

(99) 珠洲市における常時微動特性

— 1993年能登半島沖地震の被害と比較して —

東京工業大学 学生員 ○紺野克昭
 同 正会員 年縄 巧
 同 学生員 茂木秀則
 同 正会員 大町達夫

1. はじめに

1993年2月7日午後10時27分ごろ、深さ約30kmを震源とするM6.6の地震が発生し、輪島で震度V、金沢、富山などで震度IVが記録された(図-1)。能登半島の先端に位置する珠洲市では、この地震によって道路の陥没、トンネルの落盤、裏山の崩壊による神社建物の倒壊、液化化等の被害が生じた。珠洲市内でも特に被害が多かったのは、飯田湾に面した珠洲市南部(図-2)であり、背後に山地をひかえた小規模な沖積平野をなしている。今回、この地域を対象にした墓石の転倒調査、ヒアリング調査を行った結果、この沖積平野内で墓石の転倒率や被害状況が、地域によって大きく異なっていることが分かった。図-1.2 から明かなようにこの沖積平野は、約4×2kmの広さを持ち、震央から約30kmに位置しているため、平野内での震央距離の違いは無視できる。したがって、平野内での被害状況の違いは、主に地盤特性の影響を大きく受けていると考えられる。本研究では、この平野内で常時微動を測定し、卓越周期と軟弱層の厚さとの相関について検討した。また、地震被害の一つの尺度である墓石の転倒率と常時微動の卓越周期および水平/上下スペクトル比との関係を求め、若干の考察を行った。

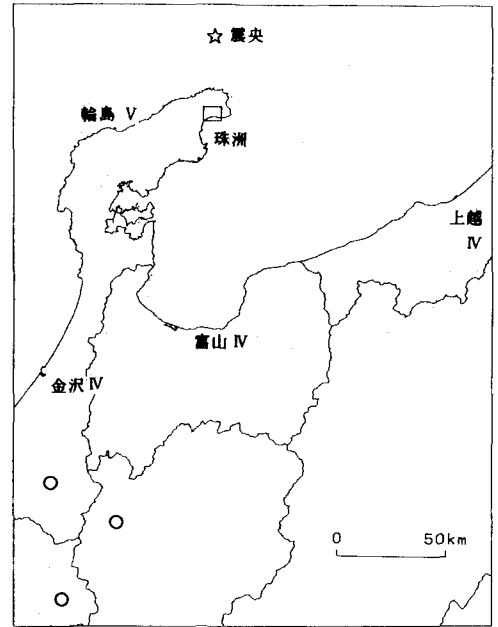


図-1 1993年能登半島沖地震

2. 被害の概要¹⁾

図-2 中の●印は被害箇所、○印は無被害箇所を、▲印は噴砂を確認した場所を示しており、太線は平野部と山地部の境界を示している。金沢大学の調査によれば、噴砂地点は正院町正院より野々江町までの海岸線に分布している²⁾。

被害が多かったのは、正院町であり、路面の陥没や沈下、ひび割れなどの道路被害が出た他、小路及び正院では、石造りの鳥居が根元から転倒したり、川尻では寺の境内の液化化によって鐘楼が傾斜した。正院町岡田、飯塚は山地と平野の境界にあたり、珪藻泥岩で形成された崖が崩れ、住宅や神社の本殿、拝殿が倒壊した。市中心部である飯田町では、港で埠頭の沈下や大きな噴砂が見られた他、鳥居の1部破損や石灯笼の転倒などが見られたが、正院と比較すると被害の程度は小さかった様である。正院町と飯田町の間位置する野々江町では土蔵が倒壊して道路が通行止めとなった。正院町の東に位置する蛸島町の漁港(飯田港より古い)に被害はほとんど見られなかった。

