

長周期地震の卓越周期に関する考察

正会員 ○鈴木 光雄 1*

長周期地震 Love波 伝達関数
位相速度

1. はじめに

大規模な堆積平野では、堆積層の増幅効果による長周期地震動の危険性が指摘されている。様々な研究者により、詳細な地盤モデルを基にした大規模な長周期地震動が作成されている。これらの地震動は、震源特性、伝播経路、サイトの地盤特性等の様々な影響を受けており、それぞれがどのように地震動の特性に影響を及ぼしているのか判断することが困難である。長周期地震動の提供が限られている中、基本的な長周期地震動の特性を把握することは、建物安全性検討の一助となり、有意義であると考えられる。

長周期地震動は、主に表面波により構成され、特に Love 波の影響が大きいとされている。本報告では基本性状の把握のために、一次元の簡便な地盤モデルを用いて、サイトの地盤特性と Love 波の卓越周期の関係を調べる。

2. Love 波の基本性状

2層で構成される水平成層地盤を伝播する Love 波を考える(図1)。各地層の変位と応力の関係より(1)式が導かれ、Love 波の位相速度 c を求めることが出来る。

$$\tan\left(H\sqrt{k_1^2 - k^2}\right) = \frac{G_2\sqrt{k^2 - k_2^2}}{G_1\sqrt{k_1^2 - k^2}} \quad (1)$$

$$k = \omega/c, \quad k_1 = \omega/V_1, \quad k_2 = \omega/V_2$$

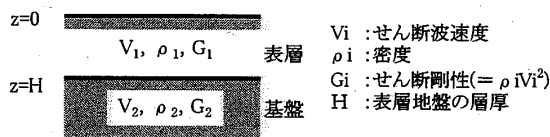


図1 2層地盤モデル

ここで、 ω は円振動数を示す。また、基底面と地表面の振幅の比を示す伝達関数 $F(\omega)$ は(2)式により示される¹⁾。

$$F(\omega) = \frac{\exp\left(-H\sqrt{k^2 - k_2^2}\right)}{\cos\left(H\sqrt{k_1^2 - k^2}\right)} \quad (2)$$

基本性状把握のため、 H 、 V_1 、 ρ_1/ρ_2 の各変数の変化により Love 波の卓越周期および伝達関数の最大増幅率がどのように変化するかを調べる。なお、地震基盤は $V_2 = 3.0\text{km}$ 、 $\rho_2 = 2.7\text{t/m}^3$ と設定した。

卓越周期は Love 波の群速度の極小となる周期(エアリー相)とし、最大増幅率は伝達関数の最大値とした。また、伝達関数が最大増幅率の 1/2 以上となる周期帯を卓越周期帯と定義した(図2)。

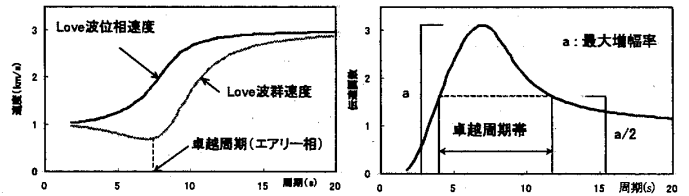


図2 Love波の基本性状

図3~5に解析結果を示す。また、卓越周期帯は卓越周期のグラフにひげを付けて示した。

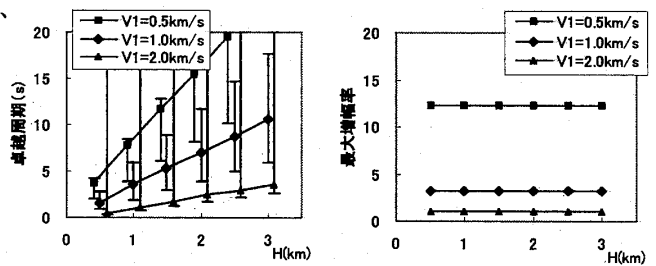


図3 層厚 H = 0.5 ~ 3.0 km

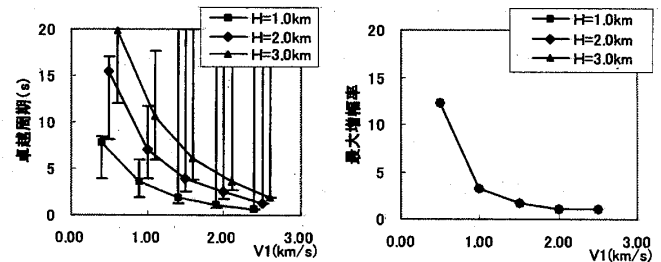


図4 $V_1 = 0.5 \sim 2.5\text{km/s}$

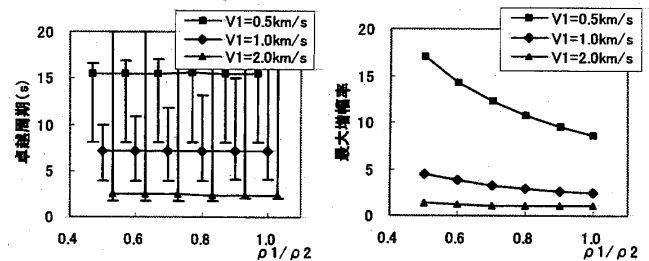


図5 $\rho_1/\rho_2 = 0.5 \sim 1.0$

図3～5より、卓越周期と最大増幅率に関する各変数の相関は概略表1ようになる。ただし、卓越周期帯はやや複雑な傾向を示している。

表1 Love波の相関

	卓越周期	最大増幅率
H	正の相関	ほぼ相関なし
V1	負の相関	負の相関
$\rho 1/\rho 2$	ほぼ相関なし	負の相関

3. 地震観測結果との比較

大阪平野、濃尾平野、関東平野の堆積層の影響による長周期成分が含まれると考えられる2004年9月5日東海道沖の地震を検討対象とする。検討地点は、K-NET観測点のOSK005大阪(大阪平野)、AIC003津島(濃尾平野)、TKY020塩浜(関東平野)とする。各地点の地盤構造は、内閣府の中央防災会議の資料を基に表2のように設定し、多層地盤として伝達関数の計算を行った。比較する各地の観測値は、フーリエ振幅と相関の高い速度応答スペクトルとする。

