

京都大学防災研究所 佐藤忠信
京都大学防災研究所 土岐憲三
京都大学 佐野賢司

1 まえがき

近年、都市への人口及び社会資本の急激な集積に伴い、都市住空間の集積化、高密度化が著しい。このような都市の住空間を大地震が襲った場合、被害を最小限度に抑えるためには過去の被災データをもとに都市住空間被災の予測とその防止に関する総合的な検討を行っていく必要がある。そこで、こうした解析として挙げられるのが地震危険度解析である。リスク指標としては、マグニチュード、最大加速度等が挙げられ、それらの年発生確率や、再現期間などの確率論的指標が広く用いられてきた。しかし、この値は構造物の耐震設計を評価するためには有効であるが、地域の被害度は対象地域の地震事情に関する物理的性質や社会的重要性による。そのため、同じ最大加速度の地震でも社会的被害の程度には地域差があり、従来の解析ではその相対性を知ることは困難であった。

本研究では、対象地域の重要性として構造物から算出した資産価値を考慮し、大阪府の震災被害予測を行った。構造物の被害を考える場合、その損害額は、その構造物の建設費用で概算できるため資料も豊富で比較的容易に求めることができる。また、建設価格にはそれほど地域格差はない上、施工年度の違うものでも、その当時の資産価値で正規化すれば、年代にも関係なく評価できる。以上のことから、被害額としては構造物被害のみを対象とした。

2 歴史地震データと活断層データを用いた地震危険度解析¹⁾

ここでは、大阪湾岸地域を対象として、歴史地震データと活断層データのそれぞれから、最大水平加速度あるいは速度がある値を越えるような地震の発生率の分布を求めた。そして、これらをベイズの定理を用いて組み合わせ、得られた年平均発生率から各地点でのハザード曲線を求めて大阪府下の市町村を対象とした地震危険度解析を行う。

この方法で地盤条件を算定するためには、地点の増幅度を決定しなければならない。大阪府下の市町村を対象とする場合は地盤図等をもとに増幅度を決定した。大阪市内を対象とする場合は重複反射理論から地盤の周波数応答関数を求め、スペクトルモーメント法により最大応答値の期待値に対する増幅度を求めた。図-1は大阪府の再現期間100年の最大加速度、最大速度の分布を示したものである。

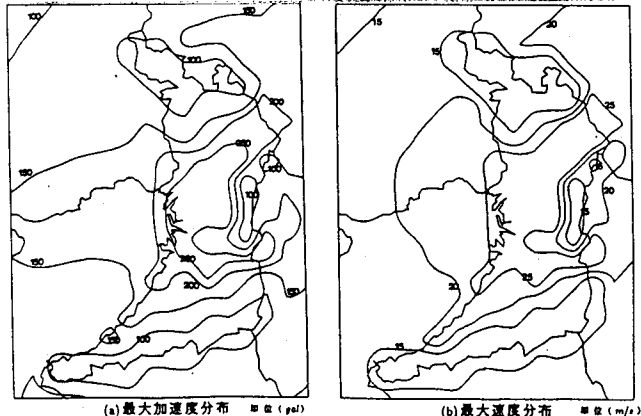


図-1(a),(b) 大阪府下の最大加速度および最大速度の分布 (再現期間100年)

3 建物倒壊率の算出

3・1 木造建物の破壊基準

木造建物の場合、建築年代及び階数により次の4ケースを対象とすることにした。

	旧型	新型
1階	B-1	C-1
2階	B-2	C-2

これらのケースごとに、このため、破壊の程度を定量化した破壊レベルを考え、地震時にそれぞれのレベルの破壊がどの程度の割合で起こるかを「破壊率」として求める。木造建物は地震時の応答の層間変位の量によって破壊の度合いが異なるものとし、ここでは、破壊レベルとして、以下のような基準を設けることにした。

DAMAGE LEVEL	0	1	2	3
	無壊	微壊	半壊	全壊
最大層間変位 (cm)	0~4	4~6	6~8	8~

層間変位の計算については、全ての入力地震動の平均最大速度と高い相関があり、北原・藤原は、層間変位を次式で表現している²⁾。

$$U_{max} = A_1 \times V_{max} \quad (1)$$

ここに、 U_{max} は応答変位、 V_{max} は地動速度の最大値であり、 A_1 は構造物の耐力を表す壁率 C_y の関数で表され、この C_y は建物のタイプ(築年代、階数)によって、図-2のようにそれぞれ異なった確率分布を示す。

