I-B 354　兵庫県南部地震による震災波及構造について

日本道路公団　○松井　欣嗣
豊橋技術科学大学　正会員　栗林　栄一
豊橋技術科学大学　石掛　晴孝

1.はじめに

近年、都市域への人口・社会活動の集積に伴い、地震災害は構造物の被害を中心とする震害型から、構造物の被害に起因する各種災害が連鎖的に波及する都市型へと変化している。都市型震災を軽減するためには、単に個々の施設の震災対策だけでなく、都市域における震災波及プロセスを考慮して、都市全体としての防災性を高める震災対策を実施する必要がある。

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、都市域に起こった都市型地震であり、神戸市を中心に道路、高速道路、鉄道、港湾、建築物などに多大な物的被害をもたらした。また、電力、ガス、上下水道、通信等のライフライン施設の機能損傷は、住民生活や生産活動、都市機能に大きな影響を与えた。

ここでは、神戸市を中心とする被災状況をもとに、都市基盤施設の物的被害が都市機能に影響を及ぼすまでの震災波及構造及び、震災波及の原因となった災害事象（最下層要因）を明らかにする。

2.兵庫県南部地震により生じた災害事象

災害事象の抽出については、兵庫県南部地震関連の被害報告書及び、新聞記事（朝日、毎日、読売、日経、産経新聞の1995年1月17日 夕刊～1995年2月28日 夕刊）を用いた。災害事象の表現は、被害報告書及び新聞記事の表現の統一、事象の結合及び削除により、表-1に示す141件の災害事象にまとめられた。

表-1　兵庫県南部地震により生じた災害事象

NO	災害事象	NO	災害事象	NO	災害事象	NO	災害事象	NO	災害事象	NO	災害事象
1	地震が発生	25	駅舎、ホームが崩壊	49	人が死亡	73	地盤が軟弱	97	避難所を設置	121	下水処理場が損傷
2	電力施設が損傷	26	古い木造住宅が多い	50	人が負傷	74	給水所に長蛇の列	98	避難所が満杯	122	工場内設備、在庫品が損傷
3	地滑りが発生	27	社員の出社が困難	51	下水処理が困難	75	下水管が破損	99	避難所・テント生活を行う	123	水が不足
4	住民がﾊﾟﾆｯｸ状態	28	岸壁が沈下	52	住民が疲労困窮	76	仮設トイレを設置	100	補強工事が未着工	124	宅配、配達業務がマヒ
5	鉄道高架橋が損壊	29	コンテナが海に流出	53	高速道路の老朽化	77	トイレが使用不能	101	火災発生箇所が多い	125	瓦礫の撤去作業を行う
6	走行中の車が落下	30	側方流動が発生	54	住民が避難	78	風呂に入れない	102	ｶﾞｽ爆発事故発生	126	ﾃﾞﾏが流れる
7	車が下敷きになる	31	コンテナﾊﾞｰｽが使用不能	55	家具の下敷きになる	79	臨時船を運行	103	製品の納入が困難	127	建物内の備品が倒れる
8	高速道路が倒壊	32	クレーン設備が破損	56	人が生き埋め	80	電話交換機が故障	104	消防車、救急車が不足	128	家屋の倒壊・半壊
9	道路が隆起・陥没	33	輸出入港を変更	57	資機材、部品が不足	81	電話線が切断	105	人が疎出される	129	仕事を失う
10	がれきが道路に散乱	34	地下鉄構内が損壊	58	窓ｶﾞﾗｽが破損	82	電話が輻輳	106	消火作業が難航	130	手抜き工事、施工不良
11	道路が通行止め	35	代替ﾊﾞｽを運行	59	部品調達が難航	83	通話を規制	107	救助活動を行う	131	ﾋﾞﾙが倒壊・半壊
12	渋滞が発生	36	空港、人工島が孤立	60	LPGを移送	84	仮設トイレが不足	108	救助が難航	132	家具が散乱
13	交通規制が行われる	37	航空臨時便を出す	61	医療品が不足	85	連絡が取れない	109	ｺﾞﾐが路上に山積み	133	雨が降る
14	地盤が沈下	38	家を失う	62	病院が損壊	86	公衆電話を設置	110	人口・住宅が密集	134	住民に避難勧告
15	LPGタンクに亀裂	39	地盤が液状化	63	輸出入に支障	87	公衆電話に行列	111	建物内への立入禁止	135	ﾋﾞｼﾞﾈｽ活動が遅滞
16	電車が不通	40	土砂崩れが発生	64	ｶﾞｽ漏れが発生	88	被災地に電話が殺到	112	海空で救援物資を輸送	136	情報が不足
17	被災地から脱出する	41	余震が続く	65	ｶﾞｽが供給停止	89	商品が散乱	113	建物内に閉じこめられる	137	料理ができない
18	食料が不足	42	停電が発生	66	ｶﾞｽ管が破損	90	火災が発生	114	構造物の強度が弱い	138	道路が冠水
19	信号機が損傷	43	コンﾋﾟｭｰﾀが停止	67	ｶﾞｽが使用不能	91	ｽｰﾊﾟｰなどに買い出し殺到	115	復旧作業が遅れる	139	救援物資到着が遅れる
20	消防車が現場に行けず	44	電柱が倒壊	68	水道管が破損	92	百貨店などが臨時休業	116	学校が休校	140	耐震規準を見直し
21	ﾌﾞﾛｯｸ塀が倒壊	45	病院にけが人殺到	69	断水が発生	93	衛生・精神面でストレス	117	自衛隊、機動隊を派遣	141	工場を他地域に移す
22	電車が脱線	46	医者、看護婦が不足	70	水が漏水	94	食料品、飲料水が完売	118	工場が損壊		
23	火災が続く	47	銀行が業務停止	71	給水車が出動	95	仮設住宅を建設	119	工場が操業停止		
24	線路が陥没	48	余震におびえる	72	ｶﾞｽ管に水が流入	96	自動預払機が使用不能	120	生産活動が遅滞		

