

想定南海地震による被害予測について

岐阜大学工学部 能島暢呂

要 旨

想定南海地震により大被害が予想される地方自治体において実施された被害予測を概観するとともに，耐震設計と地震防災の観点からみた南海地震について考察する．

1．はじめに

1995 年兵庫県南部地震のような内陸直下型地震は，発生サイクルが一千年～一万年オーダーと長く，発生場所・規模・時間ともに極めて不確実性が高い．これに対して，海洋プレートの沈み込みに伴う海溝型巨大地震は，発生サイクルと規模，発生地域，影響範囲のイメージが比較的明確である．特に南海地震は 100 年～150 年周期で繰り返し発生しており，1946 年南海地震（マグニチュード 8.0）は，高知，徳島，和歌山，香川，大阪，兵庫，岡山など広範囲にわたって被害を及ぼした．この地震の規模が過去に繰り返されてきた規模よりも小さく，「時間予測モデル」に従うと，次の南海地震が 2014 年前後に発生する可能性がある¹⁾ことから，南海地震の再来が間近な脅威として実感されるようになってきた．阪神・淡路大震災の経験が起爆剤となって，地震防災対策の再検討が精力的に進められる中で，近畿～四国地方においては，南海地震を直接的・間接的に考慮した取り組みも少なくない．本稿では，高知県・和歌山県・三重県・徳島県における想定南海地震による被害予測の概要を紹介し，耐震設計と地震防災の観点から南海地震について考察する．なお，本文中に引用した 1946 年南海地震による被害統計値は，すべて文献 2)によるものである．

2．地方自治体における想定南海地震の被害予測

2.1 高知県

高知県では 1993 年，「南海トラフ上に発生するマグニチュード 8 クラスの地震（1946 年南海地震程度）」を想定地震とした被害予測をまとめた³⁾．冬の夕方，風速 9 m / 秒の初期条件で，検討対象項目は，木造建築物を中心とする物的被害危険度（震動・液状化による木造建物被害，津波による木造建物被害，斜面崩壊危険，地震水害危険，ブロック塀・石塀・ビル落下物危険，地震火災による木造建物被害），人的被害危険度（死者数，負傷者数，死傷率），総合的地域危険度（物的・人的被害危険度の相対評価による総合評価）などである．被害予測の一部を表 1 に示す（死亡者数合計の多い順に市町村を並べ替え，下位の 20 町村は集計）．高知県全域における人的被害は，死者 1443 人，負傷者 6374 人

(1946年南海地震では、死者670人、負傷者1836人、行方不明者9人)と算定されており、高知市、土佐清水市、中村市、土佐市など、太平洋沿岸部の中小都市における被害が大きい。木造家屋被害に関しては、震動および斜面崩壊による全壊が12593(9568+3025)棟、半壊が38173(34953+3220)棟、火災による焼失7360棟、津波による流失1826棟(1946年南海地震では、住家の全壊4834棟、半壊9041棟、家屋焼失196棟、家屋流失566棟、家屋浸水5608棟)と算定されている。震動による被害は高知市、中村市、窪川町、春野町など、火災による焼失は高知市、土佐市、春野町など、津波による流失は土佐清水市、東洋町などに多い。

2.2 和歌山県

和歌山県では1998年、(1)南海トラフを震源とする巨大地震(断層位置は1946年と同じ、ただし最大規模としてマグニチュード8.4)、(2)和歌山県と大阪府の県境に存在する根来断層による地震(マグニチュード7.0)、(3)田辺市北東部に位置する断層群による地震(マグニチュード7.5)を想定地震とした被害予測をまとめた⁴⁾。初期条件は冬の夕方5時で、検討項目は、震度、液状化被害、斜面崩壊、津波被害、木造・非木造建物被害、出火・延焼危険度、死亡者数、負傷者数、水道・ガス・電気・通信・交通施設被害などである。このうち想定南海地震に対する被害予測の一部を表2に示す(死亡者数合計の多い順に市町村を並べ替え、下位の20町村は集計)。和歌山県全域では、最大震度6.54、最小震度4.31、死者数2013人、負傷者数73030人、避難者数59496人、木造建築物全壊9523棟(全壊率1.75%)、半壊10064棟(半壊率1.80%)、非木造建築物大破4570棟(大破率1.01%)、中破7959棟(中破率1.91%)という結果である。この表以外にも、危険物施設全出火件数10件(出火率0.00%)、一般火気器具炎上出火件数5125件(炎上出火率0.81%)、急傾斜地危険箇所210箇所、地すべり危険箇所107箇所などの推定値が得られている。なお1946年南海地震による被害は、死者195人、負傷者562人、行方不明者74人、住家の全壊969棟、半壊2442棟、家屋焼失2399棟、家屋流失325棟、家屋浸水14102棟であった。最大規模のマグニチュード8.4を想定した被害予測値は、前回の被害統計を大幅に上回ったものとなっている。

