

1. まぎき

岩盤において、表面ならびに深部で地震観測を実施して、地震動の性質を調査してきた。前回述に主に i) 卓越振動数は一般の地盤にくらべて高い、ii) 地震動の主要部分はほぼ鉛直下から地表に向って進み、そこで反射して再び地下へと進むS波と考えられる、iii) 地震によつては表面部が特に大きい振りで振動する「中ぶくれ」モードがあるわけ、iv) 岩盤中に挟む薄い粘土層の上下面で加速度分布が急変する等のことを報告した。ここでは軟弱な薄層が岩盤中に挟む場合の地震動の性質を解析し、「中ぶくれ」モードの発生を説明することを試みて、その結果の概略を記述する。

2. 観測地奥の地盤状態および地震計

観測地奥は栃木県中部の東京電力K.K. 鬼怒川自動制御所地内にあり、地質は比較的一様な緑色凝灰岩である。図-1に示すように、地下発電所に通ずる堅坑およびそれから約14mはなれたボーリング孔に地震計を設置して同時観測を行っている。何れも地表より深さ約67mに達している。堅坑には総合特性として25Hz程度まで一定の増幅率をもつ動線輪型加速度計がほぼ等方向隔ち4ヶ所設置されており、ボーリング孔には同様に10~15Hzまで一定の増幅率をもつ歪計型加速度計が8ヶ所設置されている。観測方向は何れも東西方向である。

GENERAL VIEW OF POWER STATION

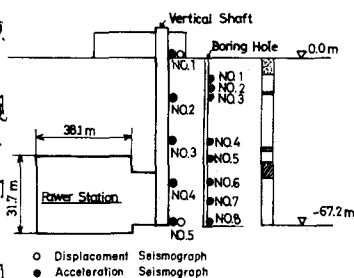


図-1. 計器配置図

3. 解析用地盤モデル

幾つかの地震記録で、比較的低振動数(数ヘルツ以下)において、図-2に示すような「中ぶくれ」モードがあることが認められた。この現象は、岩盤を半無限弾性体と仮定した場合、前述の様に地震波が伝播するとすれば、波動論によって説明することができない。そこで表面部分の岩盤の構成を考慮して図-3に示す様な地盤モデルを作成し、動特性を解析した。

図-3の地盤モデルの第2層および第4層は粘土層であり、そのせん断波伝播速度(以下 V_2 及び V_4 で示す)は速度検尺結果にもとづいて最高値を200%とし最低値を25%と仮定した。後に述べるようにこれらの層は大きな大きなせん断歪を受けるため、せん断波伝播速度が可成り低下すると考えられるからである。また第6層は凝灰が多いことから $V_6 = 500\%$ 、 1000% と仮定し他の層の V は 1700% で一定とした。粘土層の密度は 2.0 ton/m^3 、岩のそれは 2.5 ton/m^3 とし、揮力の条件のもとで地盤モデルの固有振動および固有振動モードを算定した。

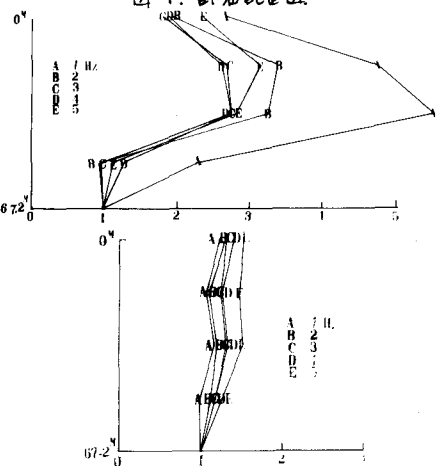


図-2. 振動モード

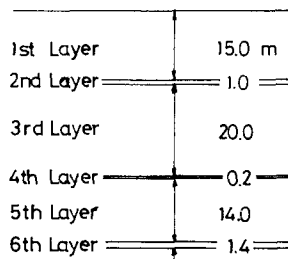


図-3. 地盤モデル

4. 解析結果

4-1. 固有振動数と固有振動モード

図-4は V_2 をパラメータとし V_4 と卓越振動数との関係を示したものである。この図から V_2 が25%程度の値に下ると F_1 は V_2 によって影響を受けず、何れの場合も F_1 は1Hz前後の振動数になることがわかる。又この図よりこの地盤モデルでは1.3Hz前後の固有振動数が発生することが推測されるのである。

