

第2章 建物被害の想定手法

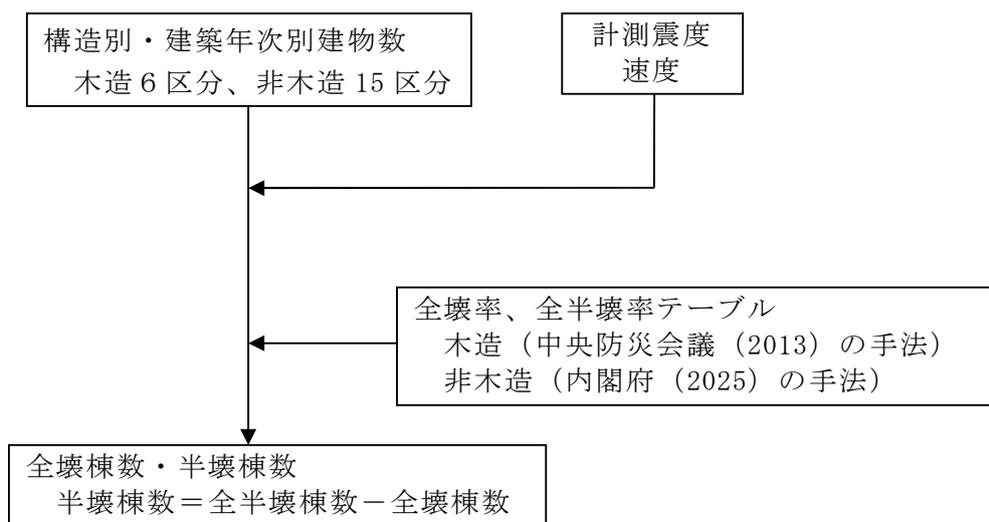
2.1 揺れによる建物被害（更新手法）

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、内閣府の手法（2025）による被害率を用いた。

建物被害の基準として、罹災証明に用いる全壊、半壊（平成13年6月内閣府政策統括官（防災担当）通知）を基本とした。ただし、人的被害の想定では、罹災証明による基準と比較して、構造的な被災度との関係から算出した方が合理的な場合があることから、その場合には（社）日本建築学会基準の大破等を用いた。

(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）。配分にあたっては、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

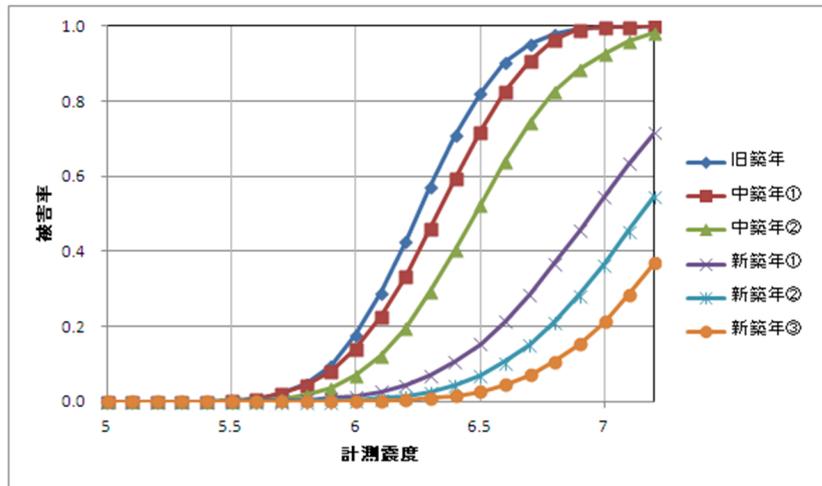
- ・メッシュ別の全壊棟数、半壊棟数（分布図）
- ・市区町村別の全壊棟数、半壊棟数

