

神戸大学工学部 学生員 大廣 始, 神戸大学工学部 正員 高田至郎

1. はじめに; 地盤条件が震害と深い関係を有していることは、これまで指摘されていいるとおりであり、震央から離れていても沖積地、埋立地などの軟弱地盤地帯では被害が大きくなる傾向にある。その原因として、1つは、軟弱地盤上では岩盤や洪積層上の震動に比べて変位や加速度が大きくなり、その結果、構造物に大きな地震力が働き構造物が震動的に破壊するため、もう1つは、地震によって地盤の表層に地割れ、隆起・陥没、水平移動、噴水・噴砂、斜面のすべりなどの地盤変動を生ずる結果、地盤と一体化している道路、堤防、鉄道築造などの工構造物はもちろん、支持地盤の不安定化に伴って構造物も被害を受けるためである。しかし、従来、震害に対する地盤条件の影響を評価するにあたっては、前者の地震動によるものに主眼が置かれ、後者の地盤変動については十分に考慮されていないといえる。これは、地盤変動がその地盤を構成する土の組成や力学的性質、地下水の状態などと密接な関係を有しており、それを定量的に検討することが困難であることによる。

本研究においては、過去の地震被害記録によって地盤変動に関する資料を収集し、解析することによって、地盤変動を生じる可能性のある地盤・地域をマクロ的に把握するとともに地盤変動の特性を求めた。なお、一般に地盤変動といえど地割れ、陥没、噴水・噴砂、斜面のすべりなどの表層部の変動と地盤変動に属する地盤の沈降・隆起あるいは断層などが含まれると考えられるが、本研究では、前者の表層部の変動およびそれと密接な関係にあると考えられる工構造物の被害を地盤変動と考えている。ただし、噴水・噴砂についてはすでに資料の集積がなされており、対象から除外した。また、資料の収集は、地震被害調査報告の記録が比較的信頼できると考えられる明治以降(1868年~1975年)の地震に限定して行った。

2. 地盤変動と地震特性

(1) 地変を生じる最低震度; 諸文献に出ていいる震度分布を現行の気象庁震度階に直したものと地変を生じた地点の位置の関係をそれぞれ地震に対して求め、地変の種類ごとに、それぞれ地震を生じた最低震度の割合を百分率の累積分布で表わしたのがFig.1である。いずれの種類も最低震度がIV以上である割合がほぼ90%以上となっており、一応、震度IVが地変を生じる最低震度と推定される。ただし、地割れ、地盤の隆起・沈下、斜面の崩壊に対しては、最低震度がVIまたはVである割合がそれぞれ72.4%、77.8%、70.4%と大きく、また、最低震度をIVと決

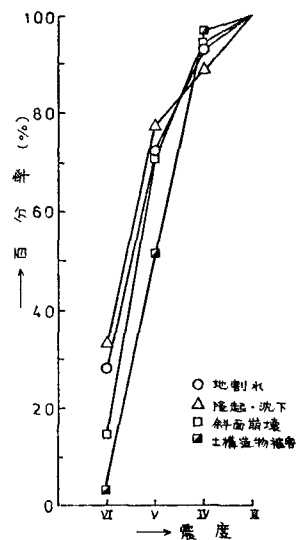


Fig.1 累積分布

めた地震においても地変は震度VとIVの境界部で生じている場合が多く、これらの地変が生じる最低震度としては震度IVの強い方と考えた方が適切である。

(2) マグニチュードと限界震央距離の関係; 前述した地変を生じる最低震度は、地震のマグニチュードの大きさにほぼほとんど無関係である。ところが一方、震度がIV~Vとなる区域はマグニチュードが大きくなるにしたがって広くなる

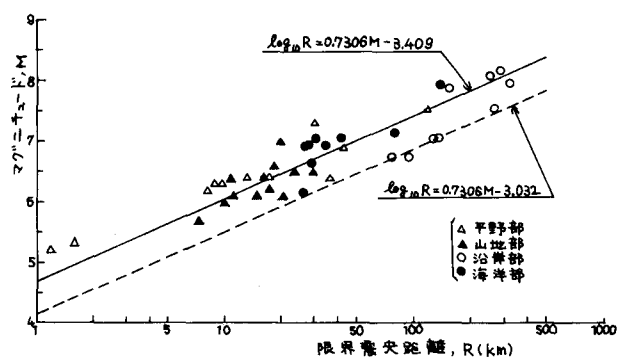


Fig.2 マグニチュードと限界震央距離

地変が生じた地点の震央距離の最大値 R (限界震央距離)との関係を、すべての地変を対象としてプロットしたものがFig.2である。この図からわかるように、多少のばらつきはあるものの M と $\log_{10} R$ の間には、ほぼ線型関係があることが認められる。なお、Fig.2において、実線はマグニチュードと平均的限界震央距離の関係、破線はマグニチュードと地変を生じる可能性のある震央距離の関係をあらわしている。また、各地変別に同様の検討を行なった結果、地割れおよび斜面崩壊の平均的限界震央距離は、比較的に一致しているが、土構造物被害の平均的限界震央距離は、それよりかなり大きくなることも知られた。

