

内陸地震を対象とした計測震度予測式の検討

金沢大学大学院 正会員 ○西川 隼人
 金沢大学大学院 正会員 宮島 昌克
 金沢大学大学院 フェロー 北浦 勝

1. 序論

計測震度は地震発生時に迅速に被害程度を把握する指標として重要である。1995年に発生した兵庫県南部地震を契機に強震観測網が全国各地で整備されるようになり、地震が発生してから短時間で詳細な揺れの分布が分かるようになってきている。また、これら的高密度に展開している強震観測網により、これまで日本ではあまり観測されなかった、震源近傍での地震記録も数多く得られるようになってきている。このように強震計が全国に設置されるようになってから、震度6弱以上の大きな揺れを観測した地震がいくつか発生した。震度6弱以上の揺れを観測した地震のほとんどは内陸部で発生しており、大半は規模がマグニチュード6クラスであった。これらの内陸地震が海溝性地震で生じるようなマグニチュード7～8ほどでないにも関わらず大きな揺れを生じたのは、震源から観測地点までの距離が小さかったためである。このように内陸地震は規模がそれほど大きくない場合でも強い揺れを生じることがあるので、地震防災上、内陸地震による揺れの大きさを予測することは重要であると考えられる。本研究ではK-NET, KiK-netで観測された内陸地震の記録に基づいて、強震計が設置されていない箇所でも計測震度を評価することが可能な予測式を構築する。

2. 解析データ

本研究では以下の条件で解析データを選定した。

- ①気象庁マグニチュード M_{JMA} が5.0以上の地震
- ②震源深さが30km以内の地震
- ③断層最短距離が200km以内の観測点の記録

この3つの条件を基に27の内陸地震のデータを選定した。1996～2003年に発生した地震であり、地震の規模は $5.0 \leq M_{JMA} \leq 7.3$ である。また、記録数は2,606である。データベースに用いた地震の断層最短距離と M_{JMA} の関係は図-1のとおりである。図-1から明らかなように、通常の距離減衰式のデータベースで見られるような、 M_{JMA} による断層最短距離の偏りは見られない。

計測震度を予測するにあたり、地盤特性による計測震度への影響を考慮するために地盤の卓越周期に基づいて地盤を分類した。ボーリングデータより各観測点の地盤の卓越周期を計算し、0.2秒未満を1種、0.2～0.4を2種、0.4～0.6を3種、0.6以上の場合を4種地盤とした。観測点毎に地盤種を分類した結果、図-2のような分布となった。図-2から分かるように1種地盤が全体の大半を占めている。

