

時系列的な建物被害率評価

－巨大地震被害予測スキームを用いた時系列被害予測とその環境負荷評価への応用
に関する研究 その1－

EVOLUTIONAL BUILDING DAMAGE PREDICTION

Evolutional damage prediction for a mega-thrust earthquake and its application to the evaluation
of environmental load Part 1

那仁満都拉*, 川瀬 博**

Naranmandora and Hiroshi KAWASE

We hypothesized that the scale of the predicted Nankai Earthquake will increase gradually year by year as the time passes from the last occurrence in December 1946, and then we estimated strong motions chronologically from 2009 to 2060 for western Japan based on the up-to-date strong motion prediction method, i.e., the so-called statistical Green's function method with hierarchical source heterogeneities. Next, we input the derived chronological strong motions into a set of nonlinear response analysis models proposed by Nagato and Kawase and estimated building damage ratios for different structure types and numbers of floors. When we compare the evolutionary damage ratios of buildings in the subject regions with those for the reference case (corresponding to the scenario that will happen in 2036), we found that for every 10 years of delay in occurrence of the mega-thrust Nankai event we must expect 40% of increase in building damage, mainly in the epicentral areas.

Keywords : *Cronological Strong Motion Prediction, Evolutional Damage Prediction, Nankai earthquake, Damage Ratios*

時系列地震動予測, 時系列被害予測, 南海地震, 被害率

1. はじめに

我々がその発生を危惧する地震は将来において発生し、その地震で被害を受ける建物も将来の建物であり、対象とする地震の空白期間が長くなるほど地震の規模が変化するだけではなく、対象とする建物の耐力も変化し、建物ストックの全体棟数やタイプ別・年代別の構成比率も大きく変化していくことが当然想定される。しかし、これまでの巨大地震に対する被害想定では限られた歴史地震の推定規模などから今後起こり得る地震の規模を固定し、過去の地震による建物被害率に基づいた経験的被害関数と現在の建物統計データを用いて建物被害を推定する手法が一般的である^{例えば1)}。しかしながらその予測に用いる強震動評価や建物統計データなどパラメーターが適切でなければ、いくら高精度な技術で建物被害予測を行っても、実際に生じる被害とは大きく異なってしまう恐れがある。当然その被害予測を前提とした地震対策の合理性も大きく損なわれる可能性がある。特に、海溝型地震の規模は大きいだけではなく、その平均発生間隔が、内陸地震の場合が数千年から数万年であるのに対して、数十年から二百年ほどと短く²⁾、実際の発生時期が予測発生時期よりずれるとそれにとまって地震規模や建物被害状況が大きく変化する可能性が高い。我々は、時間的、社会的な変動要因を取り入れたより現実的な地震被害予測を目指して、強震動を時系列で評価し、対象地域における建物については、地震が発生する時期までの現存建物の耐力や床面積、その全体の構成比などが時系列で変

化していくと仮定して建物の地震被害予測を試みる。なおここでは震源破壊シナリオと最新の強震動予測手法を用いてまず強震動を予測し、その強震動を建造物の被害予測モデルに入力して被害率を求め、それに建物ストックの情報を加えて被害総量を予測する方法を総称して「地震被害予測スキーム」と呼ぶ。

本研究では数十年以内に発生が危惧されている南海地震を対象とする。南海地震の発生シナリオでは、時間予測モデルが成り立つのではないかと報告がなされている³⁾。その場合、発生時期は前回地震の規模（地震モーメント解放量）に依存するが、次回発生地震の規模は過去の最大規模と最小規模の間であろうという以外は予測不可能となる。しかし時間予測モデルにおいても、地震調査研究推進本部（以下推本と略称する）のBPTモデル⁴⁾が示しているように、次回発生時期の予測にバラつきは不可避である。これまでの研究で報告されているデータを吟味する限り、時間予測モデルと規模予測モデルの優位性の差はわずかで、時間予測モデルが完全に成立しているわけではないことはあきらかである。本研究では、大局的には時間予測モデルが優越的に成立し、南海地震がある想定年に高確率で発生するとしても、その発生確率はBPTモデルが示唆するようにある範囲で揺らぐことを前提とし、その時間的揺らぎに対して発生し得る断層破壊の規模（正確には規模の確率予測）も比例的に変動するものと仮定する。さらに、過去の南海地震はほぼ同じ領域で繰り返していること⁴⁾から、断層領域の時系列的な変化は小さく

* 飛鳥建設機技術研究所 副主任研究員・工博

** 京都大学防災研究所 教授・工博

Research Engineer, Research Institute of Technology, Tobishima Corp., Dr. Eng.
Prof., Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Dr. Eng.

