付録Ⅳ－1　建物被害の予測手順

1. 算出手順

建物被害（全壊・半壊・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】

① 町丁目代表点の設定　‥　町丁目の宅地分布域の中央付近に設定
② 町丁目の地震動条件の設定‥　町丁目代表点周辺のメッシュの予測値より算出
③ 町丁目の液状化条件の設定‥　町丁目代表点周辺のメッシュの予測値より算出

↓

【被害数の計算】

④ 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
⑤ 液状化による全・半壊棟数の補正‥（P_L 値～被害 or 低減率）×建物数×液状化面積率
⑥ 層破壊棟数の算出　‥（全壊率～層破壊率）×全壊建物数

↓

【計算結果の集計】

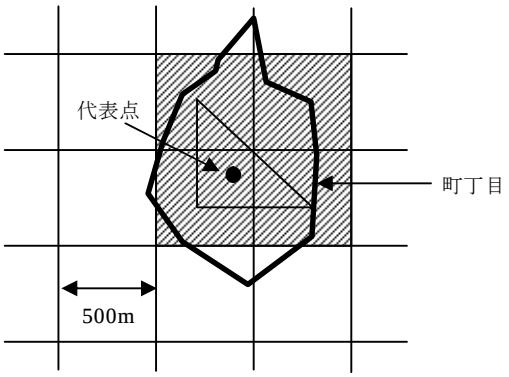
⑦ 被害数の市町村集計

(1) 町丁目代表点の設定

・町丁目内の宅地・市街地域の中央付近に設定した。
・代表点は，地図情報をもとに目視により配置した。
（国土地理院 1/2.5 万地形図，大阪府 DM データ，大阪市土地利用現況調査・建物現況データ）

(2) 町丁目の地震動条件の設定

・地震動予測結果より，町丁目の地震動条件（0.5-3 秒周期平均応答速度：ASV）を設定した。
・地震動は，町丁目代表点の周辺の 3 メッシュを抽出し，その内挿平均値を対応させた。



（3）町丁目の液状化条件の設定

・液状化予測結果より，町丁目の液状化条件（P_L 値）を設定した。

・P_L 値は，町丁目代表点が位置するメッシュの平均を対応させた。

（4）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〔Ⅳ編：図 2-4～2-7〕。

全・半壊棟数 ＝ Σ〔（ASV～年代別被害率）×建物棟数〕木造，RC・SRC 造，鉄骨造，軽量鉄骨造

（5）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効果で被害が低減

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 1.1 と表 1.2 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新関西地盤（1998）より表 1.3 に設定した〔Ⅱ編：図 3-2〕。

町丁目の全壊棟数 ＝ Σ〔（P_L～被害率 or 低減率）×建物数×液状化面積率〕木造，非木造

表 1.1　液状化による建物被害の低減率〔強震地域〕（大阪府 1997 を修正）

建築年		建物被害の低減率（木造・非木造）	
1995 年時点	今回（2006 年）	全壊	半壊
1965 年以前	1970 年以前	0.6	1.0
1966～75 年	1971～80 年	0.6	1.0
1976～85 年	1981～90 年	0.5	1.0
1986 年以降	1991～現在	0.4	1.0

表 1.2　液状化による建物被害の被害発生率〔弱震地域〕（大阪府 1997 を修正）

建築年		全壊率（%）		半壊率（%）	
1995 年時点	今回（2006 年）	木造	非木造	木造	非木造
1965 年以前	1970 年以前	8.0	2.5	16.0	4.0
1966～75 年	1971～80 年	6.5	2.5	12.0	4.0
1976～85 年	1981～90 年	6.0	1.5	10.0	2.5
1986 年以降	1991～現在	5.5	1.5	10.0	2.5

表 1.3　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

（6）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，町丁目単位で行った。

・各換算率は，堀江ほか（2003）の研究成果を参照して図 1.1 の関係を設定した。

層破壊棟数 ＝ Σ（全壊率～層破壊被害率比）×予測全壊棟数

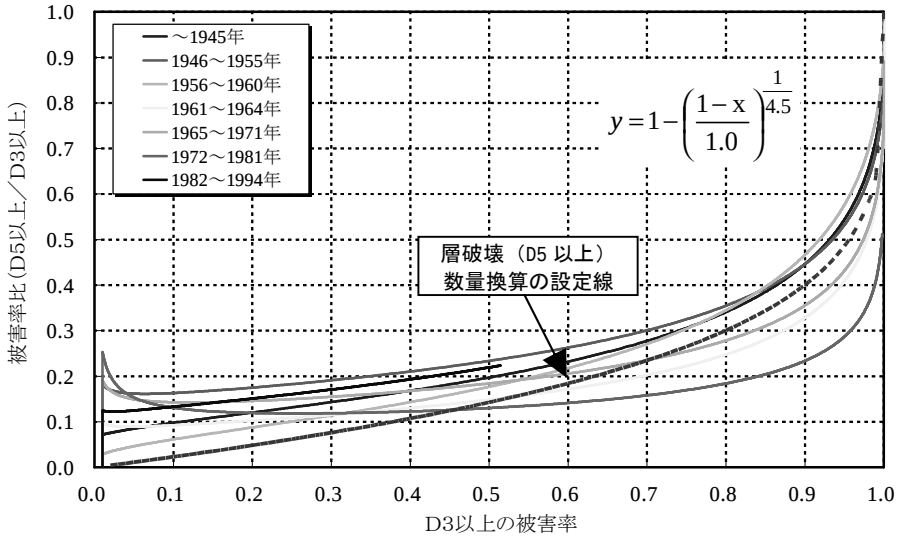


図 1.1　罹災全壊率から層破壊率への換算曲線〔堀江ほか(2003)より作成〕

【参考文献】

大阪府：大阪府地震被害想定調査　報告書，1997.

堀江啓・林春男ほか：地震による木造建物の損傷度を反映する被害関数の構築，地域安全学会論文集，No.5，pp.123-132，2003.

更谷安紀子，林康裕，森井雄史：被害経験に基づいた木造住宅群の地震被害予測法（その 2）経年劣化を考慮した方法，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿），B-2，597-598，2005.9

松島信一，川瀬博：1995 年兵庫県南部地震の複数アスペリティモデルの提案とそれによる強震動シミュレーション，日本建築学会構造系論文集，第 534 号，33-40，2000.8

岡田成幸，高井伸雄：地震被害のための建物分類と破壊パターン，日本建築学会構造系論文集，第 524 号，65-72，1999.10

Midorikawa, S., M. Matsuoka and K. Sakugawa : Site Effects on Strong-Motion Records during the 1987 Chiba-ken-toho-oki, Japan Earthquake The 9th Japan Earthquake Engineering Symposium, Vol.3, pp85-90 ,1994.

