

第6章 リスク評価

6.1 建物のリスク評価

集合住宅、戸建住宅、学校、病院の被害関数は、主に 1988 年スピタク地震による被害をもとにして作成した。したがって、被害関数の作成に当たっては暗黙のうちに 1988 年時点における建物の強度を前提としていることになる。しかし 1988 年から 20 年以上が経過し、そのほとんどが 1991 年以前に建てられたエレバンの建物の経年劣化を考えなくてはならない。また、独立以降、住宅のメンテナンスが独立以前と比べて貧弱になっており、現実的な被害想定のためにはこれらの要素を取り込むことが求められる。これらの要因の影響に関してアルメニア側の専門家と調査団が議論した結果、経年変化によって 10%、貧弱なメンテナンスによって 10%それぞれ被害率を増加させるように被害関数を上方修正することで定量的に評価できる、との合意に達した。したがって、実際に建物の被害想定に用いる被害関数は、図 5.3-17、図 5.3-19、図 5.3-20 に示した被害関数をそれぞれ 1.2 倍して用いることとした。

6.1.1 集合住宅の被害

2 つのシナリオ地震に対する集合住宅の 250m 正方グリッドの大破・倒壊棟数を図 6.1-1 に示した。GF2 シナリオで大きな被害を生じている。

6.1.2 戸建住宅の被害

2 つのシナリオ地震に対する戸建住宅の 250m 正方グリッドの大破・倒壊棟数を図 6.1-2 に示した。GF2 シナリオで大きな被害を生じている。

6.1.3 建物リスク評価のまとめ

- 1) 各区の集合住宅と戸建住宅の大破・倒壊の被害棟数、被害率を表 6.1-1 に示した。集合住宅の被害率は、GF2 シナリオで 20%、GF3 シナリオで 8%となった。戸建住宅の被害率は、GF2 シナリオで 33%、GF3 シナリオで 16%となった。
- 2) GF2 シナリオによる 1 次被害額を算定した。アルメニアの住宅の 1m^2 当たりの建築単価は 600~800US\$である。エレバンの集合住宅の総床面積が平均で $4,568\text{m}^2$ なので、集合住宅の総被害額は 23~32 億 US\$となる。また戸建住宅の平均総床面積は 232m^2 なので、戸建住宅の総被害額は 19~26 億 US\$となる。したがって、住宅建物の総被害額は 43~57 億 US\$となる。なお、減価償却による建物の資産価値の低下に関する情報は得られなかったので、上記の算定には新築の場合の建築単価を使用している。
- 3) 学校、病院の大破・倒壊被害を表 6.1-2 に示した。平均被害率が集合住宅よりやや大きいことが注目される。

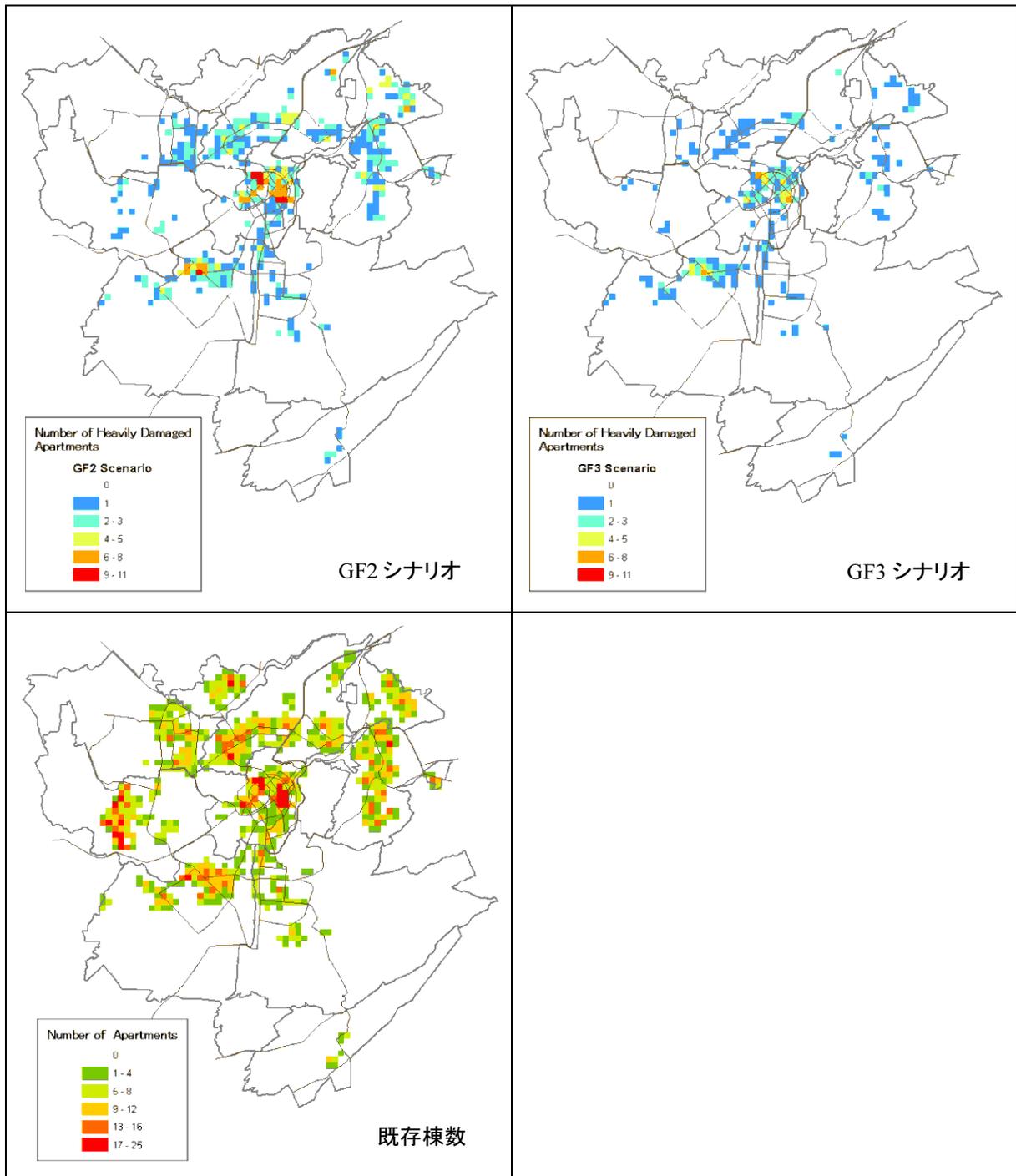


図 6.1-1 集合住宅の 250m メッシュの大破・倒壊棟数

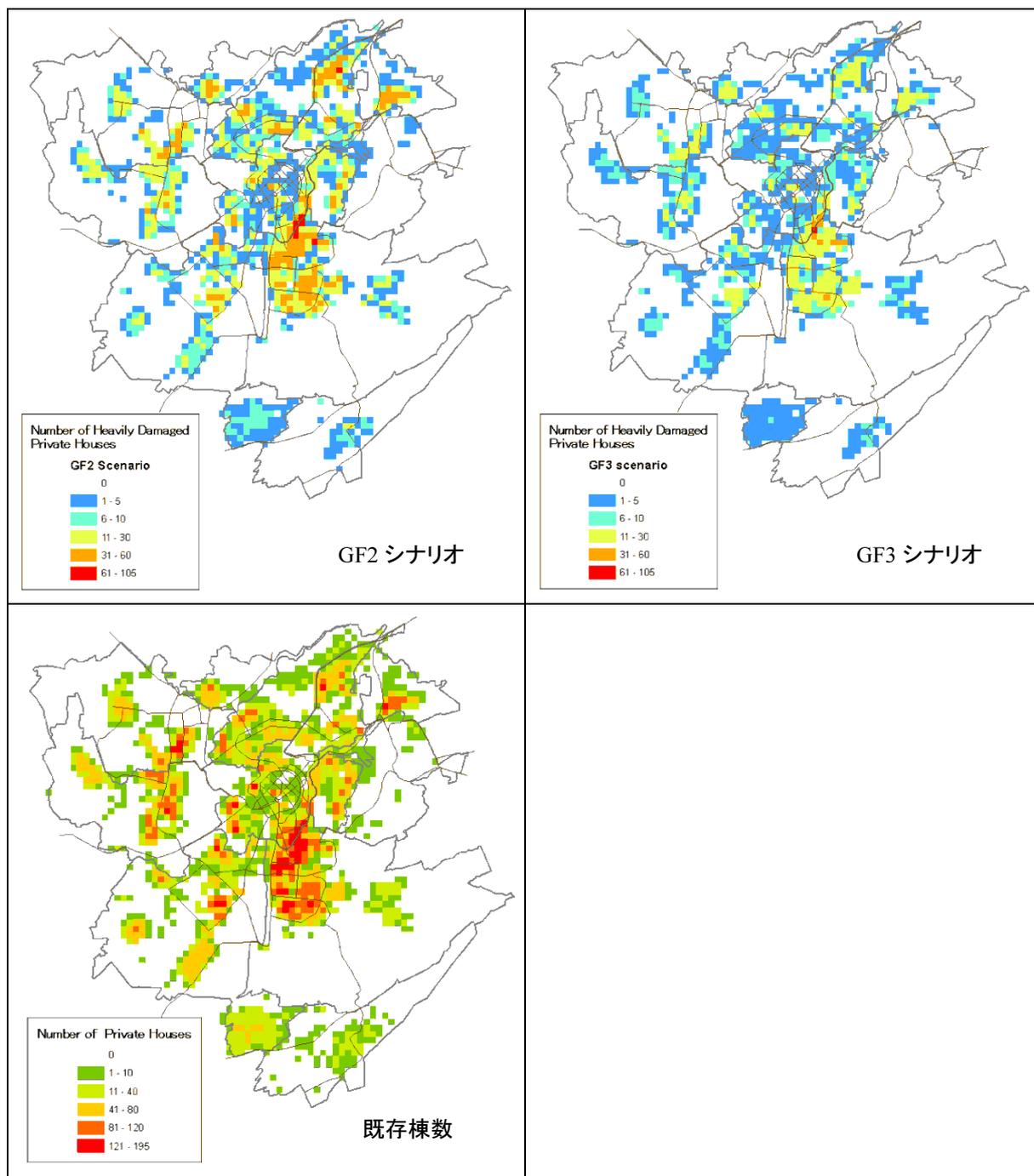


図 6.1-2 戸建住宅の 250m メッシュの大破・倒壊棟数

表 6.1-1 住宅建物の被害

No.	区	既存建物数			GF2 シナリオ						GF3 シナリオ					
		集合住宅 (x100)	戸建住宅 (x100)	戸数 (x100)												
1	Ajapnyak	3.9	30.6	267	0.5	12%	10.9	36%	36	14%	0.1	4%	4.9	16%	12	5%
2	Avan	2.3	12.2	127	0.6	27%	6.7	55%	40	32%	0.2	7%	2.4	20%	11	9%
3	Arabkir	5.8	33.2	347	1.2	21%	11.7	35%	74	21%	0.4	6%	4.7	14%	24	7%
4	Davtashen	1.7	7.8	98	0.0	2%	3.2	41%	5	5%	0.0	0%	1.3	17%	2	2%
5	Erebuni	2.2	106.4	228	0.5	23%	38.4	36%	69	30%	0.2	11%	21.3	20%	36	16%
6	Kentron	7.1	55.1	364	2.5	35%	15.5	28%	103	28%	1.2	16%	7.6	14%	47	13%
7	Malatia-Sebastia	5.7	45.3	346	0.3	6%	10.3	23%	27	8%	0.1	2%	4.8	11%	11	3%
8	Nor Nork	6.4	1.8	369	1.0	16%	0.5	31%	71	19%	0.3	5%	0.2	11%	23	6%
9	Nork-Marash	0.0	24.0	24	0.0	23%	8.3	35%	8	34%	0.0	7%	3.6	15%	4	15%
10	Nubarashen	0.3	5.5	16	0.1	26%	1.4	26%	4	26%	0.0	15%	0.9	16%	3	15%
11	Shengavit	5.5	72.0	298	1.4	26%	16.4	23%	73	25%	0.8	15%	9.4	13%	41	14%
12	Kanaker-Zeytun	2.9	32.4	163	0.5	16%	15.3	47%	37	23%	0.1	5%	5.7	18%	12	7%
合計		43.7	426.3	2,649	8.6	20%	138.7	33%	548	21%	3.5	8%	66.6	16%	225	8%

表 6.1-2 学校と病院の被害

	既存施設数	GF2 シナリオ		GF3 シナリオ	
学校	229	49	21%	19	8%
病院	44	11	25%	4	9%

6.1.4 建築物の耐震化と建築規制

(1) 既存建築物の耐震補強(改修)の現状

エレバン市内では既存集合住宅の耐震改修事例は見られないが、Gyumri と Vanadzor では、耐震補強・改修が一部で行われている。

1) 1988年スピタク地震後の(復旧用)補強事例

1988年スピタク地震で被災した Gyumri(旧 Leninakan)の被災建物の耐震改修が一部で行われている。図 6.1-3 は、被災した石造 1-451 の補強例で、石造壁を RC 柱梁部材で補強、階段室部分を RC 壁で補強している。

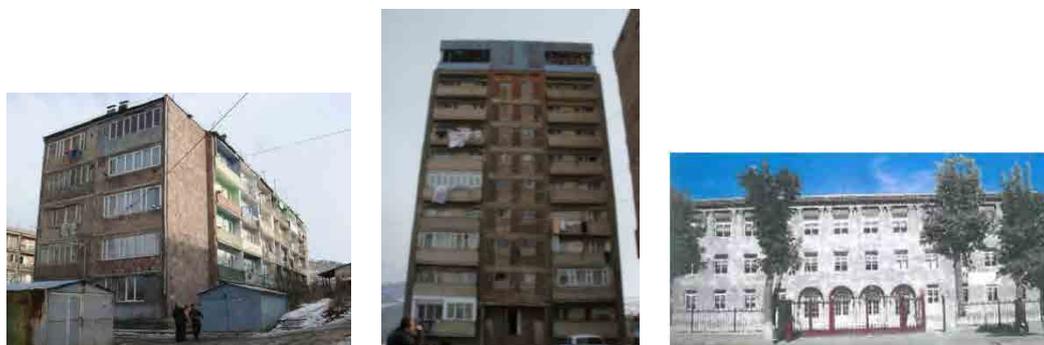


図 6.1-3 被災した石造(型番 1-451)の補強例(設計:NSSP EEC フルガチャン所長)

2) Vanadzor の集合住宅・学校の免・制震耐震補強(改修)事例

1988年スピタク地震で大きな被害を免れた Vanadzor の集合住宅、学校を対象に免震・TMD(制振)による耐震改修プロジェクトが実施されている。図 6.1-4 に建物外観を、表 6.1-3 に概要を示す。

アルメニア国内での免震装置(Isolator)の生産に関して、免震装置(部材)は、導入当時は輸入品を利用していましたが、現在では国内で Retine Noruit LLC 社他数社が生産し、輸出も行っている。直径380mmのサイズが標準品として多く用いられている。エレバンでは新築の約30棟が免震構造であり建築数は増加している。



1) 基礎免震—石造集合住宅(型番 1A-450)

3) 基礎免震—石造の学校(Melkumyan)

2) 屋上 TMD—集合住宅、フレームパネル(型番 111)

図 6.1-4 Vanadzor の集合住宅・学校の免・制震耐震補強(改修)事例

表 6.1-3 免震・TMD(制振)による耐震改修の概要(参考文献 1、他)

	構造種別 / 型番		
	石造、型番 1A-450	フレームパネル、型番 111	石造
用途	集合住宅 I	集合住宅	学校
階数	5	9 (x 2 buildings)	3
耐震改修年	1995	1997	2002
所在地	Vanadzor	Vanadzor	Vanadzor
延べ床面積 (m ²)	3900	3200	2300
耐震改修構法	基礎免震	Tuned Mass Damper (Additional Isolated Upper Floor)	基礎免震
工事費, US\$	165,600	100,000	112,000
工事単価, US\$/m ²	42.46 (現在の単価: 84.92)	31.25 (現在の単価: 57.31)	48.70 (現在の単価: 71.98)
スポンサー、他	WB(世銀)、UNIDO	WB(世銀)	Caritas, Switzerland

注: 1. 床面積は地下階を含まず。

2. 現在の単価は 2001 年～2010 年の年平均物価上昇率 4.4%を用いて推定。

3. 構法の特許、'base isolation', Melkumyan M. Patent of the Republic of Armenia # 579

4. 構法の特許、'upper isolated flexible floor', 'Prof. Khachiyani, Prof. Melkumyan and Dr. Khugatyan, Patent of the Russian Federation #1393895'

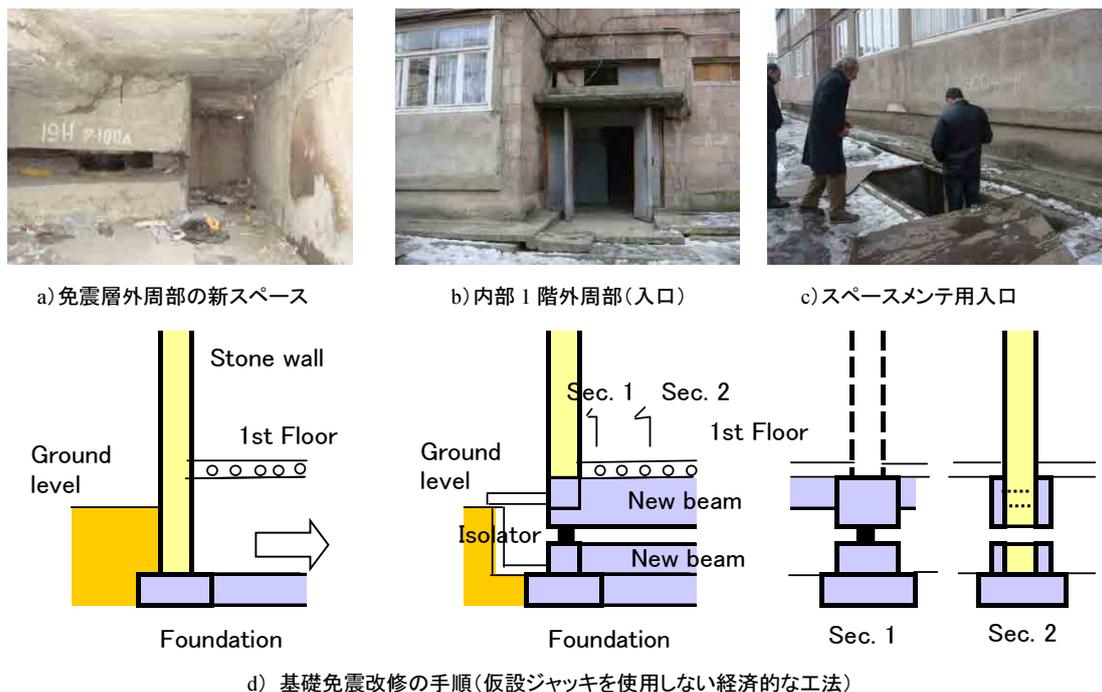


図 6.1-5 石造(型番 1A-450)の基礎免震による耐震改修



図 6.1-6 フレームパネル(9階建、型番 111)の屋上 Tuned Mass Damper (AIUF)

(2) 既存集合住宅の耐震補強(改修)構法の検討

耐震補強(改修)工法として(1)で紹介した工法を含め、
 図 6.1-7 の3 構法について検討し性能比較を行った。結果を表 6.1-4 に示す。

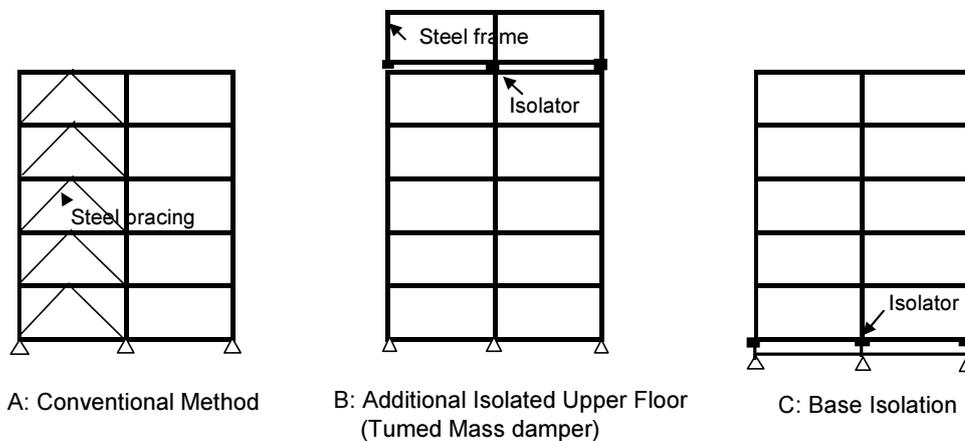


図 6.1-7 耐震改修の3 構法の概要

表 6.1-4 耐震改修構法の性能比較

	A: 在来の耐震補強	B: Tuned Mass Damper (Additional Isolated Upper Floor)	C: 基礎(地下階)免震
建築空間、機能性	△	◎	◎
居抜き(居つき)改修	△	◎	◎
強度の向上	◎	—	—
靱性の向上	◎	—	—
地震力の低減	—	○	◎
工費	○	◎	○
工期	○	◎	○
施工性	○	○	△
騒音、振動	△	○	○
外観、意匠性	△	○	◎
耐久性	○	○	○
総合評価	△~○	△~○	○
課題(追加検討必要項目)	(住民の仮移転の費用)	(低層階で在来工法併用とそのコスト)	(建物条件に応じたコスト面の評価)

日本の“耐震改修ガイドライン 2006(日本建築防災協会)”の内容を参照して作成。

◎、○、△ は、概念的に構法間の性能比較を示す。◎: 他構法に比べ、得られる性能は優れている。

○: 他構法と同等の性能(平均的な性能)が得られる。△: 他構法に比べ、得られる性能は劣っている。

1) 3 構法の概要と性能比較

在来の補強法、屋上の TMD (Tuned Mass Damper、通称: Additional Isolated Upper Floor)、基礎免震の 3 構法の概要を図 6.1-7 に示す。免震工法による耐震改修の概念を付録 1 に示す。3 構法の時刻歴応答解析による耐震性能の検証結果を付録 2 に示す。

2) 改修費用

屋上 TMD 改修工事費は、(屋上の建築面積当たり)約 US\$500/m²。(延べ床面積当たり)約 US\$45/m²。(注: Additional Isolated Upper Floor (TMD)は、居室として増築した屋上部分を売却し、建設費に充当する提案があるが、住民以外が屋上に建築し保有するための法整備は不十分である)。
基礎(地下階)免震は、US\$80~100/m² 延べ床面積当たり(1A-450 の改修工事費から推定)。
(注: 施工に際して仮設ジャッキを使用しない工法 (Melkumyan、ロシアで事例)を用いてコスト低減)。
新築の RC 造の工事費は、US\$600~800/m² 延床面積当たりと設定した。

(3) 既存の学校(公立)、病院(民間)建築

公立学校は図 6.1-8 に示されるように、数は少ないが耐震改修が進められつつある。一方、ほぼ全てが民営化されている病院建築の耐震改修は進んでおらず、耐震改修促進策が必要と判断される。



学校の耐震補強例(石造のジャケットイング、外壁に wire-mesh とモルタル) Kentron 区 No.29

図 6.1-8 エレバンの学校耐震改修工事

(4) 新築建築物

新築 RC 造建築物と近年建築数が増えて来ている免震構造(エレバンでは新築で 30 数棟、図 6.1-9、Gyumri の例を図 6.1-10 に示す)についての課題を以下に示す。構造設計ソフトはロシアの構造計算ソフト、免震構造はウクライナの免震計算ソフトが多く使用されている。

1) 新築 RC 造の耐震設計の部材・骨組の靱性確保

現行設計基準で RC 部材の靱性を確保するための部材のせん断設計と柱軸力制限が課題と見られる。

2) 免震構造の設計・施工技術向上

減衰の評価と免震装置の性能、減衰部材の設置、設備配管の継ぎ手、中間免震の仕上げ材・階段等とエレベーター対応、外周クリア部分を含む維持管理等が課題と見られる。



a) 建物外観



b) 地下駐車場上部(1階床下)に免震装置



c) 設備配管の状況



d) 建物外観



e) 2階上部(3階床下)に免震装置



f) 免震装置位置の階段納まり

図 6.1-9 エレバンの免震構造の集合住宅事例



図 6.1-10 Gyumri の免震構造の集合住宅例

(5) 建築規制

地震時の地盤の液状化と地滑りに関して、建築物の設計・施工に関する建築規制を検討、実施することが望まれる。

1) 液状化

各シナリオ地震に対する液状化ポテンシャルは図 4.3-11 に示されている。エレバンは砂質土層地盤が少なく液状化の可能性は低い。

2) 地滑り

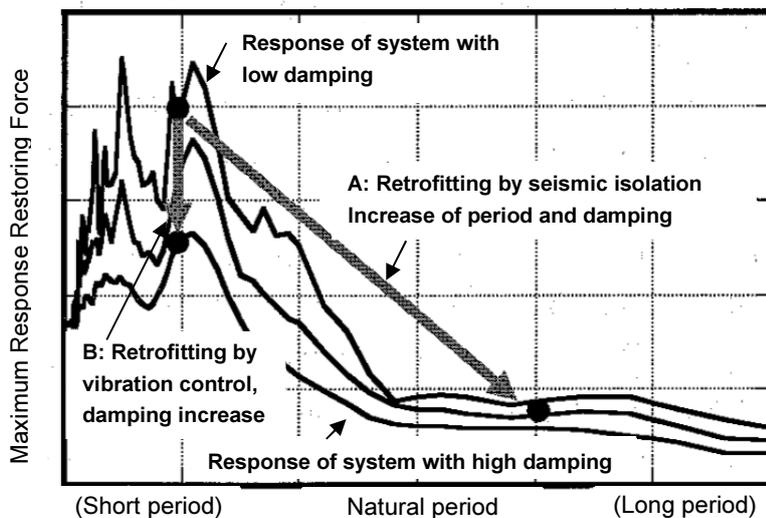
地滑りと斜面崩壊のリスクは図 4.3-13 に示されている。また図 4.3-14 に建築物・住宅地の斜面崩壊・岩石落下が示されている。

参考文献:

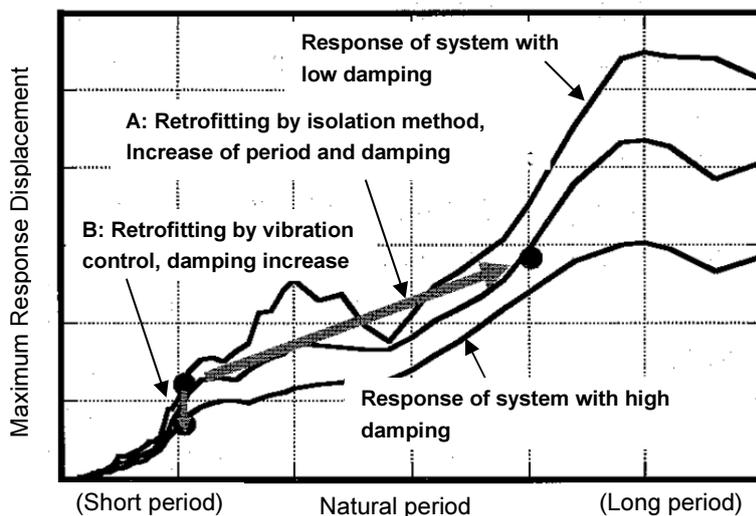
- 1) Mikayel Melkumyan, “New Solution for Seismic Isolation 2010”
- 2) 日本建築防災協会、“既存鉄筋コンクリート造建築物の免震・制震による耐震改修ガイドライン(2006)”

付録

1. 応答復元力/変位と建物固有周期(参考文献 2)



a) 応答復元力と建物固有周期



b) 応答変位と建物固有周期

2.3 構法の時刻歴応答解析による耐震性能の検証

対象建物: 9階建てフレームパネル(型番 111)、18m×18mの平面形、桁行方向(骨組み方向)を対象。

復元力特性: 骨組はトリニャー、免震部材はバイリニャーで評価。

入力地震動: 400gal

入力波: 4波(El Centro NS、Taft EW、八ノ戸 NS、Spitak (Vanadzor, 1988))