図6に各地点の伝達関数、図7に速度応答スペクトル($h=5\%$)を示す。各地の卓越周期の傾向がLove波の増幅傾向と概ね一致していることがわかる。また、図6には、各地点の多層地盤構造を(3)式の H' 、 V' 、 ρ' で置換して、

2層地盤(表3)として求めた伝達関数を示した。

$$\left. \begin{aligned} H' &= 0.5H \\ V' &= 0.85 \times \sum_{i=1}^n H_i / \sum_{i=1}^n (H_i / V_i) \\ \rho' &= \sum_{i=1}^n (\rho_i H_i) / \sum_{i=1}^n H_i \end{aligned} \right\} (3)$$

本検討の限られた結果ではあるが、多層地盤の傾向がつかめている。2層地盤へのモデル化により、図3～5のようなグラフから長周期地震の地盤特性を簡便に考察できるものとする。

4. まとめ

本検討は、長周期地震で主要な地震波成分と考えられるLove波の周期に関する基本的な考察を行った。その結果、長周期地震の卓越周期を、一次元の簡便な地盤モデルで把握することが可能であることを示した。

地震動の最大振幅は、伝達関数の最大増幅率によりある程度の評価が可能と考えられるが、さらに重複反射波等の影響を考慮していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 山根尚志、長橋純男：位相差分特性を考慮した設計用模擬地震動作成に関する研究 その6 Love波に関する模擬地震動作成手法、日本建築学会構造系論文集、第622号、PP.73-82、2007.12

表2 地盤モデル

TKY020塩浜				AIC003津島				OSK005大阪			
表出深度(m)	層厚H(m)	Vs(m/s)	密度 ρ (kN/m ³)	表出深度(m)	層厚(m)	Vs(m/s)	密度 ρ (kN/m ³)	表出深度(m)	層厚(m)	Vs(m/s)	密度 ρ (kN/m ³)
0	30	137	16	0	40	128	17	0	9	153	18
30	56	319	20	40	230	270	19	9	21	172	14
86	217	500	19	270	10	500	19	30	223	329	21
303	1128	700	20	280	331	700	20	253	329	700	20
1431	1060	1400	21	611	423	1400	21	583	474	1400	21
2491	990	2400	26					1056	1	2400	26

網掛け部分は、計算に採用した地震基盤

表3 2層地盤モデル

TKY020塩浜		
層厚H'(m)	Vs'(m/s)	密度 ρ' (kN/m ³)
1740	820	22

AIC003津島		
層厚H'(m)	Vs'(m/s)	密度 ρ' (kN/m ³)
517	449	20

OSK005大阪		
層厚H'(m)	Vs'(m/s)	密度 ρ' (kN/m ³)
529	539	21

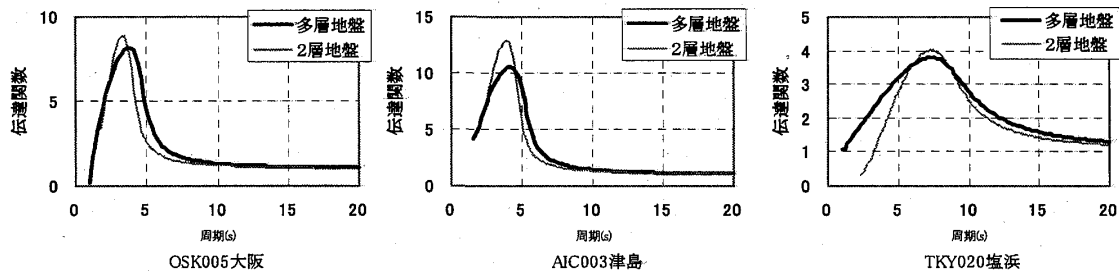


図6 伝達関数

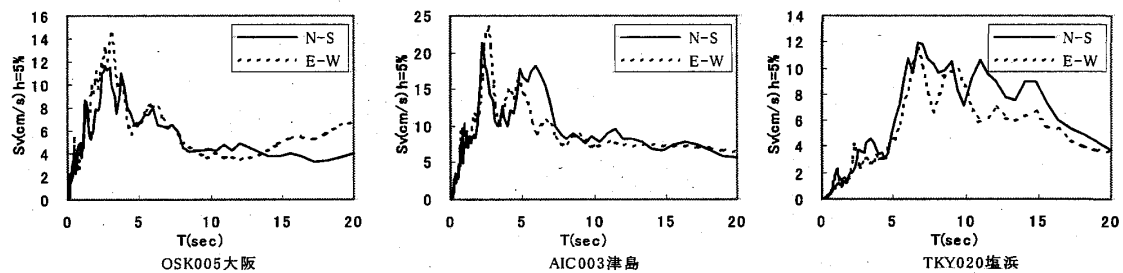


図7 速度応答スペクトル