

広域エリアを対象とした大規模地震時の被害予測に関する研究

多田 匡博*, 勅使川原 誠司**

Seismic Damage Prediction of a Large Earthquake for the Wide Area

Masahiro TADA* and Seiji TESHIGAWARA**

(Received June 16, 2003)

This study described the seismic damage prediction in Kasugai City, Owariasahi City and Moriyama Ward in Nagoya City. The building attribution material, which is necessary for the calculation of a damage prediction, was obtained by the field work investigation. Five kinds of estimation earthquakes were set in order to do the damage prediction. From this prediction result, it was proved that the inland earthquake brought about the large damage further than the ocean trench type earthquake. In addition, the liquefaction risk prediction were shown in this paper.

Keywords: seismic damage prediction, estimation earthquake, liquefaction risk, building attribute

1. はじめに

1995年の阪神・淡路大震災を契機に地震に対する被害予測が活発に行なわれるようになった。現在では都道府県単位や市町村単位では、被害予測が行なわれるようになったが、その情報については十分であるとは言えない。本研究では大都市を取り巻く中小都市及び近隣都市を含む広域エリアの被害予測を行うため実地調査により建物属性等のデータ収集を行った。

この資料を基に、過去に発生した地震で対象地域に被害をもたらした地震や今後対象地域に多大な被害を与えると考えられる地震を想定し、その地震動に対して建物被害・人的被害・火災被害・液状化危険度予測を行った。

2. 調査対象地域と想定地震

本調査では、愛知県春日井市・名古屋市守山区・愛知県尾張旭市を対象地域とした。また地区単位は500m×500m(500mメッシュ)を採用し、その結果対象地域は合計で685地区となった(図1)。

想定地震は、海溝型地震(想定東海地震・東南海地震)・内陸型地震(濃尾級地震)・直下型地震(猿投断層と岐阜・一宮断層による地震)を想定した。詳しい震源地・震源域は、図2、表1に示す通りである。また、こ

れらの想定地震の規模は、海溝型地震が、同時発生を考慮してマグニチュード8~8.5、内陸・直下型地震をマグニチュード7.2~8とした。

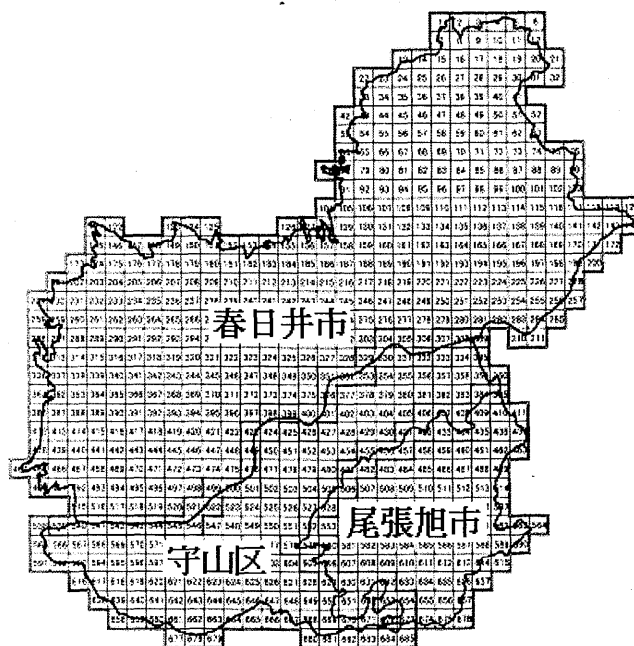


図1 対象地域の500mメッシュ区分図

*国豊積算 (Kunitoyo Estimation)

