

# 地震被害想定

---

## 1. 概要

各想定地震の地震動（ゆれ）と液状化等により，堺市域に発生する建物被害と地震火災，人的被害などの被害を予測した。これより，各想定地震における罹災・避難者数を算出した。また，地域の災害特性地震をとりまとめた。

想定した項目は，以下の通りである。地震被害想定全体の流れを図 1-1 に示す。

### （1）建物被害

地震動および液状化による建物被害を主体に予測した。加えて，堺市域に多数見られる盛土造成地における切盛境界付近の建物被害および津波浸水による建物被害を予測した。予測は，250m メッシュ単位の建物分布データより，全壊棟数と半壊棟数および層破壊棟数を算出した。

### （2）道路機能障害

市域内の道路網に発生する道路橋梁被害による機能障害（通行止めの可能性），および建物倒壊等の影響による道路閉塞の可能性を予測した。この結果は，地震火災の延焼シミュレーション（消防力評価）において，消防車の走行速度を規定する条件とした。

### （3）地震火災

地震発生時に同時多発する全出火・炎上出火件数を 250m メッシュおよび町丁単位で予測した。さらに，炎上出火件数に対して消防力の運用評価を行い，消火できなかった残火災件数を求め，風速条件に応じた最大延焼範囲を予測した。これより，焼失棟数および人的被害を予測した。

なお，出火発生地点の不確実性に対してモンテカルロシミュレーション手法を，消防車走行を阻害する要因となる橋梁被害と道路閉塞（率）に対してその影響を考慮した最短時間ルート検索法を適用した。

### （4）人的被害

建物被害（倒壊等）および地震火災・延焼（逃げ惑いを除く）より，死者・負傷者数および重傷者数を 250m メッシュおよび町丁単位で予測した。

### （5）罹災・避難者

各想定地震の被害により発生する，罹災者（建物の被害・焼失等により住居を失った人・世帯）および避難者（避難所生活者，地震後に避難所での生活を強いられる人）を予測した。

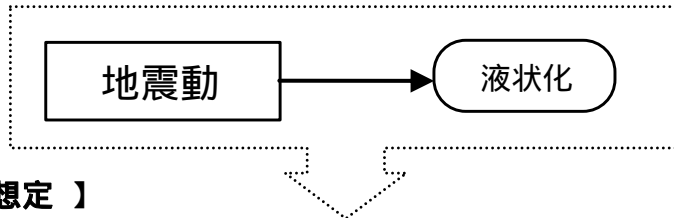
### （6）地域災害特性

想定結果を小学校区単位で集計・整理し，地域的な災害発生の特徴を認知するための資料を作成した。一部を巻末資料に示す。

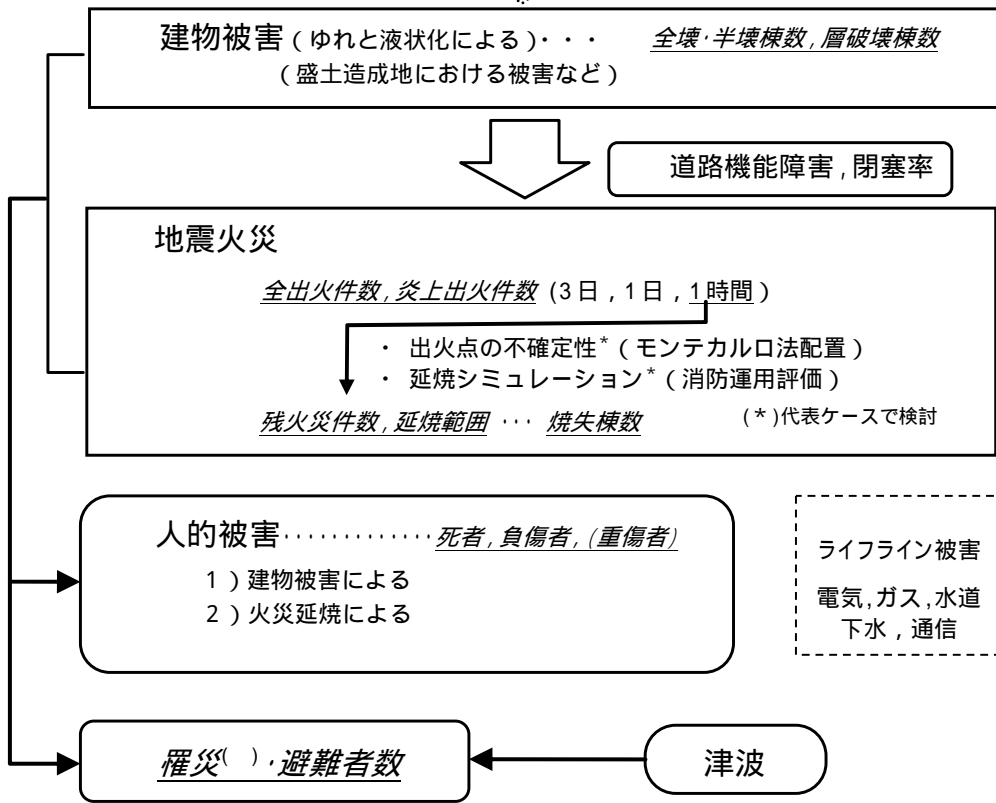
【 想定条件 】

- 想定地震 : 上町断層帯地震, 生駒断層帯地震, 中央構造線断層帯地震, 東南海・南海地震
- 季節と時間帯 : 冬季の夕刻(18時頃)を基本に, 早朝と昼間も検討
- 気象条件 : 風速...平均風速, 超過確率1%風速(1年に3回程度起こりうる風速)  
風向...考慮しない 天候...晴れ
- 都市環境 : 現在(2007-2008年)の建物・人口データ等, 過去10年間の常時出火率・風速

