

## 2-1-2 地質・地盤

### (1) 地質性状と分布

テヘラン市周辺の表層地質は、図2-1-2に示すとおりである。

テヘラン市を中心とする大テヘラン圏は、地質的に第四紀層沖積層が大半を閉め、新生代、第三紀始新世などが他に分布している。地質性状と分布状況は、その特徴から北部、中央部、南部、東部、西部の5つの地域に分類される。

各地域については次のとおりである。

#### (a) 北部

Alborz 山脈に隣接する北部地域は、地質の変成の繰り返しや褶曲運動そして北テヘランスラストによって様々な地質の変化が見られる。多くは第四紀層の旧段丘であるが、砂と粘土の互層による礫岩質（上層が鮮新世で下層が更新世の層）で形成されている。これらの個所は扇状地や台地からなっており、一部耕作も行われている。最北部は Dacitic to andesitic 溶岩流と tuff breccia から形成されている。

#### (b) 中央部

中央部はテヘラン市の中心部にあたり、地質の構成は第四紀層の旧段丘から形成されている。この旧段丘の下層には堆積層厚がさほど厚くない砂と粘土の互層による礫岩質で形成されている。

#### (c) 南部

南部地域は第四紀層の比較的新しい段丘から形成されている。旧市街 Rey は活断層が盛んな地区であり、古生代カンブリア紀の Dolomite with intercalation of micaceous 頁岩や中世代中期の厚く堆積した巨大な dolomites と dolomitic の石灰岩あるいは白亜紀後半の明灰色をした層厚が厚い石灰岩の基盤が所々発生している。

#### (d) 東部

東部の地質は、第四紀層の旧段丘から形成されている。また、部分的に白亜紀後半の明灰色をした層厚が厚い石灰岩の基盤が所々発生している。

#### (e) 西部

西部地区の地質構成は、ほとんどが第四紀の旧段丘から形成されている。特に、Karaj 川からの北部山岳から多くの土砂が流入し堆積しており、部分的に新しい段丘となっている。

### (2) 地質断面図

テヘラン市北部から Tuchal 山のあるアルボルズ山脈に向かって地質構造に関する既存資料に地質断面図があり、図2-1-3にこれを示す。

### (3) 断層の特徴

テヘラン市周辺の断層図を図2-1-4に示す。

テヘラン市北側とアルボルズ山脈を切断する形で北テヘラン断層が西から東へ横断している。この長さは約80 kmあり、これまでも何回か動いた実績があり、直接的にテヘラン市に影響を及ぼす断層であるとCESTは見ている。この付近には5~10階建ての高層住宅が建設中であり、また多くの一戸建て住宅が建てられて住民も居住している。さ

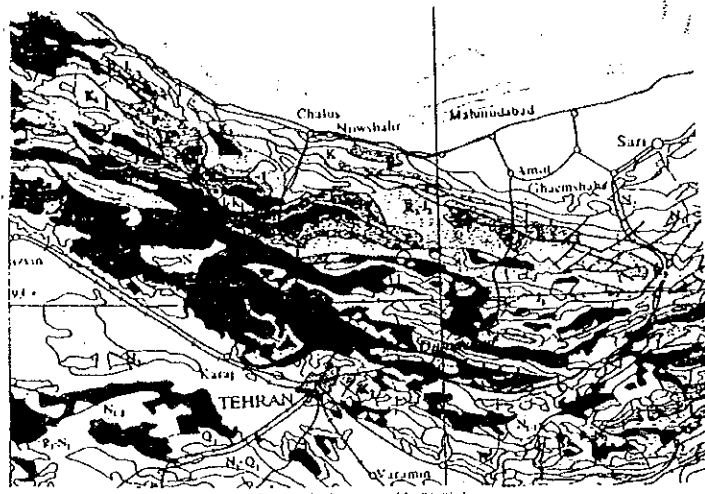


図 2-1-2 テヘラン市周辺の表層地質図

Scale 1:100 000

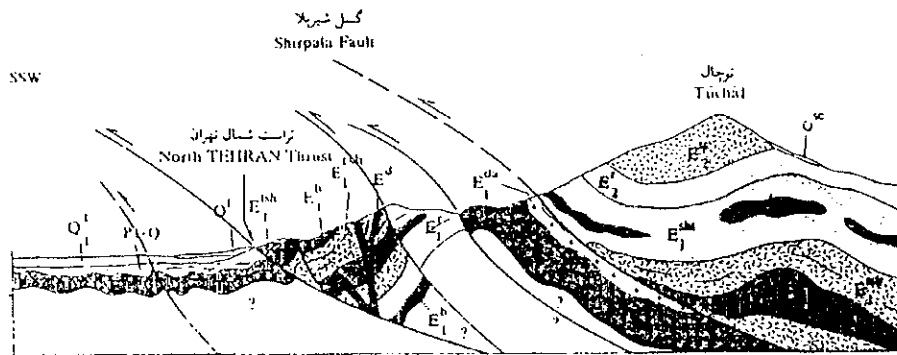
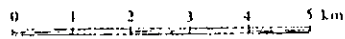