付録Ⅳ－2　液状化領域における建物被害の予測結果

各市町村における液状化領域の建物被害数（液状化の影響が加味された被害数）を表 2.1 に示す。想定では，強震地域における液状化現象は建物の被害程度の減少（免震的な効果）につながり，弱震地域における液状化は被害程度の増大につながることを考慮している。

表 2.1　建物被害の想定結果（液状化領域・市区町村別）

	上町断層帯Ａ		上町断層帯Ｂ		生駒断層帯		有馬高槻断層帯		中央構造線断層帯		東南海・南海地震	
	全壊	半壊	全壊	半壊	全壊	半壊	全壊	半壊	全壊	半壊	全壊	半壊
都島区	3,046	1,596	346	714	455	911	312	609	129	248	249	479
福島区	447	713	66	135	24	46	45	86	0	0	167	329
此花区	887	1,046	65	127	95	181	21	40	0	0	72	137
西区	728	696	36	83	64	161	12	23	0	0	62	121
港区	1,199	1,547	134	271	162	334	75	145	7	13	128	246
大正区	1,374	1,558	262	495	282	588	44	83	4	7	76	143
天王寺区	258	155	24	50	9	18	2	4	0	0	5	9
浪速区	789	465	84	189	102	194	2	4	0	0	20	38
西淀川区	385	704	41	76	12	22	22	42	0	0	151	286
東淀川区	1,591	1,800	114	218	165	354	243	511	27	52	87	167
東成区	1,092	786	114	224	352	486	37	72	7	13	25	48
生野区	1,161	1,293	455	923	993	1,214	41	80	44	85	21	41
旭区	3,620	1,657	95	182	229	461	99	191	3	6	25	47
城東区	1,361	1,144	130	257	285	476	82	158	13	24	71	136
阿倍野区	111	158	107	169	3	6	0	0	0	0	0	0
住吉区	109	117	114	206	6	11	0	0	0	0	0	0
東住吉区	258	352	194	345	42	63	1	3	1	3	0	0
西成区	1,849	1,269	985	1,350	244	455	7	13	5	9	34	65
淀川区	1,817	1,601	22	41	26	50	39	73	0	0	165	335
鶴見区	245	401	68	127	241	380	33	62	4	7	29	55
住之江区	1,986	1,522	732	1,212	211	439	15	29	17	31	25	46
平野区	251	441	321	581	90	179	5	9	11	21	8	15
北区	448	447	51	114	3	7	5	10	0	0	10	19
中央区	1,201	662	79	169	83	167	17	31	8	15	5	8
大阪市	26,213	22,130	4,639	8,258	4,178	7,203	1,159	2,278	280	534	1,435	2,770
堺市	747	1,274	1,396	1,713	19	34	1	2	56	103	24	44
岸和田市	89	188	387	533	0	0	0	0	97	191	34	64
豊中市	982	1,153	54	103	55	104	184	346	0	0	30	58
池田市	80	146	4	7	0	0	76	161	0	0	0	0
吹田市	1,016	1,210	80	148	102	198	285	560	11	20	37	68
泉大津市	49	103	280	309	0	0	0	0	7	13	0	0
高槻市	251	501	21	39	624	1,069	3,037	2,653	0	0	10	19
貝塚市	26	49	624	463	0	0	0	0	156	347	33	62
守口市	1,667	2,044	283	539	734	1,244	315	605	78	150	99	188
枚方市	136	261	3	5	917	1,467	699	860	3	5	3	6
茨木市	291	482	23	41	224	396	421	767	5	8	0	0
八尾市	845	1,676	755	1,505	2,810	2,847	43	81	255	483	123	232
泉佐野市	16	31	68	122	0	0	0	0	163	297	14	26
富田林市	18	34	25	48	1	1	0	0	20	42	0	0
寝屋川市	561	970	23	44	593	863	113	223	7	13	2	4
河内長野市	25	46	40	78	3	6	0	0	33	59	0	0
松原市	96	146	105	164	27	51	0	0	0	0	0	0
大東市	177	446	26	48	680	845	28	51	15	27	6	11
和泉市	7	13	107	124	3	5	0	0	19	35	0	0
箕面市	83	162	2	3	7	12	241	403	0	0	0	0
柏原市	147	303	236	496	446	672	19	35	116	230	50	92
羽曳野市	127	246	180	324	108	207	1	1	62	128	10	18
門真市	545	794	73	136	624	788	84	158	2	3	6	10
摂津市	246	338	8	15	87	155	43	84	0	0	0	0
高石市	56	135	214	229	1	1	0	0	1	1	4	8
藤井寺市	124	232	129	255	243	358	5	9	60	126	10	20
東大阪市	1,689	2,795	649	1,250	5,438	4,670	216	404	208	389	178	335
泉南市	4	7	29	53	0	0	0	0	154	289	16	30
四條畷市	239	452	36	68	384	486	36	68	0	0	0	0
交野市	67	129	17	31	286	545	48	88	0	0	0	0
大阪狭山市	3	6	14	28	0	0	0	0	5	10	0	0
阪南市	0	0	3	5	0	0	0	0	89	161	9	16
島本町	5	10	0	0	26	51	37	73	0	0	0	0
豊能町	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
能勢町	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
忠岡町	1	4	2	7	0	0	0	0	2	4	0	0
熊取町	0	0	10	21	0	0	0	0	2	4	0	0
田尻町	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	14
岬町	1	1	1	1	0	0	0	0	62	93	29	54
太子町	23	42	10	18	10	18	0	0	9	17	0	0
河南町	2	4	2	4	2	4	0	0	4	8	0	0
千早赤阪村	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大阪市除く	10,441	16,433	5,919	8,977	14,454	17,097	5,932	7,632	1,701	3,257	734	1,379
全体	36,654	38,563	10,558	17,235	18,632	24,300	7,091	9,910	1,981	3,791	2,169	4,149

付録Ⅳ－3　残火災シミュレーションで用いた風速条件

残火災予測に用いた大阪府域の風速は，以下の手順で設定した。

・残火災予測に用いる風速は，平均風速と超過確率 1%の風速とする。

・大阪府下の気象庁観測所(関空島を除く)で観測された過去 10 年間の風速データ(毎時)を用いる。

・気象観測所ごとに異なる観測高さを以下の式により，地上 10m の風速に補正する。表 3.1 に，各観測所の観測高さと指数 P を示す。

$$V_h = V_0 (h / h_0)^P$$

ここに，V_h：高さ h＝10m の風速 (m/s)

V_0：高さ h0 での観測値 (m/s)

P ：地表の状態によって決まる指数

・地震想定時刻と前後 1 時間の風速を集計し，平均風速を求める。

・想定時刻と前後 1 時間の風速を大きい順に並べて先頭から 1%の風速を，超過確率 1%の風速とする。表 3.2 および図 3.2 に，各観測所の平均風速と超過確率 0.5%～5%の風速を示す。

表 3.1　観測所（位置は本文の図 3-2 参照）

観測所名	観測高さ h0 (m)	地表の状態	補正指数P
能勢	6.5	郊外	1/5
枚方	6.5	市街地	1/3
豊中	10	市街地	1/3
大阪	(～1992.2.23)　94.2 (1992.2.24～)　22.9	市街地	1/3
生駒山	13	郊外	1/5
堺	6.5	市街地	1/3
熊取	6.5	郊外	1/5