【 地震ハザード評価 】



【 地震被害想定 】



( )罹災者 建物の被害・焼失等により住居を失った人

【 脆弱度調査 】

都市環境	地盤環境
<ul style="list-style-type: none"> <li>共振建物・構造物の分布</li> <li>古い建物の分布</li> <li>火災延焼危険地域</li> <li>滞留人口(大規模店舗, 鉄道, 道路)</li> <li>危険物の分布</li> <li>道路網の脆弱箇所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>液状化危険度</li> <li>ため池埋立地</li> <li>切土造成地</li> <li>斜面災害影響地域</li> <li>過去の地震被害履歴</li> </ul>

図 1-1 地震被害想定フロー

## 2. 前提条件等

### 2.1 想定地震

想定地震は、堺市域への影響が大きいと考えられる内陸断層地震および海溝型地震について、以下の4地震とした。この想定地震動は、手法Bによる10ケースの評価結果を用いた（第編の表3.4-2を参照）。

#### 内陸断層地震

上町断層帯地震	4 ケース
生駒断層帯地震	3 ケース
中央構造線断層帯地震	2 ケース

#### 海溝型地震

東南海・南海地震	南海トラフ	1 ケース
----------	-------	-------

### 2.2 想定時期

想定時期は、地震火災や人的被害等に影響の大きい「冬季の夕刻」を基本とした。また、時間帯による災害事象への影響も考慮し、一部の項目については早朝と昼間も加えて、以下の時間帯を想定した。

- a) 早朝（AM5:00 頃） ... 人の活動がほとんどない時間帯
- b) 昼間（PM2:00 頃） ... 日常の活動時における平均的な人口分布の時間帯
- c) 夕刻（PM6:00 頃） ... 通勤・通学の移動人口が多く、火気使用率も高い時間帯

### 2.3 想定項目と成果

本調査の被害想定項目と成果は、表2.3-1のとおりである。

表 2.3-1 地震被害想定項目と成果

想定項目	想定成果
建物被害	全壊・半壊棟数，層破壊棟数と分布
道路機能障害	橋梁の機能障害度，道路網の閉塞率
地震火災	炎上出火件数，残火災件数と分布 最大延焼範囲と焼失棟数等
人的被害	死者・負傷者数等と分布
津波被害	浸水危険地区，影響人口
罹災・避難	罹災者数，避難所生活者数

## 2.4 基礎データ

### 2.4.1 建物データ

固定資産税台帳（個人情報を除く）の建物データおよび非課税建物データより，堺市域の現況の建物分布とした。表 2.4-1 に収集データの内容を示す。

この一棟毎の建物データを，GIS を用いて地番データとリンクさせて 250m メッシュおよび町丁で集計を行い，建物被害予測の基礎データとした。共用住宅（マンション等）についても，識別情報や住所等の情報をもとに判別して，世帯単位のデータを建物一棟毎の集計とした。建物の分布図については， - 2.1 に示した。

基礎データ	... 町丁の建物一棟毎のデータ (固定資産税台帳の個人情報を除く建物データ等)
収集時期	... 平成 19 年度末の情報

表 2.4-1 建物データの収集内容

項目	内容
場所	町丁コード，分飛コード，地番コード
構造区分	1)木造 ...木造，木質プレハブ造，木造プレハブ造 2)軽量鉄骨(S)造...鉄骨造（4mm 以下），軽量鉄骨造，軽量鉄骨プレハブ造 3)鉄骨(S)造 ...鉄骨造（4mm 超），鉄骨系プレハブ造 4)鉄筋コンクリート(RC)造，鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造 ...鉄筋コンクリート造，鉄筋系プレハブ造，鉄骨鉄筋コンクリート造 5)その他造 ...煉瓦造，石造，コンクリートブロック造，土蔵，その他 6)不明
建築年	江戸時代以前または不明，明治，大正，昭和，平成の元号と年
用途区分	1)専用住宅...居宅，専用住宅，農家住宅，漁業者住宅等 2)共同住宅...共同住宅，アパート，下宿，寄宿舍 3)併用住宅...併用住宅，一般用併用住宅，農家用併用住宅，雑種家屋 4)店舗（百貨店），5)病院（医院，診療所），6)旅館・ホテル（簡易・団体旅館，料亭等）， 7)工場・倉庫（発電所，変電所），8)事務所（銀行），9)劇場・映画館等（娯楽場，浴場）， 10)学校・幼稚園等（小中高校，大学，専門学校，保育所），11)寺院・神社， 12)体育館・集会所等（公民館），13)社会福祉施設（保育所以外），14)官庁庁舎， 15)その他（市場，簡易附属家，物置，土蔵，給油所，車庫，その他），16)不明
その他	地上・地下の階数，現況 1 階床面積，現況総床面積，増築フラッグ

