

3.3. 想定地震

地震防災対策を有効なものとするためには、具体的な地震を想定して防災対策を立案することが重要であり、ここではテヘラン市を実際に襲う可能性のある地震を想定し、解析を進める必要がある。ここでは歴史地震をもとにテヘラン市にとって最悪の地震を想定し、解析を行った。テヘラン市周辺には数多くの活断層が認められているものの、その活動時期、間隔、規模等については資料が少ない。今回採用した決定論的アプローチでは、想定地震の発生時期の予測は不可能である。

テヘラン市周辺における大きな歴史地震としては、855年におきた412galの加速度を持つ地震が最大であり、それに続いて、1830年、958年、1665年、1177年の地震が記録されている。Berberian et.al (1999)によると、こうした地震は、South / North Ray 断層、Mosha 断層、North Tehran 断層によって引き起こされた可能性が高いとされている。こうしたことから、解析に際しては、以下の4つのモデルを想定した。

各モデルの断層パラメータは表3.3.1のとおりである。

- Ray 断層モデル
- North Tehran 断層 (NTF) モデル
- Mosha 断層モデル
- Floating モデル

表 3.3.1 断層パラメータ

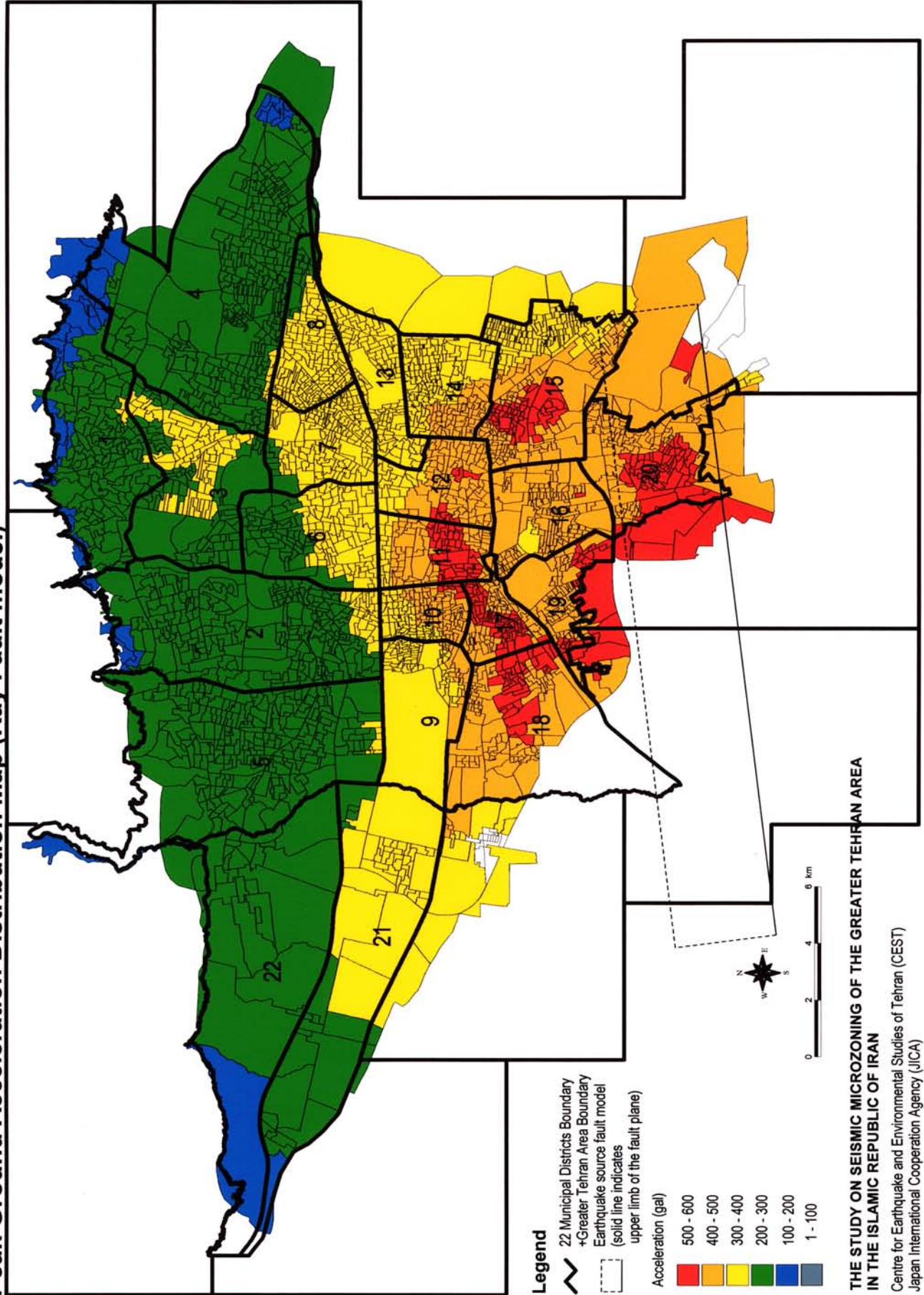
		Ray Fault model	NTF (North Tehran Fault) model	Mosha Fault model	Floating model
断層長さ(km)		26	58	68	13
断層の幅(km)		16	27	30	10
マグニチュード(Mw)		6.7	7.2	7.2	6.4
断層原点	N (degree)	35.8255	35.6815	35.5876	-
	E (degree)	51.7392	52.4955	51.5061	-
走向 (Clockwise from North) (degree)		263	263	283	263
傾斜(degree)		75	75	75	75
断層上端深さ(km)		5	0	0	5

3.4. 解析結果

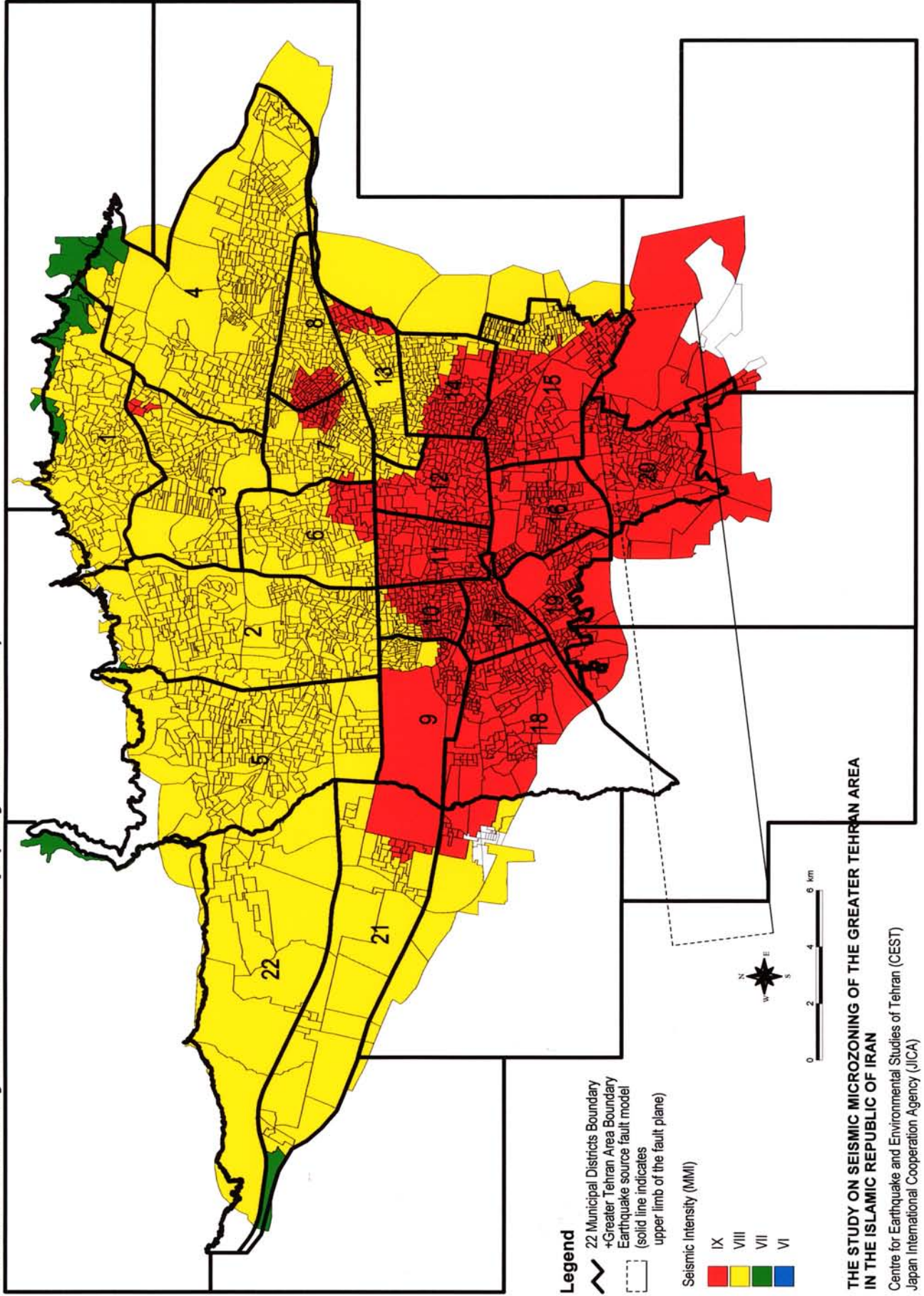
解析では、まず経験的グリーン関数による入倉の方法(1986)をもちいて、既存地震波形を工学的地震基盤における波形に合成し、続いて1次元応答解析により、表層地盤における地震動の増幅をメッシュごとに計算した。

Ray 断層モデルの解析結果を図 3.4.1、図 3.4.2 に示した。4つのモデルの中で一番大きな地表面最大加速度および震度を示しており、市南部の大半の地域でMMI 震度階 9（日本の気象庁震度階で6程度）、最大加速度 600gal 前後の値となっている。また、地盤の一様性を反映して、最大加速度、震度ともに、比較的一様な分布を示しているが、一部の軟質層堆積地域では、周辺に比べてやや大きな震度、加速度となっている。

Peak Ground Acceleration Distribution Map (Ray Fault model)



Seismic Intensity Distribution Map (Ray Fault model)



THE STUDY ON SEISMIC MICROZONING OF THE GREATER TEHRAN AREA
 IN THE ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN
 Centre for Earthquake and Environmental Studies of Tehran (CEST)
 Japan International Cooperation Agency (JICA)

第 4 章：地震被害想定

第4章 地震被害想定

4.1. 建築物

住宅の被害想定全体のフローチャートを図 4.1.1に示した。被害想定に際しては、1)市域の住宅建物の特性を把握し、建物現況データベースを作成すること、2)種々の条件を考慮した上で適切な被害想定手法を選定し、必要な被害関数などを設定すること、3)これらをもとに適切な条件設定を行って被害を算定し、これを分かりやすく表現すること、の3点を重視して解析方針を定めた。

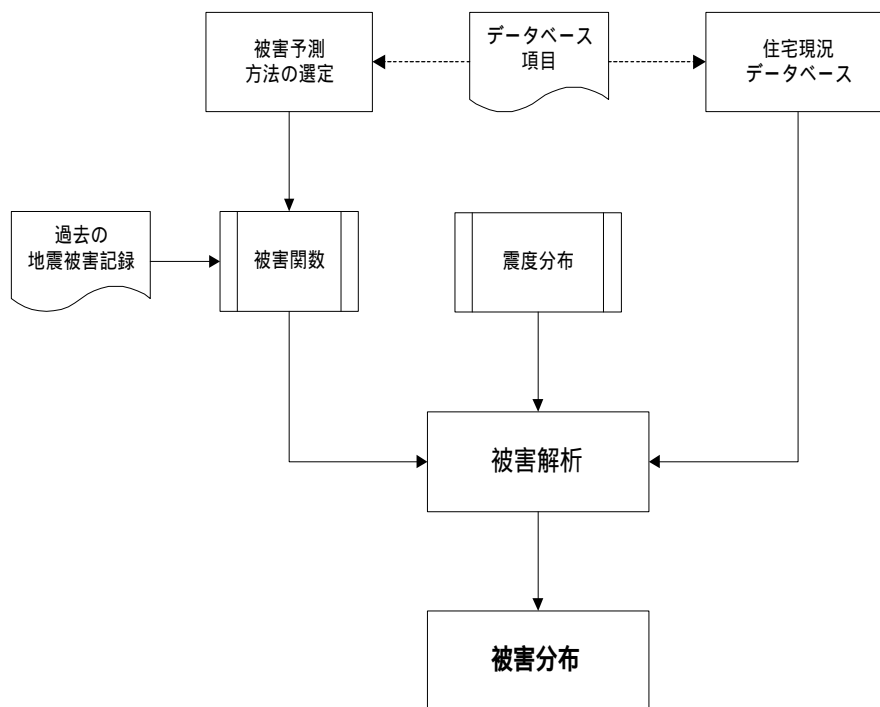


図 4.1.1 建築物被害想定フロー

4.1.1. 被害想定手法

(1) 建築物分類

1996年のHousing Censusデータから、市内の建築物の構造と建築年、階数が判明している。設計条件の観点から、これらの要因が建物の耐力に大きな影響があるであろうことが推察されている。そこで、住宅を耐力の観点から以下の9種類に分類して取り扱った。