注）中抜き数字は条件的災害事象，□ 内の数字は最下層要因

3.兵庫県南部地震による震災波及構造

今回の解析には、システム分析手法の一手法であるISM(Interpretive Structural Modeling)法を用いた。ISM手法による震災波及モデルは、災害が波及するプロセスを下方から上方に階層状に表現でき、また、最も下層に位置する災害事象を震災波及の最下層要因として同定することができる。解析に必要な災害事象間の因果関係は以下の手順で設定した。

1)災害事象を要素事象とする141×141の因果関係マトリクスを作成した。
2)因果関係マトリクスの全ての組み合わせに対して一対比較を行い、因果関係があるかどうかを1（関係あり）または0（関係なし）で判定した。判定に際しては、被害報告書や新聞記事に因果関係が明記されているかどうかを基準とした。
3)因果関係マトリクスをデータとし、ISM手法により解析を行った。

以上の方法により、兵庫県南部地震による震災波及モデルを作成した。この地震による震災波及は18階層から構成され、地盤への被害等から多種多様な災害へと波及している。ここでは紙面上の都合により、震災波及構造図を記載できないため、講演時に震災波及モデルについての詳細を発表する。

また、兵庫県南部地震による神戸市を中心とした震災波及の発端は、震災波及モデルの最下層要因である23件の災害事象と考えることができる。この23件の最下層要因事象が原因となって引き起こした災害事象の件数を上位10件について図-1に示す。

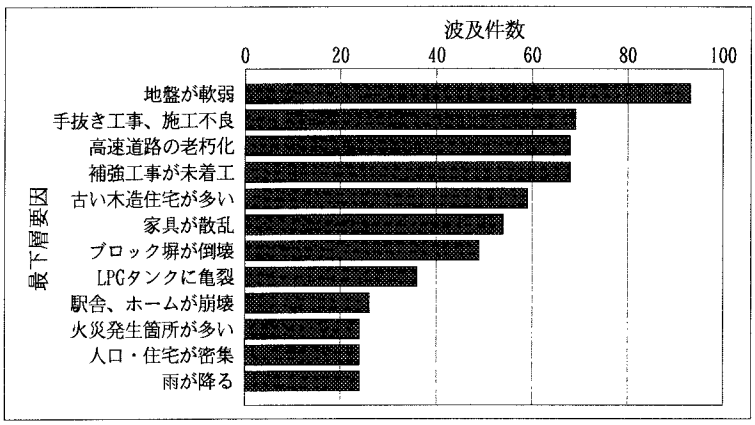

図-1　最下層要因による波及件数

今回は、地震による災害だけでなく、災害を引き起こす原因と考えられる条件的な事象を災害事象に取り入れたため、その条件的災害事象が最下層要因の多くを占めている。また、条件的な災害事象を除けば、「家具が散乱」や「ブロック塀が倒壊」といった災害事象が多くの災害を引き起こす原因になったと考えられる。

4.まとめ

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震による震災波及モデルを作成し、神戸市を中心として生じた震災波及構造及び、震災波及の原因となった最下層要因を明らかにした。以下に今回の震災波及の特徴を示す。

①引き起こした災害事象が最も多いのは、「地盤が軟弱」であり、このような地盤の条件的災害事象から「地盤の液状化」「側方流動が発生」という地盤への被害が発生し、道路施設及び地中埋設物への被害を引き起こす原因になったと考えられる。また、地中埋設物であるライフライン網への被害がライフライン機能を停止し、住民生活に非常に大きな影響を与えた。

②次に引き起こした災害事象が多いのは、「手抜き工事、施工不良」「高速道路の老朽化」「補強工事が未着工」等の条件的災害事象であり、これらが「高速道路の倒壊」を招き、「道路が通行止め」「渋滞が発生」等の災害を引き起こした。また、このような交通網への災害から「工場が操業停止」「ビジネス活動が遅滞」等の災害に波及し、経済的にも非常に大きな影響をもたらしたと考えられる。

【参考文献】

1)川島,杉田,中島:平成5年釧路沖地震が地域社会に与えた影響,第22回地震工学研究発表会講演概要pp439～442
2)（社）土木学会:速報兵庫県南部地震被害状況報告,土木学会誌編集委員会,1995年1月