ほぼ一定と仮定して、断層破壊の規模は前回の発生からの経過期間に比例し、地震時の断層平均すべり量のみが変動するものとする。

具体的に、まず、想定南海地震の規模が1946年12月の前回の発生からの経過期間が長くなるにつれて年々少しずつ増大するように、四国を中心とした西日本における強震動波形を2009年～2060年まで算定する。算定した各年における強震動を時系列強震動予測と呼ぶ。その時系列強震動と過去の地震から求められる地震規模が一定のモデル（本研究では2036年に発生するとしたモデルを想定）による強震動を比較し、時系列強震動評価の影響度を検討する。次に、得られた時系列強震動を非線形応答解析モデルに入力して、構造種類及び階数別に時系列建物被害率を推定し、時系列的な強震動評価が建物被害状況にどのように影響するかを把握する。

なお本論文では有りそうな1つの想定シナリオを仮定しており、その変動による影響は考慮していない。破壊シナリオの違いによる予測強震動の変動に関しては関口・他⁵⁾などを参照されたい。

2. 想定南海地震による時系列強震動予測

2. 1 時系列強震動予測の手法

南海地震は、概ね100～150年の間隔で発生する²⁾と言われており、その空白期間が長くなるにつれてその地震規模がどの程度変化するかを考える。まず、推本⁴⁾の評価による南海地震の次回までの標準的な発生間隔である90.1年と昭和南海地震の発生年月である1946年12月を参考にして2037年ごろに発生する確率をもっとも高いと考え（ただし計算上の利便性を考慮し2036年12月に発生すると仮定する）、それを基準モデル（以下2036年モデル）とする。この2036年は現時点での想定としては、最も可能性が高いが、歴史的に見ると最も早い（間隔の短い）予測時期である。また、発生時期の予測に用いる歴史地震データの不確実性や予測手法にバラつき⁶⁾があるので、想定南海地震が2036年からずれて発生することは当然否定できない。本研究では、2009年から2060年までの間に発生する可能性に対して検討した。

推本⁴⁾によれば想定南海地震の平均すべり量と想定発生間隔から平均年間すべり量は6.3cm（570/90.1）となり、それはフィリピン海プレートの陸のプレートに対する相対運動速度5～7(cm/年)の中間的な値であって、妥当と思われる。その年間すべり量と昭和南海地震の発生時期から予測発生時期までの年数により、予測地震のすべり量を算定する。さらに、そのすべり量を基準モデルすべり量と比較して、式(1)のように想定地震の地震規模（地震モーメント）を推定する。図1に想定南海地震のアスぺリティと背景領域の平均すべり量の時系列変化を示す。

$$M_o(\text{想定}) = M_o(\text{基準}) \times \frac{\text{平均すべり量 (想定)}}{\text{平均すべり量 (基準)}} \quad (1)$$

2. 2 基準モデルの設定及び解析地点

2036年時点における基準モデルに関しては、既報モデル⁷⁻⁹⁾を用いる。このモデルは推本⁴⁾が公開している巨視的および微視的震源特性の標準的設定手法を用いた震源モデル（ケース2）の公開資料と釜江モデル¹⁰⁾を参考に、三つの大きなアスぺリティと背景領域からなるものである。その震源モデルでは、やや長周期の成分が過小

とならないよう、アスぺリティ内のすべり量について、不均質性を考慮した階層型アスぺリティモデルを用いている。すなわちアスぺリティの22%（図2中の×印部分）の平均すべり量を1.5倍大きくし、残りの部分は地震モーメントを保存するように平均すべり量より小さくしたモデルである⁷⁻⁹⁾。不均質性を導入することによる予測波形の変化をTKS010（図2中央の太線で描かれた観測点）を例として図3に示す。

2036年以外に発生する地震の震源パラメーターは、平均すべり量以外は基準モデルと同じとする。解析する地点は想定南海地震のアスぺリティと背景領域の中心点から400km以内のK-NET、KiK-Net、JMA観測点である。その評価地点の一部と震源モデルを図2に示す。

2. 3 時系列強震動波形の作成及び比較検討

基準モデル（2036年）による強震動波形に関しては、上述の震源モデル⁷⁻⁹⁾と既に作成した長周期まで有効な統計的グリーン関数¹¹⁾を用いて、Irikura¹²⁾による波形合成法で四国を中心とした対象地点におけるそれぞれの強震動波形を作成し、その妥当性も検討し

