

第2章 情報収集および評価

第2章 情報収集および評価

2.1 地形図データ数値化作業および GIS 基盤データ作成

上記作業にかかる収集資料は下記のとおりである。

- Quick Bird 衛星画像 1 セット
- 1:10,000 既存地形図 1 セット (8 面)
- 地図記号仕様書 1 セット

なお、地形図には、ハザード・リスク想定の基本単位となる 500 m 四方のグリッドが示されている。

2.2 地震関係資料

2.2.1 地震カタログ

「カ」国では、地震観測は主に地震研究所が担当している。地震研究所は国内に 41 箇所の地震観測所を持ち、地震の震源決定と地震規模の決定を行っている。地震観測結果は、地震発生日時、震原位置、地震規模を記載した観測地震カタログとして取りまとめられている。地震研究所ではこれにいくつかの歴史地震の資料も加えて、総合地震カタログを作成している。図 2.2.1 は、調査団に提供された総合カタログを使って作成した、アルマティ市周辺の震央分布図である。この総合カタログには 428 個の地震が記載されているが、そのうち 405 個は計器による地震観測が始まった 1900 年以降に発生した地震であり、この総合カタログはほぼ計器観測による地震カタログといってよい。このカタログでは、地震の規模を示すパラメータとして旧ソ連邦諸国で一般的に使われていた「K」値（ジュール単位で表した地震のエネルギーの常用対数）が用いられており、1970 年以降の地震の多くについてはマグニチュードの値も併記されている。図 2.2.1 に示した地震のマグニチュードは Gutenberg and Richter (1956) に従って「K」値をマグニチュードに変換した値である。

1992 年から 1998 年にかけて実施された世界の地震ハザード評価プロジェクトである GSHAP では、ハザードマップ作成のために世界中の地震カタログが整備された。同プロジェクトでは世界を 7 地域に分割してハザード評価を行っているが、カザフスタンはそのうちの東アジア地区に入っている。GSHAP のカタログは、インターネットを通じて GSHAP のホームページから入手できる。このカタログは、カザフスタンを含むより広い地域の地震活動度を知るために有用な資料である。

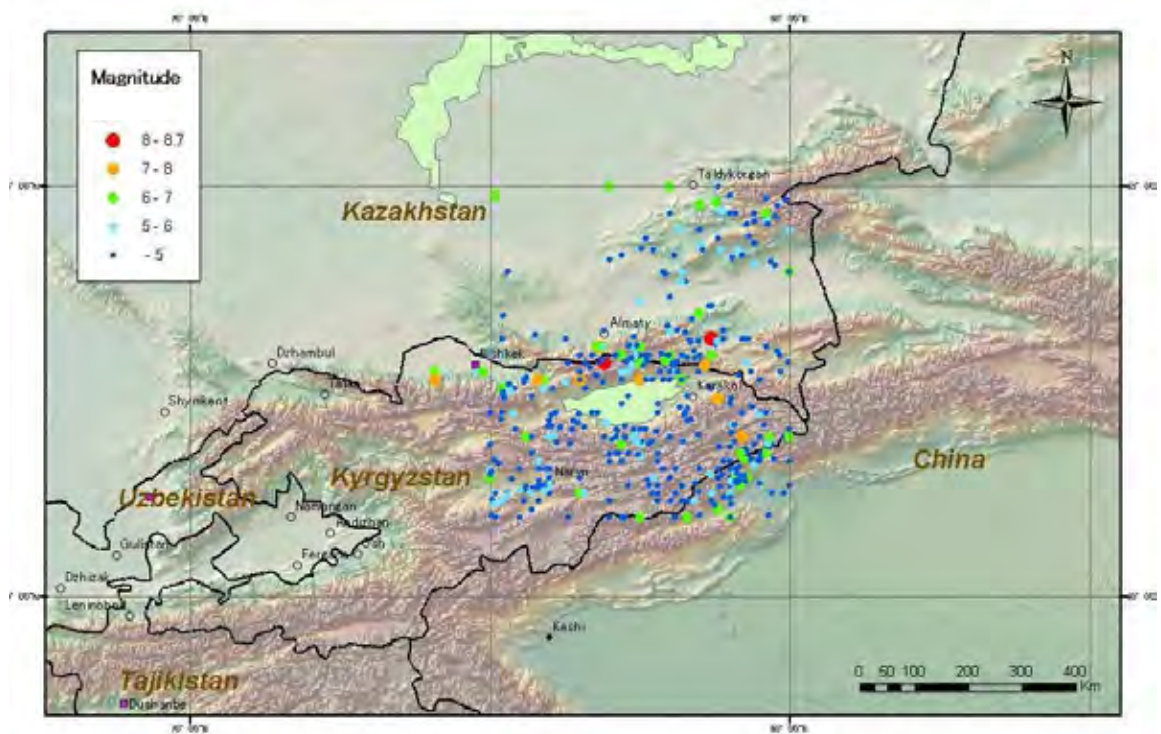


図 2.2.1 地震研究所のカタログによるアルマティ市周辺の地震活動

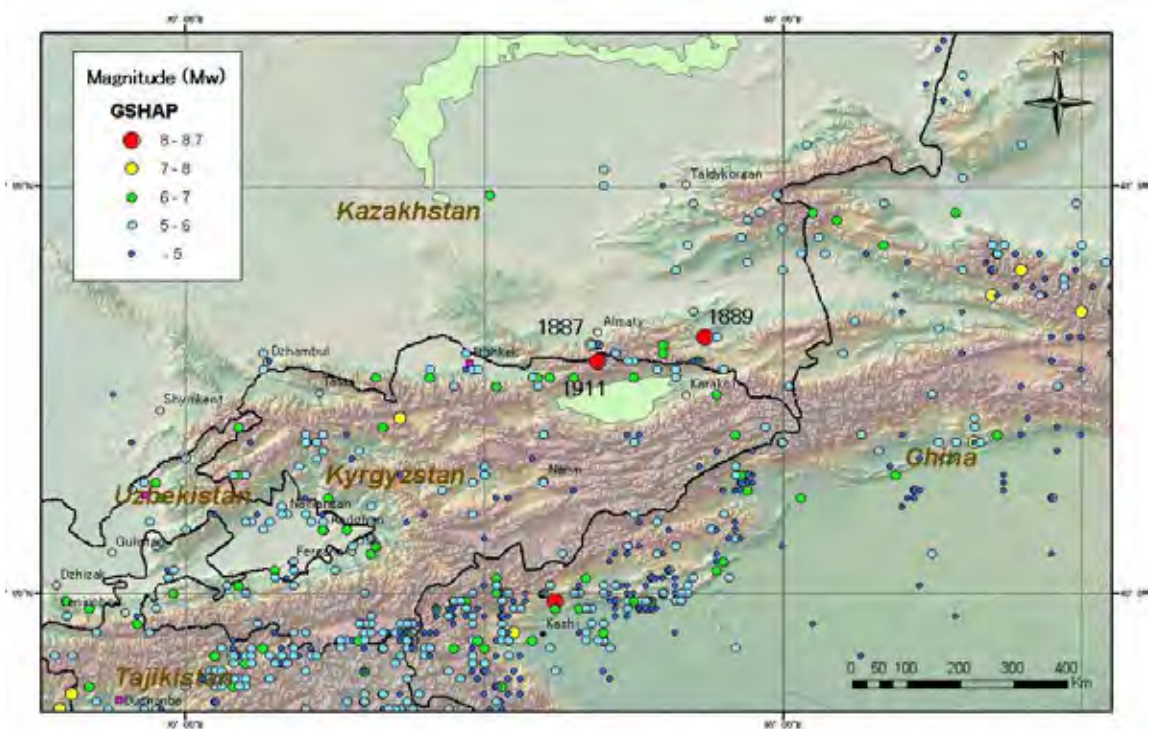


図 2.2.2 GSHAP カタログによるカザフスタン周辺の地震活動

2.2.2 強震観測資料

地震研究所では 2001 年から市内および近隣の 15 地点で、JICA が供与したデジタル強震計を使った強震観測を開始した。地震研究所からは 2001 年以降のデジタル観測による強震カタログと波形データが提供された。これらの強震観測点では深さ 20 m までの PS 検層を実施しており、この成果図も提供された。

地震研究所では 2000 年以前にはアナログ強震計を用いて強震観測を行っており、その結果をまとめた強震カタログと観測地点の位置、地盤条件、地震計の設置位置（建物基礎、1 階床など）は KNDC（カザフスタン国立データセンター）から提供を受けた。これらの強震カタログは合計 23 個の地震、149 成分の最大加速度値を含んでいる。図 2.2.3 に観測された地震の震央分布を示した。

強震観測カタログと PS 検層結果はアルマティの地震ハザードを評価するうえで最も重要な情報である。用いる距離減衰式の選定と表層地盤による増幅度の評価はこれらのデータに基づいて実施された。

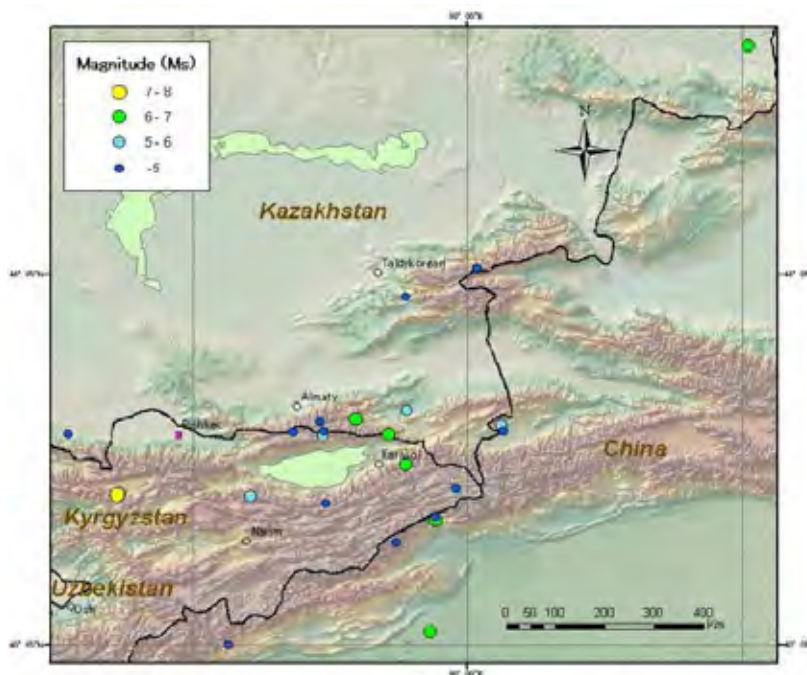


図 2.2.3 強震計によって観測された地震の震央

2.2.3 その他の地球物理学的資料

(1) 断層

北天山山脈における断層に関する以下のデータを収集した。

- 1911年 Kemin 地震の際に地表に現れた断層のトレース (Bogdanovich et al. (1914))
- 北天山山脈の断層図 (Hager et al. (1996))
- 地震研究所から提供された断層図

収集したデータを図 2.2.4 に示した。Bogdanovich et al. (1914)による地表断層の位置は、最近 Arrowsmith et al. (2004, 2005)によって実施された現地調査で再確認されている。Hager et al. (1996) による断層はアルマティ市より南側にある。一方、地震研究所から提供された断層図中の多くの断層位置は Hager et al. (1996)と一致しているが、いくつかのトレースが調査地域を横切っている点異なる。

