

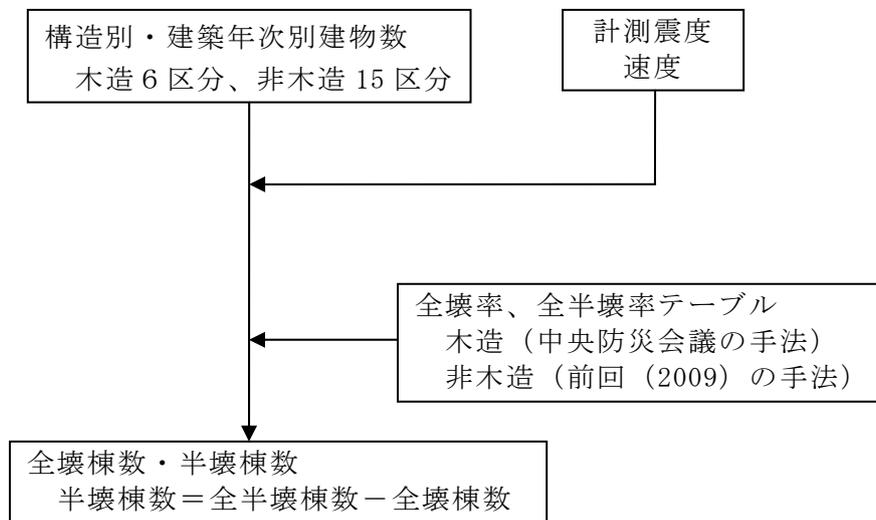
第2章 建物被害の想定手法

2.1 揺れによる建物被害

木造、非木造（S造、RC造）別に全壊棟数、半壊棟数を算出した。

被害棟数の算出にあたって、木造建物の被害率は、近年発生した地震における建物被害の分析を考慮した中央防災会議の手法（2013）を採用した。また、非木造建物については、構造と階層別の被害率の違いを考慮するため、兵庫県南部地震の被害実態を基本として作成された愛知県（2003）による被害率を用いた。

(1) 被害想定フロー



(2) データの取り扱い

市町村の課税データ等を基に、建物数をメッシュに分配した（町丁目・位置データ等を参照）。分配にあたっては、メッシュ別の夜間人口データなども利用している。なお、データはメッシュ別に木造 6 区分、非木造 15 区分で建物数を集計している。

(3) 想定結果の表現

- ・メッシュ別の全壊棟数、半壊棟数（分布図）
- ・市区町村別の全壊棟数、半壊棟数

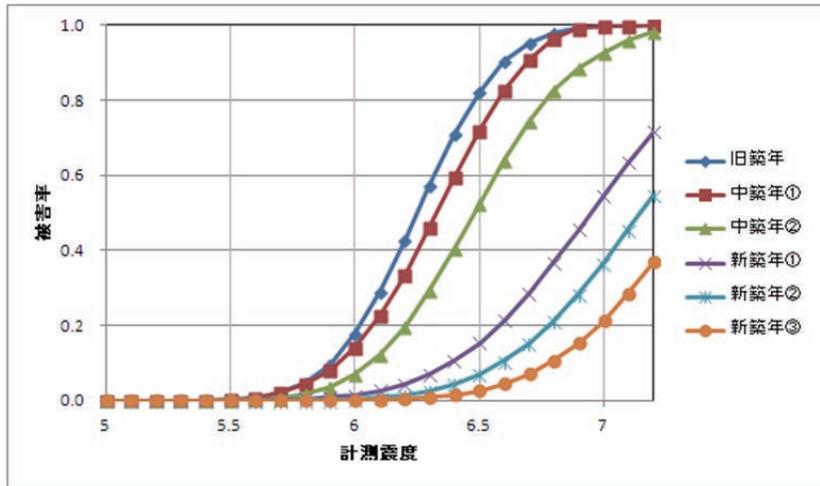
(4) 想定手法

想定は、メッシュ単位で行っている。以下に予測式を示す。

$$\begin{aligned} & \text{全壊棟数（木造 6 区分、非木造 15 区分）} \\ & = \text{建物棟数（木造 6 区分、非木造 15 区分）} \\ & \quad \times \text{メッシュ震度に対応した全壊率（木造 6 区分、非木造 15 区分）} \end{aligned}$$

全半壊棟数（木造 6 区分、非木造 15 区分）
 = 建物棟数（木造 6 区分、非木造 3 区分）
 ×メッシュ震度に対応した全半壊率（木造 6 区分、非木造 15 区分）
 半壊棟数 = 全半壊棟数 - 全壊棟数