(4) 想定手法

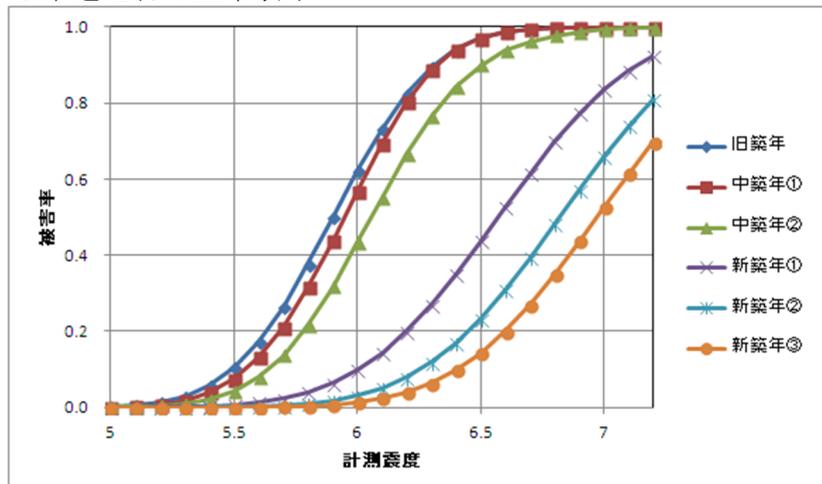
想定は、メッシュ単位で行っている。以下に予測式を示す。

$$\begin{aligned}
 & \text{全壊棟数 (木造 6 区分、非木造 15 区分)} \\
 & = \text{建物棟数 (木造 6 区分、非木造 15 区分)} \\
 & \quad \times \text{メッシュ震度に対応した全壊率 (木造 6 区分、非木造 15 区分)} \\
 & \text{全半壊棟数 (木造 6 区分、非木造 15 区分)} \\
 & = \text{建物棟数 (木造 6 区分、非木造 3 区分)} \\
 & \quad \times \text{メッシュ震度に対応した全半壊率 (木造 6 区分、非木造 15 区分)} \\
 & \text{半壊棟数} = \text{全半壊棟数} - \text{全壊棟数}
 \end{aligned}$$

○木造建物の全壊率



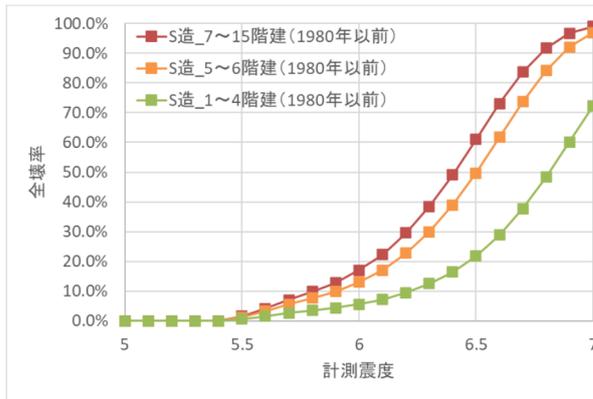
○木造建物の全半壊率



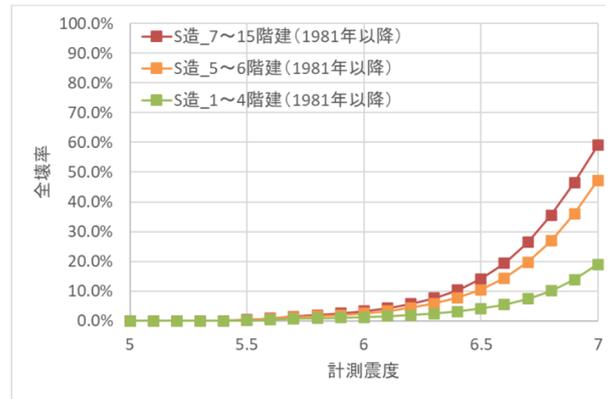
※震度 7 以上の被害率については、被害関数を推測し、算出した。
 ※築年の区分は以下のとおり

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～

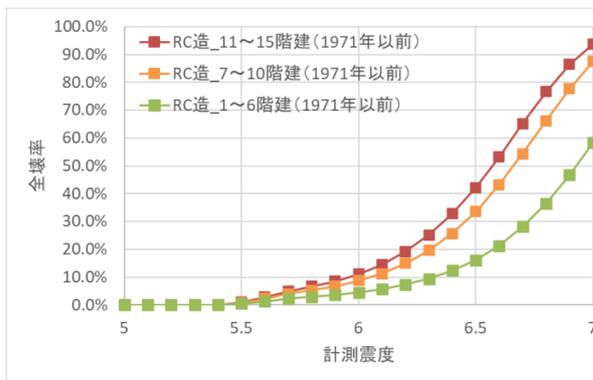
○非木造建物の全壊率



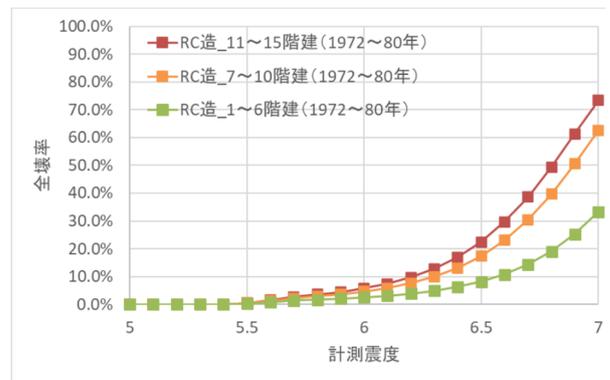
S 造 (1980 年以前)