2.3 三重県

三重県では1997年、南海トラフを震源とする想定南海地震および想定東南海地震(過去最大の規模としていずれもマグニチュード8.4)、および内陸直下地震として桑名断層群(マグニチュード7.0)など12の断層モデルを想定地震とした被害予測をまとめた⁵⁾。検討項目は、震度、死亡者数、負傷者数、り災証明全壊住宅戸数、延焼危険度、炎上出火箇所数、長期避難者数、急傾斜地崩壊数、ガスパ破損数、上下水道管破損数、道路橋被害率などである。想定南海地震に対する被害予測の一部を、北勢地域(四日市市、桑名市、鈴鹿市など)、中勢地域(津市、久居市、松阪市など)、南勢志摩地域(伊勢市、鳥羽市など)、伊賀地域(上野市、名張市など)、東紀州地域(尾鷲市など)の地域別にまとめたのが表3である。三重県全域における被害は、死者数6600人(1946年南海地震では11人)、

負傷者数 13000 人 (同 35 人), 罹災証明全壊住宅戸数 190000 戸 (同 住家全壊半壊 157 棟), 長期避難者数 120000 人, 急傾斜地崩壊数 490 箇所, ガス管破損数 2400 箇所, 上下水道管破損数 22000 箇所という結果であり, 被害は県内全域に広く分布すると推定されている。志摩半島から四国西部を震源域とする震源モデルを設定していることと, 「死者数」および「罹災証明全壊住宅戸数」に関しては, 阪神・淡路大震災における西宮市の被害事例に基づいて想定した町丁字の被害を集計した推定値であるため, 大きな被害予測値となっており, 「地域計および県計は参考値として取り扱う」と注意書きされている。

2.4 徳島県

徳島県では 1997 年, (1)1854 年安政南海地震 (マグニチュード 8.4), (2)中央構造線系活断層による地震 (マグニチュード 7.7) で井口~鳴門のセグメント 54km と鮎喰川断層系のセグメント 42km が連動するケース, (3)中央構造線系の三野・池田の長さ 52km の断層による地震 (マグニチュード 7.7) を想定地震とした被害予測をまとめた⁶⁾。想定南海地震による徳島県での震度分布は, 県南部の沿岸部のごく一部地域で震度 6 弱に達している以外は震度 5 強以下である。徳島県全域での被害予測は, 死者数 2 人 (阿南市), 負傷者数 7 人 (阿南市 6 人 + 海南町 1 人), 斜面崩壊 125 箇所, 木造建物の全壊 5318 棟 (全壊率 1.5%), 半壊 11046 棟 (半壊率 3.0%), RC・SRC 造建物の大破 1526 棟 (大破率 4.0%), 中破 430 棟 (中破率 1.1%), S 造建物の大破 4471 棟 (大破率 5.0%), 中破 515 棟 (中破率 0.6%), 木造建物焼失 0 棟 (出火も 0 件), 津波による浸水 4813 世帯, ブロック塀被害 6735 件 (被害率 6.6%), 石塀被害 6855 件 (被害率 35.3%), ビル落下物 572 件 (飛散系 240 + 非飛散系 332), 橋梁大被害率 16%, 上水道被害 9 件, 下水道・ガス・電力施設の被害いずれも 0 件, という結果となっている。建物被害が大きいのに対して, 人的被害, ライフライン施設被害, 火災被害などは軽微もしくは無被害であり, 特異な被災形態となっている。なお 1946 年南海地震による被害は, 死者 181 人, 負傷者 665 人, 行方不明者 30 人, 住家の全壊 1076 棟, 半壊 1523 棟, 家屋流失 536 棟, 家屋浸水 5562 棟であった。