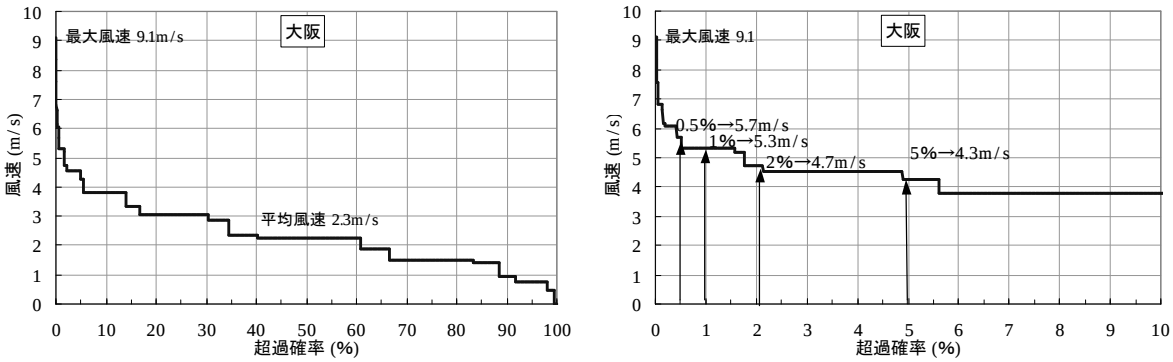


図 3.1　超過確率風速の整理例［全体(左図)と 10%以下拡大(右図)］(大阪・18 時)

表 3.2　各観測所の平均風速と超過確率風速 (想定時刻 18 時)

観測所	風速 (m/s)					
	平均	超過確率				最大(参考)
		0.5%	1.0%	2.0%	5.0%	
能勢	1.4	6.5	6.5	5.4	4.6	12.0
枚方	2.2	5.7	4.6	4.6	4.6	9.2
豊中	3.8	9.0	8.0	8.0	7.0	15.0
大阪	2.3	5.7	5.3	4.7	4.3	9.1
生駒山	4.0	11.4	10.4	8.5	7.6	18.0
堺	2.2	6.9	6.9	5.7	4.6	10.4
熊取	2.7	8.7	8.7	7.6	6.5	14.2

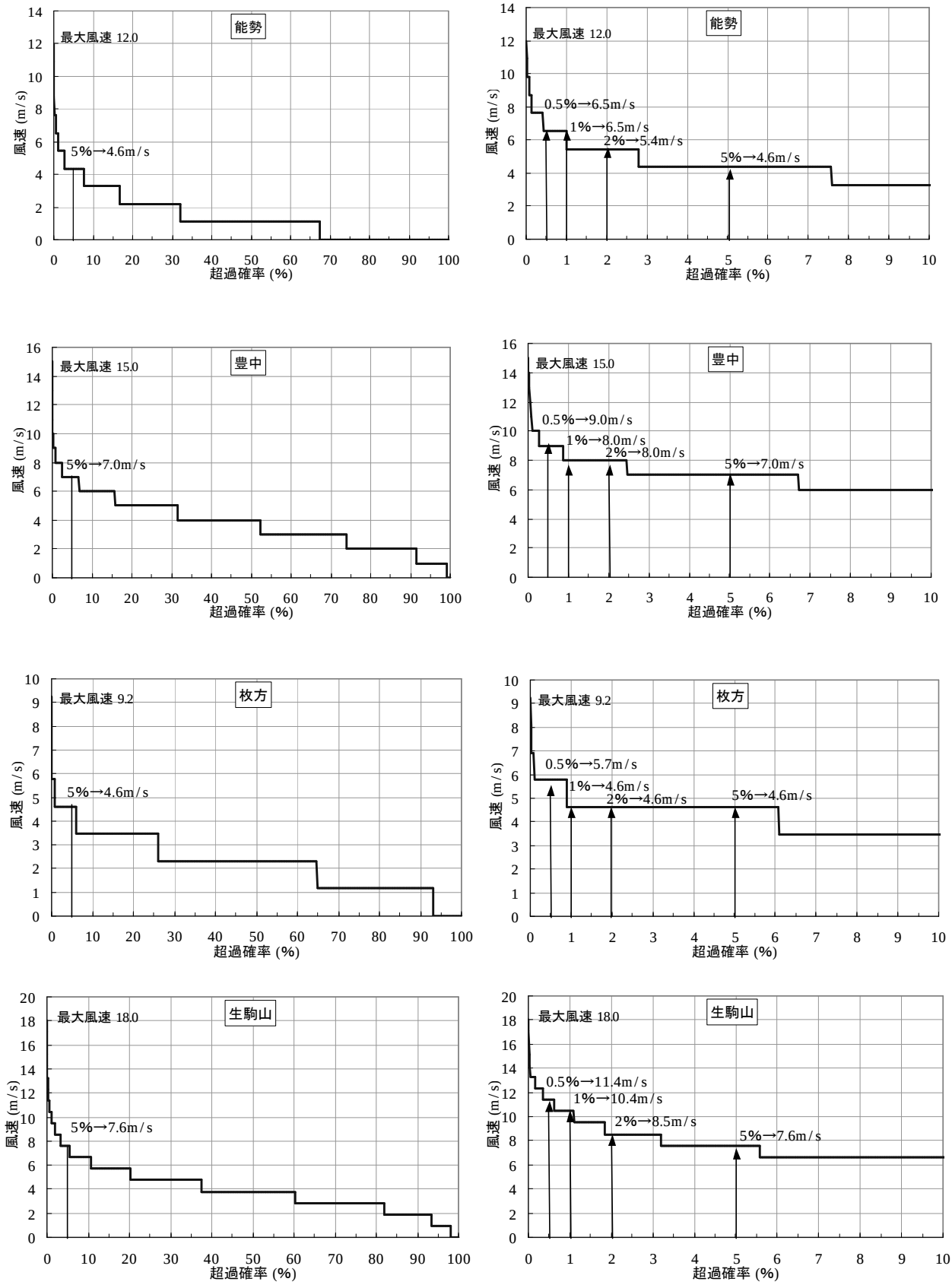


図 3.2(1)　各観測所の風速分布 (想定時刻 18 時)