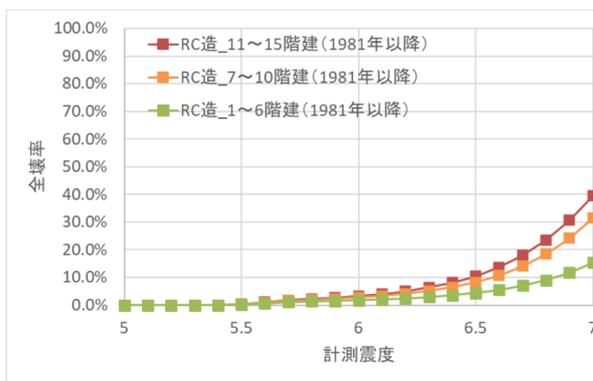
S 造 (1981 年以降)



RC 造 (1971 年以前)

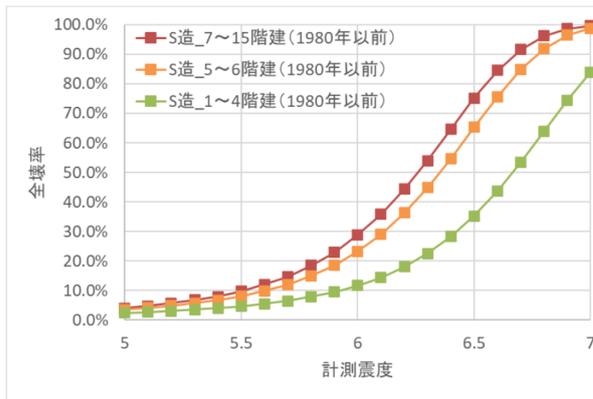


RC 造 (1972~80 年以前)

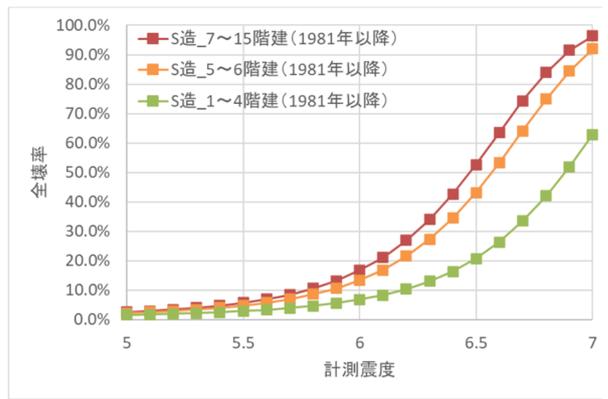


RC 造 (1981 年以降)

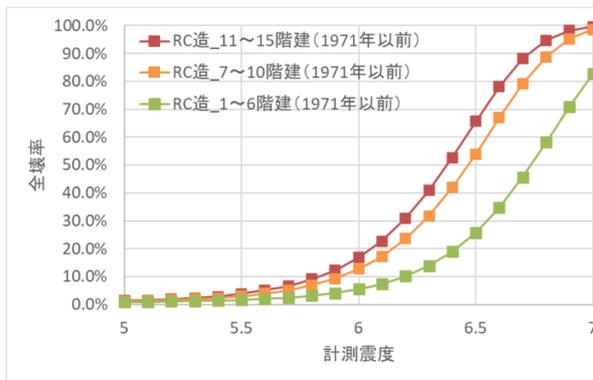
○非木造建物の全半壊率



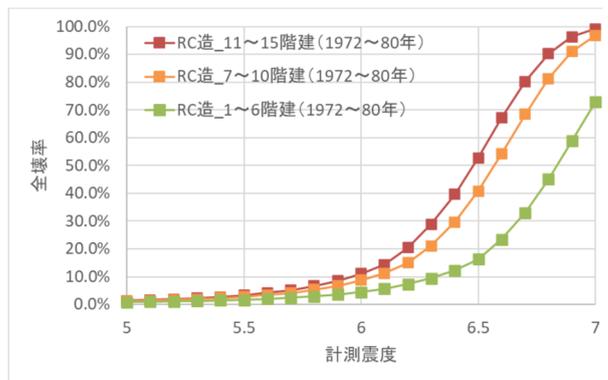
S 造 (1980 年以前)



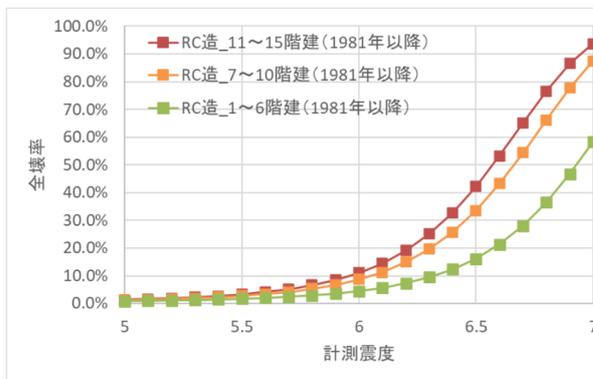
S 造 (1981 年以降)