SNiP 2.03-07-2001 にはアルマティ市のマイクロゾーニングマップと称する図面が添付されており、この図中に図 2.2.5 に示すような地質断層が描かれている。この図によれば数本の断層がアルマティ市を横切っており、断層の周辺では実際に新しい建物の建築が規制されている。これらの断層は旧ソ連時代に地球物理的の探査手法を用いて発見された基盤の段差であるとされているが、その詳細は不明である。

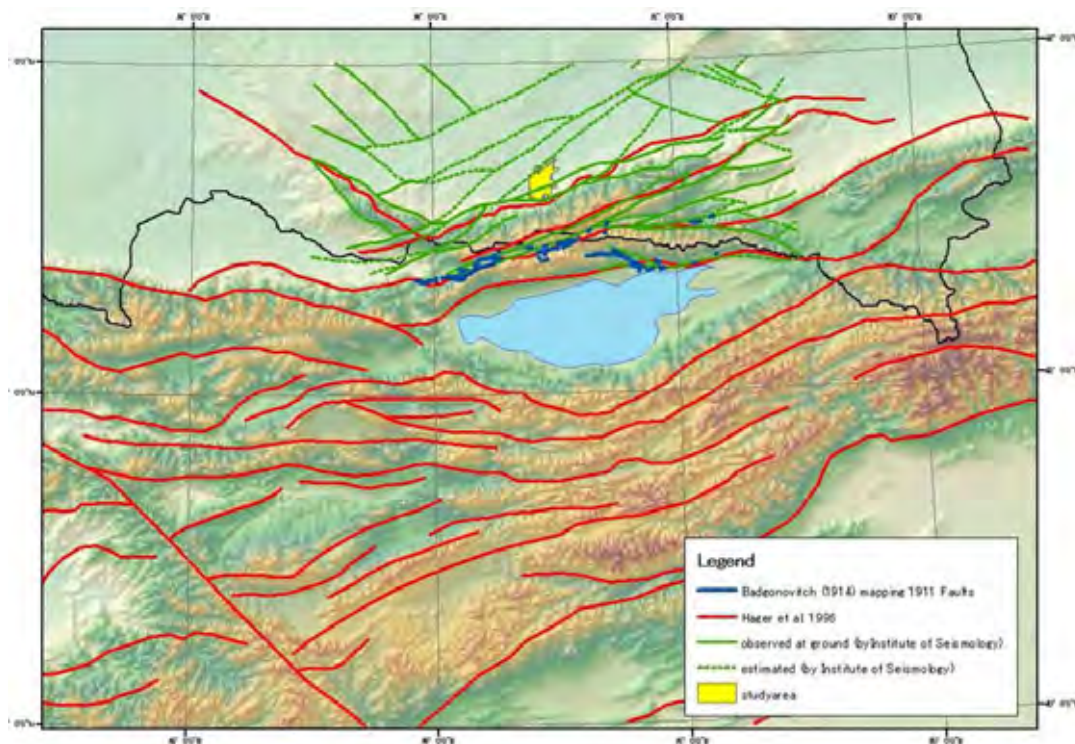


図 2.2.4 アルマティ市周辺の断層



図 2.2.5 SNiP(2001)に示されているアルマティ市内の断層

(2) 過去の被害地震

アルマティ市における地震災害については、Nurmaganbetov (2003)による小冊子である「アルマティの地震履歴」が詳しい。この小冊子から主な地震災害を表 2.2.1 にまとめた。19 世紀の終わりから 20 世紀の初めにかけて、アルマティ市は大地震がもたらした震度(MSK)7 から 9 の強いゆれを 3 回経験している。これらの地震は建物に大きな被害を与え、数 10 人から数 100 人の死者が建物倒壊によって発生している。幸いなことに、その後はアルマティ市は大きな地震災害には見舞われていない。

表 2.2.1 アルマティ市の地震災害

年月日	時刻 (ローカル)	地震名	震央		マグニチュード	アルマティ市	
			北緯	東経		震度(MSK)	死者数
1887.06.09	4:35	Verny	43.1	76.8	7.3	8 to 9	236
1889.07.12	3:14	Chilik	43.2	78.7	8.3	7 to 8	0
1911.01.04	4:25	Kemin	42.9	76.9	8.2	8 to 9	44
1945.04.19	23:46		42.9	77.5	5.7	5 to 6	
1970.06.05	10:53		42.5	78.9	6.8	5	
1978.03.25	3:06		42.8	78.6	7.2	5 to 6	
1983.01.01	1:46		42.9	77.5	5.2	4 to 5	
1988.06.17	8:22		42.9	77.5	5.4	4	
1990.11.12	18:28		42.9	78.1	6.3	5 to 6	

(3) GPS 観測

図 2.2.6 に示したのは、NASA(Molnar et al., 1996)による GPS 観測結果である。この結果によるとアルマティ市周辺の地殻の変動速度は 5 mm/年程度、イシクル湖の南側では 10 mm/年程度であることが分かる。この速度は日本周辺における値の 10 分の 1 程度である。

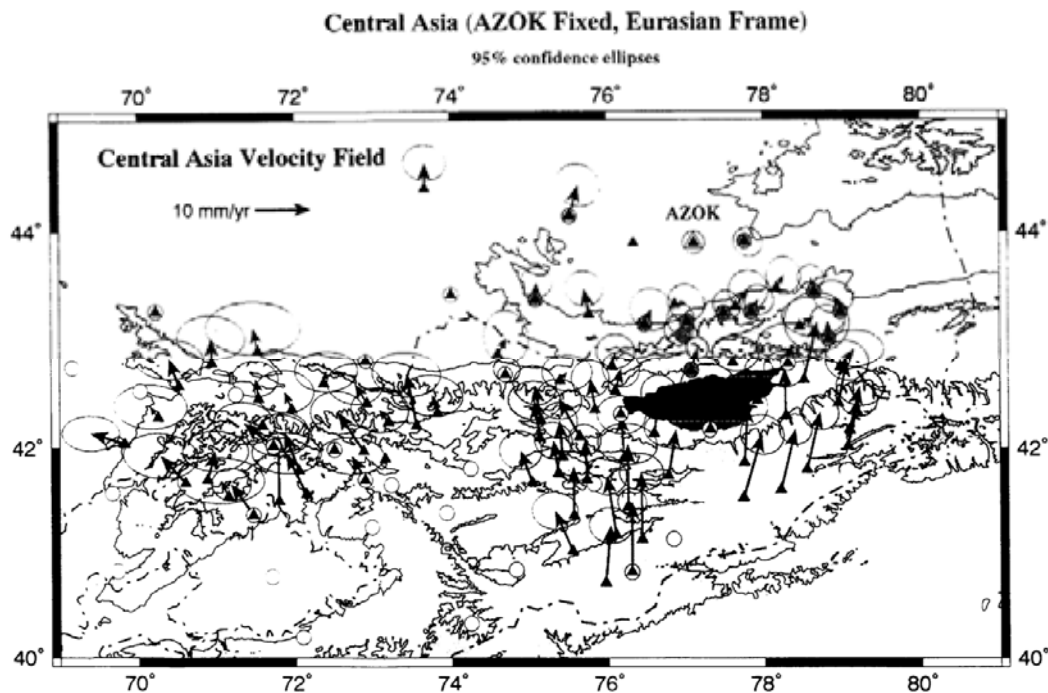


図 2.2.6 中央アジアの地殻変動速度場

参考文献

- 1) Gutenberg, B and C. F. Richter, 1956, Magnitude and energy of earthquakes, *Ann. Geofis.*, 9, 1-15.
- 2) Bogdanovich, K.I., Kark, I.M., Korolkov, B.Y., Mushketov, D.I., 1914, An earthquake in the northern chain of the Tien Shan, December 22, 1911, *Transactions of the Geological Committee, New Series*, vol. 89, Sankt-Petersburg, 256 pp., in Russian.
- 3) Hager, B.H. and 12 others, 1996, Geodynamics of intracontinental mountain building in the Tien Shan, Central Asia; proposal submitted to the Continental Dynamics Program, NSF, 74 p.
- 4) Arrowsmith, J R., Crosby, C. J., Korjenkov, A. M., Mamyrov, E., Povolotskaya, I. E., 2004, Surface rupture along the Chon Aksu and Aksu (eastern) segments of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Tien Shan, Kyrgyzstan, *Eos Trans. AGU*, 85 (47), Fall Meet Suppl., Abstract T14C-02.
- 5) Arrowsmith, J R., Crosby, C.J., Korjenkov, A.M., Mamyrov, E., Povolotskaya, I.E., 2005, Surface rupture of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan, *Eos Trans. AGU*, 86(52), Fall Meet. Suppl., Abstract T51F-05.
- 6) SNiP 2.03-07-2001, CONSTRUCTION STANDARDS, Building of Almaty city and adjacent territories taking into account seismic microzoning, in Russian.
- 7) Nurmaganbetov, A, 2003, Seismic History of Almaty, pp. 68, in Russian.
- 8) Molnar, P.H., M.W. Hamburger (Principal Investigator), 1996, GPS Survey of the Western Tien Shan for the periods of 1995 and 1996, Semiannual and Final Report to NASA Dynamics of the Solid Earth (DOSE).

2.3 地盤・地質

2.3.1 地域地質

アルマティ市は天山山脈の北麓（標高 600 m～1,600 m）に位置する都市で、地質的には天山山脈を構成する古生代の花崗岩類と平野部においてこれを覆う新生代の未固結堆積物に大別される（図 2.3.1 参照）。

古生代の花崗岩類は、部分的に崖錘性堆積物に覆われるものの、山地部に広く露出する。

新生代の堆積物は、主として、新第三紀の堆積物、第四紀前期の河川性堆積物、第四紀前期から後期の土石流・扇状地堆積物からなる。新第三紀の堆積物は、厚さ最大 300 m に達するが、第四紀の崖錘性堆積物に覆われて地表に露出しない。第四紀前期の河川性堆積物は、シルトを主体とし、厚さ最大 300 m で、丘陵部に分布している。第四紀前期から後期の土石流・扇状地堆積物は、平野部に広く分布し、厚さ 500 m を越す場合もある。山麓では円礫に富み、北部ではシルトが主体である。

