

北海道の地域特性を考慮した計測震度に係る経験的關係式の検討

Study on empirical relation equation of seismic intensity in consideration of regional characteristics in Hokkaido, Japan

土木研究所 寒地土木研究所 ○正員 佐藤 京
土木研究所 寒地土木研究所 正員 西 弘明
土木研究所 寒地土木研究所 正員 表 真也
土木研究所 寒地土木研究所 正員 石川博之

1. はじめに

気象庁震度階級（以下、震度階級）は地震の揺れ（地震動）の大きさを定義する指標のひとつである。1995年以前は体感と被害状況により8つの階級に分類していたが、震度階級の客観性を担保する事などの理由から、1996年4月以降は計測震度計により得られる波形記録を基に所定の処理により計測震度を自動的に決定し、これを震度階級に変換する方法に移行している。また、従来の「震度5」および「震度6」は発生する被害状況の幅が広すぎることから、1996年10月よりこれらの震度階級が二つに分けられ10段階の震度階級が用いられている。

計測震度に基づく震度階級は被害との相関が必ずしも高くはないとの指摘があるが¹⁾、地震動の大きさを客観的に示す指標であることから、地震動を表現する際に使用される場合が多い。特に、自治体で行われている地震被害推定などでは、想定される地震が発生した際の地震動の大きさが震度階級で表示される場合が多い。

計測震度の算出には、前述のように地震動の時刻歴波形が必要となるが、距離減衰式等を用いて地震動の最大値を算出した場合には、計測震度への変換が不可能となるため、翠川他²⁾による地震動の最大値と計測震度との経験的關係式が用いられることが多い。一方、翠川他の経験的關係式の構築に用いられたデータセットは北海道以外で観測されたデータも含まれており、北海道の地域特性を対象とした地震危険度評価や地震被害想定に用いるには精度の面において課題がある。

本検討では、北海道における地震危険度評価や地震被害想定精度向上を目的に、北海道で観測されたデータのみを用いて、地震動の最大値と計測震度に関する経験的關係式の構築を実施した。

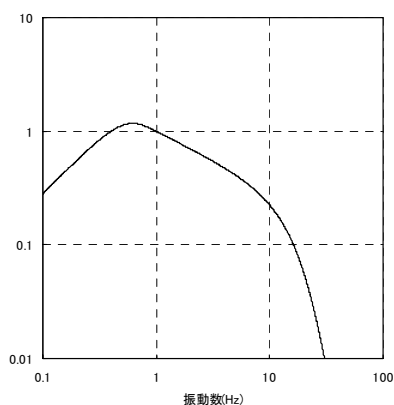


図 1 計測震度を算出する際に使用するフィルター

2. 計測震度の計算法および既往の経験的關係式

計測震度は計測震度計で自動計算されるが、震度計内部では以下のような処理が行われている。

- ① デジタル加速度記録3成分（水平動2成分，上下動1成分）のそれぞれに、フーリエ変換・フィルター処理・逆フーリエ変換の手順で図1に示す特性のフィルターを作用させる
- ② 得られたフィルター処理済みの記録3成分から、ベクトル波形を合成する。
- ③ ベクトル波形の絶対値がある値「a」以上となる時間の合計を計算したとき、これがちょうど0.3秒となるような「a」を求める。
- ④ この「a」から式(1)により計測震度(I)を計算する。

$$I = 2 \log a + 0.94 \quad (1)$$

3. 既往の経験的關係式

翠川他は、日本国内で観測された地震動データ（215組）を用いて最大速度と計測震度との経験的關係式²⁾を構築している。式(2)，(3)に経験的關係式を示す。Iは計測震度で、PGVは地表最大速度(cm/s)である。式(2)は計測震度の範囲が0～7であり、式(3)は計測震度の範囲が4～7である。(2)式は計測震度を広範囲にカバーしているが、低震度データの影響が強く、高震度データがあまり反映されない可能性がある。

なお、検討に用いた地震には、北海道周辺で発生した1968年十勝沖地震（9組），1973年根室半島沖地震とその余震（5組），1982年浦河沖地震（3組）が含まれているが、地震動データ自体が北海道で観測されたものかは不明である。

$$I = 2.54 + 1.82 \log PGV \pm 0.19 \quad (2)$$

$$I = 2.68 + 1.72 \log PGV \pm 0.21 \quad (3)$$

3. 検討条件

翠川他の方法に準拠し、北海道で観測された地震動記録を用いて、地震動の最大値と計測震度との経験的關係式の構築を行う。

(1) 地震動データ

本検討では、防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET）および、北海道開発局の地震情報伝達システム（WISE）における観測記録を使用した。

K-NETは1996年5月から2007年10月までに観測された

表1 検討に用いた地震動データの最大値

PGV	地震数	PGV	地震数	PGV	地震数
0-5	24,592	20-25	12	40-45	1
5-10	260	25-30	17	45-50	1
10-15	68	30-35	8	50以上	7
15-20	37	35-40	2	-	-