○木造建物の全壊率



○木造建物の全半壊率

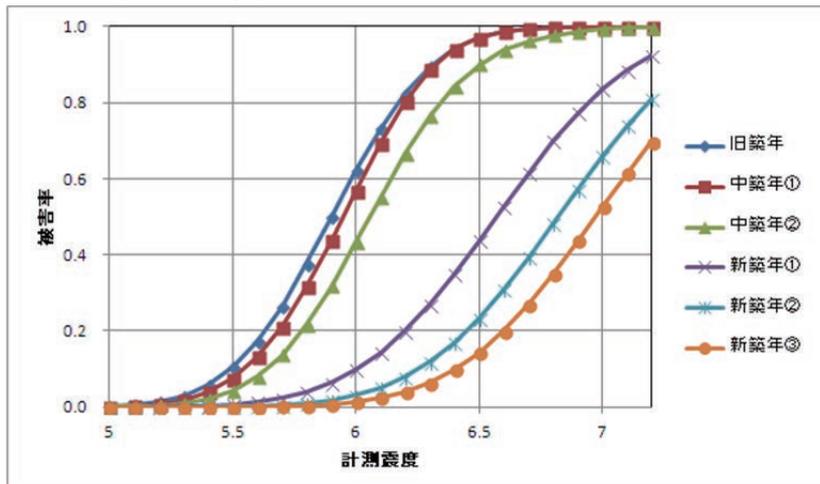


図 2.1 木造の被害率曲線

※震度 7 以上の被害率については、被害関数を推測し、算出した。

※築年の区分は以下のとおり

旧築年	1962 年以前
中築年①	1963～1971 年
中築年②	1972～1980 年
新築年①	1981～1989 年
新築年②	1990～2001 年
新築年③	2002 年～

非木造建物の被害率は、次の被害率関数で与えられる被害率を用いる。これは、1995年兵庫県南部地震の被害実態を基本として作成された愛知県（2003）による最大速度に関する被害率関数である。

$$\text{被害率 } P = \Phi((\ln(V - V_0) - \lambda) / \zeta)$$

※ Φ は正規分布の累積分布関数、 V は最大速度。下表に、各パラメータ（ V_0 被害が発生する最大速度の下限値、 λ 、 ζ は分布関数のパラメータ）を表す。

表 2.1 対象とする建物構造、年代、階数区分

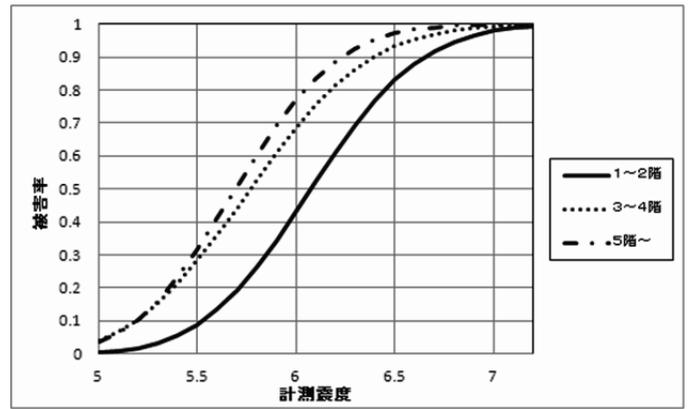
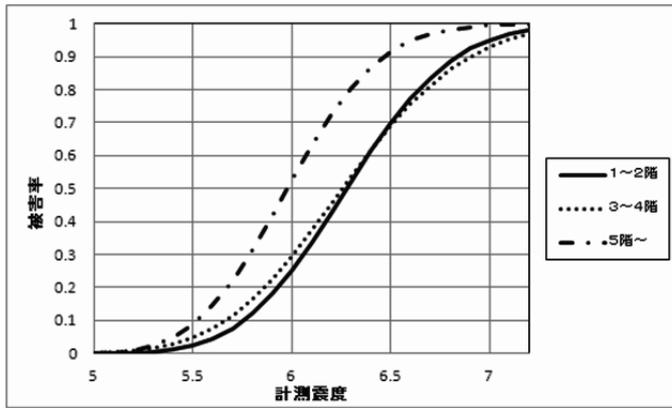
建物区分			全壊			全半壊		
構造	年代	階数	λ	ζ	V_0 (cm/s)	λ	ζ	V_0 (cm/s)
RC 造	-1971	1-4F	4.98	0.568	10	4.68	0.444	5
		5-6F	4.87	0.609		4.57	0.579	
		7F-	4.36	0.399		4.32	0.430	
	1972-81	1-4F	5.37	0.586		4.95	0.434	
		5-6F	5.15	0.560		4.63	0.597	
		7F-	4.79	0.464		4.38	0.466	
	1982-	1-4F	6.07	0.792		5.41	0.607	
		5-6F	5.67	0.604		5.03	0.581	
		7F-	5.20	0.514		4.63	0.449	
S 造	-1981	1-2F	4.73	0.615	10	4.49	0.620	5
		3-4F	4.70	0.712		4.05	0.688	
		5F-	4.28	0.561		3.94	0.597	
	1982-	1-2F	5.29	0.417		5.21	0.671	
		3-4F	5.35	0.610		4.86	0.795	
		5F-	4.98	0.525		4.30	0.590	