解析結果

- (1) 無補強の場合、低層階の応答塑性率は2を超えており、骨組みの靱性が不足していることから大破・倒壊の被害が予想される。
- (2) 屋上 TMD 設置の場合は地震波によって応答が大きくばらつく。TMD がない場合に応答が大きい階の応答を下けているのが特徴的である。平均して 20%~30%の低減が期待できる。敷地地盤の条件に

合わせた TMD のチューニングが必要で、免震部材の変形が大きいので減衰装置が必要である。地盤と地震波形によっては、低層階の補強による強度増大が必要と判断される。

(3) 基礎(地下階)免震の場合は 400gal 入力に対して各階応答加速度は 150gal 以下(入力加速度の 1/4~1/3 の応答)になっている。外壁(非構造壁)の被害低減面でも有効と思われる。

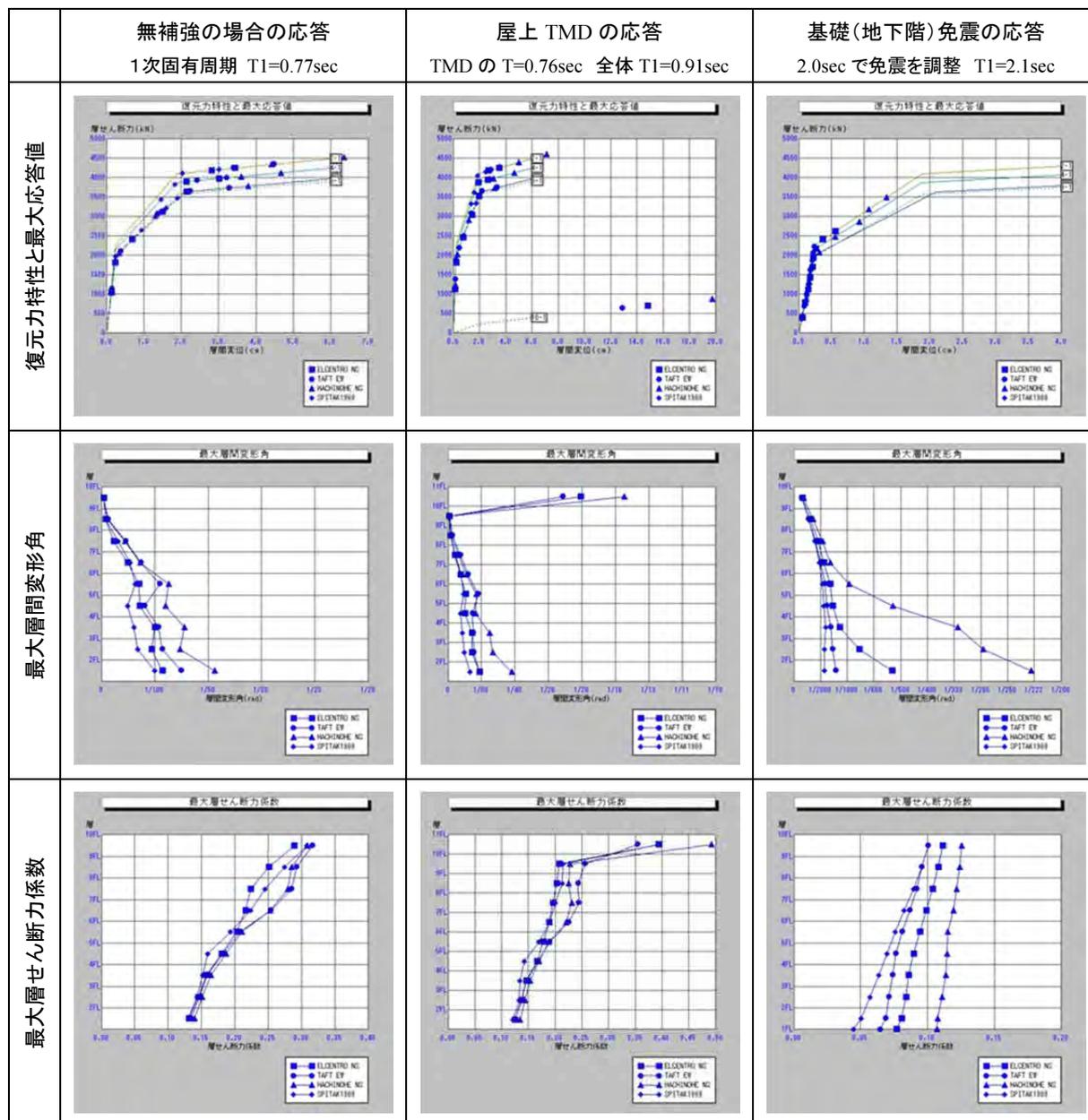


表 6.2-2 橋梁／高架橋のリスク評価 - GF3 シナリオ -

No.	橋名	位置	区分											重み係数(片山の方法)										判定値	評価					
			径間数	桁構造	支承	橋座幅	下部工構造高	基礎形式	下部工材料	地盤種別	現橋品質	震度階	地盤液状化	1	1.00	1.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	ARB-1	Overpass bridge on the Friendship Square	2	3	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1.75	3.00	0.60	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.10	C
2	ARB-2	Bridge on Vatutin str.	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1.75	1.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.40	C
3	ARB-3	Bridge on Riga str.	2	3	2	2	2	1	1	2	3	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.76	C
4	ARB-4	Bridge on Saralanji HW near Riga str.	1	3	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1.00	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.86	C
5	ARB-5	Bridge on Komitas ave.	2	3	2	2	3	1	1	2	2	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.85	C
6	AVN-1	Avan 1st bridge	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1.75	2.00	1.00	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.78	C
7	AVN-2	Avan 2nd bridge	2	3	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	8.51	C
8	AVN-3	Bridge on Yerevan - Sevan HW	2	3	2	1	3	1	1	2	2	1	1	1.75	3.00	1.00	0.80	1.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	8.57	C
9	DVT-1	Bridge of 2nd road	2	3	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1.75	3.00	0.60	0.80	1.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.28	C
10	DVT-2	Central bridge of Davtashen transport	2	3	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1.75	3.00	0.60	0.80	1.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.28	C
11	DVT-3	Bridge of 7th road	2	3	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1.75	3.00	0.60	0.80	1.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.28	C
12	ERB-1	Bridge on Arin-Berd str.	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1.75	1.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.13	C	
13	HRA-1	Davtashen bridge	2	2	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1.75	2.00	1.00	0.80	1.70	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.38	C	
14	HRA-2	Kiev bridge	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1.75	1.00	0.60	0.80	1.70	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.71	C	
15	HRA-3	Bridge near the Kiev bridge	1	1	1	2	2	1	1	1	1	3	1	1.00	1.00	0.60	1.20	1.35	1.00	1.00	0.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.73	C	
16	HRA-4	Bridge near the Yerevan HES	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1.00	1.00	0.60	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	C
17	HRA-5	Haghtanak bridge	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1.75	1.00	0.60	0.80	1.70	1.00	1.00	0.50	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	C
18	KNT-1	Overpass bridge of new highway	2	3	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1.75	3.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.40	C
19	KNT-2	Overpass bridge of new highway	2	3	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1.75	3.00	0.60	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.10	C
20	KNT-3	Bridge on Heratsi str.	2	2	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1.75	2.00	0.60	0.80	1.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.86	C
21	KNT-4	Bridge on Charents str.	1	3	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1.00	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.86	C
22	KNT-5	Bridge on Khanjyan str.	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1.00	3.00	1.00	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.24	C
23	KNT-6	Bridge on Tigran Mets ave.	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1.00	3.00	1.00	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.24	C
24	KNT-7	Bridge on Khorenatsi str.	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1.75	2.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.36	C
25	KNT-8	Subway bridge over Kristapor str.	2	3	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.02	C
26	KNT-9	Bridge on G. Lusavorich str.	2	3	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10.21	C
27	KNT-10	Overpass bridge near the Hrazdan Stadium	2	3	2	2	2	1	1	1	3	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	0.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.38	C
28	MLS-1	Bridge on Isakov ave.	2	3	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.56	C
29	MLS-2	Argavand bridge	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1.75	2.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.27	C
30	MLS-3	Bridge on Isakov ave. to Echmiadzin HW	2	3	2	2	2	1	1	2	3	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.76	C
31	NBR-1	Bridge near Nubarashen	2	2	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1.75	2.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.40	C
32	NNR-1	Bridge on Galshtyan str.	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1.75	2.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.72	C
33	NNR-2	Jrvehj river bridge	1	3	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1.00	3.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.05	C
34	SHN-1	Bridge on Garegin Nzhdeh str.	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1.75	2.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.27	C
35	SHN-2	Subway bridge over Shahaminyanner str.	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1.00	3.00	1.00	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.24	C
36	SHN-3	Subway bridge over Tamantsineri str.	1	1	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1.00	1.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	C
37	SHN-4	Subway bridge over railway	1	3	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1.00	3.00	1.00	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.89	C
38	SHN-5	Shirak str. 1st bridge	2	3	2	2	2	1	1	2	3	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.76	C
39	SHN-6	Overpass bridge on Araratyan str.	2	3	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10.21	C
40	SHN-7	Shirak str. 2nd bridge	2	3	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1.75	3.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10.21	C

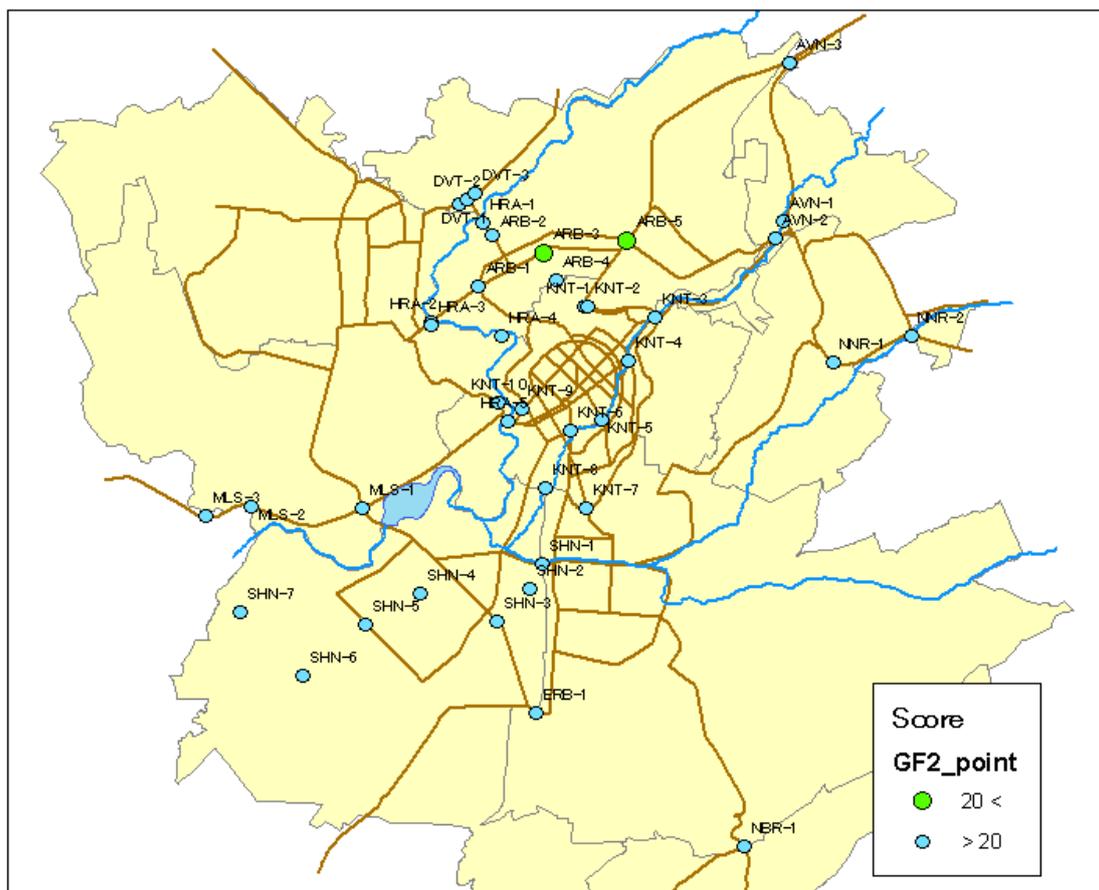


図 6.2-1 橋梁／高架橋の位置図

6.2.2 被害要因の検討

(1) 耐震性能の要因分析

桁構造、支承および橋座幅にかかわる重み係数を表 6.2-3 に示す。

表 6.2-3 被災度判定基準(耐震性能にかかわる詳細区分)

項目	詳細区分	重み係数
桁構造	過去の震災で安全性が確認されたアーチ形式や上下部工剛結のラーメン形式	1.0
	桁の落下に対して桁相互の連結効果が期待できる連続桁形式	2.0
	単純桁形式	3.0
支承	桁間(桁同士)や桁と橋台・橋脚が連結された落橋防止装置を施した支承形式	0.6
	A 端固定/B 端可動の一般的な支承形式	1.0
	同一橋脚上に二つの可動沓が配置され支承形式	1.15
橋座幅	桁かかり長が $0.7+0.005 \times \text{支間長(m)}$ より広い橋座幅	0.8
	桁かかり長が $0.7+0.005 \times \text{支間長(m)}$ より狭い橋座幅	1.2

桁構造については、橋梁形式自体が評価区分であるため、重み係数を低下させるためには、新設時の橋梁計画において耐震性能の確保に配慮する必要があることを意味する。つまり、上下部工を剛結させて橋軸方向変位を抑制するラーメン形式や、多径間の場合には桁相互に連結された連続桁形式の採用によって、地震時に落橋の恐れが小さくなる。

支承については、比較的評価点が高い ARB-3 と ARB-5 に落橋防止装置が施されていないことが分かった。逆に落橋防止装置を備える橋梁は、評価点はおおむね 5 以下であった。耐震性能確保のためには落橋防止装置の設置が極めて効果的である。

ARB-3 と ARB-5 の橋座幅(図 6.2-2 参照)は不十分である。橋座幅は主桁が橋台・橋脚に載っている部分の長さ(桁かかり長)と遊間量の和であり、これが十分に確保されていれば地震時において橋軸方向変位が増大しても落橋に至る可能性が非常に小さくなる。

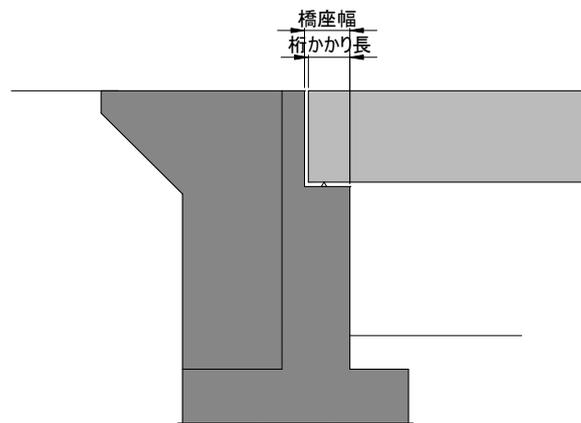


図 6.2-2 橋台橋座幅(桁係長)の模式図

(2) 品質の要因分析

橋梁全体の品質に係わる重み係数を表 6.2-4 に示す。橋梁の品質低下は、計画・設計時に期待している耐震性能が発揮できなくなるため、地震時における橋梁安定性に重大な影響を与える。

表 6.2-4 橋梁被災度判定基準(品質にかかわる詳細区分)

項目	詳細区分	重み係数
品質	経年劣化が軽微に留まっている健全な橋梁	1.0
	コンクリート表面に浸み出しやクラックなどの劣化が観察された橋梁	1.2
	鉄筋・鋼材の腐食やコンクリート表面に構造的なクラックなどが観察された橋梁	1.5

調査対象 40 橋の竣工年は、1940 年代が 1 橋、1950 年代が 4 橋、1960 年代が 3 橋、1970 年代が 6 橋、1980 年代が 4 橋、2000 年代が 3 橋、竣工年不明が 19 橋である。調査対象橋梁の品質に係わる重み係数の竣工年毎の平均値は表 6.2-5 に示すとおりである。1940～50 年代に造られた橋梁は、アーチ形式やラーメン形式などの不静定次数の高い橋梁が採用されているため、構造的に耐震性能が高い。一方、1960～80 年代に竣工した橋梁は、一般的な桁橋形式で経年劣化が進んでいるため重み係数が大きくなる傾向にあり、これが被災度判定において評価点を押し上げる原因のひとつである。

表 6.2-5 竣工年毎の橋梁数と品質にかかわる重み係数の平均値

竣工年	1940年代	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	不明
調査対象橋梁	1	4	3	6	4	0	3	19
平均重み係数	1.20	1.18	1.33	1.18	1.28	---	1.07	1.12

6.2.3 耐震化対策

大規模地震時においては、主桁が想定以上に橋軸方向に変位し、橋座部からの脱落／落橋に至ることが懸念される。このため、主桁同士を繋ぐ桁間連結工、主桁と下部工を繋ぐ落橋防止工並びに橋台・橋脚における桁かかり長を確保する橋座縁端拡幅工などの対策工(図 6.2-3 参照)の実施を提案する。桁間連結工や落橋防止工の設置は、既設PC桁への削孔や橋台の背面掘削などの大規模工事を伴い、交通規制を要する作業である。一方で橋座縁端拡幅工は、橋台や橋脚の前面に鉄筋コンクリートの打ち増しを行うもので、桁下作業のため交通車両に与える影響はなく容易である。したがって、対策工の選定は、施工が容易な橋座縁端拡幅工を優先し、それでも耐震性能が不足する場合には、桁間連結工及び落橋防止工を選定する。

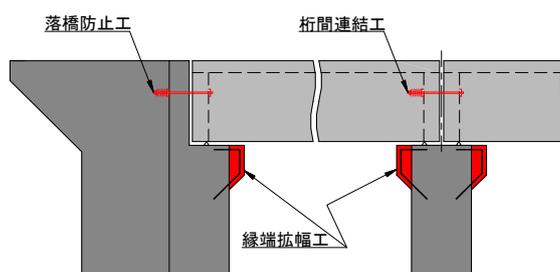


図 6.2-3 桁間連結工、落橋防止工および縁端拡幅工の模式図

6.2.4 まとめと提言

(1) 耐震性能評価のまとめ

- ✓ 本調査の被災度評価は、現地でのインベントリー調査に基づき、片山の方法によって危険度を判定した。また、橋座幅に着目して、推奨される対策工を提案した。
- ✓ 評価の結果、桁構造、支承及び橋座幅が主な危険要因であることが分かった。したがって、耐震設計基準には上下部工を剛結させたラーメン形式や桁相互に連結された連続化を推奨すべきである。また、落橋防止構造や変位制限構造の設置を標準とする方針が望まれる。
- ✓ 構造物の低い品質が被災度判定を危険側へ押し上げる原因となっている。経年劣化はやむを得ないが、設計時に考慮された耐震性能を確保するためには日々の維持管理が不可欠である。また、将来の補修・補強のためには設計図書や竣工図の管理にも慎重を期すべきである。

(2) 将来への提言

1) 具体的な耐震補強に向けて

- ✓ 耐震補強対策は架け替え、構造物全体の補修・補強、橋座部を対象とする個別対策工の大きく3つに分けられる。
- ✓ 具体的な耐震補強対策を計画する際には、対策を施す構造物の現況状況を詳細に調査した上で、比較検討によって最適な対策方法を選定する必要がある。
- ✓ 橋座部に着目した詳細調査に基づき推奨される個別対策工としては、橋座部の縁端拡幅工と主桁同士もしくは主桁と下部工を繋ぐ落橋防止工を提案する。比較的容易に実施できるものの、具体的な計画・設計を実施するためには構造基準を整備するとともに、必要橋座幅、作用荷重及び荷重

載荷位置の設定が必要となる。

2) 設計基準の整備

- ✓ アルメニアにおいて新設建造物の計画や既存建造物の補修・補強計画を行うためには、とくに地震時水平力や橋座幅の設定に係わる耐震設計基準の整備が急務である。この点、アルメニアと同様に地震多発国である日本の道路橋示方書などの耐震設計基準が大いに参考となる。
- ✓ したがって、次のステージでは上記優先順位に基づき、耐震補強対策の具体的な計画・設計を日本の耐震設計基準を参考としながら実施するとともに、アルメニアにおいて過去に発生した地震やその被害状況に基づく独自の耐震設計基準を整備することを提案する。

6.3 ライフラインのリスク評価

6.3.1 リスク評価結果

250m メッシュ単位で計算したライフライン被害を12区ごとに集計し、以下にまとめた。

(1) 上水道

GF2 シナリオの場合、約 1,300km の管路において、最大で 30 箇所被害が想定された。

表 6.3-1 上水道管の被害

No.	区名	管路延長	被害箇所数			
			GF2 シナリオ		GF3 シナリオ	
		km	最大	平均	最大	平均
1	Ajapnyak	132.3	1.5	0.0	0.7	0.0
2	Avan	48.7	1.7	0.0	0.5	0.0
3	Arabkir	114.0	3.4	0.0	1.3	0.0
4	Davtashen	37.2	0.6	0.0	0.2	0.0
5	Erebuni	218.7	4.7	0.0	2.4	0.0
6	Kentron	153.3	2.6	0.0	1.2	0.0
7	Malatia-Sebastia	131.2	1.1	0.0	0.6	0.0
8	Nor Nork	63.5	2.0	0.0	0.7	0.0
9	Nork-Marash	33.5	1.0	0.0	0.4	0.0
10	Nubarashen	57.7	2.0	0.1	1.1	0.0
11	Shengavit	217.4	3.2	0.0	1.9	0.0
12	Kanaker-Zeytun	85.6	3.4	0.0	1.1	0.0
Total		1,293.1	27.4	0.2	12.2	0.0

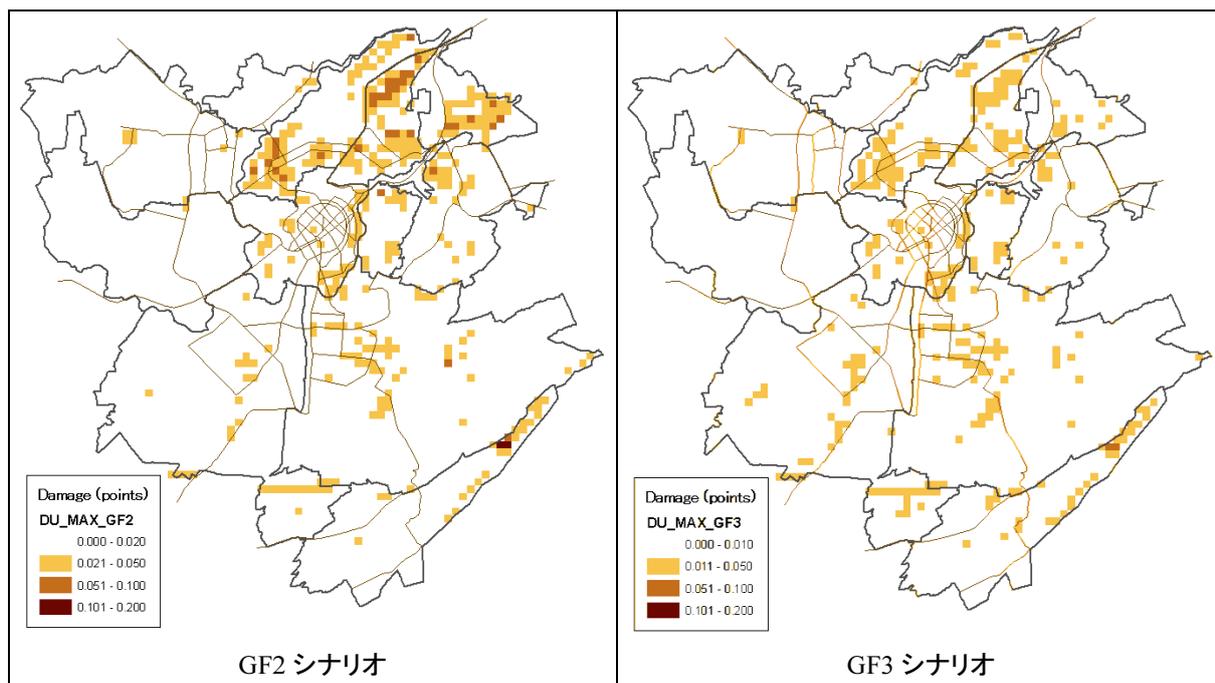


図 6.3-1 上水道管の被害分布(最大)

(2) 下水道(汚水、雨水)

1) 汚水

GF2シナリオの場合、約870kmの管路において最大70箇所被害が想定された。上水道管と比べて被害が大きいが、これは管路の75%が脆弱な陶管であるためである。

表 6.3-2 汚水管の被害

No.	区名	管路延長 km	被害箇所数			
			GF2シナリオ		GF3シナリオ	
			最大	平均	最大	平均
1	Ajapnyak	62.4	3.2	0.0	1.4	0.0
2	Avan	28.5	4.0	0.0	1.2	0.0
3	Arabkir	70.8	6.4	0.0	2.5	0.0
4	Davtashen	22.6	1.7	0.0	0.6	0.0
5	Erebuni	164.8	13.0	0.0	6.7	0.0
6	Kentron	104.6	9.0	0.0	4.0	0.0
7	Malatia-Sebastia	109.3	4.0	0.0	2.1	0.0
8	Nor Nork	42.0	5.8	0.0	2.1	0.0
9	Nork-Marash	24.6	3.2	0.0	1.3	0.0
10	Nubarashen	14.2	1.9	0.0	1.1	0.0
11	Shengavit	161.4	11.5	0.0	6.7	0.0
12	Kanaker-Zeytun	60.0	7.9	0.0	2.7	0.0
Total		865.2	71.4	0.0	32.4	0.0

2) 雨水

GF2シナリオの場合、約180kmの管路において最大10箇所被害が想定された。

表 6.3-3 雨水管の被害

No.	区名	管路延長 km	被害箇所数			
			GF2 シナリオ		GF3 シナリオ	
			最大	平均	最大	平均
1	Ajapnyak	12.4	0.4	0.0	0.2	0.0
2	Avan	12.7	1.3	0.0	0.4	0.0
3	Arabkir	24.2	1.4	0.0	0.6	0.0
4	Davtashen	1.9	0.1	0.0	0.1	0.0
5	Erebuni	30.5	1.3	0.0	0.7	0.0
6	Kentron	31.4	0.8	0.0	0.4	0.0
7	Malatia-Sebastia	23.5	0.4	0.0	0.2	0.0
8	Nor Nork	15.4	1.9	0.0	0.7	0.0
9	Nork-Marash	1.4	0.2	0.0	0.1	0.0
10	Nubarashen	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Shengavit	18.7	0.4	0.0	0.2	0.0
12	Kanaker-Zeytun	10.6	1.2	0.0	0.4	0.0
Total		182.6	9.5	0.0	3.8	0.0

