1944年東南海地震を対象とした 強震動予測手法の妥当性の検討

久世 益充¹·杉戸 真太²·能島 暢呂³·服部 広宣⁴

 ¹ 岐阜大学産官学融合センター 非常勤研究員 (〒 501-1193 岐阜市柳戸 1-1) E-mail:kuse@cive.gifu-u.ac.jp
² 岐阜大学流域圏科学研究センター 教授 (〒 501-1193 岐阜市柳戸 1-1) E-mail:sugito@cc.gifu-u.ac.jp
³ 岐阜大学工学部社会基盤工学科 助教授 (〒 501-1193 岐阜市柳戸 1-1) E-mail:nojima@cive.gifu-u.ac.jp
⁴(株) 吉川組 (〒 501-6321 岐阜県羽島市桑原町八神 3661)

1944年東南海地震を対象に,著者らの強震動予測法,地盤震動解析法を用いた震度分布推定の妥当性を検討した. まず,当時の詳細な被害データに基づき,住家全壊率と被害関数を用いて市町村単位の震度を推定し,地盤条件の影響について考察を行った.次に,2種類の断層モデルと,2分の1地域メッシュ(約500mメッシュ)単位のメッシュ 地盤データベースを用いて,強震動予測法による震度分布推定を行った.断層モデルによる分布形状の違いは見られ たが,得られた震度分布が住家全壊率より推定した震度分布の特徴をおおむね捉えており,予測法の妥当性を確認す ることができた.

Key Words:1944 Tounankai-Earthquake, Distribution of Seismic Intensity, Earthquake Motion Prediction, Database for Soil Profile Models, Building Damage

1. はじめに

1944(昭和 19) 年 12 月 7 日に発生した東南海地震 (M = 7.9)は、東海地方を中心とした広い地域に甚大な 被害を与えた。戦時中に発生した地震であったため、当時 の被害調査記録はほとんど公開されていなかったが、飯 Π^{1} により構造物被害に関する詳細な調査結果がまとめ られている。こうした詳細な被害データは、当該地震の 詳細な震度分布を知るための重要な手がかりとなる。

一方,東南海地震の断層モデルについては,当時の被 害状況や地殻変動などを基に推定されたものが複数提案 されている²⁾.被害データより推定する前述の方法に対 し,断層モデルを用いて強震動予測法により当時の震度 分布を推定する事も可能である.強震動予測法は任意地 点の地震動を算定できるため,当時の被害データが残さ れていない地域の震度を推定する事が可能であり,断層 パラメータに関する情報が正確で予測法の信頼度も高い 場合には,より詳細な震度分布を得ることが期待できる.

これまで、著者らによる強震動予測法³⁾,地盤震動解 析法⁴⁾を用いて想定地震を対象とした広域震度分布推定 を行ってきた⁵⁾が,用いた一連の強震動予測法の妥当性 を検討する必要がある.このため、詳細な被害データが まとめられており、強震動予測に必要な断層モデルが提 案されている1944年東南海地震を対象に,著者らによる 工学的基盤面における地震動予測法³⁾,地盤震動解析法⁴⁾ を用いた震度分布推定を行い,実被害から推定される震 度分布との比較を行った.

2.1944年東南海地震の被害概要と震度分布推定

(1) 被害概要

1944年東南海地震では、愛知県・静岡県・三重県を中 心に、1府12県の広い地域に被害が及んだ. 表-1に、飯 田¹⁾により整理された被害状況の一部を示す. 飯田によ ると、地震動によると思われる大きな被害が愛知県・静岡 県に多数見られ、岐阜県・三重県・長野県では沖積地・埋 立地などの軟弱地盤上の建物被害が見られた. また、液 状化と思われる噴砂・噴泥・噴水が伊勢湾~遠州灘沿岸、 河川沿いで見られ、これらの地点では家屋被害も大きい. さらに、表-1に示す被害には、津波による被害も含まれ ており、三重・和歌山の被害についてはその大半が沿岸 部の津波被害であったとされている.

(2) 住家全壊率に基づく震度分布の推定

本節では、被害データを用いた震度分布推定法につい

て述べる.ここでは計測震度相当の震度を評価するため, 兵庫県南部地震の低層独立建物の全壊率より算出された 被害関数⁶⁾を用いて震度を逆算することとした.被害 データについては,飯田¹⁾が整理した 378 市町村 (愛 知県 121,静岡県 114,三重県 68,岐阜県 55,奈良県 29)の住家戸数と住家全壊数を利用した.なお,三重県 熊野灘沿岸については住家全壊の多くが津波によるため, 伊勢湾沿岸から志摩半島にかけての住家全壊率はおおよ そ 0.1~1%の範囲にあるが,地震後の踏査によると,熊 野灘沿岸では震動被害はほとんど見られなかったとされ ている⁷⁾.飯田は熊野灘沿岸地域の震度を 5~6 と推定 している.住家が震動被害を受けた後に津波により全壊・ 流失した可能性も考慮して,この地域での震動による住 家全壊率を 0.5%程度と仮定して震度 6 弱相当とした.