なお、揺れの入力値については、木造建物の入力値と合わせるため、上記の最大速度を計測震度に変換する。変換式は以下を用いる。

$$\text{計測震度} = 2.68 + 1.72 \text{LOG}(\text{最大速度})$$

※司・翠川（1999）による変換式

築年：～1981年



築年：1982年～

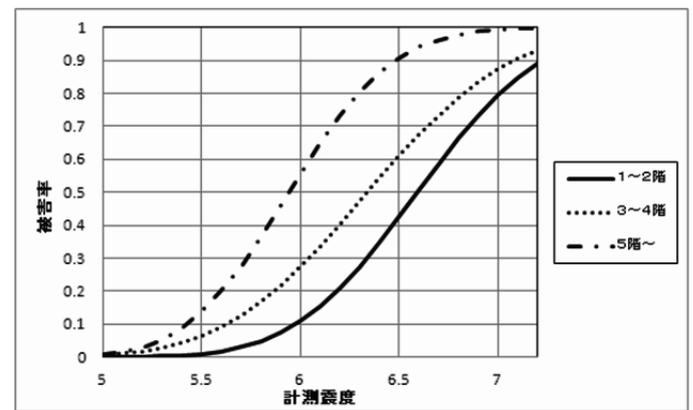
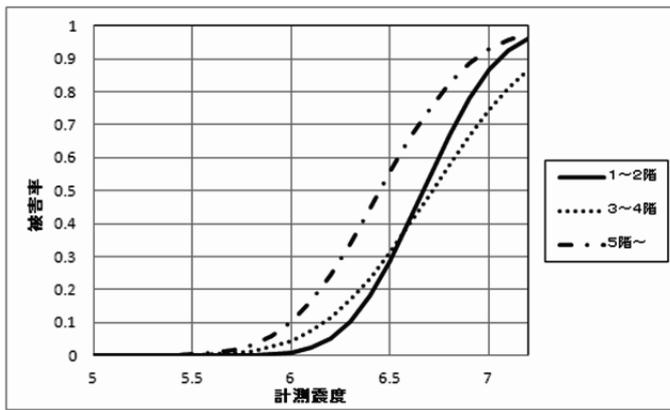
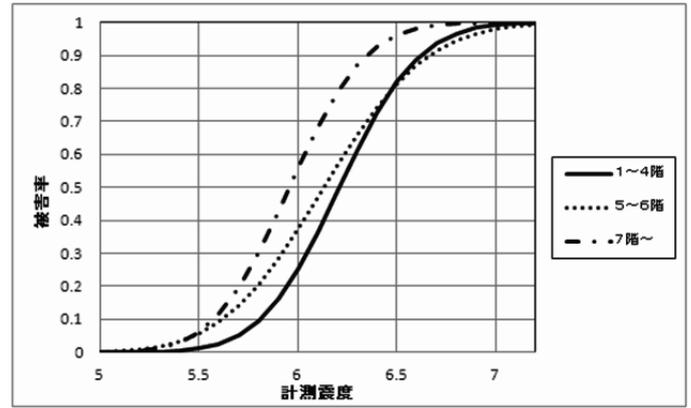
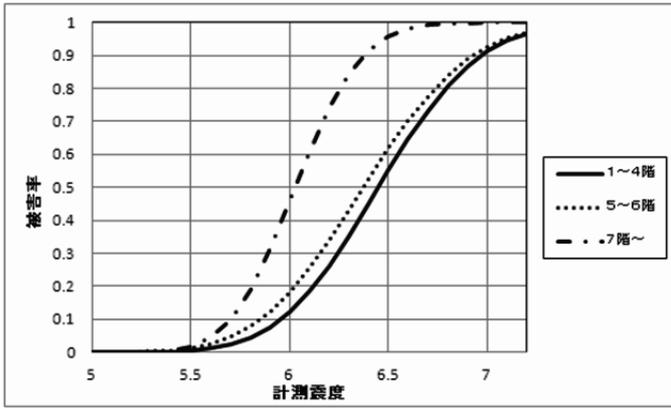
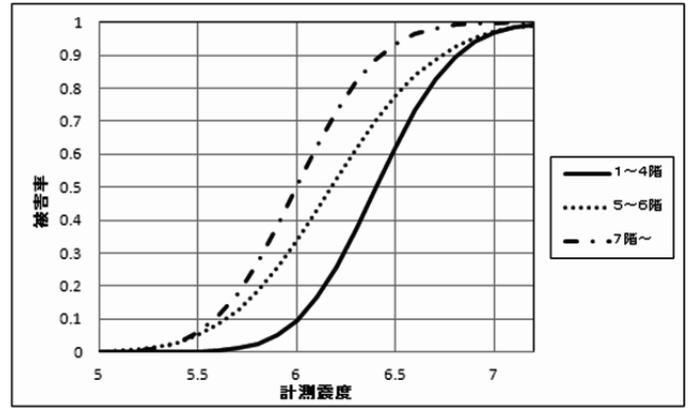
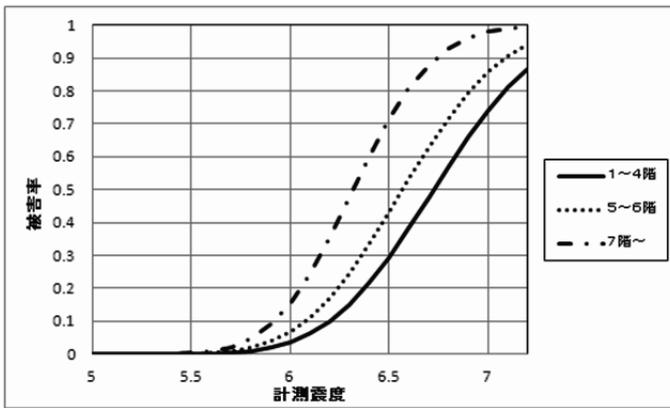