以上より得られた、タイプ別の A_1 の分布関数と式(1)を用いて、破壊レベルごとの倒壊率を算出する。図-3に V_{max} を変数と考えた場合の、破壊レベルごとの分布関数の一例を示した。

3・2 RC 構造物の破壊基準

RC 構造物は2階と5階の建物を選び、さらにそれぞれを建築基準法の改正前と改正後に分けて4つのケースを低層 RC 構造物の標準タイプとした。

	建築基準法改正前(OLD)	改正後(NEW)
2階	RC-O-2	RC-N-2
5階	RC-O-5	RC-N-5

RC 構造物の場合には、破壊レベルは層間変形角で分類される。そこで、破壊の程度を層間変形角で判断することにし、次に示す破壊レベルを仮定した。

DAMAGE LEVEL	0	1	2	3
	無壊	微壊	半壊	全壊
最大層間変形角 ($\times 10^{-3} rad$)	0.0 ~ 2.50	2.50 ~ 5.00	5.00 ~ 7.50	7.50 ~

北原・藤原は、この最大層間変形角と最大地動加速度の間に高い相関があることから、この関係を次式で表現している。³⁾

$$R_{max} = A_1 \times A_{max} \quad (2)$$

ここで、 R_{max} は平均最大層間変形角、 A_{max} は地動加速度の最大値であり、 A_1 は終局層間せん断耐力 C_y の関数で表され、この C_y は建物のタイプ(築年代、階数)によってそれぞれ異なった確率分布を示す。この A_1 の分布関数が求まると前節同様、破壊レベルごとの倒壊率が得られる。図-4に A_{max} を変数と考えた場合の、破壊レベルごとの倒壊率の一例を示す。

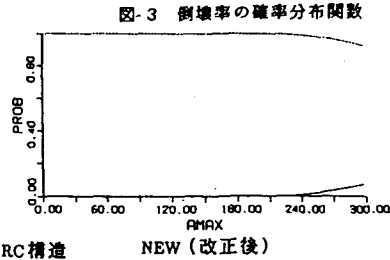
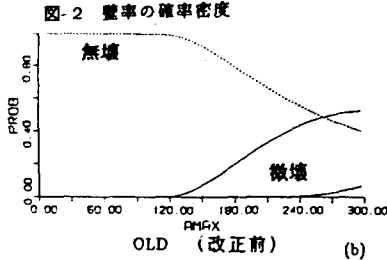
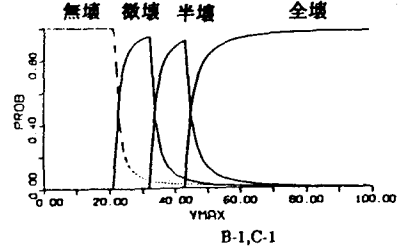
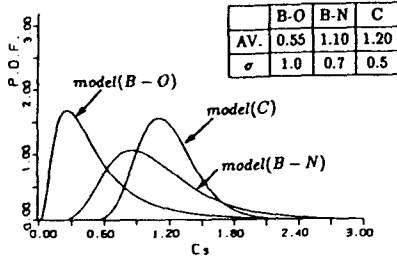


図-4 倒壊率の確率分布関数

4 建物被害リスクの推移

4・1 建物の資産価値と被害額の算出

資産価値となる工事費は建設当時の価格であるので、金利、物価等の変動により建築年代が異なるものを同等には比較できず、統一された貨幣価値による資産価値を求める必要がある。ここでは、大阪府下における平成3年度の単位 m^2 当りの工事費(RC造212000円、木造186000円)を基準の価格とし延床面積を乗じて建物の資産価値を求めた。

また破壊のレベルの相違による被害額の差を資産価値の損失割合 α_l ($l=0\sim 3$: l は破壊レベル)で以下のように決定した：無壊($\alpha_0=0.0$)、微壊($\alpha_1=0.05$)、半壊($\alpha_2=0.5$)、全壊($\alpha_3=1.0$)。以上の手順で得られる被害額を、対象地域面積で除した値によって地域毎の相対評価を可能にした。