RC 造 (1971 年以前)



RC 造 (1972~80 年以前)



RC 造 (1981 年以降)

2. 2 液状化による建物被害（更新手法）

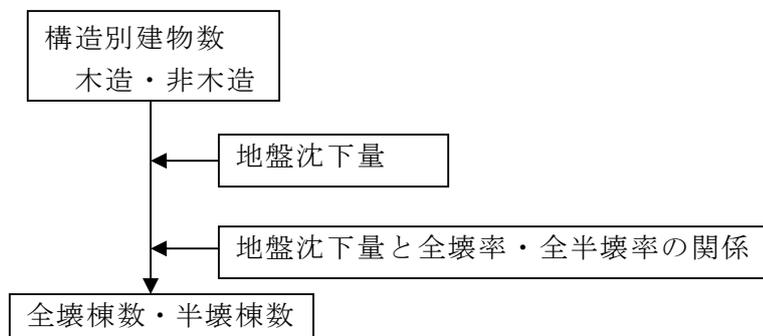
木造、非木造（S造、RC造）別に全壊棟数、半壊棟数を算出した。液状化による建物被害については、採用手法により被害量が異なることから、最新手法である液状化による地盤沈下量と前回調査手法である微地形区分及び液状化危険度（PL値）による低減係数を指標とした比較を行った。構造別の被害率については、東北地方太平洋沖地震の被害事例も踏まえて設定された千葉県（2016）によることとした。

(1) 沈下量を用いた手法

地盤沈下量については、東京工業大学時松教授による千葉県浦安市などでの調査（Tokimatsu and Katsumata（2012））において地盤沈下量によって全壊率、半壊率に違いが見られるとの結果が得られている。具体的には、液状化による地盤の平均沈下量をメッシュ別に算出し、木造・非木造に分けて建物被害と関連付けた（中央防災会議（2013））。構造別の被害率については、東北地方太平洋沖地震の被害事例も踏まえて設定された千葉県（2016）によることとした。

なお、液状化による建物被害は過去に発生した地震の液状化により発生した過去の地震被害に関する統計データ等から被害量を算出した想定であり、必ずしも想定通りの被害が発生するとは限らない。

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。非木造の建物については、3階未満の建物を基礎杭なし、3階以上の建物を基礎杭ありとした。

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

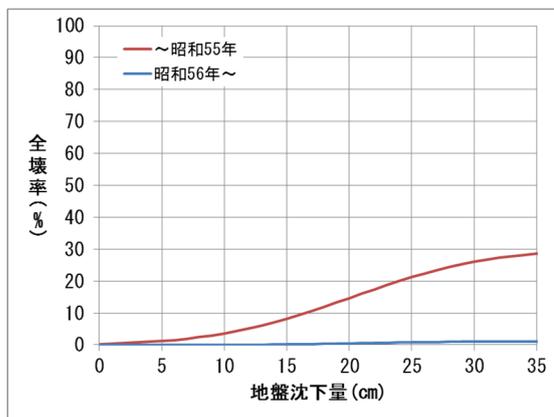
想定は、メッシュ単位で行っている。以下に予測式を示す。

$$\begin{aligned} \text{全壊棟数} &= \text{建物棟数（木造、非木造）} \\ &\quad \times \text{メッシュ沈下量に対応した全壊率} \\ \text{全半壊棟数} &= \text{建物棟数（木造、非木造）} \\ &\quad \times \text{メッシュ沈下量に対応した全半壊率} \\ \text{半壊棟数} &= \text{全半壊棟数} - \text{全壊棟数} \end{aligned}$$

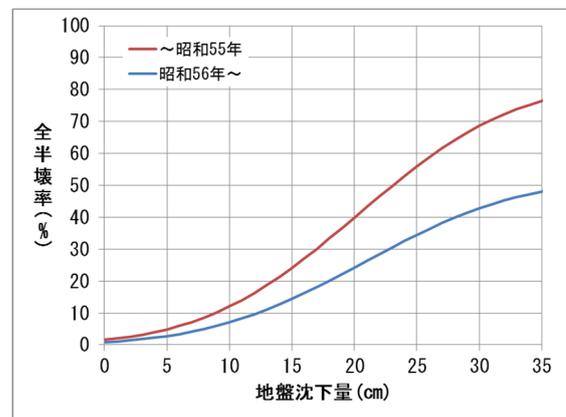
○木造の被害率

昭和 55（1980）年以前建築の木造建物の被害率は、昭和 58（1983）年日本海中部地震における秋田県八郎潟周辺や能代市などの被害事例から設定されたもので、多くの木造家屋が昭和 55 年以前に建設されたものであり、全壊にいたる事例が多い。

昭和 56（1981）年以降建築の木造建物の被害率は、東北地方太平洋沖地震における千葉県浦安市や茨城県潮来市日の出地区などの被害事例から設定されたものであり、全壊に至る割合は非常に小さい。