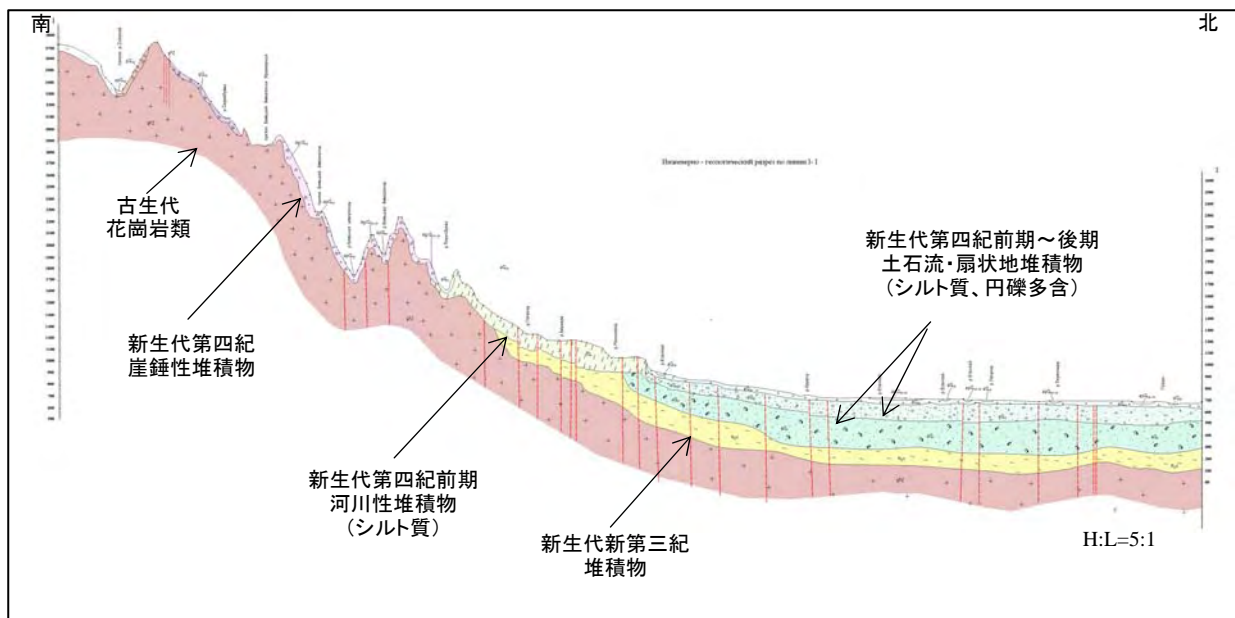


図 2.3.1 アルマティ市の地質断面図（南北断面）Shatsilov V. I. (1989)による

構造地質の観点からは、天山山脈はインドプレートのユーラシアプレートへのサブダクションの影響を受けて、南北方向の圧縮場において新生代に隆起した地域である（加藤、1989 など）。

このため、東西方向、ないし北東－南西方向の逆断層が発達している。また、古生代に形成され、新生代に再活動した Talasso-Fergana 断層などの右横ずれ断層が見られる（図 2.3.2 参照）。

天山山脈周辺の一般的な地質構造は、山脈北部では南傾斜、山脈南部では北傾斜の逆断層が卓越していると報告されている（Korjenkov et al., 2003; Korjenkov et al., 2004a; Korjenkov et al., 2004b, Bowman et al., 2004）ことから、図 2.3.3 に示すような大構造を呈していると考えられる。

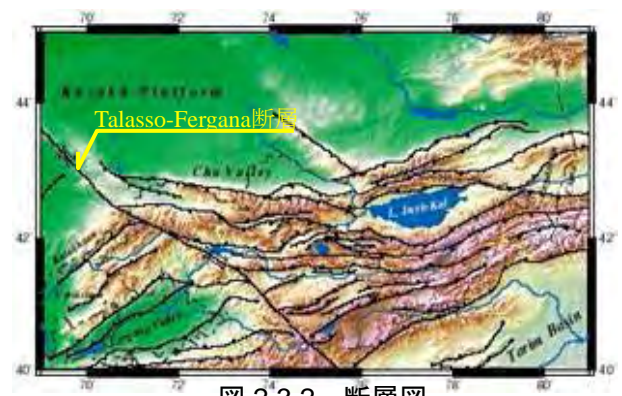


図 2.3.2 断層図

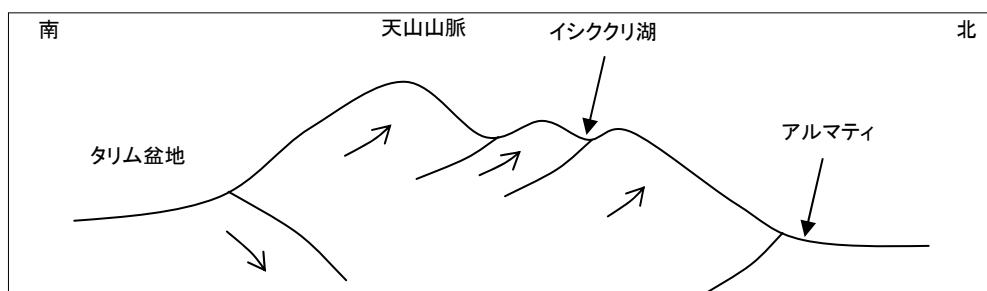


図 2.3.3 天山山脈の地質構造想定図

2.3.2 ボーリングデータ

アルマティ市の地盤・地質状況を把握するにあたり、既往のボーリングデータを収集した。データ収集した機関は YKN (Yuz Kaz Nedra)、アルマティ市役所、Metro Project、地震研究所、Degar 社であり、ボーリングデータの総計は 542 本である。図 2.3.4 にボーリング位置図を示すとともに、表 2.3.1 に各データの数量、深度、目的を示す。

収集したボーリングデータに基づいて、地盤工学的観点からアルマティ市内に分布する地盤を分類した(表 2.3.2 参照)。地盤の工学的特性は、収集した室内試験や物理探査等の結果を用いて、この地盤分類に基づいて整理した。

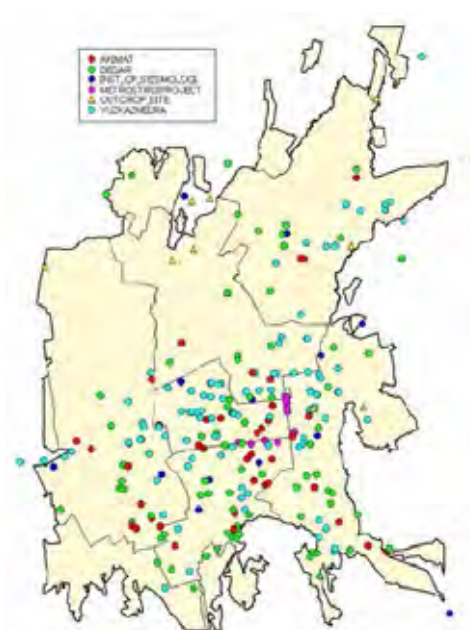


図 2.3.4 ボーリング位置図

表 2.3.1 収集ボーリングデータの数量・深度・目的

収集先	数量	主な深度	掘削目的
YKN	135	100-300 m	水理地質調査
アルマティ市役所	240	10 -30 m	構造物建設のための基礎土質調査
Metro Project	12	20 -50 m	地下鉄建設のための基礎土質調査
地震研究所	15	20 m	研究のための弾性波探査
Degar社	140	10 -30 m	構造物建設のための基礎土質調査

表 2.3.2 地盤分類

記号	構成物
Fmo	細粒土 (高有機質)
Fms	細粒土 (軟弱層)
Fm	細粒土
S	砂
G	礫
Gr(w)	風化花崗岩
Gr	花崗岩

2.3.3 室内試験データ

地震動の増幅解析および液状化評価などのために必要な変数を設定するために、室内試験データをアルマティ市役所、Metro Project、Degar 社から収集し、以下の項目の変数を地盤分類ごとに整理した。

- 密度、変形係数、平均粒径、細粒分含有率、塑性指数

これらの室内試験は構造物ならびに地下鉄建設のためのボーリングに伴って実施されたものであるため、アルマティ市南部の市街地を中心とした地域の表層 30m 以浅にデータが集中している。

(1) 密度

密度は地震動の増幅解析に必要な変数である。入手した Fmo (サンプル数 n=5)、Fm (n=139)、S (n=12)、G (n=108)、Gr (n=20) の試験結果を地盤分類ごとに図 2.3.5 に頻度分布としてまとめた。同図に基づいて、各地盤分類の代表値を設定した (表 2.3.3)。

ただし、Fm と S は、深度とともに固結度が増して密度が増加することが予想されるため、以下に示すとおり、密度と S 波速度 (Vs) との関係に基づいた一次回帰式による値として設定した (図 2.3.6 参照)。

- 細粒土 : $\rho = 1.651 + V_s \times 0.000710$
- 砂 : $\rho = 1.502 + V_s \times 0.001082$

ここで、 ρ : 密度(t/m^3)、 V_s : S 波速度(m/sec)

また Fms は、 V_s は測定されているものの、室内試験データがないことから、上記の細粒土の関係式に基づいて V_s から推定した。また、データのない Gr(w)は、日本の風化花崗岩の例を参考として想定した (加島ほか, 2000)。