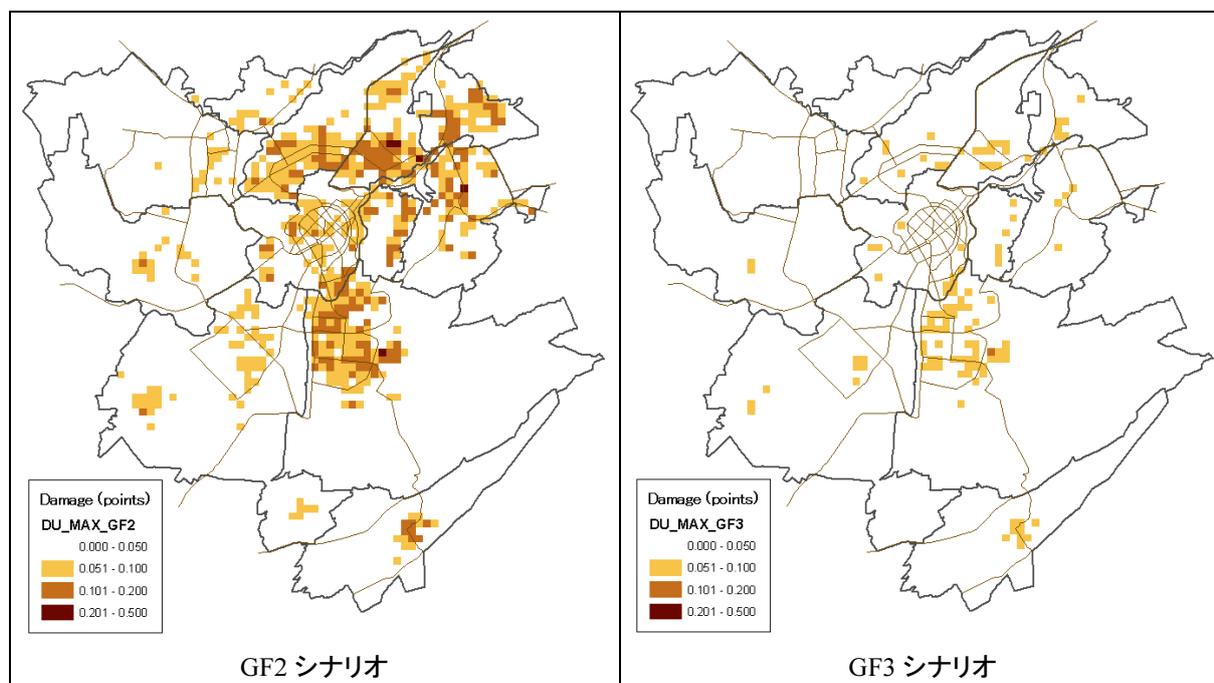


図 6.3-2 污水管と雨水管の被害分布(最大)

(3) 電力

1) 架空線

GF2 シナリオの場合、約 1,950km の架空線において、最大 20km の被害が想定された。

表 6.3-4 架空電力線の被害

No.	区名	線路延長 km	被害延長(km)			
			GF2 シナリオ		GF3 シナリオ	
			最大	平均	最大	平均
1	Ajapnyak	185.8	0.8	0.0	0.1	0.0
2	Avan	59.6	1.4	0.1	0.1	0.0
3	Arabkir	154.7	1.7	0.1	0.1	0.0
4	Davtashen	68.4	0.6	0.0	0.0	0.0
5	Erebuni	355.9	6.1	0.3	1.8	0.0
6	Kentron	237.2	2.1	0.0	0.3	0.0
7	Malatia-Sebastia	232.6	0.7	0.0	0.1	0.0
8	Nor Nork	133.1	2.6	0.1	0.4	0.0
9	Nork-Marash	48.7	0.6	0.0	0.1	0.0
10	Nubarashen	80.2	1.4	0.1	0.6	0.0
11	Shengavit	275.1	2.3	0.0	0.7	0.0
12	Kanaker-Zeytun	118.8	1.9	0.1	0.2	0.0
Total		1950.2	22.3	0.8	4.4	0.2

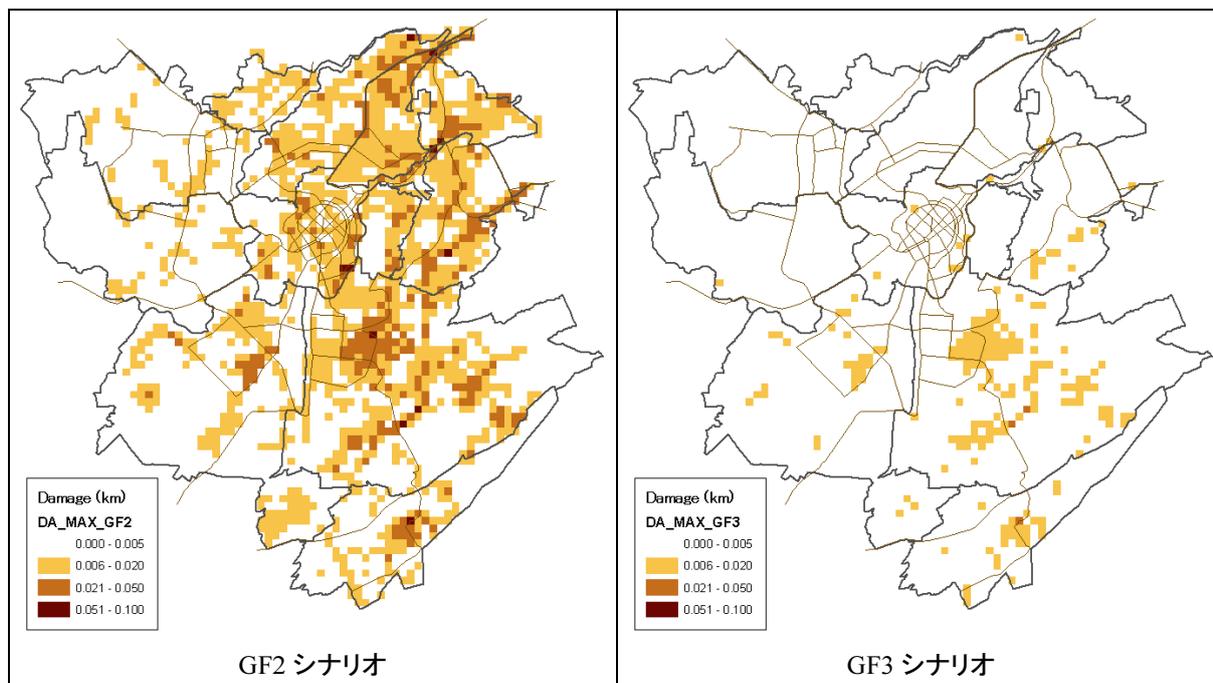


図 6.3-3 電力線の被害分布(最大)

2) 地中線

シナリオ地震では、地中線には被害は発生しない結果となった。一般に、地中埋設されたケーブル類は、地中埋設管路より地震時の被害が少ない。これはケーブルのほうが鋼管より可撓性が高いためである。

表 6.3-5 地中電力線の被害

No.	区名	線路延長 km	被害延長(km)			
			GF2 シナリオ		GF3 シナリオ	
			最大	平均	最大	平均
1	Ajapnyak	51.1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Avan	40.2	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Arabkir	69.9	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Davtashen	25.3	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Erebuni	71.3	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Kentron	67.7	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Malatia-Sebastia	53.9	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Nor Nork	70.1	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Nork-Marash	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Nubarashen	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Shengavit	74.2	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Kanaker-Zeytun	94.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		628.1	0.0	0.0	0.0	0.0

(4) ガス

1) 地中管

GF2 シナリオの場合、約 70km の管路において最大 3 箇所被害が想定された。

表 6.3-6 ガス地中管の被害

No.	区名	管路延長 km	被害箇所数			
			GF2 シナリオ		GF3 シナリオ	
			最大	平均	最大	平均
1	Ajapnyak	11.7	0.4	0.0	0.2	0.0
2	Avan	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0
3	Arabkir	9.6	0.6	0.0	0.2	0.0
4	Davtashen	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0
5	Erebuni	5.2	0.2	0.0	0.1	0.0
6	Kentron	2.6	0.1	0.0	0.0	0.0
7	Malatia-Sebastia	10.4	0.2	0.0	0.1	0.0
8	Nor Nork	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Nork-Marash	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0
10	Nubarashen	5.8	0.3	0.0	0.2	0.0
11	Shengavit	9.0	0.3	0.0	0.2	0.0
12	Kanaker-Zeytun	8.5	0.5	0.0	0.2	0.0
Total		67.6	2.9	0.0	1.3	0.0

2) 地上管

GF2 シナリオの場合、約 1,030km の管路において最大 265km の被害が想定された。この 26%という高い被害率は建物の被害率が高いことによるものである。

表 6.3-7 ガス地上管の被害

No.	区名	管路延長	被害延長(km)	
		km	GF2 シナリオ	GF3 シナリオ
1	Ajapnyak	95.3	21.9	9.4
2	Avan	44.3	16.9	5.9
3	Arabkir	103.4	30.1	11.6
4	Davtashen	13.8	2.4	0.9
5	Erebuni	173.2	46.1	25.4
6	Kentron	130.5	37.0	17.7
7	Malatia-Sebastia	97.5	16.7	7.7
8	Nor Nork	50.8	8.5	2.8
9	Nork-Marash	37.1	12.5	5.2
10	Nubarashen	22.0	3.8	2.4
11	Shengavit	162.8	32.3	18.4
12	Kanaker-Zeytun	96.3	37.3	13.8
Total		1026.9	265.4	121.2

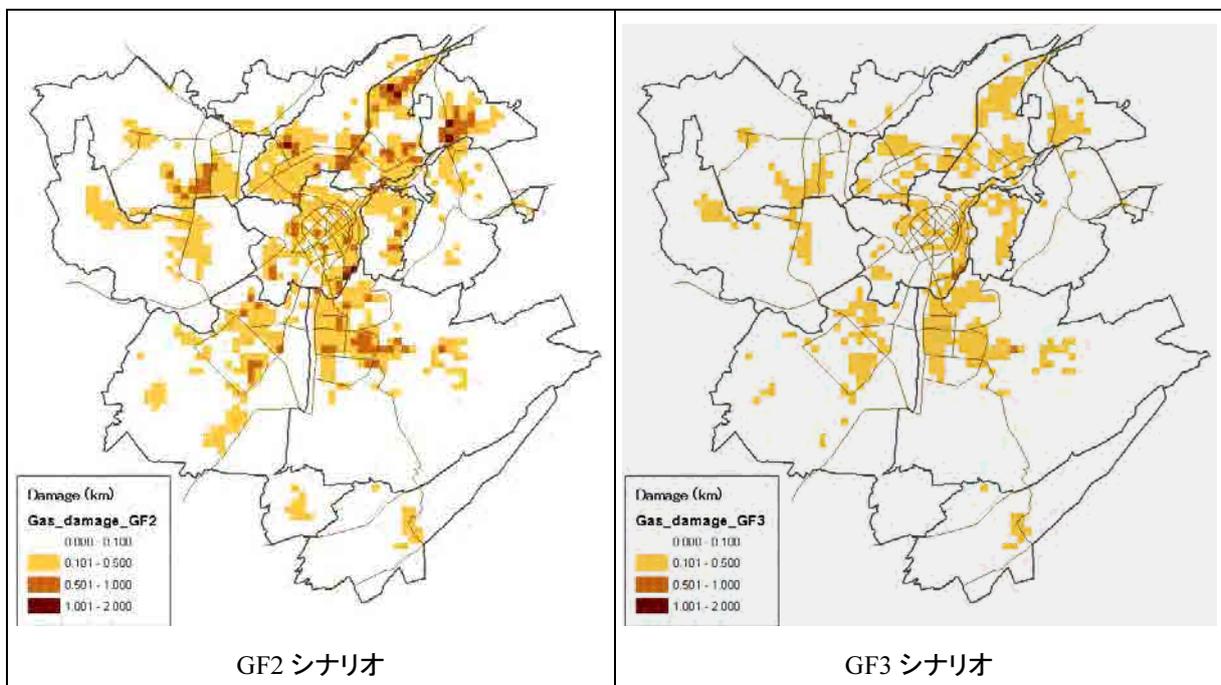


図 6.3-4 ガス管路の被害分布(地上管)

(5) 電話

シナリオ地震では、被害は想定されなかった。電話線に関する資料は、地中埋設ケーブルについてのみ収集できた。このため、ここで対象とした電話線は幹線のみで、個別建物への架空電話線は含んでいない。

表 6.3-8 地中電話線の被害

No.	区名	線路延長 km	被害延長(km)			
			GF2 シナリオ		GF3 シナリオ	
			最大	平均	最大	平均
1	Ajapnyak	27.3	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Avan	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Arabkir	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Davtashen	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Erebuni	35.7	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Kentron	62.9	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Malatia-Sebastia	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Nor Nork	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Nork-Marash	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Nubarashen	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Shengavit	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Kanaker-Zeytun	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		301.5	0.0	0.0	0.0	0.0

6.3.2 応急復旧に必要な資源

被害想定量に対し、応急復旧に要する日数、人数を「東京都(1997)」を参考に想定した。なお、応急復旧に関する想定は被害量が最も多い「GF2 シナリオ(最大)」を対象とした。この応急復旧想定はあくまでも管路や架空線、地中線を対象としており、下水処理場、変電所といった施設は含んでいない。

(1) 上水道

上水道の管路が被害を受けると、被害箇所から漏水し、上水の供給能力に大きな影響を与える。そのため、被災後の応急対応として、被害状況調査とともに、断水区域を最小限にするために制水弁を閉止し、被害箇所を上水道の給水ネットワークから切り離す作業を行う必要がある。発災 3 日後程度までこの作業を優先的に行い、4 日後以降に実質的な応急復旧作業を行う。以下はその 4 日後以降に要する人員、日数の想定である。

- a) 被害量;27 箇所(0.021 箇所/km)
- b) 復旧作業の仮定条件
 - ・作業班構成;管理者職員 1 人+作業員 8 人 /1 班
 - ・作業効率;1 箇所/1 班×0.5 日
 - ・作業時間;8:00~17:00
 - ・作業班数;5 班(管理者職員 5 人、作業員 40 人)

- c) 応急復旧日数
 - =27 件/(5 班×2 箇所/日)
 - =3 日

d) 断水率

$$P=1/(1+0.307 \times R^{-1.17})$$

P;発災 1 日後の断水率

R;水道管の物的被害率(箇所/km)

$$P=1/(1+0.307 \times 0.23^{-1.17})$$

$$=0.034 (3.4\%)$$

(2) 下水道

下水道管渠の被害は、管渠の破損、目地ずれ、管渠内の土砂堆積に分けられる。管渠の破損、目地ずれ被害については大きな被害を除き下水道の流下機能に大きな影響を与えることはないが、破損部から流入した土砂による流下機能への影響は大きい。

応急復旧としては発災 1 日後までは被害状況調査を行い、2 日後以降に実際の応急復旧作業を行う。応急復旧作業は管渠の修復をするとともに、破損箇所前後の管渠内を高圧洗浄し堆積した土砂を取り除くことが必要である。延焼区域については市街地の復旧に合わせて応急復旧作業を行い、非延焼区域を優先し応急復旧作業を行う。以下はその 2 日後以降に要する人員、日数の想定である。

下水道管の場合、上水道管とは異なり破損箇所の特定が困難である。上水道の応急復旧日数の考え方により下水道管についても同様に算出するが、作業効率を「1 箇所/1 班×1 日」とした。

1) 汚水

a) 被害量;71 箇所(0.083 箇所/km)

b) 復旧作業の仮定条件

- ・作業班構成;管理者職員 1 人+作業員 8 人 /1 班
- ・作業効率;1 箇所/1 班・1 日
- ・作業時間;8:00~17:00
- ・作業班数;5 班(管理者職員 5 人、作業員 40 人)

c) 応急復旧日数

$$=71 \text{ 件}/(5 \text{ 班} \times 1 \text{ 箇所/日})$$

$$=15 \text{ 日}$$

2) 雨水

a) 被害量;10 箇所(0.052 箇所/km)

b) 復旧作業の仮定条件

- ・作業班構成;管理者職員 1 人+作業員 8 人 /1 班
- ・作業効率;1 箇所/1 班・1 日
- ・作業時間;8:00~17:00
- ・作業班数;2 班(管理者職員 2 人、作業員 16 人)

c) 応急復旧日数

$$=10 \text{ 件}/(2 \text{ 班} \times 1 \text{ 箇所/日})$$

$$=5 \text{ 日}$$

(3) 電力

ここでは電柱、架空線、地中線等から構成される配電施設を対象とする。これらの応急復旧としては仮設の電柱や架空線の設置、地中もしくは路上へのケーブルの設置がある。また、配電施設は健全であるが配電系統の寸断による停電の場合は、隣接する配電用変電所の供給エリアからの電力供給による応急復旧もある。

応急復旧としては発災 1 日後までは被害状況調査を行い、2 日後以降に実際の応急復旧作業を行う。以下はその 2 日後以降に要する人員、日数の想定である。

ることができる。また、地震で被害を受けやすいマンホールと管渠の接続部分を可とう性構造にすることも耐震化に向けた有効な手段である。

(3) 電力

高圧電力ネットワーク(220kV)がループ状に整備されているため、事故等により一部寸断されても他方からの配電ルートを確保できるため大規模な停電を避けられる構造となっている。しかしながら施設全体が古典的であるため、震災時における面的な影響が懸念されるため、配電施設の耐震化が望まれる。低圧配電線については地震による影響を受けにくい地下化も有効な手段である。

(4) ガス

地中埋設されているガス管の老朽化が深刻であり、震災時の影響が免れない状況にある。地中埋設管の内、約60%が管径500mm以上の主要管路である。エレバン市内のガス管の内、地中埋設管は6%程度にすぎないが、主要管路の割合が大きいことから優先的に耐震化を行う必要がある。

6.4 火災・人的被害の評価

6.4.1 火災の評価

地震の揺れが続いている間、あるいは揺れが収まったあとにさまざまな原因で火災が発生することがある。日本の最近の被害事例では、電気器具からの出火が最も多い。このほか、ガスコンロやオーブンなどの調理器具からの出火、ガスボイラーからの出火も考えられる。エレバンでは、都市ガスの壊れた配管から漏れたガスに引火して出火する可能性が高いと考えられる。

1988年のスピタク地震では、レニナカン市、キロバカン市、スピタク市合計で531箇所の出火が報告されている(Krimgold(1994))。当時の3市の人口は合計約42万人であった。現在のエレバン市の人口は約112万人で、約2.7倍である。出火原因は人間活動と関連しているので、他の条件が同じなら出火件数は人口に比例するものと考えられる。このことから、もしエレバン市がスピタク地震と同様な状況におかれた場合は531箇所の2.7倍、すなわち約1,500箇所が出火することが想定される。

地震に伴って発生した火災により人的被害が生じた例は、日本やカリフォルニアで多く見られる。たとえば、1923年に発生した関東大震災では約10万人の死者のうち90%以上が火災が原因で亡くなっている。これは、木造住宅が密集していた市街地が延焼し、2日間に渡って燃え続けた結果である。これに対し、現在のエレバン市には木造建築物はほとんど存在しないため、出火した場合でも大規模な延焼火災に発展する可能性は低く、火災による死者は建物被害に伴う死者に比べて少ないものと考えられる。

6.4.2 人的被害の評価

地震によって直接的に死傷者が発生する主な要因として、建物の倒壊、火災、津波が上げられる。エレバンでは津波は考慮する必要が無く、火災による被害は現在の建物構造からごく少数にとどまると考えられる。ここでは、建物の倒壊に伴う人的被害を評価する。

(1) 被害関数の設定

建物被害と死傷者の関係は、建物の構造や居住条件が異なるために、地域や時代によって変化する。したがって、対象とする地域やその近傍で近年に発生した地震災害を材料として被害関数を作成することが望ましい。1988年スピタク地震による被害は被害関数を作成するための最も重要な資料である。

死傷者の被害関数は、被害建物棟数をパラメータとして作成されることが多いが、エレバンでは多くの住宅が集合住宅であり、1棟ごとの戸数が建物ごとに異なるため、人的被害関数のパラメータとしては「棟数」より「戸数」のほうが望ましい。ここでは、死者数の想定は、大破以上を被る建物の戸数から推定することとした。

まず、建物の被害数と死者数の関係を検討した。図 6.4-1 はスピタク地震およびトルコの 3 地震(1966年 Varto 地震、1992年 Erzincan 地震、1999年コジャエリ地震)の大破戸数と死者数の関係を示している。●は地震ごとの総被害数で、黒線は近似曲線である。大破戸数と死者数の関係は対数グラフ上の直線で近似できることが分かる。

◆はスピタク地震の際の 4 都市(スピタク、レニナカン、キロボカン、ステパナバン)での被害である。スピタク市以外はおおむね近似曲線に沿っている。▲はコジャエリ地震の際の県ごとの被害で、被害が少ない 2 例を除いてはおおむね近似曲線に沿っている。スピタク地震の際のスピタク市の被害は、他の事例に比べて非常に死者が多いことが注目される。この原因としては建物被害率が非常に高く、救助活動が有効に機能しなかったことが考えられる。

図 6.4-2 に示したのは、スピタク地震で被害を受けた 4 都市における、住戸大破率と死者率の関係を示したグラフである。このように被害率はこれら 4 都市の間では良い相関があることが分かる。図 6.4-2 に示した近似曲線は住戸大破率から死者率を推定する際に有効であると考えられるが、その適用範囲は住戸大破率が 20%以上の場合に限定される。実際、この曲線を低被害率に外挿すると、住戸被害が 10%あっても死者率は 0.01%以下となり、非現実的である。これはエレバン市(26 万戸、112 万人)に当てはめると、26,000 戸が大破となっても死者は 100 人程度となり、図 6.4-1 と矛盾する。以上から、被害想定に当たっては、住戸被害率が 20%以上の場合には図 6.4-2 に示した被害率の関係をを用い、20%以下の場合には図 6.4-1 に示した被害数の関係をを用いることとした。GF2、GF3シナリオの場合は、被害数の関係をを用いた。

負傷者数の推定は、死者数と負傷者数の関係をを用いた。図 6.4-3 は 1970 年以降にコーカサス地方およびその周辺で発生した地震における死者数と負傷者数の関係である。被害が少ない事例では死者数と負傷者数の関係は一定ではないが、被害が大きい場合には死者数と負傷者数の関係は一定していることが分かる。この関係をを用いて、死者数から負傷者数を推定した。

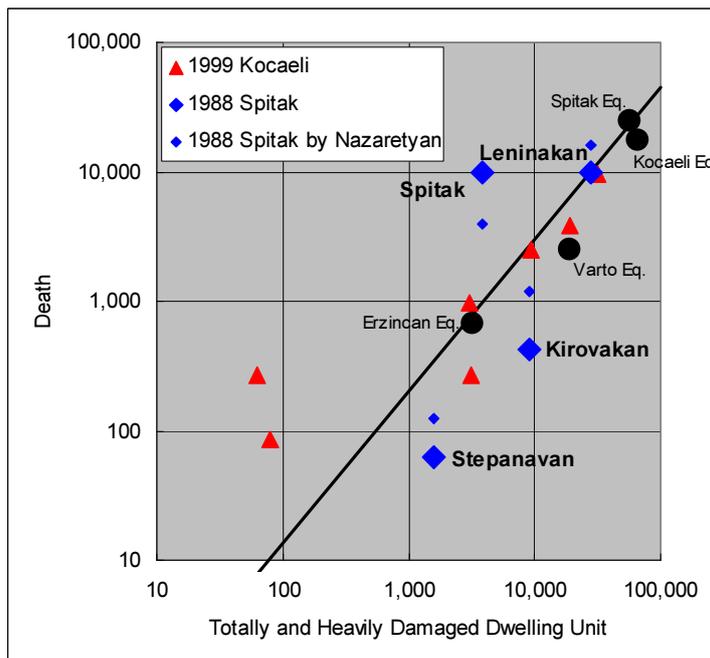


図 6.4-1 死者数と住戸の大破・倒壊数の関係

「死者数」 = 0.06 x 「住戸の大破・倒壊数」^{1.1753}

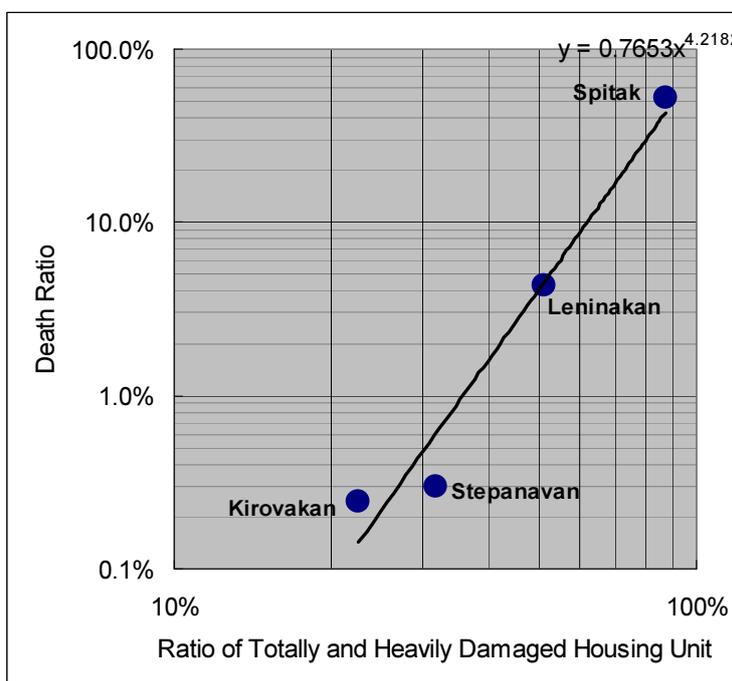


図 6.4-2 死者率と住戸の大破・倒壊率の関係

「死者率」 = 0.7653 x 「住戸の大破・倒壊率」^{4.2182}

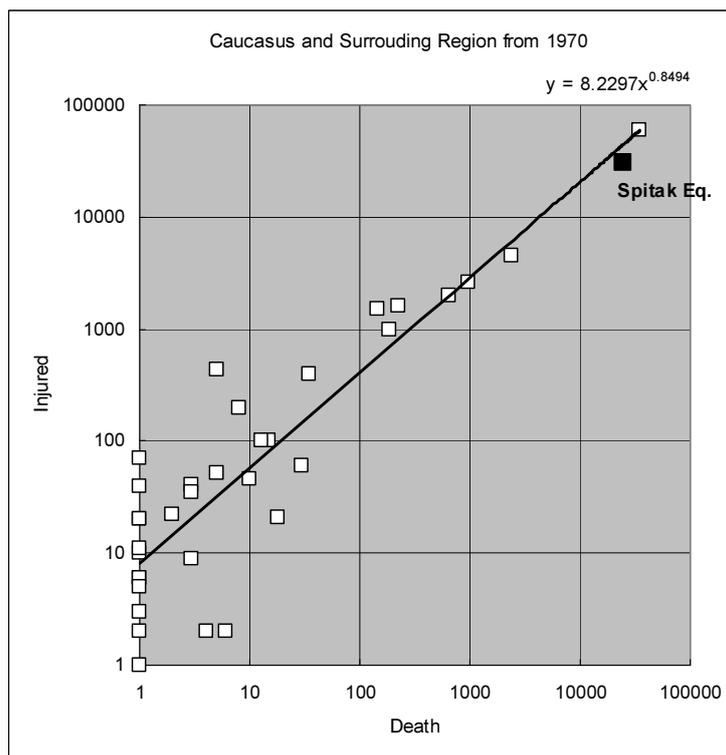


図 6.4-3 コーカサス地方の死者数と負傷者数の関係

$$\text{「負傷者数」} = 8.2297 \times \text{「死者数」}^{0.8494}$$

(2) 被害想定結果

死傷者数を建物被害から算定した。建物被害戸数は建物被害棟数に1棟当たりの平均住戸数をかけて推定した。1棟当たりの平均住戸数は、アルメニア統計局発行の“The Housing Fund and Communal Facilities of the Republic of Armenia on 2008”に記載されている区毎の集合住宅数と戸数から算定した。図 6.4-4 に示したのは、グリッドごとの推定戸数分布である。

建物被害の算定においては学校や商業施設の被害は対象としていないため、人的被害についてもこれらの施設での被害は対象としていない。図 6.4-1、図 6.4-2 に示した被害関数は、日中に発生したスピタク地震の被害データから導き出されたものであるため、地震発生が日中であることを前提としている。夜間に地震が発生した場合を想定するには、ロシア非常事態省の考え方に従えば、日中の被害を1.43倍(=1.0/0.7)すればよい。区ごとに夜間の死傷者数を計算し、集計結果を表 6.4-1 に示した。また死者数の分布を図 6.4-5 に示した。YF シナリオの場合、死者数は約1万人に達すると算定された。GF2 シナリオ、GF3 シナリオの場合はそれぞれ約3.2万人、1.1万人の死者数が算定された。

表 6.4-1 死傷者数推定結果(夜間)