図 2-1-3 テヘラン市周辺の地質断面図

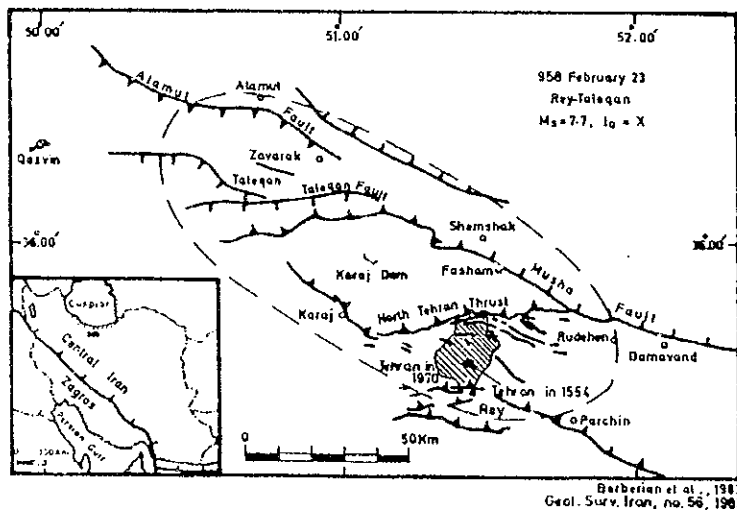


図 2-1-4 テヘラン市周辺の断層図

らに、巨岩が点在しており、非常に危険な状況を匂わせている。CESTとしても、計画予定住居に対して何らかの指導を行っている。

また、Tuchal 山のすぐ北側をとおり、イラン国最高峰 Damavand 山の南側を北北西から東南東にかけて長さ約 200 km の Mosha 断層は走っており、その影響も甚大なものと CEST は見ている。

テヘラン市北側の Tajrish 付近にも Niavaran 断層という小さい断層が走っているが、付近にも住居の計画中である（写真 2-1-1 参照）。



写真 2-1-1 Niavaran 断層

さらに、テヘラン市南部旧市街地の Rey（レイ）には北レイ断層および南レイ断層が走っており、現在もっとも活動中の断層である、と CEST は話している。



2-1-3 地震等災害

テヘラン市で発生しているこれまでの自然災害は、そのほとんどが地震であり、1830年、1963年が比較的新しい記録であるが、最近は少ない。主にテヘラン市を取り囲むように南北の位置に横断して走っている断層の地質構成が前述しているように新生第四紀層に位置していることもあり、いくつかの断層が入り乱れている状況である。さらに、震源が浅い特徴をもっており、その深さは20km程度である。

しかし、多くのデータから、テヘラン市の地震発生確率が150年周期という説も多く、関連機関ではいち早い情報の整理や対策に取り組んでいる。

また、地震以外の災害では、1988年にイラン・イラク戦争当時に突然の豪雨により洪水が発生し、戦争の避難壕へ避難した住民が大きな被害に遭っている。

テヘラン市周辺での被害状況を表2-1-1に示す。また、発生規模を示す震源地などの記録を図2-1-5に示す。

表2-1-1 自然災害状況

発生時期	地震	洪水	備考
B.C.300	○		MG ? : Rey で発生
A.C.855-6	○		MG7.1 : Rey で発生
958.02.23	○		MG7.7 : Rey で発生
1177.05	○		MG7.9 : Rey で発生
1786.10	○		MG ? : Rey で発生
1830.03.27	○		MG7.1 : テヘラン市で発生した地震の中でもっとも大きい記録。死者は Damavand 市で500名、テヘラン市で30名を記録。また、ほとんどすべての建物が損壊した。
1867.05.07		○	多数の死傷者、120家屋が損壊
1895.12.24	○		MG ? : テヘラン市で発生
1963.07.05	○		MG ? : テヘラン市北東 Bcis で発生
1987.07.26.		○	Tajrish で一晩に豪雨が発生し、その影響による被害は次のとおりである。 死者：200名、負傷者：500名、家屋損壊：200、車両損壊：400台 損害額：4千億 Rial

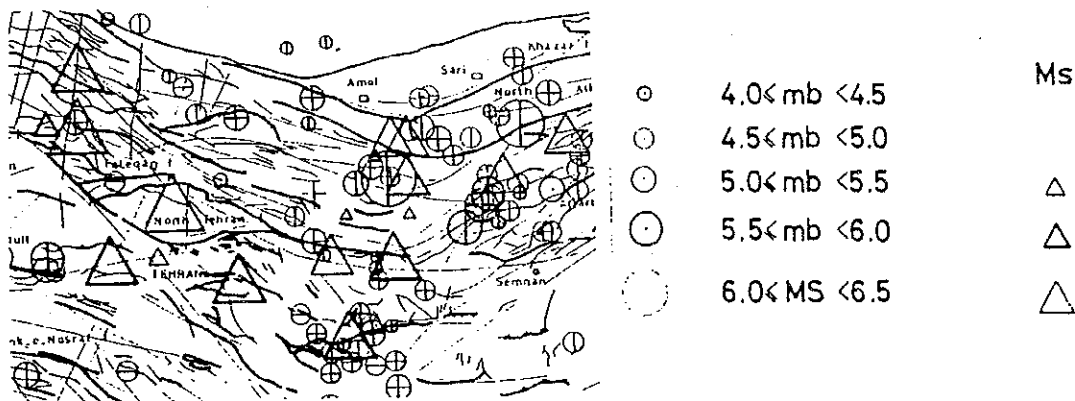


図2-1-5 地震発生規模記録図

#### 2-1-4 水系

テヘラン市の水は、アルボルズ山脈から流れ出る融雪を介したものであり、テヘラン市周辺の河川から直接的に飲料水にすることが可能である。ただし、これらの河川にも貯水設備があり、十分な水系が保たれている。

テヘラン市は水の供給源を3ヶ所のダムと地下水で確保している。それぞれの水系特徴は表2-1-2に示すとおりである。

表2-1-2 水系特徴

給水供給源	ダム等	年間流出量 (百万m <sup>3</sup> )	年間飲料水量 (百万m <sup>3</sup> )	備考
Karaj 川	Karai ダム	450	335	テヘラン市北西
Jajraud 川	Latian ダム	220	110	テヘラン市北東
Lare 川	Lare ダム	450	100-180	テヘラン市北東
地下水	—	—	250	