**建築学科 (Department of Architecture)

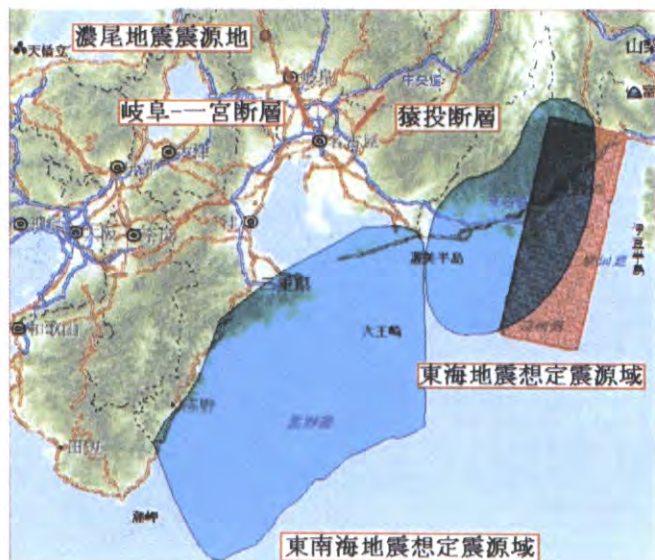


図2 想定地震震源地及び震源域

表1 想定地震の震源地

想定地震	震源地	
	北緯	東経
濃尾地震(1891年)	35° 36' 00"	136° 36' 00"
東海(磐田沖)	34° 14' 07"	137° 56' 54"
東海(御前崎沖)	34° 09' 24"	138° 23' 37"
東海(周智郡春野町付近)	34° 58' 25"	137° 56' 01"
東海(静岡県湖西市付近)	34° 43' 01"	137° 30' 57"
東南海地震(1944年)	33° 48' 00"	136° 36' 00"
猿投断層	35° 10' 32"	137° 07' 34"
岐阜-一宮断層	35° 11' 14"	136° 51' 25"

3. 被害予測項目と方法

被害予測項目は、地震動(地表最大速度及び加速度・震度)・建物被害(建物全壊数・木造建物半壊数)・人的被害(死者数+重傷者数)・火災被害(出火件数)・地盤被害(液状化危険度予測)の5項目を考えた。この中で、地盤被害以外の4項目は、『地震被害想定支援マニュアル』¹⁾を用いて被害率算定を行い、その結果を500mメッシュに適用しハザードマップを作成した。また広域での地盤の液状化危険度判定を行うには、先ず地形等による方法から大まかな予測を行い、その後危険と判断された場所の地盤を調べる方法が一般的であることから本研究では、まず支援マニュアルによる方法から対象地域全地区での危険度予測を行う。次に地盤資料(ボーリング調査データ)を用いた簡易的な液状化危険度予測を行い、最終的には2つの方法を合わせた総合的な液状化危険度判定を行った。

3.1 簡易予測法による液状化危険度予測

地盤資料を用いた簡易的な液状化危険度予測は、地盤資料より得られた値(土質、N値など)を、道路橋示方書(1996年)²⁾に基づく方法により液状化抵抗率： F_L 値を算出し、岩崎・龍岡らによって提案された P_L 値³⁾によって判定を行う。尚、道路橋示方書(1996年)は前年発生した阪神大震災(兵庫県南部地震)を期に見直し改

定されており、現在使用頻度が高い判定方法である。この P_L 値は、地盤資料1本に対してタイプI(海溝型地震)とタイプII(内陸・直下型地震)の2つの結果を得る。

3.1.1 地盤資料(ボーリング調査データ)

本報告では、濃尾平野の地盤資料目録および名古屋地盤図^{4),5)}などを参考に1454本の地盤資料を収集し全ての解析を行った。そのうち1354本の資料を用いて研究対象地域での液状化危険度予測を行った。

3.1.2 F_L 値による算定方法

F_L 値は、砂層の液状化に対する強さを R とし、液状化を起こそうとする力を L としたとき式(1)で表される。その結果、 F_L 値が1より大きいならば、液状化の可能性は低く、 F_L 値が1以下ならば、液状化の可能性は高いと判断する方法である。この方法は、道路橋の基礎地盤や建築基礎地盤の液状化判定に用いられる。

$$(1) \quad F_L = R/L$$

3.1.3 P_L 値による判定

F_L 値はある地点の砂質土層が地震時に液状化の可能性があるか否かを示すものであり、これだけではその地点における液状化の評価をすることはできない。岩崎・龍岡らは、この点に着目して P_L 値を提案した。 P_L 値は、地表面から深度20mまでを式(2)で積分して求める。また危険度とその内容を表2に示す。表2より P_L 値の結果を用いて各地区の液状化危険度を4段階で判定する。

$$(2) \quad P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) \times (10 - 0.5z) dz$$