全壊率



全半壊率

※千葉県（2016） 中央防災会議（2012）における被害想定算出データを基に設定

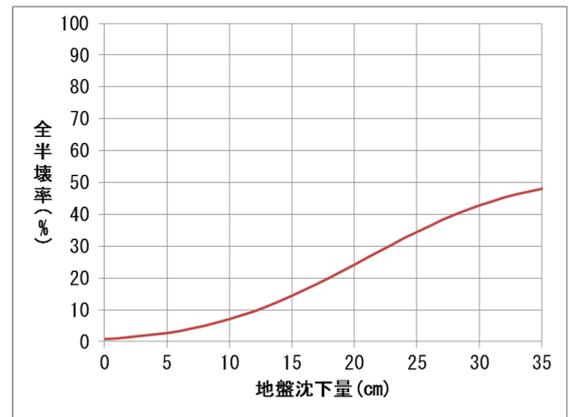
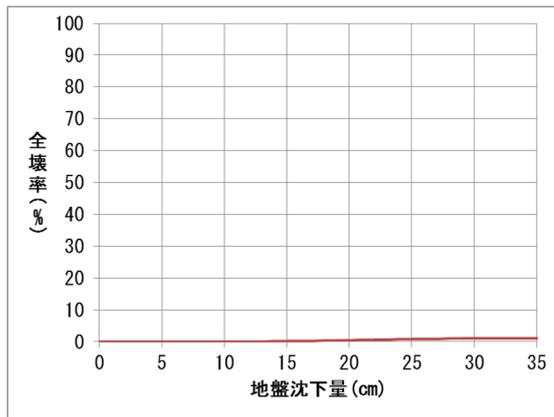
○非木造の被害率

液状化の際には基礎地盤が流動することから、杭を打設して液状化に対する対策を行っているかどうかは、非木造建物の被害程度に大きく影響する。また、杭有りの場合でも、細長い（アスペクト比*の大きい）小規模建物の場合は、構造上不安定であることから、それ以外の建物と分けて考えることとした。

① 基礎杭なし

東北地方太平洋沖地震における浦安市の事例を参考とすると、ほぼ木造（昭和 56 年以降建築）と同様の被害傾向であるため、木造（昭和 56 年以降建築）の被害率を適用した。

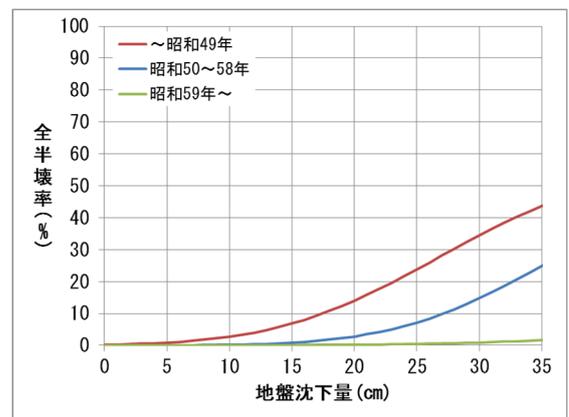
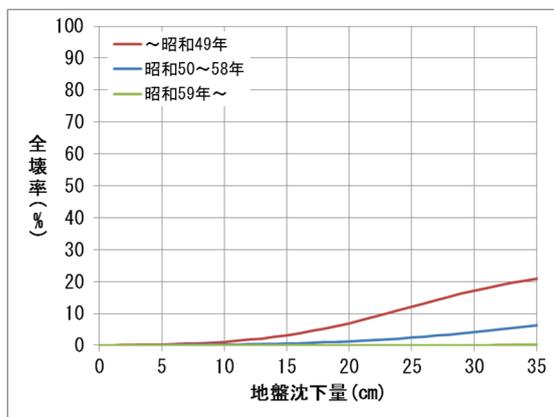
*（建物の）アスペクト比：建物の高さ（m）と短辺（m）の比率。比率が大きいほど細長い構造になり、地盤の変動に対して不安定である。



全壊率
全半壊率
※千葉県（2016） 中央防災会議（2012）における被害想定算出データを基に設定

② 基礎杭あり（細長い小規模建物）

兵庫県南部地震における兵庫県の埋立地において100棟以上の基礎の被害が発生した建物データから作成した被害関数である。この被害データにおいて、基礎被害を受け傾斜したものの多くは細長い小規模建物であるため、この被害関数は同様の細長い小規模建物に対して適用した。