なお、聞き取り調査結果では、地震が発生したことによる水系の変化はない、とのことである。

## 2-1-5 テヘラン市の都市状況

### (1) 歴史の変遷

テヘラン市の歴史的発展の経過は、表2-1-3、図2-1-6のようにまとめられる。

隣接するセルジューク・トルコ朝の首都であったB.C.4000年来の古都レイの街が、13世紀にモンゴル帝国に破壊され避難民が居住者となり、16世紀にサファビ朝によって現在のバザールも含む城郭を有するオールド・テヘランが整備された。

およそ200年前にカジャール朝によって首都となり、19世紀の後半には現在の都心部と言える地区に市壁が拡大された。

1925年のパーレビ朝以降急速に近代都市として発展を続け、1986年の人口は600万人を突破し、現在はおよそ700万人に達している。

表2-1-3 テヘラン市の歴史

西暦年	都市史
B.C.4000頃	レイ成立 東メディア国の主要都市
11~13C	セルジューク・トルコ朝の首都
1220	モンゴル帝国に破壊される（住民はテヘランとレイ東南バレミンに移住）
1553	サファビ朝タフマスプ1世がオールド・テヘラン整備 （14の望楼を備えた全長8kmの城壁内）
1785	ザンド朝カリム・ハンが北部シェミランに王宮建設
1788	カジャール朝始祖アガン・モハド・ハンが首都と定める
19C 前半	同2代ファトフ・アリ・シャー、ゴレスタン宮殿のアルク広場拡張、シャー・モスク（現イマム・モスク）造営
1867	同4代ナセル・ディン・シャー、新たに都市整備、人口20万人程度 （全長16kmの市壁・12門建設、レイ迄狭軌鉄道敷設）
1925	パーレビ朝始祖レザー・シャー時代、近代都市としての発展始まる
1946	同パーレビ・シャー治世下20年余に急速に発展、大都市になる 人口100万人突破、以降市街地は北、東、西に大きく拡大
1976	人口400万人突破
1991	人口647万人

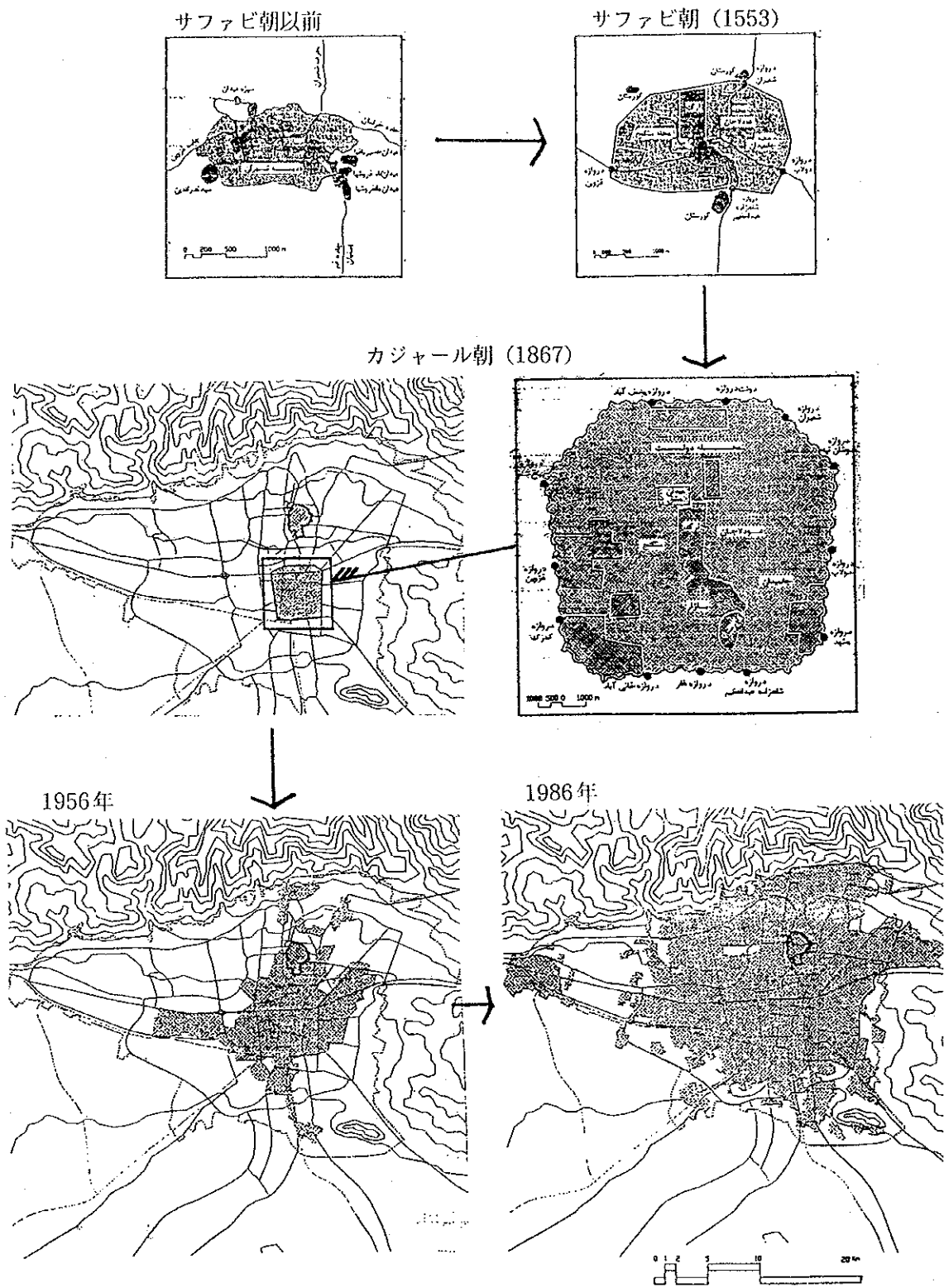


図2-1-6 テヘラン市の発展過程



(2) 人口、計画フレーム等

テヘラン市の人口は史変遷で見たように、今世紀初頭には20万人弱にすぎなかったが、パーレビ朝以降急速に増加し、1946年に100万人を突破してからは、10年間で100～180万人増のペースを維持しており、その増勢は止まっていない。(表2-1-4、表2-1-7参照)