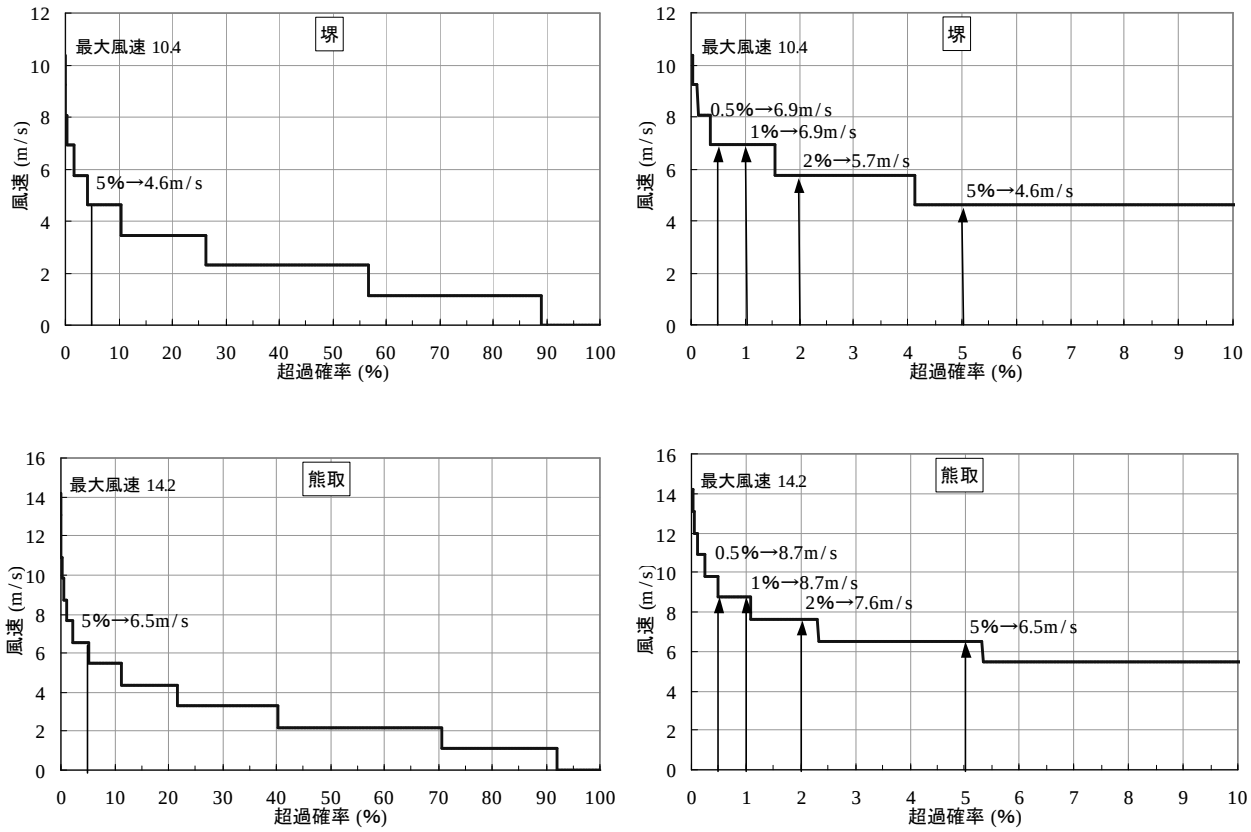


図 3.2(2)　各観測所の風速分布 (想定時刻 18 時)

付録Ⅳ－4　出火率の時間補正

1. 早朝の出火率（常時の一般火気器具による出火件数の推移）

兵庫県南部地震当時に比べて，生活環境の変化から，現在の早朝の一般火気器具の使用率が変化し，早朝の出火率が変動している可能性が考えられたので，過去 20 年間の常時の一般火気器具による出火件数の推移を参照した。図 4.1 に示すように，平成 7 年以降の出火件数の推移は，若干の増加傾向は見られるものの顕著な変化ではない。よって，早朝の出火率を補正することは行わなかった。

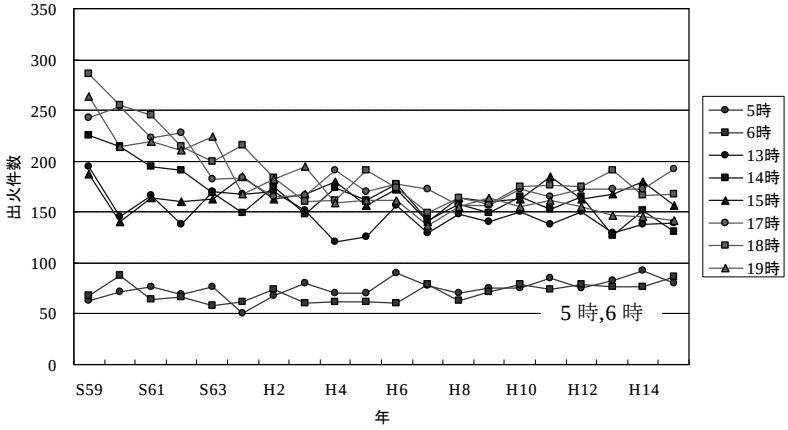


図 4.1　大阪府域の一般火気器具による火災件数の年推移

2. 出火率の時間補正

早朝の全出火モデルから昼間（14 時頃）と夕刻（18 時頃）の出火率への補正を行った。

①補正対象

地震時における一般火気器具が要因の火災のみを対象とし，神戸の事例から比率を仮定した。

一般火気:その他 ＝ 0.6:0.4

②各時間帯の火気使用率

過去 10 年間における冬季の一般火気器具が原因の出火件数の時間比から推定した。

〔大阪府〕 (図 4.2)

5～6 時：13～15 時：17～19 時 ＝ 1545/2：4586/3：4928/3 ＝ 1：1.98：2.13

・補正値（昼間:14:00 頃）＝ 0.6×1.98 ＋ 0.4×1.0 ＝ 1.59

・補正値（夕刻:18:00 頃）＝ 0.6×2.13 ＋ 0.4×1.0 ＝ 1.68

〔大阪市〕 (図 4.3)