## 2.4.2 人口・世帯数データ

町丁の夜間人口(居住人口)と世帯数のデータより,堺市域の現況の分布データとした。表 2.4-2 に行政区毎の集計値を示す。また,人口の分布図については, - 2.3 に示した。

人口等データ ... 町丁の夜間人口(居住人口), および世帯数  
 収集時期 ... 平成 20 年度の情報

また,昼間人口(14:00 頃),夕刻(18:00 頃)の滞留・存在人口や,屋内・屋外の滞在人口を推計するために,以下の統計情報を用いた。

- ・京阪神都市圏交通計画協議会：第 4 回京阪神都市圏パーソントリップ調査,平成 13 年 3 月  
 昼間・夕刻の夜間人口比
- ・NHK 放送文化研究所 編：データブック 国民生活時間調査《県別》,日本放送出版協会,2006  
 屋内外滞在人口比

表 2.4-2 堺市の建物棟数と人口

	世帯数	人口	建物棟数		
			木造	非木造	全体
堺区	70,464	147,179	31,205	13,677	44,882
中区	50,094	122,488	28,577	6,593	35,170
東区	36,222	87,169	23,126	4,788	27,914
西区	57,164	135,492	32,709	9,323	42,032
南区	65,566	160,101	16,550	11,297	27,847
北区	68,189	154,685	21,853	8,071	29,924
美原区	15,384	39,778	11,837	3,092	14,929
堺市	363,083	846,892	165,857	56,841	222,698

## 【250m メッシュの人口・世帯数データの作成方法】

- ・建物データは,1 棟毎に地点が特定されているので,250mメッシュ,町丁毎の集計が行える。
- ・人口・世帯数は,町丁単位のデータなので,建物データに対応させて以下の手順で算出した。

## [集計手順]

250m メッシュ毎に,町丁別の木造および非木造住宅系建物の棟数を集計

## 世帯数の設定

- ・木造住宅は 1 世帯と仮定し,250m メッシュ内の木造住宅の世帯数を町丁別に求める。
- ・非木造住宅は,まず町丁世帯数から木造住宅世帯数を差し引いて割り当てる。そして,250m メッシュの非木造住宅世帯数を,町丁の全非木造住宅面積に対する 250m メッシュの非木造住宅面積の割合より按分して配分する。

## 人口の設定

- ・町丁の平均世帯人口(各町丁の人口/世帯数)を求める。
- ・で求めた各構造の世帯数に平均世帯人口を乗じることにより,250m メッシュの人口を求める。

### 3. 建物被害の予測

#### 3.1 概要

地震による建物被害には、地震動の揺れや液状化による一次的な被害と、火災延焼などによる二次的なものがある。前者は、建物の建つ地盤の動きや変状が要因となる被害であり、建物被害全体の多数を占める。

本章では、地震動および液状化による建物被害を対象とし、想定地震による堺市域の建物被害（全壊・半壊棟数など）を250mメッシュおよび町丁単位で予測した。ここで、想定する建物被害の「全壊、半壊」の区分は、表3.1-1に示す「被害認定基準」によるものである。また、「層破壊」は、図3.1-1に示すように、生存空間が損失されるような建物倒壊の状況をいう（堀江・林，2003）。

なお、盛土造成地における被害や津波浸水による被害については、4章に別途取り上げる。

・地震動および液状化による建物被害（全壊・半壊棟数と層破壊）の予測  
 ・250mメッシュおよび町丁単位で予測し、被害の分布状況を把握

表 3.1-1 全壊・半壊の判定基準

区分	被害の内容
全 壊	改築しなければ居住できないもの。 改築した場合、建替えと同程度の費用を要すると思われるもの。 〔具体例〕 ・柱、軸組等が垂直水平から相当ずれて修復が不可能なもの ・建物の土台の位置が従前よりずれているもの ・陥没等により建物全体が傾斜し、修復が不可能なもの（木造、非木造、戸建、集合住宅の区分は問わない）
半 壊	大修理をしなければ居住できないが、建替えをしなくとも居住可能なもの。 〔具体例〕 ・住居の主要構造部（壁、柱、はり、屋根または階段等）に大きな被害（外壁部の大規模なひび割れや損傷、出入口・窓および屋根瓦の大きなずれ・落下等）があるが、柱や軸組等に修復が不可能なずれ等が見られないものであって、住居の主要構造部の修繕費用が新築家屋の費用（時値）の2割程度以上のもので全壊以外のもの



図 3.1-1 層破壊に相当する建物損壊状況〔岡田ほか(1999)より引用〕

### 3.2 想定方法

#### 3.2.1 想定の流れ

揺れと液状化による建物被害の想定は、以下の手順によった。図 3.2-1 に、想定フローを示す。

- ・過去の地震被害の経験に基づき、広域の建物分布を考慮して予測する。
- ・地域の全壊・半壊棟数と分布（250m メッシュおよび町丁）を予測する。
- ・この結果をもとに、人的被害や地震火災の想定を行う。

全壊・半壊棟数  
 = 地域の建物棟数<sup>\*1</sup> × 全壊・半壊被害率<sup>\*2</sup>（地震動、液状化、構造・年代）

- \*1 固定資産台帳データおよび非課税建物データより、250m メッシュに含まれる町丁単位のデータを作成
- \*2 兵庫県南部地震の全壊・半壊被害率は、罹災認定基準による被害データを基本に作成されたもの