図 2.2 S 造の被害率曲線 (左：全壊率 右：全半壊率)

築年：～1971年



築年：1972～1981年



築年：1982年～

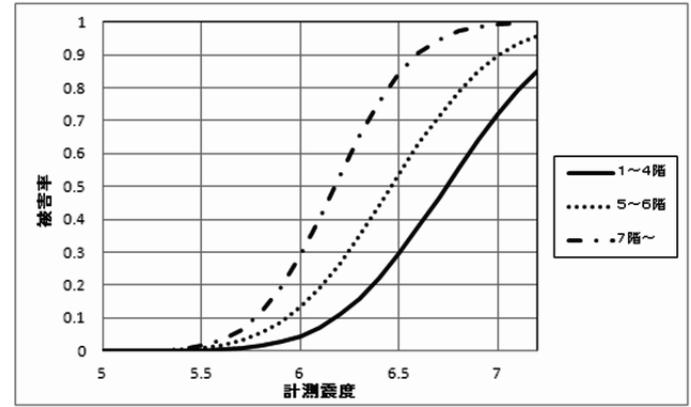
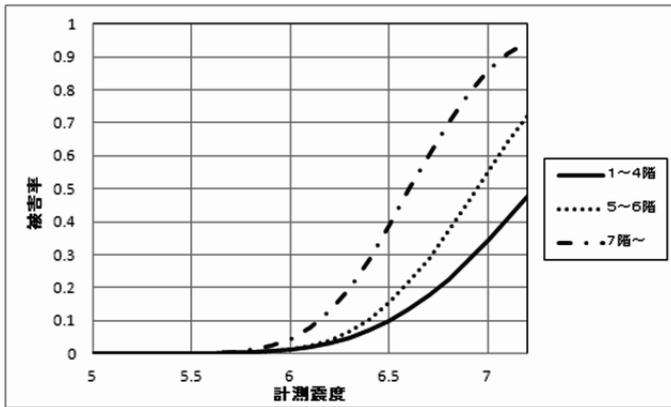
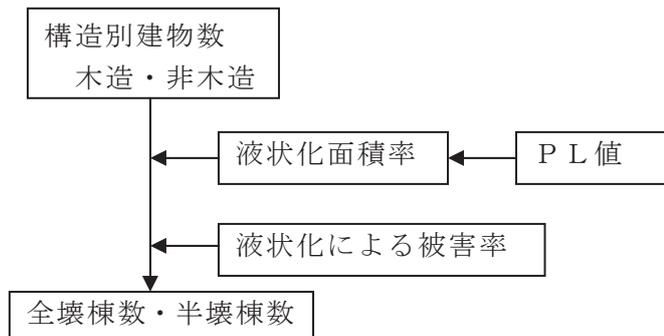


図 2.3 RC造の被害率曲線（左：全壊率 右：全半壊率）

2. 2 液状化による建物被害

木造、非木造（S造、RC造）別に全壊棟数、半壊棟数を算出した。微地形区分及び液状化危険度(PL値)による低減係数を用いて被害棟数を算出した。液状化による全壊率は、東日本大震災における液状化発生状況を反映した東京都（2012）の手法を採用した。

(1) 被害想定フロー



(2) データの取り扱い

揺れによる建物被害のデータを利用する。なお、非木造については、階層別に集計（3階以下、4階以上）している。

(3) 想定結果の表現

- ・メッシュ別の全壊棟数、半壊棟数（分布図）
- ・市区町村別の全壊棟数、半壊棟数（該当メッシュの数を総計）

(4) 想定手法

想定は、メッシュ単位で行っている。以下に予測式を示す。

$$\begin{aligned}
 \text{全壊棟数（木造）} &= \text{建物棟数（木造）} \\
 &\quad \times \text{メッシュPL値に対応した液状化面積率} \times \text{全壊率} \\
 \text{全壊棟数（非木造）} &= \text{建物棟数（非木造）} \times (1 - \text{基礎杭のある建物比率}) \\
 &\quad \times \text{メッシュPL値に対応した液状化面積率} \times \text{全壊率} \\
 \text{半壊棟数（木造）} &= \text{建物棟数（木造）} \\
 &\quad \times \text{メッシュPL値に対応した液状化面積率} \times \text{半壊率} \\
 \text{半壊棟数（非木造）} &= \text{建物棟数（非木造）} \times (1 - \text{基礎杭のある建物比率}) \\
 &\quad \times \text{メッシュPL値に対応した液状化面積率} \times \text{半壊率}
 \end{aligned}$$

