

東海地方の高密度強震観測記録に基づく地震動の地域特性と地震動評価指標  
 名古屋大学工学部社会環境工学科建築学コース  
 構造設計工学講座 飛田研究室 鎌田 丈史

1. 研究の背景と目的

地震動の強さを評価する指標として、構造設計上重要な物理量である最大加速度、最大速度や構造物の地震被害と相関が高い計測震度、SI値があげられる。これら各指標の特性やそれらの関係を明らかにすることは、構造設計や防災に利用するにあたって有用である。また観測記録に基づく地震動強さの距離減衰特性を調べることは、防災上注意すべき想定地震での対象地点の地震動強さを経験的に予測することができる。

1995年兵庫県南部地震以降、各種機関によって強震観測網が設備され、東海3県でも強震観測地点が500地点を越えているが、導入した機関ごとに目的が異なるためそのデータは独自に管理され、公開度も低い。そこで1999年度に、全国6大学で「大都市圏強震動総合ネットワークシステム」の開発が行われた。東海地域では名古屋大学が中心となって、自治体、ライフライン企業、及び大学の既存地震観測システムのネットワーク化を行った。そこで本論では、このネットワークを活用して多数の波形記録を収集・整理し、これに基づいて、東海地域における地震動の特性や距離減衰について検討する。また地震動を評価する指標の特性や相互の関連について分析を行う。

2. 東海地域の大都市圏強震動総合ネットワークシステム

強震動観測地点分布を図.1に示す。東海3県に約200地点、愛知・岐阜にまたがる濃尾平野で約80地点、名古屋市内で約50地点である。岐阜県については自治体の計測震度計から波形収集できないため、南部の濃尾平野以外は計測地点がない。

本システムは、強震動波形データを収集することが目的であり、気象庁や自治体の計測震度ネットより多くの情報が得られる点が特徴である。今後、蓄積された強震動波形データは、耐震設計や防災にとって重要なデータベースとなることが期待される。

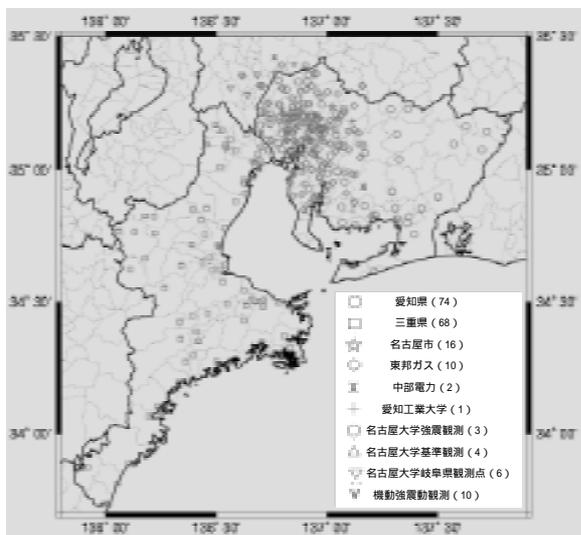


図.1 強震動観測地点分布  
 (括弧内は観測地点数を表す)

表.1に本論で用いた地震の諸元を示す。

3. 震度分布

2000年10月6日の鳥取県西部地震の震度分布を図.2に示す。図より、濃尾平野の東部に比べ西部のほうが大きな震度が得られている。これは、東部に比べ西部の表層地盤が軟らかいことに起因していると思われる。

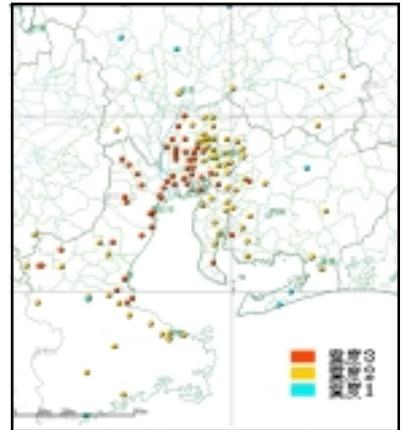
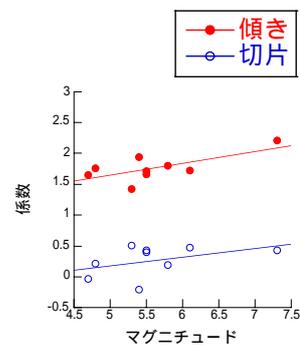


