

東海大学海洋学部 ○学生員 許 長清
 同上 正員 北原 道弘
 同上 学生員 立花 信行

1. はじめに

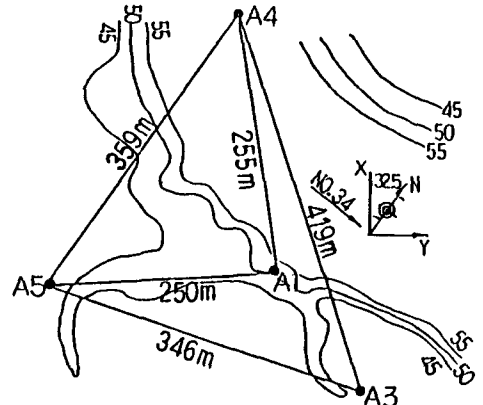
埋設管路の地震時応力度は地盤の相対変位すなわち地盤のひずみに支配されることは既往の研究より明らかである。このため、アレー観測記録を用いた地盤ひずみ及び地震波の伝播特性に関する研究が行われて来ている。本研究は三角アレー観測記録を用いて地震波の伝播速度と伝播方向の同定を試みたものである。

2. 観測地点概要と観測記録

観測地点の表層地盤は砂層と粘土層が互層をなした沖積地盤及び埋め立て地盤である。図. 1は地表面(GL-1m)に設置された地震計の位置(A1, A3, A4, A5)を示す。いずれの測点でも水平2方向の地震動を観測している。これら4測点を用いて図示したような二つの三角アレー(△3: A3-A4-A5, △4: A1-A4-A5)を組み、それぞれの三角アレーについて地震波伝播に関する解析を行った。解析に用いた地震記録は1984年9月14日に発生した長野県西部地震によるものである(N0.34地震, マグニチュード6.8, 震央距離201.3Km)。一例として△3の三頂点における地震計(A3, A4, A5)で得られた加速度X成分の波形を図. 2に示す。

3. 地震波の伝播速度及び伝播方向の同定方法

三角アレーの各頂点の座標を(Xi, Yi), (Xj, Yj), (Xk, Yk)とする。地震波がX軸とθをなす方向よりVs



* 図中の等高線は多摩ローム層基底面等深線 (単位 KP-m)

図. 1 三角アレー配置図及び地盤概要図

の速度で伝播してくると仮定すれば(図.3を参照) i 地点から j 地点への見掛け上の伝播速度は次式によって求まる。

$$\overline{V}_{i \rightarrow j} = \frac{V_s}{\cos \phi} = \frac{V_s \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}}{(X_j - X_i) \cos \theta + (Y_j - Y_i) \sin \theta}$$

同様にし、j → k, k → i の見掛け上の伝播速度の $\overline{V}_{j \rightarrow k}$, $\overline{V}_{k \rightarrow i}$ が求まる。

次に観測記録の相互相関関数より求まる各辺に沿った伝播速度を $V_{i \rightarrow j}$, $V_{j \rightarrow k}$, $V_{k \rightarrow i}$ とする。例えば、 $V_{i \rightarrow j}$ は i 及び j 点の観測記録の相互相関関数より求まる位相遅れをもとに算定された i → j 方向の速度である。波動の伝播速度 Vs と伝

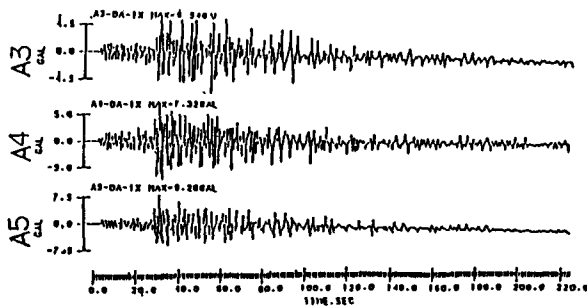


図. 2 三角アレーの加速度記録

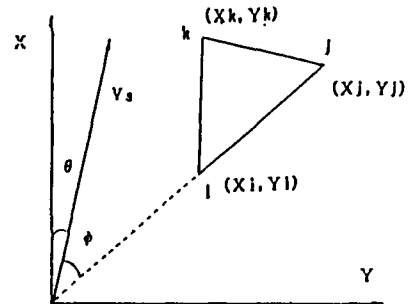


図. 3 同定する三角アレー座標図

播方向 θ は下式の S を最小となるように定める。

$$S = \sqrt{\frac{1}{v_{i-1}^2} - \frac{1}{v_{j-1}^2} + \frac{1}{v_{j-k}^2} - \frac{1}{v_{i-k}^2} + \frac{1}{v_{k-1}^2} - \frac{1}{v_{k-1}^2}}$$

