

東北工業大学 正員 神山 真

1 まえかき 建造物の震害には最大加速度などの要素のみならず種々の要素が影響を及ぼすと考えられる。特に平面的に広がりを持った建造物ではここに襲う地震波の性質は重要な意味をもつて考えられる。著者は地盤及び地下建造物の地震時応力、ひずみの評価に関連してこのことを指摘した¹⁾。この際、従来あまり考慮されてこなかった上下動の重要性についても言及した。地震記録の上下動成分については水平動成分に比し、振中が一般に小さく理由で従来あまり重要視されてこなかった。しかしながら、応力、ひずみのようなテンソル量で建造物の耐震性を問題とするとなると、その影響は決して小さくなく。以上の観点から、1968年十勝沖地震の際に八戸港湾で記録されたSMAC強震記録の上下動成分をはじめとして幾つかの強震記録の上下動成分について特に波動特性の面から若干の考察を加えたので以下に報告する。

2 上下動成分のマルチ・フィルタ解析

上下動成分の非定常スペクトル特性を調べるため1968年十勝沖地震の八戸港湾でのSMAC強震記録の上下動成分にマルチ・フィルタ解析を行った。(図-1) 図-1を見てもスペクトルの非定常性を二つの部分に分けて考えることが出来る。即ち、時間約40秒以前の周期1.0秒～0.4秒の比較的長周期のスペクトルが優勢な部分で時間40秒以後の周期0.2秒～0.4秒の比較的短周期が優勢な部分である。しかし、両部分とも長周期が優勢であるか短周期が優勢であるかを除いて、振中が卓越している周期はほぼ共通している。両部分とも周期1.0～0.7秒、周期0.5～0.3秒、周期0.25秒付近が卓越している。上下動成分を波動論的に考えてまずRayleigh波が想定されるが、図-1は八戸港湾の地盤構造(表-1)よりRayleigh波の上下動成分の増中特性を理論的に求めたものである。図-1、図-2を比較すると、一応、Rayleigh波の期待される周期の振中が強震記録で卓越しているようである。一方、図-1には振中の卓越する時刻が周期ごとに異なる分散性が認められる。それは特に時間40秒以前の周期1.0～0.3秒で顕著である。図-3は表-1の地盤構造よりRayleigh波の群速度分散曲線を基本モードM₁₁から高次モードM₂₂まで求めたものである。既に報告した水平動の例と同様に、こゝの上下動記録に見られる分散性もRayleigh波の理論的群速度分散曲線と比較的に良く説明される。従って、図-2との比較を合わせて考えると時間30秒から40秒付近の比較的大きな振中の相はRayleigh波と考えて誤りはなさそうである。他方、時間40秒以後の相については周期0.2秒～0.3秒の振中が複雑に変化しており、分散性を判別しにくく。しかし、この時間40秒以後の相についても周期1.0秒付近では分散性の影響が見て取れる。従って、時間40秒以後の相も表面波であると推定されるが、図-3のRayleigh波の群速度分散曲線で説明するとなると、更に詳細な解析が必要のようである。いずれにしても、こゝの上下動記録はその原因は未知であるが時間40秒以前のRayleigh波とそれ以後の波動との二つの相に分けられる。

3 上下動成分と水平動成分との関係

上下動成分を波動論的に考察する場合、水平動成分との関係を議論することが重要である。図-4は図-1のようなマルチ・フィルタ解析を同時軸で上下動成分、水平動成分(E-W成分)に同時に施し、その振中比(水平動H/上下動V)を周期(または円振動数 ω)、時間 t の関数として求め、更に周期ごとに全時間を通じての最大振中比を求めてプロットしたものである。周知のように1968年十勝沖地震の震源は八戸のほぼ真東に位置する。従って、八戸港湾のSMAC記録に表面波が記録されているとすれば、水平動(E-W)成分、上下動成分にともにRayleigh波の水平動、上下動が現われているはずである。言うなれば図-4の振中比はRayleigh波の水平動と上下動の振中比を反映しているはずである。一方、図-5は表-1に示す地盤構造をRayleigh波が伝播する場合に理論的に期待される振中比(水平動/上下動)を周期の関数として基本モードM₁₁から高次モードM₂₂まで求め

たものである。図-4と図-5を比較すると、絶対値の大きさはともかく振巾比が著しく極大となる周期はほとんど一致してゐることがわかる。従つて、こゝでのSMAC記録にRayleigh波が存在することが水平動成分と上下動成分の振巾比の比較からも裏付けられる。