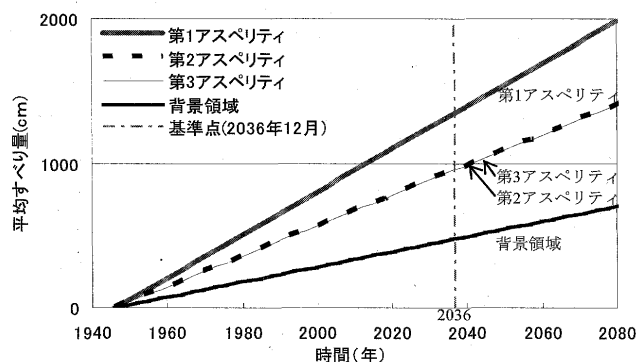


図1 想定南海地震の平均すべり量の時系列変化

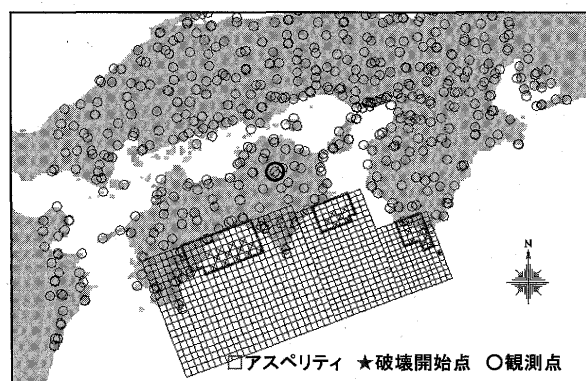


図2 震源モデル及び対象地点

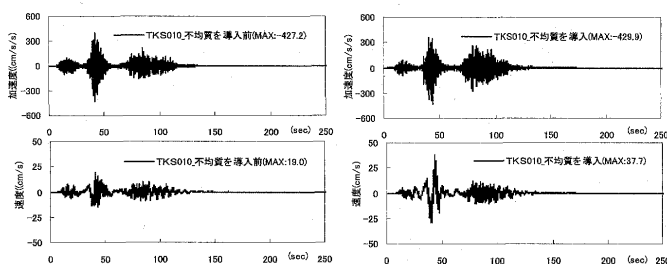


図3 階層型アスぺリティモデルによる波形変化の例

ている¹¹⁾。詳細な内容に関しては、これらの文献を参照されたい。基準モデル以外の強震動波形の算定に関しては、すべり量以外のすべての次元は同一なので、既に作成した基準モデルによる強震動波形⁷⁾を予測地震の平均すべり量と基準モデルの平均すべり量の比率で変化させて推定した。

ここでは、2009年、2018年、2027年、2036年、2045年、2054年、2060年に発生した場合の対象観測点におけるそれぞれの強震動波形を用いて検討する。図4に2018、2054年の強震動波形による最大加速度・最大速度と司・翠川(1999)¹³⁾による距離減衰式を示したが、どの地震による最大加速度・最大速度も距離減衰式との対応がとれているが、発生時期が遅くなるほど最大値が大きくなっていることが分かる。表1に2036年とその他の年に発生した場合の最大速度・加速度の比と用いた平均すべり量を示しており、南海地震の発生が現在予測されている年代から9年間ずれると最大値が約一割程度大きくなる（か小さくなる）ことが分かる。図5に2018年、2036年、2054年の強震動波形による計測震度階級と推本の公開資料¹⁴⁾による想定南海地震における県庁所在地等の震度試算結果を比較して示した。我々の震度階級の震度6弱及び震度6強相当以上が推本の最高ランク震度6弱相当以上と対応するもので、その他はほぼ同じ階級で表示している。2036年の結果は、和歌山市の周辺で推本の結果より少し小さい評価になっているものの全体的にはよく一致していることが分かる。時系列的に予測した震度階級分布をみると、四国全域や和歌山県など震源域に近い地域で2018年の震度階級は概ね5弱以上、2036年でもほぼ全域が5弱以上、2054年ではその中で5強以上のサイトが増えたかたちになっている。その

