

Ⅱ-18 群馬県における広域的地震動分布評価の一例

北原武嗣（群馬工業高等専門学校 環境都市工学科），博（工）

Takeshi KITAHARA (Gunma National College of Technology), Dr. Eng.

【抄録】土木構造物の耐震設計や耐震診断等を検討する際、また、広域的な地震被害予測・防災計画の立案にあたっては、想定される地震動を評価することが重要な課題となる。群馬県においても、平成12年度に地域防災計画の修正版が発行され地震動評価が行われている。しかしながら、群馬県における過去の地震活動度は低く、現状では十分な検討が成されているとはいえない。また近年、群馬県周辺における活断層調査も進んでいる。そこで、本研究では、近年の活断層調査結果を踏まえ想定地震を設定し、国土数値情報の微地形データを利用して表層地盤の増幅特性を考慮した。ここでは、群馬県における広域的な地震動分布評価を行った一例を報告する。

【キーワード】地震動分布、活断層、GIS、データベース

1. はじめに

兵庫県南部地震により土木・建築構造物の多くが被害を受けた。その反省から、地震時被害を少なくするため、耐震設計法、耐震診断や耐震補強技術の高度化の研究が進んでいる。また、地震国である我が国において、震災を完全に防ぐことは困難なため、震災時の被害予測を行い、防災対策を講じることも広く行われるようになってきている。

耐震設計や耐震診断を実施する際、また、地震被害予測や防災対策を立案するにあたっては、検討地点において想定される地震動を評価することが重要な課題となる。このような地震動評価を行うため、地理情報システム(GIS)を活用し、歴史地震や活断層、および地盤特性などのデータベースを有した評価システムが開発されている^{1)~4)}。

表層における地震動は地盤特性の影響を強く受けるが、この影響を評価するためには、地盤特性としてせん断波速度、減衰、単位体積重量等、多くの情報が必要となる。しかしながら、日本全国にわたり、これらのデータを整備することは非常に困難である。この問題を解決するため、松岡・翠川は、国土数値情報を用いて地盤特性を簡便に評価する手法を提案している¹⁾。著者は、これらの知見を踏まえ、GISを活用した歴史地震・活断層データベースを構築し、国土数値情報による地盤特性を利用した確率論的耐震性能評価システムを開発した⁵⁾。

さて群馬県は、過去の地震活動度が低く、大きな地震被害を受けたことが少ないため、地震災害に対

する認識が必ずしも高いとは言えない。地震被害予測や防災対策に関しては、群馬県が平成10年に行った群馬県地震被害想定調査⁶⁾や、平成12年度の群馬県震災対策計画⁷⁾が存在する程度である。しかしながら、我が国が環太平洋地震地帯に位置することを考慮すると、群馬県が今後も地震被害に無縁であるとは考え難い。また近年、群馬・埼玉県県境における活断層調査が行われ、新たな活断層系に関する報告⁸⁾もなされている。

したがって、本論文では、最新の活断層調査結果を踏まえて想定地震を設定し、群馬県における最大地震動分布を評価するものとする。本評価結果は、群馬県における耐震設計や耐震診断、および地震防災のための地震被害予測に役立つと考えられる。

2. 確率論的耐震性能評価システム

2.1 システム構成

開発システムの基本構成を図-1に示す。本システムは、パーソナルコンピュータ上に、データベースモジュール、地震動・動的解析処理モジュールおよび表示モジュール(地理情報システム)の3つの部分から構成されている。

開発したシステムは、地表面最大速度(もしくは最大加速度)のみを算出することから、模擬地震波を作成し動的解析による確率論的な耐震性能評価まで、検討レベルに応じた評価が行えるシステム構成となっている⁵⁾。

ただし、本論文では、群馬県における広域的な最

大地震動分布を評価することが目的であるため、開発システムのうち、地表面最大速度(加速度)算定モジュールのみを利用している。以下、2.2～2.3に算定手法を簡単に示す。システム全体に関する詳細は文献5)を参照されたい。