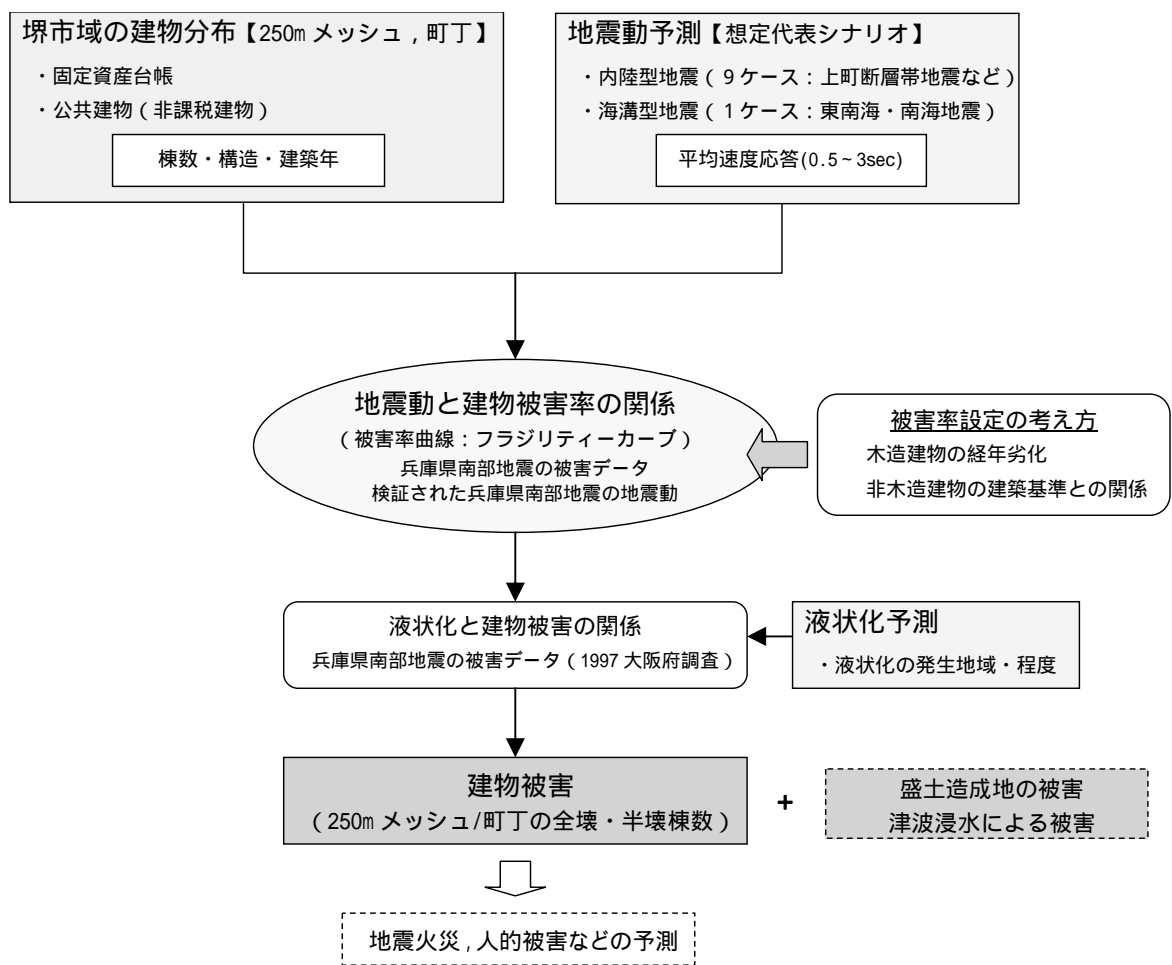


図 3.2-1 揺れ等による建物被害の想定フロー

### 3.2.2 被害率曲線

揺れによる建物被害率曲線は、大阪府(2007)の予測式を用いた。考え方は、以下の通りである。

式(1)-(3)の対数正規分布の確率密度関数に従うとする。ここで、地震動に関する横軸指標値  $X$  は、速度応答スペクトルの周期帯に対し、もっとも良い相関を示す値(0.5-3.0秒の周期帯で計算した相対速度応答の平均値; ASV)を採用した。なお、兵庫県南部地震の地震動分布は、松島・他(2000)によって検証された再現地震動(表層応答を補正)を用いた。

$$P(X) = \int_{-\infty}^X \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \zeta \cdot X} \cdot \exp\left\{-\frac{(\ln X - \lambda)^2}{2\zeta^2}\right\} \quad (1)$$

$$\lambda(T) = \lambda(0) \cdot f(T)^\delta \quad (2)$$

$$f(T) = \max\left\{\exp\left(-\alpha \cdot \left(\frac{T}{\beta T_0}\right)^2\right), \gamma\right\} \quad (3)$$