図-1に推定した震度分布を示す(奈良県は図示省略). 図中,赤・青で示した実線・破線は後述の強震動予測法に よる震度分布推定に用いた2種類の断層モデル位置,震 源位置を示す×印はKanamori⁸⁾が再決定した位置であ る.当時の中央気象台による震度分布⁹⁾よりも震度6以 上の領域をやや広く評価する結果となっている.震度7 は,静岡県太田川および菊川の下流域と愛知県幡豆郡福 地村(現西尾市)に現れており,地盤条件が影響した特異 な分布となっている.震度6強は,濃尾平野南部から知 多湾沿岸,渥美半島,遠江地方にかけての広い市町村と 静岡市付近に分布している.震度6弱は,震度6強の周 辺地域と三重県の伊勢湾から遠州灘に分布している.

(3) 震度分布と地盤条件の影響

図-1の震度分布では、地盤条件の影響により高震度となったものと推察される市町村が見られた.このような地盤条件の違いによる震度の影響を見るため、表層地盤の軟弱さを表す指標 Sn 値¹⁰⁾と住家全壊率より推定した震度を比較した結果を示す. S_n 値は地表から 20m 程度の地盤の軟弱さを連続量で表す指標であり、N 値分布より算出される.

地盤データについては、自治体がそれぞれ独自に整備 していた地盤データを統合した、メッシュ地盤データ⁵⁾ を用いた.データベースは2分の1地域メッシュ(約500m

表-1 1944 年東南海地震の被害総括¹⁾

県名	死者	自佢去	住家被害		非住家被害	
	(行方不明)	只吻伯	全壊	半壊	全壊	半壊
愛知県	438	1148	6411	19408	10121	15890
静岡県	295	843	6970	9522	4862	5553
三重県	406	607	3776	4537	1417	2228
その他*	84	266	854	3098	947	801
計	1223	2864	18011	36565	17347	24473
*岵自惧,本自惧,滋贺惧,和歅山惧,大阪惧,山利惧,石川俱,						

*岐阜県・奈良県・滋賀県・和歌山県・大阪県・山梨県・石川県 福井県・兵庫県・長野県 メッシュ) で整備され,東海 6 県域 (愛知県・岐阜県・三 重県・静岡県・長野県・山梨県) で 186832 地点に及ぶ.

図-2に、愛知県・静岡県・三重県周辺の Sn 値分布を 示す.図より、伊勢湾沿岸部、濃尾平野、渥美半島、遠 州灘沿岸部で Sn 値が高い (比較的表層地盤の軟弱な) 地 域が広がっていることがわかる.

次に,算出した Sn 値と震度を比較する. Sn 値は2分 の1地域メッシュ毎に算出された値である.一方,住家被 害より推定された震度は,1944年の市町村単位で与えら れている.このため,両者を現市町村単位に集計した後 に比較を行うこととした.さらに Sn 値については,住 家がほとんどないと思われる山地部などのデータを除去 するため,平成7年国勢調査に基づく地域メッシュ統計 を用いて集計を行った.具体的には,1944年と1995年 の人口分布が相対的に変化していないと仮定し,2分の1 地域メッシュ単位で再編成した世帯数で加重平均した値 を用いることとした.

図-3に県別の震度とSn値を示す.ここでは、特に被







図-2 表層地盤の軟弱さ指標 Sn 値分布

害の大きな愛知県・静岡県・三重県を対象とした.地震 動は地盤条件,距離減衰特性や震源過程など様々な影響 を受けるため,地盤条件 (*Sn* 値) だけで震度を比較する ことはできないが,図に示すように,震度の高い市町村 では比較的地盤が軟弱な (*Sn* 値が高い)傾向が見られた.

3. 震度分布予測法の概要と断層モデルの設定

本章では、強震動予測法による震度分布推定について 述べる.ここでは愛知県・三重県・静岡県を対象として、 著者らによる工学的基盤面における非定常地震動予測モ デル EMPR³⁾,地盤震動解析法 FDEL⁴⁾を用いて地表面 震度分布の推定を行った.地盤データについては、2.(3) で述べたメッシュ地盤データベース⁵⁾を用いた.なお、 EMPR により算出したシミュレーション地震動は平均的 な水平1成分の波形であるため、著者ら⁵⁾の手法を用い て水平1成分で算出した地表面上の計測震度を3成分相 当に変換することとした.

1944 年東南海地震の断層モデルについては、佐藤²⁾の調査によると7種類の断層モデルが提案されている。

各断層モデルは、津波、地殻変動などの被害データに基づき推定されたモデルである.本研究では、佐藤が最も妥当なモデルとした Inouchi and Satoモデル¹²⁾、中央防災会議¹¹⁾による想定東海地震の想定震源域検討に用いられてた Ishibashiモデル¹³⁾を採用した.両断層モデルは、図-1に示したようにそれぞれ2枚の断層面で表されるが、本研究ではこれを包含する1枚の断層面で表すこととし、この断層面を複数に分割した小断層に対して断層破壊部分を設定することで2枚の断層面をモデル化した(モデル化した断層面は図-4に後述).

