

長野市内での詳細震度調査（2） —長野県西部地震及び新潟県沖地震—

涌井仙一郎, 堀内あや子, 塚尾睦子

Detailed Investigation of Distribution of Seismic
Intensities in Nagano City (2)

-Nagano Ken-Seibu and Off Niigata prefecture earthquake-

Senichiro WAKUI, Ayako HORIUCHI
and Mutsuko TSUKAO

Abstract

The detailed seismic intensities by questionnaire sheets method in Nagano city have already been exercised three times in this report. Both the investigations of Nagano Ken-Seibu earthquake ($M=6.8$) on September 14, 1984 and off Niigata prefecture eathquake ($M=5.9$) on March 24, 1987 made out distribution of the strength of shocks in each area at Nagano City. It is obtained that the seismic intensities at the alluvium zone along the Chikuma River sides and a part of western hilly country regions are a slight stronger than other zones.

1. はしがき

大地震に備えて地形, 地盤, 都市構造等の自然的, 社会的条件から災害の防止と軽減の為の基礎資料作りが各方面でなされている。県内においては長野県地震対策基礎調査報告書(1986)に潜在的危険評価, 想定地震に対する想定地域別震度分布等が作成されている。市内においては長野市内の詳細震度調査(涌井・他(1985))や市内地震対策基礎調査報告の立案等がなされている。アンケートによる震度調査法は簡便であり, 客観性の高い結果を与えることで最近にいたるまで多くの地震について適用されている。

震度は一般に震央から遠ざかるにつれて減少するが, ある特定地域について細かく震度を調べると地震のマグニチュード, 震源の深さおよび震央距離だけではなく, 地盤にも影響され, 複雑な震度分布となる。有感地震について各地域

の震度を詳細に調べることは地震動と表層構造の関係を調べる上に、又、地震動の強さを予め想定して防災対策をたてるのに有用な資料となる。ここでは最近、市内で有感であった長野県東部(1986)、長野県北西部(1986)、新潟県沖(1987)の地震についての詳細震度調査結果と前回の長野県西部地震(1984)の結果をふまえて報告する。

2. 調査方法と地域別震動度

調査は狭い地域の震度差を明らかにするため、高密度、かつ均質となるよう事前策どうり、調査票を市地震対策防災課へ依頼して、市内の官公庁職員の各家庭に配布した。調査票は屋内にいた人、屋外または乗り物に乗っていた人とその周辺の被害状況および地変についての質問項目からなっている。回収された調査票は所定の手続きで回答者が地震時どの場所に属していたか回答者毎にデータをカード化して、解析は電子計算機によっておこなった。屋内にいた人に対する質問項目は人体感覚とその物体の状況より8項目からなり、その項目毎に震度を判定した。質問項目が複数の震度にわたるものは震度の大きい方にランクづけをし、回答者毎に1つの推定震度を機械的に算出した。屋外にいた人、又は乗り物に乗っていた人の質問は5項目あり、屋内にいた人と同様に震度判定を行った。建物の種類、階数により、その揺れの程度の相違から、震度の補正是前回の調査結果〔涌井・他1985〕によりTable 1のように仮定した。この表は木造家屋1階の震度に規格化としている。屋外や乗り物の人に対する補正是していない。現用の気象庁震度階も生活条件、環境等の変化に伴ない物体、建物の構造が異なり、地震動の強さという複雑な内容のものを震度という一つの数字で代表させ判定するには、これらの調査項目は少なかった。市内の地域を $1\text{km} \times 1\text{km}$ 毎のメッシュ575区域に分割し、該当する回答者の区域毎の平均震度を集計した。全地域における単純平均震度(Ia)から、太田(1979)方式によりおのおの区域の震動率(X_i)を

$$X_i = (I_i - I_a) / I_a \times 100$$

として求めた。(I_iは当該区域の平均震度、I_aは単純平均震度)