- 1) Brick and Steel or Stone and Steel
- 2) Steel-1: Steel structure, built after 1992, with 1 to 3 floors
- 3) Steel-2: Steel structure, built before 1991 or with more than 4 stories
- 4) RC-0: Reinforced concrete structure, with more than 6 stories
- 5) RC-1: Reinforced concrete structure, built after 1991 and with 1 or 2 stories
- 6) RC-2: Reinforced concrete structure, built before 1991 or with more than 3 stories
- 7) All Wood
- 8) Cement Block (with any type of roof), Brick and Wood or Stone and Wood, All Brick or Stone and Brick
- 9) Sun-dried Mud Brick and Wood, Sun-dried Mud Brick and Mud

(2) 既存被害関数

建築構造物の耐力特性は地域によって大きく異なるため、地震力と被害確率の関係も地域によって大きく異なる。外見上の構造が似ていても耐力特性は異なることがあるが、これはその施工形態の違いも一因でもある。このため当該地域における地震被害事例の収集と分析および地域特性を考慮した被害関数の設定が重要となる。

イラン国の被害関数として、Manjil地震の際の地表面最大加速度と建物被害率（大破以上の率）の関係が発表されている(Tavakoli & Tavakoli(1993))。この被害曲線は、1990年のManjil地震の震源地付近の集落を調査した結果から導かれたものであり、著者によると建物は主にSemi-engineeredの石積または木製であるとされている。本調査において調査団が入手し得た定量的な住家被害率と地震動の関係に関する研究結果はこれが唯一であり、同図を基本として用いることとした。

(3) 解析に用いた被害関数

テヘラン市内で最も多く見られるSteel & Brick構造は視察結果からSemi-engineeredと考えられることから、Manjil地震の被害曲線をSteel & Brick構造の被害関数として採用した。

次にこれを基本としてSteel & Brick以外の構造の被害関数を相対的に設定した。設定に際してはATC-13などの既存の被害関数を参考にした。具体的にはSteel & Brick構造の被害関数をX軸、すなわち地震力軸上で左右に平行移動することで設定した。

設定した被害関数を図4.1.2に示した。

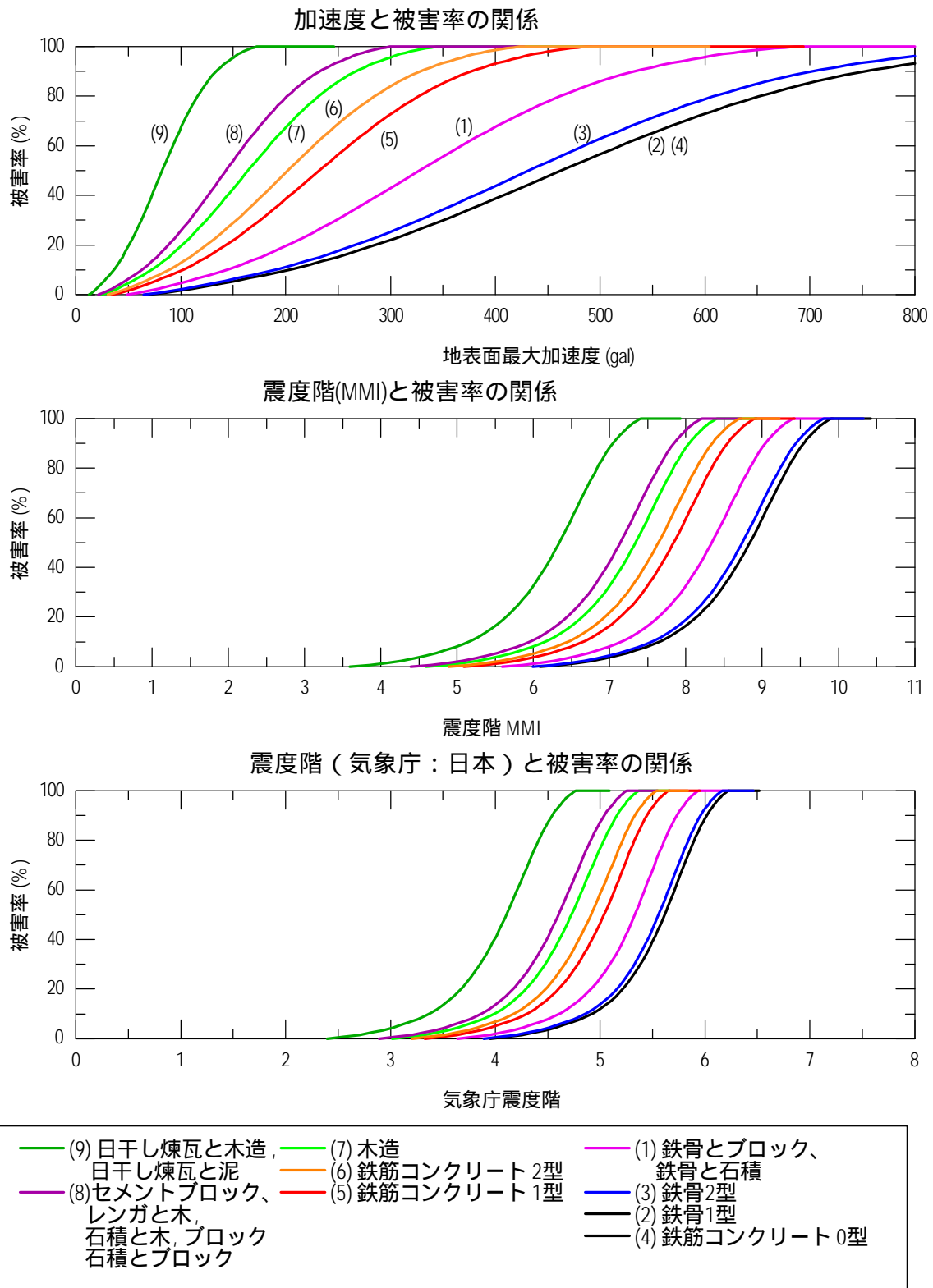


図 4.1.2 被害関数 (住宅用建築物)

4.1.2. 建築物データベースの構築

本調査では、Census data を基本として、建物現況データベースを作成した。Census Data は、全市の世帯ごとに、住居の構造、居住人数、建築年などを調べ上げた膨大で貴重なデータである。明らかな誤りの修正、世帯単位から住宅単位への変換、現地チェック等による修正を行った。

テヘラン市の建築物の分布には、比較的耐震性の高い Steel 造および RC 造(RC-0)の住宅は市の北部に多く分布するのに対し、耐震性の低い、同時に最も棟数が多い Steel & Brick は市の南部に多いという傾向が認められる。また、耐震性の低い住宅 (Steel-1, Steel-2, RC-0を除いた住宅で、RC-1, RC-2, Steel & Brick, Brick & Block, Adobe など) の分布から、隣り合っているセンサスゾーンでも耐震性に大きな違いがある。

テヘラン市内における建築物の分布を図 4.1.3 に示した。

4.1.3. 被害予測

各地震モデルに対する区ごとの建築物の被害数を図 4.1.4 に、Ray 断層モデルにおける建築物被害の分布を図 4.1.5 に示した。

Ray 断層モデル, NTF(North Tehran 断層) モデル, Mosha 断層モデルのうち、最も被害が大きいのは Ray 断層モデルである。このモデルでは全市で約 48 万棟、率にして約 55%の住宅が被害を受ける。このうち 15 区の被害棟数の多さが目立つが、存在する住宅棟数が多いため、被害率としては 11, 12, 16~20 区が 80%前後の高い被害率になっている。この原因は、脆弱な建物が多く分布していることと、強い地震動(MMI=9)が発生することである。また、1~5 区の北部地域では被害率は 30%前後にとどまっている。

これに対し、NTF モデルでは全市で約 31 万棟、率にして約 36%の住宅が被害を受ける。このうち 1~5 区で 50%前後の高い被害率になっているが、南部では 30%以下にとどまっている。北部と南部の被害率の差は Ray 断層モデルの場合ほど大きくないが、これは南部の方が建物が脆弱であるため、地震動が比較的小さくても被害が発生しやすいことを反映している。

Mosha 断層モデルの場合は市内全域で被害率は 10%程度にとどまる中で、12 区の 30%の被害率が際だっている。これは、表 4.1.1に示されているように、他の区に比べて Adobe や Wood & Brick の住宅が多く、建物が脆弱なことによる。この傾向は Floating モデルにおいても見られる。Floating モデルとは、一定の地震動を岩盤上で加えた場合であり、地震現象を想定したものではないが、相対的な脆弱性評価することができる。これによると、12 区が建物の影響で被害率が高いが、3 区も比較的被害率が高いことがわかる。この地域には比較的軟弱な地盤が分布しているため、地表面地震動が大きくなる可能性を反映している。

表 4.1.1 建物構造別棟数

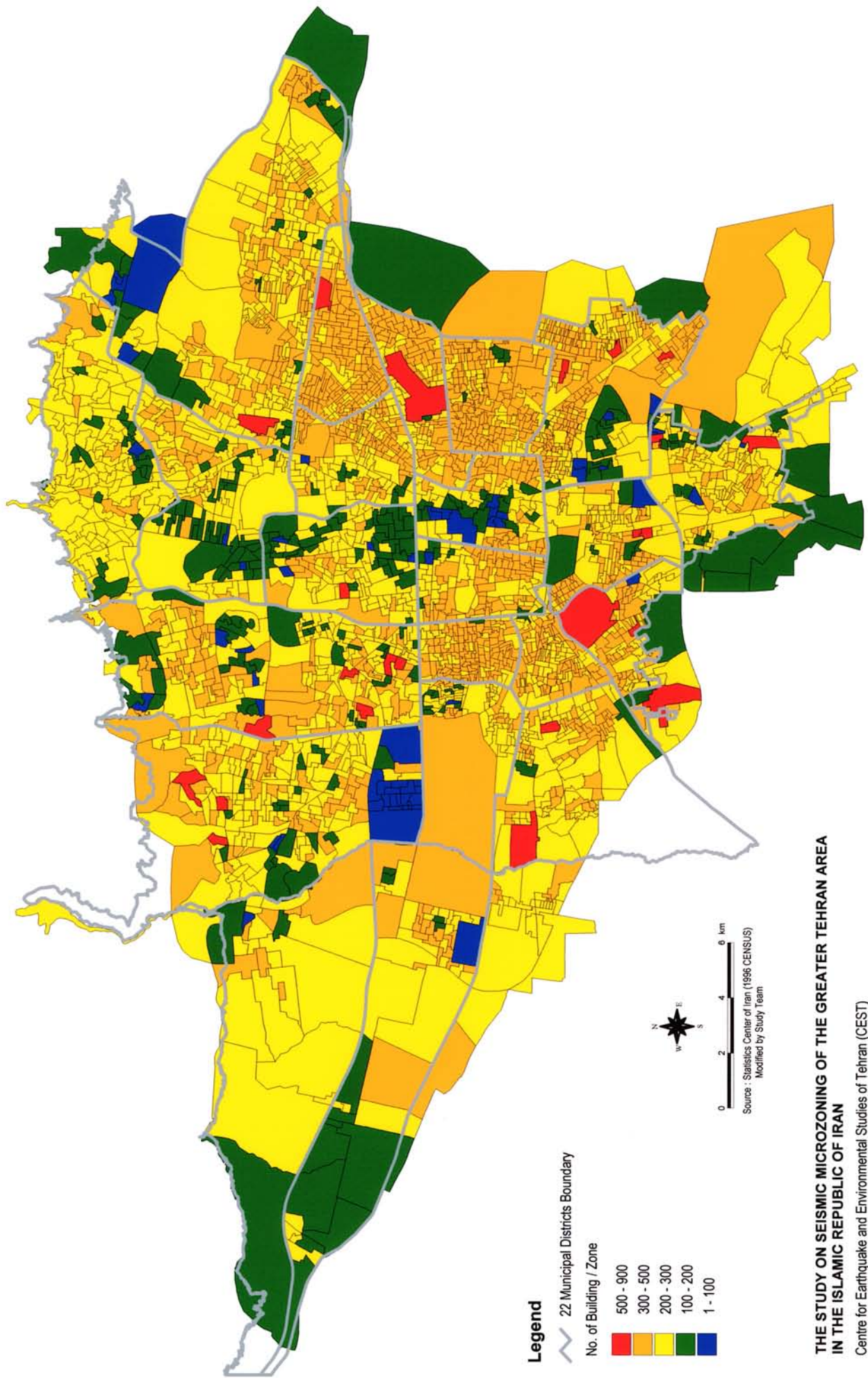
区	主構造											総数
	?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1,398	17,610	7,202	10,950	1,074	213	689	23	216	196	63	39,634
2	2,115	32,960	17,101	11,253	166	202	612	12	21	27	172	64,641
3	1,112	20,548	5,576	8,712	251	76	295	8	97	91	35	36,801
4	3,215	40,498	6,515	30,936	369	276	655	41	45	37	55	82,642
5	1,645	29,250	11,763	9,875	269	260	152	8	76	11	43	53,352
6	756	14,278	2,577	10,233	286	34	180	54	14	33	8	28,453
7	1,576	18,710	1,907	20,914	1,070	124	376	12	122	48	33	44,892
8	1,700	18,985	1,352	28,309	188	28	721	13	8	25	10	51,339
9	503	4,747	557	14,500	171	12	121	1	2	60	6	20,680
10	1,186	8,117	218	28,682	986	18	708	6	296	70	42	40,329
11	1,051	9,975	492	15,338	3,137	31	472	53	1,249	330	136	32,264
12	958	8,493	436	9,648	4,698	59	493	205	2,710	850	141	28,691
13	1,133	11,781	580	20,459	1,148	23	196	12	104	84	8	35,528
14	1,716	19,946	839	29,726	1,822	82	158	111	639	284	25	55,348
15	2,714	27,203	1,945	38,546	2,286	114	292	99	508	308	1,240	75,255
16	1,408	8,852	424	23,399	1,495	144	462	70	967	208	9	37,438
17	1,229	7,490	148	23,401	385	14	336	4	95	98	12	33,212
18	1,306	11,496	269	22,247	132	12	164	1	20	26	3	35,676
19	759	9,273	292	16,086	107	16	134	5	20	30	8	26,730
20	1,381	16,480	2,082	21,139	713	307	440	24	377	273	62	43,278
21	741	8,798	1,831	10,366	55	479	29	1	18	28	21	22,367
22	132	4,312	1,500	740	11	7	32	2	0	1	1	6,738
City	29,734	349,802	65,606	405,459	20,819	2,531	7,717	765	7,604	3,118	2,133	895,288