F_L ：液状化抵抗率(式(1)で算出した値)

z ：地表面からの深さ(m)

※ $(1 - F_L) \geq 0$ ならば $(1 - F_L) = 0$ とする。

表2 P_L 値と液状化危険度の関係

P_L 値	危険度	内 容
$P_L = 0$	かなり低い	液状化に関する詳細な調査は不要。
$0 < P_L \leq 5$	低い	特に重要構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要。
$5 < P_L \leq 15$	高い	重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。
$15 < P_L$	極めて高い	液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避。

4. 実地調査結果と建物属性データの信頼性

調査結果によれば対象地域の3市区は合計で建物戸数が140,137戸でありその内、木造建物が107,200戸、非木造建物が32,937戸であった。対象地域では各役所周辺やJR中央線及び名鉄瀬戸線の沿線に建物が密集していた。実地調査で得られた建物属性データがどのくらいの信頼性があるか家屋台帳を使って検討を行った(表3)。その結果、年代別・構造別ともに8割を超え

る正答率が得られていた。この結果を基に建物被害予測を行ったものが表4である。これらのことより実地調査による正答率が8〜9割あれば500mメッシュにおいては家屋台帳を使わなくても信頼性の高い被害予測が行えることが分かった。

表3 家屋台帳との比較（実地調査/家屋台帳）

地区	年代別		構造別	
	正答戸数	正答率	正答戸数	正答率
557	204/244	83.6%	225/244	92.2%
562	138/172	80.2%	163/172	94.8%
563	106/125	84.8%	120/125	96.0%
582	242/252	96.0%	232/252	82.5%
656	239/286	83.6%	262/286	91.6%

表4 建物全壊予測戸数（想定猿投断層地震M7.2）

地区	判定法	木造		非木造	
		新	古	新	古
557	家屋台帳	1.5	9.2	0.2	0.5
	実地調査	1.2	11.5	0.1	0.8
562	家屋台帳	0.2	1.4	0.0	0.0
	実地調査	0.3	0.9	0.0	0.0
563	家屋台帳	0.2	1.1	0.0	0.0
	実地調査	0.2	0.8	0.2	0.0
582	家屋台帳	1.9	5.7	0.3	0.2
	実地調査	2.0	5.2	0.3	0.2
656	家屋台帳	0.4	1.1	0.1	0.1
	実地調査	0.4	1.5	0.0	0.1

5. 被害予測および危険度予測結果

5.1 支援マニュアルによる被害予測結果

5.1.1 地震動

研究対象地域での地震動結果については、表5に示す。また、現在最も発生しやすいと言われている想定東海地震の新震源域西端（静岡県湖西市）を震源とした場合の震度予測分布図を図3に示した。この図より、震源域がおおよそ50km西にずれることによって研究対象地域では、震度階級が6弱を超える地域が広範囲に分布していることが分かる。このことより、春日井市や尾張旭市では、東海地震の防災対策強化地域に指定はされていないが、警戒する必要があることが判明した。尚、本報告では国が行った震度予測の算定式と異なることから若干大きな値を示している。

5.1.2 建物被害

建物被害は、建物全壊数（木造建物全壊数＋非木造建物全壊数）と木造建物半壊数の被害について予測を行った。その結果を表6に示す。

5.1.3 人的被害

人的被害は、死者数と重傷者数を合計した値を算出した。また時間別に屋内滞留人口が異なることから早朝（4時）・昼間（12時）・夜間（20時）の3項目を設定した。その結果が表7である。