5～6 時：13～15 時：17～19 時 ＝ 85/2：202/3：221/3 ＝ 1：1.58：1.73

・補正値（昼間:14:00 頃）＝ 0.6×1.58 ＋ 0.4×1.0 ＝ 1.35

・補正値（夕刻:18:00 頃）＝ 0.6×1.73 ＋ 0.4×1.0 ＝ 1.44

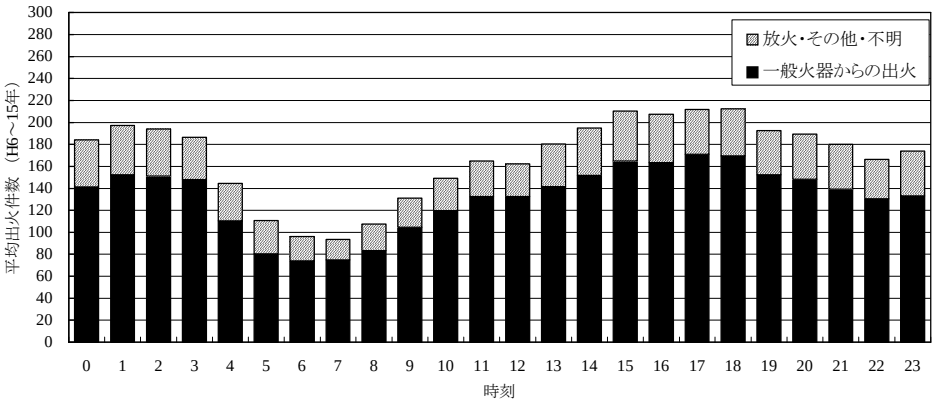


図 4.2 一般火気器具による火災件数の時刻分布【大阪府域（大阪市を除く），過去 10 年間の累積】

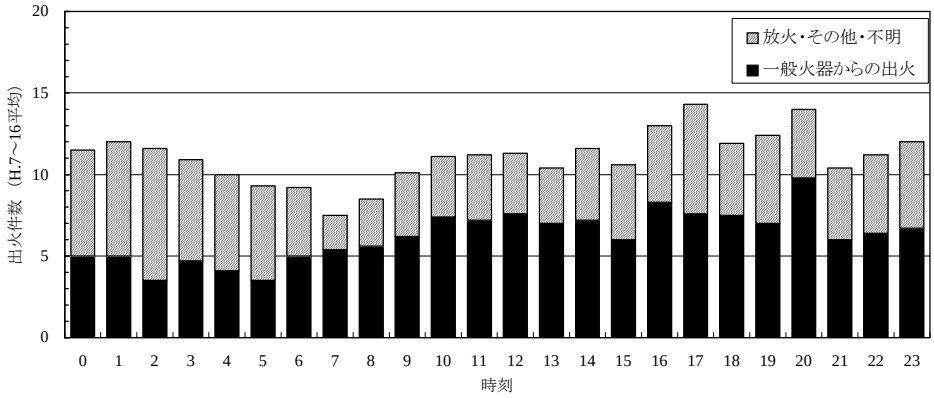


図 4.3 一般火気器具による火災件数の時刻分布【大阪市 12 月～2 月，過去 10 年間の累積】

付録Ⅳ－5　延焼速度式：東消 2001 式

（マクロ延焼速度式）

$$V(t)=\frac{V_f}{1+\{1.3-0.3\exp(-0.3t)\}\{(V_f/V_0-1\}\exp(-\{0.5V_f/(V_f-V_0)\}t)}$$

ここに,

V(t)：出火からｔ分後の延焼速度式

V0：初期延焼速度式

Vf：最終延焼速度式

$$V_0=d\times g(h)(1-c')$$

$$d=\frac{\dfrac{\{r(u)\{a(a'V_m+b'V_m)+b'j'V_j\}+(a+2.6)d'V_c\}}{(a'+b'+d'+j')}+\dfrac{r(u)\{d(a'+b')\{(a'+b')V_{nn}+j'V_{nj}\}+2\{(d-1.3)(a'+b')d'V_{nc}+(d-2.6d'^2V_{cc}\}\}}{(a'+b'+d'+j')^2}}{\dfrac{(a+d)(a'+b'+d')+(b+d)j'}{(a'+b'+d'+j')}}$$

$$g(h)=-0.05h+1.371 \qquad r(U)=0.048U+0.882$$

(d-1.3) < 0 ならば(d-1.3) = 0　(d-2.6) < 0　　(d-2.6) = 0　　d< 2.6 ならば a+d = (a+2.6)

$$V_f=\frac{V_u+\exp\{-50(k-0.14)\}V_l}{1+\exp\{-50(k-0.14)\}}$$

$$k=p\{m(1-x)-0.1\}^{1.2}(u-4.9-8.0x)^{0.33}$$

$\{m(1-x)-0.1\}<0$　　または $(U-4.9-8.0x)<0$　ｋ＝０

$$p=\{1-c'(1-f)j'\}\{a''+0.85b''+f\times j'\}$$

f=0.35

$$V_u=0.46(1-x)^2\left[a_uV_0\{p+1.6p^{-0.5}\times(U+0.1)^{-0.4}\}+b_u\right]m^{0.2}+V_0$$

$$V_l=(1-x)^2\{6a_lV_0(m^{-0.61}+m^2+b_l\}p(0.1U+0.1)^{0.5}+V_0$$

$$a_u=\frac{\{1.4(U+1.0)^{-0.61}+0.47\}}{m}+4.4U^{0.19}-5.6$$

$$b_u=\frac{(-8.9U^{0.75}-8.6)}{m}+0.041U^{3.1}+49$$

$$a_l=\frac{0.31}{m}+0.52$$

$$b_l=\frac{-0.1U-1.8}{m}+2.7$$

$$a''=a'+0.0018b'a$$

$$b''=a'-0.0018b'a$$

b’-0.0018b’α<0 ならば a”=a’+b’　b”=0

$$x=\frac{0.54}{1+680\exp(-0.10a)}-0.0024$$

付録Ⅳ－6　最大風速条件による火災予測結果

風速や自主防災活動の有無といった想定条件の違いが予測結果へ及ぼす影響を把握するため，平均風速，超過確率 1%風速（1 年間に 3 日程度起こりうる風速）に加えて，最大風速（過去 10 年間に 1 度観測された最大風速）における残火災件数と焼失棟数の検討を行った。

表 6.1　最大風速条件等による残火災件数と焼失棟数

上町断層帯地震A	残火災件数（夕刻）				焼失棟数（夕刻）			
	自主防災活動あり		自主防災活動なし		自主防災活動あり		自主防災活動なし	
	超過確率1%風速	最大風速	超過確率1%風速	最大風速	超過確率1%風速	最大風速	超過確率1%風速	最大風速
大阪市	0	0	6	17	316	499	9,817	16,483
堺市	1	1	1	1	34	41	34	41
岸和田市	0	0	0	0	4	6	4	6
豊中市	1	2	1	2	3,880	3,883	3,880	3,883
池田市	0	0	0	0	3	5	3	5
吹田市	4	4	4	4	3,507	3,510	3,507	3,510
泉大津市	1	1	1	1	1,365	1,365	1,365	1,365
高槻市	0	0	0	0	2	2	2	2
貝塚市	0	0	0	0	0	0	0	0
守口市	4	5	4	5	8,991	8,991	8,991	8,991
枚方市	0	0	0	0	2	3	2	3
茨木市	0	0	0	0	10	13	10	13
八尾市	1	1	1	1	5,539	6,116	5,539	6,116
泉佐野市	0	0	0	0	0	0	0	0
富田林市	0	0	0	0	0	0	0	0
寝屋川市	0	0	0	0	9	14	9	14
河内長野市	0	0	0	0	0	0	0	0
松原市	0	0	0	0	568	572	568	574
大東市	0	0	0	0	2	4	2	4
和泉市	0	0	0	0	1	2	1	2
箕面市	0	0	0	0	1	2	1	2
柏原市	0	0	0	0	0	0	0	0
羽曳野市	1	1	1	1	1,720	1,721	1,720	1,721
門真市	2	2	2	2	1,131	1,132	1,131	1,132
摂津市	0	0	0	0	6	9	6	9
高石市	0	0	0	0	4	5	4	5
藤井寺市	0	0	0	0	8	13	8	13
東大阪市	5	6	5	6	12,828	18,783	12,828	18,783
泉南市	0	0	0	0	0	0	0	0
四條畷市	0	0	0	0	2	3	2	3
交野市	0	0	0	0	0	0	0	0
大阪狭山市	0	0	0	0	0	0	0	0
阪南市	0	0	0	0	0	0	0	0
島本町	0	0	0	0	0	0	0	0
豊能町	0	0	0	0	0	0	0	0
能勢町	0	0	0	0	0	0	0	0
忠岡町	0	0	0	0	0	0	0	0
熊取町	0	0	0	0	0	0	0	0
田尻町	0	0	0	0	0	0	0	0
岬町	0	0	0	0	0	0	0	0
太子町	0	0	0	0	0	0	0	0
河南町	0	0	0	0	0	0	0	0
千早赤阪村	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	20	23	26	40	39,933	46,694	49,434	62,680