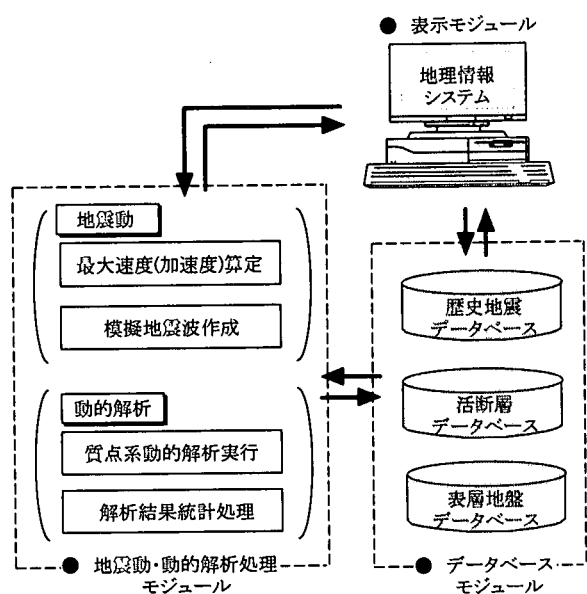


図-1 システム構成

2.2 データベースモジュール

(1) 歴史地震データベース、活断層データベース

本システムでは取り扱いの容易さから、震源モデルとして点震源モデルと線震源モデルを用いるものとした。点震源モデルのデータベースとして歴史地震データベースを、線震源モデルのデータベースとして活断層データベースを構築した。点震源モデルでは震源位置とマグニチュードが、線震源モデルでは、断層位置と断層長さがデータベース化されている。歴史地震データベースには文献9)を、活断層データベースには文献10)を用いた。活断層の場合、式(1)で示される松田の式¹¹⁾により、断層長さからマグニチュードを推定するものとした。

$$M = \frac{\log L + 2.9}{0.6} \quad (1)$$

ただし、 M : マグニチュード、 L : 断層長さ。

(2) 表層地盤データベース

本システムでは、表層地盤のデータベースとして、データの情報量により2種類のデータベースに分類

して整備するものとした。すなわち、詳細なボーリングデータが存在する地域では、深度方向の地盤物性を忠実にデータベース化するが、詳細なデータが存在しない地域では、国土数値情報による微地形データを用いることとした。

地盤物性値としては、土質種別、層厚、せん断波速度、単位体積重量、減衰等をデータベース化した。

2.3 地表面での最大速度(加速度)算出方法

工学的基盤における最大速度は、翠川による距離減衰式¹²⁾を用いて評価するものとする。基盤の最大速度に、表層地盤の増幅度を乗じることにより、地表面での最大速度を算出する。

表層地盤による増幅度の評価には、松岡・翠川の手法¹⁾を用いた。通常、松岡・翠川の手法では、表層地盤の平均せん断波速度を国土数値情報の微地形データを用いて式(2)から求める。本システムでも同様の手法を用いるが、詳細な地盤物性データがある場合には、式(3)により平均せん断波速度を求めることとした。

$$\log V_s = a + b \cdot \log h + c \cdot \log D \quad (2)$$

$$V_s = \sum V_{si} \cdot H_i / \sum H_i \quad (3)$$

ただし、 V_s : 表層地盤の平均せん断波速度(m/s),

h : 標高(m), D : 河川からの距離(km),

V_{si} : 第*i*層のせん断波速度(m/s),

H_i : 第*i*層の層厚(m),

a, b, c : 微地形区分ごとに定まる定数。

地表面での最大加速度は、地震動の最大振幅比(最大加速度/最大速度)と表層地盤の卓越振動数との関係¹³⁾を参考に、上記で求めた最大速度から次式を用いて算定する。

$$A_{\max} = V_{\max} \cdot (7/T_g) \quad (4a)$$

$$T_g = 4 \cdot H/V_s \quad (4b)$$

ただし、 $A_{\max}$: 地表面最大加速度(cm/s^2),

$V_{\max}$: 地表面最大速度(cm/s),

T_g : 地盤の卓越周期(s),

H : 表層地盤の総厚(m),

V_s : 表層地盤の平均せん断波速度(m/s)。

3. 最大速度分布の評価事例

図-2に、国土数値情報による群馬県の微地形区分を示す。群馬県周辺部は山間地帯であり、第三紀や洪積紀等の硬質地盤である。一方、利根川や烏川等の周辺に広がる平野部は、ローム台地や三角州等である。したがって、山間地帯では地震動の増幅度は小さく、平野部は増幅度が大きくなることわかる。