No.	区名	人口	GF2 シナリオ				GF3 シナリオ			
			死者数 (x1000)		負傷者数 (x1000)		死者数 (x1000)		負傷者数 (x1000)	
1	Ajapnyak	108,200	1.9	1.8%	5.1	4.7%	0.5	0.5%	1.7	1.6%
2	Avan	51,000	2.2	4.3%	5.6	11.0%	0.5	0.9%	1.5	3.0%
3	Arabkir	130,800	4.5	3.4%	10.3	7.9%	1.2	0.9%	3.3	2.5%
4	Davtashen	41,100	0.2	0.5%	0.7	1.7%	0.0	0.1%	0.2	0.5%
5	Erebuni	121,900	4.1	3.3%	9.6	7.9%	1.9	1.5%	5.0	4.1%
6	Kentron	130,600	6.5	5.0%	14.3	11.0%	2.6	2.0%	6.6	5.0%
7	Malatia-Sebastia	141,800	1.3	0.9%	3.7	2.6%	0.5	0.3%	1.5	1.1%
8	Nor Nork	147,000	4.3	2.9%	10.0	6.8%	1.1	0.8%	3.2	2.2%
9	Nork-Marash	11,300	0.3	3.1%	1.2	10.5%	0.1	1.1%	0.5	4.4%
10	Nubarashen	9,700	0.2	1.6%	0.6	6.1%	0.1	0.8%	0.3	3.6%
11	Shengavit	146,500	4.4	3.0%	10.2	7.0%	2.2	1.5%	5.6	3.8%
12	Kanaker-Zeytun	79,300	2.0	2.5%	5.2	6.5%	0.5	0.6%	1.6	2.0%
Total		1,119,200	31.8	2.8%	76.5	6.8%	11.2	1.0%	31.1	2.8%

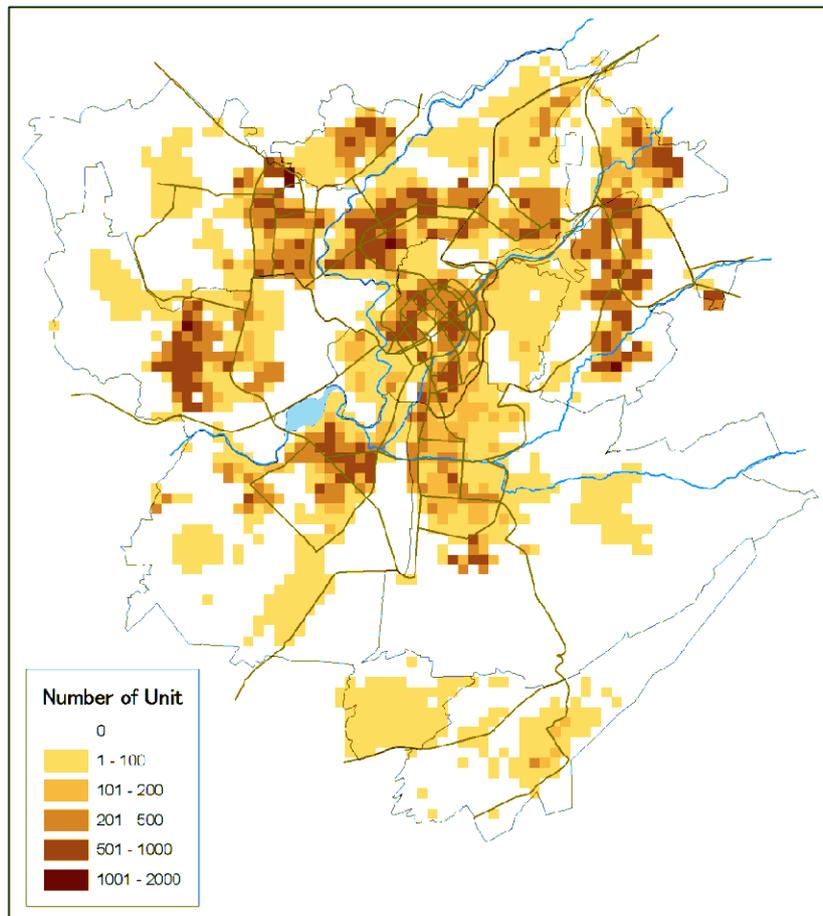


図 6.4-4 推定住戸数分布

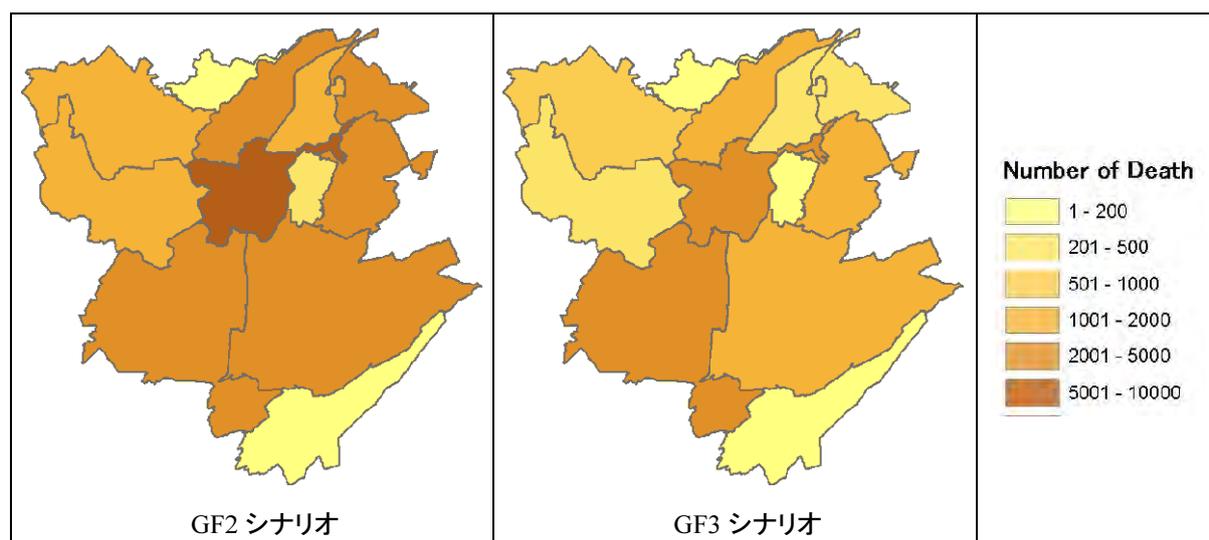


図 6.4-5 区毎の死者数分布

参考文献:

Kringold F, 1994, Economic and social impacts of Armenia earthquake, Proceedings of the 10th World Conference of Earthquake Engineering, pp.7011-7015.

National Statistical Service of the Republic of Armenia, 2009, The Housing Fund and Communal Facilities of the Republic of Armenia on 2008.

6.5 地震防災情報データベース

本プロジェクトで構築された地震防災情報データベースの大分類は、「ベースマップ」「社会条件」「自然条件」「地震ハザード・リスク」「地震防災計画」である。これらの大分類は、フォルダーとして整備され、この各フォルダーの中には、中分類に相当する項目が、Arc GIS 用パーソナルジオデータベース (Microsoft Access と同じ形式)として作成された。さらに、中分類のパーソナルジオデータベースの中には、個々のデータが GIS レイヤーとして格納された。大分類、中分類、小分類の一覧とレイヤーの概要を表 6.5-1 に示す。

表 6.5-1 地震防災情報データベースの入力データ概要

大分類 フォルダー	中分類 ジオデータベース	小分類 GIS レイヤー
1. Base_Map	Armenia	Country Boundary
	Yerevan	Community Boundary
		Digital Elevation Model
		Major_Road
	Water	River
	Lake	
	Satellite_Image	Bing_Maps
2. Built_Environment	Building	All_Building
		Apartment_Building
		Private_Building
		School
		Hospital

	Bridge	Bridge
	Lifelines	Water Supply
		Sewage
		Electricity
		Gas
Telephone		
Population	Population	
3. Natural_Environment	Fault	Active_Fault
		Scenario Earthquake Fault
	Geology	Geology_Map
	Underground_Water	Water_Level
	Slope	Slope_Map
	Ground_Condition	Ground_Class_Map
	Geotechnology	Borehole_Existing
		Borehole_New
	Geophysics	PS_logging
		Surface_Wave Exploration
		MASW
		Microtremor
	4. Hazard_Risk	Seismic_Motion
PGA_Ground Surface		
Liquefaction		PL_Evaluation
Slope_Failure		Slope_Failure
Building_Damage		Private_House_Damage
		Apartment_Damage
Bridge_Damage		Bridge_Damage
Lifeline_Damage		Water_Supply_Damage
		Sewage_Damage
		Electricity_Damage
	Gas_Damage	
	Telephone_Damage	
Casualty	Casualty	
5. Disaster_Prevention_Plan	Land Use	Land Use

6.6 地震防災計画のための最悪ケースの想定

シナリオ地震に加えて最悪ケースの被害を想定しておくことは、地震防災計画策定上有益である。「最悪」ケースについて調査団とアルメニア側の研究者が協議した結果、エレバン市全域が一様に MSK9 の震度となる状況を想定した被害を算定することで合意した。これは、スピタク地震の際の Gyumri 市の状況に類似している。アルメニア側の研究者は、ガルニ断層で地震が発生した場合にはエレバン市はスピタク地震の際の Gyumri 市と同じような被害状況になるとの仮説に固執しており、これに対応したものである。

計算結果を表 6.6-1 に示した。約 2,000 棟の集合住宅が大破・倒壊し、85,400 人が亡くなる結果となった。

表 6.6-1 地震防災計画のための最悪ケース

ケース	MSK 震度	集合住宅の大破・倒壊棟数	戸建住宅の大破・倒壊棟数	死者数
エレバン市全域が MSK 震度 9	IX	2,000	29,000	85,400

第7章 地震防災計画関連調査

7.1 都市計画

7.1.1 都市基盤からみた脆弱性評価(市街地、公園)

エレバン市は、旧ソ連時代に建設された計画都市である。このため、道路、公園・緑地等が計画的に配置され、一部スラム化した密集市街地を除き、住宅地区、産業地区などの土地用途は明確かつ機能的に区分・配置されており、都市計画上の観点からも非常に良く整備された都市である。概観する限り、地震に対する都市計画上の脆弱性は小さいとみられるものの、多くの建物(個人住宅、集合住宅)で老朽化が進んでおり、また近年の急速な都市化などによって脆弱性を増していることが考えられる。大規模な地震に襲われた場合に備えて、さらに地震に強いまちづくりを進めることを考慮すると、次のような脆弱性を挙げることができる。

(1) 現況都市基盤に関する脆弱性

エレバン市の都市基盤のうち、道路配置・幅員、一人当たりの公園・緑地面積について、その脆弱性評価結果は以下のとおりである。

道路配置・幅員

エレバン市マスタープランによれば、片側3車線以上の道路の分布をみると、中心市街地である Kentron 区を取り巻くように環状道路が配置され、この環状道路と交差し市外へ向かって放射状に幹線道路が配置されている(図 7.1-1 参照)。また図の赤線で示した個所については、新規および改修・拡幅工事が計画されている個所である。これらの幹線道路は地震時における避難路としての機能を果たすためにも早急な整備が必要となる。一方、地形的な制約から 6 m 未満道路が比較的多く分布する Avan 区と Nork-Marash 区では、災害発生後の救助活動が困難なことが予想される。

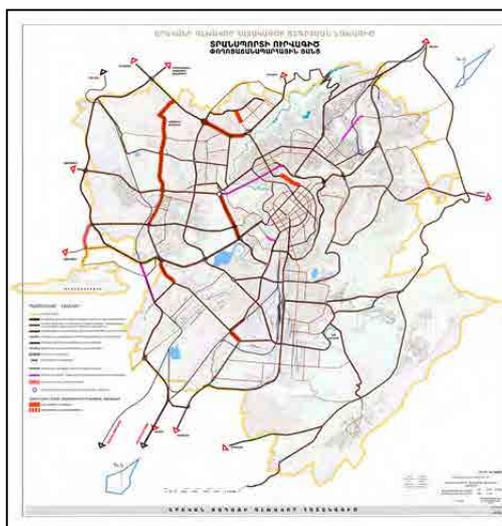


図 7.1-1 道路網と計画(出典:エレバン市マスタープラン)

一人あたりの公園・緑地面積

公園・緑地の面積と現況人口に基づき(表 7.1-1 参照)市民一人当たりの公園面積を試算すると、公園面積等の空地(避難等に利用できる土地)は多いものの、区によって偏りが見られる。また、エレバン市は山岳地帯の麓にひろがる扇状地に位置するため、特に市の北東部は斜面地が多く、災害時に利用可能なアクセスのよい公園・緑地面積は少ない。さらに、密集市街地の集合住宅では、空地が個人の物置や駐車場に占有されており、緊急避難、火災時の緩衝機能は不足している。

災害時には集合住宅のバックヤードへの避難も考えられるが、中高層住宅に囲まれており、地震発生後は建物の倒壊の可能性、破損した窓ガラス等の落下により、避難場所としては適切ではない。

表 7.1-1 エレバン市各区の緑地面積(2003年)

区名	一般利用(公園、林地)	
	面積ha	m ² /人
Ajapnyak	12.0	1.12
Avan	10.5	2.10
Arabkir	122.3	9.30
Davtashen	7.8	1.90
Erebuni	18.5	1.55
Kentron	128.0	9.85
Malatia-Sebastia	60.5	4.30
Nor Nork	49.5	3.46
Nork-Marash	0.0	0.00
Nubarashen	3.1	3.30
Shengavit	32.6	2.30
Kanaker-Zeytun	95.5	12.25
Total	540.3	4.90

出典:エレバン市マスタープラン、エレバン市役所資料

(2) 土地利用(建築物)に関する脆弱性

現況から見た建物の分類別の脆弱性は以下のとおりである。

集合住宅

集合住宅の被害想定では(GF2 シナリオ地震)、とくに、Kentron 区および Shengavit 区において、建築年が古く建物老朽度が高い建築物が多く立地しているため、被害が多くなっている。また、Avan 区、Nor Nork 区および Arabkir 区の中心市街地の一部で被害が多いと予想される。

個人住宅

個人住宅の被害想定では(GF2シナリオ地震)、Erebuni 区、Arabkir 区および Avan 区の個人住宅地での被害が大きい。

(3) その他の視点

市内を流れる河川周辺および地滑り地区の土地利用に関する都市の脆弱性は以下のとおり評価される。

河川周辺の土地利用

Hrazdan 溪谷とNork 溪谷に沿った地域の急傾斜地およびその近傍に分布する個人住宅については、地震時における斜面崩壊に対して対策が必要となる。

地滑り地区

エレバン市の Erebuni 区および Nubarashen 区の南東部は地滑り地区に指定されていることから、地震時の対策が必要となる。これらの地区には集合住宅は無く個人住宅も少なく、被害想定でも建物の被害は想定されていないが、場所によっては地滑りが発生した場合孤立するなど脆弱性が高いと評価できる。

7.1.2 都市計画制度等の現状と課題

(1) 都市計画に関する法制度の枠組み

都市計画/土地利用に関する法制度、計画の枠組みは図 7.1-2 に示したとおりで、「ア」国都市計画法(1998年)が基本となる。土地利用に関しては土地利用分類コード(2001年)に示した9種類の用途によって規制がかけられている。建物の建替えを含む開発プロジェクト(既成市街地の再開発)については、エレバン市マスタープランが上位計画として位置づけられるが、マスタープランは市の全体の開発についてコンセプトや方向性を示すもので、実際の実施事業はエレバン市の都市開発規則(法的な効力を持つ市長令)、および各種建設基準等(旧ソ連時代の統一基準、例えば Construction Norms and Rules CNaR 2.07.01-89 Moscow 1989 など)を基本に実施されている。

エレバン市の大部分を占める「既成市街地」は、旧ソ連時代に厳格な基準のもとで計画的に作られたもので、都市の骨格構造についてはその殆どが当時と変わっていない。また、体制崩壊後の混乱期以降は、エレバン市への人口流入は比較的少なく、経済・産業活動の伸びが緩やかなことから、無秩序な開発は未だ見られない。しかし、1990年代に進んだ土地・建物の個人所有化は住宅の耐震化を阻害する要因にもなりかねない。とくに集合住宅の場合、住民の所得格差等が原因で建替え費用の負担が難しく耐震化を含めた建替えの合意形成が困難な場合が多く¹、既成市街地に多くみられる老朽化した集合住宅についても再開発が進まないなど問題は多い。今後は地震に強い街づくりのために必要な再開発と住宅の耐震化を促進するために、都市計画関連の法的枠組みの整備が優先課題となっている。

(2) マスタープラン

マスタープランは1976年に最初のものが作られ、1991年の「ア」国の独立後の混乱を経て2005年に計画年次を2020年とする全面的な改訂(政府決定 N2330-N)が行なわれた。翌2006年にはマスタープランの行動計画が承認(政府決定 N1402-N)され、併せて市街地(再)開発に関する規則も承認(市長令 N2228-A)された。2010年から2011年にかけてマスタープランの再改訂が承認(政府決定 N208-N、N1920-N)され、2012年春に再改定の作業に着手している。このマスタープランの再改訂では、これまで

¹ 土地利用規制(Land Code)

「ア」国では、このような事態を避ける方法として、公共のための土地利用に強制力のある法律として Land Code(土地利用規制)が定められている。Land Code の第104項では、集合住宅の建替えによる立ち退きの場合について、集合住宅の土地所有者である市が1年前に住民に通告し期限内に退去しない場合は、強制的な立ち退き(不動産の没収)も可能となっている。

考慮されてこなかった地震防災(地震に強いまちづくり、建物の建替えと耐震化を含む)についての内容の追加が必要となる。

エレバンプロジェクト

現在エレバンプロジェクト(Municipal company:市の非営利会社)はマスタープランの改訂作業をおこなっている。エレバンプロジェクトは50年以上の歴史があり、旧ソ連時代は1000人を超す技術職員によりエレバン市の土木、建設工事の設計・エンジニアリング業務をほぼ独占的に実施していた。体制崩壊後の1990年代以降、国や市からの補助金が打ち切れ民営化による独立採算を強いられた結果、職員数は100人前後に激減した。そのため現在は、他の民間設計コンサルタント・エンジニアリング会社と同じ資格で競争入札に参加している。なお、エレバンプロジェクトの業務内容は再開発事業などを実施する民間建設業者やディベロッパーなどとは基本的に異なる。

(3) 地震防災対策に関する新たな法制度の枠組みと課題

「ア」国では、地震リスクアセスメントに基づく建物の地震リスク軽減対策に関する複合プロジェクトを準備中で(図 7.1-2 参照)、1989年以前に建築された老朽化した建物の耐震化(建替えによる)に向けて様々な事業を展開しようとしている。このような各種防災対策(プロジェクト)と、現在の都市計画/建築基準等の法制度の運用、及びマスタープランにおけるコンセプト、方向性との間に、整合性と一貫性を持たせることが今後の課題である。

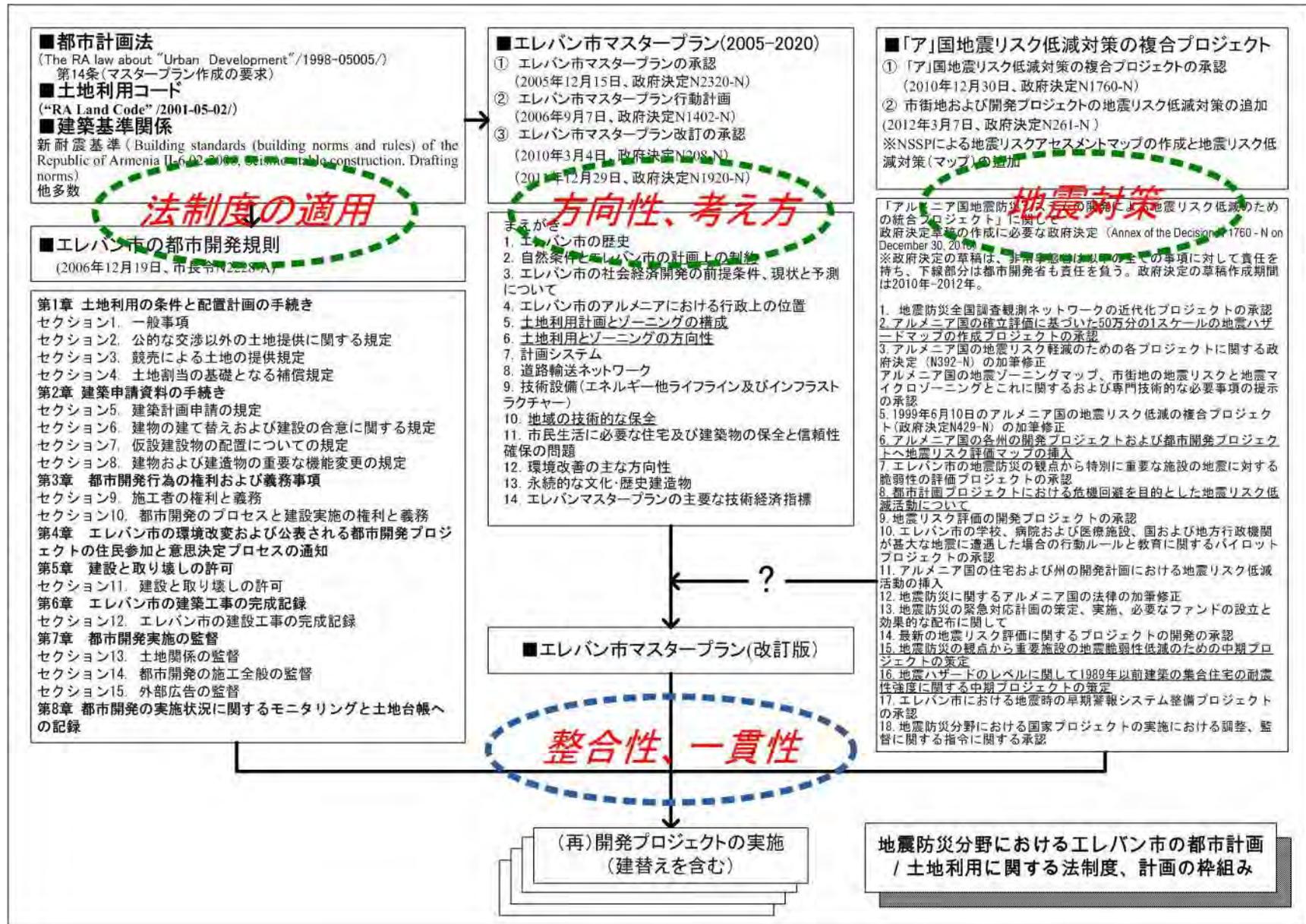


図 7.1-2 エレバン市の都市計画制度における地震防災に関する法制度の枠組み

7.1.3 エレバン市における再開発事業の課題

(1) 既成市街地の再開発プロジェクト

エレバン市の既成市街地の再開発事業については、老朽化した集合住宅の建て替えが殆どで、スラム化した個人住宅の密集した地域の面的な整備は限られる。

しかしながら、マスタープランでは、以下のように面的な広がりをもつ優先度の高い再開発プロジェクトが幾つか提案されている(図 7.1-3 参照)。

- Kentron 区の Kondo 地区(スラム化した密集市街地)
- Kentron 区の Kilikia 地区および Noragyugu 地区(斜面地、地形的な制約が大きい)
- Ajapnyak 区の中心街(地盤沈下対策が必要な地区)
- その他、Shengavit 区、Arabkir 区、および Nor Nork 区に数ヶ所(斜面地)

これらの再開発プロジェクトは、計画(指定)されてから数年を経過しているがプロジェクトの進捗は遅い。なお Kentron 地区の Northern Ave. からオペラ座周辺の再開発については 2012 年現在ほぼ終了している。

(2) 再開発プロジェクト実施の仕組み

再開発プロジェクトは、Kentron 区の Northern Ave からオペラ座周辺の再開発プロジェクトをはじめとして、中心部リング内のいたるところビルの建替え工事が行なわれている。これらのビルの建替えを中心とした再開発プロジェクトは、通常は入札により民間開発業者(以下ディベロッパー)が事業そのものを一括して請け負う。その場合、エレバン市はディベロッパーによる種々の申請手続きの審査し、またプロジェクト全体(工事そのものではなく)を監督する立場をとる。再開発プロジェクトについては、以下の点が特筆される。

- 1960-1970 年代に建築された耐震性の低い集合住宅やオフィスビルは、耐震補強をするよりも建替えがコスト的に有利なため、殆どの場合、既存の建物を取り壊して新築に建て替えることを選択している。
- 再開発に伴う住民との様々な利害調整(権利問題の調整)は、市の監督のもとで全てディベロッパーに委ねられている。
- 再開発対象地区の住民は、その権利をディベロッパーに有償譲渡して、その補償金で他の住宅を購入するケース、補償金を担保に新たに権利を買って同じ場所の建替えた新築の建物に住むケース、補償金と同等の代替地(住居)へ移転する場合など、様々なオプションをディベロッパーが準備しているため、問題はあまり起こらないとのことである。
- 集合住宅の建替えに関する合意ルールについては、原則として住民の全員合意となっているものの、強制的な立ち退きを要求するケースも稀にある。その場合でも法律によって処理され殆どが短期間に解決している。
- エレバン市は、独立後の人口の伸び悩みと都市への人口流入が少ないこと、市の財政難から公営住宅や賃貸住宅を市が主導して建設あるいは供給はしてない。また再開発に伴う代替え住宅地の不足といった問題も起きていない。

- 広がりを持った面的な整備が要求される再開発においても、市が補助金を出して道路や公園などと一体的に整備する手法は見られず、殆ど建物の建替えが中心で、付带的に簡単な街路の整備(歩道の張替えなど)が行なわれるのが一般的である。この理由は、既存の街区や道路は敷地にある程度余裕があるので敢えて道路拡張や区画整理(住区の整形)の必要性が比較的少ないからである。
- エレバン市マスタープランで再開発地として指定されている Kentron 区の北東部の Kondo 地区は、100 年以上前の古い低層住宅が密集し一部スラム化している。周辺は地形的(斜面地)な条件を考慮し敷地造成や道路整備などを含めた複合的な整備が必要である。現在、外国資本のディベロッパーが再開発プロジェクトに着手している。

土地所有

旧ソ連体制の崩壊後の 1990 年に土地所有に関する法律が施行され、1992 年~1995 年に市民の多くが不動産(土地あるいは建物)の所有権を得た(多くは払下げによる)。統計データによるとエレバン市では約 23%が個人の所有地となっている。集合住宅の場合、建物の専用部分は個人の所有権は認められており共用部分については市が管理(実態は管理組合(コンドミニアム)が管理)している。また集合住宅の土地については駐車場(金属製のガレージ)およびオープンスペースは原則的に市の所有地となっている。固定資産税については小規模な土地、建物以外については不動産の所有者が固定資産税を市に支払っている。

(3) 再開発プロジェクトの課題

- マスタープランで指定された再開発地区の多くは地形・地質的な制約を受けた土地が多く、建物の建替えばかりでなく、場合によっては土地造成(斜面对策あるいは地盤沈下対策)と道路整備などのインフラ整備と一体的かつ都市環境と調和したな再開発が必要となる。これらの基盤整備については市の主導のもとで実施することにより、再開発プロジェクトを促進させる必要がある(図 7.1-4 参照)。
- 市中心部の建替えが進むことにより、将来中心市街地(Kentron 区および周辺)への過度な人口集中が起こらないように、現在宅地開発が進みつつある市の西部(Ajapnyak 区、Malatia-Sebastia 区、Shengavit 区)への住宅供給を円滑に進めるための長期計画の立案が望まれる。
- 再開発を実施する場合、ディベロッパー主導による建物の建替えばかりでなく、環境や防災に有利な公園等のオープンスペースの確保や道路拡張整備などが促進されるような施策の導入(公共事業として、市の補助金等)についても今後検討する必要がある。

