第３章　建物被害の予測

１．建物データの作成方法

最新の建物ポリゴンデータに、建築確認申請データから構造・年次等の情報を付与し、現況データを整備した。

２．揺れによる建物被害

揺れによる建物被害の予測手順を、図　3－1 に示す。建物別に、先に予測した地表の計測震度と建物現況データを基に、建物被害率曲線により、全壊・半壊棟数を算出した。建物被害率曲線は内閣府（2025）を使用した。図　3－2 に、木造建物の全壊被害率曲線及び全半壊被害率曲線のグラフを示す。また、図　3－3～図　3－7 に非木造建物の全壊率曲線及び非木造建物の全半壊被害率曲線のグラフを示す。

また、令和６年能登半島地震時の実データより、半壊棟数のうちの大規模半壊・中規模半壊の割合を求めて、大規模半壊棟数、中規模半壊棟数を算出した。

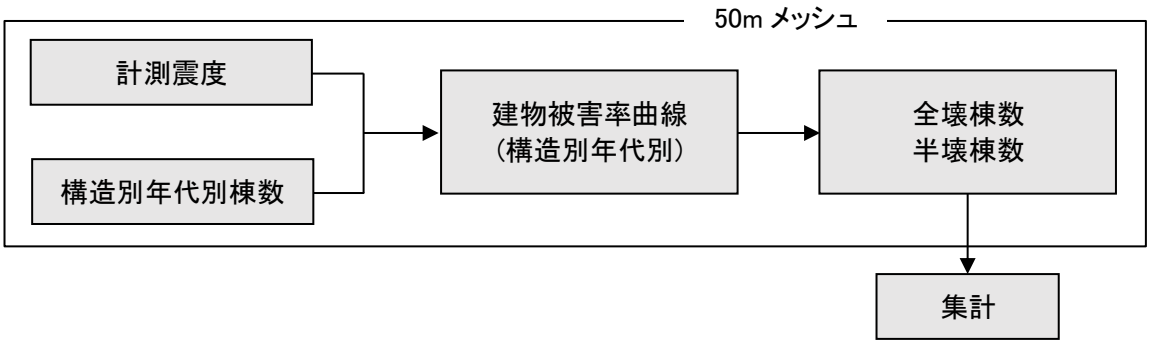

図　3－1　揺れによる建物被害の予測フロー

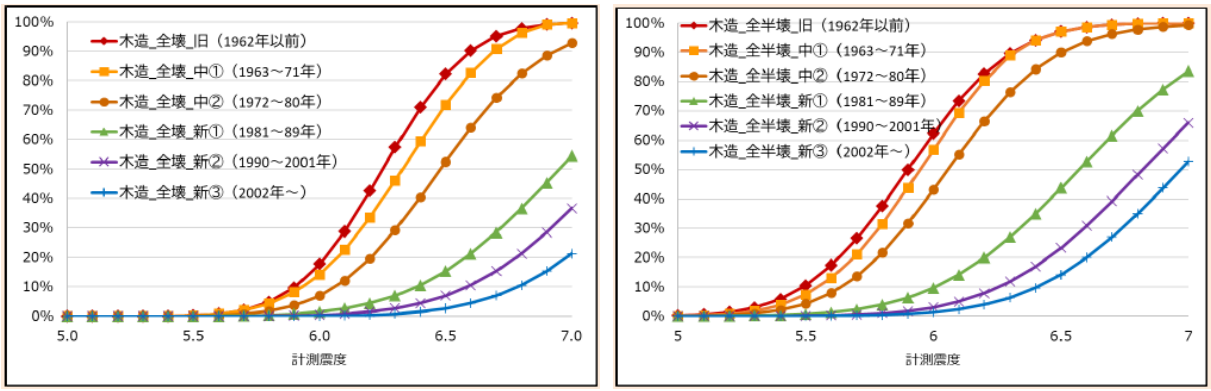

図　3－2　木造の被害率曲線（左：全壊率、右：全半壊率）

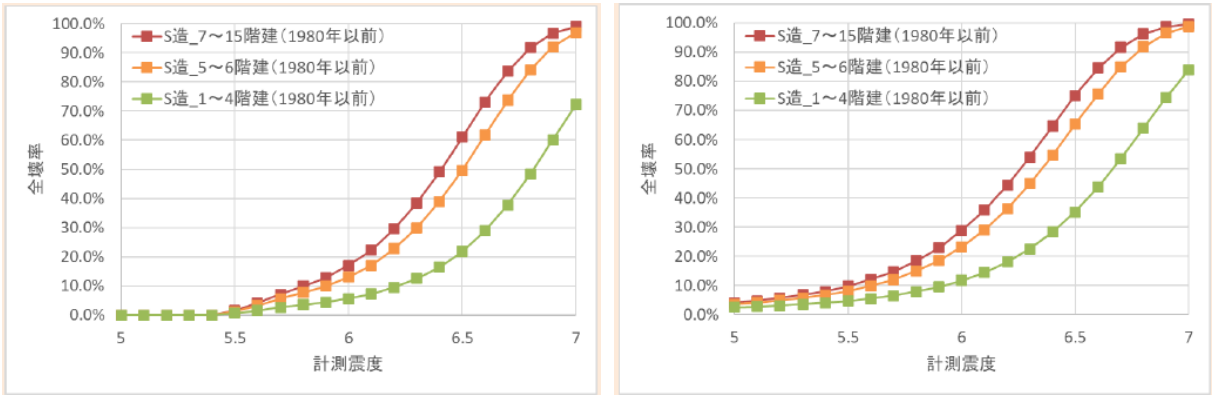

図　3－3　S 造（～1980 年）の被害率曲線（左：全壊率、右：全半壊率）