$P(X)$  : 確率密度

$X$  : 地震動に係る指標値

$$\text{平均 } E(X) = \exp\left(\lambda + \frac{\zeta^2}{2}\right)$$

$$\text{分散 } V(X) = \exp(2\lambda + \zeta^2) \{ \exp(\zeta^2) - 1 \}$$

$f(T)$  : 経年劣化曲線

$\delta$  :  $f(T)$  に対する依存度

木造建物の被害率曲線は、経年劣化による変形性能の低下が支配的であるとの知見[更谷・他, 2005]に基づき、経年劣化係数を導入した(図 3.2-2 参照)。これにより経年劣化係数が下限値となるまで築後 1 年経過するごとに被害率が漸増していく曲線が得られる。経年劣化係数の導入により、メンテナンスや耐震補強、建て替え等による耐震性向上の効果の試算が可能である(図 3.2-3 参照)。図 3.2-4 に、設定した木造の被害率曲線を示す。この設定は、兵庫県南部地震における神戸・阪神間の建物被害データ(罹災証明)に基づいた。

非木造建物の被害率曲線は、耐震設計基準の変遷による差が顕著なので、耐震設計基準ごとに年代区分し、それぞれ独立に被害率曲線を設定した。木造建物と同様に兵庫県南部地震の建物被害データより設定した非木造建物の被害率曲線を図 3.2-5 ~ 図 3.2-7 に示す。

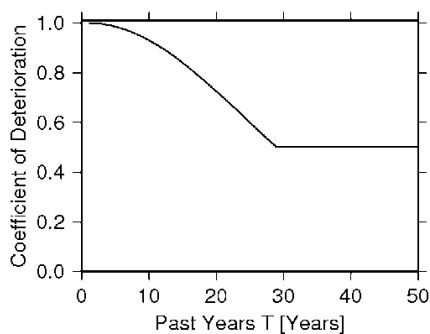


図 3.2-2 経年劣化曲線  $f(T)$

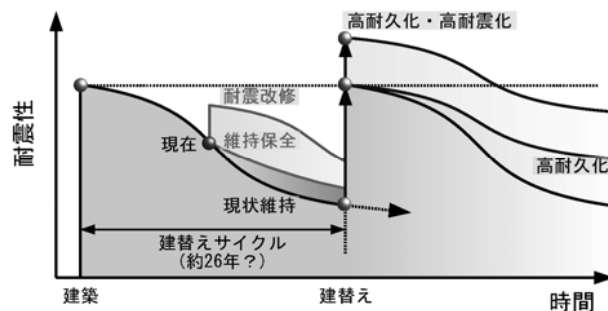


図 3.2-3 個別建物の耐震性の推移



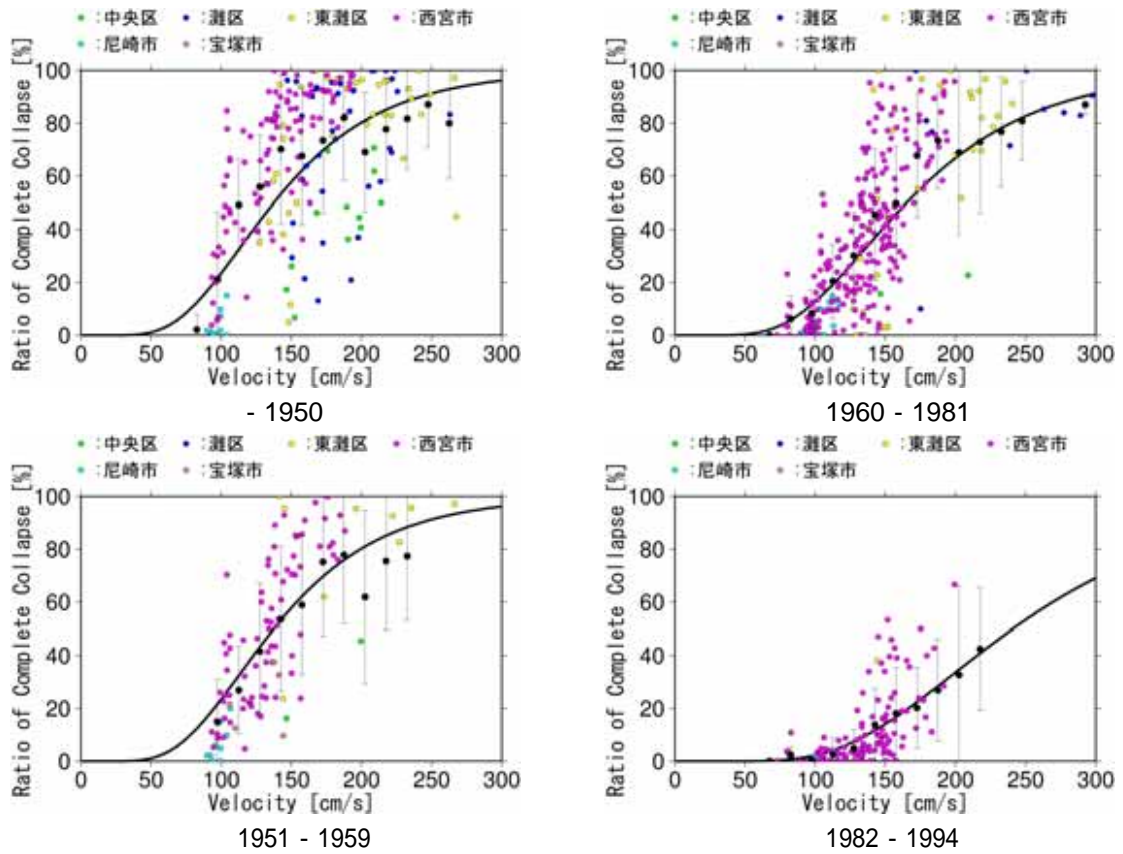


図 3.2-4(1) 木造建物 全壊率 (大阪府, 2007)