西暦年	人口
1883	106,482
1922	210,000
1939	540,085
1956	1,512,082
1966	2,719,730
1976	4,530,223
1986	6,096,375
1991	6,470,000

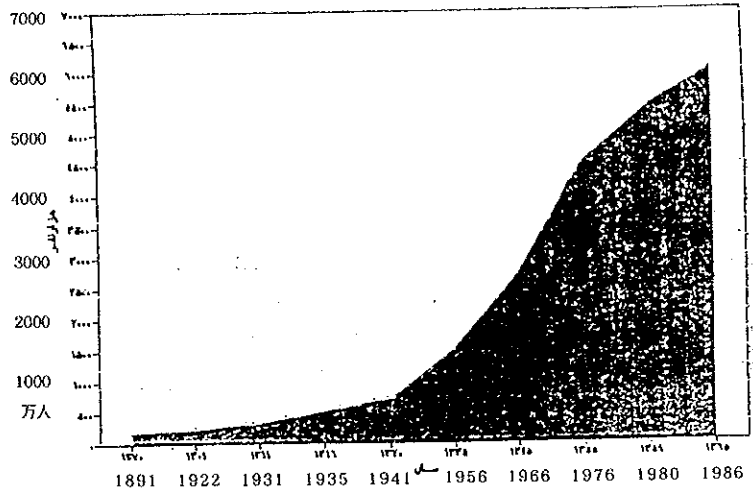


図 2-1-7 人口の推移

イラン都市計画建築研究センター (UPARCI・・・国の機関) では、本年 (1999年) 半ばを目途に、20年後を目標としてテヘラン市を中心とする首都圏計画を立案中であるが、計画フレームを次のように設定している。テヘラン市の200万人増は市域での収容限度であり、増加する人口は市域を越えて周辺部で500万人の受け皿を検討中である。

首都圏計画のフレーム

	現況	20年後
・国全体	約6000万人	約10000万人
・首都圏	約1035万人	約1750万人
・テヘラン市	約700万人	約900万人

さらに図2-1-8の年齢階級別の人口構成を見ても、ほぼ正系のピラミッド型を成しており、人口の増勢や計画フレームの大きさが理解できる。

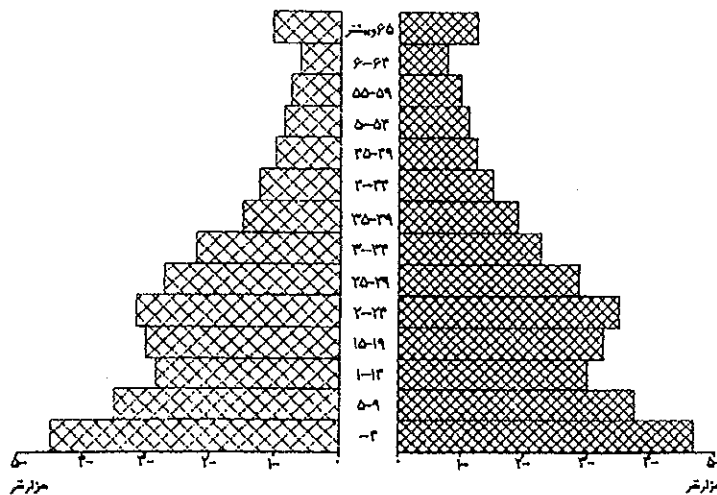


図 2-1-8 年齢階級別人口構成

(3) 地区別人口、人口密度

区別人口、区別人高密度をそれぞれ表2-1-5、図2-1-9に示す。

人口密度は都心部に隣接する南西部で425/ha以上と高い区が4区ある。また都心隣接東部・北部などに、これに次ぐ325~425/haの地区が5区あり、概ね西北部を除いて人口密度はかなり高いと言える。大地震に際しては建物の倒壊率にもよるが、高密地区に被害が集中することも懸念される。

表2-1-5 区別人口  
(千人)

区	1986年	1996年
1	210	301
2	270	358
3	214	259
4	475	714
5	243	443
6	259	296
7	302	264
8	347	275
9	225	258
10	308	216
11	259	210
12	370	251
13	204	187
14	393	355
15	517	510
16	327	282
17	336	251
18	376	412
19	239	210
20	323	329
21	*	596
22	*	675
計	6096	7650