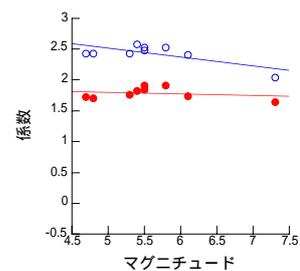
図.2 2000年10月6日の地震の震度分布

4. 地震動評価指標の相関

地震動評価指標のうち最大加速度と計測震度、最大速度と計測震度、最大速度とSI値の相関を調べた。いくつかの地震について得られた回帰式を表.2に示す。表.2より、計測震度との相関は最大加速度よりも最大速度のほうが良いことが分かる。しかし、地震によってある程度のばらつきがあったため、地震規模の指標としてマグニチュードを用いて、回帰式の係数との関係を図.3に示す。図より、最大加速度と計測震度の回帰式では、マグニチュードが大きくなるほど切片、傾きとも大きくなる傾向にある。マグニチュードが大きくなると最大加速度に対する計測震度が大きく評価さ



a)最大加速度と計測震度の回帰式



b)最大速度と計測震度の回帰式

図.3 マグニチュードと係数の関係

表.1 本論で用いた地震の諸元

| 地震発生日       | 地震名       | マグニチュード | 震源深さ(km) | 震央距離(km) | データ数 |
|-------------|-----------|---------|----------|----------|------|
| 1997年3月16日  | 愛知県東部地震   | 5.8     | 39       | 59       | 126  |
| 1997年5月24日  | 遠州灘地震     | 5.3     | 22       | 88       | 107  |
| 1998年4月22日  | 岐阜・三重県境地震 | 5.4     | 10       | 37       | 289  |
| 1999年8月21日  | 和歌山県北部地震  | 5.5     | 70       | 182      | 110  |
| 1999年11月7日  | 福井県沖地震    | 4.8     | 15       | 148      | 117  |
| 1999年11月29日 | 愛知県西部地震   | 4.7     | 50       | 8        | 261  |
| 2000年6月7日   | 石川県西方沖地震  | 6.1     | 20       | 226      | 161  |
| 2000年10月6日  | 鳥取県西部地震   | 7.3     | 10       | 330      | 150  |
| 2000年10月31日 | 三重県中部地震   | 5.5     | 40       | 113      | 201  |

震央距離は名古屋大学9号館からの距離である

れているといえる。一方、最大速度と計測震度の回帰式では、マグニチュードの依存性が見られない。従って最大加速度より最大速度のほうが震度予測に適しているといえる。また最大速度とSI値の関係は、概ね  $SI=1.1 \times V_{hmax}$  となっているが、2000年10月6日の地震のみ他の地震に比べて相関が若干低下している。そこで、図.4に、1999年11月29日の地震と2000年10月6日の地震について、最大速度とSI値の相関と、名古屋市(K-net)観測点の速度応答スペクトル(減衰定数0.2, NS成分)とを示す。速度応答スペクトルの縦軸は、その地点での最大速度で除した値となっている。SI値は固有周期0.1秒~2.5秒の平均速度応答であり、この周期帯域で1999年11月29日の地震の速度応答スペクトルが、ほぼ1.0であることから最大速度とSI値の相関が高いことが確認できる。一方、2000年10月6日の地震の速度応答スペクトルは、同じ周期帯域で1.0になっておらず、このことが他の地震に比べて相関が低くなった要因である。つまり、長周期成分が卓越する地震では、最大速度とSI値の相関が低くなるのが分かる。

### 5. 河角式の適用性

以前より、最大加速度と震度の関係式として河角による式  $I=2\log(A_{max})+0.7$  がよく知られている。そこで、河角の式を用いて最大加速度から求められる震度と計測震度の比較検討を行った。検討に用いた地震は表.1とし、検討項目として地震動強さと周期成分に着目した。地震動強さは最大速度、周期成分は加速度フーリエスペクトル(NS成分)の卓越振動数により代表させた。図.5の縦軸は、計測震度を河角式による震度で除した値である。図.5より最大速度が小さいほど、また加速度フーリエスペクトルの卓越振動数が高いほど河角式の震度と計測震度の差が大きくなり、河角の式で求められる震度は計測震度に対して過大に評価される傾向がある。

### 6. 地震動強さの距離減衰特性

図.6に1998年4月22日の地震、2000年10月31日の地震における観測記録の最大加速度と震源距離の関係を福島・田中式(1992)<sup>2)</sup>の評価値とともに示す。両地震とも地盤種別による距離減衰特性に明確な違いは見られない。1998年4月22日の地震は活断層性の内陸地震であり、2000年10月31日の地震はプレート内部で起こった地震である。同様の検討を表.1で示した地震で行ったが、プレート内地震は2000年10月31日の地震と同様、評価値より観測値のほうが大きい値を示す傾向があった。