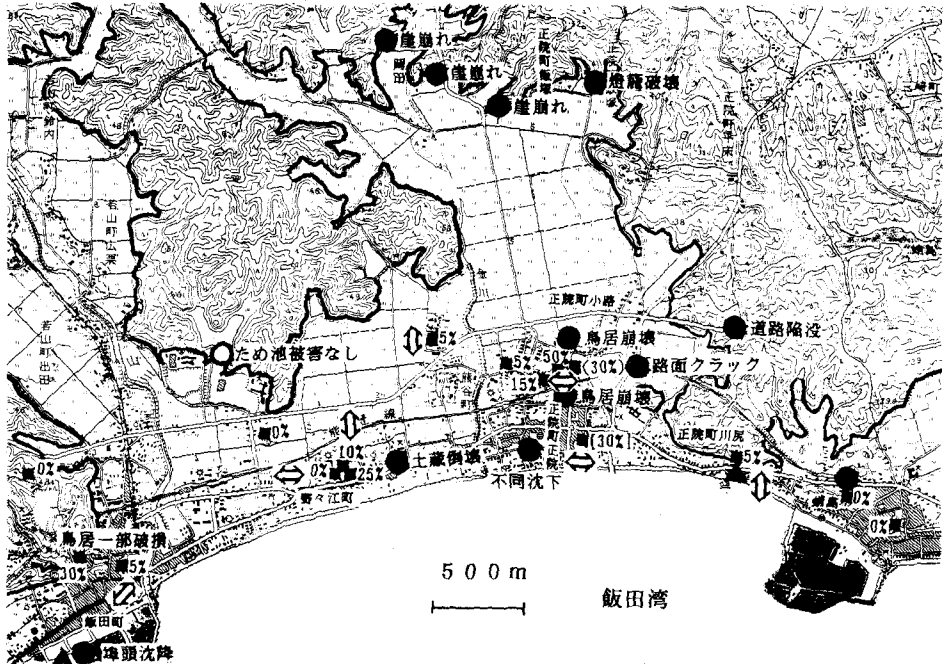


図-2 主な被害箇所と基石の転倒率

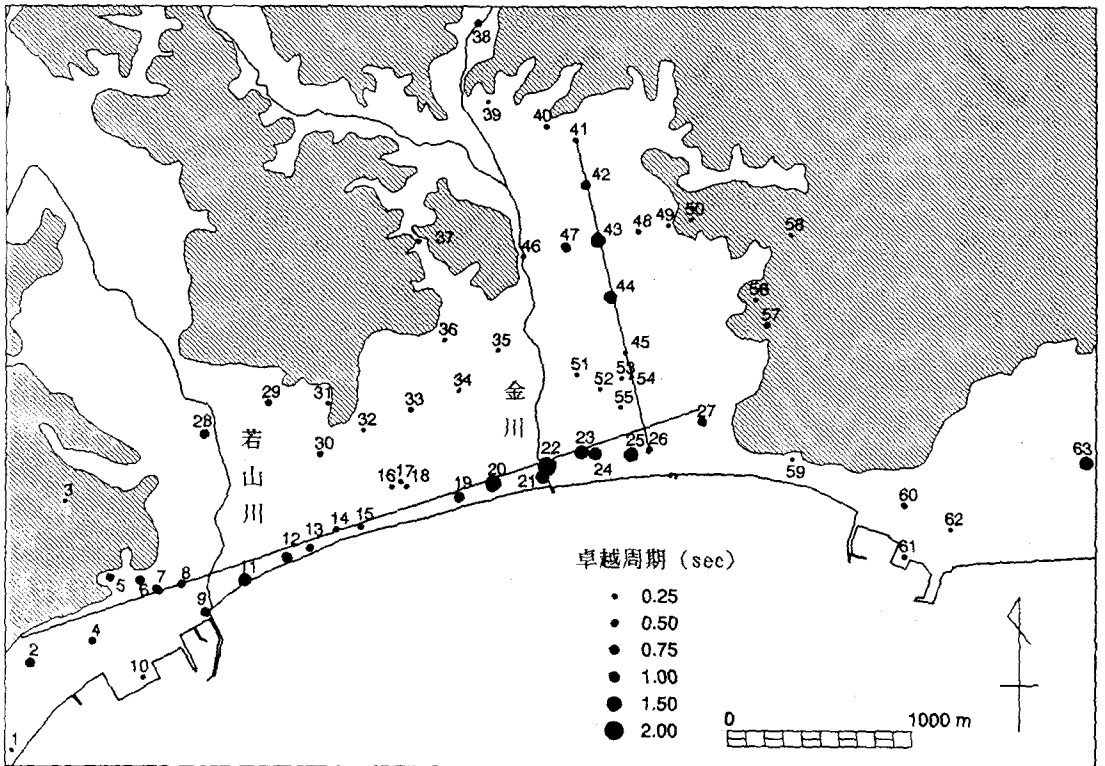


図-3 常時微動のスペクトル比から求めた地盤の卓越周期

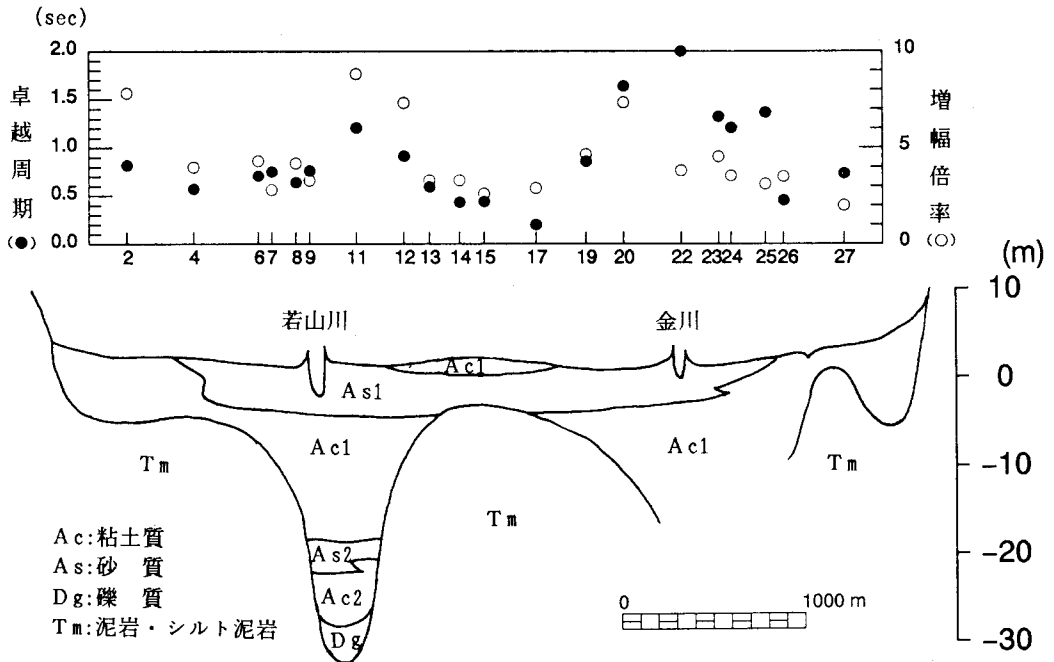


図-4 測点2 から測点27にかけての常時微動のスペクトル比から求めた卓越周期と増幅倍率、および、断面地質図⁶⁾

また、図-2 中の■印は寺院あるいは墓地を示し、計測あるいはヒアリングによって得られた墓石の転倒率を5%単位で付記してある。住人不在で聞き込みのできなかった地点は新聞³⁾や他の報告書²⁾のデータを借用し、それぞれ[], ()で示す。正院町では海沿いの正院で30%、それより内陸に入った小路でも平均的に転倒率が高い。飯田町での転倒率は、30%、5%、野々江町で0%、10%、25%と両地区とも寺院によるばらつきはあるが、平均的には両地区は同程度の転倒率であったとみなした。蛸島町の二つの寺院は転倒の被害はない。これらの墓石の転倒の程度は前述の被害の程度と同様な傾向を示している。

以上から、飯田湾に面した地域は、正院町、飯田町・野々江町、蛸島町の順で地震動が強かったと推測される。

3. 常時微動特性と墓石の転倒率との関係

3月23~25日の3日間、この平野内を中心に常時微動を63地点で測定した(図-3)。測定には、固有周期約1秒の速度センサーを用い、サンプリング周波数50Hz、サンプル数2048個を1回の測定とし、同一地点で、計3回測定を行った。

中村の方法⁴⁾に基づき水平/上下スペクトル比(以下、スペクトル比)を各測点で求め、このスペクトル比のピークを与える周期を卓越周期、そのときの値を増幅倍率と呼ぶことにする。この際、水平動スペクトルは、小林らが提案している水平二成分合成法⁵⁾を用い、この水平動スペクトルと上下動スペクトルを別々にバンド幅0.49HzのParzenウィンドウで平滑化してから、水平動と上下動のスペクトル比を求めた。この様