キーワード 内陸地震, 計測震度, K-NET, KiK-net

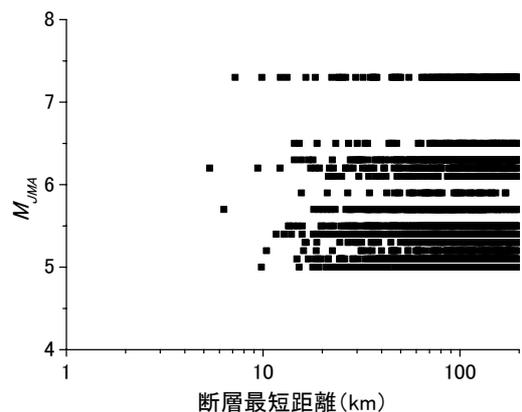


図-1 断層最短距離と M_{JMA} の関係

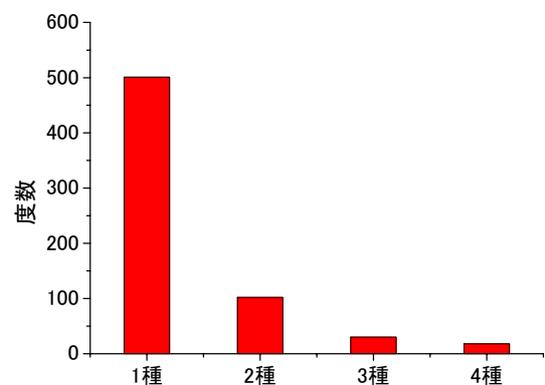


図-2 地盤種ごとの観測点分布数

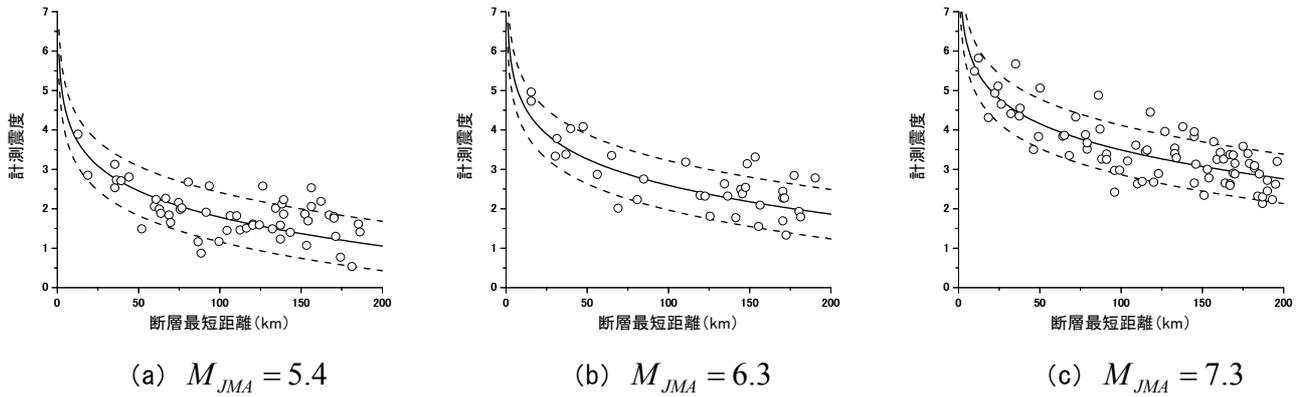


図-3 観測値と予測値の比較

3. 解析結果

計測震度を予測する式を構築するにあたって、マグニチュードや断層最短距離をパラメータに用いる。計測震度と最大加速度，最大速度には相関があり，これまでの研究^{1),2)}で次式のような関係が得られている。

$$I = \alpha \log(PGA \cdot PGV) + \beta \quad (1)$$

ここで I は計測震度， PGA (cm/s²)， PGV (cm/s) はそれぞれ最大加速度，最大速度であり， α, β は定数である。 α は 1 あるいは 1 に近い数なので，本研究では $\alpha = 1$ とする。本研究では式 (1) を基にして予測式を考える。 PGA, PGV の距離減衰式は次式で表されることが多い。

$$\log A = aM - \log R + bR + c \quad (2)$$

A は最大振幅， M はマグニチュード， R は断層最短距離(km)， a, b, c は回帰係数である。 A が PGA の場合の回帰係数を a_1, b_1, c_1 ， PGV の場合の回帰係数を a_2, b_2, c_2 とする。 $\log PGA$ と $\log PGV$ を式 (1) に代入して式を整理し，地盤特性を考慮すると次式が得られる。

$$I_i = a_0 M_{JMA} - 2 \log R + b_0 R + c_0 + \sum_{j=1}^4 \delta_{ij} S_j \quad (3)$$

a_0, b_0, c_0, S_i は回帰係数， δ_{ij} はクロネッカーのデルタである。 S_i の添え字 i は地盤種に対応している。 $i = 1$ ，すなわち 1 種地盤の場合， $S_1 = 0$ とする。よって得られる S_i は 1 種地盤に対する相対的な値となる。式 (3) の回帰係数は作成したデータベースを基に，二段階回帰分析³⁾より求めた。回帰分析より式 (4) が得られた。

$$I_i = 0.879 M_{JMA} - 2 \log R - 0.0013 R + 1.073 + \sum_{j=1}^4 \delta_{ij} S_j \quad (4)$$

なお， $S_2 = 0.165, S_3 = 0.381, S_4 = 0.587$ となった。これより，地盤の卓越周期が長い軟弱な地盤ほど，計測震度が大きくなるのが分かる。図-3 に 1 種地盤における観測値と式 (4) から求めた予測値を示す。散布図は観測値，実線は予測値，破線は予測値 ± 標準偏差 (0.627) である。図-3 から明らかなように観測値の大半が破線の内側に分布している。これより，式 (4) により計測震度を予測する可能であると考えられる。

4. まとめ

本研究では K-NET, KiK-net で観測された地震記録に基づいて内陸地震を対象とした計測震度予測式を求めた。予測式には地点による地盤特性の違いを反映するために地盤の卓越周期をパラメータに導入して，地盤特性による計測震度の増幅の違いを説明した。その結果，得られた距離減衰式による計測震度の予測値は観測値と概ね対応した。

謝辞：防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net 記録，及び，ボーリングデータを使用させて頂きました。

参考文献 1) 武村：日本地震学会一般公開セミナー資料，1997。 2) 翠川ら：地域安全学会論文集，Vol.1，pp.51-56, 1999。 3) Fukushima and Tanaka：BSSA，84，pp.757-783，1990。