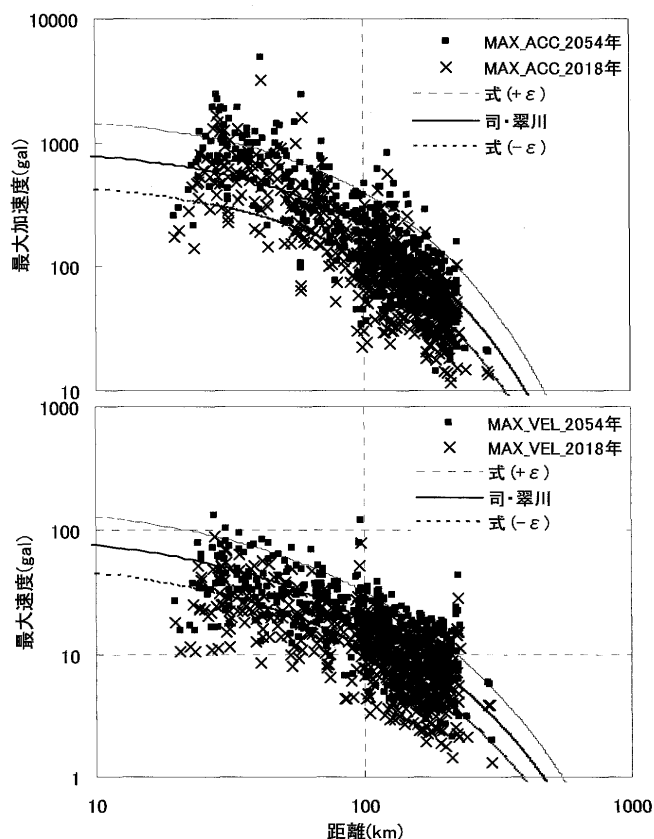


図4 距離減衰式との比較

表1 時系列評価による強震動変化

時系列強震動／2036年における強震動							
時系列(年)	2009	2018	2027	2036	2045	2054	2060
最大値の変化率	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.27
平均すべり量							
時系列(年)	2009	2018	2027	2036	2045	2054	2060
すべり量(cm)	399	455	512	570	626	683	721

他の結果でも想定南海地震の発生時期が遅くなると対応する震度階級が変化し、約9～18年間ずれると震源域近くの地域における震度階級が1段階アップする可能性が生じている。このことから、震源域近くの地域における防災対策には、時系列強震動予測を用いる意味があると言えよう。

3. 想定南海地震による西日本における時系列建物被害予測

3. 1 入力地震動と建物モデル

2.3節で求めた時系列強震動を用いて建物の被害予測を実施する。これまでの解析経験から最大加速度が200 Gal以下ではほとんどの建物には大破以上の被害が生じないこと¹⁵⁾から、想定南海地震の震源域から400 km以内のK-NET、KiK-net、JMA観測点における最大加速度が200 Gal以上になる地点を選んで入力地震動として利用する。

被害予測用建物モデルとしては、長戸・川瀬建物モデル群^{16)・18)}を用いる。彼らは兵庫県南部地震による実被害率を再現できるような年代区別なしの木造2階建モデル、および新耐震・旧耐震を区別したRC造の3階建（2と4階を含む）・6階建（5と7階を含む）・9階建（8と10階を含む）・12階建（11と13階を含む）モデルと鉄骨造の新耐震・旧耐震を区別した3階建・4階建・5階建モデルの合計15個の非線形応答解析モデルを構築している。木造建物モデルではその応答最大層間変形角が1/10rad以上になったら大破以上（大破・倒壊）の被害を受けたものとし、RC造と鉄骨造建物モデルでは建築年代によらず、応答最大層間変形角が1/30rad以上の場合に大破以上の被害を受けたものと仮定している。

3. 2 時系列南海地震動による時系列建物被害率

まず、長戸・川瀬モデル^{16)・18)}に想定南海地震が2009年、2018年、2027年、2036年、2045年、2054年、2060年に発生した場合の200 Gal以上の観測点の加速度波形を入力して建物の大破以上の被害率（ここでは被害率とは大破・倒壊率）を算定した。表2に大破以上の被害が生じる観測点のリストを示す。基準モデルによる結果では、四国を中心に、大阪府から大分県にかけて広い地域において大破以上の被害が出ることが分かっていたが、今回の時系列予測結果では、奈良県、岡山県、山口県における一部の観測点でも大破以上の被害が出る結果となった。

既に報告しているように、基準モデルによる被害建物分布は1946年南海地震による建物被害分布¹⁹⁾や中央防災会議²⁰⁾による建物被害棟数の分布とほぼ対応していた。図6には、その基準モデルと2018年、2054年に南海地震が発生した場合のRC造建物被害率分布（新耐震の場合）を示しており、発生時期が遅くなるにつれて被