表5 想定地震による地震動（地区での最大値）

想定地震	規模M	地表最大速度:kine	地表最大加速度:gal	震度階級
東海地震（磐田沖）	8	25.9	320.2	5強
東海地震（湖西市付近）	8	54.3	738.5	6弱
東南海地震	8	21.9	265.1	5強
濃尾地震	8	83.3	1197.2	6強
猿投断層による地震	7.2	89.5	1300.0	6強
岐阜・一宮断層による地震	7.2	60.0	826.0	6弱

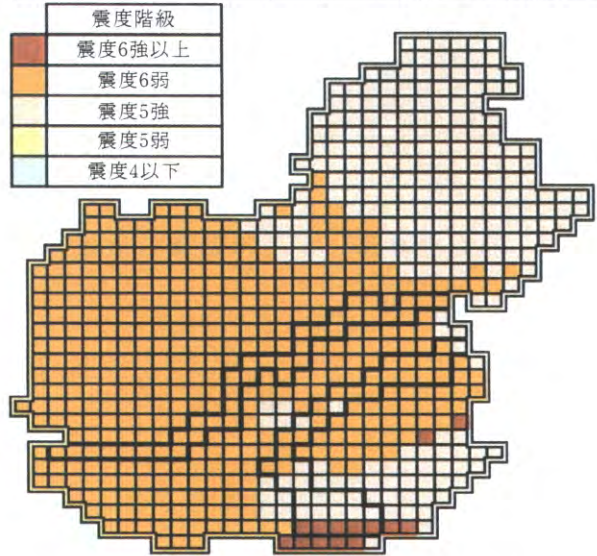


図3 想定東海(湖西市)地震M8 震度階級予測分布図

表6 建物被害予測結果(全地区合計)

想定地震	規模M	建物全壊		木造建物半壊	
		戸数	率	戸数	率
東海地震（磐田沖）	8	0	0.00%	167	0.16%
東海地震（湖西市付近）	8	395	0.28%	3364	3.14%
東南海地震	8	0	0.00%	40	0.04%
濃尾地震	8	1528	1.09%	7377	6.88%
猿投断層による地震	7.2	3325	2.37%	11526	10.75%
岐阜・一宮断層による地震	7.2	412	0.29%	3349	3.12%

表7 人的被害予測結果(全地区合計)

想定地震	規模M	人的被害(死者数＋重傷者数)		
		早朝4時	昼間12時	夜間20時
東海地震（磐田沖）	8	0	0	0
東海地震（湖西市付近）	8	14	0	6
東南海地震	8	0	0	0
濃尾地震	8	284	140	260
猿投断層による地震	7.2	704	390	632
岐阜・一宮断層による地震	7.2	18	0	11

5.1.4 火災被害

火災被害は、建物からの出火件数を算出した。また人的被害と同様に火災の条件も時刻・季節によって異なることから、春・夏・秋・冬の4時・12時・20時で予測を行った。その結果、全地区の合計では、どの条件でも殆ど出火しない結果となったが出火した場合は、延焼し被害が拡大する恐れがあり十分な注意が

必要である。また、各地区では、どの条件でも 1 件未満となった。

5.1.5 地盤被害

地盤被害は、液状化危険度予測について行った。支援マニュアルによる液状化予測は、地形・標高・地表最大速度を用いて判定する方法であり、この計算による結果では比較的規模の小さい想定地震からでも液状化危険度が高いと予測されることが判った。また対象地域では、氾濫原(三角州)における地区での危険度が高いと判定された。特に守山区と尾張旭市は、役所周辺に建築物が多くこれらの地区では液状化危険度が高いことが判明した。

5.2 簡易予測法による液状化危険度予測

5.1.5 での液状化危険度予測は、地形・標高・地表最大速度による方法で、地盤を考慮した方法ではない。よってここでは、地盤資料(ボーリング調査データ)を用いて簡易的な(3.1 に示す)液状化危険度予測を行った。その結果、対象地域は比較的安定した地盤であると言えるが、所々で危険性が高い地区があることがわかった。