全壊率
全半壊率
※千葉県（2016） 中央防災会議（2012）における被害想定算出データを基に設定

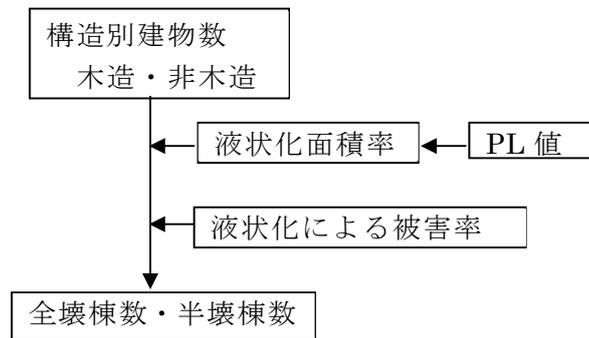
③ 基礎杭あり（細長い小規模建物以外）

杭有り（細長い小規模建物以外）の非木造建物については、半壊以上の被害はないものとした（中央防災会議（2012）による）。

なお、今回の想定においては、個別の非木造建物の杭の有無については確認できていないが、加重条件等により3階以上の建物のほとんどが杭を設置していることから、非木造建物における杭あり建物は3階以上の建物とした。また、3階以上の建物のうち、細長い小規模建物の占める割合については、中央防災会議（2013）では地域・地区によって異なり、また実態把握も難しいため、1割と設定していることを踏まえ、同じ割合とした。

(2) 液状化危険度（PL 値）を用いた手法

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。非木造の建物については、3 階未満の建物を基礎杭なし、3 階以上の建物を基礎杭ありとした。

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。

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

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。

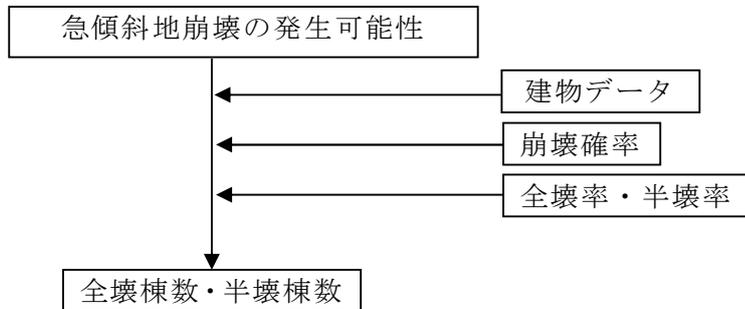
基礎杭のある建物比率

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

2. 3 急傾斜地崩壊による建物被害

急傾斜地（土砂災害警戒区域）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。

(1) 被害想定フロー



(2) データの取り扱い

250m メッシュ毎にデータを取りまとめる。

(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

危険箇所毎に想定を行う。以下に予測式を示す。

$$\text{急傾斜地崩壊による全壊棟数} = \text{崩壊地における住家棟数} \times \text{崩壊確率} \\ \times \text{崩壊地における震度別建物全壊率}$$

$$\text{急傾斜地崩壊による半壊棟数} = \text{崩壊地における住家棟数} \times \text{崩壊確率} \\ \times \text{崩壊地における震度別建物半壊率}$$

震度による危険度ランク判定基準は以下のとおり。

表 2.1 斜面災害危険度別崩壊確率

発生可能性	崩壊確率
大	10%
中	0%
小	0%
なし	0%

表 2.2 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	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30
半壊率	0	0.14	0.28	0.42	0.56	0.70

(5) 大規模盛土造成地における被害様相

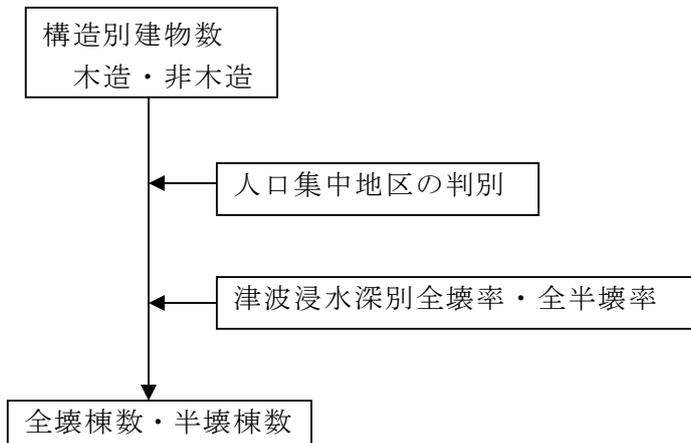
宅地造成地等の人工改変地については、斜面崩壊等により建物被害が増大することが知られている（1995 年阪神・淡路大震災における西宮市、2011 年東日本大震災における仙台市）。

大規模盛土造成地の分布と暴露震度、液状化危険度（PL 値から算出）を確認し、被害を受ける可能性のある箇所数を集計し、神奈川県における被害の可能について、定性的に評価する。

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

4分の1地域メッシュ（約250mメッシュ）単位の建物データを、津波浸水深データと同じ10mメッシュ単位に面積比で均等分割したデータを利用する。メッシュ毎に、人口集中地区（DID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

