合、入射側地盤に対しての変化部でのひずみ増幅率を求めているので、ひずみ増幅率がかなり大きくなっている。この結果は、Table.2 に示すように石油パイプライン基準により計算される層厚小および大の地盤での基準水平変位の差つまり相対変位 ΔU_h と固有周期比 T との関係により説明される。一方、層厚大から小の地盤へ波動が伝播する場合には、逆にひずみ増幅率が小さくなっている。この傾向は入射側地盤に対する変化部でのひずみ増幅率を求めていることと、Table.2 の結果より妥当と考えられる。Figs.5,6 から分かるように地震波に含まれる周波数成分によって若干異なるものの、ひずみ増幅率と固有周期比との関係は入力波にかかわらず同様の結果となっている。具体的な波動伝播解析、問題点については講演時にゆずる。

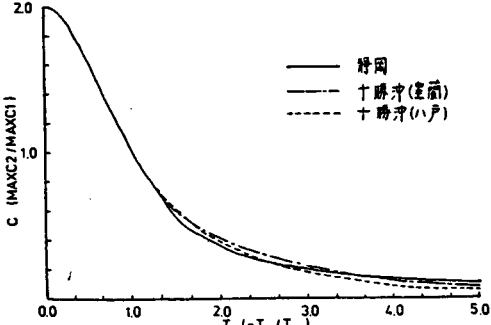


Fig.5 ひずみ増幅率(剛性が変化する場合)

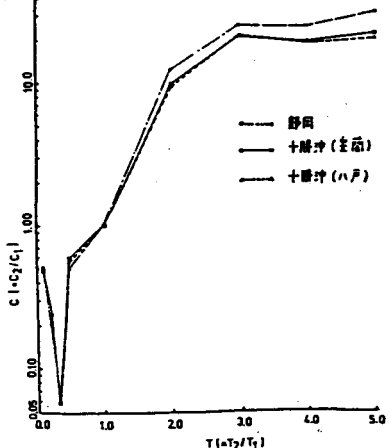


Fig.6 ひずみ増幅率(層厚が変化する場合)

Table.2 設計基準による相対変位

$T (=T_2/T_1)$	0.1	0.2	0.3	0.5	2.0	3.0	4.0	5.0
ΔU_h (cm)	0.55	0.53	0.51	0.43	0.89	1.62	2.35	3.08

(1) 土岐憲三・高田至郎：地盤特性の不連続部における管状構造物の地震応答、土木学会第13回地震工学研究発表会講演概要、1974.7. PP.133~136