震動率は市内に一様な木造家屋が分布していると仮定した時、各区域毎における地震による揺れの程度を全地域の平均値より求めた。従って、これは同じ構造物で観測した近似的な地盤の特性を表している。 $X_i > 0$ ならば揺れ易い区域、 $X_i < 0$ ならば揺れにくい区域を示す。ここで実施した震度調査の震央分布をFig.1に、その震源要素をTable 2に示した。

3. 長野県東部の地震

1986年8月24日11時35分、M=4.9の地震が発生し、小県郡丸

子町周辺で軽微な被害が生じた。前節の方法により、第2回市内詳細震度調査を実施した。調査票は3000枚余配布し、2099枚回収出来た。解析に用いた回答者の内訳は屋内にいた人1572人、屋外または乗り物に乗っていた人は159人の1731人の構成であった。屋外の人の殆どは自動車に乗っていた人で134人である。地震の規模、発生時刻、季節等の好条件により調査の目的が充分達成できるデータ数である。この地震は市内の中心から震央距離約3.5kmに位置した局発型地震であり、長野の震度は3、松代は2であった。

屋内の回答者から区域毎の平均震度を算出した。その回答者の分布をFig.2-(上)に示した。図中の空白域は山地等で回答者のない地域である。長野市街地での回答者は多く、山間地周辺では少ないので平均震度もこれらの数を加味しながら比較する必要がある。屋内の人で算出した平均震度は1の強から2の強に分布し、大半の地域は震度2の弱にあたる。震度2の強の地域は震央に近い松代、篠ノ井、更北地区である。

屋外の人または乗り物に乗っていた人の地域別平均震度分布の推定には、回答者が少なく不適確であったが、その結果は屋内にいた人と相対的にはほぼ同じ傾向を示している。屋内にいた人の震動率は全地域の平均震度より大きく搖れた区域を網目の部分としてFig.2-(下)に表した。松代、川中島、更北、篠の井地区と千曲川河東地区は震央に近い為比較的強く感じた地域である。この地震では震央位置が近かったため、地域による搖れの強弱の特徴を明らかにすることはできなかった。

4. 長野県北西部の地震

1986年12月30日9時38分に長野県北西部を震源とするM=5.9の地震が発生し、信州新町、篠ノ井地区では軽微な被害が生じた。調査票は1500枚配布し、1332枚回収された。解析に用いた回答者の内訳は屋内にいた人1099人、屋外または乗り物にのっていた人は139人の1238人の構成であった。調査票は回答者毎にカード化して建物の種類、階数による震度係数を前回と同じものを用い、木造家屋1階の震度として補正した。市内の地域1km×1kmメッシュ毎の平均震度を集計し、その回答者の分布をFig.3-(上)に表した。震央距離は約3.1kmと市内の中心に近い局発型地震で、市内の震度は長野4、松代が3であった。

大半の地域は震度3の弱にランクされる。震度4の弱は震央に近い信更地区で、震度3の強は篠ノ井、七二会、小田切、芋井地区になる。屋内の人震度平均からおのおの地域の震動率をFig.3-(下)に表した。

5. 新潟県沖の地震

1987年3月24日21時49分に新潟県沖を震源とするM=5.9の地震が発生した。この地震について第4回震度調査を実施した。調査票は1200枚余配布し、967枚回収された。解析に用いた回答者の内訳は屋内にいた人895人、屋外または乗り物に乗っていた人57人の952人の構成であった。今回の地震は夜間であったこと、官公庁職員の転勤時であったため回答者数が少なく、回収時期が遅そかった。

今回の調査より調査票の質問項目の一部を修正した。「あなたのまわりで地震を感じた方はいますか」の項を「あなたは」と「まわりに人」の2項の質問に分けた。又、屋内の「壁に異常が認められましたか」と屋外の「停車中の乗り物の中にいた方の状況」の2項および質問項目の上段にある震度階級を削除した。