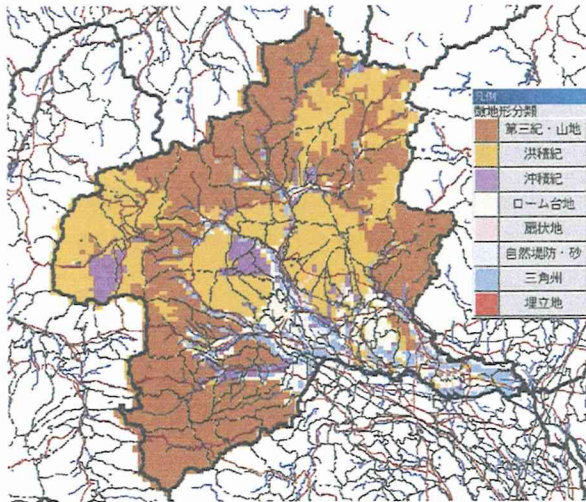


図-2 群馬県の微地形区分

図-3に群馬県周辺の活断層を示す。朱色は文献10)に示されたものであり、青色は文献8)で示された深谷断層系を表している。深谷断層系とは、深谷断層が群馬県榛名町付近まで続く一連の断層系とみなしたものである。本論文では、深谷断層系を図-3に青色で示した約30kmの延長を有する断層と考えた。