3. 被害予測を地震防災にどう活かすか

2. に挙げた自治体における被害想定は, 南海地震の再来を想定しているという点では共通しているものの, 初期条件, 断層モデル, 地震動予測手法, 検討対象項目, 被害予測手法など, あらゆる面で大きな相違が存在する。地方自治体における被害想定は, 当該自治体において個別に検討される震災対策の基礎資料の作成を目的として行われるため, 前提条件が大きく異なるのは当然である。被害想定の実施時期や解析担当者によって, 適用される元データや被害推定手法が異なることも事実である。従って, 想定地震が実際に発生する危険性が高いと判断したり, 推定被害の多寡をもって地域の脆弱性を判断することは妥当ではない。同様の理由により, 各地方自治体による想定結果を単純に比較・集計することも無意味である。また社会的インパクトの強い推定結果の数値が「一人歩き」することは, 想定を携わった当事者の意図に反することである。むしろ, (1) 想定されたシナ

リオによって当該自治体内に生じる被害の相対的分布を把握すること、(2) 推定結果を地震防災対策推進の原動力と考え計画策定の意思決定材料として活用すること、(3) 市民の地震防災意識を高揚させて個人～世帯レベルでの防災力の向上を図ること、などに意義があると考えるべきであろう。

一方、南海地震が複数の地方自治体にまたがって広域被害を及ぼしてきた事実を踏まえると、統一的なシナリオに従った広域被害想定を行うことも重要である。地域的な地震防災の主体はあくまで地方自治体であるが、救急医療、消防、復旧、復興といった災害対応のあらゆる局面において、地方自治体ごとの従来型被害想定を越えた広域的支援活動や、被災地内外での密接な組織連携が必須となる。ところが被害が広域化すると、被害の全貌把握に時間を要するうえ、隣接する地域から援助を受けることが困難となる。人的・物的資源を局所的に集中投下したり、広域的に資源を最適配分することもままならない。また幹線交通網のシステム的な防災機能として期待されるリダンダンシー（冗長性）効果も発揮されないおそれがある。短い時間間隔で連動して発生を繰り返す南海地震と東南海地震が同時に発生する最悪シナリオとして、1707年宝永地震（マグニチュード 8.4）タイプの地震を考慮する必要性も指摘されている⁷⁾。

以上のような、海溝型地震災害に特有の事態を把握しておくという面でも、限りある資源の効率的運用を計画するという面でも、広域被害推定を実施して対応方策を戦略的に検討しておくことが望ましい。阪神・淡路大震災の教訓から、大規模地震災害を国家的危機管理の対象として捉える気運が高まったことや、日本ガス協会や日本水道協会といった全国レベルの同業者組織が、被災地支援活動を調整する重要な機能を発揮してきたことを考慮すると、その必然性が理解できよう。

4. 耐震設計と地震防災からみた南海地震の位置づけ

阪神・淡路大震災以降、建造物の耐震設計に関する基準・指針類の改訂が各方面で進められている。土木学会第一次提言（1995年）および第二次提言（1996年）⁸⁾では、耐震設計用入力地震動のガイドラインとして、レベル1地震動（建造物の供用期間内に1～2度発生する確率を有する地震動）とレベル2地震動（極めて稀であるが非常に強い地震動）の2階級が設定された。特に、後者で考慮されるべき地震像として、「マグニチュード7クラスの内陸地震による震源断層近傍の地震動」および「陸地近傍で発生する大規模なプレート境界地震による震源域の地震動」が挙げられている。その後に組織された「土木建造物の耐震設計法に関する特別委員会」では、レベル2地震動を「当該地点における現実的な震源パラメータや地盤パラメータから算定される最大級の地震動」と再定義したうえで、レベル2地震動の設定手順、建造物が保有すべき耐震性能の規定と耐震設計法、耐震投資計画のあり方に至るまで幅広い検討を行っており、その提言内容は報告書として近く刊行される予定である⁹⁾。以上より想定南海地震は、震源近傍地域においてレベル2地震動の典型例として特徴づけられ、震源特性・伝播経路特性・サイト特性などを考慮した地震動評価が行われたうえで、目標とする耐震性能の実現に向けて具体的な対応策が検討されるものと考えられる。