※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（DID地区）かそれ以外かでそれぞれ計算した（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

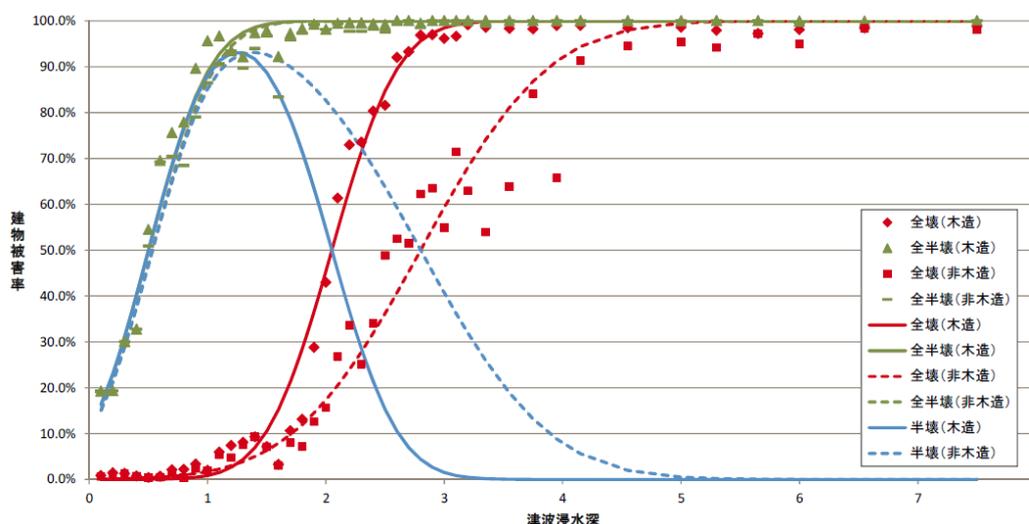


図 2.1 津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区）

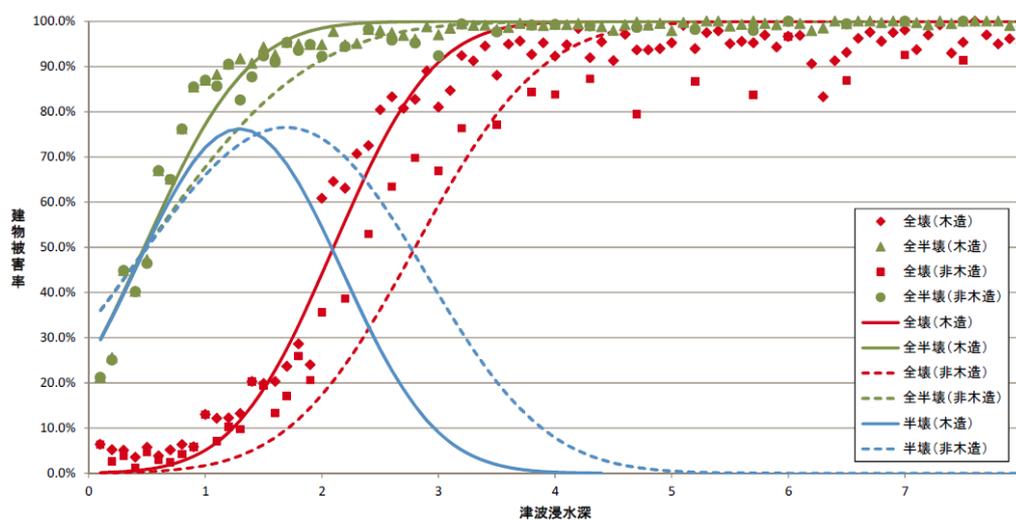


図 2.2 津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区以外）

参考文献：

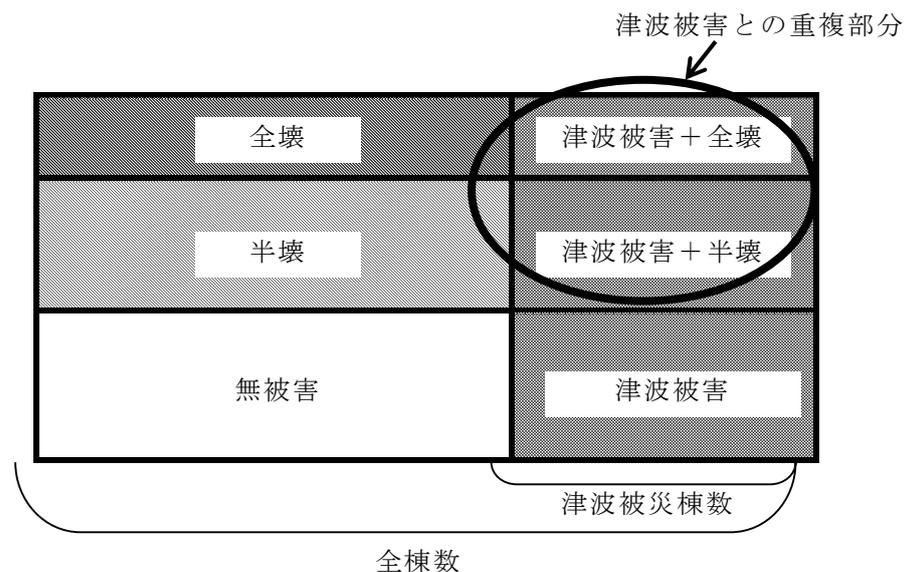
- ・中央防災会議：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告），平成 25 年 12 月
- ・愛知県防災会議地震部会：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書 平成 14 年度版，2003.
- ・東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定報告書、平成 24 年 4 月
- ・日本道路協会：道路の震災対策に関する調査報告（Ⅱ）のり面，斜面の耐震調査法，1979.