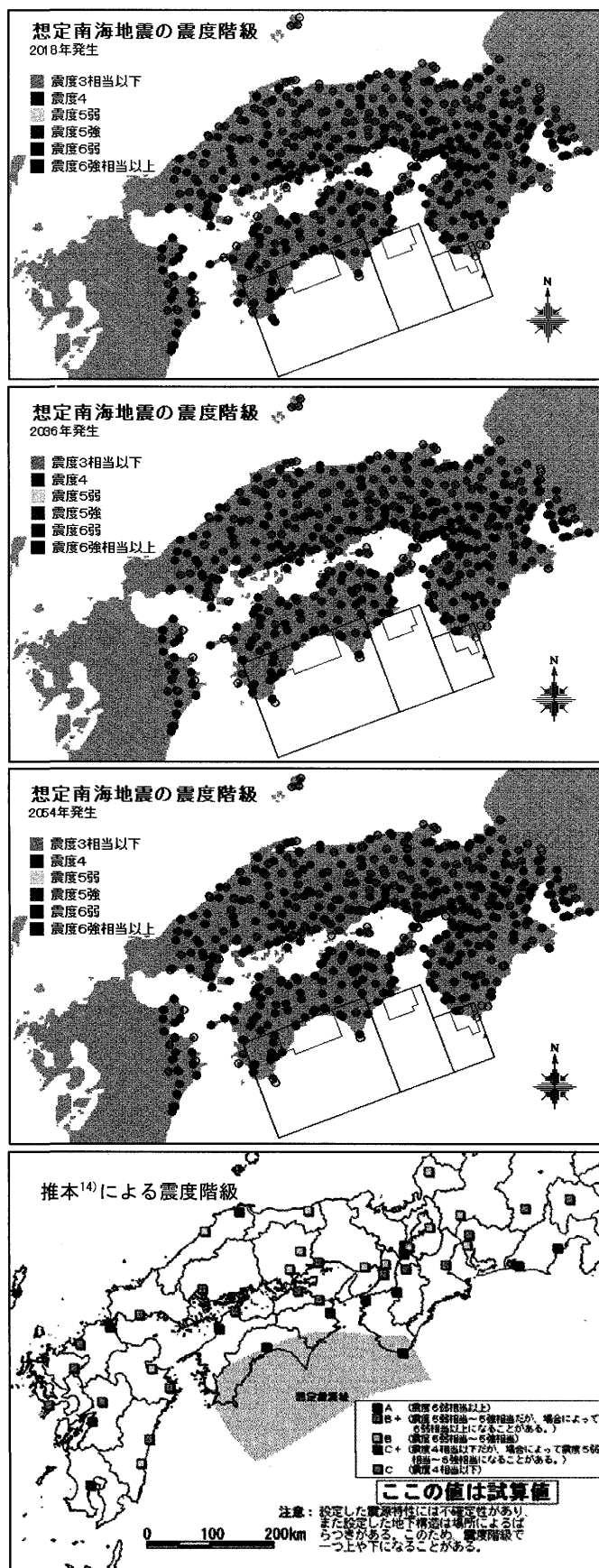


図5 時系列的な強震動評価による震度階級と推本¹⁴⁾による県庁所在地等の震度試算結果の比較

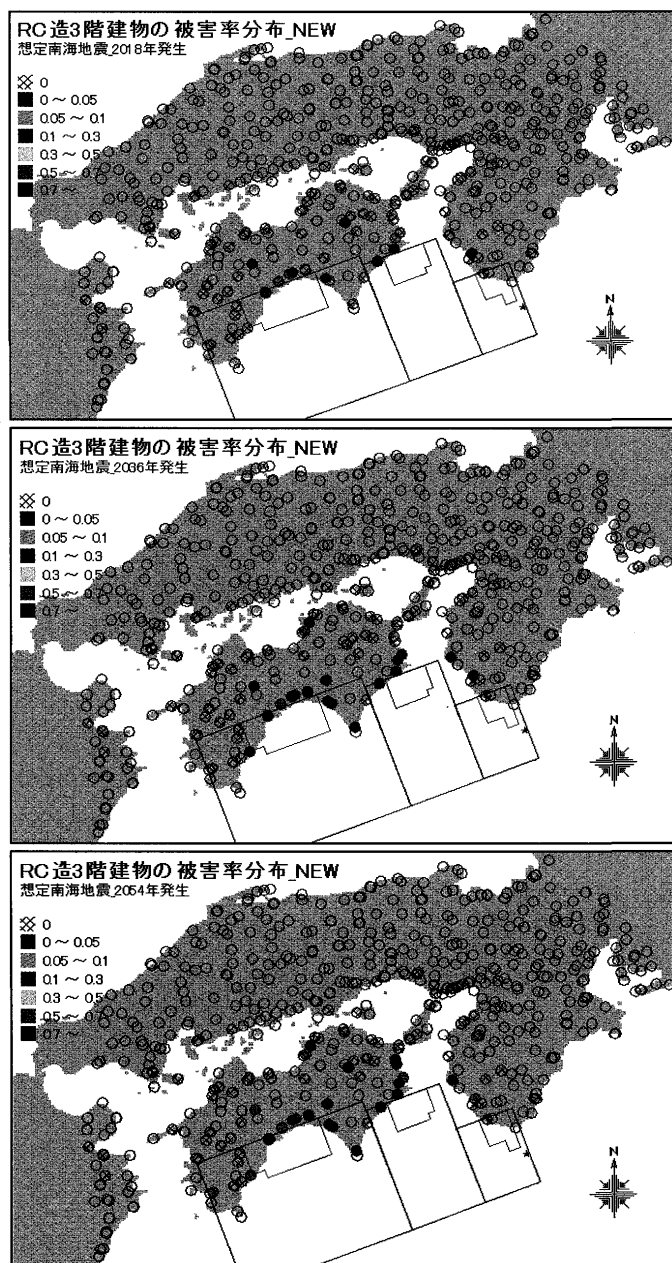


図6 想定南海地震が2018, 2036, 2054年に発生した場合のRC造新耐震3階建被害率分布

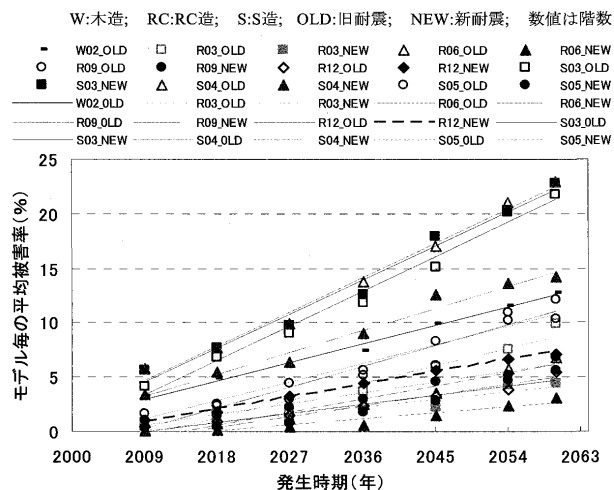


図7 モデル毎の平均被害率の時系列変化

害率分布の高い地域が拡大していることが分かる。想定南海地震が2036年以前に発生しても、震源域から近海岸地域と川沿いの沖積地盤地域などの比較的地盤が軟らかいところでは大破以上の建物被害が生じ得るが、被害分布領域は狭くなり、同じ観測点でもその被害率は小さくなる。逆に、想定南海地震が2036年より遅く発生するほど、被害分布領域は広がり、個々の地点での被害率は大きくなる。その被害率が比較的に大きくなる観測点は、1946年南海地震¹⁹⁾で被害が大きかった高知県の高知市と四万十市(当時は中村町で倒壊率は8割)、安芸市、和歌山県の新宮市、田辺市、徳島県の徳島市、阿南市及びその周辺地域である。これは、震源域から近いことと、主に地盤が比較的に軟らかく増幅が大きいことが主たる原因と思われる。

図7では、対象建物モデル毎に大破以上の被害を受けた観測点88点の被害率の平均値とその近似直線(W:木造建物、R:RC造建物、S:S造建物、OLD:旧耐震、NEW:新耐震、数字:階数)を示す。同じ建物にも関わらず地震発生時期が遅くなるほど平均被害率が大きくなる傾向が明瞭である。図7では建物種別が多く見難いので平均大破被害率とその近似直線を建築年代別、構造種別にさらに平均し図8に示す。建物の建築年代別や構造種別にみても、南海地震の発生時期が遅くなるほど平均建物被害率は大きくなる傾向が明瞭である。構造種別の平均被害率は低層鉄骨建物、木造建物、中低層RC造建物の順に小さくなっている。年代別では中低層RC造建物と低層S造建物いずれも旧耐震より新耐震の方が被害率が小さくなっている。図9、表3では、2036年における建築年代別、構造別の被害率に対するその他の年の平均被害率(ただし存在比率の重みなし)の比を示す。