(3)震央位置の限界震央距離におよぼす影響；地震の震央の位置によって山地部、平野部、沿岸部、海洋部の4つに分け、マグニチュードと限界震央距離の関係を震央位置によって記号を変えて片対数紙にプロットした。Fig.2はすべての地変を対象としたときのグラフであるが、それらの地変を対象としたグラフもほぼ同じ傾向を示す。Fig.2および各種地変を対象としたグラフより、震央が海洋部にある地震の限界震央距離が平均的なそれより大きくなる傾向が認められる。このような傾向を示す原因として、海洋部では地震波の減衰が陸地部に比べて小さいこと、海岸線に沿って沖積平野、埋立地などの地変を生じやすい地盤が広く分布していることなどが考えられる。

(4)地震断層と地変の関係；今回の調査によって得られた資料の中で、地震の発生に直接関係していると考えられる断層および震源線(地震の原因となった地盤の破壊が起ったと推定される線)がわかっている地震として大町、北相馬、北丹後、福井、白石、1974年伊豆半島沖地震をあげることができるが、これらの地震の断層および震源線と地変との関係を検討した結果、つぎのことが認められた。i)地変は、地震断層(あるいは震源線)に沿った地域に集中的に分布している。ii)地震断層(あるいは震源線)に沿った地域に生じた地変は大規模なものが多く、大きな被害を与えている。なお、Fig.3は、一例として、北丹後地震の地変分布図に震源線を記入した図を示している。

3. 地変災害の同一地域における履歴特性；過去の地震によって地変を生じたことのある地域に再び地震が起ったとき、この2つの地震による地変分布がどのような相関を示すかは、興味ある問題である。そこで、今回の調査の対象となった地震のうち地変分布域が重なる例として、i)1952年十勝沖地震・1962年花尾沖地震・1968年十勝沖地震、ii)濃尾地震と福井地震、iii)上高井地震と長野市付近地震の3つをあげ、その地変分布について検討した。(Fig.4は、i)の場合の地変分布を示している。)その結果、同一の地域が異なる地震によって地変を受けている場合も多く見受けられ、過去の地震の調査報告から地変に対する安全性を評価することはかなりの信頼度をもつものといえる。これは、地震に対する防災計画において、過去の地変に関する記録がよく検討し、重要視されなければならないことを示すものであるといえよう。

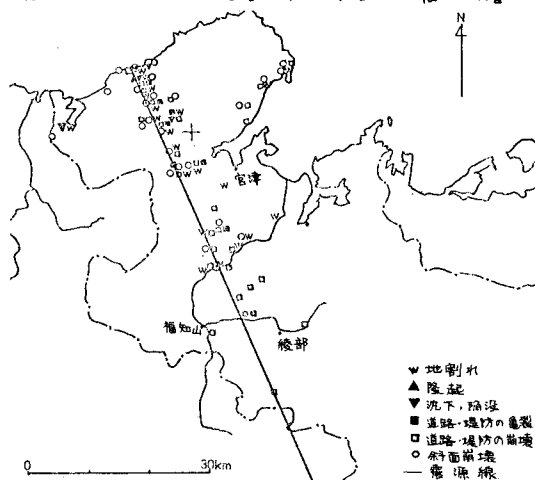


Fig.3 北丹後地震における震源線と地変分布

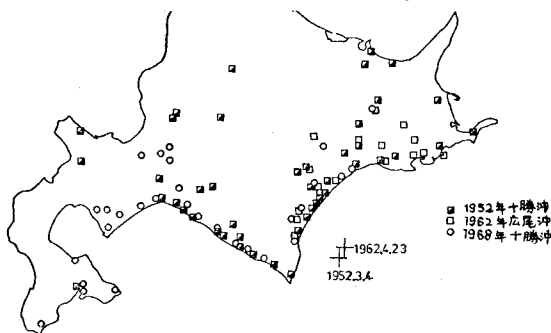


Fig.4 十勝沖の3つの地震による地変分布