PL 値の範囲	液状化面積率
PL=0	0 %
0 < PL ≤ 5	7 %
5 < PL ≤ 15	18 %
15 < PL	65 %

	全壊率	半壊率
被害率	8.56%	14.38%

※前回調査（2009）の手法では、全壊率と大規模半壊率を分けて算出しているが、大規模半壊は全壊に含まれるものとして、被害率を設定した。

基礎杭のある建物比率

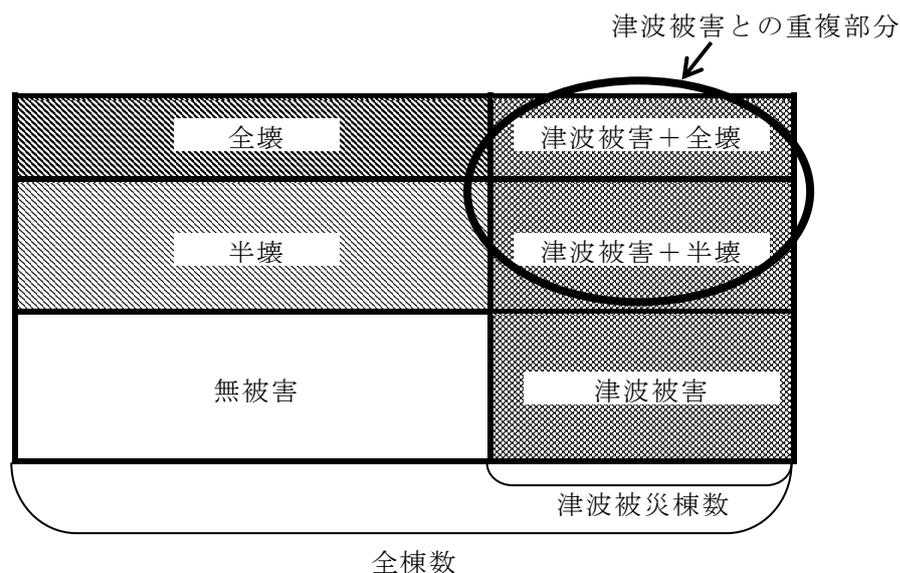
$$= (4階以上の建物数 + 1960年以降の1～3階の建物数 \times 20\%) / 全建物数$$

※建物被害の重複の考慮

要因別による建物被害数の重複を除くため、想定にあたっては、以下のような手順を、メッシュ単位で行う。

- ① 揺れによる建物被害と液状化による建物被害は、重複しないものとする。急傾斜地崩壊による建物被害についても、他の要因による重複は少ないものとして、重複を除く対象とはしない。
- ② 津波については、揺れと液状化の被害を受けていても、全てを津波による被害とする。津波による建物被害の発生率から、津波による被害と、揺れと液状化による被害を重複して受けた建物数を算出し、それぞれ揺れと液状化による建物被害数から差し引く。
- ③ 火災（延焼）については、揺れ、液状化及び津波による被害を受けていても、全てを焼失被害とする。延焼火災が発生しているメッシュについて、焼失率（焼失棟数 ÷ 全棟数）を算出し、他の要因による建物被害棟数から焼失率に応じた棟数を差し引く。

○津波被害の補正

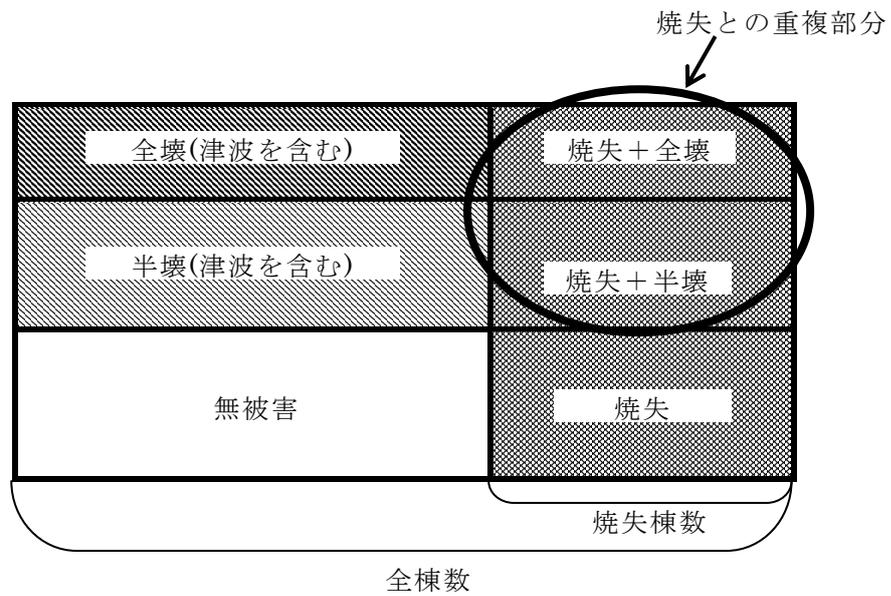


津波重複補正後の全壊棟数 = 補正前の全壊棟数 × (1 - 津波被災率)

津波重複補正後の半壊棟数 = 補正前の半壊棟数 × (1 - 津波被災率)

津波被災率 = 津波被災棟数 (全壊・半壊) ÷ 全棟数

○焼失被害の補正



焼失重複補正後の全壊棟数 = 津波重複補正後の全壊棟数 × (1 - 焼失率)

焼失重複補正後の半壊棟数 = 津波重複補正後の半壊棟数 × (1 - 焼失率)