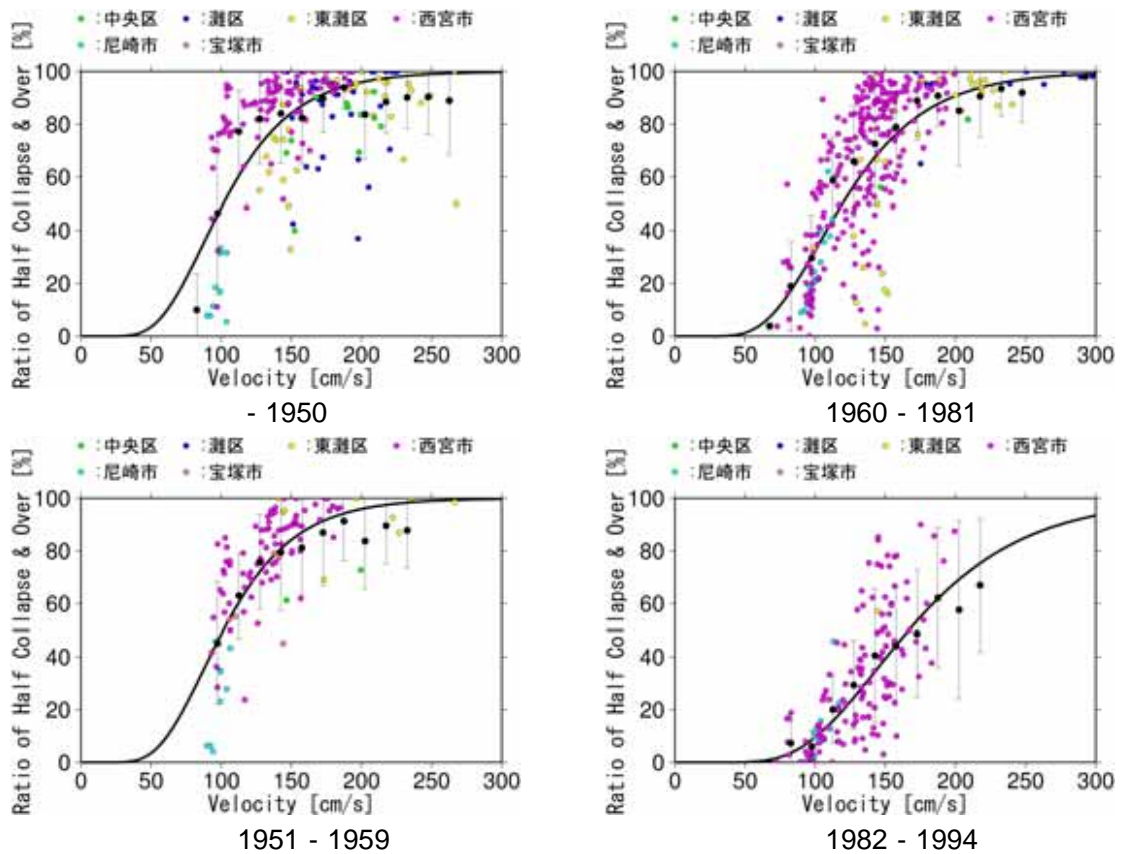


図 3.2-4(2) 木造建物 全・半壊率 (大阪府, 2007)

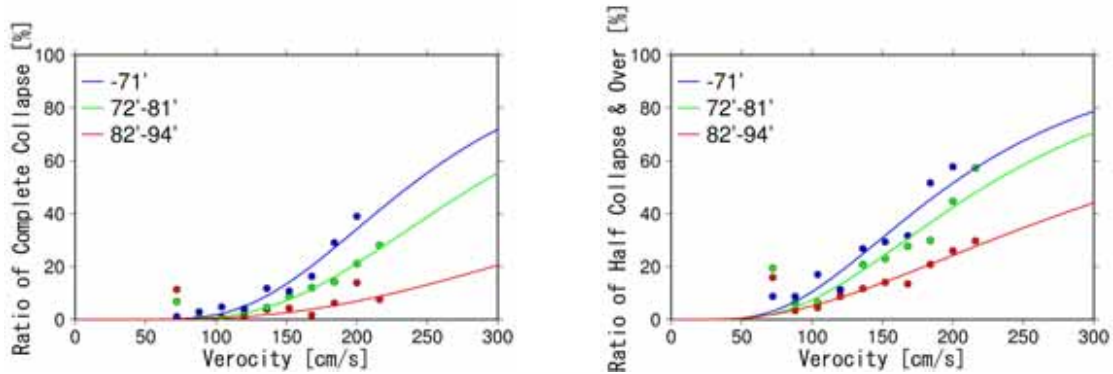


図 3.2-5 RC 造建物 全壊率（左）と全・半壊率（右）(大阪府，2007)