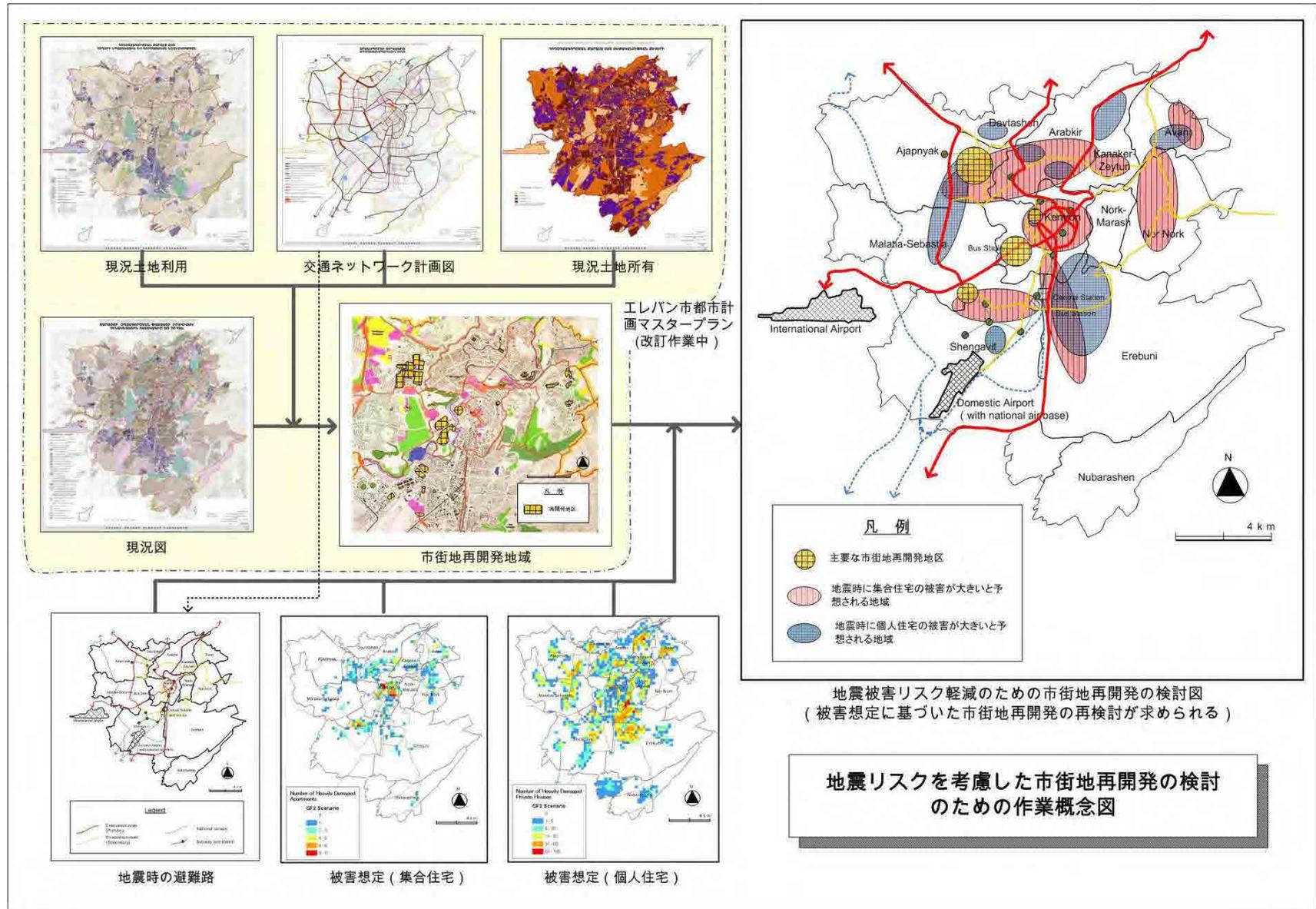


図 7.1-3 エレバン市の市街地再開発計画と地震防災計画

1. 防災から見た市街地再開発の利点

- 地震に対して脆弱な建築物を減らす
- 低層密集市街地の延焼防止
- 道路の拡幅と適切な配置による災害時の復旧活動の円滑化
- 再開発によって生み出されたオープンスペースを避難地として活用できる

2. 市街地再開発によって確保される公園・緑地

開発行為における公共緑地の確保基準 (日本の都市計画法)

開発面積 (再開発面積)	市街化区域		市街化区域以外
	戸建住宅	共同住宅等	
0.3ha - 1 ha	1 % >	2 % >	2 % >
1ha - 5ha	2 % >	3 % >	4 % >
5ha - 20 ha	3 % >		6 % >
20ha -			3 % >

注: % は開発面積に対する割合



3. 日本における既成市街地の再開発の方法

■市街地再開発事業 (立体的な開発)

事業者 (市あるいは民間) が街路・広場・公園の面整備をしながら再開発ビルを建築する。再開発地区内の権利者は、元々持っていた土地建物等と同じ評価分の再開発ビルの土地と床の権利を取得でき、これを権利変換と言う。

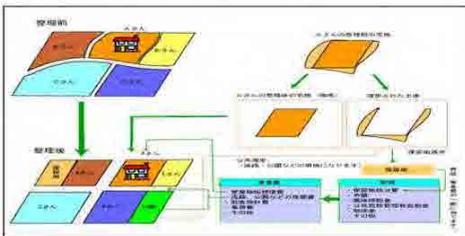


適用?

出典: 都市再開発ハンドブック(2007年、国土交通省監修)

■土地区画整理事業 (平面的な開発)

事業者 (公共団体あるいは組合) が街路・公園等の面整備を行なう。区画整理地区内に土地を持っている人は、保留地や新しい街路等を造るために土地の面積が減るが、その代わりにきれいに区画されて使いやすい土地が出来る。



適用?

出典: 都市再開発ハンドブック(2007年、国土交通省監修)

4. アルメニア国における市街地再開発の法令、基準、手法

- アルメニア国では市街地整備に関する法令、基準、手法は旧ソ連邦の時代に整備され、独立後も基本は変わらないが、適用が難しくなっている

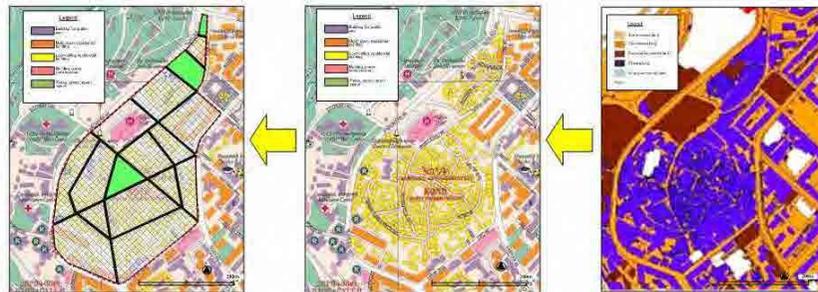
- 都市計画関連の法令、基準
- エレバン市都市計画マスタープラン
- 建築関連の法令、基準

The RA law about "Urban Development" /1998-05-05/
"RA Land Code" /2001-05-02/
The RA law about "Licensing" /2001-05-30/

5. アルメニア国における市街地再開発の現状と問題点

- 再開発地域は、市の都市計画マスタープランで決定 (市長決定) され、住民の立ち退きについても強制力がある
- 再開発事業計画は民間の開発事業者により作成され、市へ開発・建築確認の申請、審査、決定の手続きを踏む
- 再開発の実施は、民間の開発事業者の投資意欲 (採算性) へ依存し、建物の整備と調和した周辺の道路整備や緑地などの公共施設の整備 (インフラ整備) が進まない
- 市の財政難により、民間投資による再開発事業を促進させるためのインフラ整備が進まない結果、市街地再開発計画は遅れている

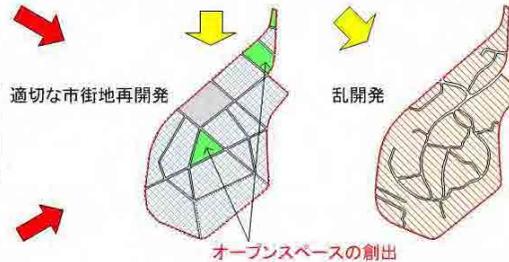
6. ケントロン区のコンド地区における再開発 (計画面積: 約8ha)



市街地再開発計画の例 (概念図)

現状 (低層密集市街地)

土地所有者 (青色は個人所有)



- 適切な市街地再開発のメリット
- ✓アクセス道路の確保による住民の生活改善
 - ✓公園緑地の創出による環境改善
 - ✓乱開発 (無秩序なビルの建設) の防止
 - ✓道路、インフラ整備と一体的な整備による資産価値の増大
 - ✓災害時の復旧活動、避難活動のためのオープンスペース、アクセス道路が確保される

エレバン市における都市計画/土地利用の現状と課題
- 防災に強い街づくりのための市街地再開発の推進 -

図 7.1-4 エレバン市の市街地再開発の課題

7.1.4 地震に強い都市づくりに関する提言

地震に強い都市づくりを進めるために、以下の点が提言される。

- 旧ソ連時代に建設された都市基盤の整備(とくに、二次災害の防止にもなる、上下水道・電力・ガスなどのライフライン施設・ネットワークの耐震化を促進する)
- 建築物等の耐震性の向上による市民への被害の軽減、建物崩壊による道路閉塞の防止(とくに、病院や学校の耐震化は重要で現在実施中の事業を促進する)
- 災害時に避難できる空地の確保(小学校の耐震化を前提とした校庭の活用、大規模工場敷地、市街地周辺の空地等を確保する)
- 広域道路網の整備(中心市街地内から通過交通の排除を含む)、とくに市の中心部を取り囲む外郭環状道路の整備
- 市の東(南)部の地滑り地区、Hrazdan 溪谷及び Nork 溪谷などの斜面地に建設されている住宅の耐震性を高める

(1) 都市計画にかかわる基本的考え方

エレバン市で開発、建築行為を行う場合には、アルメニア国の都市開発法(The RA law about “Urban Development” /1998-05-05/)、アルメニア国の耐震建築基準(Building standards (building norms and rules) of the Republic of Armenia II-6.02-2006, Seismo-stable construction. Drafting norms)に準拠した開発・建築行為を行う。また、再開発事業については、エレバン市マスタープランに準拠した開発である必要がある。なお、上記の開発・建築、再開発を行う場合には、旧ソ連時代に建設された公共空間を将来的にも公共空間として確保する。

(2) 再開発の推進

エレバン市マスタープランに準拠した再開発事業を段階的・計画的に進める。この推進のためには、エレバン市都市開発建設局 (Department of architecture and urban development, Department of urban development and land control) の適切な管理のもとで用地交渉、地権者の合意形成を進める。エレバン市では現在、再開発対象地区の住民は、その権利を開発業者に有償譲渡して、その保証金で他の住宅を購入するという流れが一般的である。再開発される住宅の多くは低所得者が多いため、補償金を得た住民がその補償金で再開発住宅を購入して、同じ場所に住み続けることが困難な場合が多い。このため、エレバン市の平均的な市民が建物の建替え後も住み続けられるように、民間開発と競合を避けつつ、市が主導して公営住宅や賃貸住宅の供給も行うことを検討する必要がある。個々の建物の強化のために、以下の事業を推進する。

建替え事業

エレバン市マスタープランによると、建替えを推奨している地域の建築物は 1989 年以前(特に 1960 年-1970 年代が中心)に建てられた老朽建築物である。これらの住宅の段階的な建替えを進めるとともに、市街地内の集合住宅については、居住者(管理者)の合意形成を進め、以下の方法を活用しながら建替えを進める。

- 建物を中・高層化し、新しい住居を増床することで、建設資金の負担を軽減し、建替えを推進する。

- 低層住宅の土地を集合住宅の床に変換して新しい集合住宅を建設し、建替え対象となっている低層住宅地の再開発を進める。
- 市が低所得者用の賃貸住宅を建設して提供することにより、低所得者の居住する老朽化住宅の建替えを促進する。

耐震事業

エレバン市マスタープランで「公共建築物、歴史・文化的建築物」に分類されている建築物についても、耐震診断を実施し、耐震性に問題のある建築物については、耐震事業を実施する。また、地震災害時に重要な役割を持つ病院、学校については優先的に耐震化する。

(3) オープンスペースの確保

都市内空地の確保

エレバン市マスタープランの GIS データと市内の人口分布及びエレバン市に関する情報を重ねると、以下の点が明らかとなった。

- 全体に大規模な公園・緑地が点在しており、市の外縁部の空地率は高い
- 市の中心部 Kenntron 区および Arabkir 区など住宅が密集する区では公園・緑地が多いが、Nork-Marash 区など公園・緑地が全く存在しない区もある
- マスタープランでは 2020 年に各区の公園・緑地を 10m²/人以上に増やす計画である

災害発生時には、エレバン市が指定している避難場所である教育施設(小中学校等)の校庭、病院および行政機関の施設を一次の避難場所として確保する一方、二次避難地として既存の公園、緑地及び市外縁部の未利用地を避難場所として積極的に活用する。一方、個人住宅が密集する地区では、都市内空地が不足していることから、火災・延焼防止も考慮して、民地内の植樹等による緩衝機能の付加、建替え時の壁面後退などを進める。

表 7.1-2 エレバン市各区の公園・緑地整備の将来計画

区名	2005年(2003年のデータ)		2020年	
	面積ha	m ² /person	面積ha	m ² /person
Ajapnyak	12.0	1.12	243.0	16.40
Avan	10.5	2.10	70.5	12.70
Arabkir	122.3	9.30	216.8	16.60
Davtashen	7.8	1.90	97.8	21.60
Erebuni	18.5	1.55	372.0	30.04
Kentron	128.0	9.85	148.0	11.60
Malatia-Sebastia	60.5	4.30	360.5	22.40
Nor Nork	49.5	3.46	261.5	18.00
Nork-Marash	0.0	0.00	51.0	39.20
Nubarashen	3.1	3.30	101.1	68.30
Shengavit	32.6	2.30	334.6	20.80
Kanaker-Zeytun	95.5	12.25	125.5	16.40
Total	540.3	4.90	2,382.3	19.85

出典:エレバン市マスタープラン(2005)

防災公園の指定と整備

地震災害時の一次的な避難地としてばかりでなく、救援、救護活動の拠点として、面積 10～20ha 以上の既存の公園を防災公園に指定して整備を図る(図 7.1-5 参照)。防災公園の配置は、避難路と被害想定結果を考慮して市内の要所に数カ所配置することが望まれる(図 7.1-6 参照)。

都市計画の決定

一部地域において大規模公園の敷地内に民間の住宅が建設されている。また、歩道空間が一部途切れて、民地となっている場合もある。これは、道路、公園等の公共空間が民地と完全に区分されておらず、個別の開発申請毎にその公共空間の利用が判断されているためである。公共空間としての公園・緑地の継続性を確保するために、都市計画決定によって公共空間を確定する。

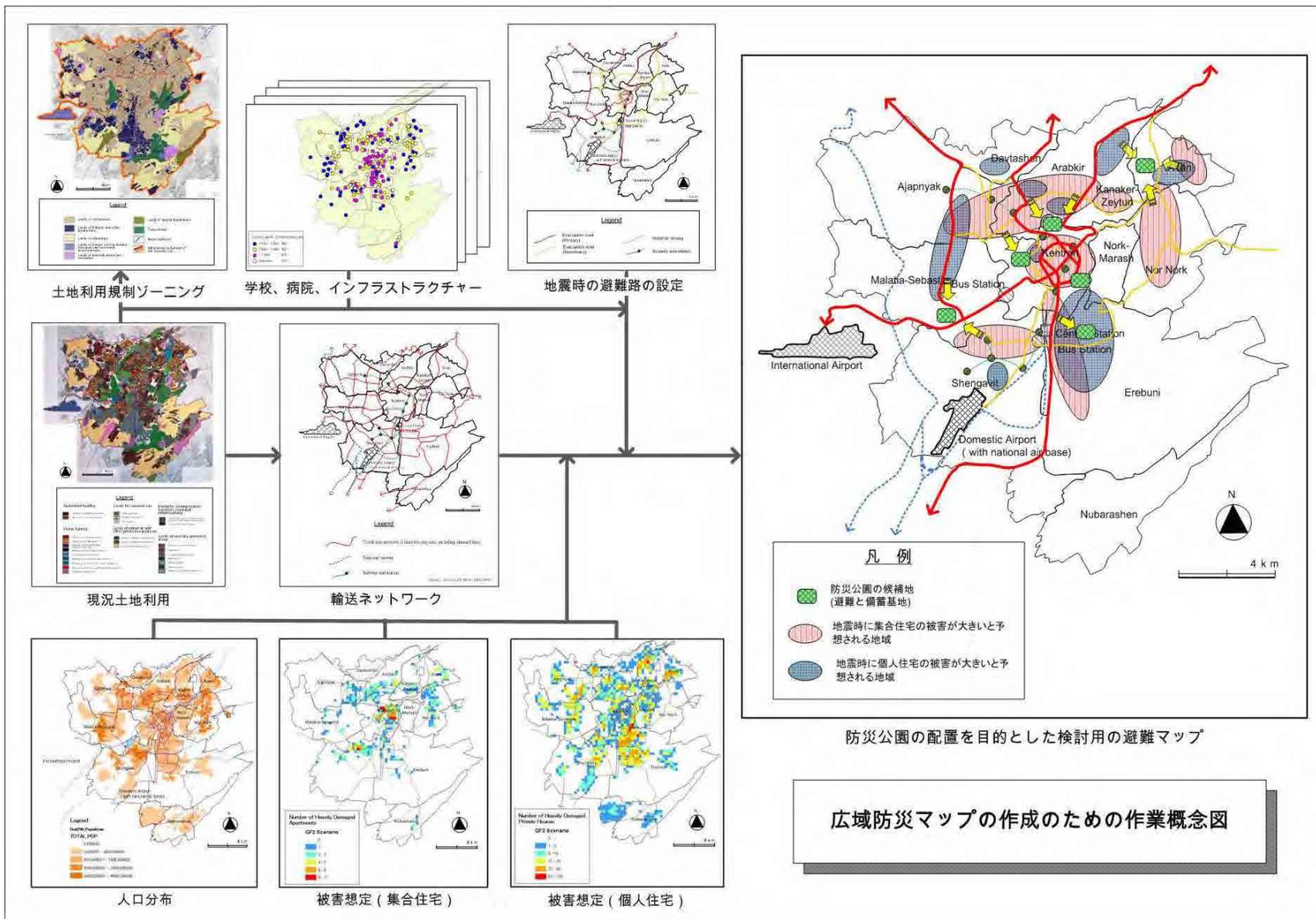


図 7.1-6 広域防災拠点(公園)の整備

(4) 道路整備

道路網

幹線道路の整備はエレバン市マスタープランに従って段階的に進める。地震災害時の救助・救援・避難を円滑に行うことを考慮して、市内に起終点をもつ自動車交通が最短経路で目的地へアクセスできるように外郭の環状線の一部未整備箇所を早期に整備する。

駐車場

市街地内の駐車スペースについては、道路沿いはエレバン市が管理している。今後、地震災害時の救助・救援・避難のための緊急指定道路について駐車規制を行うと同時に、とくに緊急指定道路近辺の駐車場の整備を進める。集合住宅のバックヤード部分は現在、駐車場として利用されているが、地震発生時には、救助・救援・避難の妨げになり、さらには、燃料が火災等の二次災害を引き起こす危険性がある。市民からその危険性が指摘されていることも考慮して、バックヤードの駐車場が災害時に活動の妨げにならないように規制、または整備を行う。

公共交通機関

地震災害時には、緊急車両以外の一般の自家用車の利用が制限され、一般の移動は公共交通機関を利用する。緊急車両の移動を妨げることなく、一般の移動をできるだけ円滑に行うため、平常時から市公共輸送道路局、道路鉄道輸送企業はインフラ(送電電柱など)の耐震化を進める。また、市公共輸送道路局(バス)は、災害時の歩行者動線を確保するためにバス停の耐震化を進める。現在、運行している地下鉄(エレバン市が管理・運営、延長計画がある)についても、災害時の自動車利用を抑制するために必要であるため、引き続き整備を進める。

(5) 災害時における土地利用

災害時には、一次避難地としての非常事態省が指定した学校、病院、行政機関以外、二次避難地として公園・緑地、空地(民地)を積極的に活用する(図 7.1-7 参照)。活用にあたっては、エレバン市(市土地利用管理局)、土地所有者の間で使用許可に関する協定を締結する。公園・緑地については、災害時の避難場所の積極的な使用を想定して、案内サイン(避難地の指定)、非常トイレ、非常照明灯、備蓄倉庫など整備をおこなう(図 7.1-8 参照)。

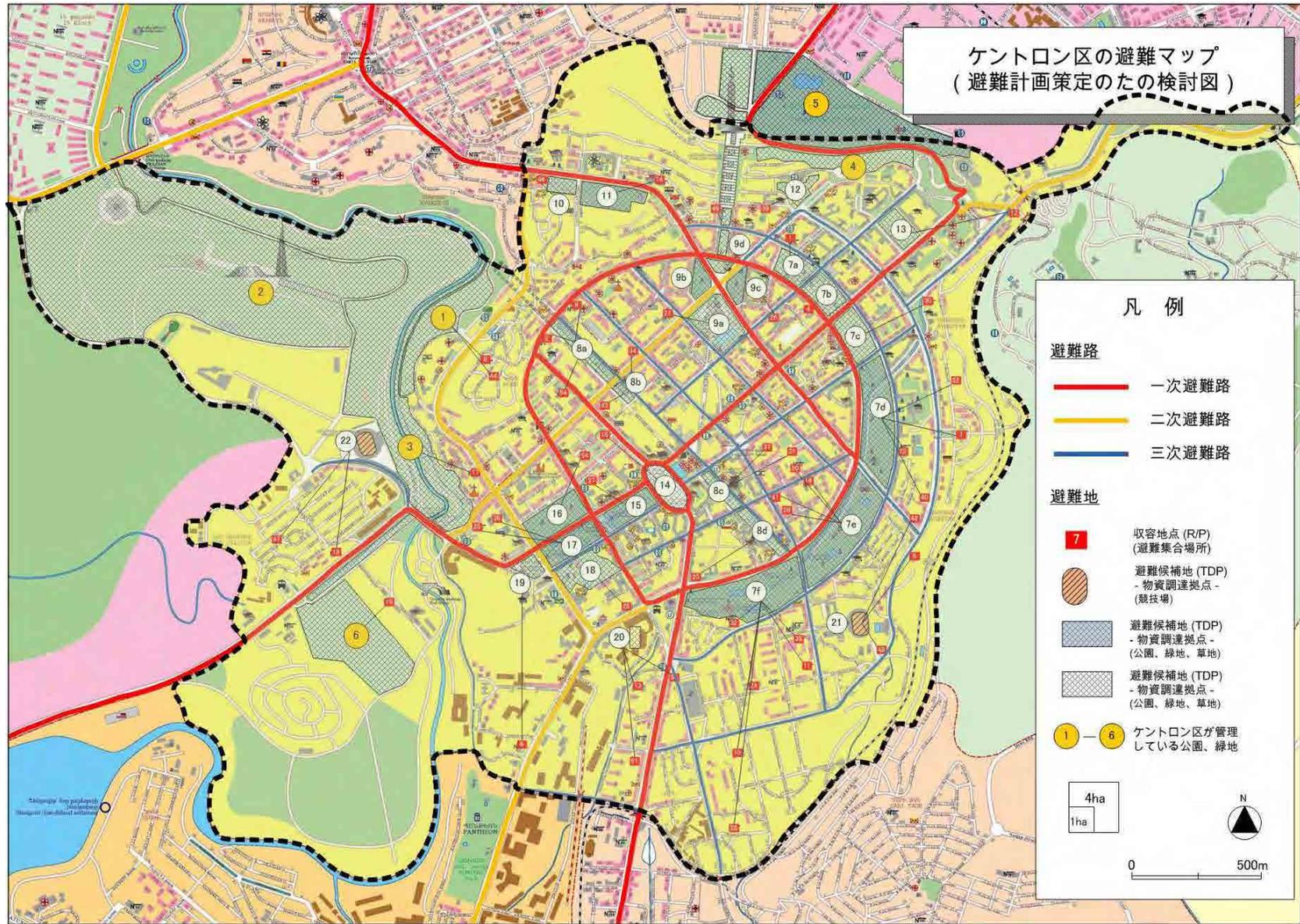


図 7.1-7 避難マップの例(ケントロン区)



図 7.1-8 防災公園(広域防災拠点)の例

7.2 環境・社会配慮

7.2.1 ガレキ処分

(1) ガレキ処分の現状

現在、建物の取り壊しによるガレキ及び建設廃棄物は、Ajapnyak 区にあるガレキ処分場に運搬される。一方、一般廃棄物は主に Nubarashen 区にある最終処分場に処分されている。

エレバン市公共業務部は一般廃棄物管理の担当ではあるが、建設廃棄物管理の担当ではない。エレバン市建築・都市建設部及び都市開発・土地調査部がガレキ管理を担当している。認可された管理会社が建設会社と契約し、指示する。契約した建設会社だけが、建設廃棄物を Ajapnyak 区のガレキ処分場に運搬することが許可されている。

現在のガレキ処分場は、Ajapnyak 区にある Tsita 工場近くの採石場の空地にあり、広さは 10 ヘクタールである。今後 10 年以上は使用できると言われているが、それはエレバン市で排出される建設廃棄物がそれほど多くないためである。エレバン市の建築・都市建設部及び都市開発・土地調査部が、現在のガレキ処分場を採石場にある空地内に選定した。災害ガレキ処分用地についても、採石場の空地内に候補場所を選定するべきである。

参考までに、エレバン市各区には一般廃棄物管理を行う業者が存在している。各業者は入札により、一般廃棄物の収集、最終処分場への運搬を委託されている。また、道路清掃や散水、雪の除去も業務に含まれている。Nubarashen の最終処分場は、Erebuni 区の一般廃棄物管理会社が管理している。

(2) エレバン市における地震災害によるガレキ量

地震災害により発生するガレキ量は、シナリオ地震 GF2 の結果を基に計算を行う。表 7.2-1 は、地震により倒壊・大破する建物数を示している。

表 7.2-1 シナリオ地震 GF2 における倒壊・大破建物数

No.	区	既存建物数			倒壊・大破					
		集合住宅 (x100)	戸建住宅 (x100)	戸数 (x100)	集合住宅 (x100)		戸建住宅 (x100)		戸数 (x100)	
1	Ajapnyak	3.9	30.6	267	0.5	12%	10.9	36%	36	14%
2	Avan	2.3	12.2	127	0.6	27%	6.7	55%	40	32%
3	Arabkir	5.8	33.2	347	1.2	21%	11.7	35%	74	21%
4	Davtashen	1.7	7.8	98	0.0	2%	3.2	41%	5	5%
5	Erebuni	2.2	106.4	228	0.5	23%	38.4	36%	69	30%
6	Kentron	7.1	55.1	364	2.5	35%	15.5	28%	103	28%
7	Malatia-Sebastia	5.7	45.3	346	0.3	6%	10.3	23%	27	8%
8	Nor Nork	6.4	1.8	369	1.0	16%	0.5	31%	71	19%
9	Nork-Marash	0.0	24.0	24	0.0	23%	8.3	35%	8	34%
10	Nubarashen	0.3	5.5	16	0.1	26%	1.4	26%	4	26%
11	Shengavit	5.5	72.0	298	1.4	26%	16.4	23%	73	25%
12	Kanaker-Zeytun	2.9	32.4	163	0.5	16%	15.3	47%	37	23%
合計		43.7	426.3	2,649	8.6	20%	138.7	33%	548	21%

地震により発生するガレキ量は、倒壊・大破した鉄筋コンクリート造の建物から発生するガレキの平均単位(阪神・淡路大震災での経験値:可燃性廃棄物 0.120 トン/m²、不燃性廃棄物 0.987 トン/m²)及び、高

層住宅と個人住宅の平均のべ床面積のデータ(それぞれ 4,568m²、232m²)を用いて計算を行った。結果を表 7.2-2 に示す。

$$\begin{aligned} \text{可燃性廃棄物} & 473 \times 10^3 + 386 \times 10^3 = 859 \times 10^3 \text{ (トン)} \\ \text{不燃性廃棄物} & 3,891 \times 10^3 + 3,175 \times 10^3 = 7,066 \times 10^3 \text{ (トン)} \end{aligned}$$