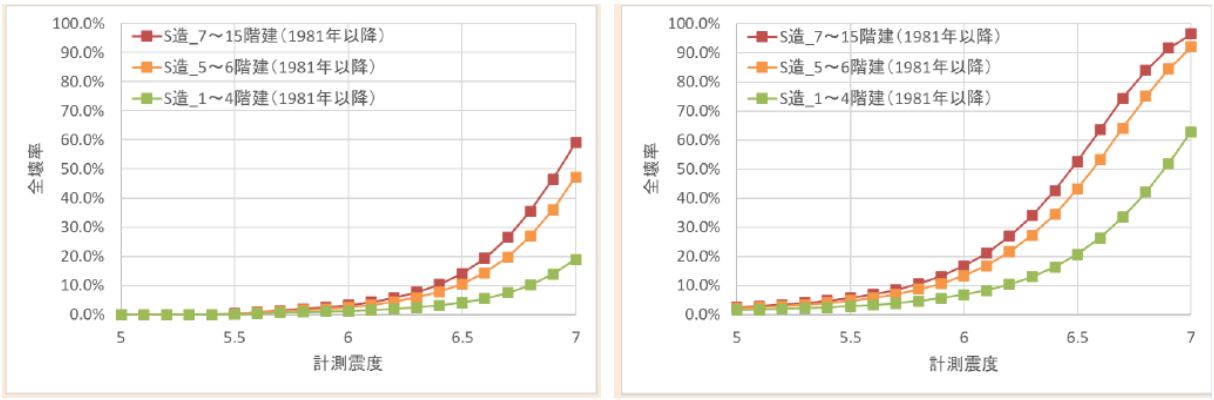

図　3－4　S 造（1981 年～）の被害率曲線（左：全壊率、右：全半壊率）

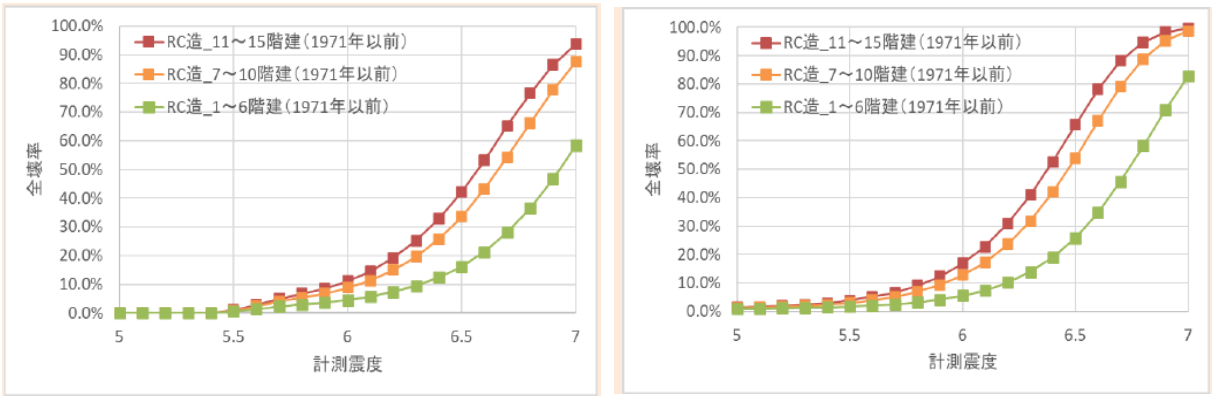

図　3－5　RC 造（～1971 年）の被害率曲線（左：全壊率、右：全半壊率）

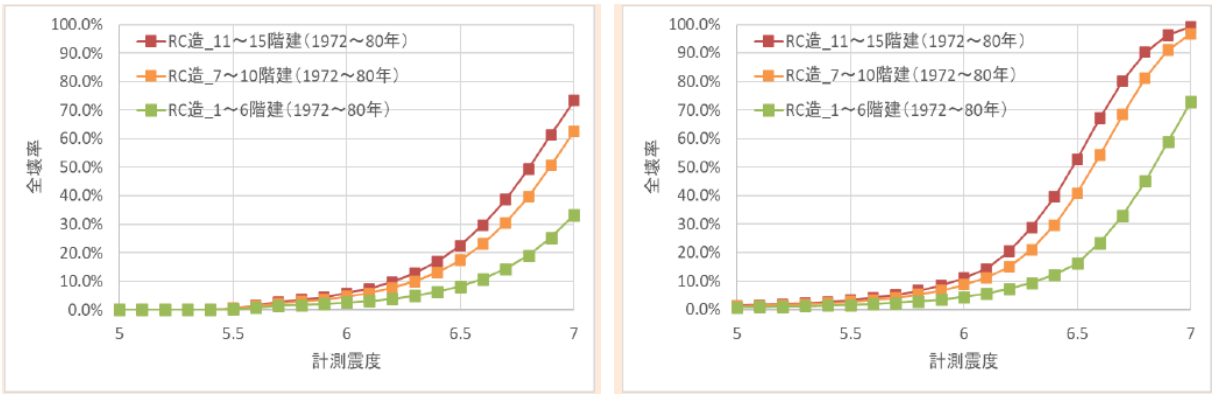

図　3－6　RC 造（1972～80 年）の被害率曲線（左：全壊率、右：全半壊率）

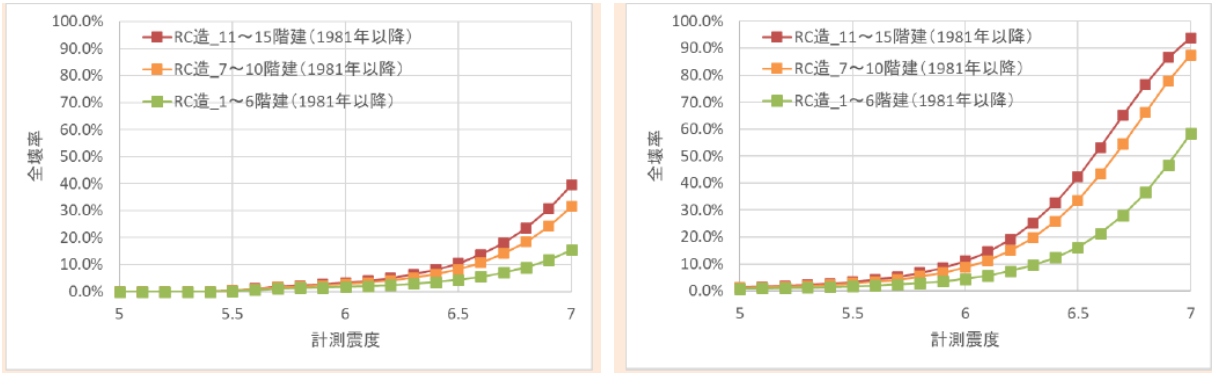

図　3－7　RC 造（1981 年～）の被害率曲線（左：全壊率、右：全半壊率）

３． 液状化による建物被害

液状化による建物被害の予測手順を、図 ３－８に示す。建物別に、先に予測した沈下量と建物現況データを基に、建物被害率曲線により、全壊・半壊棟数を算出した。建物被害率曲線は内閣府（2025）を使用した。図 ３－９に、木造建物の全壊被害率曲線及び全半壊被害率曲線のグラフを示す。また、図 ３－１０～図 ３－１１に非木造建物の全壊率曲線及び非木造建物の全半壊被害率曲線のグラフを示す。