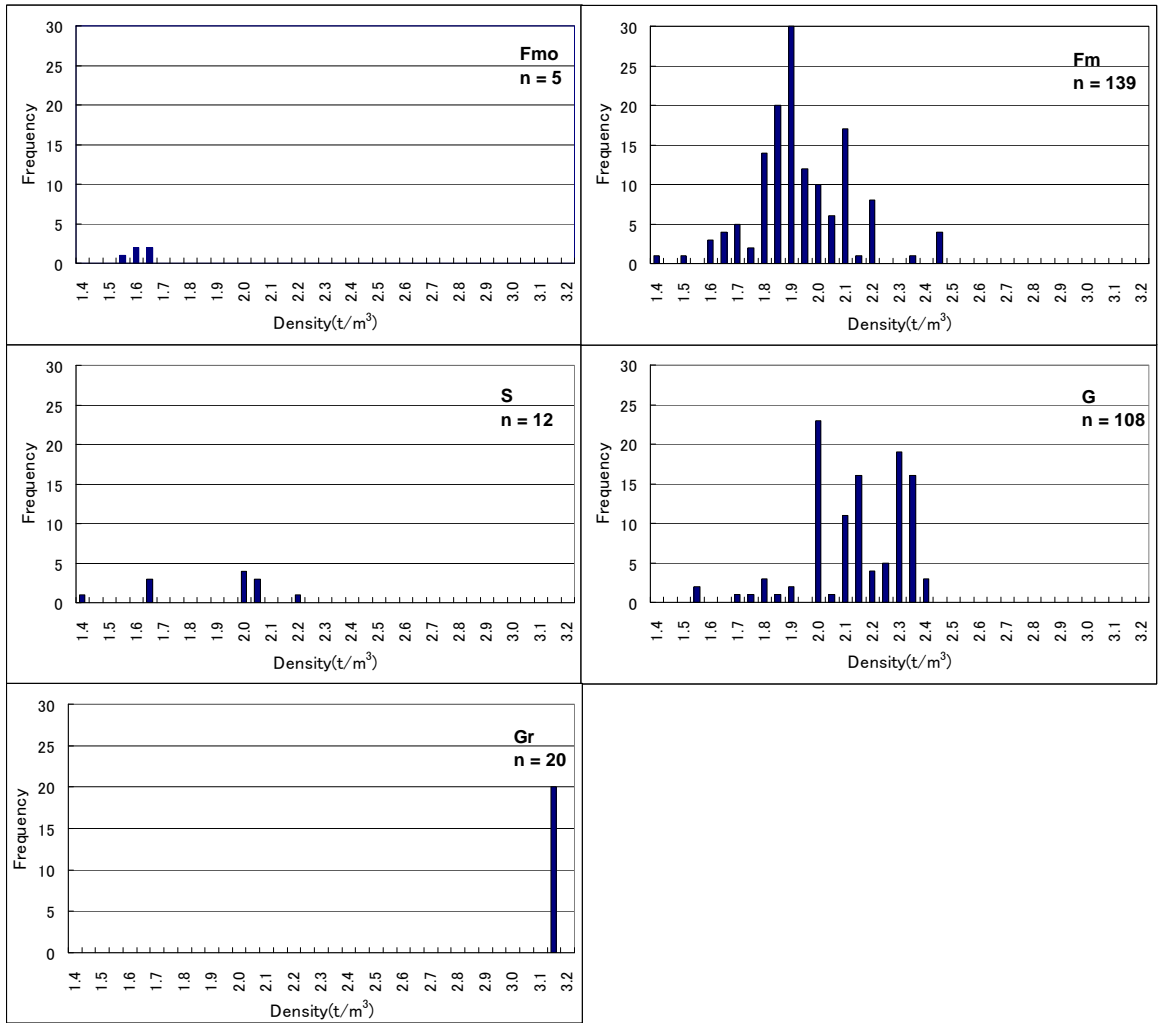


図 2.3.5 密度の頻度分布

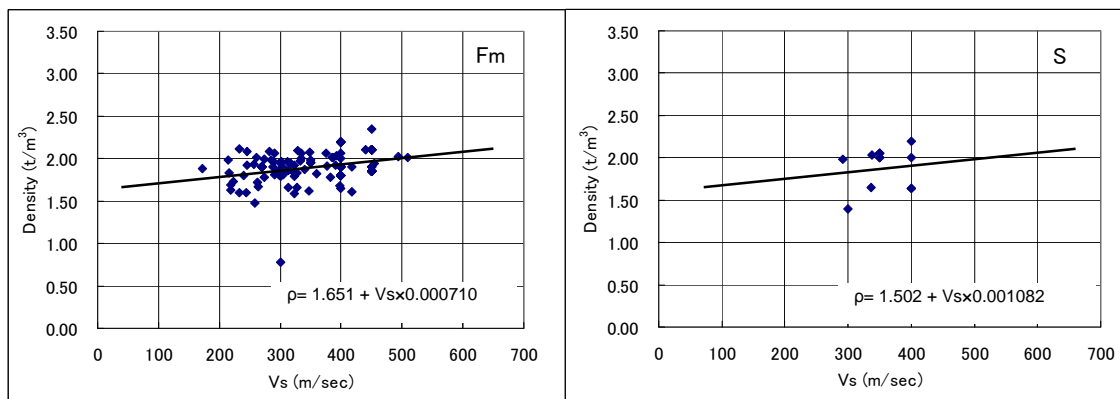


図 2.3.6 S波速度と密度の関係図

表 2.3.3 設定した密度

地盤分類	密度 (t/m^3)
Fmo	1.65
Fms	1.80
Fm	$\rho = 1.651 + V_s \times 0.000710$
S	$\rho = 1.502 + V_s \times 0.001082$
G	2.00
Gr(w)	2.50
Gr	3.15

(2) 変形係数

第 2.3.4 項で示す N 値や S 波速度は、液状化評価や増幅解析に必要な不可欠な変数である。しかしながら、アルマティ市ではこれらの試験や探査をほとんど実施しておらず、その調査結果はわずかししか入手することができなかった。そこで、本調査では収集した一軸圧縮試験結果から求めた変形係数 E を整理して、N 値や S 波速度を推定することとした。

変形係数 E は、応力-ひずみ曲線を描いたときの、直線部分の傾きとして示される (図 2.3.7)。

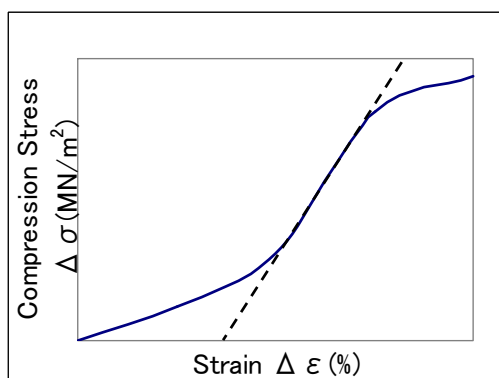


図 2.3.7 応力-ひずみ曲線の例

整理した変形係数 E は、Fmo (n=2)、Fm (n=78)、S (n=4) に関するもので、合計で 84 試料である。これらの頻度分布を図 2.3.8 に示す。

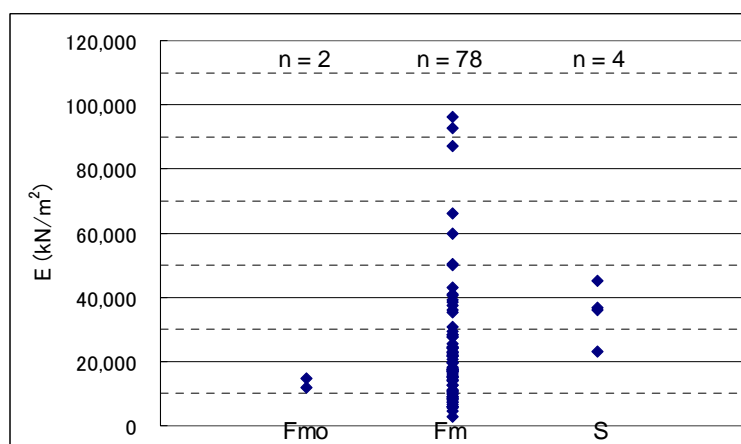


図 2.3.8 変形係数 E の頻度分布図

一軸圧縮試験から求めた変形係数は、ボーリングやサンプリングによる応力解放や、試料運搬や成形による乱れの影響を受けるため、実際の地盤状況とはかけ離れた値になることがある。このため、変形係数から求めたN値やS波速度の換算値を利用する場合は誤差について十分な配慮が必要である。地震解析などの定数設定には、原位置試験や物理探査の結果を可能な限り収集することが望ましい。

(3) 平均粒径・細粒分含有率

平均粒径および細粒分含有率は、液状化評価に必要な変数であり、図 2.3.9 に示す Fm (n=7)、S (n=9)、G (n=17) の室内試験結果に基づいて、地盤分類ごとの頻度分布を勘案して設定した (表 2.3.4 参照)。Fmo および Fms の平均粒径・細粒分含有率は Fm と同じとした。

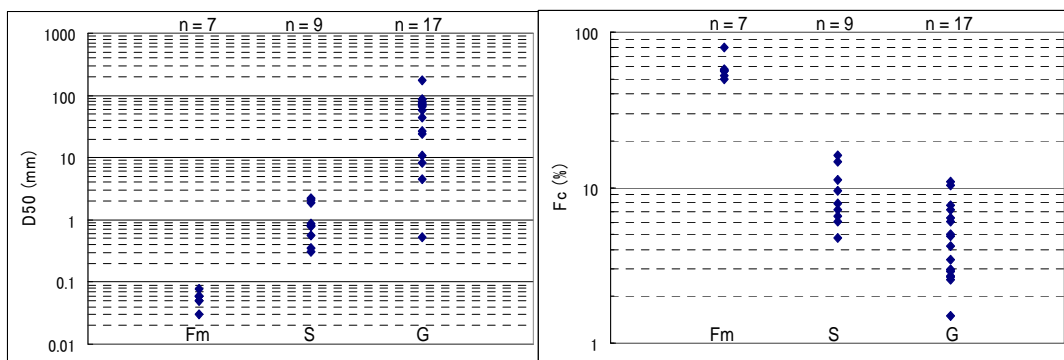


図 2.3.9 平均粒径 (D50) と細粒分含有率 (Fc) の頻度分布図

表 2.3.4 設定した平均粒径と細粒分含有率

地盤分類	平均粒径D50 (mm)	細粒分含有率Fc (%)
Fmo	0.05	55
Fms	0.05	55
Fm	0.05	55
S	1.00	10
G	50.00	5

(4) 塑性指数

砂および細粒土の塑性指数 (Ip) は、液状化評価に必要な変数であり、図 2.3.10 に示す Fm (n=4)、S (n=17)、G (n=5) の室内試験結果に基づいて、地盤分類ごとの頻度分布を勘案して設定した (表 2.3.5 参照)。Fms の塑性指数は Fm と同じとした。

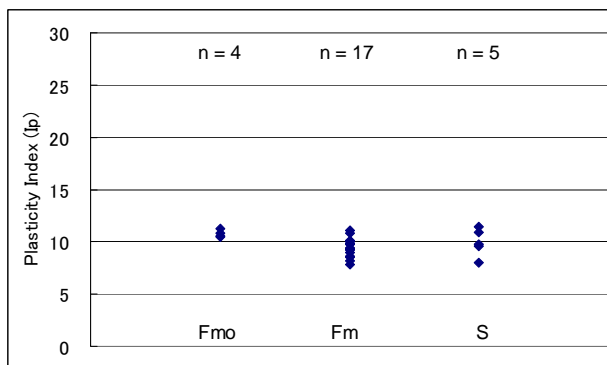


図 2.3.10 塑性指数の頻度分布図

表 2.3.5 設定した塑性指数

地盤分類	塑性指数Ip
Fmo	11
Fms	10
Fm	10
S	10

2.3.4 原位置試験データ

地震動の増幅解析および液状化評価のために必要な変数を設定するために、S波速度（Vs）データを地震研究所から収集した。このデータと室内試験結果を利用して、以下の項目の変数を地盤分類ごとに整理した。

- N値、S波速度

(1) N値

標準貫入試験で得られるN値は液状化評価に必要な変数であるものの、アルマティ市では標準貫入試験やコーン貫入試験などをほとんど実施しておらず、これらの調査結果を入手できなかった。そこで収集した変形係数Eを利用して、N値を想定した。変形係数からのN値推定は、日本で一般的に使われている以下のN値と変形係数の関係式（社団法人地盤工学会：2007）を利用した（図2.3.11）。

$$E_p = 670 \times N^{0.986}$$

$$E_p = E_c$$

E_p ：孔内水平載荷試験により得られた変形係数

E_c ：一軸ないし三軸圧縮試験から求めた変形係数

N：N値

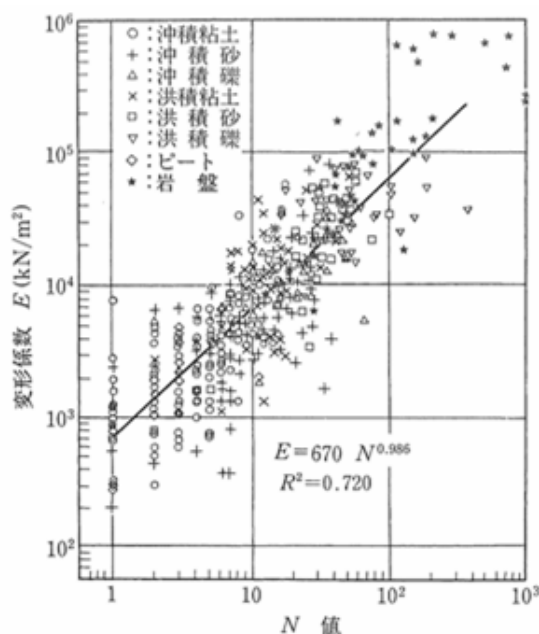


図 2.3.11 変形係数と N 値の関係（「地盤調査の方法と解説」地盤工学会）

N値とS波速度との関係式（次節）を用いて、実測のS波速度からN値を換算した。これを、図2.3.12に示す、変形係数からの換算N値、ならびにS波速度からの換算N値の頻度分布に