調査票は回答者毎に前回同様の震度補正を行い、平均震度を算出し、その回答者数の分布をFig.4-(上)に表した。この地震の震央は市内の中心から約100kmに位置し、市内の震度は長野が2、松代が1であつた。大半の地域は震度1の強にランクされる。震度2の強の地域は長野市北東部の若槻、古里地区や千曲川沿岸の長沼、朝陽、大豆島、更北、松代地区である。屋内の人震度平均から、おのおの地域の震動率をFig.4-(下)に示した。

6. まとめ

これら震度調査を実施した地震について、当所の短周期地震計記録のP波から約1.7分間の実体波速度スペクトルの比較をFig.5に示した。長野県東部と長野県北西部および新潟県沖の地震の卓越周波数は1.2Hzで、長野県西部地震は0.3Hzにある。長野県西部地震と新潟県沖の地震は低周波成分の振幅レベルは相対的に高い。

4回の震度調査のうち長野県東部と長野県北西部の地震は震央距離が近く、震央に近い地域は強く揺れ、地盤による震動特性を明らかにできなかった。一方、震央距離100km余の等距離にあった長野県西部地震と新潟県沖地震の震動率を重ね合わせたのがFig.6である。震動率を平滑し、区域毎の平均震度より搖れの強かった地域を網目で表した。網目の重なった千曲川沿いの沖積層地域と西部山地の一部は両地震共に強く揺れた地域である。

地形的に長野市は長野盆地とその両側の山間地域とに3分され、それらは西部山地および東側の河東山地である。Fig.6に加藤・他(1986)の長野地域の地形概略図を挿入した。長野市及びその周辺地域の千曲川低地は新しい氾濫原堆積物より構成され、地盤は軟弱層である。千曲川低地の両側は支流の堆積

物からなる扇状地であり、これらは比較的粗粒の砂れきからなり、千曲川低地より相対的に地盤は硬質である。西部山地は急険な地域である為に山地の風化、侵蝕が盛んで地滑り、山崩れの被害が過去にあった。

一般に震度の大きい所は表土、軟らかい沖積層の厚い所であり、古い地層の堅固な地盤の震度は小さい。千曲川低地の軟弱地盤は相対的に震度は大きく分布している。盆地の北西方面の山間地や丘陵地は泥岩、砂岩互層から形成されており千曲川低地と同様にやや大きく分布しているのが注目される。東方の若穂、松代地区は他の地域より相対的に小さめの傾向にある。

震源や伝搬経路の特性、表層地盤との関係から振動特性は堆積層の厚さが大きく関係してくる。低震度地震の詳細震度調査より相対的な震動の強さの分布から地盤特性の概略を把握することができた。

最後に、アンケートの配布、回収に御協力くださいました長野市防災対策課の関係者、市民各位に感謝致します。又、いろいろとご指導いただいた地震観測所の石川研究官並びに、長野地域の地質図をご心配頂いた地質調査所の衣笠善博課長とコーディングを手伝っていただいた有沢和子さんに御礼もうし上げます。

参考文献

- 加藤碩一・赤羽貞幸、1986、長野地域の地質、地質調査所。
長野県生活環境部地震防災課、1986、長野県地震対策基礎調査報告。
長野市、1980、長野市防災計画、地震対策編。
太田 裕・後藤典俊・大橋ひとみ、1979、アンケートによる地震時の震度推定、耐震工学研究論文集、北海道大学工学部建築工学教室、241～252。
太田裕・鏡味洋史、1987、高密度震度実施・解析法の改善、地震災害事象の通信・面接・現地調査法にもとづく組織的研究、自然災害特別研究計画成果、9～19。
塩野清治・弘原海清・升本慎二、1985c、パソコンで不規則に分布するデータを格子データに変換してコンターマップを作成する方法(1)一加重平均一次補間法一、情報地質、10、65～78。
涌井仙一郎・堀内あや子・塙尾睦子、1985、長野市内での長野県西部地震の詳細震度調査、地震観測所技術報告、6、1～11。