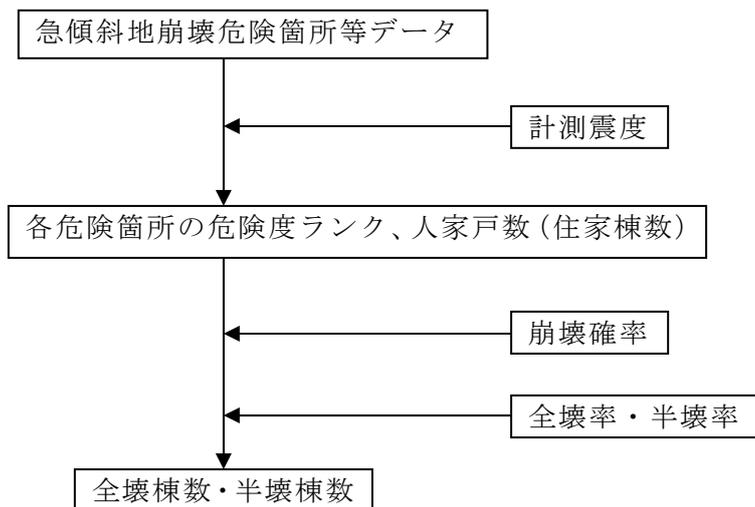
焼失率 = 焼失棟数 ÷ 全棟数

※津波重複補正後の全壊棟数・半壊棟数には、津波による全壊・半壊の棟数を合算する。

2. 3 急傾斜地崩壊による建物被害

急傾斜地の崩壊確率と崩壊地における人家被害率（全壊率、半壊率）から、急傾斜地崩壊による建物被害（全壊、半壊）棟数を算出した。建物被害の計算単位は、急傾斜地崩壊危険箇所ごとに行った。

(1) 被害想定フロー



(2) データの取り扱い

急傾斜地の指定箇所毎にデータを取りまとめる。また、各指定箇所毎に該当するメッシュを特定する。

(3) 想定結果の表現

- ・メッシュ別の全壊棟数、半壊棟数（分布図）
- ・市区町村別の全壊棟数、半壊棟数（該当メッシュの数を総計）

(4) 想定手法

危険箇所毎に想定を行う。以下に予測式を示す。

$$\begin{aligned} \text{急傾斜地崩壊による全壊棟数} &= \text{危険箇所内人家戸数} \times \text{崩壊確率} \\ &\quad \times \text{崩壊地における震度別建物全壊率} \\ &\quad \times \{1 - (\text{神奈川県急傾斜地崩壊危険箇所整備率})\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{急傾斜地崩壊による半壊棟数} &= \text{危険箇所内人家戸数} \times \text{崩壊確率} \\ &\quad \times \text{崩壊地における震度別建物半壊率} \\ &\quad \times \{1 - (\text{神奈川県急傾斜地崩壊危険箇所整備率})\} \end{aligned}$$

※急傾斜地崩壊危険箇所の概成箇所が特定できる場合は、個々に評価を行う。

※急傾斜地崩壊危険箇所整備率は、前回調査（2009）の手法の率を基に、概成地区の確認を行い、数値の修正を行った。

震度による危険度ランク判定基準は以下のとおり。

表 2.2 震度による危険度ランク判定基準

	斜面危険度ランク		
	1 3 点以下	1 4 ~ 2 3 点	2 4 点以上
6 強以上	A	A	A
6 弱	B	A	A
5 強	C	B	A
5 弱	C	C	B
4	C	C	C

※斜面危険度ランクは、斜面評価一覧表（県土整備局データ）の資料に基づいて設定する。斜面評価一覧表の記載から切土のり面・斜面耐震調査票 I（日本道路協会（1979））に適合する点数を与えて、この点数を合計して、危険度を評価しランク付けする。

危険度ランク別崩壊確率

ランク	崩壊確率
A	10%
B	0%
C	0%

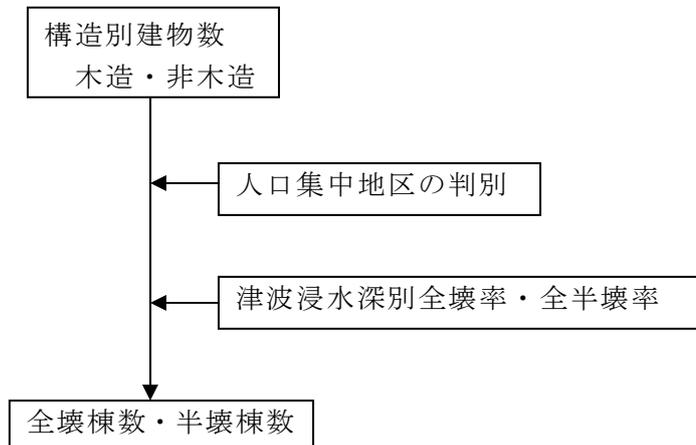
表 2.3 震度ランクごとの全壊率・半壊率

	震度 4 以下	震度 5 弱	震度 5 強	震度 6 弱	震度 6 強	震度 7
全壊率	0	0. 0 6	0. 1 2	0. 1 8	0. 2 4	0. 3 0
半壊率	0	0. 1 4	0. 2 8	0. 4 2	0. 5 6	0. 7 0