々 おまけ

代表的な例として八戸港湾でのSMAC記録の上下動成分の特性について述べたが、これはRayleigh波の波動的特性が強いことがわかった。

他の強震記録の上下動成分についても同様の解析を行ったが、やはり水平動に比し複雑なスペクトルの非定常性を示す傾向がある。しかも、マグニチュードの大きな地震の上下動成分の記録ほどその主要動は表面波(Rayleigh波)と思われる分散性が顕著に認められる。

この報告で使つた強震記録の上下動成分のデジタル記録は運輸省港湾技術研究所より提供を受けたものである。土田室長をはじめ耐震構造研究室の皆さんの御好意に感謝します。

(参考文献)

- 1) 神山：地震時における地盤内の応力、ひずみの評価，土木学会論文報告集，250号
- 2) 神山：強震記録の波動論的考察—第1報，第2報，第13回地震工学研究発表会，第29回土木学会年次学術講演会

図-3

Rayleigh波の群速度分散曲線

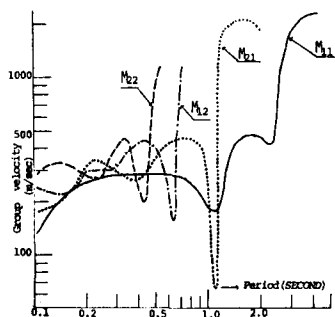


図-4

最大振巾比(水平動/上下動)

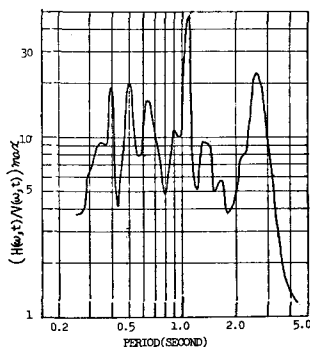


図-1 マルチフィルター解析結果(八戸港湾 上下動成分)

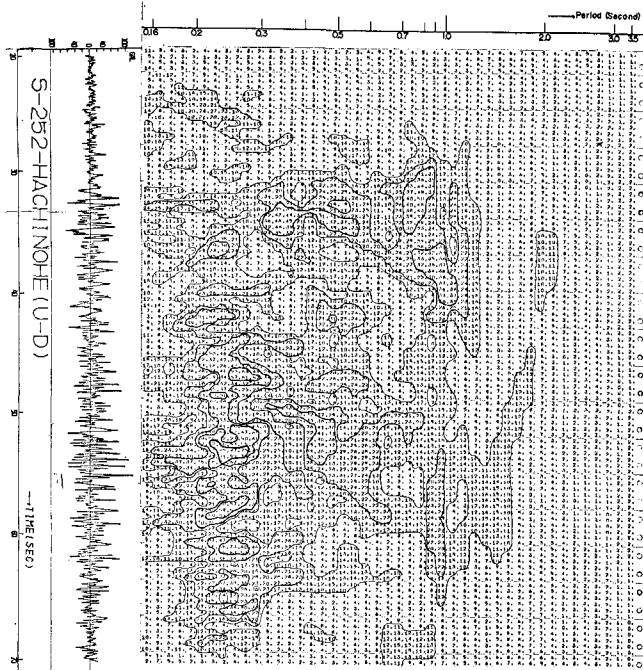


図-2

Rayleigh波(上下動成分)の増大特性

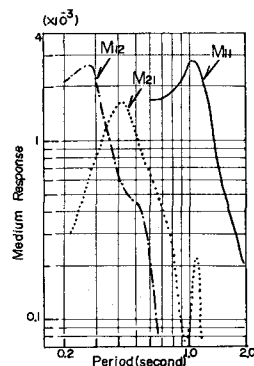


表-1

地盤構造(八戸港湾)

Depth (m)	Thickness (m)	S-wave velocity (m/sec)	P-wave velocity (m/sec)	Density (g/cm ³)
2.0	2.0	100.0	250.0	1.8
4.0	2.0	150.0	350.0	1.8
7.0	3.0	195.0	450.0	1.9
10.0	3.0	195.0	1660.0	2.0
12.0	2.0	380.0	1660.0	2.0
13.0	1.0	200.0	1660.0	2.0
14.0	1.0	375.0	1660.0	2.0
17.0	3.0	375.0	1900.0	1.6
18.0	1.0	200.0	1900.0	1.6
28.0	10.0	430.0	1900.0	1.6
36.0	8.0	270.0	1900.0	1.7
180.0	144.0	370.0	1900.0	1.9
360.0	180.0	690.0	2060.0	2.0
380.0	20.0	1100.0	2600.0	2.1
		2800.0	4900.0	2.5

図-5

Rayleigh波の振巾比(水平動/上下動)