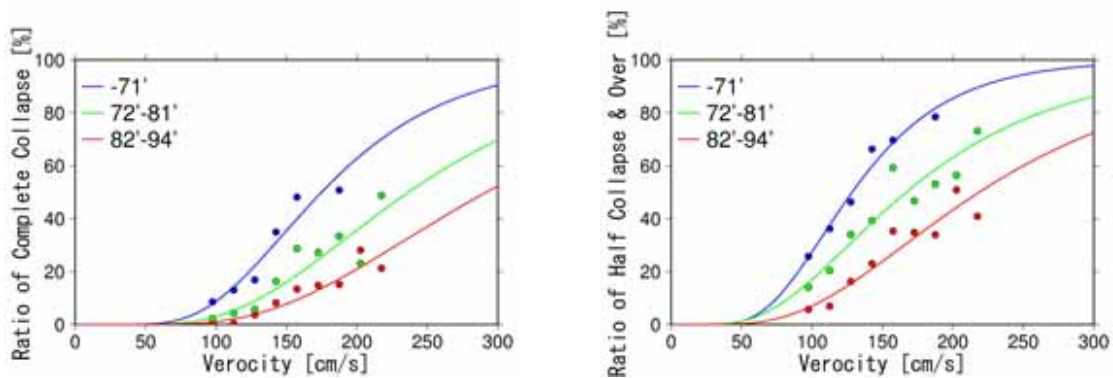


図 3.2-6 S 造建物 全壊率（左）と全・半壊率（右）(大阪府，2007)

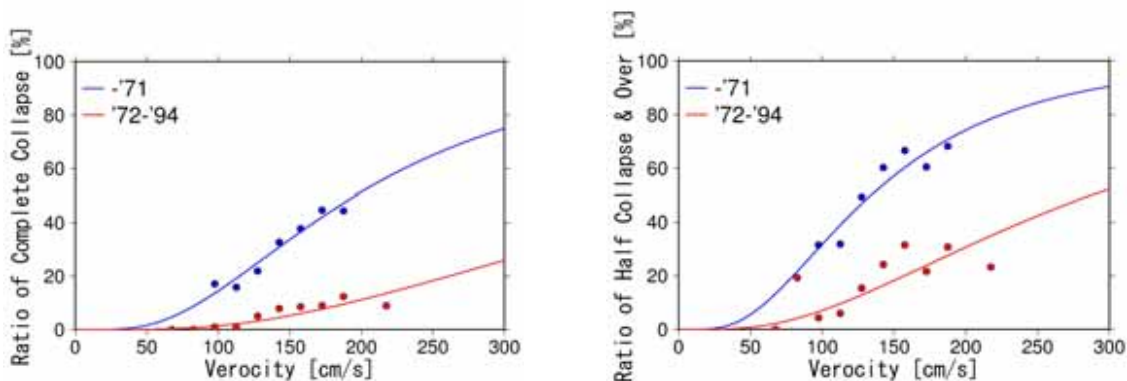


図 3.2-7 軽量鉄骨造・その他建物 全壊率（左）と全・半壊率（右）(大阪府，2007)

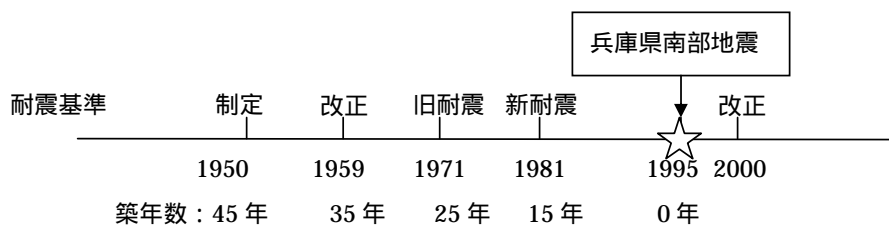


図 3.2-8 建築耐震基準の推移と兵庫県南部地震

## 3.2.3 算出手順

建物被害（全壊・半壊棟数と層破壊棟数）の算出は、以下の手順で行った。

## 【予測条件の設定】

建物条件の設定	250m メッシュに含まれる建物 1 棟ごとに整理
地震動条件の設定	250m メッシュの予測値
液状化条件の設定	250m メッシュの予測値

## 【被害数の計算】

揺れによる全・半壊棟数の算出	(ASV ~ 構造・年代別被害率) × 建物数
液状化による全・半壊棟数の補正	(PL 値 ~ 被害 or 低減率) × 建物数 × 液状化面積率
層破壊棟数の算出	(全壊率 ~ 層破壊率) × 全壊建物数(木造)

## 【計算結果の集計】

被害数の行政区・市域集計

ここで、

## 建物条件の設定

- ・250m メッシュに含まれる建物 1 棟ごとの建物情報を用いた。

## 地震動条件の設定

- ・地震動予測結果より、250m メッシュの予測値をそのメッシュ内の建物に対応させた。なお、大阪府手法では町丁目代表点に地震動を対応させている。

## 液状化条件の設定

- ・液状化予測結果より、250m メッシュの予測値をそのメッシュに含まれる建物に対応させた。

## 揺れによる全・半壊棟数の算出

- ・揺れによる建物の全壊・半壊棟数（液状化の影響を含まない）を算出した。
- ・各被害率は、兵庫県南部地震の被災データ等より設定した〔図 3.2-4 ~ 図 3.2-7〕。

$$\text{全・半壊棟数} = \left[ (\text{ASV} \sim \text{年代別被害率}) \times \text{建物棟数} \right]_{\text{木造, RC・SRC造, 鉄骨造, 軽量鉄骨造}}$$