基づいて、各地盤分類におけるN値を設定した(表2.3.6)。なお、それぞれの換算N値のデータ数量は、表2.3.7に示すデータ数量と同じである。

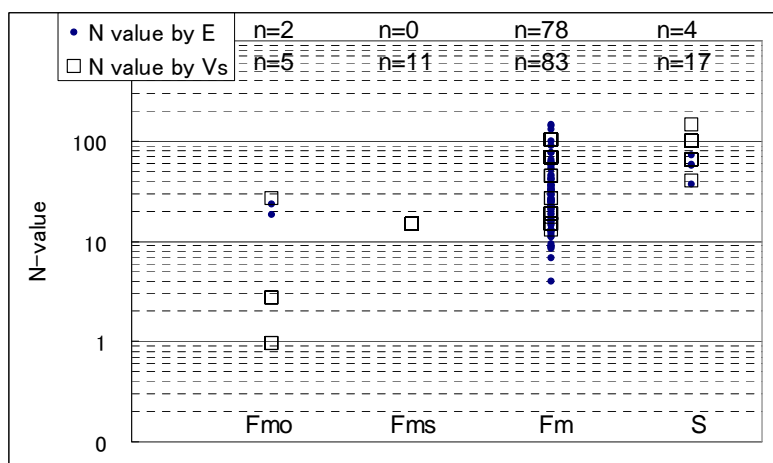


図 2.3.12 換算 N 値の頻度分布図
(E : 変形係数、Vs : S 波速度)

表 2.3.6 設定した N 値

地盤分類	想定N値
Fmo	3
Fms	14
Fm	37
S	55

(2) S 波速度

S 波速度 (Vs) は、増幅解析のために重要な変数であるが、収集された S 波速度の実測値は、地震研究所によって計測された 13 孔分のみである。そこで、N 値との関係式(日本の中央防災会議による経験式; 内閣府, 2005)を利用して、変形係数から求めた N 値から換算した S 波速度を求めた。

日本の中央防災会議による N 値と S 波速度の関係式

$$V_s = a \times N^b$$

Vs : S 波速度(m/sec)、N : N 値

a : 粘土 : 111.30、砂 : 94.38、礫 : 123.05

b : 粘土 : 0.3020、砂 : 0.3144、礫 : 0.2443

各地盤分類の Vs 実測値および変形係数からの換算値の数量一覧を表 2.3.7 に示すとともに、頻度分布を図 2.3.13 に示す。これらの頻度分布に基づいて各地盤分類の S 波速度を設定した(表 2.3.8)。なお、Gr(w)は、日本の風化花崗岩の例を参考として想定した(加島ほか, 2000)。

表 2.3.7 S 波速度のデータ数一覧

地盤分類	実測値の数量	変形係数からの換算値の数量
Fmo	5	2
Fms	11	0
Fm	83	78
S	17	4
G	38	0
Gr	20	0

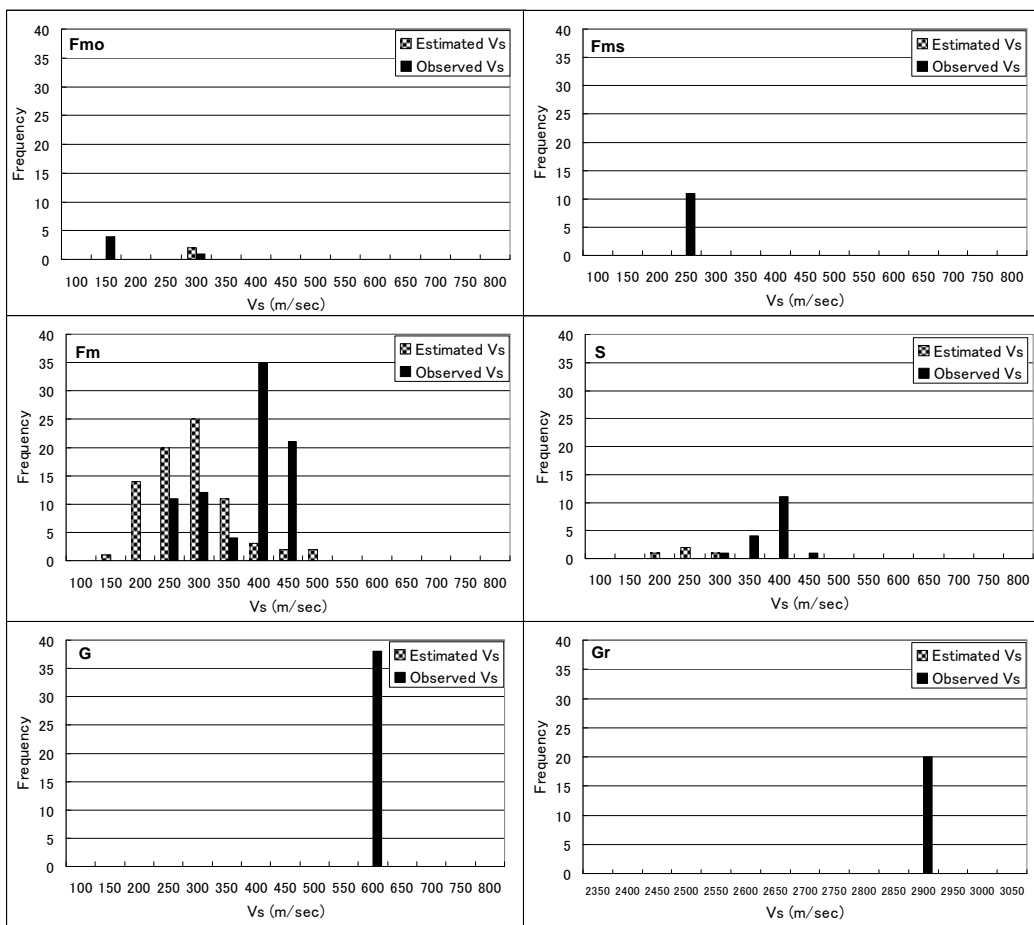


図 2.3.13 S波速度の頻度分布

ただし、Fm と S は深度とともに固結度が増し、S 波速度が増加すると予想されたため、これらの S 波速度については一定値ではなく、実測値・換算値と深度との関係を整理し（図 2.3.14）、次に示すとおり、深度との関係を示す一次回帰式による値として設定した。

- a) 細粒土 $V_s = 338.090 + D \times 2.250$
- b) 砂 $V_s = 346.108 + D \times 2.353$

ここで、 V_s : S 波速度(m/sec)、 D : 深度(m)

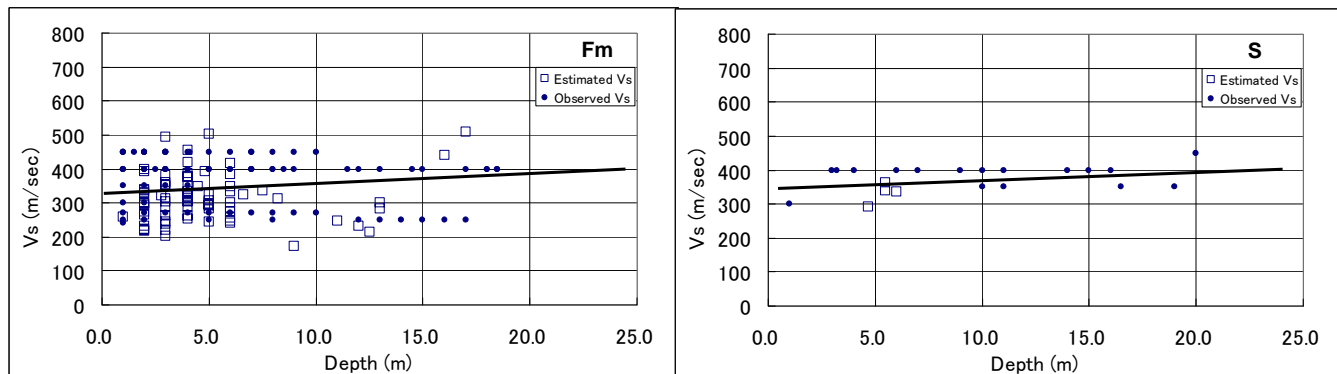


図 2.3.14 深度と S 波速度の関係図

表 2.3.8 設定したS波速度

地盤分類	Vs (m/sec)
Fmo	150
Fms	250
Fm	$V_s = 338.090 + D \times 2.250$
S	$V_s = 346.108 + D \times 2.353$
G	600
Gr(w)	750
Gr	2,900

2.3.5 物性値一覧

設定した物性一覧を表 2.3.9 に示す。

表 2.3.9 物性値一覧

記号	Vs (m/sec)	密度 (t/m ³)	D50 (mm)	Fc (%)	Ip	N 値
Fmo	150	1.65	0.05	55	11	3
Fms	250	1.80	0.05	55	10	14
Fm	$V_s = 338.090 + D \times 2.250$	$\rho = 1.651 + V_s \times 0.000710$	0.05	55	10	37
S	$V_s = 346.108 + D \times 2.353$	$\rho = 1.502 + V_s \times 0.001082$	1.00	10	10	55
G	600	2.00	50.00	5	-	-
Gr(w)	750	2.50	-	-	-	-
Gr	2,900	3.15	-	-	-	-

Vs : S波速度(m/sec)、D : 深度(m)、ρ : 密度(t/m³)

2.3.6 地下水位

収集したアルマティ市内の地下水位データの一覧を表 2.3.10 に示す。アルマティ市内の地下水は近年急激に上昇していることが知られているため、2004 年以降に計測したデータのみを利用した。これらの地下水位データに基づいて作成した地下水分布図を図 2.3.15 に示す。

