

既往の被害率曲線のまとめ

正会員 ○佐藤一郎*
 正会員 矢代晴実*
 正会員 太田孝平**
 正会員 福島誠一郎**

被害率曲線 被害モード 地震動指標

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、被害率曲線あるいは被害関数という名称で、建物の損傷度解析が行われている。被害率曲線の多くは、被害地域における被害建物数から統計的処理によって求められたもので、建物群の損傷度曲線と読み替えることが出来る。

このような被害曲線は、例えば、地域の地震被害想定や地震リスクマネジメントする上で有効なものであるが、提案されている被害曲線は、研究者により大きく異なり、現実には被害想定やリスクマネジメントに適用する場合には、より一層の検討が必要である。特に、研究者間の相違は、評価の不確実性と捉えられることから、その程度を把握することは地震リスクの定量化における推定誤差の検討に資するものである。

本研究では文献調査に基づき、既存の被害率曲線について調査・整理を行なった。

2. 調査方法

1965年12月～2004年12月までの論文集（論文報告集を含む）、技術報告集、大会講演梗概集等を整理したところ、構造種別ではRC造が半数を占めていることがわかった。本研究では、非木造の被害率曲線に関する文献の整理を行なった。調査対象とした文献の一覧を表1に示す。また、各文献で求められている損傷度曲線の整理結果を表2にまとめた。なお、文献により、被害率曲線に関する表記が異なるため、以下の方針により整理を行った。

被害率曲線は、確率分布形とその変数で記述し、変数が記載されていない場合には、被害率曲線から変数を推定する。

被害モードについては、小破、中破、大破の3モードを設定し、研究者によって異なる表記は、「軽微、一部損、罹災」を小破、「半壊、全半壊」を中破、「倒壊、全壊」を大破に割り当てた。

3. 整理結果

表2からも明らかなように、地震動指標としてはPGVを用いるものが多い。文献3から6は、PGV以外の指標を用いているが、この内文献4と6は、地震動解析に基づく地震動指標の比較検討であり、実記録からの回帰という観点ではPGVを用いる場合がほとんどである。

被害率曲線の分布は地震動指標として震度を用いる場合には正規分布、他の場合には対数正規分布である。例えば、河角式によれば震度はPGAの対数に比例するとされていることから、分布形に関しては研究者によらず、その考え方は同一である。

被害モードについては、被害事例に基づく評価の場合には中破以上がほとんどである。これは、被害モードの抽出可能性によるもので、小破のような軽微な損傷に対する被害率曲線推定の困難さを示している。

4. リスクマネジメントに向けての課題

損傷モードの中央値に関しては、研究者間で大きく異なる結果になっている。また、ばらつきに関しては、特に統計的な方法と解析的な方法で、評価の差が大きくなっている。

リスクマネジメントにおいては、評価の不確実性を定量化することが多い。上記の評価誤差をどのように解釈し、定量化していくかが今後の課題である。

表1 被害率曲線に関する既往文献一覧

文献No.	著者	文献名	出典
1	村尾修, 山崎文雄	自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数	構造系論文集 No.527, P.189, 2000.1
2	林康裕, 宮腰淳一, 田才 晃, 大野善照	1995年兵庫県南部地震におけるRC造建物群の耐震性能	構造系論文集 No.528, P.135, 2000.2
3	佐伯琢磨, 翠川三郎	住宅建物の経済被害評価のための被害関数の作成	構造系論文集 No.545, P.79, 2001.7
4	増田有周, 長戸健一郎, 川瀬博	RC造建物の地震応答解析結果に基づく被害関数構築に関する研究	構造系論文集 No.558, P.101, 2002.8
5	嘉嶋崇志, 高田至郎, 水越薫, 石田寛, 田上淳, 早坂治	兵庫県南部地震による建物被害の分析 その2 建物フラジリティ曲線の評価	大会梗概集, B-2分冊, p.3, 1996
6	中村敏治, 中村孝明	地震応答解析による地震損傷度曲線(SFC)のばらつき情報と地震動指標	大会梗概集, B-1分冊, p.39, 2000
7	林康裕	兵庫県南部地震におけるSRC造建物被害の統計的解析 (保育性能と目標性能)	大会梗概集, B-2分冊, p.47, 2000
8	宮腰淳一, 神原浩, 福和伸夫, 山口司	構造的な被災度判定基準に基づく被害率曲線	大会梗概集, B-2分冊, p.25, 2003

