道路施設の地震被害による緊急車両通行障害の損失の定量化手法に関する一検討

国土交通省国土技術政策総合研究所　正会員　○吉澤勇一郎
国土交通省国土技術政策総合研究所　正会員　　日下部毅明

１．はじめに

公共事業の意思決定に説明責任（アカウンタビリティ）が強く要求される今日、社会基盤施設の耐震性能の設定においても例外とは言えない。土木学会提言[1),2)]においては、土木施設の耐震性能について、損害回避便益と耐震化費用に基づく費用便益分析の考え方を基礎として決定することが望ましいこと、現行の耐震設計基準の社会経済的意味での合理性を確認しておくことが必要であること、またその際には被害の影響を幅広く対象として損害算定する必要があることが指摘されている。本検討では、道路施設の地震被害による緊急車両（消防車両）通行障害の損失の定量化手法を提案するとともに、モデルケースにおいて本手法を用いて試算を行った。

２．基本的な考え方

本検討では、内閣府の地震被害想定支援マニュアル[3)]（以下、内閣府マニュアル）における消防隊の消火活動の考え方を基本として、道路施設の地震被害による消防車両通行障害の損失を定量化する。内閣府マニュアルでは、消防隊が到達した時点の火災延焼規模と消防車両の消火能力を比較し、後者が勝れば消火可能としている。火災延焼規模は出火時点からの経過時間に応じて増大するため、道路の通行障害により消防隊の到達が遅れれば、本来消火可能であった出火点が消火不可能になる。本検討においては、このような出火点からの延焼により焼失する建物を、道路施設の地震被害による緊急車両通行障害損失として考え、定量化し貨幣換算する。

３．損失定量化手法の手順

本手法の手順は以下の通りである（図-1 参照）。

(1)消防署管轄エリア、対象道路の設定

(2)ノードごとの出火件数 N_i の算定：*出火件数 N_i ＝出火率*(表-1) *×建物棟数*

(3)消防力係数 P_0 の算定：次式により配置される消防隊で対応できる出火点の割合（消防力係数 P_0）を算出する。

消防力係数 P_0 ＝消防隊組数／消防署管轄エリア内出火件数

(4)ノードごとの消火不可能時の焼失棟数の算定：

消火不可能時焼失棟数＝出火件数 N_i ×一出火点当たりの焼失棟数(表-2)

(5)ノードごとの消火不可能時の焼失被害額 d_i の算定：地震被害により全損した建物の被害額は火災とは無関係であるため控除する。

消火不可能時焼失被害額 d_i ＝（焼失棟数－全損棟数）×平均延べ床面積×単位面積当たりの平均単価

(6)ノードごとの消火可能時間 t_{ci} の算定：内閣府マニュアルでは、次式が成り立つ場合、消防活動により消火可能としている。

火炎周長＜消防車両消火能力＝消防ホース口数×15[m/口]

表-3 を用いて、経過時間に応じて増大する火炎周長が、消防車両の消

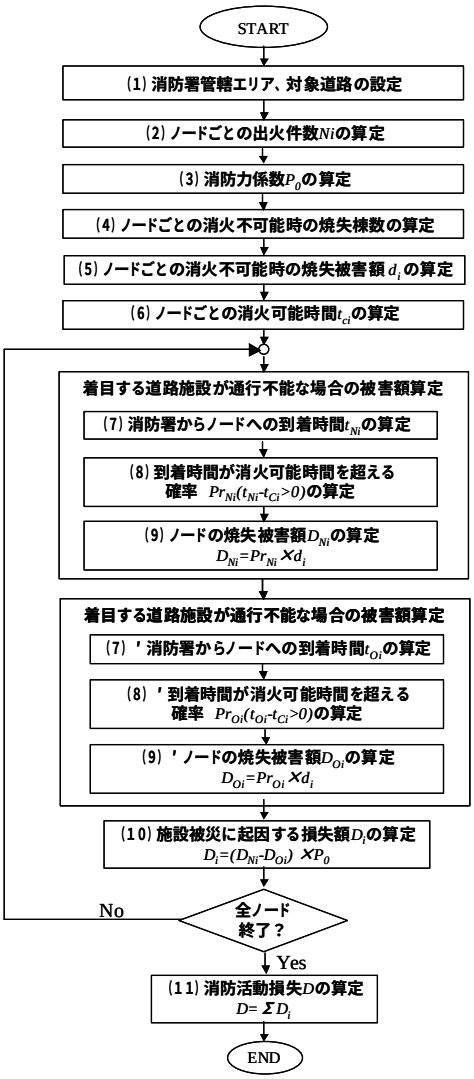

図-1　損失の定量化手法の手順

キーワード　道路施設，地震損失，緊急車両
連絡先　　〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地　国土技術政策総合研究所地震防災研究室　TEL 029-864-3245

表-1　木造建物出火率 [3)]

単位：%

全壊率	春・秋	夏	冬	平均
5	0.009	0.006	0.012	0.009
10	0.015	0.009	0.019	0.014
20	0.024	0.015	0.031	0.022
30	0.032	0.020	0.042	0.030
40	0.039	0.024	0.051	0.036
50	0.045	0.028	0.060	0.042
60	0.051	0.032	0.068	0.048
70	0.057	0.036	0.076	0.054
80	0.063	0.040	0.084	0.060
90	0.068	0.043	0.091	0.064
100	0.074	0.046	0.098	0.069