・1996年は推計値

・\*21、22区は開発中

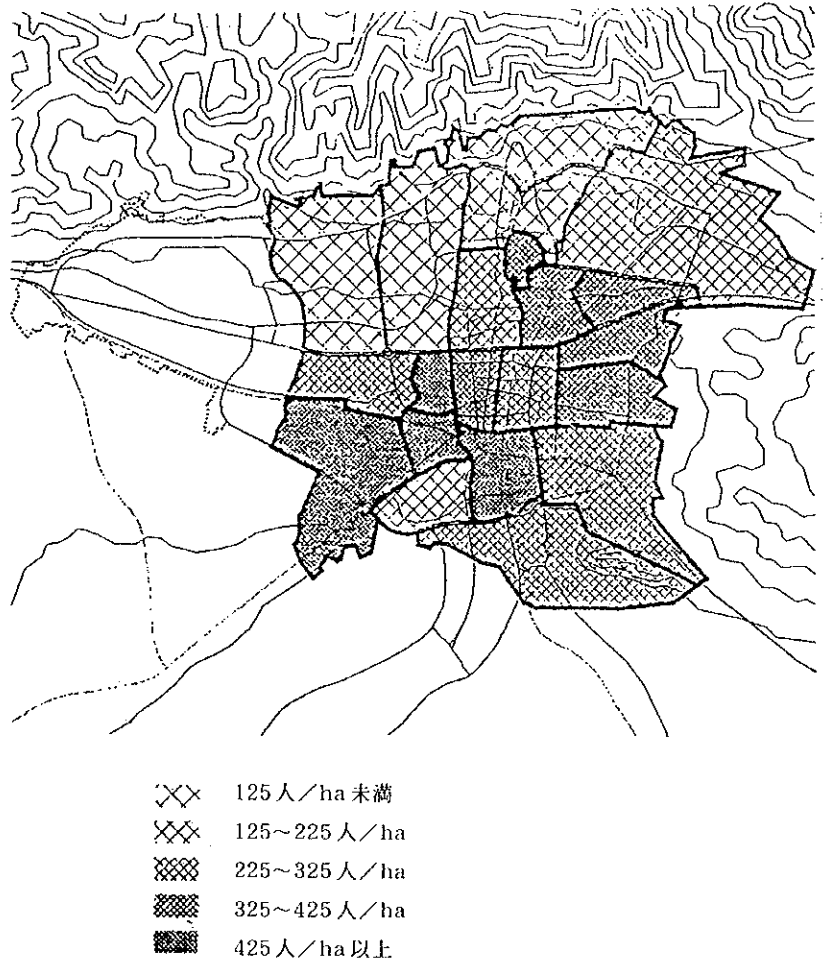


図2-1-9 区別人口密度

・ 北部低密地区



・ 西部高密地区



・ 南部高密地区



写真 2-1-2 住宅地の雰囲気



#### (4) 土地利用

主要な土地利用は、図2-1-10のようである。

商業・業務はバザール地区から北部に向かって拡がり、テヘランの都心部を形成している。また、比較的古い骨格的な道路沿いに商業業務や、娯乐的商業（レストラン等が多い）が展開して各方向に延びている。

この他大規模な土地利用としては、空港、公園・緑地及び教育施設が目立っている。

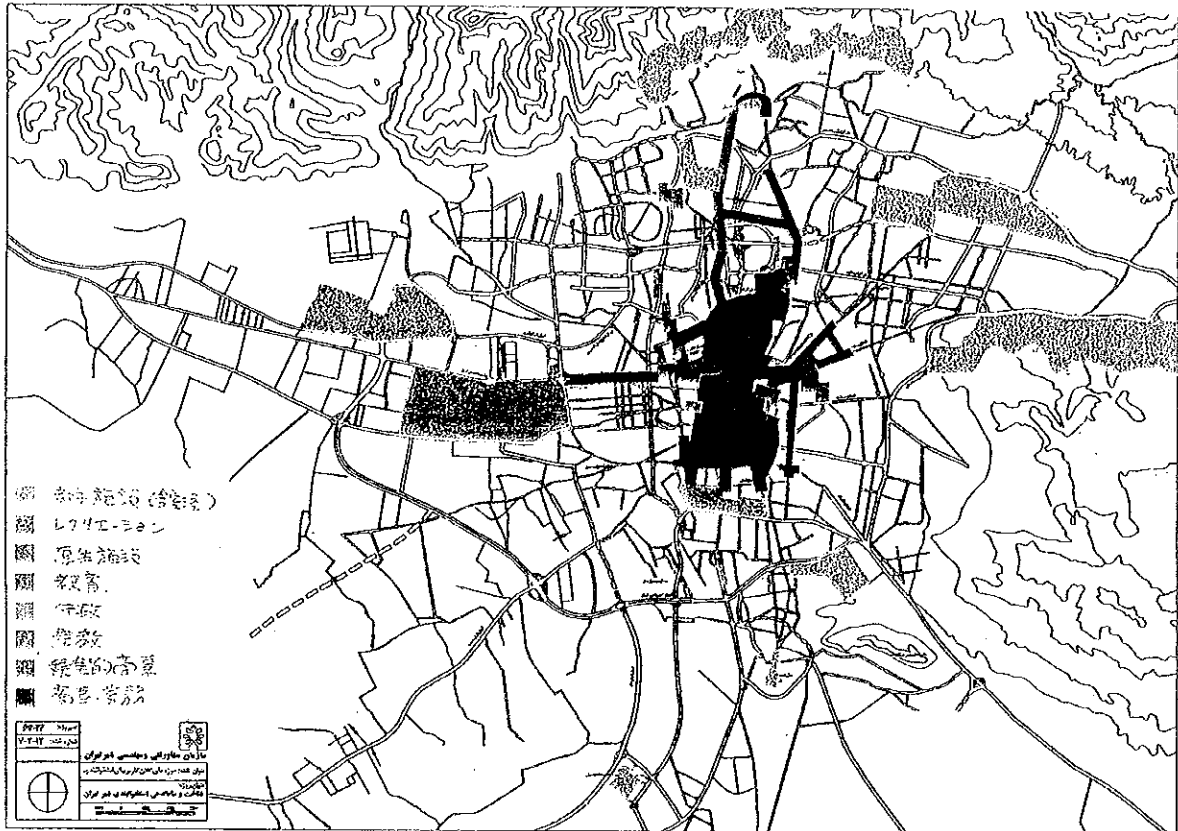


図2-1-10 主要な土地利用

またテヘランGISセンター(TGIS)では、2000分の1の精度でベースマップを作成しており、同図には公共施設等の名称も記入されており、施設分布等の調査に活用できる。

(参照 図2-1-11 GIS地図アウトプット例)