Summary of the past researches on vulnerability functions

Ichiro SATO*, Harumi YASHIRO*
 Kohei OHTA**, Sei'ichiro FUKUSHIMA**

表2 被害率曲線の特性値一覧

文献No.	建物概要			地震動指標 ¹⁾	確率分布形	被害モード							
	構造種別	階数	年代			小破		中破		大破			
						中央値	変動 ²⁾	中央値	変動 ²⁾	中央値	変動 ²⁾		
1	RC	-	-1971	PGV	対数正規分布			112	0.69	167	0.65		
			1972-81	PGV	対数正規分布			128	0.61	206	0.58		
			1982-94	PGV	対数正規分布			206	0.79	403	0.79		
			全年代	PGV	対数正規分布			147	0.72	148	0.71		
	S	-	-1971	PGV	対数正規分布			70	0.71	104	0.62		
			1972-81	PGV	対数正規分布			89	0.55	144	0.49		
			1982-94	PGV	対数正規分布			150	0.73	281	0.73		
			全年代	PGV	対数正規分布			109	0.67	171	0.63		
2	RC (Non-Pilot)	2-5	-1971	PGV	対数正規分布	330	1.27	392	0.90	567	1.02		
			1972-81	PGV	対数正規分布	596	1.47	1012	1.23	508	0.71		
			1982-	PGV	対数正規分布	750	1.04	1153	0.88	1108	0.80		
		6-7	1972-81	PGV	対数正規分布	176	0.53	189	0.32	196	0.26		
			1982-	PGV	対数正規分布	354	1.25	226	0.35	446	0.60		
			1982-	PGV	対数正規分布	151	0.96	191	0.49	473	0.73		
	RC (All)	-	-1971	PGV	対数正規分布	293	1.25	361	0.94	483	0.98		
			1972-81	PGV	対数正規分布	314	1.14	416	0.92	327	0.58		
			1982-94	PGV	対数正規分布	469	1.06	358	0.57	483	0.58		
			全年代	PGV	対数正規分布	344	1.05	450	0.88	652	0.94		
			非木造		-	震度	正規分布	5.48	0.11	6.46	0.12	7.07	0.12
			4	RC	3	旧耐震	PGA	対数正規分布					954
PGV	対数正規分布									138	0.29		
SI	対数正規分布									378	0.33		
新耐震	PGA	対数正規分布								875	0.09		
	PGV	対数正規分布								163	0.28		
	SI	対数正規分布								381	0.22		
6	旧耐震	PGA			対数正規分布					848	0.28		
		PGV			対数正規分布					117	0.12		
		SI			対数正規分布					315	0.19		
	新耐震	PGA			対数正規分布					748	0.03		
		PGV			対数正規分布					136	0.18		
		SI			対数正規分布					314	0.06		
9	旧耐震	PGA		対数正規分布					701	0.27			
		PGV		対数正規分布					115	0.28			
		SI		対数正規分布					282	0.27			
		新耐震		PGA	対数正規分布					788	0.15		
				PGV	対数正規分布					128	0.15		
				SI	対数正規分布					326	0.17		
	12	旧耐震		PGA	対数正規分布					765	0.17		
				PGV	対数正規分布					145	0.27		
				SI	対数正規分布					348	0.25		
		新耐震		PGA	対数正規分布					745	0.27		
				PGV	対数正規分布					127	0.29		
				SI	対数正規分布					311	0.29		
5	全建物	-	-	PGA	対数正規分布	600	0.16	690	0.14	710	0.12		
				震度	正規分布	5.14	0.12	5.26	0.11	5.30	0.10		
6	RC	3	-	PGA	対数正規分布	182	0.70	292	0.76	986	0.67		
				PGV	対数正規分布	17	0.53	30	0.21	75	0.32		
				SA	対数正規分布	322	0.12	475	0.18	1508	0.05		
		7	-	SV	対数正規分布	47	0.10	66	0.20	203	0.12		
				PGA	対数正規分布	308	0.73	546	0.45	1652	0.60		
				PGV	対数正規分布	31	0.27	44	0.28	116	-		
	11	-	SA	対数正規分布	308	0.17	557	0.26	1690	-			
			SV	対数正規分布	65	0.11	110	0.22	313	-			
			PGA	対数正規分布	449	0.48	77	0.63	-	-			
			PGV	対数正規分布	36	0.14	57	0.29	-	-			
			SA	対数正規分布	217	0.35	381	0.05	-	-			
			SV	対数正規分布	71	0.12	105	0.10	-	-			
7	SRC	7-15	-1970	PGV	対数正規分布	67	0.40	92	0.38	114	0.42		
			1971-80	PGV	対数正規分布	78	1.04	134	0.47	172	0.43		
			1981-	PGV	対数正規分布	107	1.39	211	0.68	354	0.63		
			-1971	PGV	対数正規分布	392	0.90	567	1.02	567	1.02		
8	RC	2-5	1972-81	PGV	対数正規分布	1012	1.23	508	0.71	508	0.71		
			1982-	PGV	対数正規分布	1153	0.88	1108	0.80	1108	0.80		
			-1971	PGV	対数正規分布	202	0.68	260	0.79	260	0.79		
		6-7	1972-81	PGV	対数正規分布	189	0.32	196	0.26	196	0.26		
			1982-	PGV	対数正規分布	226	0.35	446	0.60	446	0.60		
			-1971	PGV	対数正規分布	148	0.53	209	0.71	209	0.71		
		8-12	1972-81	PGV	対数正規分布	147	0.38	213	0.52	213	0.52		
			1982-	PGV	対数正規分布	191	0.49	473	0.73	473	0.73		
			-1981	PGV	対数正規分布	126	0.61	211	0.78	211	0.78		
			3-4	1982-	PGV	対数正規分布	215	0.39	281	0.48	281	0.48	
				-1981	PGV	対数正規分布	124	0.73	235	0.97	235	0.97	
				1982-	PGV	対数正規分布	237	0.60	330	0.67	330	0.67	
	S	5-6	-1981	PGV	対数正規分布	82	0.58	158	0.91	158	0.91		
			1982-	PGV	対数正規分布	171	0.53	242	0.62	242	0.62		
			-1981	PGV	対数正規分布	122	0.64	213	0.84	213	0.84		
		全階数	1982-	PGV	対数正規分布	230	0.58	317	0.65	317	0.65		
			全年代	PGV	対数正規分布			121	0.70	281	0.84		

¹⁾ PGA: 最大加速度, PGV: 最大速度, SA: スペクトル加速度, SV: スペクトル速度, SI: SI値
²⁾ 対数正規分布の場合は自然対数標準偏差, 正規分布の場合は変動係数を記載している。

*東京海上日動リスクコンサルティング(株)
 **東電設計(株)

*Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd
 **Tokyo Electric Power Services Co., Ltd