全体として南海地震が2036年以前に発生した場合には、基準モデルによる建物被害予測結果は安全側に、2036年以降に発生した場合は危険側に評価する結果となることがわかる。定量的に言えば、発生時期が約10年間遅れると木造・S造建物被害率は概ね3割増加し、RC造建物被害率は概ね6割増加し、全体建物被害率(重みなし平均)としては概ね4割増加することがわかる。その変化は、もともと被害率の大きな木造建物や鉄骨造建物に関しては比較的小さめだが、被害率の小さなRC造に関しては発生時期の影響は大きい。同様にRC造建物での被害率増大の傾向は被害率の大きい旧耐震より小さい新耐震のほうが明瞭である。これは、入力強震動がだんだん大きくなることにより、それまで大破が発生していなかった地点でも大破し始めることによるものと思われる。

表2 大破以上の被害を受ける観測点

所在県	K-NET、Kik-Net、JMAの観測点名
高知県	KOC001、KOC002、KOC003、KOC004、KOC005、KOC006、KOC007、KOC010、KOC011、KOC012、KOC013、KOC014、KOC015、KOCH03、KOCH05、KOCH07、F35、97A、598、599、97B
徳島県	TKS001、TKS002、TKS003、TKS004、TKS006、TKS007、TKS008、TKSH02、F37、592、593、97A、975
和歌山県	WKY002、WKY003、WKY005、WKY006、WKY008、WKY010、WKYH07、58A、58B、96B、96A
香川県	KGW004、KGW005、KGW007、KGWH02、977、978、594、F33
愛媛県	EHM003、EHM005、EHM008、EHM010、EHM016、EHMH03、EHMH04、EHMH06、EHMH08、EHMH09、979、595、F2F、F34
大阪府	OSKH01、OSKH010、OSK004、OSK008
兵庫県	HYGH01、HYGH10、585、967、968、E82、HYG016
奈良県	NARH01
岡山県	OKYH01
広島県	HRS018、HRS019、EB6
山口県	YMG017、YMG018
大分県	5E8、OIT010、OIT013