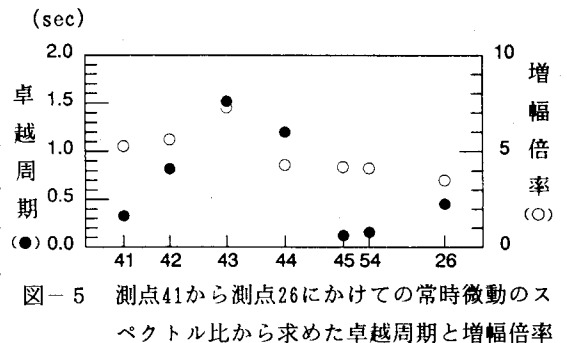


図-5 測点41から測点26にかけての常時微動のスペクトル比から求めた卓越周期と増幅倍率

にして、3回分のスペクトル比を求め、これらを相乗平均することによって各測点における常時微動のスペクトル比を求めた。

常時微動のスペクトル比から求められる各測定点での地盤の卓越周期を図-3の●印の大きさで示している。これから、金川の河口付近と田圃地域である測点43付近で卓越周期が長い傾向を示していることが分かる。また、測点2から測点27にかけての卓越周期(●印)と増幅倍率(○印)、および同測線に対応する地質断面図⁶⁾を図-4に示す。この図より、卓越周期と沖積層厚は比較的よい相関を示しており、沖積層は、1/4波長則を仮定すれば、平均的に100m/sのせん断波速度となる。一方、増幅倍率も表層厚と相関があることを示している。

同様に、測点41から測点26にかけての卓越周期と増幅倍率を図-5に示す。この測線に対する地質断面図は得られてないが、卓越周期に関しては、田圃中心で周期が最も長く、山地あるいは海岸近くの砂地へ近づくと従い、周期が短くなるという、地形の状況から考えて妥当な傾向を示している。以上から、常時微動のスペクトル比の卓越周期の空間変動は、地形の変化と同様な傾向を示していると考えられる。

図-6に墓石の転倒率と卓越周期、増幅倍率の関係を示す。●印の大きさで、墓石の転倒率を示している。墓石の転倒率は、聞き込みや計測によって得られたものであり、その値の信頼性は高いとは言えない。また、墓石一つ一つの形状の違いを無視しているため、あまり詳細な検討は意味をなさないが、定性的には卓越周期と増幅倍率との積がある値以上の領域で転倒率の高い点が多い傾向を示している。更に詳細な考察を行うためには、墓石の動特性を考慮する必要がある。

4. おわりに

1993年能登半島沖地震で被害のあった珠洲市の飯田湾に面した沖積平野で常時微動の測定を行った。常時微動の水平/上下で定義されるスペクトル比の卓越周期は、沖積層の厚さと相関があることが分かった。

墓石の転倒率を被害の一つの尺度とし、スペクトル比から求まる卓越周期と増幅倍率との相関を調べた。墓石の転倒率は、卓越周期が長い領域、あるいは、増幅倍率が大きな領域で高い傾向があることが分かった。

謝辞 金沢大学の池本敏和氏には地盤資料を見せて戴いただけでなく、調査にも参加していただき、貴重な助言を賜った。本研究は科学研究比総合研究(A)(課題番号:04302041)の援助を受けている。記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 茂木, 年繩, 東畑, 紺野: 1993年能登半島沖地震の珠洲市における地震動特性, 第48回土木学会年次学術講演会(印刷中), 1993
- 2) 北浦, 宮島, 池本, 吉田: 1993年能登半島沖地震調査報告(速報), 金沢大学, 1993
- 3) 北国新聞2/8夕刊
- 4) 中村: 常時微動計測に基づく表層地盤の地震動特性の推定, 鉄道総研報告, 1988.4
- 5) 小林他: 常時微動の安定性について, 第14回自然災害科学総合シンポジウム, 1977
- 6) 石川県地盤図編集委員会: 石川県地盤図, 北経調査研究報告集, 第66号, 1982

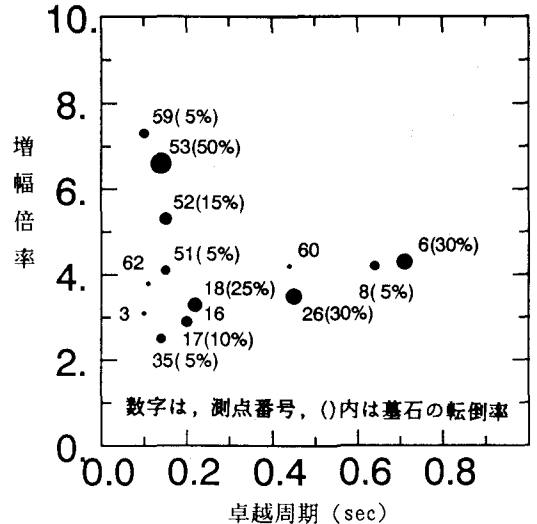


図-6 墓石の転倒率と常時微動のスペクトル比から求められた卓越周期、増幅倍率との関係