4. 震度分布推定結果と考察

EMPR と FDEL による震度分布推定結果を図-4 に 示す. 図に示す断層面上の斜線部は断層の破壊領域を表 し、太線で示す小断層はアスペリティが相対的に大きな 位置を表す. 断層面上の赤丸は震源位置を示し、図-1 に

表-2 断層パラメータ



 $\mathbf{3}$

示した震源位置を参考に設定した.

図-4(a),(b) 共に岡崎平野, 渥美半島~遠州灘にかけ て震度6強以上, 志摩半島から伊勢湾沿岸, 愛知, 静岡 にかけての広い地域や図-2の比較的軟弱な地域では震度 5強以上となった. (a)の Inouchi and Sato モデルによ る推定結果では, 断層直上の愛知県東部~静岡県西部に かけて高震度となり, 愛知県豊橋市, 浜名湖~御前崎に かけての地域で震度7が推定されたが, (b)の Ishibashi モデルによる推定結果では震度7は推定されなかった.

推定した結果の妥当性を考察するため、両断層モデル による推定結果と図-1の震度を比較した結果を図-5に 示す. 2.(3)と同様に現市町村単位に集計し、シミュレー ションにより推定した震度は世帯数の加重平均値である.

愛知県・三重県については、両モデル共にシミュレー ション結果が住家全壊率より推定した震度より低い値と なる傾向が見られた.静岡県については、Inouchi and Sato モデルと比較した結果 (a) ではシミュレーション 結果が高震度となる傾向が見られたが、(b)の Ishibashi モデルではこうした傾向は見られなかった.静岡県は Inouchi and Sato モデルの直上に位置しており、加えて断 層の破壊進行方向の地域であるために、Ishibashi モデル や他県の結果よりも高震度となったと思われる.このよ うに断層モデルによる震度分布の違いは見られるが、推 定結果が住家全壊率より推定した震度をおおむね捉えて おり、強震動予測法の妥当性を確認することができた.

5.おわりに

本研究では、1944年東南海地震の被害データより推定 した詳細な震度分布を用いて、著者らによる強震動予測 法を用いた震度分布推定の妥当性について検証した.

2 つの断層モデルを用いて,強震動予測法によりそれ ぞれ震度分布を算定した結果,断層モデルによる分布形 状の違いは見られたが,算定した震度分布が住家全壊率 より推定した震度分布をおおむね捉えており、予測法の 妥当性を確認することができた.

参考文献

- 1) 飯田汲事:東海地方地震·津波災害誌, pp.449-570,1985.
- 2) 佐藤良輔:日本の地震断層パラメター・ハンドブック,鹿 島出版会,pp.195-201,1989.
- Sugito, M., Furumoto, Y. and Sugiyama, T.: Strong Motion Prediction on Rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra, 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2111/4/A, CD-ROM, 2001.
- 4) 杉戸真太・合田尚義・増田民夫:周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察,土 木学会論文集,No493/Ⅲ-27,pp.49-58,1994.6.
- 5) 久世益充・杉戸真太・能島暢呂:南海トラフの巨大地震 を想定した広域震度予測,自然災害科学,Vol.22,No.1, pp.87-99,2003.
- 山口直也・山崎文雄:1995 年兵庫県南部地震の建物被害率 による地震動分布の推定,土木学会論文集,No.612/I-46, pp.325-336,1999.
- 7) 鷲坂清信・黒沼新一:昭和十九年十二月七日東南海地震の 三重・和歌山両県下実地踏査報告,「昭和十九年十二月七日 東南海大地震調査概報」,pp.58-67,1945.
- Kanamori, H: Tectonic implication of the 1944 Tonankai and the 1946 Nankaido earthquakes. Phys. Earth Planet. Inter., 5, 129–139, 1972.
- 9) 宇佐美龍夫:新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会,1986.
- 10) Kameda,H.,Sugito,M and Goto,H:Micro-zonation and Simulation of Spatially Correlated Earthquake Motions,Proc. Third International Microzonation Conference,Seattle,Vol.III, pp.1463–1474,1982.
- 11) 中央防災会議ホームページ:http://www.bousai.go.jp/ jishin/chubou/index.html
- 12) Inouchi,N and Sato,H : Vertical crustal deformation accompanied with the Tonankai earthquake of 1944.Bull.Geogr.Surv.Inst.,21,pp.10-18,1975.
- 13) Ishibashi,K : Specification f a soon-to-occur seismic faulting in the Tokai district,central Japan,based upon seismotectonics.Earthquake prediction-An international review,Maurice Ewing Series4 (AGU),pp.297-332,1976.

(2003.10.7 受付)



図-5 計測震度の比較