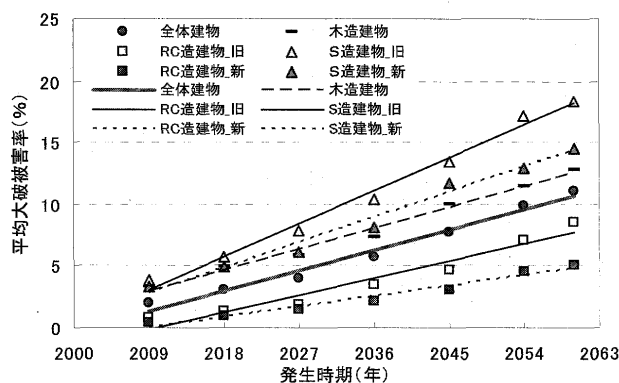


図8 築年代別構造別の建物被害率の時系列変化

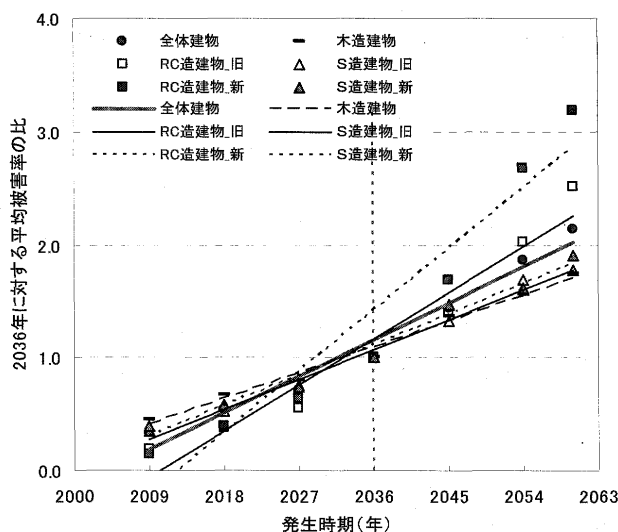


図9 時系列平均被害率と2036年の被害率との比率変化

表3 時系列平均被害率と2036年の被害率との比率変化

時系列被害率／2036年における大破建物被害率							
年代	2009	2018	2027	2036	2045	2054	2060
木造建物	0.45	0.67	0.80	1.00	1.36	1.56	1.74
RC造建物_旧	0.19	0.38	0.55	1.00	1.40	2.03	2.51
RC造建物_新	0.15	0.39	0.65	1.00	1.69	2.68	3.19
RC造建物_全	0.17	0.39	0.60	1.00	1.55	2.35	2.85
S造建物_旧	0.35	0.53	0.76	1.00	1.32	1.68	1.78
S造建物_新	0.40	0.58	0.74	1.00	1.47	1.62	1.90
S造建物_全	0.38	0.55	0.75	1.00	1.39	1.65	1.84
全体建物	0.33	0.54	0.72	1.00	1.43	1.85	2.14

4. まとめ

本論文では、想定南海地震を例として、地震規模が時系列的に変化する場合の予測強震動の変動及びそれによる予測建物被害率の変化を評価した。

まず、想定南海地震の規模の変化を平均すべり量に反映させて、時系列予測強震動を算定した。その結果、南海地震の発生が遅くなるほど観測点における強震動が大きくなること、南海地震の発生が現在最も可能性が高いと考えられている2036年から発生する時期が10年間ずれると対象観測点における強震動の最大値が約10%大きくなる(早い場合には小さくなる)ことが分かった。

次に、非線形建物被害予測モデル¹⁶⁾⁻¹⁸⁾に2009年～2060年までの時系列強震動を入力して、建物被害率を予測したところ、時系列予測建物被害率は大きく変化すること、2036年より前に発生する場合には基準モデルによる建物被害結果は、安全側の評価になるが、2036年以後に発生すると危険側に評価してしまうこと、その違いは建物の構造種別や建築年代によって差があるが、平均すると南海地震が2036年より約10年間遅れて発生すると建物被害率は概ね4割ほど増加することがわかった。

高知県、徳島県、和歌山県など震源域から近く、海岸地域と川沿いの沖積地盤地域などの比較的地盤が軟らかいサイトでは、時系列評価による建物被害変化は明瞭であり、今回のような時系列変化を考慮した強震動予測に基づいて地震災害対策を考えることは有意義かつ必要であると思われる。