凡例 :

- ?:Unknown 1:Steel 2:RC 3: Others, Steel & Brick or Steel & Stone
- 4: Others, Wood & Brick or Wood & Stone 5: Others, Cement Block 6: Others, All Brick or Brick & Stone
- 7: Others, All Wood 8:Sun-dried Mud Brick & Wood 9:Sun-dried Mud Brick & Mud
- 10:Others

注 : イラン国統計局提供データ修正後の値を示す

Building Distribution by Structure (Total)



**THE STUDY ON SEISMIC MICROZONING OF THE GREATER TEHRAN AREA
 IN THE ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN**
 Centre for Earthquake and Environmental Studies of Tehran (CEST)
 Japan International Cooperation Agency (JICA)

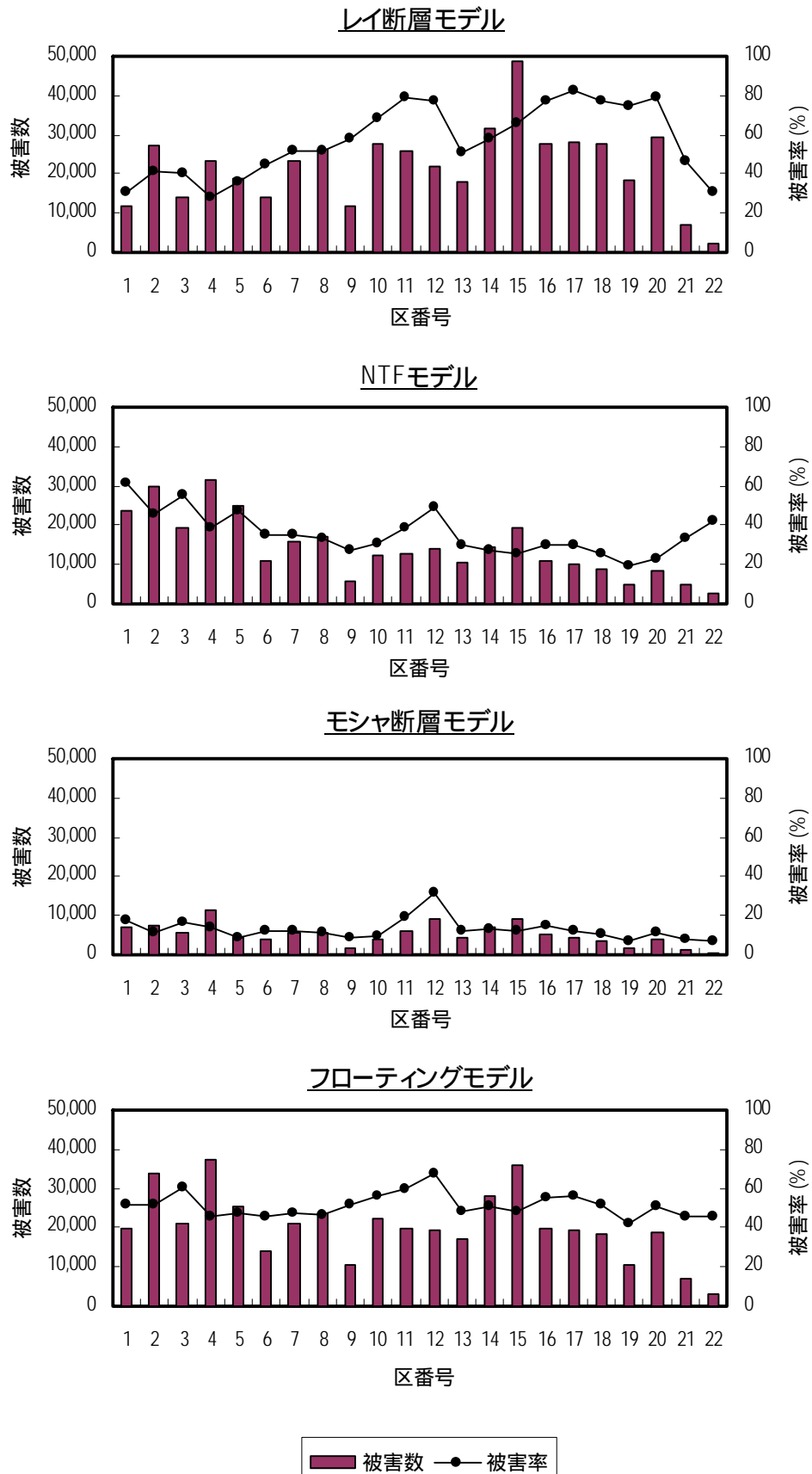
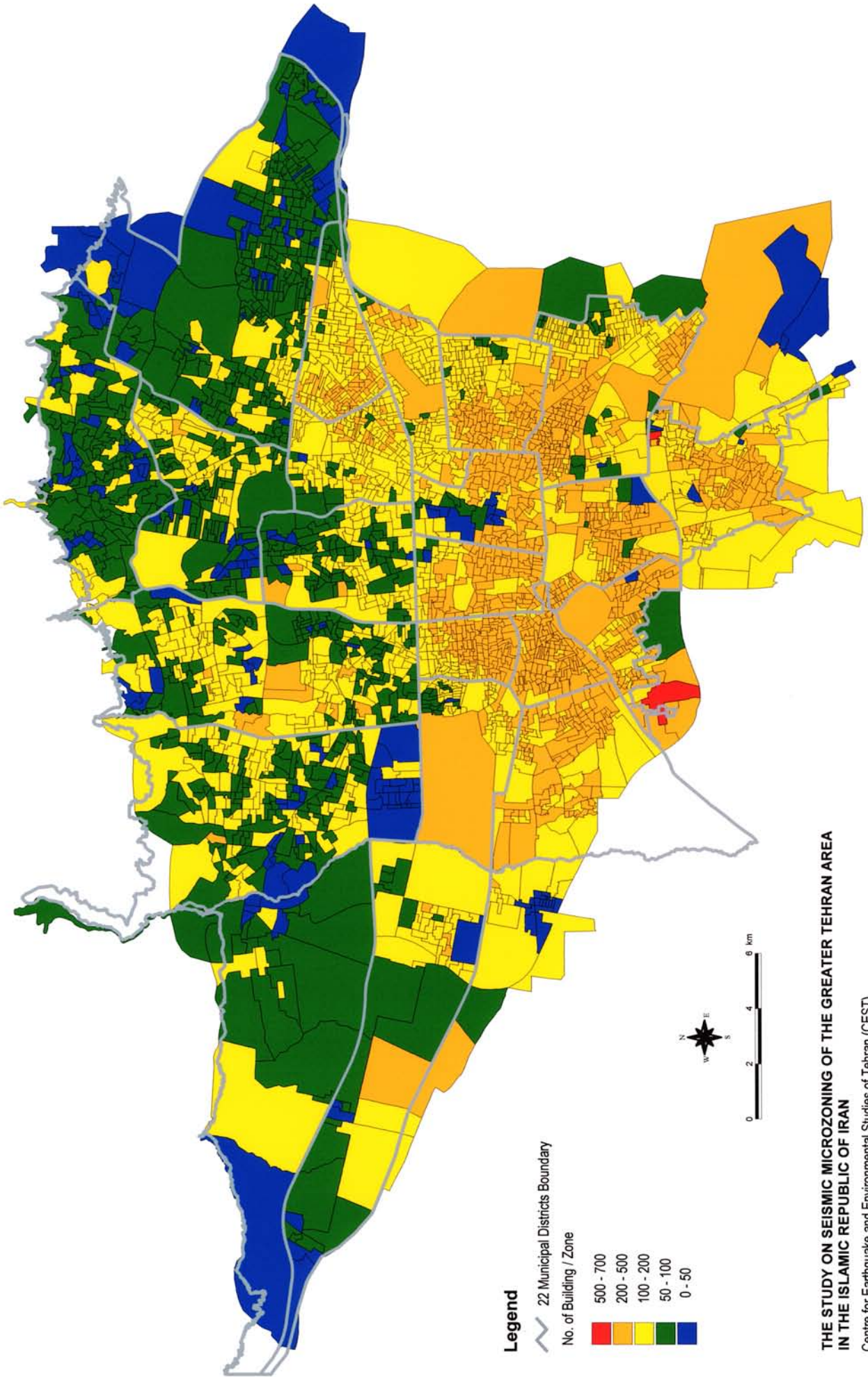


図 4.1.4 各区の居住用建築物の被害

Heavily Damaged or Collapsed Building Number Distribution (Ray Fault model)



4.2. 人的被害

建物の倒壊によって発生する死者数を想定するには、建物の倒壊に関する情報のほかに、その建物に何人居住しているか、そしてそのうちどのくらいの割合が死亡するか、という情報が必要となる。前者に関しては Census Data から情報を得ることができるが、後者に関しては、様々な要因が影響する事項であり、地域特性も大きい、従って、これに関してはできるだけ当該地域で過去に発生した被害地震資料を収集整理し、地域特性、建築物構造特性を十分に考慮した被害関数を設定することが必要である。

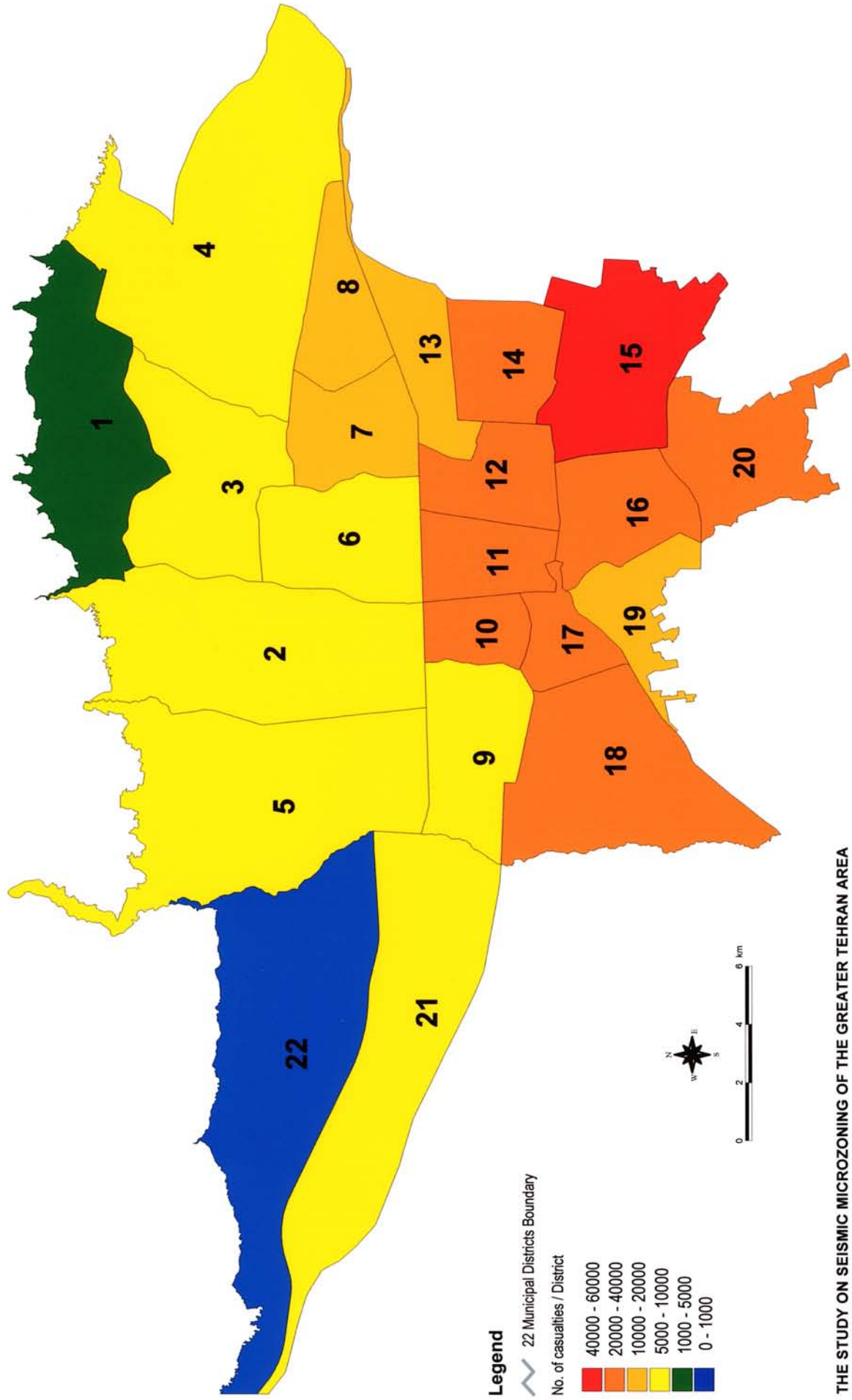
本調査では、死者数想定的基本的考え方は Coburn et al.(1992)を用いた。これは人的被害の数を、建物倒壊数、居住人口、地震時に家屋内にいる割合、建物倒壊時に生き埋めとなる割合、倒壊時の死亡率、倒壊後の時間～死亡率の関係等を関数として求めたものである。設定されている関数はイランを含む世界中の被害地震の検討から導かれたものであるため、必ずしもテヘラン市の建築物の特性に適合したものはなっていないので、近年に発生したイラン国内の地震被害事例をもとにパラメータを設定した。