4. 周期帯域別の伝播速度と伝播方向

図. 1 に示した 4 測点での水平 2 方向 (X, Y) 記録を震央方向成分 (Ra) 及び震央直交方向 (Tr) 成分に変換し、さらに地震動の前半 0~70sec と後半 70~220sec に分けて上記の方向で伝播速度と伝播方向を同定した。この結果を図. 4 及び図. 5 に示す。図示した結果から次のことが明らかになる。

1). $\Delta 3$ から得られた地震動の前半の伝播速度は約 3000~4000m/s、後半は約 1000~1500m/s である。また、 $\Delta 4$ の場合、前半は約 4000~10000m/s、後半は約 1000~3000m/s である。 $\Delta 3$ と $\Delta 4$ についていずれも前半と後半の伝播速度は明らかに異なる。

2). 図. 4 より、周期帯域と伝播速度の間には明瞭な関係は認め難いが前半は実体波が支配的で後半では表面波が支配的であったと考えられる。特に地震動の後半では周期 3~5 秒の範囲において Tr 成分の伝播速度は 1000~1250m/s であることに注目されたい。東京地方で一般に卓越するレーリー波の周期は 4 秒前後でその速度は 1000~1300m/s 程度であると言われている。従って、このことから地震動の後半ではレーリー波が支配的であったと考えられる。

3). $\Delta 3$ (A3, A4, A5) を用いて同定した地震動の伝播方向と震央方向とはほぼ一致する。 $\Delta 4$ の後半の Tr 成分も比較的一致する。ところが、前半では $\Delta 4$ より得られた地震波の伝播方向は明らかに $\Delta 3$ と異なり、いずれの周期帯域においても震央方向と一致しない。特に周期 1~5 秒の範囲における地震波が北方向に向きほぼ震央直交方向に伝播するよう同定された。この理由としてつぎの事が一つの仮説として考えられる。図. 1 に示したように多摩

ローム層の基底面すなわち洪積砂礫層の上面 (地震工学上の基盤と見なされる) は測点 A4 で深くなっている。実体波がほぼ鉛直に入射して来たと仮定すると、測点 A4 への地震波の到達時間は表層地盤厚が大きい分だけ、他の測点に比較し遅れることになる。このため、地表面アレーでは地震の震央位置に無関係に一定方向、すなわち図. 1 に示した基盤の谷の方向へ地震波動見掛け上伝播することになる。現在、震央位置が異なるいくつかの地震による記録の解析を実施している。これについては次の機会に報告したい。

5. 参考文献

1) 第十九回地震工学研究発表会講演概要

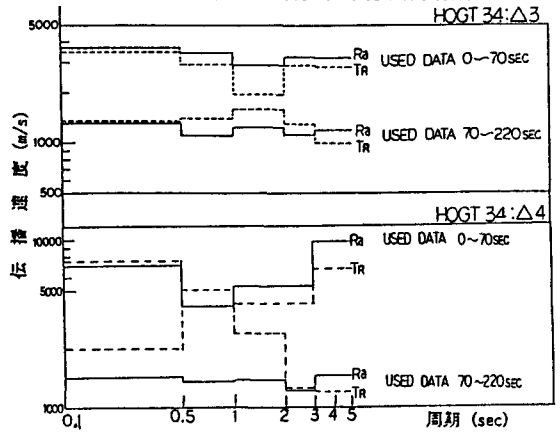


図. 4 周期帯域ごとの伝播速度

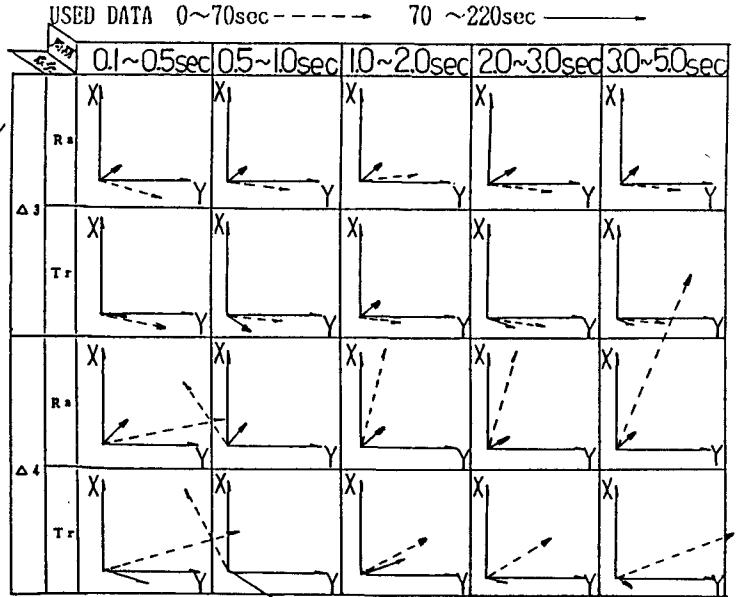


図. 5 Ra, Tr 成分の周期別伝播方向同定結果図