(5) 将来計画等

前述のような計画フレームのもとで、イラン都市計画建築センターでは図2-1-12に示すような首都圏計画を検討中である。

テヘラン西部地区がニュータウン的に開発されるだけでなく、周辺のカラジ市等の整備や新規開発地区が図上で示されている。

また図2-1-13は、テヘラン市内の地下鉄4路線の計画で、このうち2号線は郊外鉄道に乗り入れカラジ市まで建設中である。

道路網は延長200 kmに及ぶ高速道路網 (free way, express way) を精力的に整備中であり、都心部の混雑緩和と郊外部の都市開発の基盤づくりに努めている。(図2-1-14参照)

・高速道路整備と沿道再開発整備



・郊外鉄道駅部と都心部地下鉄の建設

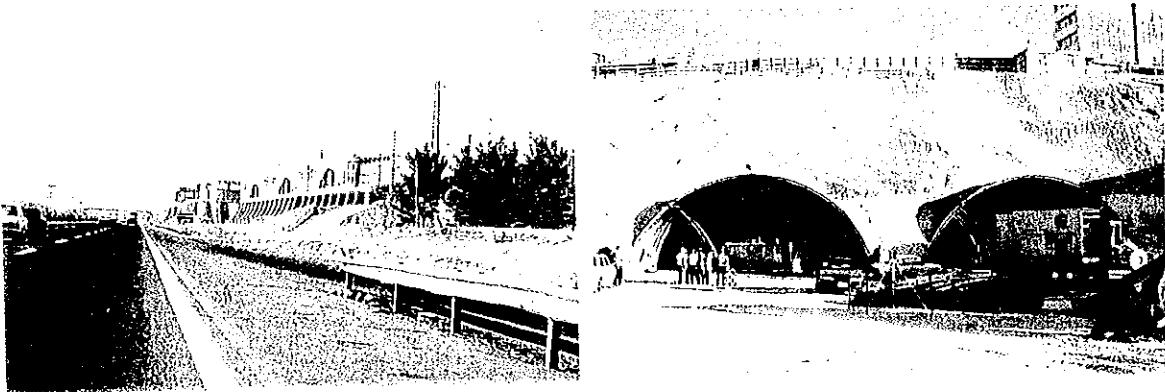


写真2-1-3 交通網の整備等



・郊外部での開発と道路整備



・副都心（アブサバド地区）開発地区



写真 2-1-4 大規模開発地区













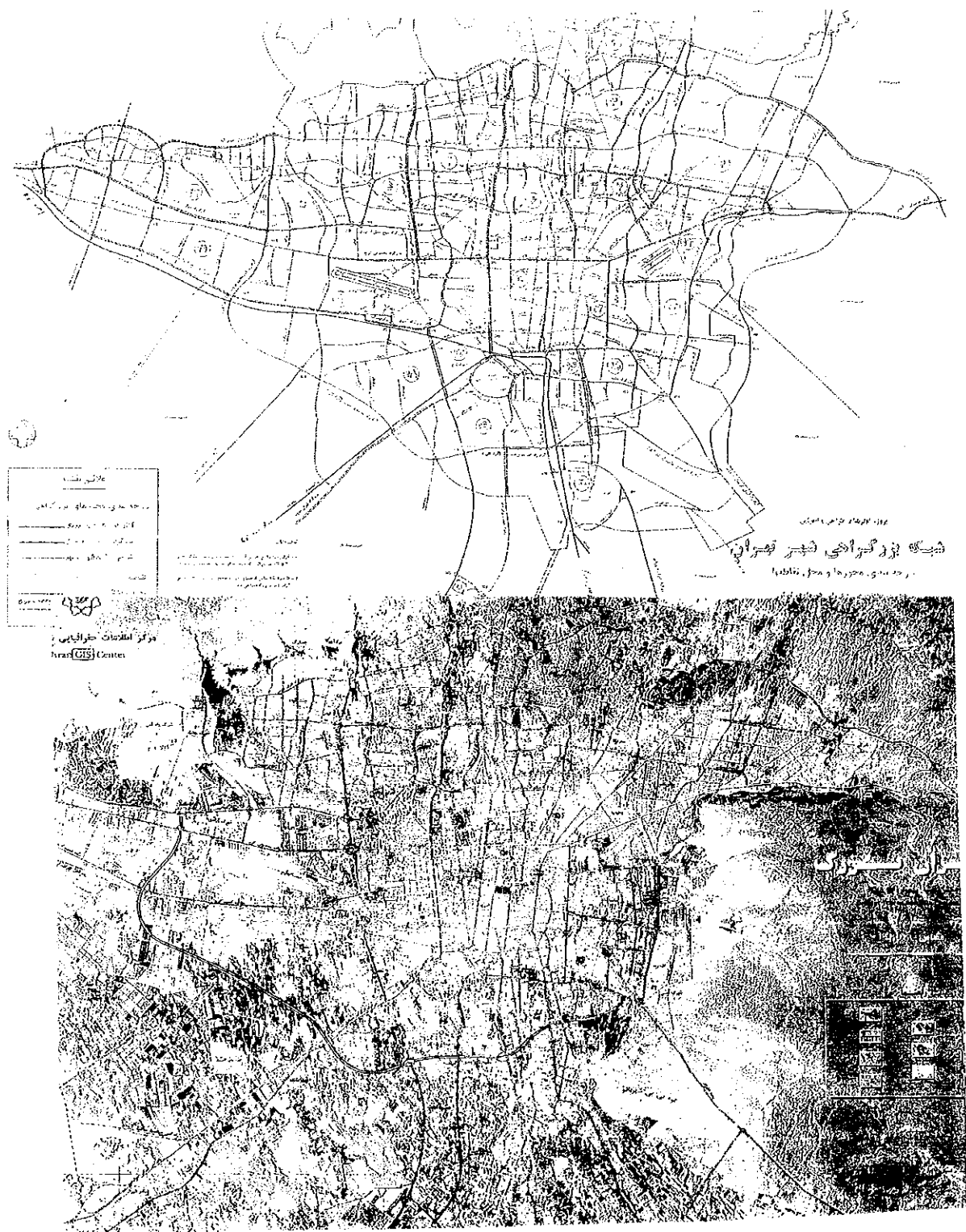


图 2-1-14 高速道路網計画図(上)と整備済・整備中路線



## (6) 都市的課題

### ①環境問題

たまたま本調査団の滞在中に大気汚染の環境基準を越えて、自動車のナンバー規制が初めて実施された。(偶数日は偶数番号、奇数日は奇数番号のみ使用可)