緊急救助活動について4タイプ、さらに夜間と昼間のケースを計算しているので、1想定地震について合計8種類の被害を計算した。夜間に地震が発生して救助活動が行えないケース(No Rescue)が最も被害が大きくなる“最悪ケース”である。Ray 断層モデル、NTFモデル、Mosha断層モデルのうち、最も被害が大きいのはRay断層モデルの場合で、最悪ケースの場合全市で約38万人、率にして約6%の住民が亡くなる。15区の死者数数の多さが目立つが、居住する住民数が多いため、被害率としては11、12区が15～20%の高い死亡率になっている。この原因としては、脆弱な建物が多く分布していることと、強い地震動(MMI=9)があげられる。1～5区の北部地域では死亡率は2%前後にとどまっている。

NTF Model では最悪ケースで全市で約13万人、率にして約2%の住民が亡くなる。1～5区で3%前後の高い被害率になっているが、南部では1%程度にとどまっている。

Mosha Fault Model の場合は市内全域で死亡率は0.3%程度にとどまる中で12区の1.7%の被害率が際だっている。これは、他の区に比べてAdobeやWood & Brickの住宅が多く、建物が脆弱であり、建物自体の被害率が高い上にさらに救出率が低いためである。この傾向はFloating Modelにおいても見られる。

Casualty Distribution - Night No Rescue Work (Ray Fault model)



**THE STUDY ON SEISMIC MICROZONING OF THE GREATER TEHRAN AREA
IN THE ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN**
Centre for Earthquake and Environmental Studies of Tehran (CEST)
Japan International Cooperation Agency (JICA)

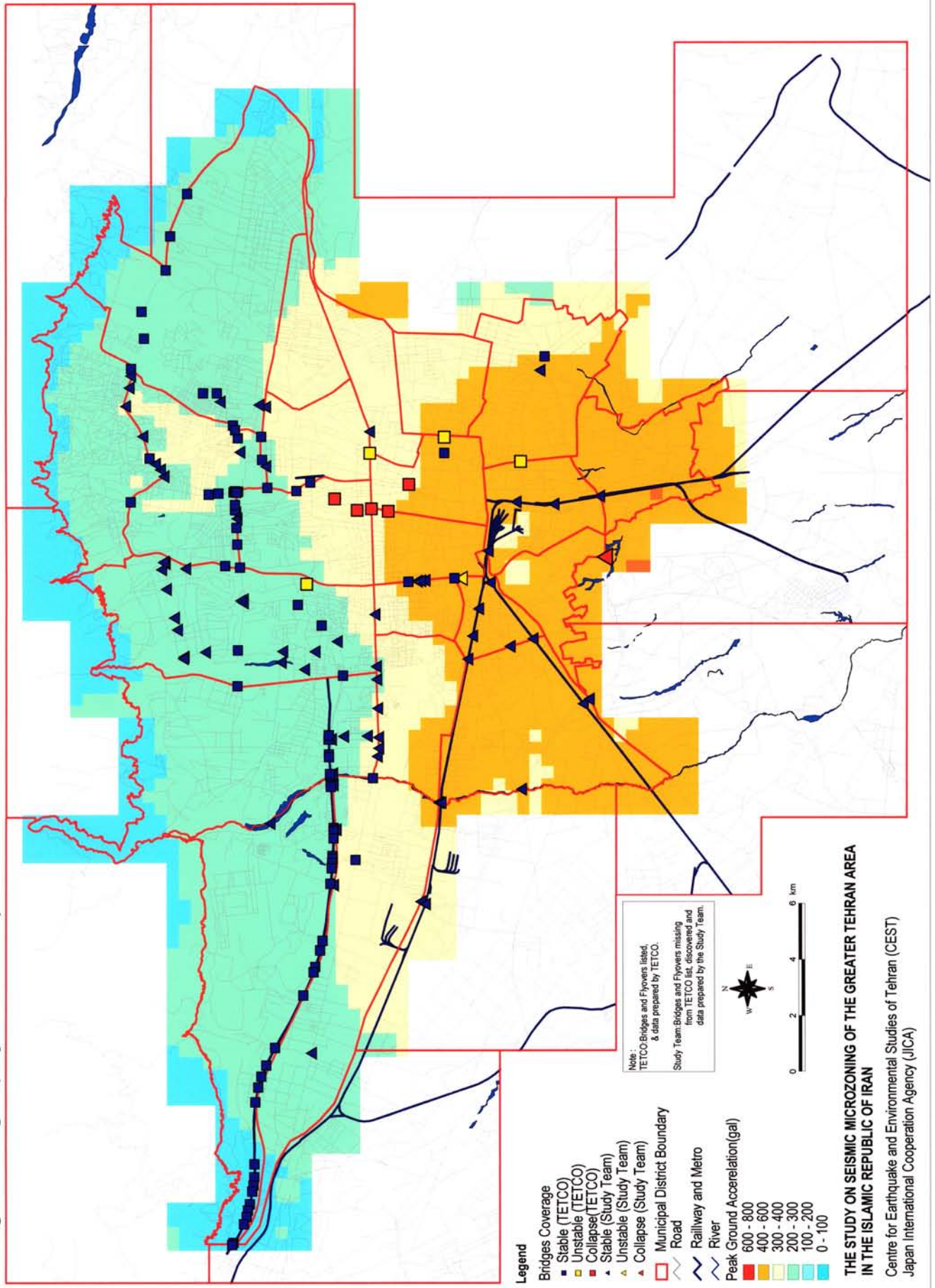
4.3. 橋梁

橋梁の被害想定は片山の方法によった。この方法は数量化理論を用いて橋梁の部材、構造等を点数付けし、そのスコアによって被害を推定しようとするものである。本調査においては以下の数値を判定基準とした。

- 26点以上 : 崩壊
- 20 - 26点 : 不安定
- 20点以下 : 安定

Ray 断層モデルにおける橋梁の被害状況を図 4.3.1 に示した。これからわかるように、橋梁の被害は建築物に比べると比較的少ない。しかし、橋梁の被害が社会活動に与える影響は大きく、特に救援活動を大きく妨げることとなる。

Damage of Bridges (Ray Fault Model)



THE STUDY ON SEISMIC MICROZONING OF THE GREATER TEHRAN AREA
 IN THE ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN

Centre for Earthquake and Environmental Studies of Tehran (CEST)
 Japan International Cooperation Agency (JICA)

4.4. 他の構造物

4.4.1. 公共建築物

第 4.1 章で扱った建築物被害は住宅のみであり、他の構造物は含まれていない。公共建築物の被害は地震防災対策とそのマネジメントにとっては非常に重要であり、官庁、警察、交通警察所、消防署、病院、小学校、中学校、高等学校、高等教育機関の 9 タイプの公共構造物被害を検討した。

解析には、建築物の被害想定に用いたものと同じ被害関数を用いた。被害想定の結果は図 4.4.1 公共構造物被害分布に示した。

4.4.2. ライフライン

本調査では、水道、ガス、電気、電話の 4 つのライフライン被害を想定した。ライフラインに関する被害想定に必要な既存資料は極めて乏しく、解析は定性的なものにとどまった。解析に際しては、ライフラインの性状は日本のものとは大きく異なることはないと考え、水道とガスに関しては久保・片山の方法を、電気と電話に関しては兵庫県南部地震（1995 年）の被害の状況をもとに被害を推定した。

被害想定の結果は図 4.4.2 ライフライン被害分布に示した。

4.4.3. 危険物貯蔵施設

本調査では、ガソリンスタンド、燃料貯蔵所、ガスステーション、ケロシン販売所、石油販売所の 4 つの危険物貯蔵施設被害を想定した。解析に際しては、被害関数は建築物と同じ関数を用い、可燃物の漏出率は神奈川県（1986 年）を参考にガソリンスタンドと燃料貯蔵所では 2.55%、その他は 3.66%とした。

被害想定の結果では第 15 区及び 18 区の被害が大きく、続いて、第 7、8、13、17、19 区の被害が大きい。しかし、収集したデータによる危険物貯蔵施設の分布は偏っており、統一基準に基づいて作成されていないと考えられる。従って、ここで計算される出火危険度ランクも、データが得られた District のみの中でのランクである点に注意を要する。

