

強震地震動に含まれる表面波の特性とその予測に関する基礎的考察

京都大学工学部 正員 後藤尚男・杉戸真太・亀田弘行
日本国有鉄道 正員○得津明弘

1. はじめに 近年固有周期の長い(数秒以上)大規模構造物—長大橋・高層ビルなど—が多く建設され従来はあまり問題にされなかった比較的長周期の地震動が注目され始めている。強震記録に含まれる比較的長周期成分の中には表面波に起因すると思われるものが見られる。本研究では強震記録から表面波成分を簡略的手法で分離しその特性に関して検討を加えその結果に基づいて地震動予測モデルへの応用を試みる。

2. 強震記録からの表面波分離 文献1)の表面波成分の簡易分離法を用いて、わが国における主な強震記録より表面波を分離した。その際、次の2つの基準を満たす場合に表面波と判断した。

- ① 非定常スペクトルにおいて分散性が明瞭に表れていること。
- ② 時間的にピークの最も遅れている部分にエネルギーが集中していること。

以上の基準により表面波と判断された場合、図-1に示すように分離振動数 f_{du} ・ f_{de} 、分離時刻 t_d により長方形に分離した。この手法により対象とした367個の強震記録中68個から表面波を分離した。

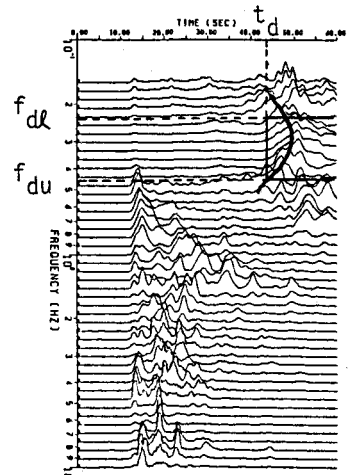


図-1 表面波分離の例
(1982浦河沖, 苫小牧-S)

3. 表面波発生に関する要因分析 表面波は全ての記録に現われているわけではなく明確に現われているものはむしろ少数である。そこで表面波の発生に影響する要因について検討を加えた。その結果、震源と観測点を結んだ直線が水平面となす角(以下に見かけの入射角と呼ぶ)が表面波の発生に強く影響することが分かった。「見かけの」というのは現実には地震動の伝播に際しては屈折により θ よりも大きい角度で表面層に入射するからである。見かけの入射角 θ は次式で表わされる。

$$\tan \theta = df / \Delta \quad (1)$$

ここで df は震源深さ、 Δ は震央距離である。(1)の $\tan \theta$ と表面波の発生状況を表-1に示す。表中Aは表面波を分離した記録、Dは表面波が全く見られない記録を表わす。上の数字は記録数、括弧内の数字は $\tan \theta$ がその範囲に属する全記録に占める割合を表わす。 $\tan \theta$ の増加に伴ってAの割合が低下し、Dの割合が高まる傾向が見られる。

表-1 見かけの入射角 $\tan \theta$ と表面波発生割合

$\tan \theta$	A	D
0.0	7 (0.233)	8 (0.267)
0.0 ~ 0.1	15 (0.417)	8 (0.222)
0.1 ~ 0.2	14 (0.203)	13 (0.203)
0.2 ~ 0.3	6 (0.176)	14 (0.412)
0.3 ~ 0.5	5 (0.119)	28 (0.668)
0.5 ~ 0.7	3 (0.088)	28 (0.300)
0.7 ~	8 (0.118)	44 (0.647)

4. 地震動予測モデルへの応用 分離した表面波に対してKamedaら²⁾

の地震動予測モデルを適用して表面波の予測モデルを開発した。モデルの概念とモデルパラメータの説明を図-2に示す。なお表面波が発生するか否かは前述の通り $\tan \theta$ により判定する，とした。各モデルパラメータに関して回帰分析を行ない $M \cdot \Delta$ その他の変数による推定式を作成した。各モデルパラメータの推定式を表-2に示す。卓越振動数 f_0 については地盤条件より求まる表面波の分散曲線の群速度最小の振動数として求まるが地盤条件が不十分な場合には表-2の推定式による。強度パラメータ α_{ms} は $f = f_0$ の時の値が表-2の推定式で与えられ f が f_0 から離れるにつれて直線的に減少させる，とした。以上の表面波予測モデルと実体波のみを扱った工学的基盤面での地震動予測モデル³⁾ (EMP-IB) を組み合わせることにより表面波・実体波を個々に予測できる。

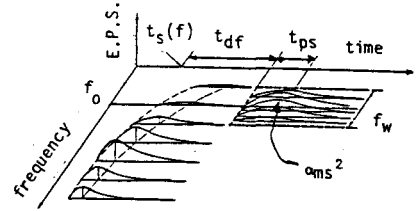


図-2 モデルの概略図

5. 考察 EMP-IBモデルの $f = 0.5$ Hz における α_m , t_p の推定式を次に示す。

$$\log \alpha_m = 0.0845 + 0.5099 \cdot M - 1.4060 \cdot \log(\Delta + 30) \quad \dots (2)$$

$$\log t_p = -1.260 + 0.1224 \cdot M + 0.4162 \cdot \log(\Delta + 30) \quad \dots (3)$$

表面波のモデルの α_{ms} の推定式と式(2)を比べると表面波のモデルの方は M の係数が大きく Δ の係数は小さい。このことは表面波は距離減衰を受けにくい，との性質を反映していると思われる。また t_p , t_{ps} については例として $M = 7.5$, $\Delta = 100$ km , $f = 0.5$ Hz として両方の推定式に代入してみると $t_p = 3.45$ (sec) , $t_{ps} = 7.60$ (sec) と表面波のモデルの方が大きい。これは表面波が実体波と比べて継続時間が長いことを示している。このように本研究のモデルは一般的な表面波の性質をよく再現したモデルとなっている。

表-2 各モデルパラメータの推定式

卓越振動数 f_0 $\log f_0 = 0.4476 - 0.0828M - 0.1103 \log \Delta$
振動数巾 f_w $f_w = 0.0868 + 0.4469 f_0$
強度パラメータ α_{ms} $\log \alpha_{ms} = -1.856 + 0.680 M - 1.086 \log \Delta$
時間パラメータ t_{ps} $\log t_{ps} = -0.579 + 0.172 M - 0.565 \log f_0$
実体波からの遅れ時間 t_{dr} $\log t_{dr} = -0.568 + 0.210 M + 0.223 \log \Delta$

参考文献

- 1) Sugito, M., Goto, H. and Aikawa, F., Proc. of JSCE., 1984. 10.
- 2) Kameda, Sugito, Asamura, Proc. 7WCEE, vol II, 1980.
- 3) Kameda, H. and Sugito, M., Conference on Structural Analysis and Design of Nuclear Power Plants, Port Alegre-RS, 1984.