表 7.2-2 シナリオ地震 GF2 により発生するガレキ量

No.	区	集合住宅		戸建住宅	
		可燃廃棄物 (x1,000 ton)	不燃廃棄物 (x1,000 ton)	可燃廃棄物 (x1,000 ton)	不燃廃棄物 (x1,000 ton)
1	Ajapnyak	26	210	30	249
2	Avan	33	273	19	153
3	Arabkir	66	541	32	267
4	Davtashen	2	15	9	73
5	Erebuni	28	227	107	880
6	Kentron	136	1,119	43	356
7	Malatia-Sebastia	17	142	29	236
8	Nor Nork	57	466	2	13
9	Nork-Marash	0	1	23	190
10	Nubarashen	4	36	4	33
11	Shengavit	79	654	46	375
12	Kanaker-Zeytun	25	207	43	351
合計		473	3,891	386	3,175

(3) ガレキの運搬と処分

ガレキの体積は、単位体積あたりのガレキ重量(1.2トン/m³)で計算され、採石場空地において深さ 30m、20ヘクタールの用地が処分に必要であることが分かった。

$$\begin{aligned} 7,066 \times 10^3 \text{ (トン)} / 1.2 \text{ (トン/m}^3\text{)} & = 5,888 \times 10^3 \text{ (m}^3\text{)} \\ 5,888 \times 10^3 \text{ (m}^3\text{)} / 30 \text{ (m)} & = 196 \times 10^3 \text{ (m}^2\text{)} \\ & = 20 \text{ヘクタール} \end{aligned}$$

エレバン市では 151 台のダンプカーにより、一般廃棄物の収集が行われている。建設会社からのダンプカー 49 台を追加し、4トン積載可能なダンプカーを 200 台、一日 10 往復、年 250 日稼働として、地震直後から災害ガレキの運搬を行ったとしても、運搬・処分するのに約 3.5 年かかることになる。

$$7,066 \times 10^3 \text{ (トン)} / 4 \text{ (トン)} / 10 \text{ (往復)} / 200 \text{ (トラック)} / 250 \text{ (日)} = \text{約 } 3.5 \text{ 年}$$

シナリオ地震 GF2 では、21%の住居が居住不可能になり、残りの 79%が居住可能であると想定された。その結果は、エレバン市公共業務部は地震後であっても通常通り一般廃棄物管理を行わなければならないが、79%の収集車は災害ガレキではなく、日常の一般廃棄物の収集のために稼働しなければならないことを意味している。また、それは、通常の一般廃棄物管理を維持したままであれば、すべての災害ガレキを処分するためには約 17 年かかることを示している。

$$3.5 \text{ 年} / 0.21 = \text{約 } 17 \text{ 年}$$

参考までに、リサイクル活動は促進されておらず、再使用やガレキ処分量を減らすために、災害ガレキをコンクリートブロック、鉄筋、石に分けるシステムはない。エレバン市は建設廃棄物で採石場空地进行を埋め、大量の土で覆い、小規模な町や緑地を作ることを考えている。それゆえ、現在のところガレキを再使用やリサイクルのために分別して、災害ガレキ量を減少させることは考えていない。

同時に、 859×10^3 トンの可燃性廃棄物が地震により発生する。エレバン市では一般廃棄物の焼却システムがないため、可燃性廃棄物は、Nubarashen 区の現在の一般廃棄物処分場に運搬されるべきである。現在、エレバン市で稼働中の 85 台の圧縮機能付きごみ回収車が、一日 10 往復、年 250 日稼働するとして、すべての可燃性災害廃棄物の運搬・処分に一年かかることになる。その量は、過去 50 年、Nubarashen の処分場で処分された廃棄物の 9% になり、深さ 5m、広さ 14 ヘクタールの土地が必要になる。地震後にエレバン市からの可燃性災害廃棄物を処分するためには、Nubarashen の処分場 52.3 ヘクタールのうち 20 ヘクタールが使える。

$$859 \times 10^3 \text{ (トン)} / 4 \text{ (トン)} / 10 \text{ (往復)} / 85 \text{ (台)} / 250 \text{ (日)} = \text{約} 1 \text{年}$$

$$859 \times 10^3 \text{ (トン)} / 1.2 \text{ (トン/} m^3) = 716 \times 10^3 \text{ (} m^3)$$

$$716 \times 10^3 \text{ (} m^3) / 5 \text{ (m)} = 14 \text{ヘクタール}$$

シナリオ地震 GF2 では、21%の住居が居住不可能になり、残りの 79%が居住可能であると想定された。79%の廃棄物収集システムが災害復旧に活用できないのであれば、通常の一般廃棄物管理を維持しつつ、すべての可燃性災害廃棄物の処分を行うためには、5 年必要となる。

$$1 \text{年} / 0.21 = \text{約} 5 \text{年}$$

(4) ガレキ処分候補地

エレバン市では災害ガレキ処分の候補地がいくつか存在する。それらのうち 4 ヶ所を表 7.2-3 及び図 7.2-1 に示す。A2 及び E1 は現在、玄武岩の採石場として稼働しており、採石場としての機能の終了後、ガレキ処分候補地となることが可能である。すべての候補地は国有地であり、政府は使用業者に対して必要な時に返還を求めることができることになっている。総収容量はおよそ 775 万 m^3 であり、災害ガレキ総量 72 万 m^3 を十分に収容することが可能である。

さらに、エレバン市外においても候補地の情報がある。エレバン市にとっては管轄外の土地であり、直接管理をすることができないため、エレバン市と各地方との調整を政府が行うべきである。

表 7.2-3 災害ガレキ処分候補地

No	仮称	区	収容量 (1,000 m^3)	計算式・結果 (広さ×深さ)
1	A1	Ajapnyak	4,000	10 ha x 40 m = 4,000,000 m^3
2	A2	Ajapnyak	600	1 ha x 60 m = 600,000 m^3
3	N1	Nor Nork	2,250	15 ha x 15 m = 2,250,000 m^3
4	E1	Erebuni	900	6 ha x 15 m = 900,000 m^3
合計			7,750	



図 7.2-1 廃棄物処分候補地

7.2.2 有害廃棄物の処分(アスベスト)

(1) 有害廃棄物処分の現状

感染性廃棄物を含む医療廃棄物は、2社の認可業者が、病院や医療機関から焼却炉に運搬し、焼却・無害化している。

有害廃棄物は、いくつかの認可業者が収集した後、Nubarashen区にある一般廃棄物処分場に運搬する。エレバン市には有害廃棄物処分場が無いので、最終的には一般廃棄物と混合することになる。自然保護省は有害廃棄物の処理についての法令を公布したが、エレバン市は予算が少ないためそれに従うことができず、現状、有害廃棄物の処分地が無い。

(2) アスベスト

健康省、自然保護省、都市開発省、エレバン市の公共業務部及び建築・都市建設部等へのヒアリングを行ったが、アスベストについての情報は限られていた。アスベストによる被害は報告されていない。アスベストが建物やパイプラインの建設に使用されているのか、また多くが古い建物に残存しているのかは、明らかになっていない。

アルメニアでは、アスベストの使用はこれまで禁止されてこなかった。また、Ararat地域にはアスベストを製造する業者があるとされている。建物の取り壊しの許可を与えるエレバン市建築・都市建設部からの情報によると、建物の取り壊しの認可を与えられた業者は、アスベストを見つけた場合、他の廃棄物とは区別してアスベストを処分することになっている。

従って、復旧時に災害ガレキ処分に関わる人々は、アスベスト用マスクをつけ、散水して廃棄物を濡らす必要がある。また、アスベストを袋に梱包し、警告板を設置した適切な場所に保管するべきである。

7.2.3 し尿管理と衛生状態

(1) し尿処理の現状

エレバン市におけるトイレからのし尿は、生活排水と共に、Shengavit 区にある Charbark 下水処理施設へ下水管を通して送られる。この大規模な施設はソ連時代に建設され、優れた下水処理機能を有していた。Hrazdan 川に排水する前に、必要な処理をして下水を殺菌消毒することが可能であったが、電力供給問題によりこの 20 年は稼動していない。

現在、下水は、ふるいによる一般廃棄物の除去、砂の沈下という 2 つの段階を経て、直接川に排水される。1 ヶ月あたり 450 万 m³ の水が処理されるが、これは 1 秒あたり 1,600~1,800 リットルである。川の水質への影響については、1 月から 5 月は河川水量がおおよそ 1 秒あたり 10,000 リットルのため、それほど深刻ではないが、それ以外の月は水量がおおよそ 1 秒あたり 2,000 リットルであり、処理施設からの下水はせいぜい 50%に薄められるだけである。

下水の 90%は家庭排水である。またエレバン市には大規模な施設が無いため、処理された下水は化学物質と重金属をほとんど含んでいない。そのため、関係者は、下水の水質に与える影響は小さいと考えている。

エレバン市は、東部と西部の 2 つの地域に分けられ、それらはそれぞれ 4 ユニットと 5 ユニットで構成されている。各ユニットの数名の従業員で構成された 2 つのグループが隔日のローテーションを組み、下水システムの管理にあたっている。下水管路の位置については、安全上の観点から公開されていない。エレバン市では、95%のトイレが下水管につながっており、し尿は下水処理施設に送られる。しかし、下水管より低い場所にある住居や、下水管につなげることを嫌う家主がいる場合、腐敗槽システムや汲み取り式が利用される。川に沿って排水口が 14 ヶ所あり、下水を直接川に排水してきた家屋もある。最近では、9 ヶ所は下水管につながれたが、残りの 5 つの排水口からの下水は、処理されることなく流されているということになる。

(2) 受付場所と一時避難場所の衛生状態

適切な衛生状態を維持するために最も重要なことは、受付場所や一時避難場所でのトイレの提供である。日本においては、防災計画では、100 人の被災者に対して 1 基のトイレを提供するべきとある。しかし、100,000 人の被災者を想定して、事前に 1,000 基のトイレを準備・保管しておくことは困難である。水道の供給が停止した時や住居内の水洗トイレが使用できない場合、食料品を入れる大きなプラスチック袋やプラスチック製ゴミ袋を、図 7.2-2 に示すように水なしでトイレとして使用するために準備しておく必要がある。この携帯トイレの使用後は、廃棄物収集地点に一般廃棄物として出すことができる。

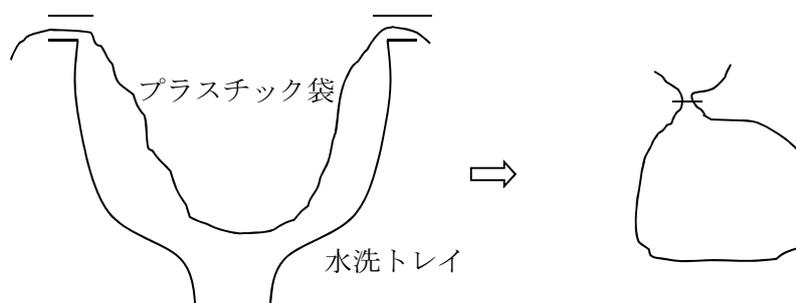


図 7.2-2 プラスチック製袋を使用した携帯トイレ

下水管のマンホールはトイレとして使用できる可能性がある。図 7.2-3 に示す通り、エレバン市のマンホールの構造は幸いにもトイレとして簡単に使用できる。マンホールの蓋の直径は 52~62cm なので、そのままトイレとして使用するのには安全ではない。マンホールを壁と床で囲み、トイレに適当な穴を準備する必要がある。

大地震により水の供給が止まったときのため、川や湖から、し尿を流すための水を定期的に供給することを真剣に考える必要がある。マンホールにし尿がたまり、トイレとして使用できなくなった時には、水道・下水道会社である Veolia Djur が所有している7台のバキュームカー(12m³、7m³、残り5台は3.5m³)を活用することができる。

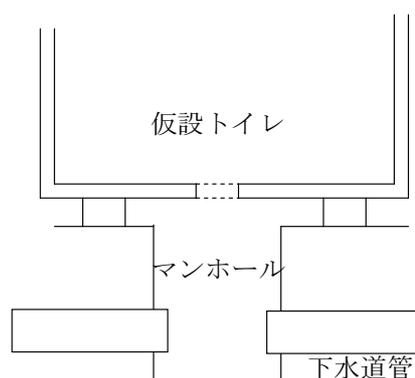


図 7.2-3 マンホール上の仮設トイレ

(3) トイレの供給

仮設トイレをロシアとウクライナで製造し、アルメニアに輸入している会社がある。アルメニアとグルジアで100基が販売されたようで、エレバンでの避難に活用することができるかもしれない。この会社は、イベントでの貸し出しのため、現在20基の仮設トイレを保有している。100基の仮設トイレの注文を受けた場合、15~20日で製造、輸入することが可能であるとしている。トイレの仕様は、表 7.2-4 と図 7.2-4 に示す通りである。

表 7.2-4 アルメニアの仮設トイレの仕様

No	項目	仕様
1	サイズ	1.10×1.10×2.40 m
2	重さ	80 kg(3人で運搬可能)
3	収容量	275リットル
4	ユーザー	400人(1サイクルあたり)
5	真空排気	3分
6	価格	1,500~3,000 US\$



図 7.2-4 行政官庁近くの仮設トイレ

7.2.4 防災上の環境・社会配慮

2010年政府決定 N919 の付属文書 N1 の大地震時の住民保護組織計画では、中央政府、地方自治体、救助サービス機関の役割と機能が明確に規定されている。特に、エレバン市での大地震時、中央政府が機能不全に陥った場合、国家非常事態委員会に代わってどの組織が国民の避難を管理するのかが明確に定義されている。

政府の各省が通常通り機能した場合でさえ、大統領が管理することになっている行動を、国家非常事態委員会が実際に行うには時間がかかる。その間に、市民は集合地点への避難を始めなければならず、防衛省、保健省、警察、自治体職員は、国家非常事態委員会が設置される以前に、国民保護活動を行う必要がある。

すべての大臣は、災害で発生した被害に対応するため管理拠点を設立し、救助庁の危機管理センター、防衛省、警察と共に通信システムを構築する。大統領は国家避難委員会を設立し、首長は避難者の受入の準備をするため避難受入委員会を配置する。

エレバン市において大地震があったとの情報を受けた後、非常事態省救助庁の Shirak 地方の救助部長は、国家非常事態委員会が責務を果たせないのであれば、地方自治体と協働し、中央政府の責務を管理・受入するべき、とある。地方非常事態委員会は首長により設置され、国家非常事態委員会が通常の活動を行えるようになるまで、非常事態の管理を行う。

以下は、環境・社会配慮を担当する団員の個人的見解である。

地震災害管理の国家委員会の委員長は、個人的に、もしくは、非常事態省によって、救助やその他緊急活動の実施の目的のため、政府機関やサポート機関の長に役割を与える。すべての場合において、権限を与えられた機関の役割は、法令の中に明確に記述される。参集拠点は、救助機関(国際的なものも含め)のために、被災地外に配置され、迅速で適切な救助が実施される。参集拠点の具体的な場所は踏査データを基に規定される(No.13)。

しかし、大地震時直後には様々な情報の中で想定外の状況が生まれる可能性があり、事前に参集拠点到に適した場所を分類・準備しておく必要がある。

大地震後、食料や緊急物資のための費用は、アルメニア政府の予備資金から配分される。保管や運送は、経済省が実施し、非常事態省、農業省、労働・社会省、保健省、交通通信省、アルメニア政府下の警察、さらには所有形態にかかわらず企業や個人も、上記活動に含める(No.19)。

責任機関を一つや二つに絞込み、必要な予算を用意し、徐々に食料や物資の保管を進めることがよい。食料の貯蔵・保管方法は、より大きな事柄である。

仮設住宅の供給を含む、被災者にとって社会的な、重要な供給を実施する責任者及び機関は、労働・社会省で地方政府(Marz)によって実施される。サポート機関は非常事態省、保健省、経済省、エネルギー・自然資源省、財務省、交通通信省、中央政府下の国家税務委員会、中央政府下の警察である。

初期段階における大地震時の資源や手段の活用に関する規則は、国家非常事態委員会によって定義される(No.23)。

初期段階における大地震時の資源や手段の活用に関する規則は、大地震時直後の想定外の状況の発生があるかもしれない、事前に規定しておくべきである。

7.2.5 一時避難場所での環境・社会配慮

RS エレバン支部によって用意されている、国民避難計画(2012)の草稿における一時避難場所を表7.2-5に示す。238の地点があり、203,164人の避難者が想定されている。ほとんどがエレバン市内の学校や幼稚園である。

表 7.2-5 国民避難計画(2012)における一時避難場所

No	区	集合場所		一時避難場所	
		箇所数	収容者数	箇所数	収容者数
1	Ajapnyak	11	84,654	9	7,200
2	Avan	6	50,500	6	3,550
3	Arabkir	13	130,000	22	44,000
4	Davtashen	6	40,000	5	9,500
5	Erebuni	17	23,503	26	13,864
6	Kentron	20	130,000	20	25,661
7	Malatia-Sebastia	14	140,040	48	22,888
8	Nor Norq	14	10,430	34	9,756
9	Norq-Marash	2	15,500	2	11
10	Nubarashen	2	640	3	3,872
11	Shengavit	18	166,210	15	24,180
12	Kanaker-Zeytun	9	90,000	48	38,563
	合計	132	881,477	238	203,164

出展 ARSエレバン支部

以下は、一時避難場所の運営・管理について環境・社会配慮の観点から考慮すべき事項である。

(1) 避難者の登録

避難者の管理に使用するため、避難者カードを配布・回収する。

(2) 管理組織

女性や幼児のニーズを把握するため、管理組織のメンバーに女性を入れる。

(3) 衛生状態の維持

- 1) 避難者は一時避難場所に案内され、過密問題が改善される。また、プライバシーは守られ、一般廃棄物の適切な排出について指導される。
- 2) 仮設トイレの導入、トイレの清掃及び消毒、衛生用品の供給
- 3) ライフラインの復旧後、シャワー設備の調達とそれらの衛生管理の指導、部屋の衛生状況の維持

(4) 伝染病の予防

- 1) トイレとゴミ収集地点は、一時避難場所が開設された直後に消毒し、消毒作業は継続的に実施される。
- 2) 伝染病の流行予防のための健康状態調査を実施するため、および伝染病患者の入院のため、伝染病予防チームを設立する。
- 3) 一時避難場所を消毒するために消毒チームを設立する。

(5) 飲料水の安全管理

- 1) 飲料水の安全管理を避難者に啓蒙する。
- 2) 安全な水のためのパトロールチームを、飲料水の消毒および消毒の効果確認のために設立する。

(6) 食料の安全管理

- 1) 食料の品質のモニタリングチームを、食料の衛生状態を管理するために設立する。
- 2) 一時避難場所への食料供給者のリストの準備
- 3) 手洗いなど、食料の品質の管理に関する指導

一時避難場所の運営・管理のために設置される組織を表 7.2-6 に示す。

表 7.2-6 一時避難場所の運営・管理のための組織

No	名称	活動
1.	伝染病予防チーム	伝染病の流行の予防のための健康状態調査の実施、伝染病患者の入院
2.	消毒チーム	一時避難場所の消毒
3.	安全な水のためのパトロールチーム	一時避難場所の飲料水の消毒及び消毒効果の確認
4.	食料の品質のモニタリングチーム	一時避難場所の食料の衛生状態の管理

7.2.6 長期避難場所の環境・社会配慮

RS エレバン支部が用意している国民避難計画の草稿(2012)での長期避難場所は、表 7.2-7 に示す通りである。地点はたった4カ所であり、1,050人の避難者が想定されている。地点は既存のエレバン市内のホテルである。通常、より多くの地点を避難者のために準備すべきであり、RS エレバン支部はホテル所有者と交渉を行ってきたが、合意には至っていない。

政府レベルでは、大統領令N919国民保護のための組織計画(2010)に従い、各地域の長期避難場所を指定した。しかし、RS エレバン支部は、地震後にエレバン市外の他の地域に移住することを好まない避難者のために、エレバン市内に長期避難場所を設けるための努力を行ってきた。

表 7.2-7 国民避難計画(2012 及び 2,010)での長期居住地点

No	区	長期避難場所		長期避難場所 (N919, 2010より)	
		箇所数	収容者数	地域	都市
1	Ajapnyak	1	300	Aragatsotn	Ashtarak
2	Avan			Ararat	Artashat
3	Arabkir			Ararat	Masis
4	Davtashen			Kotayk	Yeghvard
5	Erebuni			Vayots Dzor	-
6	Kentron			Shirak	Gyumri
7	Malatia-Sebastia	2	450	Armavir	Talin
8	Nor Norq			Ararat	Vedi
9	Norq-Marash	1	300	-	-
10	Nubarashen			-	-
11	Shengavit			Armavir	Echmidzin
12	Kanaker-Zeytun			Aragatsotn	Aparan
	合計	4	1,050		

出展: ARSエレバン支部

以下は、長期避難場所の運営・管理について、環境・社会配慮の観点から考慮すべき事柄である。

(1) プライバシーの保護

長期避難場所での居住スペースは場合によっては広く、プライバシー保護が困難となる。それゆえ、居住後できるだけ早く、パーティションパネルを使い、大きなスペースを各家族のために小さく分割する。避難者カードなど個人情報、行政官が管理する。

(2) 相談システムの設置

相談サービスシステムを設立する。問い合わせや不平に対応し、避難者が個人的にアドバイスを受けられるようにすることで、避難者のストレスを軽減する。避難者は、自身の意見を基に管理が改善されることを見て、自分自身が長期避難場所の運営・管理に深く関わっていることを認識することができる。また、相談は避難者が自分自身をケアする機会となる。

(3) ヘルスケア

情報は、長期避難場所のリーダー、ヘルスケアチーム、ボランティアなどのサポート機関で交換・共有する。

地震により、糖尿病、高血圧、精神疾患、結核などの病気を発症した人を調査する。医療に対して注意を向けさせるため、健康のためのガイダンスやアドバイスを患者やその家族に与える。

日常生活のリズムを安定させるために、健康管理教育を行う(ストレス、不眠、無気力の軽減など)。

不眠、心配性、狼狽、頭痛、食欲不振、うつ状態の改善のため、健康相談を行う。

気持ちを表現させるために、ミーティングなどの共同作業を行う。また、子供のために遊ぶ場所を用意する。

老人の機能低下を防ぐために、体操の会を開設する。

(4) 食習慣のサポート

調理は家族単位で行うことが重要であり、栄養不足を防止するため、食料を適切に配分する。

(5) 長期避難場所の閉鎖と統合

長期避難場所の閉鎖と統合を段階的に行って、施設の本来の機能を回復させる。

長期避難場所から出て行く避難者の居住スペースは、残っている避難者で共有するのではなく、削減される。これは、居住スペースを小さくしていくためであり、閉鎖と統合は近くの地区を含めて行っていく。避難者の自助の問題は、カウンセリング組織との相談を通して解決する。

7.2.7 化学物質と爆発性物質

産業物質に関する安全証明に関する政府決定 (No.102, 1998) を基にした安全証明を受けるため、また 5 年毎に更新するため、製造過程において科学物質や爆発性物質を貯蔵・使用する工場は安全管理計画を救助庁に提出する。

エレバンで最も大きな会社の一つである、Nairit 工場の安全管理計画は下記の通りである。

- 1) 会社規模
- 2) 気象状況
- 3) 近隣工場の従業員数
- 4) 貯蔵している化学物質の種類と量
- 5) 運営プロセス
- 6) 安全管理対策
- 7) リスク分析とアセスメント
- 8) 緊急時のアクションプラン
- 9) エレバン市、市民、関係者への警報の方法
- 10) 拡散化学物質の量や拡散地域、影響人口などのシミュレーション結果
- 11) 化学物質の拡散防止対策 (ウォーターカーテン)
- 12) 従業員が取るべき行動
- 13) 工場内の配置図
- 14) 会社代表者 9 人の署名

2009 年の最新版では、NH₃と Cl₂に加えて HNO₃と HCl が、Nairit 工場の新たな化学物質として追加された。地震災害に対する計画は安全計画には含まれていないが、工場の事故による地域への被害、市民への被害は、科学的、現実的な手法により評価されている。

2009 年 5 月 14 日、Nairit 工場にて事故が発生し、4 人が死亡、12 人が負傷した。しかし、市民の負傷者は出なかった。

一方、化学危険施設での事故や、工場の爆発及び火災の際の避難のアクションプランは、エレバン市長に承認され、救助庁長官により同意された、非常事態時のエレバン市のアクションプラン(2007)の中で、まとめられている。

以下はその要約である。

1) 化学危険施設での事故の場合の対策

- 短時間で多数の被災者が発生する可能性がある点が特徴である。
- 市民だけでなく救助を行う従業員の保護が必要である。
- 市民への警報は、“化学アラーム”シグナル及び警察の携帯拡声器によって即座に行う。“化学アラーム”シグナルはテレビやシティラジオネットワークによっても放送され、事故の場所と時間、影響の大きい有毒物質の種類、汚染大気の拡散方向、汚染地域の範囲、影響の大きい有毒

物質からの保護方法を伝える。

- エレバン市の化学物質状況の確認及び明確化のために、化学調査、実験室の観察、モニタリングを実施する。
- 気象データはRS エレバン支部長及びエレバン市非常事態管理センターの実施責任者に報告される。エレバン市での化学物質拡散の予測は、RS エレバン支部によって行われる。
- 汚染の可能性のある地域から避難した人々に対し、エレバン市非常事態委員会が、一時避難場所として仮設シェルターを提供する。
- 化学危険施設での事故の発生時に、あらかじめ計画された時間スケジュールに従って、影響の大きい有毒物質から市民を保護するための活動を実施する。

2) 工場での爆発及び火災の場合の対策

- 市民への事故に関する警報を、市民への影響の大きさに応じて実施する。テレビやシティラジオオネットによって情報と指示を放送し、市民がすべき事項を伝える。
- 主な対策は次の通りである。
 - ・ 被災者への初期支援と医療機関への搬送
 - ・ 被災建物からの人々の避難と輸送
 - ・ 救助活動の障害となる可燃物質の初期段階での隔離と消火
 - ・ 被災可能性のある地域からの、重要物や畜産動物の隔離

前に述べたように、市民保護のアクションプランは、エレバン市でのいくつかの種類事故や災害に対して用意されている。化学危険施設は添付文書に記載されており、救助活動の詳細は逐一計画されている。計画は大規模地震の直後の二次災害時に確実に実行されるべきである。

7.2.8 放射能汚染

アルメニアの原子力発電所での原子力及び放射性物質による事故における国民保護のための国家計画の承認に関するアルメニア国政府決定(アルメニア原子力発電所に関する外部緊急計画)の中で、原子力発電所での事故の際の避難計画の詳細が明確に述べられている。

計画の中で、救助庁及び地方救助部が取るべき行動が明確に示されており、救助庁が果たすべき大きな役割についても明確に記載されている。原子力発電所周辺の地域は、半径 5km 以内、5~10km の 2 つのエリアに分割され、避難計画は各エリアのリスクに応じて準備されている。

保健省は、必要量のヨウ素を確保するため、財政提案書を非常事態省の国家準備機関に提出する。経済省は必要量の食料及び他の初期に必要な物資を確保する。交通通信省は、輸送に必要な燃料を確保する。原子力発電所の事故で影響を受ける二つの地域の自治体の長は、個人レベルでの保護対策としてマスクを用意する。外務省は、到着した救援・救助チームのためにビザを迅速に発行し、海外からの必要な人道的支援を送り込む。都市開発省は、シェルターに適した地下室の使用に関する調整を行う。農業省は、家畜の避難を管理し、農産物の放射能汚染レベルを明確にする。教育科学省は、公立学校での定期的な訓練を計画・実施する。

避難は、警察を含む多くの機関の管理の下に行われる。避難者の行き先は、原子力発電所から遠く離れた安全な地域がすでに決められている。避難ルートの途中にあるチェックポイントにおいて、放射性汚

染物質の拡散を防ぐため入浴・シャワーによって除染を行い、輸送用車両はそれ以降使用しないようにする。

しかし、計画で想定されている事態は単独事故であり、大地震によるものではない。地震災害の場合、まずは避難ルートの安全確保をするべきである。どの機関が避難ルートの安全確保をするのか、住民の避難を管理する警察にどのようにして知らせるのか、を計画の中で考慮するべきである。

原子力発電所の単独事故を対象としたこの計画によると、人々は住居の1階もしくは地下室にとどまるべきとされている。しかし、地震災害の場合、余震により建物が倒壊する恐れがあり、建物内にとどまることはとても危険である。それゆえ、大地震による原子力発電所の事故の際の避難計画は、この計画とは別に策定されるべきである。