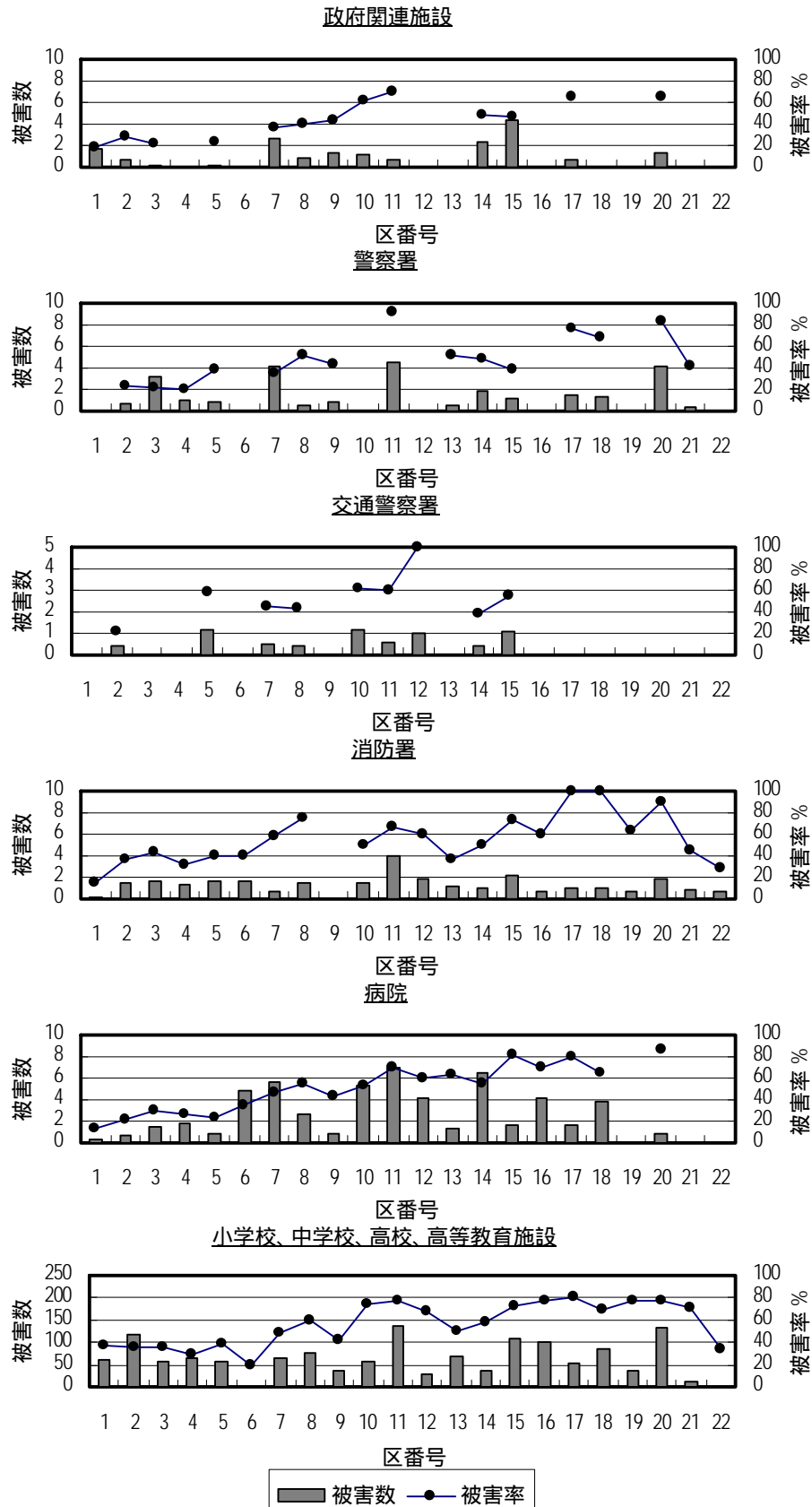


図 4.4.1 公共構造物被害分布

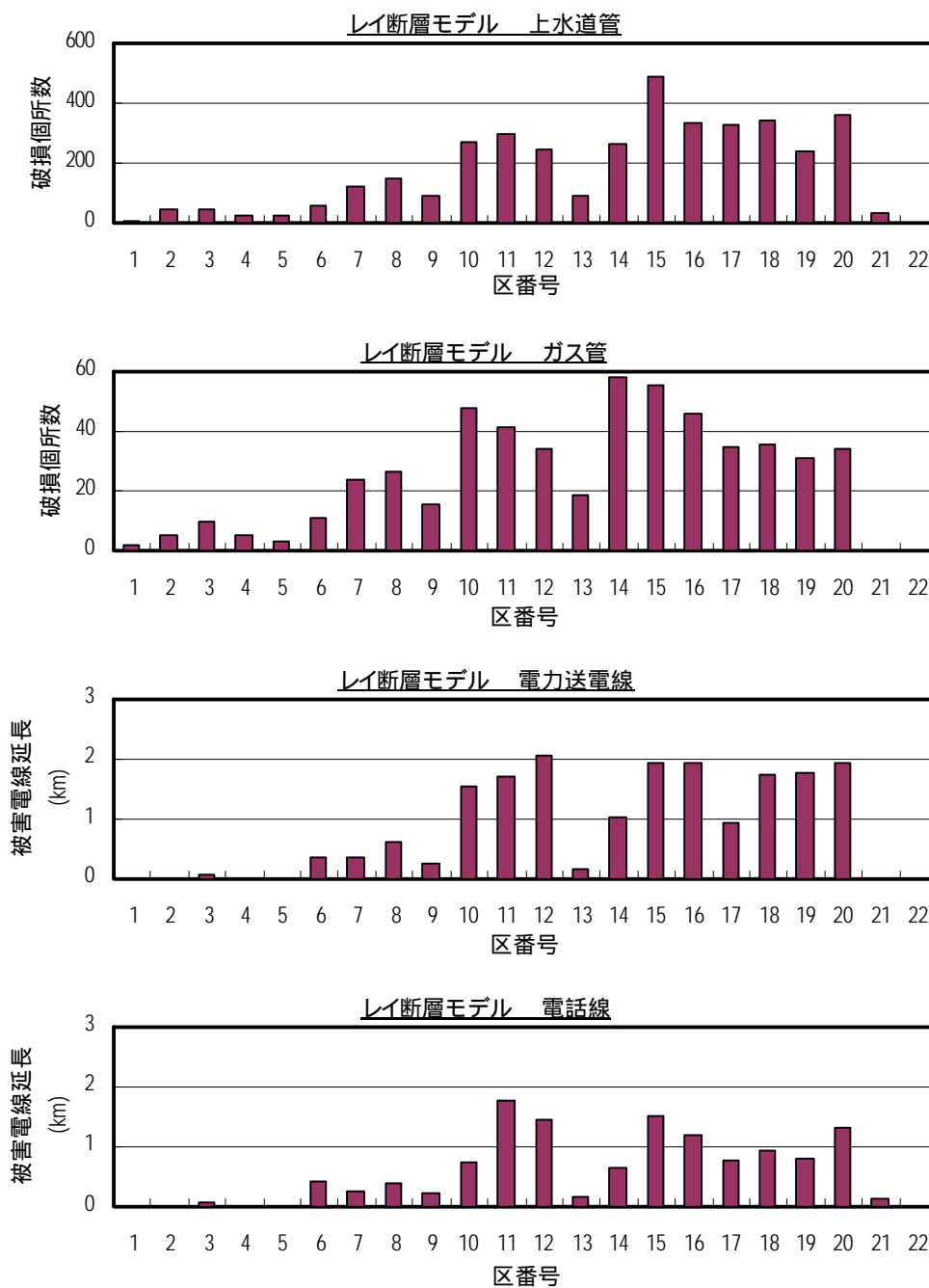


図 4.4.2 ライフライン被害分布

4.4.4. 地盤の液状化

対象地域の大部分では地下水位は深く、地質は硬質な砂礫や粘性土で構成されているため、地盤の液状化が問題になる場所は少ない。しかし、対象地域の東南部では地下水位が浅く、ややルーズな砂が堆積している場所があり、この地域を対象に地盤の液状化について検討を行った。対象地域においては、N値、地盤の物理的性質、地表面最大加速度が得られていることから、液状化の判定はFL法およびPL法を用いた。

解析の結果、大部分のボーリングデータについて液状化の可能性は「非常に小さい」か「比較的小さい」と判定された。第20区に位置する1ヶ所のボーリングデータについてのみ液状化の可能性が「比較的高い」と判定された。この結果から、対象地域東南部においては、部分的に液状化の可能性のある地層が堆積している可能性があり、こうした地層の分布確認には詳細調査が必要であると考えられる。

4.4.5. 斜面安定

今回調査においては、斜面の強度定数や切土斜面の情報がないため、大規模自然斜面の安定性についてのみ検討を行った。対象地域と同じアルボルズ山脈に位置する斜面の安定性について、1990年Manjil地震における斜面角度と地表面加速度の関係がKomak Panah et al.(1992)によってまとめられており、類似の地盤条件と判断して、これをもとに斜面安定性を判定した。

判定の結果、Ray断層モデル、Mosha断層モデル、Floatingモデルについては大部分の斜面が安定であるものの、NTF(North Tehran断層)モデルについては、アルボルズ山地の多くの斜面が不安定となる。大部分の斜面は人の居住しない地域に位置しているが、Rudkahneh-ye-Suleqanの谷では危険性の高い斜面に多くの人家が集中していること、危険性の高い斜面近傍に導水路トンネルが計画されていること、および石油タンク背面の斜面が危険性が高いことに注意を払う必要がある。市街地では斜面崩壊の危険性は少ない結果となっているが、これは丘陵地の小規模斜面については検討対象としていないため、実際には地震の際に不安定な斜面が出現する可能性がある。市街地の重要構造物の近傍の斜面では、統一的な斜面調査、地盤物性の把握と数値解析をもとにした斜面の安定性の詳細検討を実施し、土地利用規制、斜面防護基準を制定する必要がある。

第5章：各区地震被害リスク想定

第5章 各区地震被害リスク想定

5.1. 地震被害リスク想定手法と結果

これまでの検討の結果、地震被害リスクは想定地震ごとに、地域ごとに、大きく異なることが明らかとなった。ここでは地震動による被害要因として、1) 平均震度、2) 居住用建築物被害率、3) 死者率、さらに社会状況による被害要因として、4) 人口密度、5) 1人あたり空き地率、6) 幅員の狭い道路の率の、計6つの要因をもとに、各区の包括的な地震危険度を検討した。

ここで、地震被害、災害の項目は直接的な地震被害をあらわし、各想定地震ごとに異なるのに対し、社会状況の項目は救援活動、復旧活動の困難さ、震災後の生活条件等をあらわし、地震にかかわらず一定の値となる。

検討の結果はレーダーチャートとしてあらわし、それをもとに各区の地震被害リスクを想定した。それを要約し、図 5.1.1 各区の地震被害リスク要約 (Ray 断層モデル)、表 5.1.1 リスク評価要約表に示した。

レイ断層モデル

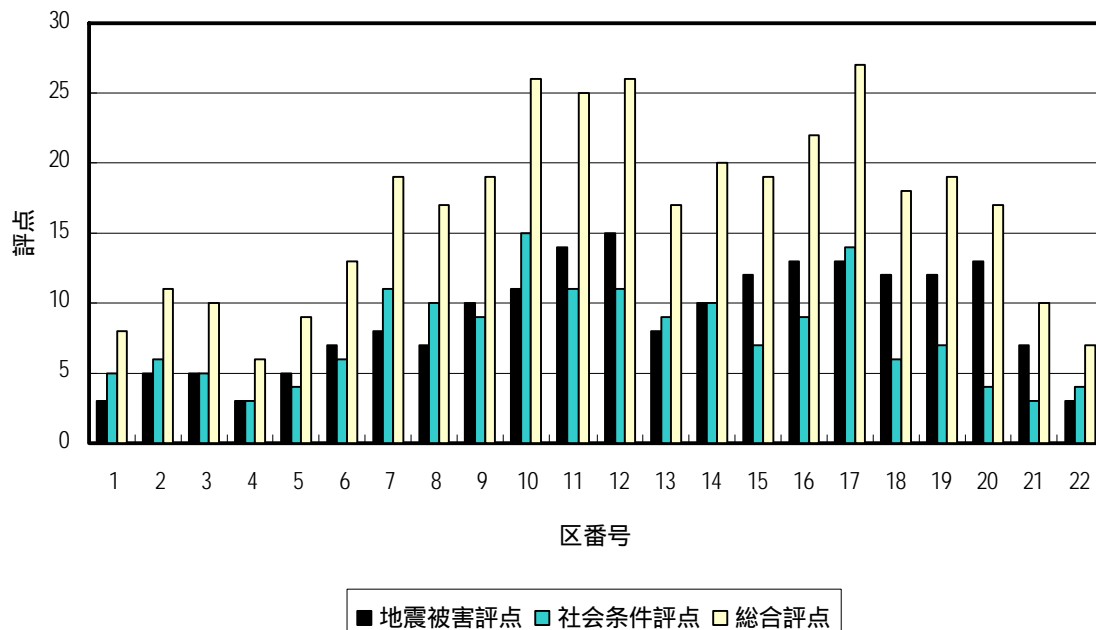


図 5.1.1 各区の地震被害リスク要約 (Ray 断層モデル)

表 5.1.1 リスク評価要約表

地震モデル \ リスク区分	高リスクと評価される区 ⁽¹⁾	中リスク1と評価される区 ⁽²⁾	中リスク2と評価される区 ⁽³⁾	低リスクと評価される区
レイ断層	9, 10, 11, 12, 14, 16, 17	15, 18, 19, 20	7, 8, 13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 21, 22
NTF	-----	1, 3	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17	2, 4, 5, 6, 15, 18, 19, 20, 21, 22
フローティング	10, 11, 12, 16, 17	3,	7, 8, 9, 13, 14	1, 2, 4, 5, 6, 15, 18, 19, 20, 21, 22

Note: ⁽¹⁾ 地震被害項目、社会条件項目の両方が危険度が高いと評価

⁽²⁾ 地震被害項目が危険度が高いと評価

⁽³⁾ 社会条件項目が危険度が高いと評価

この結果から、テヘラン市の各区がどのような地震リスクを持っているかがわかる。これを念頭において将来の開発計画、防災計画を立案してゆく必要がある。ただし、これらはいくまで相対的な評価を表しているのみであることに注意せねばならない。テヘラン市全体の地震リスクが非常に高いこと、そしてたとえ「比較的少ないリスク」と評価された区であっても地震被害の発生する可能性は大きいことを念頭においておく必要がある。

第6章：パイロット調査の実施

第6章 パイロット調査の実施

6.1. パイロット調査地域の選定

テヘラン市全域を調査の結果、Ray 断層活動に伴う地震が最も影響が大きいことが明らかとなった。特に、テヘラン市南部では大きな被害が発生することが予測される。これは、震源に近いことのみならず、建造物が基本的に伝統的な材料である煉瓦、日干し煉瓦、石等と鉄骨、木等の組み合わせより構成されているため地震に対して極めて脆弱であること、人口密度が極めて高いこと等により地震による建物被害および人的被害が大きいことが予測されている。したがって、ここでは調査地域における地震防災上の問題点把握と地震被害を軽減するためにどのような方策を取るべきかを具体的に提言することを目的として 17 区の中にパイロットスタディエリアを設定し、詳細調査を実施した。

6.2. パイロット調査地域の現況

詳細調査地域は 17 区のほぼ中心に位置しており、1996 年センサスゾーン番号 84、85、86、87、88、89、90、91、92、95、96、98、99 の範囲をカバーしている。合計面積は約 70ha、人口 32,239、人口密度 465 人/ha、建物総数 4,843 棟となっている。