※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・液状化・急傾斜地崩壊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・液状化・急傾斜地崩壊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・急傾斜地崩壊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

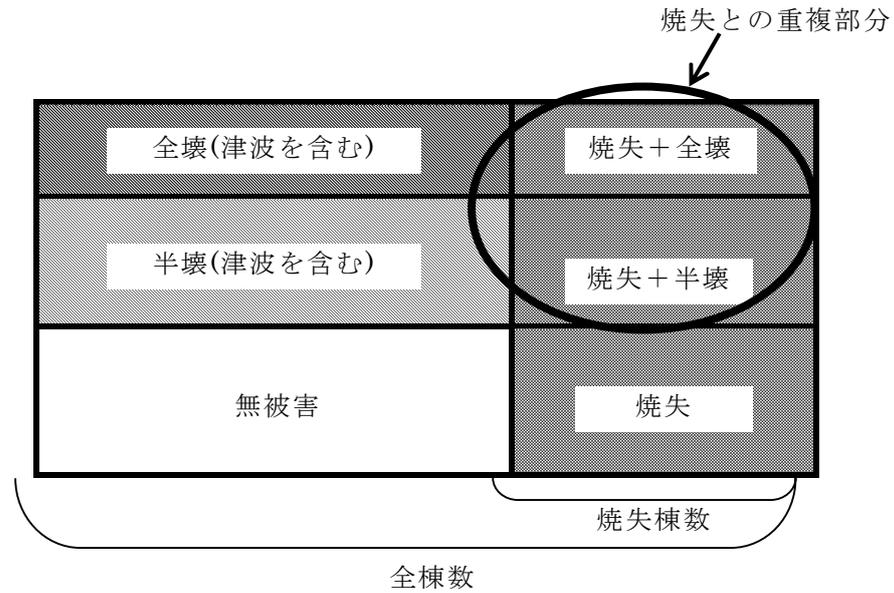


津波重複補正後の全壊棟数 = 補正前の全壊棟数 × (1 - 津波被災率)

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。

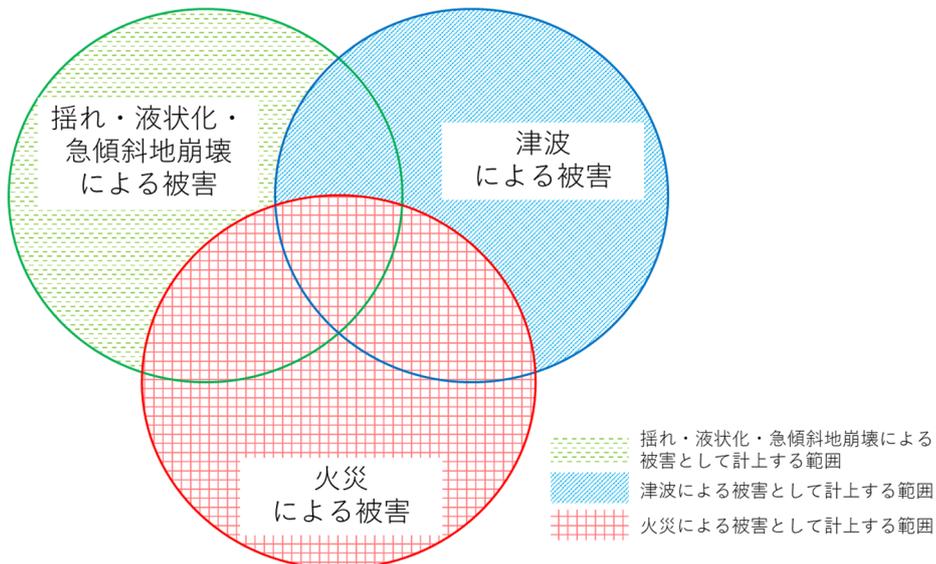


図 2.3 建物被害の重複処理の考え方