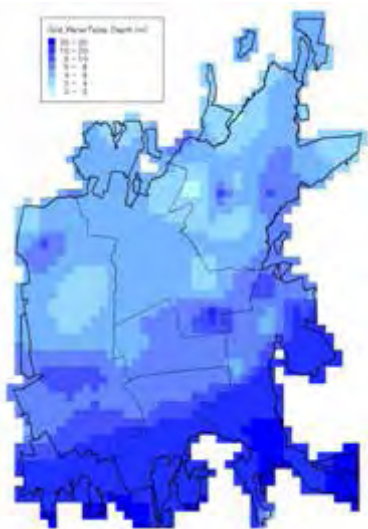


図 2.3.15 地下水位分布図

表 2.3.10 実測地下水位一覧表

No.	Ground water Level (m)	Origin of the data	Year	No.	Ground water Level (m)	Origin of the data	Year	No.	Ground water Level (m)	Origin of the data	Year
1	8.6	Akimat	2006	33	11.9	Akimat	2006	65	6.0	Akimat	2006
2	8.5	Akimat	2006	34	10.9	Akimat	2006	66	6.2	Akimat	2006
3	7.9	Akimat	2006	35	10.9	Akimat	2006	67	6.1	Akimat	2006
4	8.1	Akimat	2006	36	10.9	Akimat	2006	68	9.7	Degar LLP	2006
5	8.2	Akimat	2006	37	10.9	Akimat	2006	69	1.3	Degar LLP	2007
6	8.1	Akimat	2006	38	11.8	Akimat	2006	70	4.1	Degar LLP	2007
7	8.7	Akimat	2006	39	10.9	Akimat	2006	71	4.1	Degar LLP	2007
8	8.8	Akimat	2006	40	7.0	Akimat	2004	72	5.5	Degar LLP	2005
9	8.4	Akimat	2006	41	6.8	Akimat	2004	73	5.5	Degar LLP	2005
10	8.7	Akimat	2006	42	7.0	Akimat	2004	74	5.0	Degar LLP	2007
11	9.6	Akimat	2006	43	6.9	Akimat	2004	75	4.9	Degar LLP	2007
12	10.1	Akimat	2006	44	9.2	Akimat	2006	76	5.2	Degar LLP	2006
13	9.3	Akimat	2006	45	12.2	Akimat	2006	77	5.3	Degar LLP	2006
14	9.0	Akimat	2006	46	10.4	Akimat	2006	78	4.8	Degar LLP	2006
15	9.2	Akimat	2006	47	8.9	Akimat	2006	79	5.2	Degar LLP	2006
16	9.6	Akimat	2006	48	7.8	Akimat	2006	80	4.8	Degar LLP	2005
17	9.6	Akimat	2006	49	11.6	Akimat	2005	81	1.2	Degar LLP	2006
18	9.8	Akimat	2006	50	6.0	Akimat	2005	82	1.4	Degar LLP	2006
19	10.3	Akimat	2006	51	6.1	Akimat	2005	83	6.0	Degar LLP	2006
20	9.2	Akimat	2006	52	6.0	Akimat	2005	84	6.0	Degar LLP	2006
21	9.4	Akimat	2006	53	6.1	Akimat	2005	85	3.5	Degar LLP	2007
22	9.6	Akimat	2006	54	5.2	Akimat	2004	86	3.5	Degar LLP	2007
23	10.5	Akimat	2006	55	5.7	Akimat	2005	87	2.2	Degar LLP	2007
24	11.1	Akimat	2006	56	6.9	Akimat	2006	88	9.1	Degar LLP	2007
25	10.2	Akimat	2006	57	7.2	Akimat	2006	89	2.3	Degar LLP	2006
26	9.8	Akimat	2006	58	7.2	Akimat	2006	90	2.0	Degar LLP	2006
27	11.5	Akimat	2006	59	6.9	Akimat	2006	91	8.5	Degar LLP	2007
28	11.2	Akimat	2006	60	6.7	Akimat	2006	92	7.5	Degar LLP	2007
29	10.7	Akimat	2006	61	2.2	Akimat	2005	93	7.43	YuzhKazNedra	2007
30	10.5	Akimat	2006	62	2.2	Akimat	2005	94	4.5	YuzhKazNedra	2007
31	10.0	Akimat	2006	63	0.4	Akimat	2005	95	5.43	YuzhKazNedra	2005
32	10.1	Akimat	2006	64	2.0	Akimat	2005	96	21.08	YuzhKazNedra	2007

参考文献

- 1) Korjenkov A., Baipakov K., Chang C., Peshkov Y. and Savelieva T. (2003): Trace of Ancient Earthquakes in Medieval Cities Along the Silk Road, Northern Tien Shan and Dzhungaria, Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 12, pp. 241-261.
- 2) Korjenkov A.M, Mamyrov E., Omuraliev M., Kovalenko V.A. and Usmanov S.F. (2004a): Rock Avalanches and Landslides Formed in Result of Strong Suusamyr Earthquake in the Northern Tien Shan –Test Structures for Mapping of Paleoseismic Deformations by Satellite Images, Proceeding of the 7th International Symposium on High-Mountain Remote Sensing Cartography, Kyrgyzstan.
- 3) Korjenkov A.M, Kovalenko V.A. and Usmanov S.F. (2004b): Long-Term Preservation of Paleoseismic Deformations as a Tool for Revealing Traces of Ancient Seismic Catastrophes –On Example of the Chon-Kemin Valley, Kyrgyzstan, Proceeding of the 7th International Symposium on High-Mountain Remote Sensing Cartography, Kyrgyzstan.
- 4) 加島延行, 福永勸, 佐伯宗大, 小関潤一 (2000) : 大規模橋梁基礎の地震後残留沈下量推定手法の検討 (その2) , 土木学会第 55 回年次学術講演会, I-B460.
- 5) 社団法人地盤工学会 (2007): 「地盤調査の方法と解説」 p.324.
- 6) 内閣府 (2005) : 地震防災マップ作成技術資料, p.44..

2.4 建物

2.4.1 概要

建物に関するデータとしては建物インベントリーのデータと建物の過去の地震被害に関するデータに大別できる。

建物インベントリーデータに関しては既存のデータ単独で調査対象地域をカバーするものではなく、今回実施した建物サンプリング調査を含めて次の5種類のデータを使用してインベントリーデータを作成した。

- 建物サンプリング調査の結果（第2.4.2項参照）
- 法務省不動産センターの登録住宅情報（第2.4.3項参照）
- 市統一管制センター所有の既存GIS
- 今回新たに作成したGISデータベースのうち、建築物のデータ（第4.3.3項参照）
- アルマティ市統計白書(2007)

建物サンプリング調査は、調査対象地域で人口の80%以上が居住している集合住宅を対象として実施した。この調査により建物構造分類に関するデータ収集を行った。同時に、建物脆弱性が評価できるよう型番で示される集合住宅の標準設計図面の一部（基準階平面図あるいは伏図）を入手した。部材詳細、配筋等はヒアリングによって可能な範囲で入手した。

公共建築や商業施設等の非住宅建築に関しては、建物インベントリーと脆弱性に関するデータ収集が容易でないことから、データ収集の対象からは除外した。

建物の地震被害データに関しては、「カ」国内では2003年ルガフスコイ地震があり、近隣国では1988年アルメニアのスピタク地震があり大被害を出した。アルマティ市に被害を与えたものとしては、1887年 Verny 地震、1889年 Chilik 地震、1911年 Kemin 地震があり、当時の主要構造であった1～2階建てレンガ組積造が大きな被害を受けた。しかし、これらの入手可能な地震被害データから現在のアルマティ市の既存建築物の脆弱性を評価できるデータは少なかった（山中ほか、1989、EERI、1989、UNDP、2004）。

2.4.2 建築物サンプリング調査

(1) 経緯

建築物の地震時被害想定には、構造種別毎の建物分布に関するインベントリーデータが必要となる。事前調査の段階で、統一管制センターのGISデータと法務省傘下の不動産センターの建物データが既存データとして有効利用できるとされていた。しかし、統一管制センターでの担当者からのヒアリングで、GISデータは住所から建物位置を特定する等の緊急時対応を主にしたデータベースであり、建物の構造データはごく一部しかないことが判明した。

一方、不動産センターのデータは、集合住宅・個人住宅別に6地区について建物毎にエクセル形式のデータがまとめられていた。しかし、詳細検討の結果、構造種別を示していると想定されたデータは壁種別であり、構造種別データはないことが判明した。建物登記上、冬季時の建物断熱性を示す壁種別が構造種別より重要であるという背景があった。この結果、同センターの建物階数・年代データと壁種別データから、構造種別を推定・判定する必要が生じた。

さらに、建物脆弱性を評価できる図面・資料の入手も必要であったので、建物サンプリング調査を実施した。調査は耐震工学研究所（KazNISSA）に再委託し、2007年12月から2008年2月にかけて実施した。

(2) 調査内容

アルマティ市内の集合住宅を対象にした計320棟のサンプリング調査を通して、‘パスポート’と呼ばれている建築物構造評価書を作成した。‘パスポート’から構造分類と種別毎の地震時脆弱性の基礎的評価を行い、また建築物インベントリーの作成に利用した。

‘パスポート’は図2.4.1に示す内容からなる。項目16の地震時脆弱性評価は、以下の4区分で示される。

- 1: Earthquake proof（耐震性がある） 2: Earthquake safe（条件付きで耐震性がある）
3: Not Earthquake safe（耐震性が不足している） 4: Hazardous（危険である）

PASSPORT No. 3	
Inspection of the Bbuilding AI-1	
1. Name of object	Residential building
2. Location	ул. *****, 122
3. Year of design / Year of construction	1973 / 1975
4. Type of design	Typical series - VT-20
5. Category of soil by seismic properties	1
6. Earthquake activity of region	9
7. Design approach	Rectangular shape in plan, without height discontinuity, basement
8. Number of stories	5
9. Availability of seismic risk management	Available
10. General description of design	Frame building
- Foundation	Reinforced concrete post
- Bearing structure	Reinforced concrete frame
- Floor structure	Reinforced concrete slabs
- Wall structure	Brick walls
- Partition	Brick, gypsum rolling
11. Dimension in plan (LxB), m	60 x 12
12. Height (H), m	15
13. Total areas, m ²	3240
14. Structural volumes, m ³	10800
15. Conclusion of the structure	Satisfactory
16. Evaluation of seismic vulnerability (earthquake resistance)	Earthquake-safe
17. Cost of building, thou. \$ / thou. KZT	1588,3 / 190596,24
18. The number of people living or working (staying) during one shift	32 apartments - 160
Inspected:	date 09.01.2008 .

図 2.4.1 パスポートの例

(3) 調査建物

まず市の中心地域から、ランダムに 80 棟選定した。この地区は 1950 年代の建設で、地震時脆弱性が高いとされている (Almalin-1, Zhetysu-1, Medeu-1)。他の地区からは、建設年代等を考慮して調査地域を選定し、各地区から 20~30 棟をランダムに選定した (Almalin-2、Auezov-1、-2、Bostandyk-1、-2、Zhetysu-2、Medeu-2、Turksib -1、-2、-3)。合計 320 棟を調査した。調査した地区と建物を図 2.4.2、図 2.4.3 に示す。