今回の研究は、地震規模の変動をその地震の前の地震からの経過期間に比例させた被害予測結果を示したものである。時系列強震動予測に関しては、断層領域、平均すべり量だけではなく、いろいろ変動の可能性があるパラメーターを考慮して検討する必要がある。ただ既往研究を参照する限り、基本破壊シナリオの差が、ここで提示した時系列変化の与える影響を根本的に変えてしまうとは考え難い。実際の被害の総量は年代別・構造種別ごとの建物ストックの重みつき積分となるので、今後はこの時系列的な建物被害率をもとに建物ストックの経年変化も予測して全体的な被害総量およびその環境負荷の時間変化を予測することを考えていきたい。

謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金（若手研究(B), No.19760391, 研究代表者：包那仁満都拉, 研究期間：平成19年から平成20年まで二年間）の補助を受けて行った。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 内閣府中央防災会議東南海・南海地震等に関する専門調査会：東南海・南海地震に係る被害想定手法について、平成15年4月17日、<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/10/>
- 2) 地震調査研究推進本部：地震発生確率値などの評価結果一覧、平成20年、http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08_yosokuchizu/a2.htm
- 3) 島崎邦彦：大地震発生の長周期予測、地学雑誌、110(6), pp.816-827, 2001
- 4) 地震調査研究推進本部：南海トラフの地震の長期評価について、平成13年9月27日、http://www.jishin.go.jp/main/chousa/01sep_nankai/index.htm
- 5) 関口春子・吉見雅行・堀川晴央・吉田邦一：海溝型巨大地震の微視的震源パラメータの変動がもたらす予測地震動のばらつき、第34回地盤震動シンポジウム 設計用入力地震動作成指針に向けて-地盤震動研究を耐震設計に如何に活かすか（その5：総括）-, 日本建築学会, pp.83-88, 2006.11.
- 6) 尾形良彦：次回の南海地震の確率予測—その偏りと誤差について—, 地学雑誌, 110(4), pp.602-614, 2001
- 7) 包那仁満都拉, 川瀬博：想定南海地震の予測被害率から推定される環境負荷とそれに対する耐震施策の与える影響, 日本建築学会総合論文集, No.6, pp.87-92, 2008.2.
- 8) 包那仁満都拉・川瀬博：統計的グリーン関数法による広周期帯域の地震動予測, 日本建築学会学術講演梗概集(九州), 構造系, B-2, pp.379～380, 2007.8.
- 9) 包那仁満都拉・川瀬博：階層化された不均質特性を導入した統計的グリーン関数法による地震動予測, 日本地震工学会大会, pp.82～83, 2007.11.
- 10) 釜江克宏：半経験的手法による強震動予測, 20XX年の南海地震を考える, シンポジウム, pp.9-23, 2002.
- 11) 包那仁満都拉・川瀬博：強震ネットワークデータから構築した広周波数帯域統計的グリーン関数とその南海地震への応用, 日本地震工学会第7巻、第2号（特集号）, pp.80-95, 2007.1.
- 12) Irikura, K.: Prediction of strong acceleration motions using empirical Green's function, Proc. 7th Japan Earthq. Eng. Symp. pp.151-156, 1986.
- 13) 司宏俊・翠川三朗：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第523号, pp.63-70, 1999.9.
- 14) 地震調査研究推進本部：南海トラフの地震を想定した強震動評価手法について（中間報告）, 平成13年12月7日, <http://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/01b/index.htm>
- 15) 日本建築学会：地盤震動—現象と理論—, PP.351, 2005.1.
- 16) 長戸健一郎・川瀬博：建物被害データと再現強震動によるRC造構造物群の被害予測モデル, 日本建築学会構造系論文集, 第544号, pp.31-37, 2001.6.
- 17) 長戸健一郎・川瀬博：鉄骨造建物群の被害予測モデルの構築, 日本建築学会構造系論文集, 第559号, pp.101-106, 2002.9.
- 18) 長戸健一郎・川瀬博：観測被害統計と非線形応答解析に基づく木造建物被害予測モデルの構築と観測強震動への適用, 第11回日本地震工学シンポジウム, pp.1315-1320, 2002.11.
- 19) 建設院第一技術研究所：昭和二十一年十二月二十一日東南海地震調査報告, 建設院第一技術研究所概報, 第十六号, 昭和二十三年六月
- 20) 内閣府中央防災会議東南海・南海地震等に関する専門調査会：東南海、南海地震等に関する専門調査会（第10回）, 2004, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/10/siryou2.pdf>

(2008年7月10日原稿受理, 2008年10月24日採用決定)