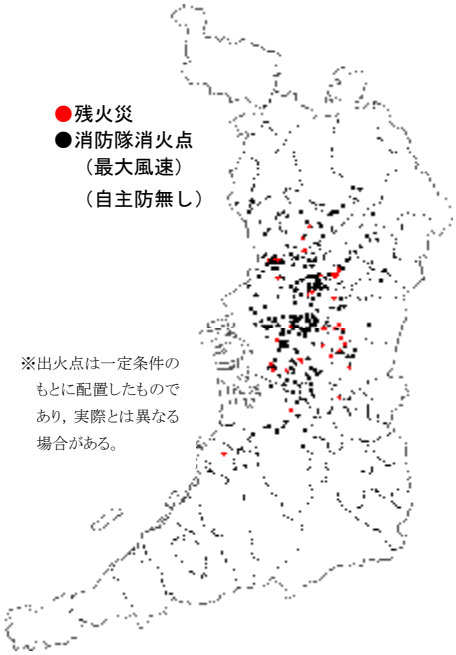


図 6.1　残火災点（最大風速）

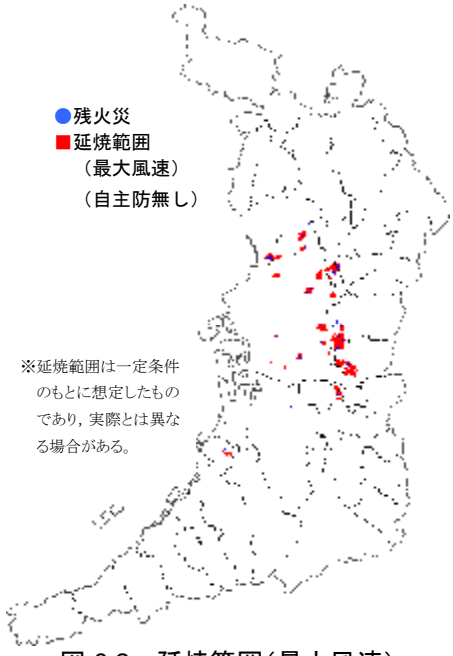


図 6.2　延焼範囲（最大風速）

付録Ⅳ－7　道路橋のフラジリティ曲線の検討

1. 検討方針

・橋脚のフラジリティ曲線について，既往検討資料（阪神高速道路公団・土木学会，2005）による RC 橋脚フラジリティ曲線と兵庫県南部地震における被災状況データより，RC 橋脚及び鋼製橋脚のフラジリティ曲線を検討する。

・この検討では，橋脚の被災度ランクを日本道路協会：道路震災対策便覧・震災復旧編(2002)に準じた 5 段階（As～D）に分類する。（表 7.1 参照）

・本編では，被災度を，①長期にわたり通行支障の可能性あり，②短期的に通行支障の可能性有り，③部分的な被害を受けるが当面の通行は可能，の 3 区分としている。概ね，被災度①がランク As，被災度②がランク A，被災度③がランク B に相当している。ランク C 以下は，軽微な被害であり，通行支障はないと考えられる。

・なお，被災度①の発生については，複数の被災要因が重ねっていると考えられ，その損傷確率を地震動強度のみに一義的に対応づけるのは適当ではなく，兵庫県南部地震時の橋梁被害のランク As と A 以上の発生割合等を勘案し，過去の実態に即した評価法を考慮する。

・フラジリティ曲線は，橋脚構造と耐震設計法（耐震補強有無）による 4 区分とする。

ⅰ）橋脚構造による分類

・RC 橋脚，鋼製橋脚

ⅱ）耐震設計法（耐震補強有無）による分類

・震度法耐震設計（耐震補強なし），保有耐力法耐震設計（又は，補強あり）

表 7.1　道路震災対策・震災復旧における被災度の定義

被災度	定　　義
As	倒壊したもの 損傷変形が著しく大きなもの
A	亀裂，座屈，鉄筋の破断等の損傷，または変形が大きなもの （落橋等致命的な二次災害の可能性があるもの）
B	鋼材の座屈や部材の変形が部分的にみられるもの 鉄筋の一部の破断やはらみだし及び部分的な被りコンクリートの剥離や亀裂がみられるもの （余震，活荷重による損傷の進行がなければ，当面の利用が可能なもの）
C	鋼材の座屈や変形が局部的かつ軽微なもの ひび割れの発生や局部的な被りコンクリートの剥離がみられるもの （短期的には耐荷力に影響のないもの）
D	損傷がないか，あっても耐荷力に影響のない極めて軽微なもの

※被災度の分類は基本的に構造部材の残留耐力や変形性能に基づいて求めたものである

※（　）内に阪神高速道路株式会社の定義を追記

2. フラジリティ曲線の検討

①地震動強度評価指標（SI’）

構造物の損傷に相関のある地震強度の指標についてはいくつかの提案があり，代表的なものとしては最大加速度，SI 値，最大応答加速度等があげられる。ここでは，応答塑性率と最も相関のよい地震強度の指標として SI 値を用いた整理を行う。都市内高速道路高架橋に着目した場合，固有周期が 0.2～1.2sec の間に集中しているため，応答速度の積分範囲を周期 T=0.2～1.2sec に絞った修正スペクトル強度 SI’を設定する。

修正スペクトル強度：　$SI' = \int_{0.2}^{1.2} S_n(T,\ h = 20\%)dT$

②非線形応答解析による橋脚のフラジリティ曲線

前記既往資料では，RC 橋脚のデータセットと地震動データセットを元に，非線形解析により橋脚の応答塑性率を求め，統計処理して累積損傷確率曲線を求めている。（図 7.1）

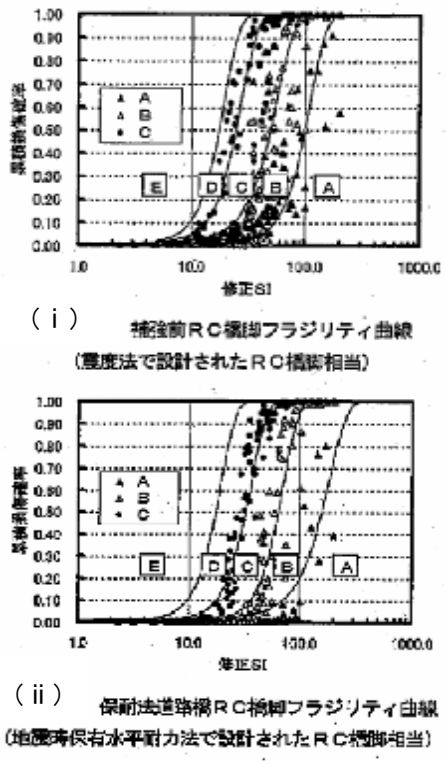


表 7.2　被災程度と地震応答の関係

（μr：応答塑性率，μu：じん性率）

ランク	被害程度	判定基準
E	無被害	
D	伸縮装置，支承等の一部が損傷する可能性あり	上部工加速度 Acc>300gal
C	構造物が損傷中	μr>1.0
B	構造物の損傷大（要補修）	μr>2
A	構造物の損傷大（要補修・補強）	μr>μu