2. 4 津波による建物被害

中央防災会議（2013）で示された津波の浸水深と建物被害の関係を用いて、建物の全壊・半壊棟数、床上・床下浸水棟数を算出した。

(1) 被害想定フロー



(2) データの取り扱い

揺れによる建物被害のデータを利用する。メッシュ毎に、人口集中地区（D I D地区）かどうかを判別する。

(3) 想定結果の表現

- ・市区町村別の全壊棟数、半壊棟数、床上浸水棟数、床下浸水棟数（該当メッシュの数を総計）

※浸水深が50cm以上で半壊に至らなかった建物を床上浸水とする。浸水深が50cm未満は、床下浸水とする（東日本大震災における被害状況より設定）。

(4) 想定手法

想定は、メッシュ単位で行っている。以下に予測式を示す。なお、人口集中地区（D I D地区）かそれ以外かでそれぞれ計算（全壊率・全半壊率が異なる）

$$\text{全壊棟数（木造、非木造）} = \text{建物棟数（木造、非木造）} \times \text{津波浸水深に対応した全壊率（木造、非木造）}$$

$$\text{全半壊棟数（木造、非木造）} = \text{建物棟数（木造、非木造）} \times \text{津波浸水深に対応した全半壊率（木造、非木造）}$$

$$\text{半壊棟数} = \text{全半壊棟数} - \text{全壊棟数}$$

建物被害率は下式で与えられる。

被害率を算出するには、人口集中地区・人口集中地区以外別に、それぞれ求める被害率に対応する μ と σ の値を、式に代入する。なお、 t は浸水深を示す。

$$\text{建物被害率} = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

		人口集中地区		人口集中地区以外	
		μ	σ	μ	σ
木造	全壊率	2.05	0.439	2.10	0.673
	全半壊率	0.502	0.409	0.476	0.703
非木造	全壊率	2.80	0.850	2.80	0.850
	全半壊率	0.532	0.418	0.494	1.100