実施日の3日前に撮った写真2-1-5を見ると、テヘラン上空が黒く包み込まれている状況がよくわかる。JICAの環境調査チームによると、発生源の7割は自動車によるものせあり(日本では運輸部門で2割)、環境問題は交通問題とも言える。

### ②交通問題

地下鉄建設を進めているが、まだ時間を要しそうである。高密度地区である都心から南西部～東部にかけては、バス専用レーン(含む逆行レーン)やトロリーバスなど公共交通対策に腐心しているが、北部は公共交通サービスが脆弱で全く車依存地域と成っている。

環境問題を解決するためにも、総合的な交通対策が必要である。

### ③安心・安全まちづくり

そして今回の課題である都市防災対策である。

テヘラン市は今後とも人口の増加とこれに伴う都市開発が継続される。防災を考慮しつつ新たな街づくりに取り組むと共に、既成市街地の安全性を強化して、環境問題や交通問題も含め、サステナブル・メトロポリタンの確立を目指す必要がある。



写真2-1-5 大気汚染の状況



写真2-1-6 完全分離のバス専用レーン



資料9. 地震工学分野の現状と課題

2-2 地震工学分野の現状と課題

1. 研究者のレベルと数

イランにおける地震被害の現状や存在している構造物の耐震性など、具体的な地震防災技術のレベルとその実施率は別として、イランの地震工学研究のレベルは高く、研究者は日米やヨーロッパの研究者と同じような課題に対して同じようなアプローチ法で研究を進めている。Table1に、イランの地震学や地震工学研究に携わる専門家の数と学位取得状況を示す。トータル220名ほどの研究者、うち96名はPh.Dを取得しており、この数は世界的に見ても決して少ない数ではない。人数がPh.D.>M.Sc.>B.Sc.となっているのは、研究者を対象としているためであり、当然これ以外に多くの実務者（B.Sc.その他）が存在している。

Table 1 Number of Specialists in Iran in the Field of Earthquake Engineering and Seismology

Fields	Ph. D.		M. Sc.		B. Sc.		Total	
	male	Female	male	female	male	Female	male	female
Geophysics	12	0	25	1	5	0	42	1
Civil Engineering	59	0	31	2	10	0	100	2
Geology	5	0	10	0	12	0	27	0
Geotechnical Engineering	12	0	15	0	0	0	27	0
Architecture and City Planning	2	0	2	0	0	0	4	0
Others	0	6	0	5	2	1	2	12
Total	90	6	83	8	29	1	202	15

Table 1-4 は Natural Report on Earthquake Research in Iran (1996), Subcommittee of Earthquake Research, Committee of Scientific Activities Investigation の集計結果。

上でイランの研究者が先進国と同様の研究対象を同様の手法で行っていることを述べたが、これは彼らが自国の地震被害に無関心であるというよりも、研究者としての評価が最新の研究分野の研究成果に対してなされる傾向が強いからと思われる。加えて、研究者としての知的興味や好奇心が最新分野の問題に偏りがちであることも理由となっている。これらの点を背景として、現在のイランの研究者の興味は、我が国などの地震防災の先進国がかつてそうであったように、個々の建物インフラの耐震性に関する研究、すなわち耐震設計のあり方や地震時の挙動など（崩壊挙動などには興味があっても、リーズナブルな理論や手法が一般的に利用できる状態になっていないので取り組めない）から都市ライフラインの問題とか、地域危険度の問題など、社会システムの地震対策や地震防災に移りつつある。もちろん高層ビルや特殊な構造物を対象とした場合はその限りではないが、イランの地震で最も深刻な問題となる中・低層のRC構造物やブロック構造、アドベ（日干しれんが）構造などに対する研究の興味は乏しい。

## 2. イランの地震工学関連の研究組織

イランの地震工学関連の主な研究機関並びに学会（研究者のコミュニティ）をTable2に示す。機関名の後の数値は、それぞれの組織に所属する研究者でPh.D.の学位を取得している者の数である。Ph.D.を持つ研究者は、イラン国内での教育に加え、米国やヨーロッパ諸国で教育を受けた者も多い。また我が国の大学やその他の研究機関で勉強した経験を持つものも少なくない。特に最近では外交上の関係から、米国への留学は減り、日本の研究機関や大学で地震学・地震工学を学ぶものが増えてきている。地震学や地震工学に関する日本とイランの関係は、古くは建設省建築研究所が主催する地震工学・地震学研修コースの学生として、最近でより高度な知識と経験を積むために、東京大学・東北大学・埼玉大学などの大学院で学位を取得して帰国し、上記のような研究機関で研究生活を送っている者も少なくない。

イランの地震工学研究は上記の研究機関、並びにこれに所属する研究者によってリードされている。ここにリストアップされていない研究機関も若干あるが、実績、人的・施設の資源等を比べるとどれも比較にならない。本研究プロジェクトのカウンターパート研究機関であるテヘラン市地震・環境研究センター（Center for Earthquake and Environmental Studies of Tehran: CEST）も残念ではあるがイラン国内における研究機関としての認知度は全く低い。

Table 2 Major Research Institutes and Academic Societies in Iran in the Field of Earthquake Engineering and Seismology