自然条件的には詳細調査エリアは、テヘラン市を構成している扇状地の最南端部から沖積地にかけて立地している。地形的には北から南へ緩く傾斜しており、17 区の北部で標高 1,120m、南部で 1,110mとなっている。地盤条件は、良く締った厚い粘土層に細粒砂が混じっており、軟弱地盤は無い。

都市化は 1960 年代から進んできている。市街化する前は基本的には農地であり、テヘラン市への人口集中に伴って宅地転用が進められてきた。住宅開発が中心であるため 2～3 階建ての建物が多く、高層ビルは無い。用途は、市街地道路に面した建物は小規模な店舗あるいは家内工業としての利用が多い。建物構造は、煉瓦、鉄骨、木等の組み合わせが主体であり、地震に対する耐震性が考慮されているとは言い難い。

6.3. パイロット調査地域の地震防災上の問題点

詳細調査の結果、地震防災上の観点から見て調査地域は殆ど無防備と思われ、人的被害軽減を中心として早急に対策を講じることが必要である。以下に、問題点を要約する。

- 1) テヘラン市地震防災計画を早急に策定することが必要である。計画の方針に従って、各区は地震防災対策を講じる事が必要である。救急援助や避難、防災情報伝達や収集等に関するコミュニティの役割を明確にすることも必要である。
- 2) 緊急プロジェクトとして必要なことは学校や病院等、公共施設建物の耐震補強工事を実施することである。パイロット調査地域内には 13 の学校があり、約 4,000 人の生徒が同時に授業を受けているが、校舎の耐震強度は十分では無い。早急に校舎の耐震診断を実施し、必要な補強工事や場合によっては校舎移転も考慮すべきである。区役所や病院施設等、公共施設についても耐震診断を実施し、必要な補強工事が行なわれるべきである。
- 3) 地震時の避難場所を指定しておくことも重要である。調査地域内には小さな公園を除いて適切な避難場所は無い。テヘラン市と区役所が共同で地震時の避難場所

について検討することが必要である。避難路についても安全性を考慮して、指定をしておくことが必要である。これらの情報は適切なルートで住民に知らせておくことが重要である。

- 4) 地震時の緊急対策について区役所としての準備が必要である。地震防災基地としての機能を区役所内に持たせ、食料、水、医薬品、救助用具、発電機等緊急時用の物資を準備しておくことが望まれる。救急医療体勢についても検討が必要である。
- 5) 地震防災のための住民参加と意識向上を図ることが必要である。住民による初期救助は極めて重要であり、適切な住民救助活動があれば人的被害は 25%程度減らせる事が出来るとされている。従って、住民意識向上を含めて、防災への住民参加を推進すべきである。
- 6) 地震災害や防災対策に関する説明資料を準備し住民に配布することも必要である。また、学校教育のなかでも防災教育を図るべきである。
- 7) 住宅の耐震化も十分に検討するべきである。住宅構造が地震に対して十分強ければ問題はないはずであるが、経済的理由から、必ずしも十分な強度を持った住宅が建てられる訳ではない。建築基準が常に守られることもない。都市は必然的に、地震災害に対して脆弱な構造を抱えることになる。大都市の面的再開発には合意形成までに長期の時間が必要であり、耐震性の高い都市構造への転換にはテヘラン市を中心として中・長期的観点から計画推進を図ることが必要である。
- 8) 都市再開発に関連して、制度的側面、特に税制、低利住宅融資制度、容積率緩和等各種の制度を柔軟に適用できるシステムが防災都市構築のための一つの方法として検討されるべきである。

第7章：テヘラン首都圏都市防災計画策定への提言

第7章 テヘラン首都圏都市防災計画策定への提言

イランでは、多様な自然災害による被害を緩和・減少することが大きな国家的課題とされる一方、具体的な都市・地域防災計画の策定が遅れてきた。

大規模な都市地震災害の想定されるテヘラン都市圏では、地震災害の各段階における適切な防災措置を講じるための総合的な都市防災計画の策定が緊急の課題とされると共に、ひいては全国各地域・都市における防災計画策定のモデルとなることが期待される。

当提言では、以下のような地震発生各段階に対応した計画策定の必要性と留意点を取りまとめると共に、これら各計画の具体化において求められる法制・体制・財政的な措置についても提案する。

- 地震発生前：被害の緩和・減少策を講じるための計画
- 震災直後：緊急対策を講じるための計画
- 震災後：震災復興のための計画

7.1. 法制的措置に関する提言

イラン国では、自然防災に関する法制化が遅れ、災害発生の事前・事後における関連機関や官民の役割分担や体制づくりが十全といえない状況にある。法制度整備の遅れは、災害発生以前に必要とされる十全な防災措置がカバーされない、災害時に相互調整が取れておらず非効率な緊急活動となる等、総合的かつ整合のとれた防災対策に実施が困難な状況を生んでいる。

これらの問題点も、都市・地域の防災計画の策定による適切かつ総合的な防災対策が明確に把握できないことに起因すると見られる。

これらの問題点を踏まえ、テヘラン都市圏の総合的な都市防災計画の策定を急ぐと共に、自然防災措置の法制化による整合の取れた適切な実施が期待される。

7.1.1. 自然防災関連の法制化の経緯

イランにおける自然防災関連の法制度としては、1958年の the Civil Defense Organization 設置法が最初で、1969年には the Flood Mitigation and Reconstruction Law が法制化された。1978年のイスラム革命以後、the Civil Defense Organization が the Basij Mostaz' afin (the revolutionary people' s union)に発展的に組みかえられた。

その後、マンジール地震と1990年代「国際自然災害軽減期」の国連採択を契機に、国家自然災害軽減委員会(National Committee for Natural Disaster Reduction: NCNDR)の設置法が1991年にイスラム指導者会議において承認され、自然防災関連法の新たな法制化の第一歩がしるされ、自然防災方針に関する関連省庁調整と決定機能が整備された。一方、自然防災措置の実施機能を担う国・県・市の各行政単位に設けられている自然災害対策本部は、未だ法制化されていない。

7.1.2. 国家自然災害軽減委員会(NCNDR)：防災方針の決定組織

NCNDR は、以下のような組織で構成されている。

内務大臣を委員長に、関連省庁の大臣・長官より構成される意志決定のための本委員会、内務副大臣を委員長として、案件の準備・調整機能を担う、調整委員会(Coordination Committee)、関連省庁の大臣を委員長とする、具体的な防災方針や計画を検討するための 9 つの専門部会(Specialized Sub-Committee)、各県知事の基に県部会(Provincial Committee)が設置されている。

自然防災方針の決定に伴って必要となる予算措置は、Plan and Budget Organization が担当することとなっている。

NCNDR における主要な決定事項としては、以下のようなものが上げられる。

- 河川・海峡における砂利採取に関する基準
- 海岸・河岸域における土地利用・開発規準
- 洪水被害に関する補償
- NDR 局長に関するガイドライン
- 建築基準法 under the Standard No. 2800,
- 耐震設計基準
- 市役所及び関連機関による建築基準法適用のための指導要綱

7.2. 組織体制に関する提言

イランにおける自然防災組織は、自然防災対策方針を検討・決定するための NCNDR と設定された防災措置を実施する為の自然災害対策本部(National Disaster Task Force: NDTF)の 2 組織より構成されている。これらの 2 組織は、基本的な役割分担が明確に区分され、機能的かつ連携の取れた構造となっている。

一方、具体的な両組織内部の構造は、各々の内部及び両組織間の役割分担や組織の構成において、以下のような問題点が上げられ、これらの改善が提案される。

7.2.1. NCNDR と NDTF の役割の明確化

現在の組織は、NCNDR の自然防災方針決定機能、緊急活動期及び震災後の復興期における NDTF による自然災害対策の実施というような機能分担の傾向にあるが、平時・緊急期・復興期の各期を通して、NCNDR が方針を設定し、その方針に基づいて NDTF が対策を実施できるよう、各期における各々の機能を明確にする必要がある。

7.2.2. 適切な組織・体制

現在の体制を適切に機能させるためには、以下のような問題点・課題に対する改善策が提案できる。

(1) NCNDR の関連省庁調整機能に適した体制

NCNDR は、自然災害防止方針の検討・決定が基本的役割とされ、関連省庁の大臣・長官で構成される委員会における相互間調整において方針が決定されている。これらの機能を適切かつ円滑に実施するには、現在の内務大臣を委員長とする組織を強化する必要があると理解される。

強化策としては、新たに大統領を委員長に、内務大臣を副委員長として、内務省内に事務局を設置し、既存の組織を活用する案が提案される。

(2) NCNDR と NDTF 組織間整合

NCNDR には、各県単位に知事を委員長とする県委員会が設置されており、NDTF の下部組織として各県に知事を本部長とする災害対策本部が設置されており、双方の役割が重複していると理解される。

NCNDR は、国家レベルの自然災害対策方針を決定する為の組織であり、県単位の委員会の役割とされる各地域の意向や特性の反映は、各県の DTF 及びその下に設置されている防災対策部会と緊急活動部会の活動で十分にカバーされ得るとみられ、これらの観点より、NCNDR の県委員会の役割を、県 DTF が担う事が提案される。

7.2.3. テヘラン都市圏の都市防災体制整備に関する提案

6 百万人をこえる大都市であり、多様な首都機能を担っているテヘラン市における震災は、大規模な人的被害(40 万人)や住宅被害(50 万棟倒壊)、都市基盤・ライフライン被害にとどまらず、首都機能への甚大な被害・機能低下・停止が想定され、イラン国全体への大きな影響が危惧される。

以上のような、未曾有の大都市震災に対応するため、以下のような首都テヘランにおける防災組織の整備が提案される。

(1) 市 DTF 組織の位置付け

行政的なテヘラン市の位置付けは、テヘラン県の下に位置しており、NDTF 内部におけるレベルとしては、District レベルの DTF に位置付けられる。しかしながら、テヘラン市の人口・社会集積規模や機能に配慮し、県と同等レベルとすることが、提案される。

同様に、テヘラン市の 22 区は、NDTF 内部の位置付けでは Sub-district レベルに位置付けられるが、District レベルの DTF とすることが提案される。

現在、各区の中に設けられている道路・公園等の維持・管理機能を担っている Sub-district 単位を、NDTF における Sub-District DTF として組織化し、上記の行政組織による DTF と以下に提案するコミュニティーレベルの DTF との連携を図る事が、提案される。(図 7.2.1 参照)

(2) コミュニティーレベルの自主防災組織の整備

想定されるレイ断層地震による被害は、市内全域に広がると共に中心地区や南部においては壊滅的な建物倒壊の発生が推計されており、倒壊建物による 40 万人近い人的被害や小規模な火災の発生が想定されている。

このような広範かつ大規模な震災への対応は、市民の防災意識の向上と訓練による被害発生軽減・緩和が不可欠でありと同時に、震災時における適切かつ迅速な救助や初期消火、非難等の緊急活動による被害の拡大や二次災害の防止が肝要とされており、街区や日常生活圏単位での自主防災組織の形成と関連施設の整備が提案される。

特に、想定される 40 万人の人的被害の内、10 万人の救助が可能と推計され、これらの救助の可能性は 3 時間以内に行なわれるコミュニティー内での救助活動に 6 割が依存する事になる。

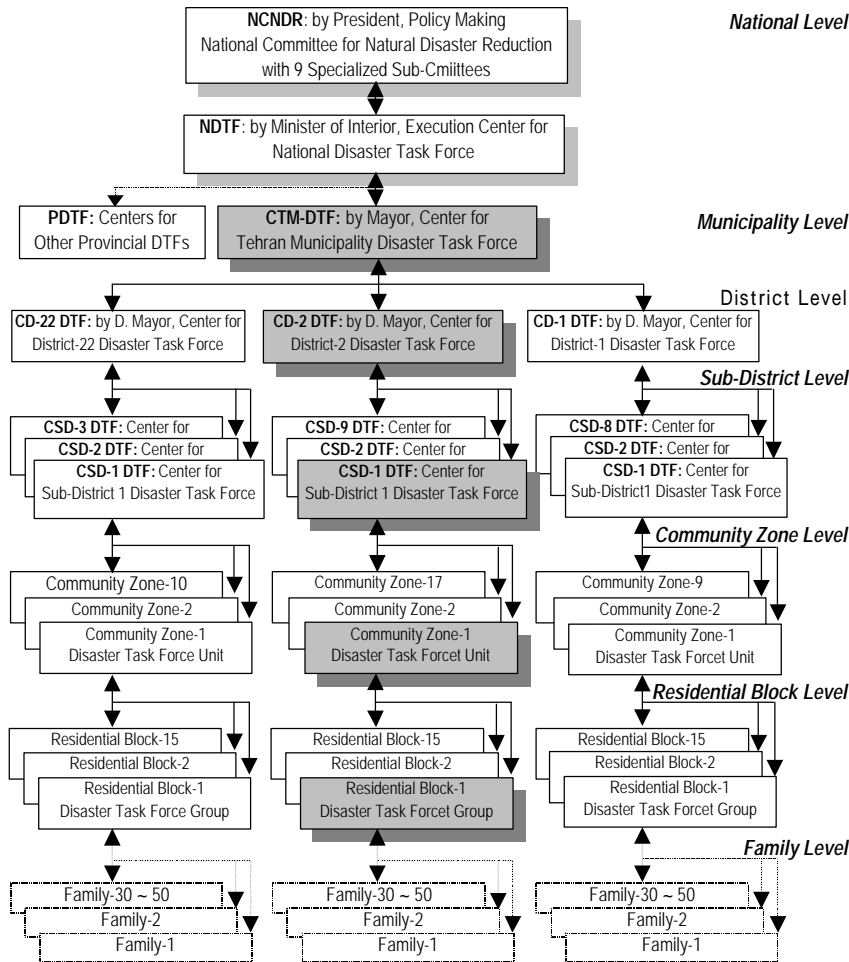


図 7.2.1 組織構成提案

出所：JICA 調査団

a. 自主防災組織

人口 2,100 人・470 軒程度の小学校区又はセンサスゾーン（500～800m の徒歩圏）を一次避難圏とし、これらの地区単位でコミュニティーゾーン自主防災組織を形成する事が提案される。