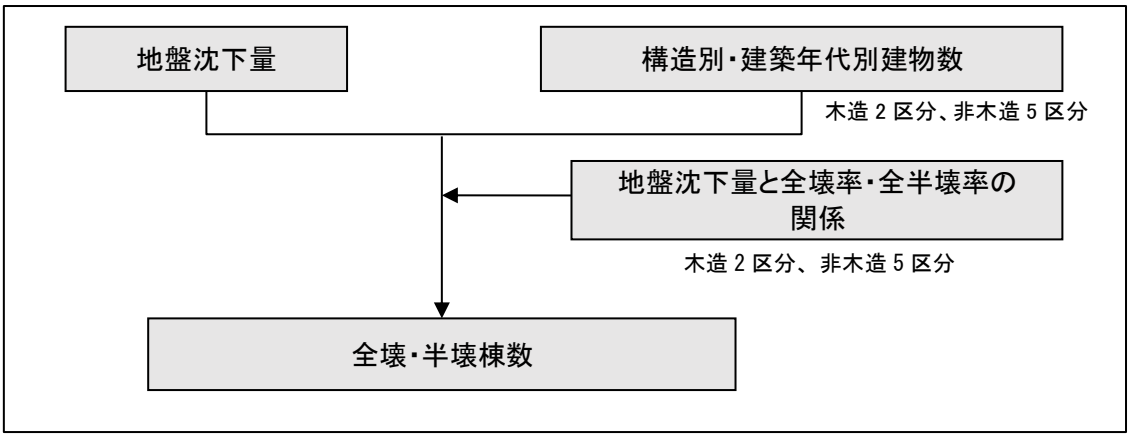

図 ３－８ 液状化による建物被害の予測フロー

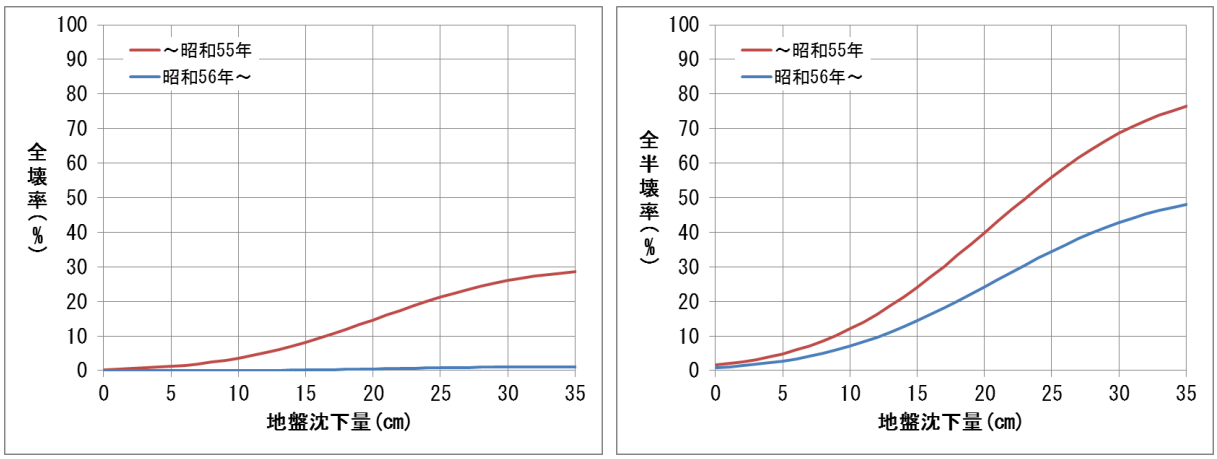

図 ３－９ 木造の被害率曲線（左：全壊率、右：全半壊率）

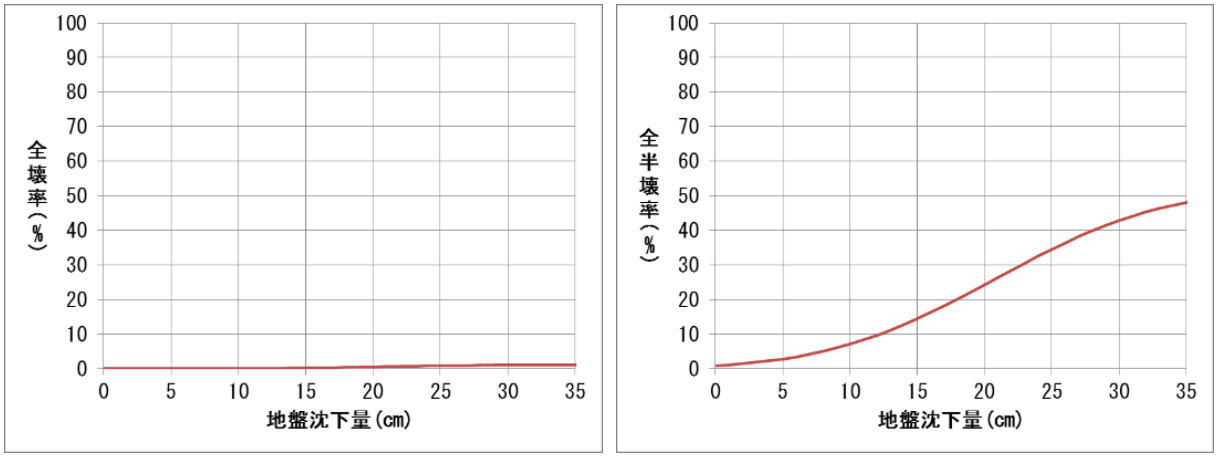

図　３－１０　非木造（杭なし）の被害率曲線（左：全壊率、右：全半壊率）

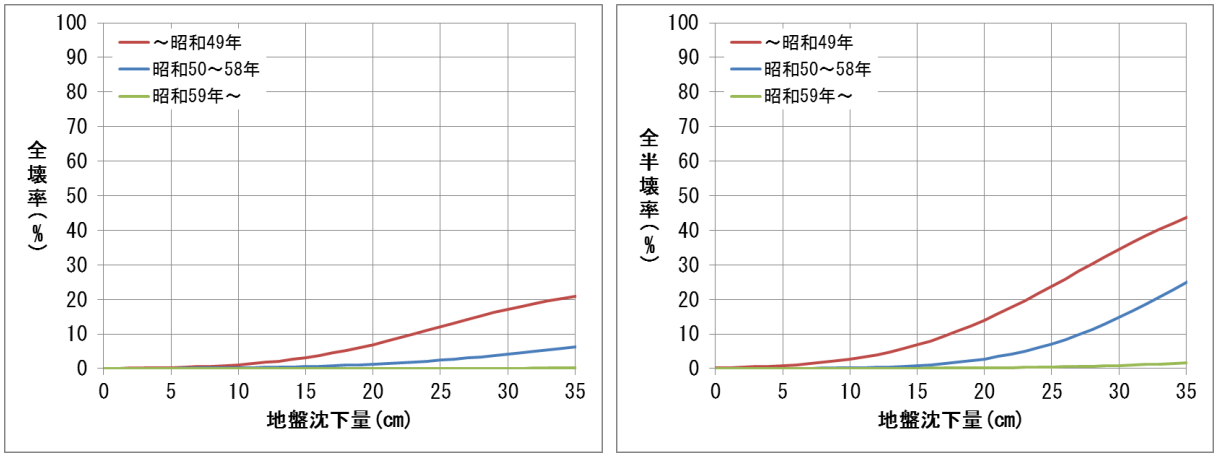

図　３－１１　非木造（杭あり（細長い小規模建物））の被害率曲線
（左：全壊率、右：全半壊率）

なお、非木造（杭あり（細長い小規模建物以外））については、中央防災会議（2012）と同様、半壊以上の被害はないものとした。

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、３階建て以上の建物が杭の設置を通常義務付けられることから、非木造建物における杭あり建物は３階建て以上の建物とした。また、３階建て以上建物のうち、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。

４．急傾斜地崩壊による建物被害