### 7. まとめ

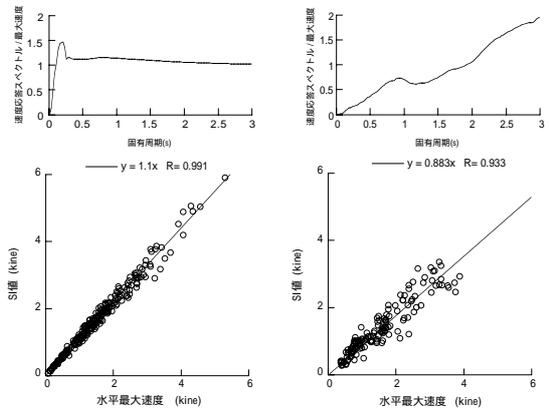
東海地域の多数の強震記録から以下の傾向が明らかになった。

- 1)地震動評価指標の相関について、計測震度との相関は、最大加速度よりも最大速度のほうが高く、震度予測に適していることが分かった。また最大速度とSI値は概ね同一の指標と見なせるが、長周期成分が卓越する地震では注意を要する。
- 2)河角の式は、計測震度に比べ震度を過大に評価する傾向にある。
- 3)最大加速度の距離減衰特性については、地盤種別による明確な違いは見られず、活断層性の内陸地震よりもプレート内部での地震のほうが評価値より観測値のほうが大きくなる傾向があるようである。

表.2 各種相関の回帰式一覧

| パラメータ      | 地震発生日       | 回帰式                                       | 相関係数  |
|------------|-------------|---|-------|
| 最大加速度と計測震度 | 1999年11月29日 | $I = -0.0059 + 1.66 \times \log(A_{max})$ | 0.873 |
|            | 2000年6月7日   | $I = 0.473 + 1.73 \times \log(A_{max})$   | 0.844 |
|            | 2000年10月6日  | $I = 0.433 + 2.21 \times \log(A_{max})$   | 0.908 |
|            | 2000年10月31日 | $I = 0.428 + 1.66 \times \log(A_{max})$   | 0.936 |
| 最大速度と計測震度  | 1999年11月29日 | $I = 2.44 + 1.77 \times \log(V_{max})$    | 0.957 |
|            | 2000年6月7日   | $I = 2.4 + 1.74 \times \log(V_{max})$     | 0.941 |
|            | 2000年10月6日  | $I = 2.04 + 1.64 \times \log(V_{max})$    | 0.899 |
|            | 2000年10月31日 | $I = 2.52 + 1.91 \times \log(V_{max})$    | 0.974 |
| 水平最大速度とSI値 | 1999年11月29日 | $SI = 1.1 \times V_{hmax}$                | 0.991 |
|            | 2000年6月7日   | $SI = 1.17 \times V_{hmax}$               | 0.985 |
|            | 2000年10月6日  | $SI = 0.883 \times V_{hmax}$              | 0.933 |
|            | 2000年10月31日 | $SI = 1.13 \times V_{hmax}$               | 0.993 |

I: 計測震度、A<sub>max</sub>: 最大加速度、V<sub>max</sub>: 最大速度、SI: SI値、V<sub>hmax</sub>: 水平最大速度



a)1999年11月29日の地震 b)2000年10月6日の地震

図.4 最大速度とSI値の相関及び速度応答スペクトル(h=0.2)

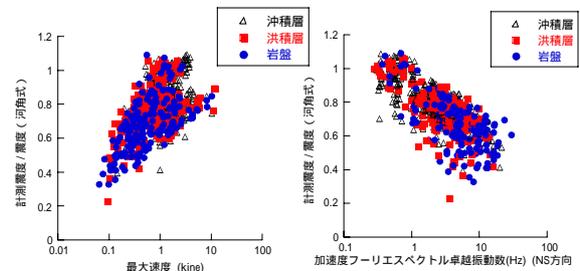
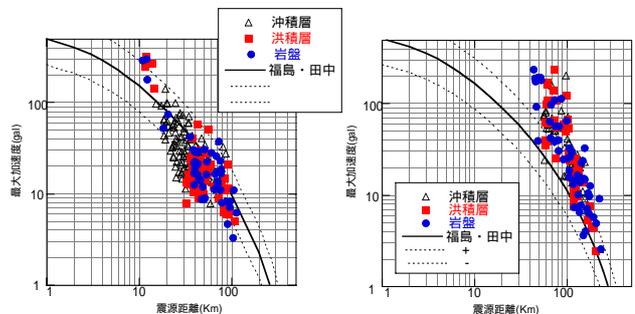


図.5 河角式から求められる震度と計測震度の関係



a)1998年4月22日の地震 b)2000年10月31日の地震

図.6 観測記録の最大加速度と震源距離の関係

### 参考文献

- 1) 河角広: 震度と震度階(続) 地震、15、pp.6-12、1943
- 2) 福島美光: 断層近傍まで適用可能な最大加速度の距離減衰式の導出と改定、清水建設研究報告、第63号、pp.75-88、1996.4