自主防災組織は、正副部長のもとに情報・消火・救助・救急・避難誘導・炊き出しの 6 班を形成する。

震災前の活動:

1)一次避難・集合場所の調整・確保(0.5 sq.m./resident),

2)定例防災訓練:

本部の設置、被害・非難情報の収集・整理・報告、保管緊急物資のチェック、避難誘導、救助・救急訓練、初期消火訓練、震災時の適切な行動、炊き出し訓練等

3)家庭内防災活動の振興

非常持出・食品のストック、ガス・火の元等の安全確認、身体障害者の避難準備、戸締まり確認等

緊急活動:

1)避難者、救助を要する被災者、建物被害、火災、道路被害等の収集と整理

2)被害状況報告と緊急活動応援要請

3)避難場所の各街区避難者への割り振り

4)自主救助・救急班の組織と配置（救助・救急を要する被災者情報をもとに）

5)自主消火班の組織と配置（火災情報をもとに）

6)炊き出し班の組織と避難場所への配置

7.3. 財政的措置に関する提言

現在、中長期的な自然防災的観点から財源が確保されているのは、公共施設・インフラの復興基金(約7千億リアル:US\$ 85 million)と民間の住宅・建物復興基金(5.5千億リアル:US\$ 67 million)がある。その他の自然防災施策については、国家5ヵ年計画のもとに各年度予算から配分されている。

自然防災のための震災前・緊急期・復興期の諸施策には、それらの施策を位置付ける法制的な措置と同時に、中・長期的な観点にもとづく各々の施策の実施をサポートするための、以下のような財政的な措置が必要不可欠とされる。

自然防災措置に関する財政的な措置につき、財源、実施機関、配分のための基準・原則を、明確に既定する事が提案される。

大規模な地震被害の想定されるテヘランでは、50万棟の住宅倒壊や各種公共施設・インフラ被害の復興施策に既存基金の数100倍の資金が必要となることが推定される。一方、テヘランでは、これらの物的被害に伴い40万人の人的被害が想定されており、震災の発生以前に強度に問題のある公共・民間の建物やインフラの補強・耐震性改善措置を講じることで、物的な被害の軽減と同時に、人的な被害の軽減を図る事が提案される。

- 強度に問題のある学校の補強・改築事業
- 市内の DTF 拠点となる公共施設の補強・改築事業(市役所・区役所・警察・交通警察・消防署・医療施設等)
- その他公共施設の補強・改築事業

- 緊急・啓開道路や避難路網に関連する仮設橋の補強・架け替え事業、強度に問題のある橋梁の補強事業
- 緊急・啓開道路や避難路の拡幅・改良事業
- DTF 関連施設間の緊急通信施設の整備、
- 市・区・Sub-districts の DTF センター施設整備
- 一次集合場所、避難場所等の用地の確保・施設整備
- 緊急物資の集積・配送拠点(市内に数ヶ所)、区及び Sub-district の備蓄施設、各避難所における備蓄施設の整備
- 天然ガス供給管路網の安全対策（既存の手動バルブを自動安全バルブにかえる）施設整備
- その他ライフラインの安全対策
- 民間建物に対する耐震性改善金融政策(低利ローン等)
- 地震に強い都市構造改善のための都市再開発事業
- 緊急車両活動困難地域、高密・老朽建物地区等、都市防災計画において指定する

7.4. テヘラン市地震防災計画策定に関する提言

イラン国では、防災計画に関連する各種調査が行なわれてきたが、未だ地域や都市の防災計画が策定されておらず、1999 年末に NCNDR よりテヘラン市に防災計画の策定が、全国に先駆けて指示されたばかりである。

テヘラン市では、過去の自然災害履歴より、地震と地滑りの危険性が高く、これら想定される自然災害に伴う被害を軽減・緩和するための防災策、被災時の適切かつ円滑な緊急活動の実施策、災害復興のための素案の準備等、震災の発生前、震災後の緊急期と復興期に対応した適切な施策を講じるため、総合的な都市地震防災計画の策定が緊急の課題として提案される。

しかし、本調査によって提言された総合的な都市地震防災計画を策定するためには適切な実施機関／体制が必要である。本調査のカウンターパートである CEST は基本的にテヘラン市に所属する地震研究機関であって、防災計画を策定するには十分な体制を有していない。地震防災計画策定は自治体としてのテヘラン市にとって当面する重要課題であることから、都市計画機関や防災機関を含めた実効性の高い実施体制が設立されるべきである。

7.4.1. 都市防災計画策定の対象・範囲

総合都市防災計画においては、本件調査におけるマイクロゾーニングの結果を反映しつつ、以下の範囲を十全にカバーする必要がある。

- 1) 方針と目的
- 2) 被害想定結果を受けてのハザード・マップの作成
- 3) 震災前の防災措置
- 4) 震災時の緊急活動
- 5) 震災後の復旧・復興措置

7.4.2. 方針と目的

以下の事項を、明確する必要がある。

- 1) 都市防災計画策定の目的
- 2) 計画の位置付け
- 3) 計画の見直しと時期
- 4) 計画の周知徹底と対象
- 5) 計画実施のための習熟方策

7.4.3. 震災前の防災計画策定に関する提言

当計画には、以下のような分野の計画を含む必要がある。

(1) 地盤に関連する災害防止計画

当計画では、テヘラン市の地盤条件から液状化や軟弱地盤による災害の危険性が低く、市北部に位置するアルボルス山脈際の急傾斜地の地滑り防止計画への配慮を要する。

(2) 防火計画

日本と比較すると建物の不燃性が高く大規模火災発生の危険性は低いですが、市民・事業所の防火意識の向上策と初期消火対策を中心に、延焼対策に対する計画策定の必要性が上げられる。

また、危険物施設の管理体制や安全対策等に関する行政システムの導入が肝要である。

(3) 避難計画と施設整備

防災体制で提案したコミュニティーベースの自主防災組織に対応した、避難地域のゾーニングと一次集合場所や避難場所、避難路網等の施設整備により、市民の安全と二次災害発生の防止が必要とされる。

テヘラン市の現状は、避難場所として期待される小・中学校の施設整備規準が低く、校舎の不足や耐震性に問題があるだけでなく校庭も狭く、避難場所としての利用が難しい。また、公園・緑地の分布も中心地区や南部では規模が小さい上に少なく、今後、必要な避難場所を、多目的オープンスペースとしての整備・確保することが提案される。

また、1960年以前に開発された中心市街地や南部の区では、避難場所を結ぶ十分な幅員を持った道路が少なく、避難路の整備(拡幅)も必要とされる。

住宅倒壊による、市民の難民化が2~3百万人に相当すると見られ、これらの家族用の仮設住宅やテント村の整備需要も、20平方キロを超えると想定され、都市開発マスタープランとの調整の基に、用地を想定しておく必要がある。

(4) 建物被害の防止計画

レイ断層地震では、市内90万棟の建物の過半(55%)が倒壊すると想定されており、これら住宅倒壊の二次災害として人的被害も40万人と想定され、市内建物の耐震性改善・向上を図ることが肝要とされる。

これらの計画では、既存建築基準法の適切な運用・適用が不可欠とされるだけでなく、公共施設だけでなく既存住宅の補強や建て替えのための財政・金融的な助成策の検討が提案される。

また、高密度に利用されている住宅地では、建物の倒壊だけでなくブロック・煉瓦塀の倒壊や看板・外壁・出窓等の落下による、道路・避難路の交通の阻害や歩行者の二次災害の要因となる危険性が高く、生垣の振興策や建物の壁面後退等に関する新たな施策が提案される。

(5) 都市基盤・ライフライン防災計画

電話・電気等、地下埋設化の進んでいる施設の被害率は比較的低いですが、上水・天然ガス等の管路網の被害率が高いものと想定される。

特に、天然ガスパイプラインに付いては、二次災害の危険性が高く、現在の手動バルブ方式による安全対策の抜本的な改善が大きな課題として上げられる。また、給水施設についても、被災時の市民や避難者の生活に不可欠であり、非常用水源として期待される地下埋設上水貯留施設の耐震性向上策の導入が課題となる。

(6) 交通施設の防災計画

道路・橋梁・鉄道・空港等の交通施設の防災は、各施設のデータベースを構築すると共に、専門家による耐震性診断を実施し、補強・強化策を立てる必要がある。整備の優先順位は緊急道路網等、各施設の重要性・緊急性等の視点より検討することが提案できる。

(7) 都市防災建築物／インフラ構造向上計画

壊滅的な被害が想定される地区では、公共・民間の各建物強化だけでなく、適切な公共施設・空間の確保を含めた再開発事業の導入が提案される。

(8) 都市防災体制強化計画

組織体制で提案したように、行政側だけでなく地域・地区のコミュニティーを含めた、段階的・構造的な防災組織の構築が提案される。

(9) 防災意識の普及と啓発のためのガイドラインとマニュアルの作成

現在のレッドクレストを中心とした活動だけでなく、新たな防災組織全体で取り組む、市民・事業所を対象とする防災知識の普及と意識の啓発活動展開のための、ガイドラインとマニュアルの作成が必要とされる。

(10) 調査・研究計画

市の防災センターに研究施設を設け、地震や断層の調査・情報収集・研究を進め、防災計画の検討にインプットする必要がある。将来は、地震計ネットワークとの連携の基に、地震被害のシュミレーションシステムを構築し、迅速な緊急活動実施に資する。

7.4.4. 被災時の応急対策を要する計画分野

(1) 市のDTF組織計画

市の段階的・構造的な DTF の組織化に加え、市役所従業者の緊急時における役割・配置の有り方を事前に計画しておく。

(2) 消防活動計画

地震に伴う火災や爆発発生時に、DTF 経路や TV モニター、ヘリコプターの活用や危険物施設等からの適切な火災情報の収集計画をたてる。また、震災時に広範囲に発生が予測される多数の小規模火災に対応できる要員配置計画を立てると共に、コミュニティーDTF の消火班の適切な活動計画、消火の優先順位の有り方、消火用水確保等の計画をたてる。

(3) 避難計画

市民の安全を確保するための避難活動を適切かつ円滑に進めるため、市 DTF の避難命令・勧告を基に、あらかじめ決められ訓練した段取りで避難誘導するための計画をたてる。

(4) 緊急道路網の機能の維持と啓開計画

前もって指定する緊急活動路等の道路網の機能を維持するため、走行車線上の落下物や障害物を除去するための計画や一般車両の流入を規制する計画が必要とされる。

道路の警戒機能は、市の道路整備機関が担当することが想定され、これら機関の作業内容・範囲等を含めた警戒計画と策定と交通警察による交通規制・誘導計画、ラジオ・テレビなどによる広報計画の策定が提案される。

(5) 緊急救助活動計画

現在では、レッドクレストが中心となって救助活動を行う事になっているが、過去の震災においては、消防署などの救助活動との連携が取れておらず、円滑かつ効果的な救助活動の実施が困難であった。

大都市テヘランでの震災においては、救助を要する被災者が市全域に広がり、かつ大量であることが想定されており、地元の各コミュニティーによる自主救助班の活動に対する期待も大きく、関連機関による戦略的な救助活動を要する地区とコミュニティーベースでの救助活動で対応する地区など、各 DTF 機関ごとに、震災後の各期における役割分担と範囲を計画する必要がある。また、人的被害情報のテレビやラジオによる広報計画も求められる。

(6) 医療・救護活動計画

テヘランにおける震災では、40 万人の死亡者想定をはるかに上回る負傷者の発生が想定されると共に、既存医療施設の建物倒壊率も高く、抜本的な救護・医療体制の整備が大きな課題と理解される。

本計画では、負傷者だけでなく助産のための計画を含め、応急手当のための救護体制から医療機関への送致、治療に至る、各段階の体制・要員・医薬品・器具の調達を含む対策を計画する必要がある。