建築学会の第三次提言¹⁰⁾においては、性能表示型耐震設計法の枠組みの構築を目指し

た「耐震メニュー（案）」が提案されている。これは建物の耐震性能を決定する際に、建築主と設計者の間での意思疎通を容易にすることを狙いとしたもので、地震動の強さに対する損傷の程度と再使用時の問題点等をイメージしながら、耐震等級を選定できるようなメニューが提示されている。地震動の強さとしては、D（建物の供用期間中に遭遇する可能性が数回である地震動）から、S（建物の供用期間中に遭遇する可能性が極めてまれな地震動）までの5段階が設定されている。発生頻度に基づいて地震動レベルを規定する表現形式をとっているため、具体的な地震像が明示されているわけではないが、内陸地震および海溝型巨大地震の震源特性、地震発生率、地震活動度、地形・地盤特性などを考慮した強震動の予測・評価を客観的に行う必要性が強調されている。

ところで、海溝型巨大地震の場合は一般的に、震源から被災地までの伝播距離が長くかつ地震動の継続時間が長いことから、P波～S波の到達時間差を利用した地震早期検知システムなど、即時対応型地震防災システムが有効活用される可能性がある。土木学会地震工学委員会リアルタイム地震防災研究小委員会（委員長：鳥取大学工学部 野田茂助教授）では、リアルタイム地震防災技術の現状と将来展望に関するシンポジウムを開催するなどの取り組みを行っており¹¹⁾、南海地震の被害軽減に資する技術が開発されることも期待される。

5. おわりに

戦後50年あまりを経て、南海地震の影響域では比較にならないほど都市化が進み、社会的背景もまた激変した。その意味では、現代都市は南海地震タイプの巨大地震による広域被害を経験したことがなく、真の被害様相は未知というべきかもしれない。しかし、阪神・淡路大震災の例を引き合いに出すまでもなく、被災地内外において複合的・波及的・長期的な被害連鎖が生じることは想像に難くない。

防災対策を社会に十分に浸透させて、地震に強い社会を構築するには時間がかかる。残された猶予期間が決して長くはないということを十分に認識し、南海地震の再来に備える努力と覚悟が必要である。

謝 辞

本稿の執筆にあたって、京都大学防災研究所 林春男教授、大阪市立大学生生活科学部 宮野道雄教授、岐阜大学工学部 杉戸真太教授、京都大学防災研究所 澤田純男助教授、徳島大学工学部 廣瀬義伸助手、和歌山県総務部消防防災課佐々木氏、徳島県環境生活部消防防災安全課、大阪ガス(株)商品開発部 小川安雄氏の皆様には、貴重な資料提供と有益なご助言をいただいた。記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 安藤雅孝：南海道地震は近い，第22回地震工学研究発表会，pp.859-866，1993.7.
- 2) 宇佐美龍夫：新編日本地震被害総覧，東京大学出版会，1987.3.
- 3) 高知県：高知県地震対策基礎調査報告書＜概要＞，1993.3.
- 4) 和歌山県防災会議：和歌山県地域防災計画震災対策計画編（平成10年度修正），1998.

- 5) 三重県：三重県地域防災計画被害想定調査報告書，1997.3.
- 6) 徳島県地震防災アセスメント調査委員会：徳島県地震防災アセスメント報告書，1997.3.
- 7) 河田恵昭：東南海・南海地震津波による想定被災シナリオ，第7回地域安全学会研究発表会，pp.322-327，1997.11.
- 8) 土木学会：耐震基準等に関する提言集，1996.5.
- 9) 土木学会：土木構造物の耐震設計に関する特別委員会報告書（仮題），（1999年刊行予定）.
- 10) 建築学会：建築および都市の防災性向上に関する提言 - 阪神・淡路大震災に鑑みて - （第三次提言），建築雑誌，Vol.113，No.1418，1998年2月号．
- 11) 土木学会地震工学委員会リアルタイム地震防災研究小委員会：第1回リアルタイム地震防災シンポジウム - リアルタイム地震防災の現状と今後 - ，1999.1.