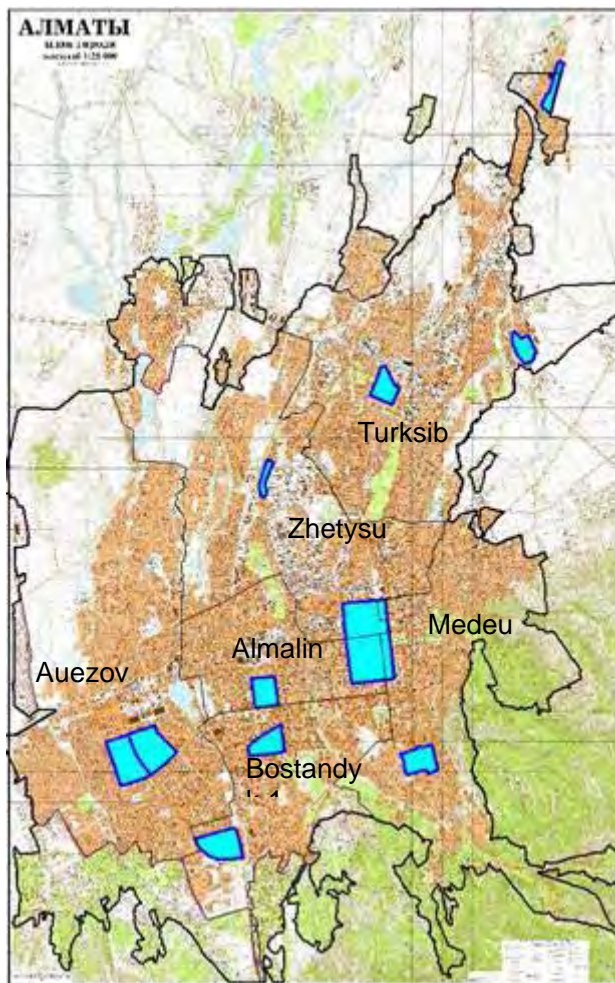


図 2.4.2 建物サンプリング調査地区



図 2.4.3 サンプリング調査をした建物

(4) 調査結果

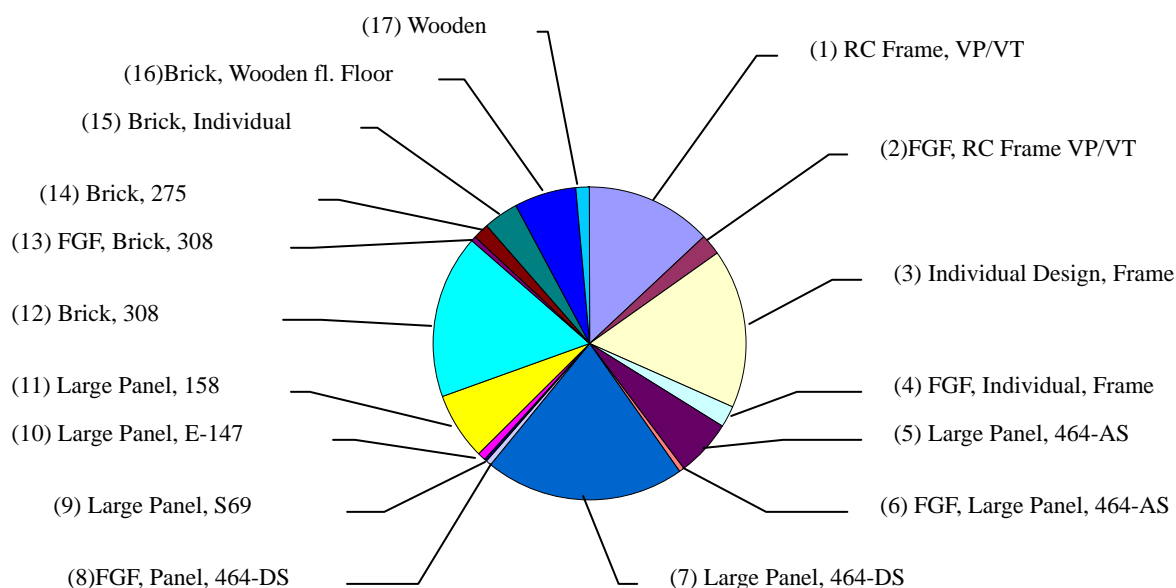
建物サンプリング調査の結果を表 2.4.1 と図 2.4.4 に示す。集合住宅の構造は、鉄筋コンクリート骨組構造系、大型パネル構造（壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造）系、レンガ組積造系の3種類に大別され、各々が全体のおよそ 1/3 を占めていた。型番による標準設計がされているものと、個別の設計がされているものがあるが、大型パネルは全て型番による標準設計である。細分類すると 17 種類となった。構造の詳細に関しては、本節の以下の項および第 6.1 項を参照されたい。

調査には 1 階が店舗で壁が少なく、剛性・強度が相対的に低い Flexible Ground Floor、(FGF : 以下、ソフト階と称する) のある集合住宅という、地震時脆弱性の高い建物を含んでいる。このソフト階を持った建物については、サンプリング調査によるその比率が実状より高いと想定される Almalin-1 と Zhetysn-1 エリアについて追加調査を実施し、全体棟数に対するソフト階建物比率の修正を行った。

表 2.4.1 建物サンプリング調査結果集計表

District/ Area	Sample Number	Soil Classifi- cation	RC Frame				Large Panel							Brick Masonry				Wooden		Type
			VP/VT	VP/VT-FGF	Individual	Ind.-FGF	464-AS	AS-FGF	464-DS	DS-FGF	S69	147	158	308	308-FGF	275	Individual	Wooden fl.	Individual	
			4~5	4~5	5~9	5~8	5	5	4~5	5	5	8	9	(3~4)	4	4	3~4	3~4	2	
			71~93	74~79	54~05	70~81	60~65(70)	68~73	61~71~91	73~74	82	72~77	76~78	61~72	65	58~60	47~68	36~59	32~57	Number of storey
Al-1	30(29)	1	5	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	9	0	2	6(5)	2	0	
Al-2	20(18)	1	10	0	3(2)	1	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	1(0)	0	0	
Au-1	25	1	0	0	4	0	0	0	8	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	
Au-2	25	1	1	0	1	0	12	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bo-1	30	1	4	0	1	0	4	0	10	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	
Bo-2	30	1	0	3	2	0	0	0	16	2	0	3	4	0	0	0	0	0	0	
Me-1	25(24)	1	2	3	8(7)	0	0	0	1	0	0	0	0	8	0	0	0	3	0	
Me-2	30	1	9	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2	11	0	1	2	2	0	
Tu-1	20	2	5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	2	1	3	3	
Tu-2	20	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	9	0		
Tu-3	20	2	3	0	4	0	0	0	6	0	1	0	0	5	0	0	0	0	1	
Zh-1	25(24)	1	2	1	5(4)	3	0	1	6	0	0	0	3	2	0	1	1	0		
Zh-2	20(18)	3	0	0	20(18)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sub-total			41	7	56(51)	7	18	2	64	2	1	3	21	53	2	5	14(12)	20	4	
Total	320 (313)		111(106)				111							94(92)				4		

()内は、学校、ホテルを調査に含んだ場合、それらを除いた集合住宅の棟数を示す。



注) FGF (Flexible Ground Floor) はソフト階のある集合住宅を示す

図 2.4.4 サンプル調査による集合住宅の構造種別

2.4.3 不動産センターの建物データ

(1) 建物サンプル調査による検証

法務省傘下の不動産センターの建物データは、各建物の住所、建設年度、階数、所帯数、壁種別等がデータベース化されているが、集合住宅の構造種別は示されていない。そこで壁種別データ他から構造種別を推定するために、建物サンプル調査の結果を用いた検証を行った。建物サンプル調査の構造種別データ（320 棟）のうち、不動産センターのデータと対応できた 253 棟について比較した。この内容を精査し、不動産センターの壁種別、階数、建設年代のデータから構造種別を推定（判定）することにした。この方法を上記 253 棟に適用した場合、推定の精度は全体で 97%、大型パネルで 94%であった。

(2) 市外の個人住宅

調査対象範囲であるが市外の住宅については不動産センターにも属性データがなく、追加調査を実施した。市外を 13 の区域に分割し、計 969 棟の個人住宅の構造種別をランダムに簡易調査（外観による判定）した。アドベ、レンガ/ブロック造、木造の 3 分類の全体比率は、各々 14%、65%、20%であった。

2.4.4 建物インベントリーデータの作成

インベントリーデータの作成にあたっては調査対象地域の特性を反映させるため、以下の点に考慮した。

- 建物は個人住宅とアパートを分離して取り扱う。
- 工場等の明らかに非住宅の建物は除外する。

- マイクロリージョン¹（脚注参照）内は比較的最近開発された地域が多く、また住居表示の方式が他の地域と異なるため、分離して取り扱う。
- 特に市の南部などでは急速に再開発が進行しており、既存データと整合しない地域がある。この場合は今回作成した GIS データの情報を優先する。
- 調査地域には Almaty 市外も含まれる。これらの地域は既存データでは把握できないため、現地調査を行う。

図 2.4.5 にマイクロリージョン、既存地形図（1986）から大幅に建築物が変化した地域、統一管制センターGIS に含まれる建物の分布を重ねて示した。

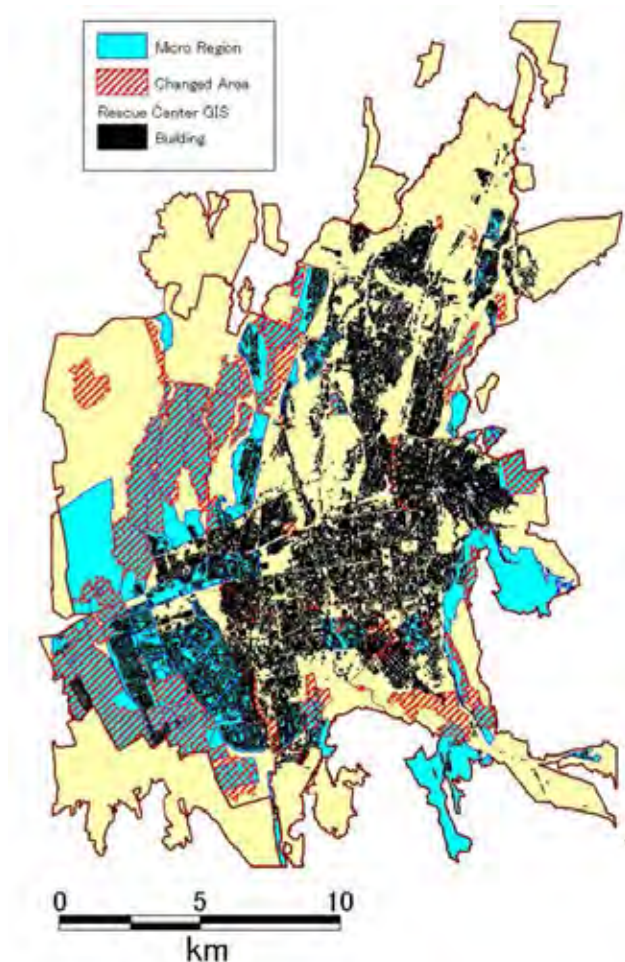


図 2.4.5 マイクロリージョンと既存地形図から建物分布が大きく変化した地域

注) 本図は、アルマティ市北部にアラタウスキー区が新設される前に作成された地図であるため、アラタウスキー区は含まれていない。

¹ マイクロリージョン

マイクロリージョンとは、アルマティ市内に存在する街区のようなある広がりを持った地域を意味する。各マイクロリージョンには、“ORBITA-1” “ORBITA-2” といった名称が付いている。アルマティ市の住居表示は一般的には「道路名」+「建物番号」であらわされているが、マイクロリージョン内では「道路名」のかわりに「マイクロリージョン名」が用いられている。調査範囲内のマイクロリージョンの面積は91.4km²で、調査予定地域の26.3%を占め、市の中心部には少なく、周辺部の比較的新しく開発された地域に多く分布する。

建物棟数分布推定の概略作業フローを図 2.4.6 に示す。

(1) 不動産センターデータと既存 GIS のマッチング処理

不動産センターのデータは、住宅の位置は「通路名」と「建物番号」であらわされている。統一管制センターの GIS データに含まれている建物データでは、建物ポリゴンに対して「通路名」と「建物番号」が与えられているため、これを利用して不動産センターデータに GIS 上での位置情報を与えた。マイクロリージョン内の建物についてはマイクロリージョンの位置情報を与えた。ただし、既存 GIS は特に北西部の建物情報が欠けているため、この地域についてはマッチングできなかった。