(7) 緊急給水計画

既設市上水供給施設は、3,900ヶ所で被害・寸断されると想定され、広範囲で断水する事が想定される。各避難所には、非常用飲料水の貯留施設の整備が求められると同時に、各給水区ごとに整備されている既設地下貯水槽の耐震性を確保すれば、市民の緊急用飲料水の確保は可能と想定され、これら施設の整備事業も必要となる。

(8) 緊急食料供給計画

テヘラン市では、過半の住宅が倒壊するだけでなく、食料や日常生活物資の流通機能も大きな被害を受け機能しないと想定され、避難者だけでなく市民に対する非常用食品の供給が不可欠となる。

非常食の供給体制は、震災の直後のコミュニティ内での備蓄食料の供給から始め、市内、全国、海外からの供給に対する受入れ・配送体制を含め、各期ごとの供給体制とそれに必要な施設整備を含めて計画する必要がある。

(9) その他の緊急物資供給計画

衣料、寝具や日常生活で必要となる物資の供給についても、食料と同様の供給計画が必要とされる。

(10) 防疫・清掃・保健衛生計画

震災に伴い、市内の衛生環境が悪化し、疫病や食中毒の発生が危惧される。このような環境悪化を防ぐため、市内の清掃や倒壊施設の除去、家畜やペットの死体の処理、食品衛生の管理・監視、防疫対策等のための計画が必要とされる。

(11) 死体の捜索・安置所と墓地整備・埋葬計画

テヘランでは、震災に伴い10万人が救出活動で救出されたとしても、30万人の死亡者の発生が想定される。このような大量の死亡者の瞬間的な発生は、平時において経験が無く、死体安置所や棺桶の調達、墓地の確保(市南部の既存大規模墓地周辺と想定される)、埋葬計画が市及び各区ごとに必要と見られる。

(12) 教育機能回復対策計画

過半の学校が、校舎倒壊の被害を受け、一部の学校は地区住民の避難施設として利用され、教職員の一部は怪我・死亡など人的被害を受ける等、震災後の教育機能の回復は、非常に難しい状況になると想定される。

校舎のリハビリや仮設校舎の設置、教職要員の確保等の方策を計画しておく必要がある。

(13) 災害見舞い金贈呈計画

被災者・避難家族に対する見舞い金の支給について、計画を立てる。

(14) 国内外からの義援金受入計画

震災被害の国内外への広報を機に、義援金が送られる事となり、受入のための体制を整える必要があると共に、これらの広報活動計画が必要となる。

7.4.5. 災害復旧・復興計画への提言

本計画では、被災した公共施設やインフラの復旧だけでなく、都市の防災機能の向上を目指した復興が大きな課題とされ、以下のような各分野の復旧・復興計画の策定が求められる。

- 道路・交通施設、都市基盤施設(インフラ)、公共・公益施設等、物的施設の再建
- 住宅・事業所等の民間施設の再建助成措置
- 都市の社会・経済活動活性化・安定のための、税制・財政優遇策や復興物資の流通助成策が必要とされる

7.5. アクション・プランとプログラム策定に関する提言

上記の総合的都市防災計画で作成される中・長期のプロジェクト・プログラムの中から、5 ヶ年で実施すべき事業とプログラムを選定し、段階的・計画的な都市防災性の向上を推進する事が必要とされる。

アクションプラン・プログラムの策定に際しては、想定される地震被害額の推計と防災策実施に伴う事業費との相関、国家 5 ヶ年計画における財源確保の可能性等の観点より、整備効果が高く財源の範囲内で実施可能なプロジェクト・プログラムのパッケージを選定し、詳細な実施計画を策定することが提案される。

第 8 章：構造設計上の提言

第8章 構造設計上の提言

この章では、テヘラン市内の構造物が有する問題点、および構造物設計上の問題点について述べる。また、構造上の視点から地震防災計画に反映すべき対策の案を示す。章の構成は、時間の経過と都市構造の変化を意識して「緊急対策」と「長期的対策」に分けられている。

危険が認識された時点から 5 年以内に対策を打つことが出来なければプロジェクトは風化して、実効性を持たないと云うことが出来る。この報告書では、5 年以内に具体的に着手すべき対策を緊急対策と呼び、それ以上の期間を必要とする施策を長期的対策と呼ぶこととする。

8.1. 構造基準と構造に関する改良対策

将来に、より確かな知見が得られるなら、このプロジェクトで想定している地震シナリオは改訂されるべきである。改訂にあたって重要事項は次の通りである。

- 建物および都市施設データベースの確立
- 近隣地域の震災経験から得られる新しい知見
- 耐震性評価手法の補正あるいは改良

また、耐震基準や補強対策の方法については、以下の事項を反映しながら定期的に見直されるべきである。

- 都市の発達と構造の変化
- 社会-経済上の発展(投資能力の向上)
- 建設技術の向上および練度の向上
- 新しい耐震技術の提供
- 地震シナリオの改訂

8.1.1. 耐震設計基準に関する提言

メインレポートでは、イランの耐震設計基準およびテヘランの建設事情を調査した結果を基に提言を掲げている。

- 設計地震動
- 載荷実験による構造部材特性の把握と設計法への反映
- 建物固有周期測定結果の知見の設計法への反映

8.1.2. 構造詳細に関する提言

(1) 公共建築物および一般住家

- 柱-梁継ぎ手施工の見直し
- 鉄骨フレ-ム+レンガ壁構造の水平方向耐力不足

提言：

鋼製柱-梁構造の力学特性を把握するために載荷試験が有効である。鉄骨フレ-ム+レンガ壁による構造はこの地域に特有の構造詳細を持つものであるから、外国の載荷試験結果を参照するだけでは十分な知見が得られない。この件についてはイランの公的な機関による試験が必要である。

試験の結果が十分な耐力を保証しない場合には、改良案の立案あるいは技術的改革案を策定する必要がある。

(2) 橋梁

テヘラン市内の橋梁は概ね良好な設計/施工がなされているが、以下の点に問題がある：

1) 支承-上部構造の結合条件が曖昧である。

テヘランでは、殆どの支承がネオプレン製である。上部構造の橋軸方向の挙動にはあまり多くの注意が払われて居らず、固定支承と可動支承の区別のないものが多い。

阪神淡路大震災をはじめ、日本国内の震害例では、支承の固定条件が損なわれることに起因すると考えられる落橋事例が数多く報告されている。

2) 橋軸方向挙動を意識した落橋防止構造の配慮がない

3) 橋脚柱のせん断破壊に対する耐力が不足している

提言：

上記 1) 2)の問題を改善するためには、落橋防止システムを導入することが有効である。

例えば道路橋示方書 耐震設計編では、桁掛かり長さおよび桁間連結をもって落橋防止システムを構成することを奨めている。

3)の問題点については鋼板巻き立てが有効である。

8.1.3. 耐震性評価手法の補正

今回の震害予測結果では特に建物の被害が深刻である。被害予測の総数としては妥当と考えられるが、個別の建物に着目すると、次の問題点を残している。：

- センサデータからは品質の良い少数の建物を分離把握することが出来ない。そこで、数の多い構造形式に重点を置いて被害関数を作成した。したがって、品質の良い少数の建物を十分にカバーしていない。

- 今回の調査では、マンジール地震の被害から求められた被害関数がイランの建物の標準的な耐震性を代表していると仮定しているが、さらに多くの震害事例からの知見を網羅すべきである。
- マンジール地震の被災地では数が少なかったが、現在テヘランでは増えつつある建築形式がある筈である。

これらの問題点を解決するには、相当の期間に渉る研究と調査が必要である。具体的な作業は次の通りである。:

- 個々の建物の耐震診断を行って I_s 値を算出し、そのデータを蓄積する必要がある。また、地域内建物の I_s 値の頻度分布図を作成すべきである。
- 実際の地震被害における地表地震動と建物被害率の関係を調査し、上記 I_s 値の頻度分布から誘導される予測被害と比較する。

両者に差がある場合には、確率論的な手法による補正を行う。

建築の被害関数についての確率論的アプローチは、“添付資料篇”に詳しく述べている。

今後、上記の作業によって被害関数の精度向上の努力を続けることが望まれる。

8.2. 緊急対策

緊急対策がどの程度急ぐべき事柄であるかについて考えると、次に述べる2通りの対策が考えられる。:

- 被害分析の章で述べたように、現在のテヘラン市域に予測される地震被害は非常に重大な様相を呈している。更に、テヘラン市域は現在でも成長期にあって、構造物の数は非常な勢いで増加している。したがって、考え得る全ての対策は直ぐに着手されなければならない。
- 今回の地震被害評価の前提条件となったシナリオ地震として設定した震源に発生する大地震の再現期間は未だ明らかで無い。したがって、前提条件を明らかにした上で今後の対応スケジュールを建てるべきである。

上記2通りの対策のいずれを選択すべきかを考える上で、日本における阪神淡路大震災以後の対応が非常に参考になる。

1995年阪神淡路大震災によって重大な被害を被った都市は神戸であって、日本の首都ではない。しかしながら、地震の発生原因である断層の条件は首都東京においても大きな差が無いことを考えて、耐震基準の改訂が行われている。更に、1995年から2000年にかけて、東京都内の構造物に対して、根本的な点検が行われ、耐震基準を満足しない構造物は補強された。

8.2.1. 建て替えか補強か

現在までにテヘラン市域の建物を建設するために要した資本の大きさを考えるならば、問題のある建物の全てを建て替えることは不可能である。したがって、建て替えるのは出来る限り少ない範囲に絞り込み、しかも、着手優先順位を決めることが重要である。この点に関して考えられる事項を以下に掲げる。:

- 個々の公的施設について、地震後の救援と復旧活動にとっての重要度を設定する
- 個々の公的施設について、組織的に、しかも統一された規格にしたがって耐震診断を実施し、着手順位を決める。

8.2.2. 耐震補強

既に存在する建造物の基本的骨組みを取り替えないで、新たな材料を付け加えることによって、建造物の耐震性を向上させるのが補強である。建て替えに較べて、次の点で利点がある場合にのみ採用されるべきものである：

- 材料および施工費用を最小限に絞ることができる
- 施工期間を最小限に絞ることができる

補強前の耐力震度と補強後の耐力震度を明確にすることが重要である。また、耐震補強によって建造物の耐震性は向上するものの、負担可能な費用では最新の耐震基準を完全に満足するレベルには達しない場合がある。このレベルを良しとするか否かの判断が必要とされる。

(1) 公共建築および一般住家

耐震補強の事例を下記の項目について示した：

- ブレ - ス付加
- 壁補強
- 鋼板巻立て / ファイバ - 巻立て
- 制震ブレ - ス

(2) 橋梁

今回の評価では橋梁の被害件数はそれ程多くない。したがって、拙速に陥ることなく着実なペースを守って補強計画を進めることが望まれる。詳細報告書では、下記の項目について耐震補強の事例を示している。

- 落橋防止構造
- 鋼板巻立て

第9章：

地震活動の詳細調査と活断層の活動性評価に対する提言

第9章 地震活動の詳細調査と活断層の活動性評価に対する提言

9.1. 調査手法

地震防災計画を立案する上で、想定地震の発生時期を把握しておくことは重要である。

この調査では、シナリオ地震の設定に決定論的手法を採用して地震被害を想定した。過去の地震活動とくに再来周期や最も最近の地震活動の状況に関する情報はほとんど無いのが実情であり、想定した地震がいつ発生するかを予測することは困難である。震源断層を調査し、それぞれのモデル地震の発生可能性時期を予測することが緊急の課題である。調査内容を表 9.1.1 に示した。

表 9.1.1 地震活動の詳細調査と活断層の活動性評価の内容

調査・評価項目	調査・評価内容	手法
活断層の三次元な位置	長さ	<ul style="list-style-type: none"> 航空写真判読 地表地質踏査
	傾き	<ul style="list-style-type: none"> 反射法弾性波探査 地震計ネットワークを活用した微小地震観測
地震規模	1回の活動によるすべり量	<ul style="list-style-type: none"> トレンチ掘削調査 深部ボーリング調査
	セグメンテーション	<ul style="list-style-type: none"> 資料文献調査 トレンチ掘削調査 深部ボーリング調査
過去の再来周期と次回の活動時期	最終の活断層活動時期とさらにその前の活断層活動時期	<ul style="list-style-type: none"> 資料文献調査 トレンチ掘削調査 深部ボーリング調査

想定地震断層の特徴は次のとおりである。

南レイ断層、北レイ断層

最近の地震活動は 855 年とされており、以来 1000 年以上大きな地震が発生していない。本調査の結果、この断層の活動はテヘラン市に最大規模の被害を与えることが明らかとなった。そのため、本断層の調査はきわめて重要である。

北テヘラン断層

北テヘラン断層は歴史地震記録からはその活動が全くつかめていない。本調査の結果、この断層の活動は、想定地震の中では 2 番目に大きな被害をテヘラン市に与えることが明らかとなった。そのため、本断層の調査はきわめて重要である。

Mosha 断層

Mosha 断層は過去に繰り返し活動しており、大きな地震が発生している。最近の地震活動は 1830 年である。この断層はいくつかのセグメントに分割されており、各セグメントの位置と活動周期を知ることが重要である。