表2 和歌山県における想定南海地震の被害予測

市町村名	震度		死亡者	負傷者	避難者	木造建築物				非木造建築物			
	最小	最大				全壊率	全壊数	半壊率	半壊数	大破率	大破数	中破率	中破数
田辺市	4.93	6.32	289	7,180	10,537	5.08	2,036	4.93	1,827	2.67	702	4.75	1,124
和歌山市	4.31	5.86	196	7,631	8,725	0.27	403	0.86	1,375	0.92	977	1.83	1,955
新宮市	5.12	6.45	189	3,949	9,167	4.21	1,847	3.74	1,595	1.98	589	3.24	918
那智勝浦町	5.14	6.53	187	5,469	5,626	6.16	1,150	5.47	985	2.58	352	4.58	550
串本町	5.19	5.29	123	3,826	2,973	5.55	580	4.96	518	2.37	194	4.11	313
白浜町	5.05	6.41	104	3,335	2,498	5.56	463	5.16	432	2.77	171	4.89	282
上富田町	5.03	6.38	71	2,303	1,736	5.76	330	5.47	301	2.48	117	4.35	189
御坊市	4.74	5.94	65	1,990	2,219	2.32	373	2.72	379	1.95	165	3.51	280
日置川町	5.09	6.08	56	2,147	1,036	4.09	208	3.71	182	1.72	64	3.35	104
すさみ町	5.14	5.22	54	2,103	891	3.37	172	3.09	157	1.15	57	2.48	95
古座町	5.22	6.54	54	1,651	1,321	4.95	260	4.36	230	2.37	85	3.88	140
古座川町	5.11	5.26	49	2,059	627	2.18	123	1.98	111	0.91	39	1.74	66
南部町	4.92	6.16	47	1,399	1,310	5.21	257	4.86	228	2.87	86	4.78	137
有田市	4.56	5.77	47	1,651	1,227	1.27	170	1.61	203	1.33	103	2.45	187
本宮町	4.95	5.11	37	1,779	439	1.61	78	1.59	77	0.81	30	1.55	52
海南市	4.51	5.86	37	1,435	1,338	0.30	138	0.80	216	0.94	128	1.87	242
印南町	4.83	4.95	36	1,859	479	1.79	72	2.05	82	1.31	37	2.44	67
中辺路町	4.93	5.04	36	1,849	389	1.99	70	1.97	69	0.90	26	1.86	45
湯浅町	4.61	5.84	28	798	1,039	1.06	166	1.48	176	1.22	80	2.26	139
太地町	5.21	5.24	26	741	715	6.85	139	6.12	124	3.25	47	5.48	76
熊野川町	4.98	5.15	26	1,222	275	1.72	52	1.64	49	0.72	17	1.50	30
龍神村	4.74	4.94	25	1,471	247	0.73	38	0.86	44	0.47	19	0.93	34
大塔村	5.03	5.14	25	1,209	261	1.59	49	1.51	47	0.54	16	1.35	29
南部川村	4.87	6.13	24	1,235	313	1.81	53	1.99	55	1.22	22	2.26	39
下津町	4.52	5.73	22	902	515	0.66	71	0.95	85	0.91	43	1.72	78
美浜町	4.77	5.93	17	556	472	1.87	76	2.22	80	1.55	36	2.77	62
広川町	4.65	5.85	16	688	394	0.40	58	0.85	67	0.70	31	1.37	56
橋本市	4.41	4.57	14	1,015	337	0.02	4	0.22	36	0.37	47	0.76	95
川辺町	4.74	4.85	13	771	204	0.66	18	1.09	34	0.82	20	1.57	38
金屋町	4.58	4.74	9	743	164	0.11	6	0.51	25	0.57	19	1.16	39
他20町村	4.38	5.17	110	8,064	2,021	-	65	-	271	-	250	-	504
合計	4.31	6.54	2,013	73,030	59,496	1.75	9,523	1.80	10,064	1.01	4,570	1.91	7,959

(人) (人) (人) (%) (棟) (%) (棟) (%) (棟) (%) (棟)

表3 三重県における想定南海地震の被害予測

地域名	り災証明 全壊住宅数*	死亡者数*	負傷者数	長期 避難者数	急傾斜地 崩壊数	ガス管 破損数	上下水道管 破損数
北勢地域	70,000	2,500	2,800	22,000	66	910	6,800
中勢地域	57,000	2,000	4,800	44,000	140	860	6,900
南勢志摩地域	31,000	1,100	3,400	33,000	130	310	5,300
伊賀地域	14,000	520	690	5,300	85	360	1,400
東紀州地域	17,000	480	1,700	15,000	75	0	1,300
合計	190,000	6,600	13,000	120,000	490	2,400	22,000

(戸) (人) (人) (人) (箇所) (箇所) (箇所)

*印 : 阪神・淡路大震災における西宮市の被災データに基づくものであり、参考値として扱う。

合計欄は、丸め誤差のため地域計の総計と一致しない。