（非木造については0.512倍）

表-2 一出火点当たり焼失棟数 [3)]

単位：棟

木造率	風速(m/sec)		
	2	7	14
0.1	1	2	4
0.2	3	5	9
0.3	7	12	19
0.4	17	27	44
0.5	38	61	101
0.6	87	139	231
0.7	199	317	527
0.8	454	723	1,203
0.9	1,037	1,650	2,747
1	2,367	3,766	6,268

表-3　経過時間毎の火炎周長 [3)]

単位：m

耐火造率	風速	出火からの経過時間（分）					
		10	20	30	40	50	60
20%	2m/s	27	55	85	114	144	175
	7m/s	31	64	98	133	169	207
	14m/s	34	69	107	145	185	227
40%	2m/s	20	41	63	85	107	129
	7m/s	23	48	73	99	126	154
	14m/s	25	52	80	109	138	169
60%	2m/s	13	27	42	56	70	85
	7m/s	16	32	48	65	83	100
	14m/s	17	35	53	72	92	112

火能力を超える時間（＝消火可能時間 t_{ci}）を算出。

(7)ノードごとの消防署からの到着時間 t_i の算定：東京消防庁 [4)]による災害時の走行速度 15km 等を参考に算出。

(8)ノードごとの到着時間が消火可能時間を越える確率 Pr_i の算定：t_i と t_{ci} を比較し、$Pr_i(t_i>t_{ci})$を算出。

(9)ノードごとの焼失被害額の算定：*焼失被害額 D_{Ni},D_{Oi} ＝消火可能時間超過確率 Pr_i ×消火不可能時焼失被害額 d_i*

(10)ノードごとの道路施設被災に起因する損失額 D_i の算定：ノードの焼失額を、着目する道路施設が通行不能な場合 N と通行可能な場合 O で算出し、次式により算出する。

施設被災に起因する損失額 D_i =(通行不能時の被害額 D_{Ni} −通行可能時の被害額 D_{Oi}) ×消防力係数 P_0

(11)道路施設被災による消防車両通行障害損失 D の算定：全ノードの D_i の総和を取る。$D=\sum D_i$

４．本手法による試算

神戸市の道路網を参考に図-2 のような道路網を仮定し、橋梁の地震被害による消防車両通行障害損失の試算を行った。ノード 10 に消防署、ノード 10-13 間に橋梁があり、この橋梁が地震被害により通行不能となる場合を想定する。風速は 2m/s、建物全壊率は 10%と仮定した。また、消防署には２隊の消防車両（ホースは１隊２口 [5)]）が配置されており、出動時間等は 10.5 分 [6)]、各ノードへは最短距離を速度 15km/h で到達するとした。

－試算条件－
建蔽率：42.4%、平均隣棟間隔：3.8m、建物の平均一辺：7.1m
木造率：80%、非木造率：20%
一棟辺り床面積：96.1m2（木造）、59.5m2（非木造）
床面積辺り単価：108,000円/m2（木造）、125,000円/m2（非木造）

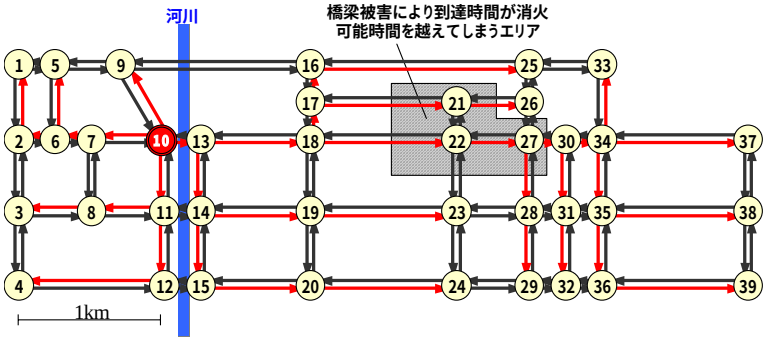

図-2 試算における道路網のモデル（赤矢印は最短距離経路）

消火可能時間は、火炎周長がホース４口で消火可能な 60mを超える 21.5 分（表-3 より）である。さらに、各ノードへの到達時間を、橋梁が通行可能な場合と不能な場合で算出し比較すると、橋梁の通行障害により消火可能時間 21.5 分を越えてしまうノードは 21, 22, 27 の３つとなった。これらのノードの分担消火エリアの面積は 343,750m^2（図-2 中の斜線部）、エリアからの出火件数は 0.45 件、この出火による延焼棟数は 204.3 棟となり、橋梁の消防車両通行障害による損失額は 1.92 億円となった。

５．おわりに

救護可能時間を利用して同様の考え方を用いれば、救急車両の通行障害損失についても定量化及び貨幣換算が可能であると考えられる。

参考文献

１）土木学会：土木構造物の耐震設計法等に関する第３次提言，2000.6　２）土木学会：災害リスク研究の最前線と社会への提言，2000.7　３）内閣府：地震被害想定支援マニュアル，http://www.bousai.go.jp/manual/manual.html　４）東京消防庁：東京都の地域別延焼危険度と対策について（その１），1974　５）川崎市：川崎市地震被害想定調査報告書，1988　６）埼玉県：埼玉県地震被害想定調査報告書，1998.3