図 7.1　RC 道路橋のフラジリティ曲線

（標準正規分布・対数表示，阪神高速道路公団・土木学会，2005）

③フラジリティ曲線の立ち上がり部の形状に関する参考データ

兵庫県南部地震における阪神高速 3 号神戸線，5 号湾岸線の橋脚の被災状況と沿線での SI’値より，実際の被害と当該地点の SI’値の関係から，フラジリティ曲線の立ち上がり部（当該水準の被害が発生する地震動 SI’値の目安）に関する参考として下記の検討を行った。

検討ケース	被害	区分
ケース１	ランク A 以上	震度法耐震設計（耐震補強なし）
ケース２	〃	保有耐力法耐震設計（耐震補強あり）
ケース３	ランク B 以上	震度法耐震設計（耐震補強なし）
ケース４	〃	保有耐力法耐震設計（耐震補強あり）

＜ランク A 以上の被害率曲線の立ち上がりに関する参考 SI'値＞

・ケース 1：阪神高速 3 号神戸線のうち，ランク A 以上の被害が発生しなかったエリアである西宮市－尼崎市（武庫川）付近から数箇所抽出し，SI'の最大値を求めた。（SI'≒60）

・ケース 2：阪神高速 5 号湾岸線で，ランク A 以上の被害が発生しなかったエリアの主な 5 橋梁を対象として，SI'の最大値を求めた。（SI' ≒100）

＜ランク B 以上の被害率曲線の立ち上がりに関する参考 SI'値＞

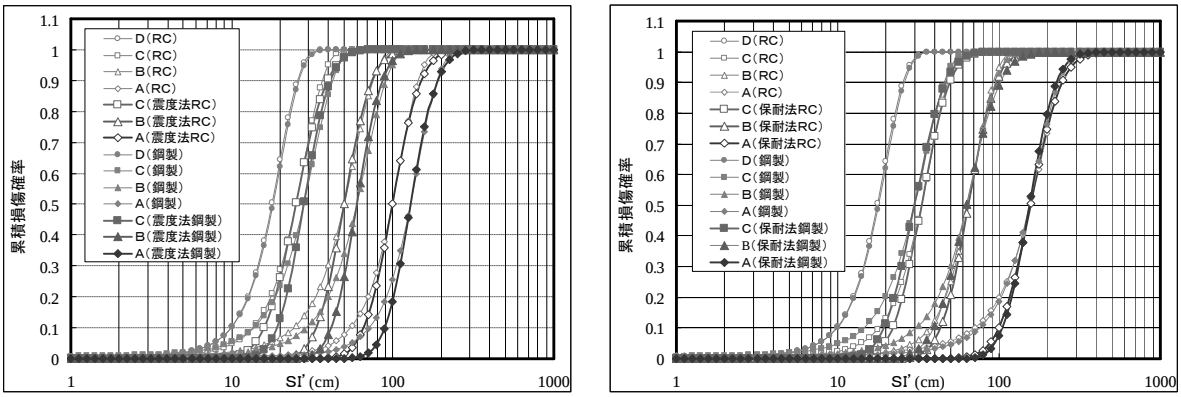
・ケース 3：阪神高速 3 号神戸線のうち，大阪地区でランク B 以上の被害が発生しなかったエリアである大和田～姫島間を対象として，SI'の最大値を求めた。（SI' ≒35）

・ケース 4：阪神高速 5 号湾岸線のうち，ランク B 以上の被害が発生しなかったエリアである新淀川橋を対象として，SI' の最大値を求めた。（SI' ≒45）

「立ち上がり部が図 7-1 に比べ過小傾向にある」→「本被害想定では対数正規分布に修正」

④フラジリティ曲線の設定

前記既往資料及び兵庫県南部地震の被災データをもとに，RC 橋脚の被災度ランク A 以上，B 以上，C 以上の累積損傷確率を，修正スペクトル強度 SI'に対し，常用対数（$X=\log_{10}SI'$）の正規分布曲線により描画した（図 6.2(a)，(b)）。なお，鋼製橋脚については，淡路大震災の被災データをもとに，RC 橋脚と鋼製橋脚のランク別被災を比較して，適切に設定した。図中，RC の薄黒細線は，前記既往資料による。



(a)震度法耐震設計（耐震補強なし）　(b)保有耐力法耐震設計（耐震補強有り）

図 7.2　道路橋のフラジリティ曲線の比較

⑤道路橋のフラジリティ曲線

本編に示したフラジリティ曲線の被災度②以上，被災度③以上の曲線は，上記ランク A 以上，B 以上の曲線に対応している。被災度①の橋脚被害については，地震動強度との一義的対応付けは適切ではないと考え，兵庫県南部地震時の橋梁被害のランク As と A 以上（As+A）の被害橋脚数の比率（33.2%）を考慮して求めることとした。

【参考文献】

阪神高速道路公団・土木学会：地震リスク評価に基づく道路橋の耐震設計に関する研究，2005

日本道路協会：道路震災対策便覧・震災復旧編，2002

【参考データ】兵庫県南部地震における橋脚の被災状況

（出典：阪神・淡路大震災調査報告，H8 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会）

1) 調査対象橋

・調査範囲：川西市，宝塚市，伊丹市，尼崎市，西宮市，芦屋市，神戸市

・対象路線（種別）：一般国道，高速自動車国道，阪神高速道路

2) 橋脚の準拠基準による分類

路線名		準拠した設計基準等				計
		昭和39年もしくはそれ以前	昭和46年	昭和55年	平成2年	
直轄国道	国道2号	43（37%）	72（63%）	0（ 0%）	0（ 0%）	115（100%）
	国道43号	152（100%）	0（ 0%）	0（ 0%）	0（ 0%）	152（100%）
	国道171号	158（100%）	0（ 0%）	0（ 0%）	0（ 0%）	158（100%）
	国道176号	13（65%）	2（10%）	5（25%）	0（ 0%）	20（100%）
	小計	366（82%）	74（17%）	5（ 1%）	0（ 0%）	445（100%）
阪神高速	3号神戸線	890（80%）	216（20%）	0（ 0%）	0（ 0%）	1106（100%）
	5号湾岸線	0 （0%）	0 （0%）	289（84%）	56（16%）	345（100%）
	小計	890（61%）	216（15%）	289（20%）	56（ 4%）	1451（100%）
高速国道	名神	1039（100%）	0（ 0%）	0（ 0%）	0（ 0%）	1039（100%）
	中国	461（100%）	0（ 0%）	0（ 0%）	0（ 0%）	461（100%）
	小計	1500（100%）	0（ 0%）	0（ 0%）	0（ 0%）	1500（100%）
総 計		2756（81%）	290（ 9%）	294（ 9%）	56（ 2%）	3396（100%）