5.3 液状化危険度総合判定

5.2 において地盤を考慮した液状化危険度予測を行ったが、この方法では、地盤資料のない地区での判定が不可能であることから、5.1.5 で行った方法と合わせて総合的な液状化危険度予測を行うことにした。本来、広域での地盤の液状化危険度判定を行うには、まず地形などによる方法から大まかな予測を行い、その後、危険と判断された場所の地盤を調べる方法が一般的である。その結果(図 4)、液状化危険度が非常に高いと判定された地区は、ごくわずかな地区であるが、その周辺の地区に危険性がある地区が多いことからこれらの地区では、詳細な調査や対策が必要であると考えられる。尚、この結果は海溝型地震(地表最大加速度 300gal~400gal)によるものである。

6. まとめ

本研究では、愛知県春日井市、名古屋市守山区、愛知県尾張旭市を調査対象地域とした広域エリアでの大規模な地震に対する被害予測を行った。その結果以下のことがわかった。

想定東海地震の震源域が改定(西におよそ 50km ずれること)されたことにより、春日井市・尾張旭市は、東海地震の防災対策強化地域に指定されていないが名古屋市守山区と同等の地震動(震度階級で 6 弱以上)となる場所もあり、警戒する必要があることが判明した。

被害予測結果より、研究対象地域では海溝型地震(想定東海地震、想定東南海地震)よりも内陸直下型地震(想定濃尾地震、想定猿投断層地震、想定岐阜・一宮断層

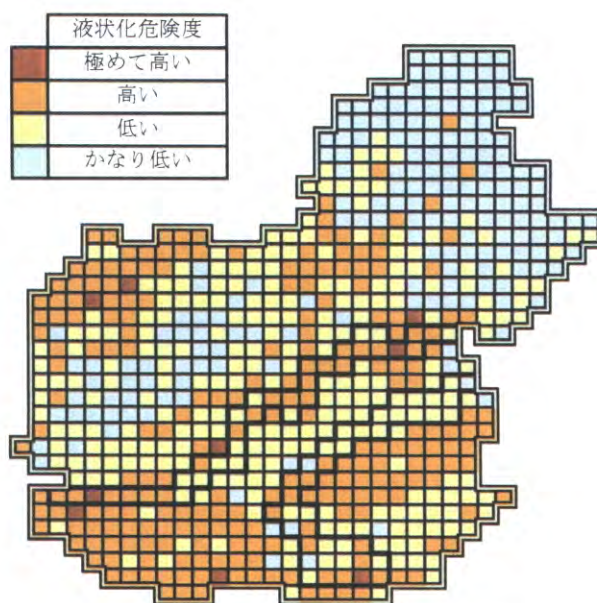


図 4 液状化危険度総合判定による予測結果

地震)に対しての対策を講じないと大きな被害に遭うことが分かった。地盤については液状化危険度が非常に高いと判定された地区はごくわずかな地区であるがその周辺の地区で比較的危険度が高い地区が集中していることも判明した。また、これらの液状化危険度予測の計算から、地震被害想定支援マニュアル(地形・標高・地表最大速度)による液状化危険度予測法は、広域での大まかな予測を行う場合にも適している方法と思われる。

最後に、実地調査に協力し、資料整理を担当した卒業研究生と地盤資料を提供していただいた中部大学工学部土木工学科山田研究室の皆様方に謝意を表します。

参考文献

- 1) 地震被害想定支援マニュアル(ホームページ): <http://www.bousai.go.jp/manual/intro.htm>
- 2) (社)日本道路協会:道路橋示方書,同解説V耐震設計編,1996.12
- 3) 久野悟郎:地盤の液状化,社団法人土質工学会,S59.2
- 4) 建設省中部地方建設局中部技術事務所:濃尾平野の地盤資料目録,1978.3
- 5) 名古屋地盤調査研究会:名古屋地盤図,社団法人日本建築学会東海支部・土質工学会中部支部,1969
- 6) 多田,勅使川原,原:建築構造物の地震被害予測に関する実地調査研究(春日井市の調査結果 その2),2001年度大会(関東)学術講演梗概集 B-2構造Ⅱ,p.117~120
- 7) 勅使川原,原,多田:建築構造物の地震被害予測に関する実地調査研究,中部大学工学部紀要,第37巻,pp.33~38,2001.12