	Name of Research Institutes and Academic Societies in Iran in the Field of Earthquake Engineering and Seismology	No. of Ph.D.
	研究機関	
1	Iran Geological Survey	4
2	Iran Atomic Energy Agency	0
3	Center for Natural Disaster Reduction (Ministry of Interior)	No data
4	Building and Housing Research Center (BHRC)	18
5	Center for Earthquake Engineering Research of Sharif University	17
6	Natural Disaster Prevention Research Center of Iran	13
7	International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES)	18
8	Geophysical Institute of Teheran University	9
	関連学会	
9	Society of Civil Engineering of Iran	No data
10	Society of Earthquake Engineering of Iran	No data
11	Society of Geophysics of Iran	No data
12	Society of Geology of Iran	No data

それぞれの研究機関は、独自の目的のために設置されているので、研究分野として「強い・弱い」が当然あるが、地震工学研究の1つである地震動観測装置（地震計）の保有台数を比較すると、Table3のようになる。地震計だけの比較であるので、国全体の強震計ネットワークの責任機関であるBHRCと地震動研究を主要な研究活動の1つとしているGeophysical Institute of University of Tehranが多数の装置を所有していることがわかる。これらの数は我が国の研究機関と比べて

みても（特に兵庫県南部地震以前と比較すれば）、遜色のない規模である。構造実験や土質実験の装置などを比較した場合には、今度は IIEES や BHRC などの施設が上位にランクされる。

ところでイランの地震工学研究機関を語る上で忘れてはならないことが、相互の協力体制が非常に悪いことである。一つの機関がプロジェクトを立ち上げれば他の機関は無視するとか、会議やワークショップの開催をある機関と企画すると、その情報はその機関が独占し、他の機関には全く伝わらないなどの問題が生じる。ただし、それぞれの研究機関や研究者を知っている外国からの研究者が参加したり関係したりする場合には、彼らも同席するので、今回もこのプロジェクトが関係諸機関のアイスブレイクの役割を果たせれば、研究成果とは別の意味でこれは非常に大きな貢献と言える。

Table 3 No. of Equipments for Earthquake Ground Motion Observation in Iran

Types	Geophysical Institute, University of Tehran	BHRC	IIEES	Geological Survey of Iran	Iran Atomic Energy Agency	Disaster Prevention Center	Total
MEQ800	6	0	0	0	8	0	14
Portacorder	0	0	0	0	6	0	6
S13	9	0	0	0	0	0	9
WWSSN	6	0	0	0	0	0	6
PDAS	12	0	0	0	0	0	12
SMA-1	300	0	0	0	0	0	300
SSA-2	0	1,300	25	0	0	0	1,325
Wilmot/WS-1	0	70	0	0	0	0	70
Ardata-101	0	300	0	0	0	0	300
SS-1	200	0	9	13	4	0	226
SSR-1	0	1	7	9	0	1	18
WR-1	0	0	2	0	0	6	8
CMG3T	5	0	15	0	0	0	20
FBA	0	0	10	0	0	0	10
Others	59	3	2	0	2	0	66
Total	592	1,674	70	22	20	7	2,390

次に研究の Activity を評価する 1 つの指標として、先に挙げた研究機関のいくつかについて、その予算規模を示すと Table 4 のようになる。研究施設建設用の予算が計上されている機関がいくつかあるが、研究用の予算はこれらを除いた一般的な予算と外国からの融資額の総和として考えられる。ただし、この予算には地震計のネットワークの維持管理費や学生の教育費などの経費も入っているので、研究に直結しない予算も含めた額である。

Table 4 Budget of Earthquake Disaster Related Research Organizations (ただし、1,000Rial=約 17 円)

Organization	Budget (x thousand Rial)	Budge for Construction (x thousand Rial)	Credit in Foreign Currency (US \$)
Geophysical Institute Tehran University (1995)	190,000 (earthquake division)	1,900,000 (earthquake division)	3,091,000 (1994)
IEES (1996)	2,401,000	3,500,000	800,000
BHRC(1995)	5,500,000		
Geological Survey of Iran (1996)	230,000	0	170,000 (1994)
Center for Earthquake Engineering Research of Sharif University (1996)	60,000	150,000	1,000,000
Natural Disaster Prevention Research Center of Iran	950,000		

### 3. イランの地震工学研究と実務の関係

イランの地震学や地震工学の研究者のレベルがかなり高いことは既に述べた通りであるが、彼らの知見が実際の構造物や地震防災対策に具体化されているかという点、状況はかならずしもそうなっていない。これは最近も頻繁に起こっている地震による被害が、その規模や地震動の割に多くの犠牲者を出してしまっていることからもうかがわれる。とくに補強していないブロック造やアドベ造の構造物で亡くなっている人々の数を減らすには、それらの構造物の強度を高める以外に術はないが、そのためには具体的にどのようにすればいいのかの手法や手段に対する情報が一般住民にはうまく伝わっていない。背景には材料入手の困難さや貧困の問題もあるが、住民の認識の低さ、防災教育／知識の低さも大きい。この点は現場エンジニアに関しても同様に言えることで、RC構造であれば柱や梁、壁のジョイント部分の配筋の意味などの理解が十分でないために、連結部分が極端に弱い構造物を誤って造ってしまう。適切な配筋の仕方、連結を高めるための鉄筋先端部の処理や相互の連結などがなされていない。1997年5月に発生したイラン東北部の地震(M7.1)でも柱や梁そのものは随分強度があるのに、これらの連結が悪いために耐震性が著しく弱くなってしまった構造物を現地被害調査で随分見かけた。倒壊したアドベ構造物のすぐ横に、又同様のアドベ構造物をせっせと造り始めている例も見た。これらは研究者レベルでの知見の高さと、具体的な地震防災対策が直結していない例であり、せっかくの研究成果が国の地震防災に直接結びついていない状況を物語っている。









JICA