3) 橋脚の準拠基準年次別被災状況

・橋脚の被災状況の集計は，5 ランクの被災度別に鋼製橋脚および RC 橋脚の区分で集計を行っている。

・昭和 46 年「道路橋耐震設計指針」以前の基準が適用された橋脚においては，被災度ランクが B 以上と判定された橋脚は 3048 橋脚中 431 橋脚で 14%である。一方，昭和 55 年「道路橋示方書」以後の基準が適用された橋脚においては，B と判定された橋脚は 350 橋脚中 14 橋脚で 4%になっており，被災度ランク A 以上の橋脚はない。

構 造	準拠基準年次	橋 脚 の 被 災 度					合 計
		As	A	B	C	D	
鋼製橋脚	昭和39年以前	4（ 4%）	11（10%）	9（ 8%）	72（67%）	12（11%）	108（100%）
	昭和46年	0（ 0%）	0（ 0%）	14（13%）	45（43%）	45（43%）	104（100%）
	昭和55年	0（ 0%）	0（ 0%）	11（ 9%）	19（15%）	97（76%）	127（100%）
	平成2年	0（ 0%）	0（ 0%）	2（13%）	2（13%）	12（75%）	16（100%）
	小 計	4（ 1%）	11（ 3%）	36（10%）	138（39%）	166（47%）	355（100%）
鉄筋コンクリート橋脚	昭和39年以前	78（ 3%）	155（ 6%）	143（ 5%）	672（25%）	1600（60%）	2648（100%）
	昭和46年	1（ 1%）	1（ 1%）	15（ 8%）	63（34%）	106（57%）	186（100%）
	昭和55年	0（ 0%）	0（ 0%）	1（ 1%）	22（13%）	144（86%）	167（100%）
	平成2年	0（ 0%）	0（ 0%）	0（ 0%）	0（ 0%）	40（100%）	40（100%）
	小 計	79（ 3%）	156（ 5%）	159（ 5%）	757（25%）	1890（62%）	3041（100%）
合 計	昭和39年以前	82（ 3%）	166（ 6%）	152（ 6%）	744（27%）	1612（58%）	2756（100%）
	昭和46年	1（ 0%）	1（ 0%）	29（10%）	108（37%）	153（53%）	290（100%）
	昭和55年	0（ 0%）	0（ 0%）	12（ 4%）	41（14%）	241（82%）	294（100%）
	平成2年	0（ 0%）	0（ 0%）	2（ 4%）	2（ 4%）	52（93%）	56（100%）
	小 計	83（ 2%）	167（ 5%）	195（ 6%）	895（26%）	2056（61%）	3396（100%）

付録Ⅳ－8　水道被害の想定方法

1. 断水率・断水人口（世帯）の想定方法

（1）算定フロー

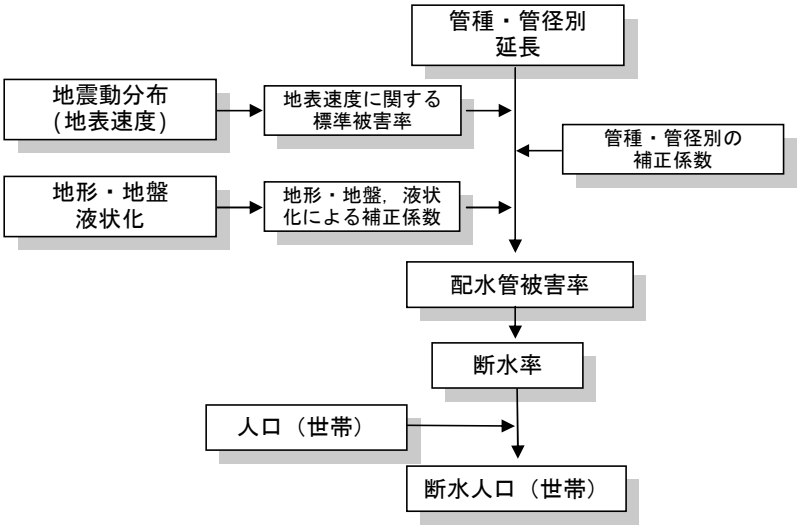


図 8.1　上水道の被害想定フロー

（2）算定式

① 配管被害率　Rm【箇所/km】

$$Rm = Cp \cdot Cd \cdot Cg \cdot Cl \cdot R(PGV)$$

② 標準被害率　R(PGV)【箇所/km】

$$R(PGV) = 3.11 \times 10^{-3} \times (PGV - 15)^{1.30}$$

PGV：地表速度【cm/s】

③ 管種による補正係数　Cp

管種	記号	係数値 Cp
ダクタイル鋳鉄管(*)	DIP	0.3
鋳鉄管	CIP	1.0
硬質塩化ビニール管	VP	1.0
鋼管	SP	(0.3)
石綿セメント管	ACP	(1.2)

(*) 耐震継手は除く

④ 管径による補正係数　Cd

管径	係数値 Cd
φ75	1.6
φ100～150	1.0
φ200～450	0.8
φ500～800	0.5

⑤ 地形・地盤による補正係数　Cg

地形・地盤	係数値Ｃｇ	備　　考
改変山地	1.1	山地・丘陵地の造成地で，次の「丘陵地」よりも造成の程度の軽いもの。
改変丘陵地	1.5	丘陵地を切盛りで大規模に造成したもの。
谷・旧水部	3.2	丘陵地・大地に刻み込まれた細い谷地形，一般に造成を伴う。
沖積平野	1.0	一般の沖積平野で，次の「その他」の区分に含まれないもの。
良質地盤	0.4	①山地・丘陵地・台地等良質な地盤で人口改変を伴わないもの。 ②沖積平野で地表近くまで十分にしまった（N値 15 以上）のもの。

⑥ 液状化による補正係数　Cl

液状化の程度	係数値Ｃl	備　　考
液状化なし	1.0	液状化の可能性なし
液状化程度　中	2.0	液状化の可能性あり。液状化指数 P_L では， $5 \leqq P_L < 15$ の区分
液状化程度　大	2.4	顕著な，ないしは全面的な液状化 $P_L \geqq 15$ の区分

⑦ 断水率　D

$D = 1/\{1+0.307 \times Rm^{-1.17}\}$

⑧ 断水人口（世帯）　DJ【世帯】

DJ = D×人口（世帯）

2. 復旧日数

復旧箇所 F【箇所】

F ＝ Rm（配管被害率）×施設延長

復旧人員：大阪府の上水道業従事人数で被災者を考慮し 1/3 程度とする。

また，震源の位置を考慮した近隣府県からの応援が可能とする。

ただし，東南海・南海地震では，近隣からの応援はないものとする。

作業効率：0.10 箇所/人･日（配水管の復旧効率相当）