4・2 被害額の推移

まず大阪府下の各市市区町村の被害額比を昭和48年度と55年度の2年について求めた結果、被害額の高い地域が大阪市内に集中していることがわかった。

次に、地震危険度の高い大阪市内各区の被災リスクの解析を昭和53年、56年、62年、平成2年について行った。昭和53年度と平成2年度について、 $1km^2$ 当たりの被害額の計算した結果を図-5(a)、(b)に示す。大阪市内では、北部(東淀川区、旭区、都島区) 東部(城東区、東成区、生野区)で被害額が高いことがわかる。昭和53、56、62、平成2年の4年度にわたる大阪市内の各区ごとの被害額推移を図-6に示す。被害額の推移に注目すると、各地域の建物総延床面積は図-7のように軒並増加しているにもかかわらず、全体的に被害額は減少傾向が見られる。この要因としては、壁量が不十分で規模の小さな地震に対しても比較的大きな被害を受けるBタイプの木造建物が市内の建物の大部分を占めていたのが、壁率の基準改正により壁量が増加し耐力を増したCタイプの木造建物、あるいはRC構造物への建て替えが進んだためと考えられる。

以上の結果、被害額は木造からRC構造物への建て替えが進むに従い、被害額は減少する傾向があると言える。ただし、被害額が減少しないケースとして、1) RC構造物の建て替え率に比べ、建物の建て増し率のほうが大きい場合、2) RC構造物が高層化する場合の2つが考えられるため、被害予測を行う場合、対象地域の建物延床面積だけではなく、建物の種類、階数等の建物の地域特性を十分に考慮する必要がある。

5 むすび

本研究に関して今後の課題としては、今回入手し得なかった、建物に関するより詳しいデータ、または大阪府以外のデータをもとに、より広い地域での解析を行う必要がある。さらに、本研究では、建物の倒壊による被害のみに注目して解析を行ったが、人的被害、ライフライン系の崩壊に伴う損害を加味し、より実際の被害額期待値に近い値の算出方法を規定する必要がある。

6 参考文献

- 1) 土岐憲三・佐藤忠信・清野純史・藤村和也：歴史地震データと活断層データに基づく近畿地方の地震危険度解析、京都大学防災研究所年報、第34号、B-2、pp.1-13、1991年。
- 2) 北原昭男・藤原悌三：都市における建築構造物の地震被害推定に関する基礎的研究(1)、京都大学防災研究所年報、第31号、B-1、1988。
- 3) 北原昭男・藤原悌三：都市における建築構造物の地震被害推定に関する基礎的研究(2)、京都大学防災研究所年報、第32号、B-1、pp.149-163、1989。

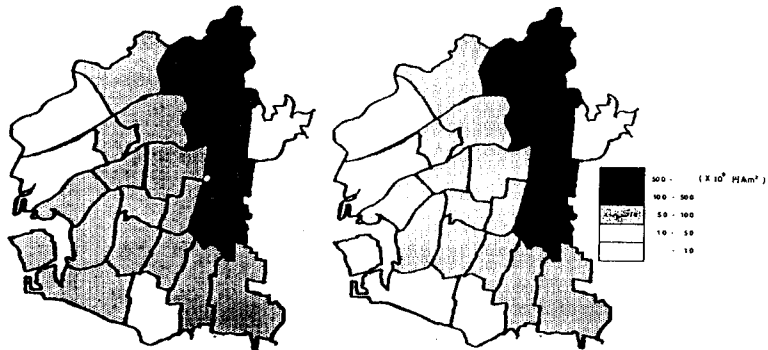


図-5(a),(b) 昭和53年、平成2年度の大阪市内の被害額

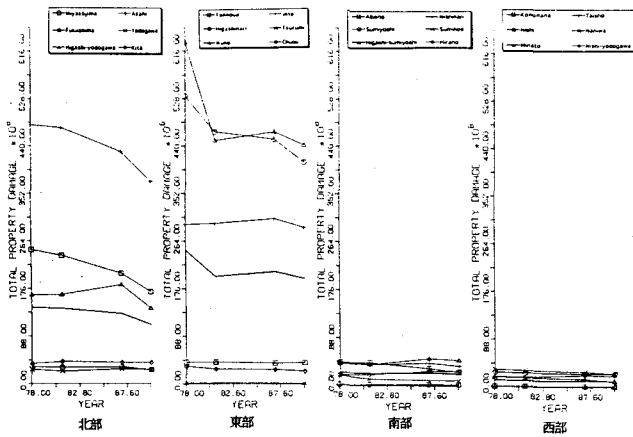


図-6 大阪市内の各区の被害額の変遷

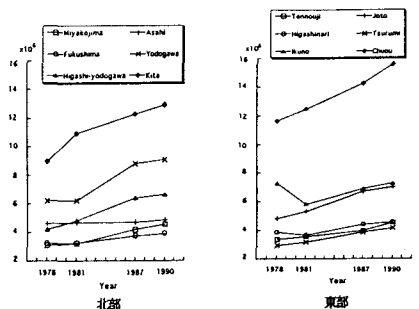


図-7 建物総床面積の推移