図-3 群馬県周辺の活断層分布

図-3に示した断層を想定地震とし最大速度分布を評価した。ここでは、群馬県に影響が大きいと考え

られる、信濃川断層帯、平井一櫛引断層帯および深谷断層系を想定地震とした場合の結果を、それぞれ、図-4、図-5および図-6に示す。

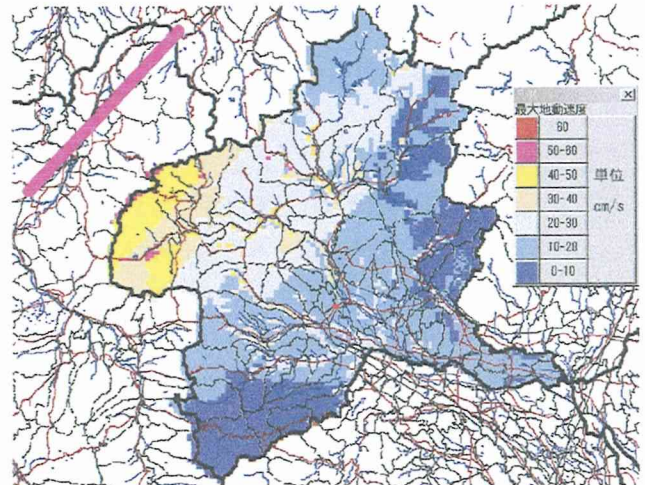


図-4 信濃川断層帯による最大速度分布

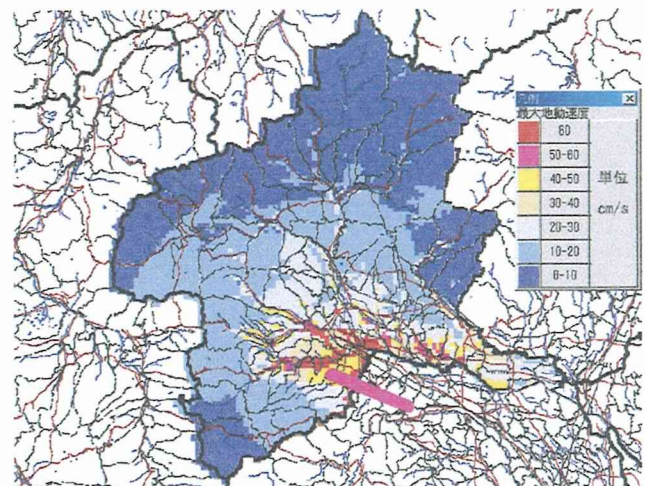


図-5 平井一櫛引断層帯による最大速度分布

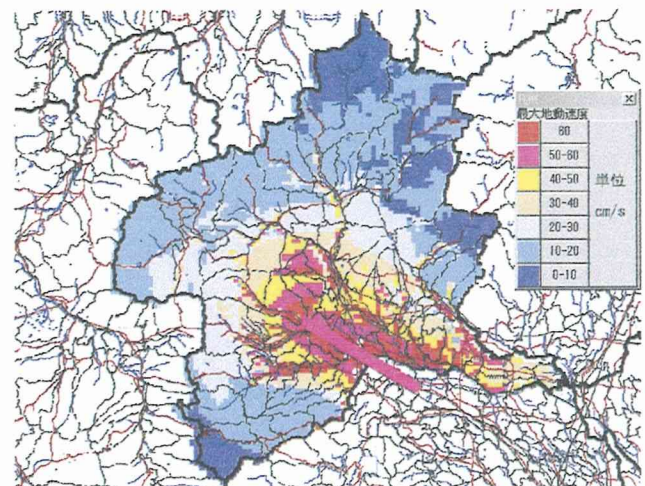


図-6 深谷断層系による最大速度分布

ここで考慮した活断層のなかで、信濃川断層帯は断層長さ60kmと最も長く、地震規模は最も大きくなる。しかしながら、図-4、図-5、図-6を比較すると、信濃川断層帯を想定地震とした場合、最大速度分布が最も小さくなっている。これは、信濃川断層帯から近距離の地域は山間地帯であるため、増幅度が小さいためであると考えられる。さらに、図-4から、人口が集中し被害が生じやすいと考えられる平野部では、最大速度が20cm/s(震度3,4程度)以下の揺れしか生じないことがわかる。新潟県や栃木県に存在する他の活断層を想定地震とした場合も同様である。

図-5より、平井-櫛引断層帯を想定地震とすると、烏川や鑓川流域において最大速度60cm/s(震度6弱程度)以上の揺れの生じる地域が存在することがわかる。さらに図-6から、深谷断層系を想定地震とした場合、平野部の大部分において最大速度40cm/s(震度5弱,5強程度)以上となり、河川流域周辺部の多くは最大速度70cm/s(震度6強程度)以上の揺れが生じることがわかる。

以上の検討より、深谷断層が単独でなく、群馬県榛名町付近まで延長された一連の断層系として地震が生じた場合、十分な震災対策が必要になると考えられる。

4. 結論

本研究では、群馬県を対象として、活断層を想定地震とした場合の最大速度分布について検討した。得られた主な結論は以下の通りである。

- (1) 群馬県近傍の活断層のうち、長野県、新潟県、栃木県に存在する活断層を想定地震とした場合、震源から近距離の地域は山間部であるため、あまり増幅されず、群馬県内において大きな地震動の生じる地域は少ない。
- (2) 平井-櫛引断層帯を想定地震とすると、烏川流域および鑓川流域において最大速度が60cm/s以上となり、震度6弱程度の揺れが予想される。
- (3) 深谷断層系を一つの断層と見なし、これを想定地震とすると、群馬県平野部のほとんどが最大速度40cm/s以上となる。また、河川流域周辺部では、最大速度が70cm/s(震度6強程度)以上となる地域もかなり生じるため、十分な震災対策が必要と考えられる。

謝辞

本研究を実施するにあたり、(財)日本建設情報総合センターの研究助成を受けました。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 松岡昌志・翠川三郎：国土数値情報を利用した地盤の平均S波速度の推定，日本建築学会構造系論文集，No.443，pp.65-71，1993.
- 2) 石田栄介・福和伸夫：JAVAによる都市地震防災情報統合GISのインターネットへの展開，日本建築学会技術報告集，第5号，pp.287-291，1997.
- 3) 小檜山雅之他：GISを活用した広域地震被害評価システムの構築，鹿島技術研究所年報，第46号，pp.51-56，1998.
- 4) 奈良岡浩二他：GISを利用した広域における地震動と地震被害予測システムの構築，清水建設研究報告，第68号，pp.59-68，1998.
- 5) 北原武嗣：地震動の周期特性と非定常性を考慮した耐震設計法に関する基礎的研究(第2章 地理情報システムを用いた確率論的耐震性能評価システムの開発)，名古屋大学博士論文，pp.11-37，2001.
- 6) 群馬県総務部消防防災課：群馬県地震被害想定調査報告書，1998.
- 7) 群馬県防災会議：群馬県震災対策計画(群馬県地域防災計画・震災対策編)，2000.
- 8) 杉山雄一他：群馬県における深谷断層の反射法地震探査と深谷断層系=東日本の中央構造線活断層系モデル，地質ニュース，No.546，pp.45-51，2000.
- 9) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧[増補改訂版416-1995]，東京大学出版会，1996.
- 10) 活断層研究会編：新編日本の活断層-分布図と資料，東京大学出版会，1991.
- 11) 松田時彦：活断層から発生する地震の規模と周期について，地震，第28巻，pp.269-283，1975.
- 12) Midorikawa, S.: Preliminary Analysis for Attenuation of Peak Ground Velocity on Stiff Site, *Proc. of Int. Workshop on Strong Motion Data*, No.2, pp.39-48, 1993.
- 13) 沢田 努・平尾 潔・山本英史・川手 訓：地震動の最大振幅比($a/v, ad/v^2$)とスペクトル特性及び継続時間の関係，第21回地震工学研究発表会講演概要，pp.41-44，1991.