原子力発電所からの避難計画は、この計画の中で十分に考慮されているが、原子力発電所自身の安全管理計画は含まれていない。原子力発電所自身の安全管理計画は、リスク管理の観点から救助庁にさえ提出されていない。

7.2.9 大気汚染(粉塵)

(1) 基準

アルメニアでの大気汚染の基準は、表 7.2-8 の通りである。

表 7.2-8 大気汚染の基準

No	物質	許容濃度 (mg/m ³)			
		24 時間平均	10 分	30 分	最大*
1	Dust	0.15			0.5
2	SO ₂	0.05			0.5
3	NO ₂	0.04			0.085
4	NO	0.06			0.4
5	CO	3		5	
6	O ₃	0.03	0.5		

*出展:環境アセスメントレポート、IEE for Argavand 高速道路

出展:自然保護調査、自然保護省

(2) 大気汚染の現状

自然保護省自然保護局による定期的なモニタリングデータ²によると、エレバン市の大気質は、市内にあるセメント工場や銅工場がある場所よりは悪くはない。エレバン市の粉塵についてのデータはないが、SO₂やCOの濃度は基準値を下回っており、NO₂とNOの濃度は基準値を少し超えている。しかし、主に交通車両からの排出されるCOの濃度が低いため、環境への影響は深刻ではない。エレバン市の大気汚染の90%以上は自動車の排気ガスが原因であると自然保護の専門家は言っている。SO₂は基準値

² Ministry of Nature Protection, RA, ArmEco Monitoring, EIMC N12-1/11 Yearly 2011, (Center of Monitoring of Influence on Environment), Reference on the Result of Ecological Monitoring of RA Environment

の半分以下である。これは、汚染物質を排出する大規模な工場がほとんどなく、またエレバン市が市の中心部を大型トラックが通行することを禁止しているためである。

(3) 粉塵による影響の防止

大地震による建物の倒壊によって大量の粉塵が発生する。ガレキの移動・処理をする人々は、粉塵を低減させるために散水し、またマスクを着用して処理すべきである。特にアスベストなど有害廃棄物が混在していることを考慮し、この種の作業に適したマスクを準備することは重要である。有害物質を見つけた場合、安易に処理せず、関連機関に通報する必要がある。

アルメニアでは、原子力発電所の事故によるリスクのある地域から避難する人々に対して、放射性有害物質を防ぐため、マスクを配布することを計画するべきである。また、関連地方自治体長は、マスクの必要量に関する財政提案書を非常事態省の国家準備機関に提出しなければならない。同様の方法で、地震後のガレキ及び廃棄物の処理に必要なマスクの準備を行うことが可能である。

7.2.10 騒音

(1) 基準

住居用や公共建物及び住居用地の許容騒音レベルは、表 7.2-9 に示す通りである(出展:業務用地、住居用及び公共建物、住居建設用地の騒音に関する法令、衛生基準 N2-III-11.3、N138、保健省、2002年3月6日)。

標準騒音レベル及び最大騒音レベルの基準値は、法令では夜間(22時から6時)の基準値は日中(6時から22時)よりも高い。

表 7.2-9 住居用及び公共建物、住居地区における許容騒音レベル

No	重要建物と場所	時間帯	騒音レベル及び等価騒音レベル (dBA)	最大騒音レベル (dBA)
1	ヘルスセンターや病院の区画、手術室	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	35	50
		6 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	25	40
2	クリニックの医務室、診療所、保健室、病院、ヘルスセンター		35	50
3	教育機関や学校における教室、学習室、職員室、講堂、会議場及び図書館の読書スペース		40	55
4	アパート、別荘、寄宿舎、老人ホーム、障害者施設、住居地区、幼稚園や寄宿学校の寮	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	40	55
		6 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	30	45
5	ホステルやホテルの部屋	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	45	60
		6 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	35	50
6	カフェ、レストラン、食堂		55	70
7	商店、ショッピングセンター、空港の待合室、公益業務を行う機関の受付場所		60	75
8	病院やヘルスセンターに近接した場所	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	45	60
		6 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	35	50
9	住居用建物、クリニック、診療所、保健室、別荘、寄宿舎、老人ホーム、障害者施設、幼稚園、学校、教育機関、図書館建物に近接している場所	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	55	70
		6 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	45	60
10	ホテルやホステルに近接した場所	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	60	75
		6 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	50	65

11	ヘルスセンターや病院内の休憩のためのオープンスペース		35	50
12	住居街区、住居建物群、別荘、寄宿舎、老人ホーム、障害者施設、幼稚園、学校、その他教育施設にある休憩用のオープンスペース		45	60

出展：保健省

(2) 現状

深夜営業店の特別な事例を除いて、交通騒音に対する苦情の情報はない。夜間の突然の車両のアクセル音は、市民の日常生活に影響がある可能性があるが、深刻なものではない。大型トラックの市内中心部の交通禁止というエレバン市の政策は、交通騒音の軽減に寄与している。

(3) 復興期間中の騒音

地震災害後の復興においては、大きなガレキを運搬しやすいようにするため、小さく粉砕する作業により大きな騒音を起こす可能性がある。この作業が長く続くことはないかもしれないが、必要であれば騒音低減のための遮蔽物やカバーシートを設置することも考慮する必要がある。

7.2.11 水質汚染

エレバン市では、Hrazdan 川の水質の定期的なモニタリングのための観測点が、No.112とNo.55の2ヶ所にある。前者はエレバン湖の近くに位置し、後者は污水处理施設の下流にある。は、川沿いの水質汚染の変化を確認するため、No.54とNo.56の観測点でのモニタリングの結果をふくめて表 7.2-10に示す。No.54はエレバン市北部のKotayk区にあるArzni水力発電所から0.5km下流に位置しており、No.56は市内南部のArarat区にある三角州に位置している。

人間活動によるバナジウム濃度は、川の上流で非常に高く、基準値の14倍から15倍である。Al、Cr、Cuなどの金属濃度は、河川水が市内に到着するまでに基準値を超えており、市内を通りNo.56に達した後の変化は少ない。

硝酸性窒素及びNH₄-Nの濃度は、観測点No.55で劇的に増加している。硝酸性窒素の濃度は急激に増加し、No.112での値の2倍であり、No.55では基準値の5倍以上に達する。8月のNH₄-N濃度は、No.112では3 mg/m³であるが、No.55で25 mg/m³以上(基準値の64倍)を示している。硝酸性窒素及びNH₄-Nの濃度がNo.55で高い理由としては、市内の汚染水が污水处理施設から適切な処理をされずに川に流れ込んでいることが考えられる。

一方、NH₄-Nの濃度はNo.56においては1 mg/m³に低下している。これは、河川が自然浄化作用を有していることを示している。

污水处理施設の作業は、たった二段階しかなく、大地震により被害を受けたとしても、河川の水質への影響はそれほど深刻ではないかもしれない。大地震時の水資源の安全に関する情報は、自然保護省水資源管理部では得られなかった。

表 7.2-10 Hrazdan 川の水質(2011)

No	観測点 物質	濃度(mg/m ³)				
		No.54	No.112	No.55	No.56	基準値
1	硝酸性窒素	0.05	0.07	0.14	0.09	0.024
2	NH ₄ -N	-	3.0	26.0	1.0	0.39
3	Al	0.11	0.17	0.15	0.09	0.04
4	Mn	0.03	0.04	0.10	0.04	0.01
5	V	0.015	0.016	0.014	0.015	0.001
6	Cr	0.009	0.007	0.007	0.005	0.001
7	Cu	0.002	0.003	0.004	0.002	0.001
8	Se	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001

NH₄-N の濃度は 8 月の平均であり、その他物質は 2011 年の平均である。

7.2.12 森林保護

森林は、農業省及び自然保護省の両省によって管理されている。1990 年、エレバン市内には 1,300ha 以上の緑地があったが、現在は半減している。原因の一つは、貧困層の人々が、焚き木を使って暖を取るために伐採を行っていることである。

国家植林計画では、30,000 本の木を植えることを目標としており、年に 5,000 本の植林をすべきとなっている。しかし、その予算は年々縮小しており、植林活動はここ 2 年実現されていない。計画によれば、緑地の領域は 11.2%から最大 20%に増加させるべきとある。

1988 年の地震時には、大量の木が住民により伐採された。同様のことが大地震時に起こることが予想される。農業省の森林管理の専門家は、市内の木は事前に重要性によって、二つのカテゴリーに分け、伐採可能な木とそうでないものに区別するべきであると提案している。伐採可能な木は伐採されるが、伐採不可のものは伐採されず保存される。伐採可能な木の量は、ライフラインの復旧状況、季節に応じ決定されることになる。

エレバン市自然保護部が行った 2007 年のインベントリー調査によると、エレバン市の共有緑地の総面積は、772.30 ha であり、表 7.2-11 に示すとおり、一人あたり 6.90m² である。これは 2003 年の都市開発計画で用いられた市民一人あたりの緑地面積(4.9 m³/人)と比べ、2.0m² 広いことを示している。現在、エレバン市自然保護部は、Nubarashen 区の公共用地に植林することを計画している。

表 7.2-11 エレバン市各区の緑地

No	District	Common Use		Limited Use (ha)	Special Use (ha)	Unorganized Green Mass (ha)
		Area (ha)	m ² /capita			
1	Ajapnyak	54.05	5.00	496.94	126.29	2.10
2	Arabkir	272.01	20.80	281.33	9.65	0.00
3	Avan	7.97	1.56	224.41	78.18	23.55
4	Davtashen	34.58	8.41	113.45	21.82	7.35
5	Erebuni	20.60	1.69	421.87	750.59	5.25
6	Kentron	157.37	12.05	252.97	31.60	11.23
7	Malatia-Sebastia	85.10	6.00	295.76	277.83	41.33
8	Nor Nork	52.02	3.54	263.67	53.09	27.40
9	Nork-Marash	0.51	0.45	110.25	59.25	0.00
10	Nubarashen	3.83	3.95	290.91	65.12	3.23
11	Shengavit	39.50	2.70	695.38	630.18	44.99
12	Kanaker-Zeytun	44.76	5.64	217.10	31.28	0.84
	Total	772.30	6.90	3,664.05	2,134.87	167.27

出展:エレバン市自然保護部

7.2.13 土壌保護

アルメニアでは、表層の肥沃な土壌が非常に重要であり、適切に保護されなければならない。自然保護省岩石圏及び土壌保存政策部は、国家土壌分布図を作成する予定である。しかし、予算不足のため実現には至っていない。汚染を防止するためのモニタリングシステムは、予算不足により強化されていない。

政府決定 N 1622 土地の肥沃層の活用に関する法令の承認(2002年9月9日)では、肥沃土壌は保護し、効果的に活用するよう規定されている。また、エレバンの都市開発に関する宣言の承認決定(N2228-N December 19, 2006)の9節において、建設業者は肥沃層を取り出し、保護し、そして活用することが規定されている。

エレバン市自然保護部は、2008年、Hg、Pb、Ni、Cu、Cr、Mo、Zn、Coによる土壌汚染の調査をエレバン市全域で行った。それによると、多くの地域で汚染されていることが報告された(レポート:国家科学アカデミー、生態学センター、一人類学研究、エレバンの機能的ランドスケープの開発、エレバン市における重金属による土壌汚染調査と地図作成、エレバン市、エレバン、2008)。

7.2.14 用地取得と再定住に関する環境・社会配慮

私有権の保護は、アルメニア国憲法(1995)第31条において保障されている。しかし、策定された手続き及び事前の十分な補償を基に、“一般に浸透した公益という排他的な場合において”、私有状態が終了する可能性がある。

“すべての人は、財産を自由に所有し、使用し、売却し、遺贈する権利を有する。財産権は、環境に被害を与えることや、他者、社会及び国家の権利や法律の認める権益を侵害するために行使してはいけない。いかなる者も、訴訟手続きに従って、法に規定された場合を除き財産を奪われることはない。私有財産は、社会及び国家による必要性により、一般に浸透した公益という排他的な場合においてのみ、法に規定された方法と事前の十分な補償により、譲渡されることがある。”

用地取得と補償の問題は、土地規定第 102 及び 104 条、市民規定(1998)第 218 及び 221 条、2006 年 11 月 27 日に承認された公共と国家による必要性のための私有財産の譲渡に関するアルメニア法で記述されている。

上記の譲渡に関する法律の第 11 条では、等価の補償とは市場価値及びその 15%の合計であると考えべきと規定されている。エレバン市は 9 つのエリアに分割されており、各エリアの土地価格は、アルメニア政府国家不動産土地台帳委員会により、定期的に公式に発表される。譲渡のシステムは市民にとって理解しやすいものである。

譲渡資産に関して公開の競合する市場がない場合、財産の市場価値は、法廷により公平であると考えられる計算方法により決定される。

譲渡資産の所有者に生じ、政府や自治体から課される財産の譲渡に関する財政関税(税、費用、強制支払い)は、取得者によって補償される。

土地所有者として登録されていない者への補償の支払いに関して、違法占有者に対し補償を支払うなら、結果として違法占拠が促進されるとの理由により、都市開発省副大臣はそれを承認せず、また、案件ごとに考慮することを考えてはいないとのことである。建設と取り壊しの許可証を発行するエレバン市建築・都市建設部が言うには、部の指導により違法占有が合法状態となった後、補償が支払われるとのことである。これは、歩道で商店を管理している占有者は、土地所有者として法律的に登録されていないため、補償を受けられないことを意味している。

7.3 社会調査

地震防災計画策定のため、防災対策に関する意識、準備、要望、意向、活動状況や基本的な生活、社会状況を調査した。

7.3.1 住民に対するアンケート調査

調査は 18 才以上の住民を対象とし、層別ランダム抽出法を用いて 208 人を選定して行った。主な結果を以下に示す。

(1) 住宅に関して

- ・ 多くの世帯は自ら所有する住宅に居住しているが、安全性に関しては相変わらず国に責任があると考えている。
- ・ 住宅の平均面積は 73.7m²である。
- ・ 電気、水道、ガスなどの公共サービスの普及率は区によらず非常に高い。
- ・ 現住住宅の耐震性能が低いことは意識しているが、建替え率は非常に低い。建替えの事例は戸建住宅に限られる。
- ・ 住宅建物と職場の建物では、職場のほうが安全だと考えている。
- ・ 多くの人が住宅を耐震基準を満たすように改善したいと考えているが、実際に行動に移しているのはごくわずかである。
- ・ 70.5%の人が古い住宅がエレバンの危険要因であると考えている。専門家は、古い戸建住宅のほうが集合住宅より危険であるとしている。古い戸建住宅は、耐震基準を考慮して建てられていない。

(2) 情報伝達に関して

- ・ 固定電話、携帯電話の普及率は高い。携帯電話の普及率は 96%なので、防災のための警報を行うなら、携帯電話を使ったシステムが望ましい。
- ・ 主な情報源は、テレビ(71.6%)、インターネット(21.6%)である。若い世代に対する教育、情報伝達にはインターネットがより有効である。

(3) 災害の認識について

- ・ 多くの世帯が、地震が発生する可能性があると考えてはいるが、現実的なリスクとはとらえていない。地震防災が、日々の生活で意識されることはない。
- ・ 災害の認識度は高いが、地震や災害に関して誤解や紋切り型の理解が見られる。指導者は、「何をすべきか」を教えるだけでなく、「何をしてはいけないか、またそれはなぜか」を指導すべきである。
- ・ 大人と子供では地震に対する意識が異なっている。子供は複数の災害や危険をまとめて考える傾向がある。
- ・ 多くの住人は、地震災害を軽減できる可能性があることを信じているが、10.6%は事前準備によって災害を低減できる可能性を否定している。
- ・ 住民の行動の多くは、宗教的な見方からではなく、論理的、科学的知識、および自分自身の経験に基づいている。
- ・ 住民は地震の際に建物の中にいた場合に取りべき行動は知っているが、建物の外に出た後に取りべき行動をよくわかっていない。

(4) 要望に関して

- ・ 地震発生時の主な要望は、住居、食料、飲料水、医療活動である。これ以外の要望は少ない。
- ・ 行政組織に対する信頼度は、組織の公的機能による。災害時においては、MES に対する信頼度が最も高い。
- ・ 大地震災害の際にも、住民の半分はエレバンに留まりたいと考えている。

(5) 行動の方向性について

- ・ 58.8%の住民は、自分が将来大地震を経験するだろうと考えている。
- ・ 大地震の経験は 1988 年スピタク地震に限られる。この地震による心理学的影響はまだ続いている。
- ・ 38.7%の住民は地震時に自分の住宅が倒壊するだろうと考えている。このデータは地震に対する悲観的な見方と同時に現状改善への無力さを示している。
- ・ 問題の一つは、住民が被災した危険な建物から出たがらないことである。

(6) 社会統計

- ・ 標準世帯が 1 ヶ月に支払う住宅ローンや税金は、平均 30,240 ドラム(約 80 ドル)である。

7.3.2 専門家に対するヒアリング

行政組織に属して災害管理業務に携わっている専門家 5 人を選定し、ヒアリングを行った。彼らの考える地震防災の目標とは以下のものであった。

1. 地震観測ネットワークの更新:地震観測の機材、設備が技術的に遅れているので更新が必要である。
2. 組織の活性化:組織化のレベルが低い、多くの民間組織が非協力的である。

3. 住民の地震防災に関する知識レベルの向上:ソ連時代に行われていた広報や教育の手法は古く、もはや有効でない。マスメディア、インターネット、テレビを通じた情報伝達が有効である。
4. 防災関連職員のレベル向上、新人の勧誘:給与が低いために防災関係職員が他組織に流出している。職員の専門性は高いが、新しい技術の投入のためにはさらなる専門家が必要である。
5. 役所、病院、学校建物の耐震性向上
6. 住宅建物の改築のコントロール(特に住宅の構造壁)
7. ドイツやオーストリアで一般的な、市民やボランティア NGO 組織によるレスキューの普及

7.4 防災教育・コミュニティ防災

7.4.1 関連法令における防災教育及びコミュニティ防災

(1) 関連法令

アルメニア国の近年の地震防災関連の主要な法令には、以下の3つが存在する。これらの法律・規則について防災教育及びコミュニティ防災の観点から考察を行う。

- ・ 非常事態時におけるエレバン市行動計画(2007年)
- ・ アルメニア国地震防災システムの発展構想(大統領令 NH140n、2010年)
- ・ 大地震時の国民保護組織計画(政府決定 N919、2011年)

(2) 学校防災教育及びコミュニティ防災の位置づけ

「非常事態時におけるエレバン市行動計画」には、両要素の記述が見られない。表 7.4-1 は、アルメニア国地震防災システムに関する大統領令と大地震時の国民保護に関する決定における防災教育及びコミュニティ防災に関する記述を示している。

表 7.4-1 関連法令における防災教育及びコミュニティ防災の記述

		地震防災システムに関する大統領令	大地震時における国民保護に関する決定
学校防災教育	学校防災教育関連機関	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常事態省 ・ 国家地震防災調査所 ・ 国家危機管理アカデミー ・ 自治体 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 教育科学省
	関係機関の学校防災教育における役割	<ul style="list-style-type: none"> ・ 教育プロジェクトの導入への参画 ・ 学校教員及び教育人材の育成 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 公立学校及び教育施設での安全行動に関する訓練の実施
コミュニティ防災	コミュニティ防災関連機関	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常事態省 ・ 国家地震防災調査所 ・ 国家危機管理アカデミー ・ 自治体 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常事態省 ・ 公共テレビ・ラジオ協議会 ・ 自治体
	関係機関のコミュニティ防災における役割	<ul style="list-style-type: none"> ・ 情報の提供 ・ 国民及び政府・自治体職員の研修 ・ 教育プロジェクトの開発 ・ 活動の組織化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国民及び自治体への警報の提供及び意識啓発 ・ 国民への訓練及び意識啓発 ・ 自治体への警報の提供

両法令では、学校やコミュニティの役割については、言及されていない。学校防災教育については、人材育成や訓練の実施という項目は含まれているが、具体的な内容については記載がない。後述するが、学校での防災教育はカリキュラムに含まれており、人材の育成が防災教育の普及・向上につながるの考えがあるため、このような法令になっていると考えられる。コミュニティ防災については、その定義がなく、

国民それぞれに対しての訓練や意識啓発と考えると捉えることができる。個人だけでなく家庭、コミュニティでの防災を視野に入れる必要があり、そのコンセプトを開発することが将来的に必要と考えられる。学校防災教育及びコミュニティ防災においては、法令上、非常事態省、NSSP、国家危機管理アカデミー、教育科学省が中心となっている。

7.4.2 学校防災教育の現状

(1) 学校防災教育の内容

アルメニアの学校防災教育は、既存科目にある防災関連の要素を教えることと避難等の訓練である。Alaverdyanら(2011)によると、科目に関しては、「私と周辺環境」(2年から4年)、「安全な生活」(3年、6年から7年)、「軍隊準備と安全な生活」(8年から11年)、生物(7年から12年)、自然科学(5年から6年)、地理(6年から12年)、アルメニア語(5年)、物理(7年から9年)、化学(7年から12年)、歴史(6年から12年)が防災に関連ある科目と学年とされているが、防災に最も密接に関わっているとされている科目は、「私と周辺環境」及び「軍隊準備と安全な生活」である。既存科目による防災教育では、自然及び人為災害、災害前後及び災害中の対処方法、過去の災害が主な内容となっている。ここで、災害後の対処方法とは、災害直後の対処方法のことであり、復旧・復興は含まれない。また、対処方法とは個人レベルのものが主であり、コミュニティでの対処方法まで及ぶ内容はほとんど見られない。防災教育は、既存科目の中で行われるということもあり、主に講義によって教えられる。訓練に関しては、「軍隊準備と安全な生活」担当の教員が中心となって実施している。この科目の教員による防災教育及び訓練を補助するためのガイドブックが教育科学省によって作成されている。エレバン市教育部は、学校で実施される訓練のモニタリングを行い、学校に対して改善点等を伝える。

NSSP や非営利組織が学校に出向き、防災教育を行うこともある。内容は、上記と同じである。しかし、これらの機関の活動はすべての学校を網羅していない。

アルメニアでの学校防災教育は既存科目及び訓練であり、教員の役割が非常に大きい。学校教員は、国家危機管理アカデミーによる研修を受けている。研修内容は、自然災害やその防災だけでなく、戦争や人為災害も含めたものになっており、それらの知識が提供される。研修後には研修内容の理解度を測るための試験があり、これが研修評価の一部となっている。研修を受けた教員は適切に防災教育や訓練を実施することが求められるが、特に既存科目での防災教育が適切に実施されているかどうかのモニタリングや評価は行われていない。また各学校において、教員間で防災教育に関する情報共有をすることが期待されている。特に「軍隊準備と安全な生活」担当の教員は、他の教員より長期の研修を受けており、学内においても指導的な立場にある。

UNICEF はトレーナー研修を国家危機管理アカデミーと協働して実施している。そのプロジェクトでは教員用のガイドブックが開発され、それは政府の認可を受けている。NGO の活動は、避難計画の更新、応急対応、家族の緊急計画など、より現実に即した内容となっている。

(2) 学校防災教育の特徴

以下は、学校防災教育関連の長所である。

- ・ 学校防災教育の責任機関が存在している。
- ・ 学校教育と防災教育が統合されている。
- ・ 防災教育教材や教員用ガイドランが政府によって認可されている。

- ・ 国際機関や NGO との協力関係が構築されている。
- ・ 学校教員が訓練されている。
- ・ 自治体によりモニターされている。

アルメニアでは、学校教員が防災教育を実施することを求めており、国家危機管理アカデミーが主導し研修を行っている。また、教員が使用するためのガイドライン等も用意されている。研修機関である国家危機管理アカデミー、学校防災教育実施者である学校教員という関係だけでなく、国際機関や NGO などの外部機関が関わっており、今後、防災教育の発展的なアプローチの導入が期待される。

以下に、学校防災教育関連の課題を示す。

- ・ 双方向や参加型学習の機会が少ない
- ・ 防災教育を実施するためのファシリテーターが不足している。
- ・ 防災教育における教員の意識が高くない。
- ・ 学校と地域住民の連携があまりない。

問題の一つは、双方向や参加型学習が不十分であることである。学校教員は既存科目内の防災関連項目を教えることを求められており、双方向や参加型学習を実施するには別の能力が求められる。言い換えれば、知識提供の能力ではなく、ファシリテーション能力が求められる。NGO への聞き取り調査では、学校教員の防災教育への意識は高くないという意見も聞かれた。双方向や参加型学習など新しい種類の防災教育を導入による教員の意識の改善も必要であると考えられる。

学校という施設は教育のみならず、災害時の地域住民の避難所という機能もある。また、生徒は家庭や地域住民へ情報を伝達することができる。学校防災教育においても、対象を生徒にとどめるのではなく、保護者や地域住民をも含めて実施することが重要である。

7.4.3 コミュニティ防災の現状

(1) コミュニティ防災の内容

本章における「コミュニティ防災」とは、個々の人の防災力を高めることではなく、集団としての地域住民の防災力を高めることと考える。市民を対象とした防災教育に関して、国家危機管理アカデミーは、ブックレットやガイドブック等教材の開発を国際機関や NGO と協働で行ってきた。その他政府機関(NSSP、非営利組織)は住民や事業者を対象に防災教育を行っており、講義を通して個々の住民や従業員の災害への対処方法が伝えられる。主な内容は、ハザード、災害前後及び災害中の対処方法、過去の災害である。Emergency Channel では防災関連の冊子やパンフレット等、市民教育教材の作成を行っており、またウェブサイトを通じた情報発信も行っている。政府機関による市民教育は、一市民の防災力の向上に主眼が置かれている状況である。国家危機管理アカデミーの方針としては、生徒の防災力を高めることにより、将来の防災力を高めることを目標に、学校防災教育を重要視している。国家危機管理アカデミー及び NSSP によると、コミュニティの重要性は誰もが認識しているが、コミュニティ防災に特化した内容は現在の学校及び市民防災教育には含まれていないということである。

コミュニティ防災を促進していくには、政府・自治体職員の能力開発が、重要な要素の一つとして考えられる。国家危機管理アカデミーでは、政府・自治体職員の研修を行っているが、その内容は、自然災害や戦争等人為災害、それらの発生時の国民の保護の方法が主な内容であり、コミュニティ防災に関する項目は見当たらない。

現時点では、コミュニティ防災は、NGO や国際機関が行っていると言える。以下は、主なコミュニティ防災プログラムである。

- ・ 灌漑、植林を通じた被害抑止
- ・ 住民による写真撮影を通じたリスク確認
- ・ 非常事態時のためのリソースマッピング
- ・ コミュニティ危機管理計画策定とコミュニティ救助チームの設立
- ・ コミュニティ非常事態グループの設立(応急処置、救助、管理業務等)

コミュニティ防災に直接的な関係はないが、子供に関する事柄について地域の優先事項や問題点を住民が話し合い、問題を解決するという取り組みも行われている。上記のコミュニティ防災プログラムは、国として行われたものであり、エレバン市で行われたものはあまりない。国際機関や NGO への聞き取り調査では、エレバン市においてコミュニティ防災の取り組みを促進することが困難な理由として、住民のコミュニティ意識が不足していることが指摘された。また、住民がコミュニティ防災に関わることに對するインセンティブが十分でないことも理由の一つとして挙げられた。エレバン市においてコミュニティ防災を行う際のアプローチとしては、学校を巻き込んだものにするによって促進できるという意見があった。

(2) コミュニティ防災の特徴

以下は、コミュニティ防災関連の長所である。

- ・ 責任機関がある。
- ・ マスメディアを活用している。
- ・ 情報センターが設立されている。
- ・ 学校、地域住民、事業者、その他利害関係者を対象としている。
- ・ 様々な主体を対象として訓練・研修を行っている。
- ・ NGO が実施しているプロジェクトでは地域住民を巻き込んだものになっている。
- ・ 国際機関と協働している。

国家危機管理アカデミーが、学校教員や政府・自治体職員の研修を行っており、Emergency Channel は、マスメディアなど様々な形態での情報発信を行っている。このように、知識や情報を提供するための政府のシステムは構築されている。国際機関や NGO との協働を通して、知識や情報の質の向上に努めている。NGO の活動は、コミュニティに直結したものであり、コミュニティの非常事態に對するための能力向上に寄与していると考えられる。