※半壊率 = 全半壊率 - 全壊率

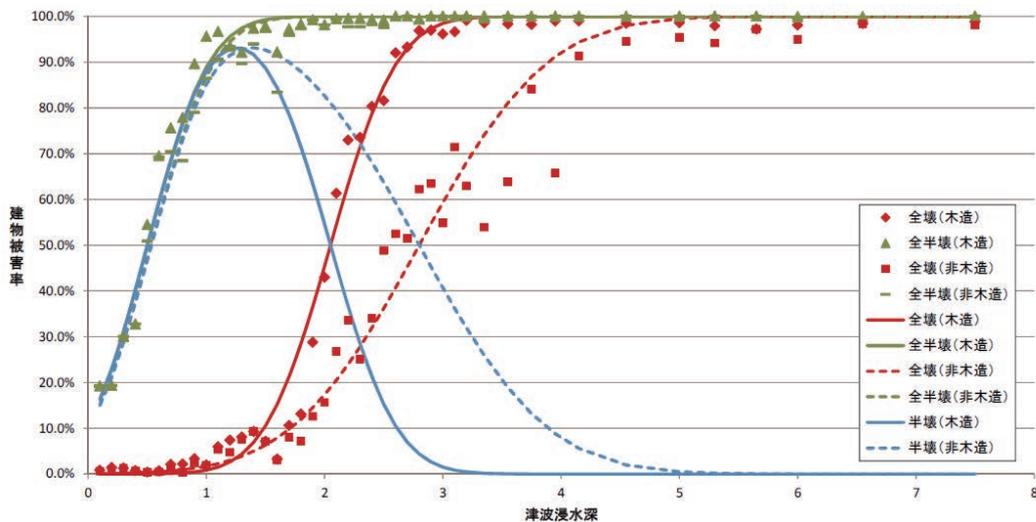


図 2.4 津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区）

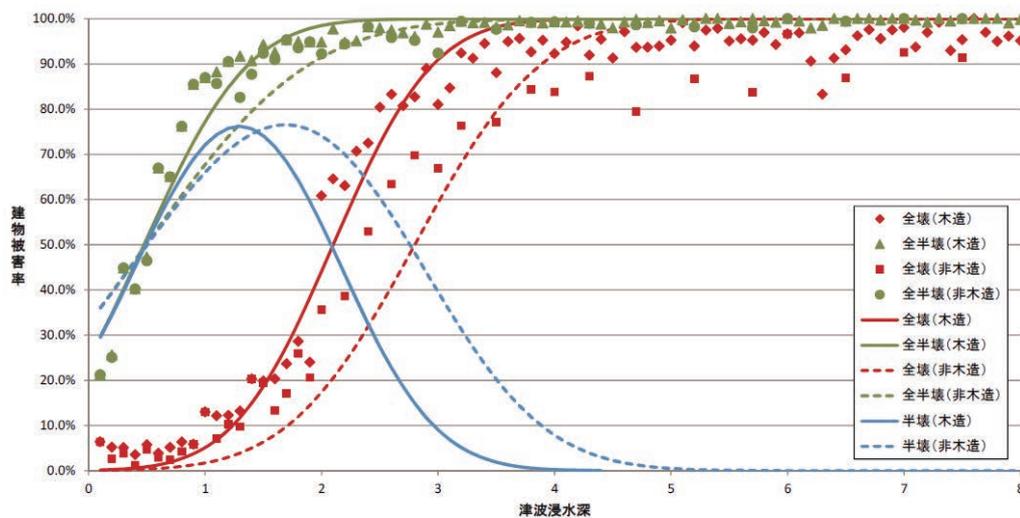


図 2.5 津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区以外）

表 2.3 本調査における建物の現況数

市区町村名	建物棟数					
	木造		S造		RC造	
	住家	非住家	住家	非住家	住家	非住家
横浜市	555,481	43,551	90,371	38,504	20,922	52,995
鶴見区	39,316	3,097	6,343	4,281	1,493	2,666
神奈川区	33,402	2,472	5,834	2,463	1,706	2,854
西区	11,492	624	2,079	950	665	856
中区	17,758	1,055	2,309	2,144	1,234	2,450
南区	34,584	1,719	4,769	1,192	1,305	2,633
保土ヶ谷区	33,801	2,402	4,757	1,520	1,117	2,994
磯子区	24,356	1,713	3,530	1,505	915	2,440
金沢区	32,147	2,209	5,395	2,595	935	4,050
港北区	44,073	3,972	7,834	4,191	2,094	3,616
戸塚区	41,403	4,155	6,973	2,624	1,356	4,059
港南区	33,664	1,762	5,466	1,135	1,083	4,498
旭区	45,485	4,056	6,692	2,305	1,132	4,002
緑区	22,831	2,411	4,411	1,498	809	2,201
瀬谷区	24,261	1,895	3,700	1,632	415	890
栄区	20,763	1,647	4,366	871	714	1,839
泉区	31,192	2,853	4,464	1,810	458	1,470
青葉区	43,669	2,827	6,494	1,880	2,337	7,555
都筑区	21,284	2,682	4,955	3,908	1,154	1,922
川崎市	162,551	18,772	32,629	19,320	13,142	15,569
川崎区	24,621	3,810	6,319	7,779	1,626	2,446
幸区	15,623	1,743	4,025	1,659	1,031	635
中原区	21,319	2,457	5,916	2,537	2,408	1,303
高津区	21,979	2,490	3,877	2,464	2,116	1,586
多摩区	26,036	3,116	5,054	1,685	2,242	2,337
宮前区	24,966	2,538	3,510	1,859	2,173	3,273
麻生区	28,007	2,618	3,928	1,337	1,546	3,989
相模原市	135,331	12,946	22,285	10,880	5,535	2,468
緑区	40,686	7,510	5,391	3,836	956	905
中央区	46,976	3,165	8,527	4,884	2,251	728
南区	47,669	2,271	8,367	2,160	2,328	835
横須賀市	98,295	7,556	14,535	4,956	2,793	7,707
平塚市	54,346	7,445	8,783	5,935	1,662	2,102
鎌倉市	44,294	4,848	6,547	2,109	2,475	3,971
藤沢市	75,884	7,422	12,934	4,905	3,579	3,514
小田原市	48,053	14,004	6,791	5,003	1,259	2,205
茅ヶ崎市	58,724	4,500	7,612	2,761	1,540	1,579
逗子市	15,747	1,027	2,091	350	513	896
三浦市	14,967	3,454	932	959	246	965
秦野市	38,101	8,507	5,893	3,601	659	1,729
厚木市	49,905	8,313	7,864	6,375	1,311	1,917
大和市	40,228	2,717	7,738	2,998	1,918	1,238
伊勢原市	20,658	4,289	4,099	2,335	551	1,041
海老名市	27,454	3,038	3,897	2,612	655	1,100
座間市	24,756	1,821	3,340	1,747	842	974
南足柄市	13,155	3,324	1,425	918	145	483
綾瀬市	23,977	1,717	2,502	3,446	313	553
葉山町	10,671	665	1,112	179	479	553
寒川町	9,601	1,539	1,395	1,392	186	198
大磯町	10,291	900	1,142	365	240	335
二宮町	8,392	1,017	1,128	357	185	577
中井町	2,844	1,632	331	491	27	145
大井町	4,833	2,303	643	522	106	124
松田町	3,844	1,175	457	264	61	85
山北町	3,885	2,312	285	556	139	153
開成町	4,676	370	598	460	41	94
箱根町	4,869	2,280	510	532	526	2,037
真鶴町	3,647	717	255	195	670	445
湯河原町	7,925	1,492	829	416	567	521
愛川町	12,063	2,754	1,096	1,878	118	253
清川村	1,146	434	85	72	9	31
計	1,590,594	178,841	252,134	127,393	63,414	108,557

参考文献：

- ・中央防災会議：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）、平成 25 年 12 月
- ・愛知県防災会議地震部会：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書 平成 14 年度版、2003.
- ・東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定報告書、平成 24 年 4 月
- ・日本道路協会：道路の震災対策に関する調査報告（Ⅱ）のり面、斜面の耐震調査法、1979.