急傾斜地崩壊による建物被害の予測手順を、図 ３−１２に示す。建物別に、先に予測した地震時危険度ランクと建物現況データを基に、崩壊確率と建物被害率を掛け合わせて、全壊・半壊棟数を算出した。崩壊確率は内閣府（2012)、建物被害率は静岡県（2011）を使用した。

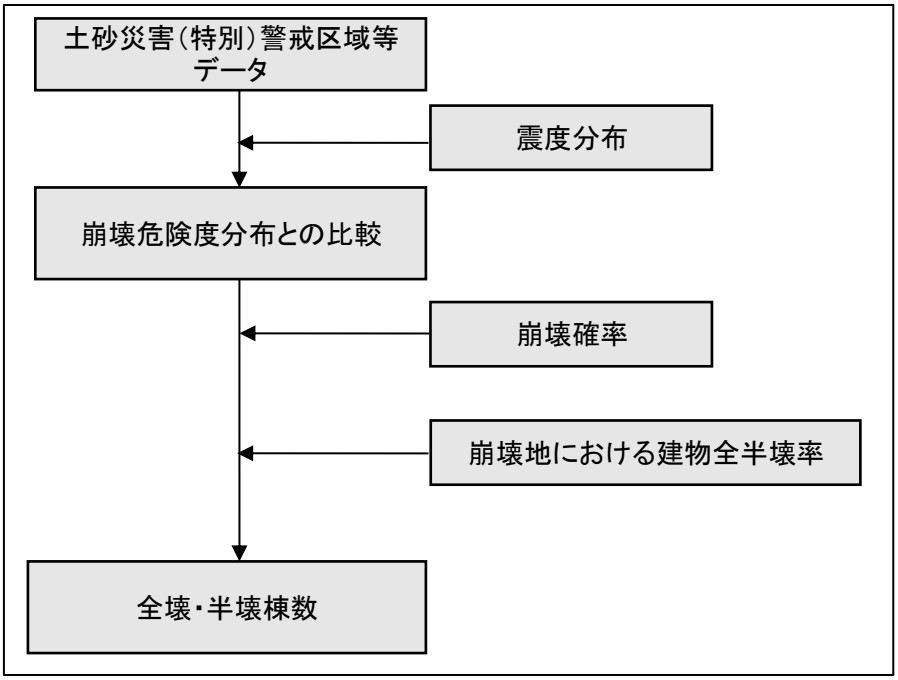

図 ３−１２　急傾斜地崩壊による建物被害の予測フロー

表 ３−１に急傾斜地の崩壊確率を、表 ３−２に、急傾斜地による建物の被害率を示す。なお、表 ３−１にて、ランクＢとＣで崩壊確率０%となっているが、あくまでも全体の崩壊件数を推定するためのものであり、ランクＢとＣが必ず安全ということではない。

表 ３−１　地震時危険度ランク別の崩壊確率

危険度ランク	崩壊確率
A	10%
B	0%
C	0%

表 ３−２　崩壊地における建物被害率

被害区分	～震度４	震度５弱	震度５強	震度６弱	震度６強	震度７
全壊率	0%	6%	12%	18%	24%	30%
半壊率	0%	14%	28%	42%	56%	70%

５． 津波による建物被害

津波による建物被害の予測手順を、図 ３－１３に示す。建物別に、先に予測した津波浸水深と建物現況データを基に、建物被害率曲線により、全壊・半壊棟数を算出した。建物被害率曲線は内閣府（2025）を使用した。図 ３－１４～図 ３－１５に、浸水深ごとの建物被害率曲線のグラフを示す。