以下に、コミュニティ防災関連の課題を示す。

- ・ コミュニティ防災のコンセプトが構築されていない。
- ・ 一人ひとりではなく、コミュニティを対象としたプログラムがあまり見かけられない。
- ・ 訓練を実施する人、ファシリテーターが不足している。
- ・ 住民にとってインセンティブが現在のところない。
- ・ コミュニティ防災と自治体業務の関連性が見当たらない。

アルメニア国では、教育、訓練、意識啓発は、学校教員を含めた政府・自治体職員によって実施されていると言える。しかし、コミュニティ防災を実現するには、コミュニティ主導で活動(教育、訓練、意識啓発)を実施することも必要である。そのためには、Marz や自治体がコミュニティをサポートしていく必要が

あると考えられる。コミュニティ防災のコンセプトの構築も含め、関係機関の役割を明確にしていくことが課題となる。

7.4.4 提案と実施可能な現状改善活動

(1) 提案

以下は学校防災教育に関連する提案である。

- ・ 講義中心の防災教育だけでなく、双方向や参加型防災教育を実施する。
- ・ 学校教員がファシリテーターとなるための研修を行う。
- ・ 生徒、親、地域住民の関係を重視する。
- ・ 教員研修後のサポートシステムを準備・実施する。
- ・ 復旧・復興を含めた過去の災害についての情報提供を重視する。
- ・ 学校間、コミュニティ間の情報共有・交換のプラットフォームや機会を設ける。
- ・ 防災教育のコンテンツに、政府の役割(政府が実施できる、また実施できない防災の内容)を盛り込む。
- ・ 生徒会やPTAなど学校のガバナンスシステムを活用する。
- ・ 自治体職員を学校防災教育の実施の際に含めて行う。

以下はコミュニティ防災に関連する提案である。

- ・ 生徒会やPTAなど学校のガバナンスシステムを活用する。
- ・ コミュニティ間の情報共有・交換を促進する。
- ・ コンドミニウムレベルをコミュニティ防災に活用する。
- ・ コミュニティファシリテーターを育成する。
- ・ 学校防災とコミュニティ防災を統合して行う。
- ・ ユースグループを活用する。
- ・ 女性のグループを個別に考える。
- ・ 政府や自治体、他機関による長期的なサポートを実施する。
- ・ 学校間、コミュニティ間の情報共有・交換のプラットフォームや機会を設ける。
- ・ 防災教育のコンテンツに、政府の役割(政府が実施できる、また実施できない防災の内容)を盛り込む。

(2) 実施可能な現状改善活動

これまで、学校防災教育とコミュニティ防災を個別に述べてきたが、これらは独立したものではなく、重複する部分も含まれる。特にエレバン市においては、コミュニティ防災を実施する枠組みができておらず、また住民の意識も不十分であるため、学校を中心としてコミュニティ防災を行っていくことも考慮する必要がある。表 7.4-2 は、(1)で述べた提案を基にした現状改善活動である。

表 7.4-2 において、「学校防災教育」欄と「コミュニティ防災」欄は、活動／対策が、それぞれに該当している場合にチェックが入れられている。表 7.4-2 で提案した現状改善活動の多くは、学校防災教育とコミュニティ防災双方に関係している。これは、学校を通したコミュニティ防災を念頭においているためである。

表 7.4-2 学校防災教育及びコミュニティ防災に関する現状改善活動

学校防災教育	コミュニティ防災	活動／対策	実施責任機関	成果／効果
✓	✓	体験学習施設の設立と教材の開発	国家危機管理アカデミー	<ul style="list-style-type: none"> 訪問者は災害を疑似体験し、防災の重要性を理解する。 学校での防災教育をより効果的にする。
✓	✓	Marz レベルでの防災情報センターの設立	Marz 政府 Emergency Channel 国家危機管理アカデミー	<ul style="list-style-type: none"> 政府職員が自主学習をできるようになる。 学校が情報を入手できる。 コミュニティ、学校教員が防災や防災教育についての相談ができる。 国家危機管理アカデミーで研修を受けた学校教員のサポートが可能となる。
✓		能動的学習促進のための教員の訓練・研修	国家危機管理アカデミー	<ul style="list-style-type: none"> 学校教員が能動的学習を自ら実施することができる。
✓		カリキュラムでの防災教育及び能動的学習のための研修を受けた教員へのサポート及びモニタリング・評価	国家危機管理アカデミー 教育科学省 Marz 政府及び自治体	<ul style="list-style-type: none"> 研修の効果や問題点を把握するための評価を実施することができる。 学校教員が自分自身の問題点を理解することができる。
✓		能動的学習プログラムに関するコンペティション	国家危機管理アカデミー 教育科学省 Marz 政府及び自治体	<ul style="list-style-type: none"> 能動的学習プログラムの開発に係る学校教員の能力と動機を高めることができる。 学校教員が能動的学習プログラムに関する情報を共有できる。 アルメニア国として能動的学習プログラムを増加させることができる。
✓	✓	教育での活用のためのスピタク地震及びその他災害経験の記録	非常事態省 国家危機管理アカデミー	<ul style="list-style-type: none"> 生徒が応急対応、復旧、復興について知ることができる。 生徒が被害抑止、被害軽減の必要性を知ることができる。
✓	✓	自然災害被災者による講話	Marz 政府及び自治体	<ul style="list-style-type: none"> 生徒と学校教員が災害時の状況を理解することができる。 過去の災害の記憶の風化を防ぐことができる。
✓	✓	保護者及び地域住民の学校安全活動及び学校防災教育への参画	学校 保護者会	<ul style="list-style-type: none"> 保護者及び地域住民の意識啓発が可能となる。 緊急対応の準備と位置づけられる。
✓	✓	中央官庁及び Marz 政府防災担当職員のキャパシティ強化	国家危機管理アカデミー	<ul style="list-style-type: none"> 学校防災教育及びコミュニティ防災に関する施策を策定できる。 学校防災教育及びコミュニティ防災に関する問題点等を把握し、改善することができる。

参考文献

Alaverdyan R., Kambouryan V., and Manoucharyan H. (2011). The RA Legislation and Education Policy in the Area of Disaster Preparedness: From the Perspective of Needs and Rights of Children, pp. 26-33.

第8章 地震防災システムの構築

8.1 即時震度分布表示システム

8.1.1 システムの概要

即時震度分布表示システムは、地震が発生した場合に強震計で観測したデータを収集し、これをもとに、自動的に各メッシュでの震度分布を演算・表示するシステムである。強震計はエレバン市内の5箇所に設置した。また、強震計とサーバーとの通信回線は、有線(ADSL)の主回線と無線(3G 携帯電話)の副回線で構成し、冗長性を確保している。通常は主回線が利用され、主回線が利用できない場合は副回線に自動的に切り替わる仕組みである。

システムは、「データ取得」、「データ収集と計算」、「データ表示」および「データ配信」の4つのパートで構成されている。「データ取得」部では、強震計の加速度センサーによって地震動を観測し、内部メモリーに記録すると同時に、設定値を超えた場合に最大加速度値をサーバーに送信する。サーバーの「データ収集と計算」部では、2箇所以上の強震計から加速度値を受信した場合、地震が発生したと判断して、震度分布を自動演算するとともに、波形記録を収集してデータベースに加える。「データ表示」部は、エレバン市の震度分布をディスプレイに表示する。「データ配信」部は、携帯電話のショートメールサービス(SMS)を使って、エレバン市民に震度情報を送信する。

システムの全体概念図を図 8.1-1 に示す。サーバーは非常事態省の危機管理センターに設置されている。地震発生後、危機管理センターのディスプレイに震度分布が表示されるまでの時間は3分程度である。また、地震発生後10分程度で携帯電話にショートメールが送られる。

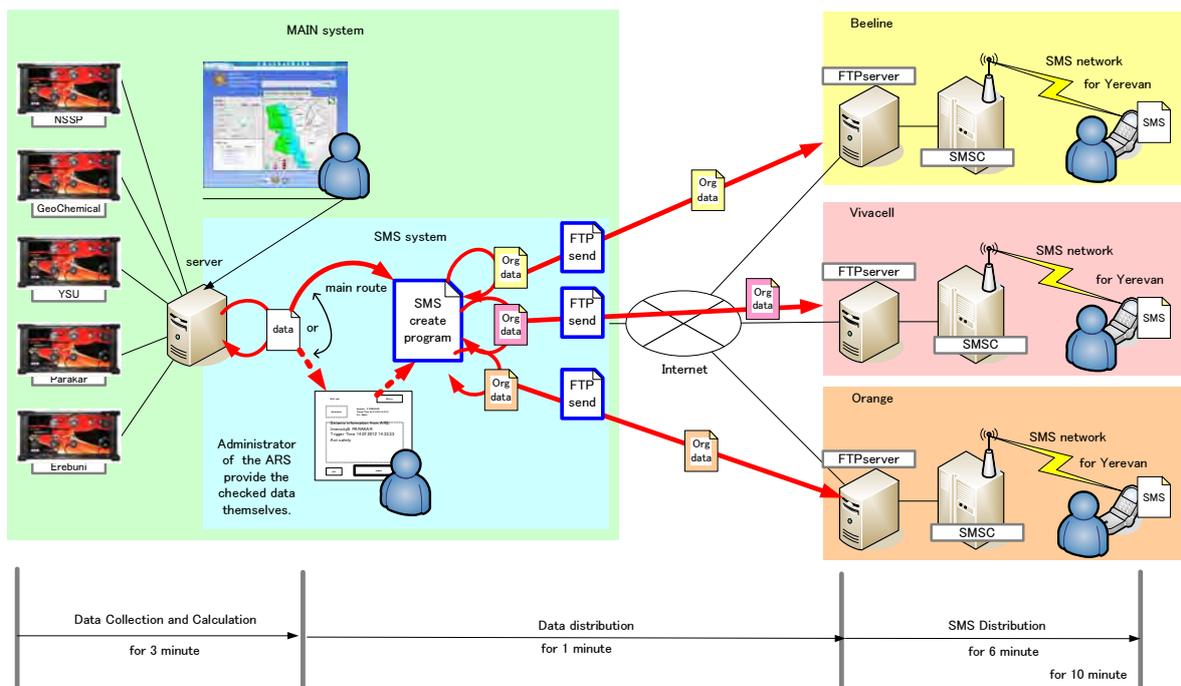


図 8.1-1 システム全体概念図

8.1.2 強震計の配置

即時震度分布表示システムは、通信回線としてインターネットを利用した。インターネットに接続するための通信手段は ADSL と携帯電話網である。したがって、有線の電話回線が利用でき、携帯電話が通じる場所及び商用電源が利用できる場所が選定条件である。アルメニア側との協議および現地視察に基づいて、表 8.1-1 の 5 地点を選定した。位置図を図 8.1-2 に示す。

表 8.1-1 強震計設置地点

No	地点名	説明	設置地点写真
1	市北側： NSSP 1 階	庁舎 1 階の既設地震観測所内 既設の地震計観測用コンクリート台を利用した	
2	市南側： エレベニ博物館 脇	博物館正面玄関に向かって右側にある 小部屋内 新規にコンクリート台を打設した	
3	市東側： 土壌科学研究所 地下	研究所の地下に設置 新規にコンクリート台を打設した	
4	市中心地： エレバン州立大学 地下	大学の地下にある既設の地震観測所内 既設の地震計観測用コンクリート台を利用した	
5	市西側： NSSP 支所 (Parakar 地震観測所)	半地下の既設地震観測所内 既設の地震計観測用コンクリート台を利用した	

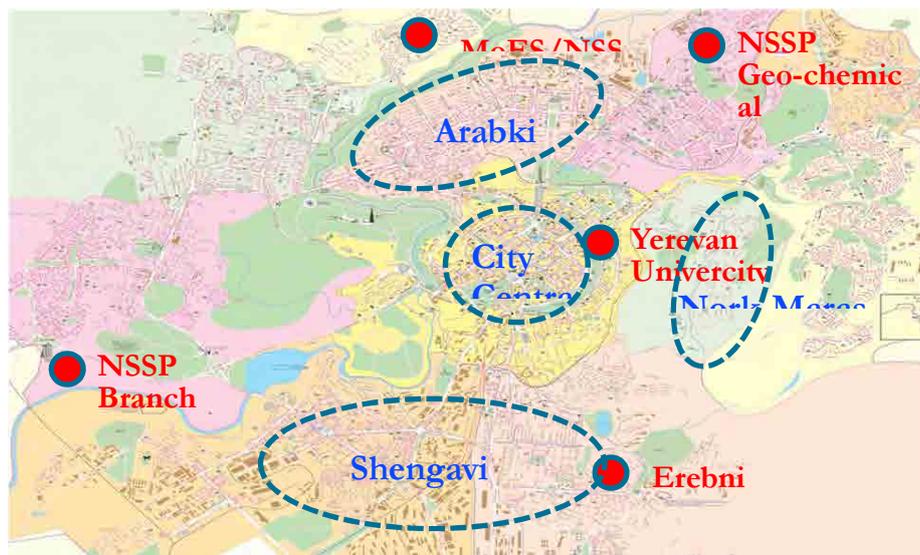


図 8.1-2 強震計設置地点

8.1.3 機器構成

システムを構成する機器を表 8.1-2 に示す。

表 8.1-2 機器構成

項目	概要	機材
1) 強震計	即時に情報収集する必要があることを考慮し、ネットワーク対応の強震計を使用した	Basalt 強震計(Kinematics 社)
2) サーバー	メンテナンスの容易性やシステムの堅牢性を考慮し、Linux システムを採用した汎用サーバーを採用した	デスクトップ PC
3) 表示装置	将来、表示箇所を増やすことを考慮し、Web技術を利用した表示システムを採用した	デスクトップ PC 30inch ディスプレー
4) 通信機器	日本の事例を参考にし、有線と無線とを組み合わせた多重化通信システムを採用した	VRRP ルーター ADSL ルーター 3G ルーター スイッチングハブ 無停電電源

8.1.4 システム開発

システム開発は、以下の点に留意して行われた。

1) 役割分担

- ・機材は調査団が供与し、地震計設置場所の借用、センサー設置台の用意、電力、通信回線設備などはアルメニア側が分担する。
- ・システム完成後の運用費用は、アルメニア側が負担する。

2) 維持管理を考慮したシステム開発

- ・維持管理および将来の拡張、他都市への適用を考慮して、システム開発はアルメニアの会社との共同作業で行った。システムの主要な部分である震度分布計算プログラムは、調査団が提供し、ネットワーク部分や画面表示部分など、システムの拡張によって修正する必要がある部分のプログラム開発を、アルメニアの会社が担当した。
- ・ソフトウェア操作マニュアル、インストールマニュアルを英語とアルメニア語で作成した。
- ・日常点検と地震発生時の対応を記述した、標準作業手順書を作成し、管理責任者を以下のように明示した。

全体責任者:	非常事態省大臣
運用責任者:	RS 長官
サーバー管理者:	RS のシステム管理者
即時震度分布表示システムの責任者:	NSSP 所長
即時震度分布表示システムの運用責任者:	NSSP 地震観測解析部長
ショートメール配信システムの責任者:	RS 副長官
ショートメール配信システムの運用責任者:	危機管理センター長

8.1.5 システムの表示と配信

1) 震度分布の表示

図 8.1-3 に震度分布表示画面の例を示す。画面左に5ヶ所の観測地点での観測震度、右にハザード評価の際に解析した表層増幅特性を用いて推定した、メッシュでの推定震度分布が表示される。

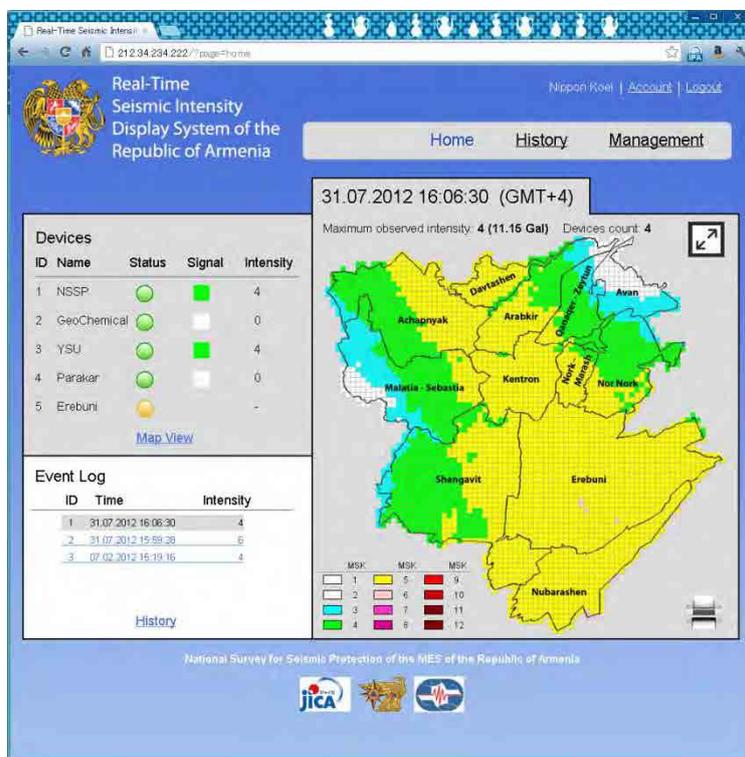


図 8.1-3 震度分布の表示例

2) 震度情報の配信

原則として、エレバン市内でMSK震度4以上が観測された場合、以下のような文面が、契約者の住所がエレバンの携帯電話に自動的に送られることになっている。MSK震度3の場合は、RSが配信の可否を判断する。外国人にも配慮して、アルメニア語、ロシア語、英語で表示される。

- ・「震度3-4の弱い地震が〇〇年〇月〇日〇時〇分にエレバンで観測されました。」
- ・「震度5-6の地震が〇〇年〇月〇日〇時〇分にエレバンで観測されました。」
- ・「震度7以上の強い地震が〇〇年〇月〇日〇時〇分にエレバンで観測されました」

即時震度分布表示システムと、ショートメールによる震度情報の配信を広報するため、図8.1-4のポスターを作成し、集合住宅の入り口や避難所となる学校に掲示した。



図 8.1-4 広報用ポスター

8.2 地震被害想定システム

8.2.1 システム開発の経緯

このプロジェクトでは、フェーズ1において地震動の推定をはじめとする地震ハザード解析と建物被害や死傷者数の推定をはじめとするリスク解析が行われた。解析に用いられた手法は、日本や米国でよく用いられている手法をもとにして、アルメニアで入手できるデータの現状に合わせて修正した方法である。この手法については、ワーキンググループ会議、ステアリングコミッティー会議等においてアルメニア側と協議が行われ、共通認識のもとに採用が決定された。

一方、RSはアルメニア全土を対象にした被害予測システムを保有しているが、これはハザード、リスク解析手法としてはロシア非常事態省が用いている簡易な方法を採用しており、その内容には満足してい

なかった。そこで、RS は本プロジェクトで使用した解析手法にもとづく新たな被害想定システムの構築を調査団に要望した。

これに対し調査団は、解析手法のアルゴリズムと必要データの提供、およびシステム開発の指導を行うことを提案し、RSと調査団が共同でシステムを構築することで合意した。システム開発は2011年7月に開始し、2012年4月に完成した。システム開発のスケジュールを以下に示す。

表 8.2-1 地震被害想定システムの開発スケジュール

期間	内容
2011年7月～8月	概念設計
2011年10月～11月	システム設計、アルゴリズム開発
2011年11月～2012年2月	プログラミング
2012年3月～4月	システムチェック、出力図表調整、アルメニア全土への拡張のためのアルゴリズム検討

8.2.2 システムの機能

本システムは、任意のシナリオ地震に基づき、地震動と各種の被害を定量的に計算するものである。使用者はRSあるいはRSエレバン支部であるため、地震被害想定に関する専門知識を有しなくても使えるように設計された。

必要な入力と得られる出力は以下のようである。

- 1) 入力
 - ・シナリオ地震の震源位置(緯度、経度、深さ)とマグニチュード
 - ・地震の発生時刻
- 2) 出力
 - ・地表地震動(加速度、MSK震度)
 - ・建物被害(集合住宅、戸建住宅)
 - ・人的被害(死者、負傷者)
 - ・ライフライン被害(水道、下水道、ガス、電力、電話)
 - ・レスキュー活動に必要な資材、人員
- 3) 計算に当たっての設定オプション
 - ・住宅の一部が耐震性の高い建物に建て替えられた場合
 - ・住宅の一部が補強された場合

図 8.2-1～3 にシステムの入出力画面の例を示す。

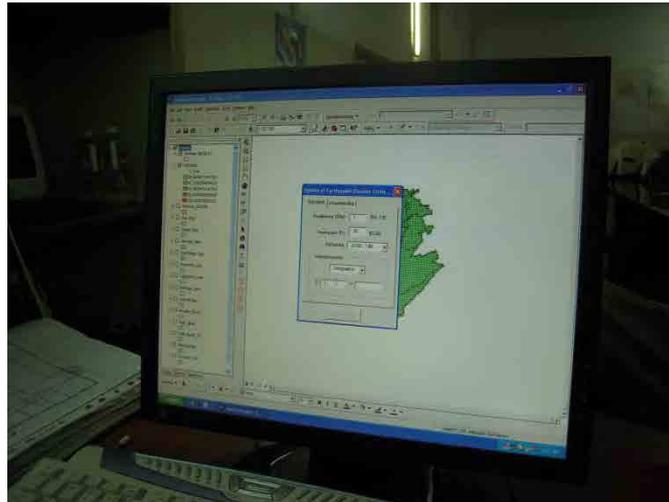


図 8.2-1 震源データ入力画面

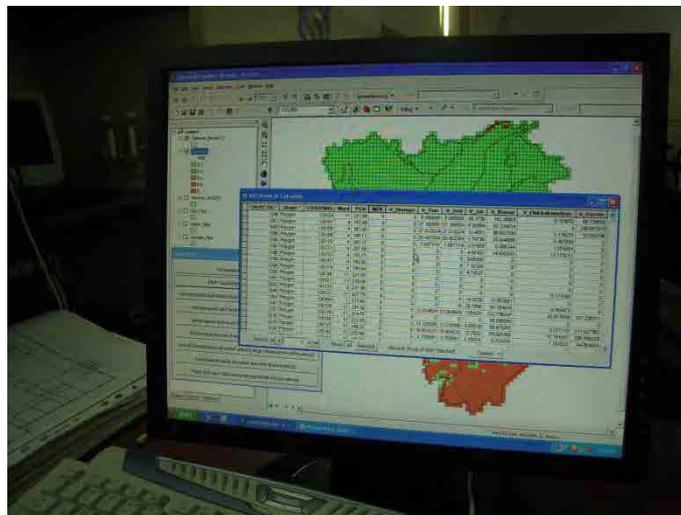


図 8.2-2 計算結果(テーブル)表示画面

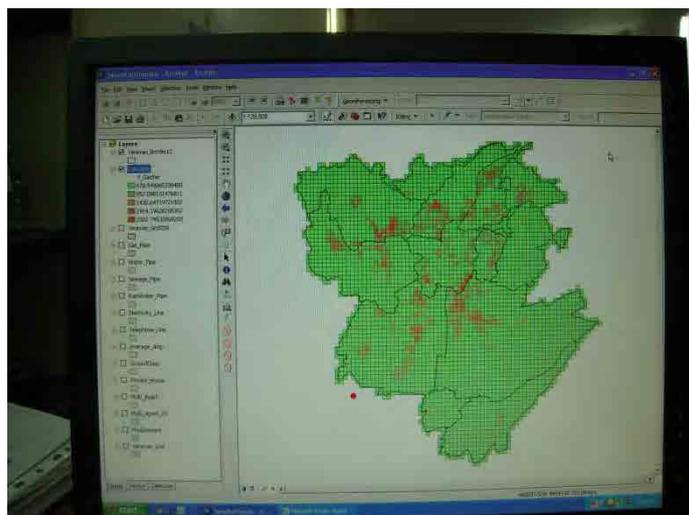


図 8.2-3 計算結果(分布図)表示画面

8.2.3 システムの概要

本システムは、ArcGIS をプラットフォームとし、Visual BASIC で開発された。システムの全体フローチャートを図 8.2-4 に示す。また、調査団が RS に提供した詳細フローチャートとアルゴリズム説明文書は Data Book に収録した。

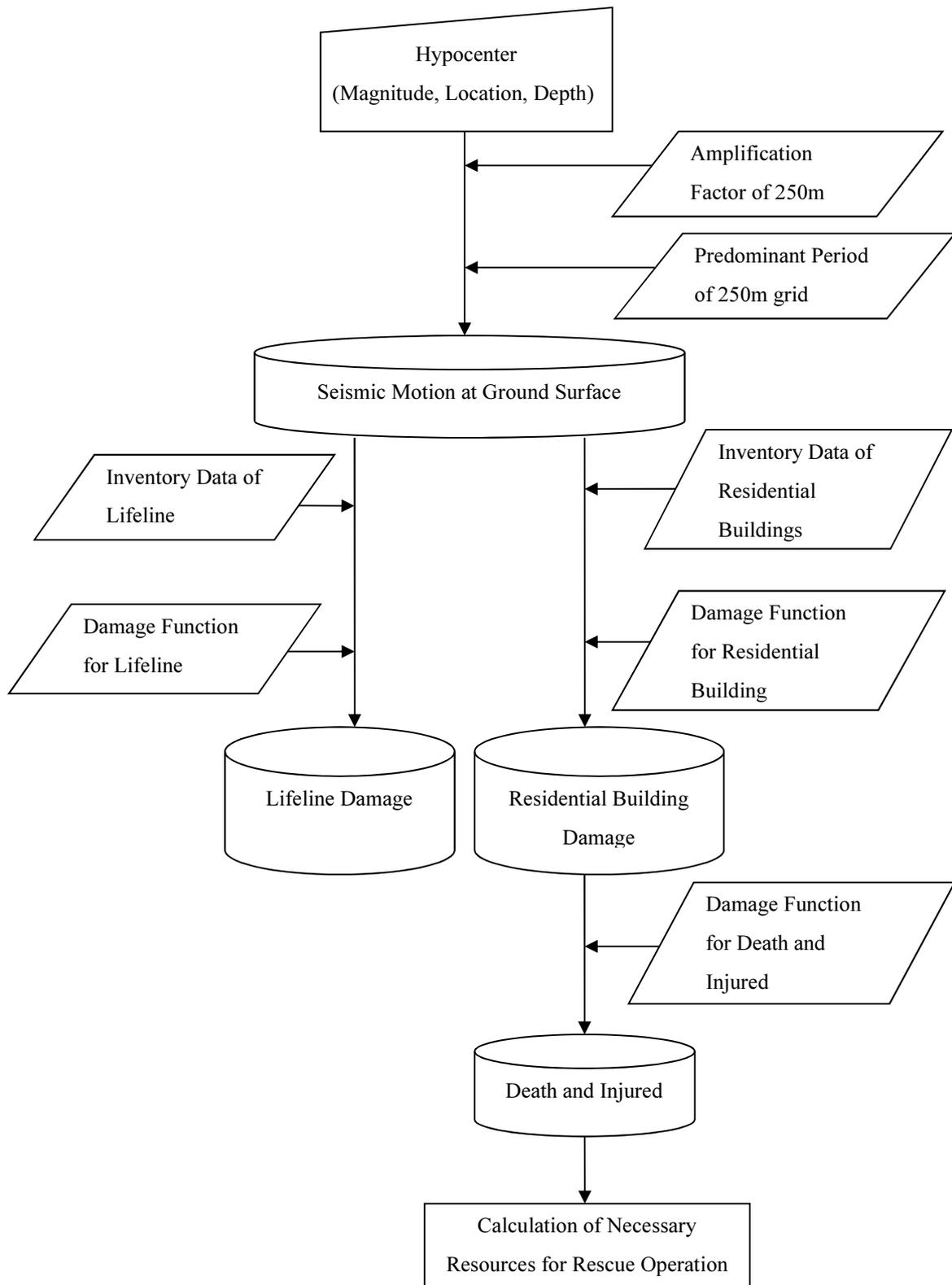


図 8.2-4 地震被害想定システムの全体フローチャート