PGV; cm/s, 地震数; 回

表2 経験的關係式の回帰係数

	震度 0~7			震度 4~7		
	a	b	σ	a	b	σ
I 種地盤	2.65	1.80	0.22	3.04	1.69	0.19
II 種地盤	2.62	1.68	0.29	3.02	1.76	0.23
III 種地盤	2.60	1.70	0.28	3.00	1.76	0.27
全て	2.62	1.72	0.27	3.01	1.75	0.23
翠川他	2.54	1.82	0.19	2.68	1.72	0.21

$$I = a + b \cdot \log PGV \pm \sigma$$

15,112組のデータを使用した。WISEは1967年7月～2007年5月までに観測された9,893組のデータを使用した。

表1に検討に用いた地震動データの最大値を示す。記録した最大速度は5cm/s未満のデータがほとんどであるが、20cm/s以上と比較的大きなデータも48データ観測されている。

(2) 検討手順

対象とする観測記録から、最大速度と計測震度を算出し、回帰分析から経験的關係式を算出する。最大速度は、水平方向の最大値とする。なお、経験的關係式は地盤種別毎に実施する。

(3) 最大速度の算出

K-NETおよびWISEともに観測データは加速度波形であるため、数値積分（線形加速度法）により速度波形を算出する。この際、0.1～10.0Hzのバンドパスフィルターを作用させる。その後、水平2方向の合成波形を作成し、その最大値を最大速度とする。

(4) 計測震度の算出

前述の方法に従い、計測震度を算出する。

4. 検討結果

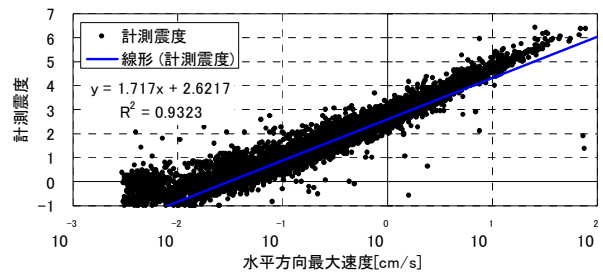
翠川他の方法に準拠し、震度0～7の範囲と、震度4～7の範囲に分けて検討結果を示す

(1) 震度0～7

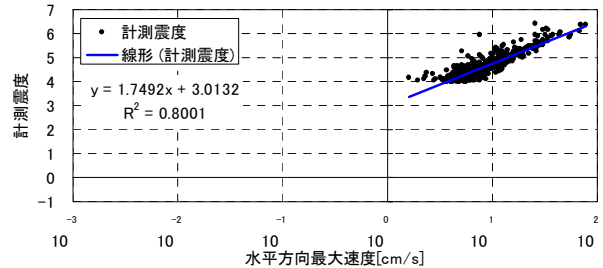
表2に地盤種別別の回帰係数を示す。表より地盤種別による回帰係数の差異は小さく有意ではない。一方、翠川他の回帰係数とは差異が見られる。図2(a)に地盤種別を分類しない場合の最大速度と計測震度との関係を示す。図からわかるように、本検討においても翠川他の検討結果と同様に、回帰係数は低震度データの影響を大きく受けており、高震度領域は回帰直線とデータとの差が大きくなっている。そのため、地震危険度評価や地震被害想定ではこの回帰式を用いた場合、計測震度を小さめに評価することになる。

(2) 震度4～7

表2に地盤種別別の回帰係数を示す。震度0～7の範囲に



(a) 震度 0～7 の範囲



(b) 震度 4～7 の範囲

図2 最大速度と計測震度との関係

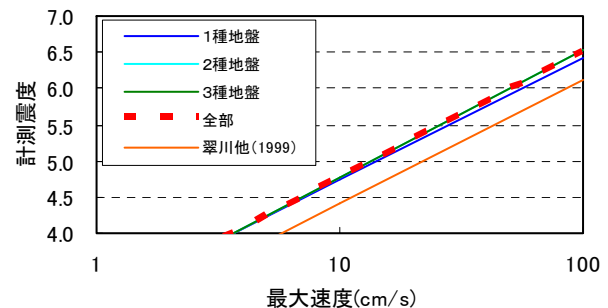


図3 本検討結果と翠川他との計測震度の推定結果の比較

おける検討結果と同様に、地盤種別による回帰係数の差異は小さく、翠川他の回帰係数とは差異が見られる。図2(b)に地盤種別を分類しない場合の最大速度と計測震度との関係を示す。図2(a)との比較、および表2からわかるように、震度0～7の範囲の検討結果に比べ、回帰直線の切片、傾きともに大きくなっている。

図3に翠川他の経験式と本検討による経験式との比較を示す。図からわかるように、本検討で得られた経験式は、翠川他の経験式よりも、約0.3～0.4程度計測震度を大きめに評価している。そのため、北海道において翠川他の経験式を用いて最大速度から計測震度を求めた場合、計測震度を小さめに評価する可能性がある。

前述のように、計測震度と構造物との被害の相関は決して高くない。そのため、地震危険度評価や地震被害想定精度の向上のためには、計測震度を含めた複数の被害指標を提案し、対象構造物別の評価を行う必要がある。

【謝辞】

K-NETの観測記録を使用させていただきました。

【参考文献】

- 1) 境有紀: <http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~sakai/psn.htm>
- 2) 翠川三郎・藤本一雄・村松郁栄: 計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係, 地域安全学会論文集, 1999.