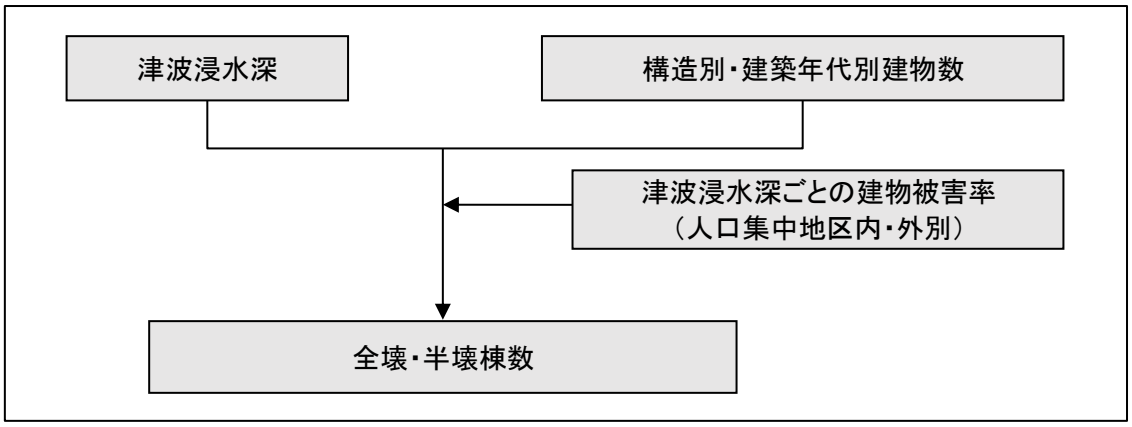

図 ３－１３ 津波による建物被害の予測フロー

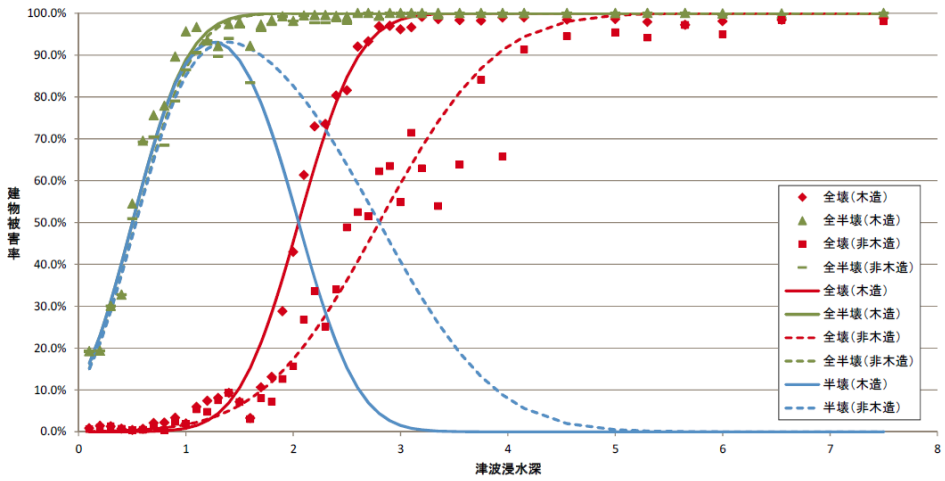

図 ３－１４ 津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区）

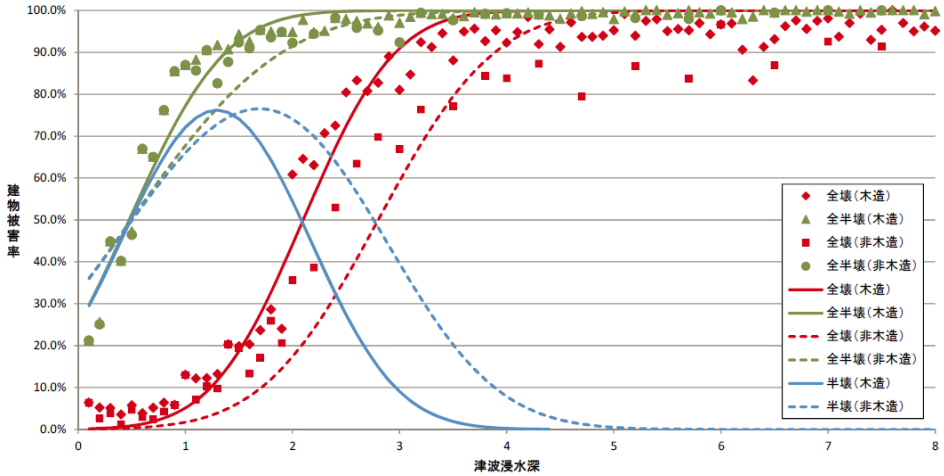

図　3－１５　津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区以外）

６．　火災による建物被害

火災被害は、表　3－3に示す条件で出火件数、焼失棟数の算出を行った。

表　3－3　火災の予測に用いる季節、時間及び気象条件

項目	条件		
季節	冬		夏
発生時間	5 時	18 時	12 時
風速	7 m/s（強風時） 4 m/s（平均風速時）		6 m/s（強風時） 3 m/s（平均風速時）
風向	北		南西
延焼時間	24 時間		
焼失棟数の算定方法	延焼シミュレーション ※市街地火災シミュレーション （国土技術政策総合研究所、Version２、平成 20 年 11 月）		

火災による建物被害の予測手順を、図　3－１６に示す。先に予測した震度分布等と建物現況データから、出火件数を算出した。その後、延焼シミュレーションを行い、焼失棟数を算出した。出火件数等の算出方法は内閣府（2025）、延焼シミュレーションは国土技術政策総合研究所から貸与を受けた市街地火災シミュレーションを使用した。また、津波出火件数を内閣府（2025）に基づき算出した。