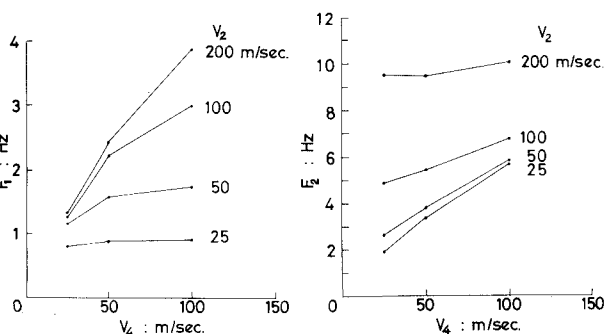


図-4. 卓越振動数と V_2 , V_4 の関係

図-5には $V_2=100\%$, $V_4=25\%$, $V_6=500\%$ としたときの1次振動モード及び2次振動モードが夫々黒線及び赤線で示されている。これ等の固有振動が発生した場合、粘土層である第2層及び第4層には著しいせん断歪が生ずるのであることがわかる。

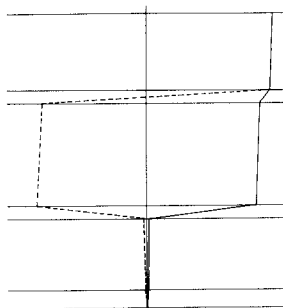


図-5. 振動モード

4-2. Participation Factor

図-6は基本振動に対するParticipation Factor (以下P.F.と示す)を V_2 と V_4 の種々の値に対して算定し、 V_2 をパラメータとして図示したものである。 V_2 が200%の場合、P.F.は V_4 の値に殆んど影響を及ぼさずほぼ70%以上となり、 V_2 が100%以下の場合には V_4 の低下と共にP.F.は増加する傾向があることを示している。

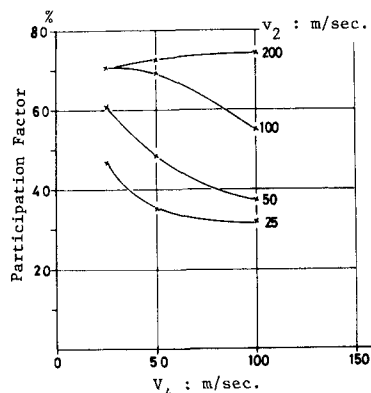


図-6. P.F.と V_2 , V_4 の関係

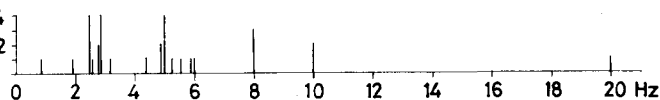


図-7

5. 「中ぶくれ」モードを示す地震動の特性について

図-7は「中ぶくれ」モードを示す地震動について、加速度記録の主要部分から算定したパワースペクトルおよび視察によつて、表層部分にのみ卓越して発生する振動成分の振動数および発生した地震の数を示したものである。図で2~3Hzの低振動数の領域でこのモードが多く発生していることがわかる。しかし最も大きな地盤の変位が記録された新潟地震では0.8Hz及び1.5Hzの地震動が著しく卓越してあらわれている。

6. まとめ

新潟地震の加速度記録及び変位記録によれば、堅坑の測定No.3及びNo.4(図-1参照)との間で相対変位が1~2mmあることが推測される。第4層の厚さが20cm程度であることを考えると、第4層のせん断歪は 10^{-2} の程度の大きさに達することになり、前述のような V_4 の低下が生ずることが推測される。

ここでは粘性土の動的性質の過渡的な変化を考慮せず一定の性質をもつ弾性体と仮定して取り扱っているが、軟質な薄い層が地盤内に存在したり又は振動の過程で発生した場合の地盤の地震時の安定を検討する上の一の資料を示したものである。

[参考文献] C. Tamura, S. Okamoto and H. Kawakami; Earthquake Ground Motions at Rocky Ground interspersed with thin Soft layers, Bulletin of ERS, No. 10, 1976