液状化による全・半壊棟数の補正

- ・液状化による影響を補正した。

強震地域（地震動が強く被害の大きい地域） 液状化による免震的效果で被害が低減  
 弱震地域（地震動、被害ともに小さい地域） 液状化により被害が増大

- ・ $P_L$  値～液状化面積率の関係より液状化被害の対象となる建物棟数を割り当て、強震域と弱震域の被害量を算出して、被害量の大きい方を想定値とした。
- ・各被害率は、表 3.2-1 と表 3.2-2 の兵庫県南部地震の経験値を用い、液状化の発生する面積率は図 3.2-9 より表 3.2-3 に設定した。

$$\text{町丁目の全壊棟数} = [(P_L \sim \text{被害率 or 低減率}) \times \text{建物数} \times \text{液状化面積率}]_{\text{木造, 非木造}}$$

表 3.2-1 液状化による建物被害の低減率〔強震地域〕(大阪府, 2007)

建築年	建物被害の低減率（木造・非木造）	
	全壊	半壊
1970 年以前	0.6	1.0
1971～80 年	0.6	1.0
1981～90 年	0.5	1.0
1991～現在	0.4	1.0

表 3.2-2 液状化による建物被害の被害発生率〔弱震地域〕(大阪府, 2007)

建築年	全壊率（％）		半壊率（％）	
	木造	非木造	木造	非木造
1970 年以前	8.0	2.5	16.0	4.0
1971～80 年	6.5	2.5	12.0	4.0
1981～90 年	6.0	1.5	10.0	2.5
1991～現在	5.5	1.5	10.0	2.5

表 3.2-3  $P_L$  値毎の液状化面積率

$P_L$ 値	液状化発生面積率
0 ～ 5	0%
5 ～ 10	10%
10 ～ 15	25%
15 ～ 20	45%
20 ～ 25	65%
25 以上	90%

予測式：新道路橋示方書の式

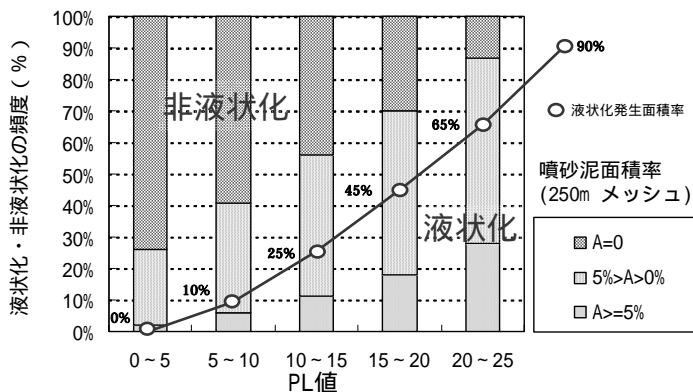


図 3.2-9 兵庫県南部地震での PL 値と液状化面積率の関係 (大阪市, 2006)

層破壊棟数の算出

- ・ 人的被害に直結する層破壊 (構造的な損傷度が D5 以上) の発生棟数を算出した。
- ・ 被害数の算出は, 町丁単位で行った。
- ・ 各換算率は, 図 3.2-10 の関係式を用いた。この関係は, 堀江ほか (2003) の研究成果を参照して設定されたものである (大阪府, 2007)。

$$\text{層破壊棟数} = (\text{全壊率} \sim \text{層破壊被害率比}) \times \text{予測全壊棟数}$$

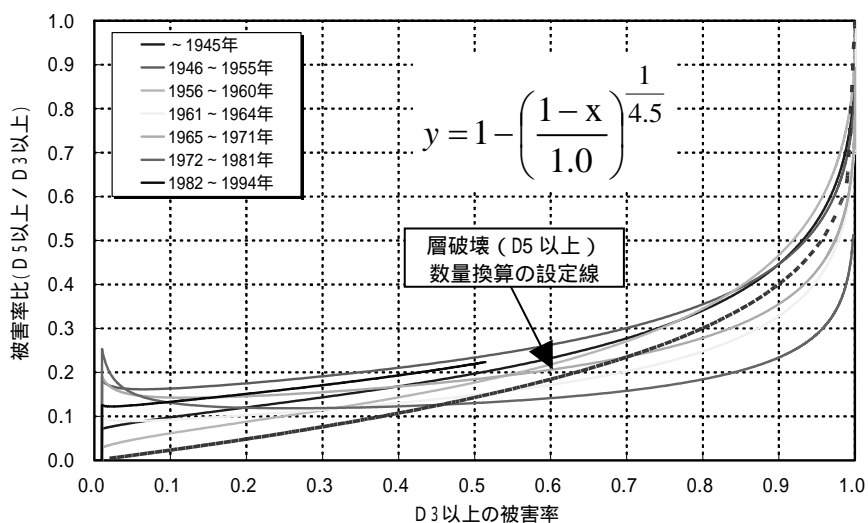


図 3.2-10 罹災全壊率から層破壊率への換算曲線 (大阪府, 2007)