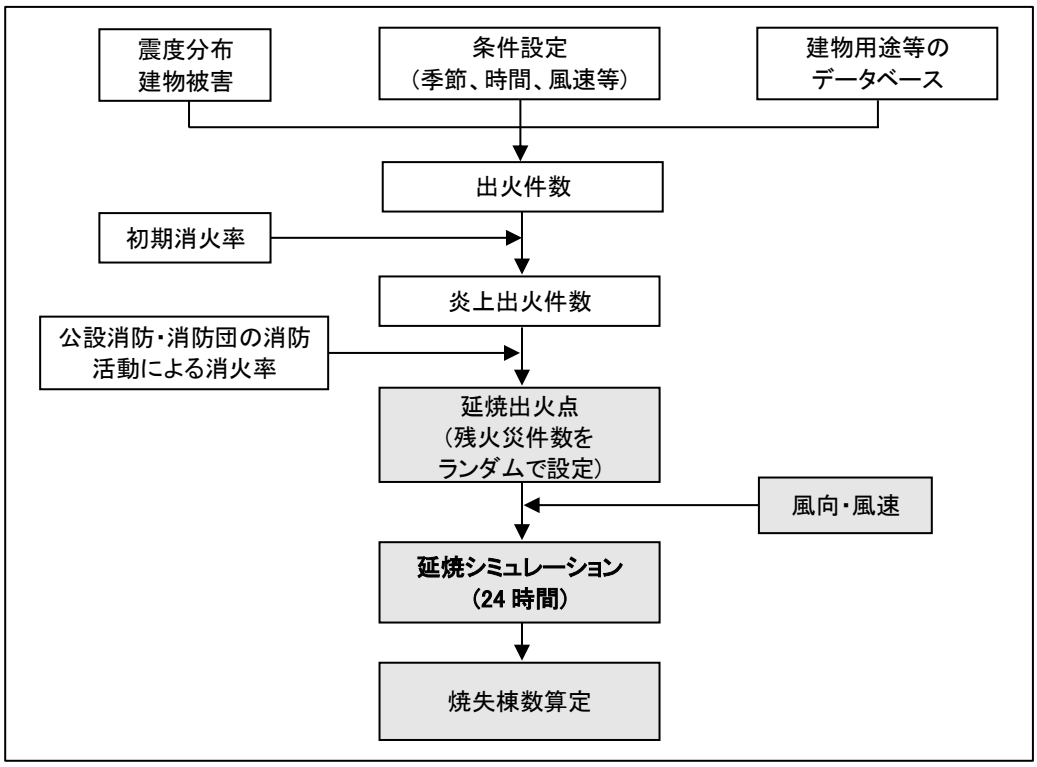

図 3－１６　火災による建物被害の予測フロー

６．１　炎上出火件数の算定

地震火災による建物被害の算出のために、まず炎上出火件数の算定を行う。炎上出火件数とは、全ての出火件数（全出火件数）のうち、延焼する前に住民などが消火器などを用いて初期消火に成功した件数を引いたものである。

出火件数算定は、東京消防庁の方法に基づき、「火気器具・電熱器具」、「電気機器・配線」、「化学薬品」、「危険物施設」を対象とした。「火気器具・電熱器具」は、圧壊による場合と、圧壊によらない場合に分けられる。

①火気器具・電熱器具からの出火（建物圧壊以外の場合）

・建物毎に用途と震度に応じて、季節・時間に応じた用途別震度別の出火率を求める。

・これに、感震ブレーカー等を設置した効果を反映する。

②火気器具・電熱器具からの出火（建物圧壊の場合）

・全壊建物のうち、３割を圧壊と考える。

・圧壊建物からの出火率と時刻補正係数から算出する。

③電気機器・配線からの出火

・全壊棟数に係数を乗じて算出する。

④化学薬品からの出火

・化学薬品からの震度別出火率を用いて算出する。

⑤危険物施設からの出火

・震度別出火率と横浜市内の区別危険物施設分布を用いて算出する。

６．１．１　全出火件数

(1) 火気器具・電熱器具（建物圧壊以外）

建物倒壊しない場合の火気器具・電熱器具（石油ストーブ、ガスコンロ等）からの出火は、内閣府（2025）における火気器具・電熱器具からの震度別・建物用途別・季節時間帯別の全出火率（東京都以外）を設定し、震度分布と用途別の建物数から、全出火件数を算出した。

また、感震ブレーカー設置率は、「横浜市民の防災・減災の意識、取組に関するアンケート」（令和７年３月）に基づき、重点対策地域内は 31.4%、それ以外の地域は 29.7%とした。

建物倒壊しない場合の出火件数

＝火気器具からの出火件数＋電熱器具からの出火件数×（１－感震ブレーカー等設置率）

表 3-4　建物倒壊しない場合の火気器具・電熱器具からの出火率

季節・時刻	用途	震度５弱	震度５強	震度６弱	震度６強	震度７
冬５時	飲食店	0.0001%	0.0004%	0.0025%	0.0099%	0.0402%
	物販店	0.0001%	0.0002%	0.0009%	0.0042%	0.0454%
	病院	0.0005%	0.0007%	0.0025%	0.0112%	0.1368%
	事務所等その他事業所	0.0000%	0.0000%	0.0006%	0.0026%	0.0127%
	住宅	0.0001%	0.0005%	0.0016%	0.0053%	0.0225%
夏 12 時	飲食店	0.0017%	0.0042%	0.0199%	0.0681%	0.2222%
	物販店	0.0003%	0.0008%	0.0037%	0.0151%	0.0951%
	病院	0.0010%	0.0015%	0.0050%	0.0231%	0.2880%
	事務所等その他事業所	0.0003%	0.0011%	0.0052%	0.0196%	0.1071%
	住宅	0.0001%	0.0002%	0.0007%	0.0025%	0.0166%
冬 18 時	飲食店	0.0027%	0.0088%	0.0366%	0.1153%	0.3862%
	物販店	0.0005%	0.0017%	0.0055%	0.0176%	0.1082%
	病院	0.0031%	0.0131%	0.0284%	0.0717%	0.9761%
	事務所等その他事業所	0.0006%	0.0027%	0.0074%	0.0194%	0.1144%
	住宅	0.0007%	0.0025%	0.0076%	0.0230%	0.0765%

(2) 火気器具・電熱器具（建物圧壊）

建物倒壊時の火気器具・電熱器具の全出火件数については、内閣府（2012）に基づき以下のように設定した。

建物倒壊した場合の全出火件数
＝建物倒壊棟数×建物倒壊１棟当たりの出火率×時刻補正係数

建物倒壊棟数については、火災予防審議会・東京消防庁（2005）[4]を参考に、全壊棟数の３割とした。

建物倒壊１棟当たりの出火率については、阪神・淡路大震災の事例から、0.0449%とした。ただし、暖房器具類を使わない夏秋（６～11 月）の場合には、阪神・淡路大震災の全壊建物からの出火要因のうち暖房器具類を含む半数の要因を除外し、0.0286%とした。

時刻補正係数については以下のように設定し、出火時刻別に補正した。

時刻補正係数：1.0（５時)、2.2（12 時)、3.4（18 時）

(3) 電気機器・配線

電気機器・配線からの出火は建物全壊の影響を強く受けると考え（全壊する建物の場合、電気機器は構造部材等により強い損傷を受けうる。また、全壊する建物の場合、配線は強く引っ張られる。)、全壊率との関係で設定することとした。阪神・淡路大震災における主要被災市における全壊棟数、電気機器・配線からの全出火件数との関係は次式のとおりである（内閣府（2012))。

電気機器からの出火件数＝0.044%×全壊棟数

配線からの出火件数＝0.030%×全壊棟数

(4) 化学薬品

東京消防庁火災予防審議会（2005）に示された、化学薬品からの震度別出火率を用いて出火件数を求める。

出火件数＝Σ（業態毎の施設数×業態毎の震度別出火率）

表 3-5 化学薬品からの震度別出火率

業態	５弱	５強	６弱	６強	7
	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75
高校	0.0%	0.6%	4.0%	7.4%	10.8%
大学	0.0%	0.0%	4.3%	30.5%	56.6%
自然科学研究機関	0.0%	0.0%	4.0%	12.4%	20.9%

出典：東京都第 16 期火災予防審議会答申

[4] 火災予防審議会・東京消防庁（2005）:（火災予防審議会答申）地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について、2005.3。

(5) 危険物施設

東京消防庁火災予防審議会（2005）による震度別出火率と横浜市内の区別危険物施設分布を用いて出火件数を求めた。

出火件数＝Σ（施設区分毎の施設数×施設区分毎の震度別出火率）

表 3-6 危険物施設からの震度別出火率

施設区分		過程	震度５弱	震度５強	震度６弱	震度６強	震度７
発熱反応工程施設		停電	0.00000%	0.00000%	0.18630%	0.81000%	1.89540%
製造所		棚の転倒	0.00000%	0.00110%	0.06600%	0.11000%	0.11000%
屋内貯蔵所		落下(荷崩れ)	0.00253%	0.00989%	0.01886%	0.02300%	0.02369%
屋外タンク貯蔵所	浮屋根式	なし	0.99000%	0.99000%	0.99000%	0.99000%	0.99000%
	特定	配管損傷	0.00000%	0.00022%	0.00160%	0.00550%	0.01568%
	非特定	配管損傷	0.00000%	0.00048%	0.00380%	0.01200%	0.03420%
地下タンク貯蔵所		配管損傷	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%
屋内タンク貯蔵所		建物全壊	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00002%	0.00012%
給油取扱所	営業用	落下	0.00341%	0.01333%	0.02542%	0.03100%	0.03193%
	自家用	配管損傷	0.00000%	0.00052%	0.00377%	0.01300%	0.03705%
販売取扱所		棚の転倒	0.00000%	0.00100%	0.06000%	0.10000%	0.10000%
一般取扱所	少口・灯油	配管損傷	0.00000%	0.00000%	0.00001%	0.00003%	0.00007%
	その他	棚の転倒	0.00000%	0.00032%	0.01920%	0.03200%	0.03200%
少量危険物施設		棚の転倒	0.00000%	0.00024%	0.01440%	0.02400%	0.02400%

出典：東京都第 16 期火災予防審議会答申

６．１．２ 炎上出火件数

全出火件数に対し、初期消火成功率（内閣府（2025））から、初期消火に失敗し炎上する件数を算出した。

炎上出火件数＝全出火件数×（１－初期消火成功率）

表 3-7 震度別初期消火成功率

震度	初期消火成功率	
	冬・深夜、冬・夕	夏・昼
６弱以下	58%	55%
６強	26%	26%
7	13%	13%

６．２　残出火件数の算定

住民による初期消火が失敗し炎上出火した火災については、消防署や消防団が所有する消防力を運用して消火にあたることになる。ここでは内閣府（2012）に基づき、消防運用の効果として、消防ポンプ自動車数・小型動力ポンプ数及び消防水利数を考慮した消火可能件数の評価式を採用した。

消火可能件数
＝0.3×（消防ポンプ自動車数/２＋小型動力ポンプ数/４）
×｛１－（１－61,544／市街地面積（m^2））^{水利数}｝

上式は、阪神・淡路大震災（平均風速約３m/s）のデータに基づき、消防運用による消火可能件数をポンプ車数や消防水利数を用いて表現したものであり、風速が大きくなれば発災直後に消防によって消火できる割合が低下することが考えられる。よって、本調査では内閣府（2012）より、消火可能件数の算定式における係数 0.3 は、強風時では 0.2 とした。

このようにして、求めた消火可能な件数と、想定される炎上出火件数を比較し、消火されなかった火災が延焼拡大すると考え、残火災件数を求めた。

残火災件数＝炎上出火件数―消火可能件数

６．３　焼失棟数の算定（延焼シミュレーション法）

焼失棟数は、横浜市の地震火災対策計画における効果をより精緻に反映できる、延焼シミュレーションシステムを用いて算出した。

延焼シミュレーションシステムは、国土技術政策総合研究所から提供を受けたシミュレーションプログラム[5]を用いた。なお、このシミュレーションプログラムは未公開であり、本業務において特別に貸与を受けた。

シミュレーションの実施にあたっての前提条件は以下のとおりである。

表 3-8　延焼シミュレーションの前提条件

No.	種別	設定
1	出火点	6.2 項にて算出した残出火件数を区内にランダムに設定
2	シミュレーション時間	24 時間
3	風向・風速	表 3-3 に記載
4	計算回数	100 回※

※焼失棟数の収束計算を行い、100 回以内に収束していることを確認した。

焼失棟数は、繰り返し計算を行った焼失棟数の平均値を用いた。

[5] 市街地火災シミュレーション（国土技術政策総合研究所、Version２、平成 20 年 11 月）

６．４　焼失棟数の試算（延焼クラスター法）

前回想定においては、焼失棟数の予測を延焼クラスター法（加藤ら(2006)[6]）にて実施した。前回想定との比較を行うため、今回の建物データ等を用いて延焼クラスター法にて焼失棟数を試算した。

(1) クラスターデータベースの構築

延焼限界距離を、構造や気象条件に応じて建物毎に算出し、これと隣接する建物との距離を比較し、延焼するか否かの判定を行った（加藤ら(2006)）。延焼する可能性のある範囲をグループ化したものが、クラスター（運命共同体）となる。

加藤ら(2006)の手法で火災リスク評価を行うためには、構造及び気象属性を設定した建物単体データを用いて、延焼限界距離によるクラスターの生成を行う必要がある。

今回の想定においては、クラスターの算定を繰り返し行い検討する必要があることから、クラスターの作成を容易に行うために、延焼する可能性のある隣棟建物を特定した上で隣棟間距離を計算し、その結果をデータベース化しておく作業を行った。

計算アルゴリズムについては、加藤ら(2006)に基づき、次の手順で行った。

① 対象建物との重心間距離が 200ｍ未満の建物を隣棟候補建物とする。
② 対象建物と隣棟候補建物の間で、建物ポリゴンの重心間及び最寄点間に線を描き、いずれかの線が途中に別建物の辺に遮られない場合、隣棟建物とする。なお、隣棟間の最寄頂点間距離が３ｍ以内の場合、無条件に隣棟とする。
③ 対象建物と隣棟建物の間で、建物単体の重心間の線を描き、その方向を隣棟間の方向とする。
④ 対象建物と隣棟建物の距離を測定する。相互の位置関係により、頂点間の最短距離、或いは、頂点-辺間の最短距離となる。

クラスター作成の際は、隣棟間距離と延焼限界距離 d*とを比較し、隣棟間距離が延焼限界距離 d*以下であれば、同じクラスターに属するとして探索を行った。なお、隣棟間で構造が異なる場合、延焼限界距離 d*は、両者の延焼限界距離の平均値とした。

延焼限界距離 d*の算出方法は、加藤ら（2006）の手法に基づいて行った。この手法は、「防災まちづくり」総プロ[7]で定義された延焼限界距離 d の考え方を基本とし、風速及び複数棟火災を考慮している。

具体的な方法は以下のとおりである。

① 風速を考慮できるような炎の想定と輻射熱の受熱点の設定を行う。

---

[6] 加藤孝明・程洪・亜力坤玉素甫・山口亮・名取晶子：建物単体データを用いた全スケール対応・出火確率統合型の地震火災リスクの評価手法の構築、地域安全学会論文集 No. ８、2006 年

[7] 国土交通省国土技術政策総合研究所、総合技術開発プロジェクト「防災まちづくりにおける評価技術・対策技術の開発」、2003 年

② 対１棟の延焼を前提とした延焼限界距離を導入する。具体的には、建物幅、炎の傾きを考慮した対１棟の延焼限界距離である。

③ 複数棟火災を想定して延焼限界距離 d*の補正を行う。

① 炎の傾き θ（単位：ラジアン）は、風速 ν の関数として次式で与えられる。

$$\sin\theta=\begin{cases}1 & 0\le\nu<2\\ (2/\nu)^{0.2} & 2\le\nu\end{cases}$$

風速 6m/s の場合、$(2/6)^{0.2}$≒0.803。 $\theta=\sin^{-1}(0.803)$=0.932（ラジアン）。

0.932（ラジアン）＝53.4（度）≒55（度）。

② 対１棟の延焼限界距離の導出について

「防災まちづくり」総プロ・マクロ評価で定義された延焼限界距離に対応する形態係数（限界形態係数）に一致する隣棟間距離を求め、これを延焼限界距離 d*とした。Ａは建物幅である。

$$d^*=kA^r$$

表 3-9 構造別・炎の傾き別延焼限界距離の係数（加藤ら(2006)）

角度	木造		防火造		準耐火造	
θ	k	r	k	r	k	r
90	3.79	0.49	2.03	0.46	1.28	0.35
85	4.06	0.48	2.43	0.41	1.82	0.27
80	4.30	0.46	2.84	0.36	2.38	0.21
75	4.54	0.44	3.25	0.32	2.95	0.16
70	4.77	0.42	3.67	0.32	3.52	0.12
65	4.98	0.41	4.11	0.29	4.09	0.08
60	5.14	0.39	4.60	0.24	4.63	0.05
55	5.24	0.37	5.08	0.14	5.07	0.02

③ 対複数棟の延焼限界距離 d*の導出について

対複数棟の延焼限界距離 d*を対１棟の延焼限界距離の 1.5 倍とした。これは、加藤ら(2006)において、建蔽率、構造、建物棟数をパラメータとして、複数棟火災での延焼限界距離を算出し、一律 1.5 倍（建蔽率 80%での値に基づく）を採用することとしていることによる。

【延焼限界距離】

実際に算定される延焼限界距離は、およそ以下のとおりである。

建築面積によって、延焼限界距離は変わるものの、風速６m/s の場合で、

裸木造で、16（建物面積 50m²）～20m（建物面積 150m²）程度

防火造で、10（建物面積 50m²）～11m（建物面積 150m²）程度

準耐火で、８m 程度

耐火造では０m（延焼しない）

になる（準耐火は面積の影響が小さい）。

具体的には、裸木造、建物面積 50㎡ の場合で、

$5.24\times(\sqrt{50})^{0.37}\times1.5=16.2$(m)

(2) 焼失棟数の算出

焼失棟数の平均的な予測値を以下の手順で算出した。

① 建物単体における出火確率を設定する。

出火件数をメッシュ単位、さらに建物単体へと割り振り、建物単体における出火確率を設定する。

② ①の出火確率に対し、公設消防・消防団による消火率をかけ合わせ、消防効果を加味した建物単体における出火確率とする。

③ 建物の焼失確率は、各建物が属するクラスターから 1 件以上出火する確率に等しいことから、クラスターを構成する建物を n 棟、クラスターに属する建物の出火確率の平均値を $\overline{p}$ とすると、各建物の焼失確率 Pは、下式で求められる。

$$P=1-\exp(-n\bar{p})$$

P：焼失確率

④ 集計単位における焼失棟数の確率的な予測値 χ は、集計単位内の建物の焼失確率Pの総和に等しい。50mメッシュ単位で算出し、町丁目単位や区単位に集計した。

$$x=\sum P$$