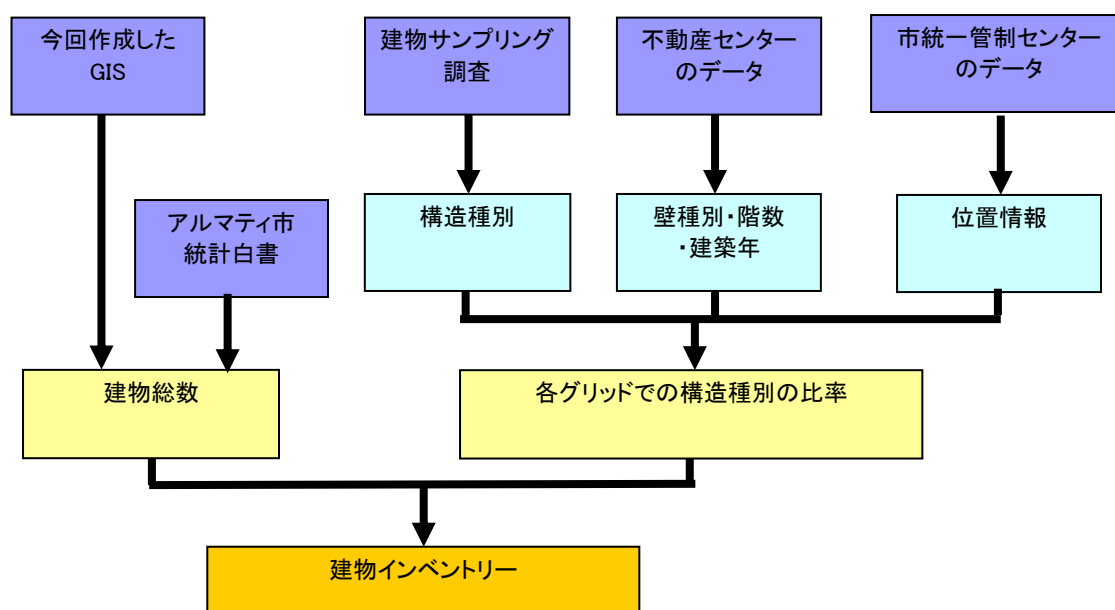


図 2.4.6 建物インベントリー評価の流れ

(2) 不動産センターデータを用いたグリッドごとの建物構造比率の推定

不動産センターデータに含まれている壁種別、階数、建設年データから当該建物が被害想定用建物分類（第 2.4.5 項参照）のどの区分に相当するかを推定し、グリッドごとあるいはマイクロリージョンごとに集計した。この結果より、グリッドごとあるいはマイクロリージョンごとの建物構造比率を算定した。また、不動産センターデータのうち既存 GIS で位置情報が与えられなかった住宅は、その多くが建物分布の変化部に存在していると推定できることから、このデータを用いて変化部の建物構造比率を推定した。

(3) 今回新規に作成した GIS データからの建物数カウント

作成したインベントリーデータから、既存 GIS に含まれる「市場」、「工場」、「軍用地」属性のブロックに位置する建物を削除し、さらに目視で明らかに非住宅と思われるデータを削除した。図 2.4.5 のマイクロリージョン、建物分布の変化部、それ以外の地区別にグリッドごとの建物数をカウントした。この際、不動産センターデータを参考にして、建床面積 260m^2 以上の建物を集合住宅と認定し、 60m^2 以下の建物は付属屋等の構造物であると判断して削除した。今回作成した建物 GIS データ（ $500\text{m} \times 500\text{m}$ グリッド）の一部を図 2.4.7 に示す。データは 2007 年 5

月時点のものである。その後の再開発事業による既存個人住宅の撤去等のデータ変化域については、2008年3月時点で追加調査しGISデータに反映させた。

(4) アルマティ市統計白書による補正

以上の操作によって集計したGISの建物データ数は、アルマティ市統計白書に示されている住宅数と比較して大幅に棟数が多い。これは、GISの建物データにはまだ多くの非住宅建物や構造物が含まれているものと考えられる。そこで、アルマティ市統計白書2007年におけるアルマティ市内の推定値である、人口129万人、住宅棟数68,585棟、住宅戸数391,555世帯を真の値として、グリッドごとの建物数集計結果を補正した。

(5) 構造別建物棟数の推定

集計したグリッドごとの建物棟数に、グリッドの属性、すなわち「マイクロリージョン」、「変換部」または「それ以外の部分」に応じて構造別分類比率を適用して構造別の棟数を個人住宅、集合住宅別に算定した。

(6) 住宅戸数の推定

以上の説明は建物棟数について行ったが、不動産センターデータには1棟ごとに戸数のデータも含まれている。そこでこのデータを用いて上記と同様の処理を行い、構造別の戸数分布も把握した。このデータは死傷者の算定に用いた。



図 2.4.7 建物 GIS データの一部

2.4.5 建物分類と構造概要

(1) 建物分類

建物サンプリング調査の結果にもとづいて、第 6.1 項に示されるような建物脆弱性に差異があると判断される建物分類の検討を行い、集合住宅用に 7 分類、個人住宅用に 3 分類、ただし、木造は集合住宅、個人住宅共通の分類とし、計 9 分類とした。表 2.4.2 に採用した建物構造分類と代表的な階数、建設年を示す。

表 2.4.2 被害想定用の建物分類

Number of Category	Application		Type of Structure	Typical Number of Stories	Construction Year (or Design Code)
	Multi-Storey	Individual House			
1		○	Adobe	1 storey	all
2		○	Brick/Block	1~2 storey	all
3	○		Brick with Wooden Floor	2~3 storey	1958 and Before
4	○		Building with Flexible Ground Floor	4~9 storey	all
5	○		Brick with Concrete Floor (308)	3~4 storey	1959 and After
6	○		RC Frame (VP/VT), and 1998 and Before	5~9 storey	1998 and Before (Old SNIp)
7	○	○	Wooden	1~2 storey	all
8	○		RC Frame/Monolithic 1999 and After	all	1999 and After (New SNIp)
9	○		Large Panel (464-AS, DS, 158)	4~9 storey	all

(2) 構造概要

建物分類別の構造概要を以下に記す。

1) 集合住宅 (King et al., 1996 ほか)

〔分類 3、5〕 レンガ組積造

レンガ組積造は 1930 年頃から 1960 年代にかけて集中的に建設された。初期のレンガ組積造は 2~3 階建てが多い。床は木造で床の水平剛性は不十分とみられる。木造床のレンガ内の耐震ベルト (seismic belts) と呼ばれる RC 部材のコンクリート強度は B12.5 (164 kg/cm²) 程度である。レンガ壁のモルタル強度は低く劣化も進んでいると見られている。

1958 年頃以降のレンガ組積造は標準設計である型番 308 を含めて 3~4 階建てで、床が現場打ちかプレキャストのコンクリート床である。レンガ内の耐震ベルト部材のコンクリート強度は 1955 年頃までは B15 (196.5 kg/cm²) 程度であったが、以後はより強度の高いコンクリートが使用された。壁のモルタルは Class50 という圧縮強度 50 kg/cm² (5 N/mm²) のモルタルが標準的に使用された。

〔分類 6〕 鉄筋コンクリート造 (1988 年以前)

1988 年以前に建設された鉄筋コンクリート骨組み構造で、階数は 4~9 階が多い。1995 年頃までは現場打ちの柱とプレキャスト梁の組み合わせが主流だった。床はプレキャストのボイドスラブが多く用いられた。梁と床のボイドスラブは一体になっていない。型番による標準設計である 4~5 階建ての VP/VT シリーズの建物が多く建設された。VT シリーズの標準スパンは桁行き方向 3.6m、張間方向 5.4 m である。VP シリーズはやや大きく、標準スパン 4.0 m x 6.0 m である。プレキャスト梁は、梁端部で梁主筋と柱からの梁主筋とをタブプレートを使って溶接

し、コンクリートを充填する。この際、現場溶接と充填コンクリートについて、施工品質が十分でなかった場合もあったと云われている。外周には中実レンガ壁が使われている。当初は間仕切りにもレンガ壁が使われ、後に軽量間仕切り壁（gypsum light weight concrete panel）が使われるようになった。9階建ても建設されているが、標準設計でも特に型番名はついていない。ソ連崩壊後は、個別設計（individual design）のみが行われている。

〔分類8〕鉄筋コンクリート造/モノリシック（1999年以降）

1999年以降に建設されたRC造/モノリシックである。1998年に新しい耐震規準SNiPが施行され、設計用せん断力は、約1.5倍に増大した。現場打ちの鉄筋コンクリート骨組み構造が主流で、モノリシックと呼ばれている。鉄筋コンクリート壁（耐震壁）を有するものが多い。標準設計というものはなく、設計内容・階数は多様化している。

〔分類9〕大型パネル

壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造で、大型パネル構造（Large Panel）と呼ばれる。4階建ての型番464-ASがまず開発・建設された。外壁は10cmがRC造、断熱材が20cmで計30cm厚である。4階建てで、1967年のMedeu砂防ダム建設時の爆破実験で耐震性が検証された。性能が良かったことから、以後5階建てまでの464-DSの開発に進んだ。クレーンの容量が向上し、壁と窓がセットになったパネルを5階まで揚重できるようになった。以後、8階建てのE-147、9階建ての158まで建設が進んだ。9階建ての158の場合、下層階の桁行き方向は4構面で大型パネルが構成されている。パネル相互の接合金物は、464-ASは錆止めペイントだけであったが、464-DS以降はジンクに変えているとのことである。ソ連崩壊後は工場からのパネル供給が次第に止まり建設されなくなった。

〔分類4〕Flexural Ground Floor（ソフト階を有する集合住宅）

1階が店舗で壁が少なく、2階以上が大型パネル形式か、骨組み形式でレンガ壁の多い住宅である。上階の階高3.0mに対して1階が3.6m（店舗）～4.2m（スーパーマーケット）の例がある。骨組み形式の場合、非構造壁であってもレンガ壁は中実で厚さ51cmと厚く、骨組みの剛性、強度に影響があると理解されている。

〔分類7〕木造

集合住宅の木造は2階建てで、築30～50年たっている木造住宅も多い。個人住宅の木造は、1～2階建てで、現在も多く建設されている。骨組み構造で筋交いが入っているもの、骨組みに板張りしたもの、ログハウス、パネル（骨組みなし）等に分けられる。屋根材は、古いものは、鋼板シート（steel metal sheet）、他にアスベストセメントルーフ、最近ではやや高価な金属材料も使われる。いずれの場合も屋根は軽量である。

2) 個人住宅

〔分類1〕アドベ

アドベ（日干しレンガ）造は耐震性が非常に低いために、1911年のKemin地震以降、建設が禁止されているが、現在でも一部地域で建設されているとのことである。

〔分類2〕レンガ/ブロック

レンガ造やブロック造は1～2階建てである。鉄筋コンクリート部材を併用した補強レンガ造や補強ブロック造は既存の住宅にはあまりない。最近では、ブロックは種々の材料のものが用いられている。

3) 建物分類毎の建物外観写真

構造分類毎の主な外観を、図2.4.8（集合住宅）、図2.4.9（個人住宅）に示す。



〔分類3〕 木造床のレンガ組積造



〔分類5〕 コンクリート床のレンガ組積造(308)



〔分類6〕 鉄筋コンクリート骨組造 (VT-20)



〔分類6〕 鉄筋コンクリート骨組造 (個別設計)



〔分類7〕 木造



〔分類8〕 RC骨組、モノリシック



〔分類8〕 RC骨組、工事中のモノリシック



〔分類9〕 大型パネル464-AS



〔分類9〕 大型パネル464-DS



〔分類9〕 大型パネル158



〔分類4〕 FGF、骨組みタイプ



〔分類4〕 FGF、大型パネルタイプ

図2.4.8 集合住宅の建物分類別外観



図 2.4.9 個人住宅の建物分類別外観

4) 住宅総棟数と構造別比率

調査対象地域内の集合住宅の建物分類別比率を図 2.4.10 に示す。集合住宅は約 9,000 棟存在し、約 120 万人が居住している。最も多いのが大型パネルで次に多いのが 1998 年以前建築の鉄筋コンクリート骨組み構造で、両者で半分以上を占めている。

調査対象地域内の個人住宅の建物分類別比率を図 2.4.11 に示す。個人住宅は約 74,000 棟存在し、約 26 万人が居住している。木造と組積造がほぼ半々あり、アドベ造も 11% 存在している。

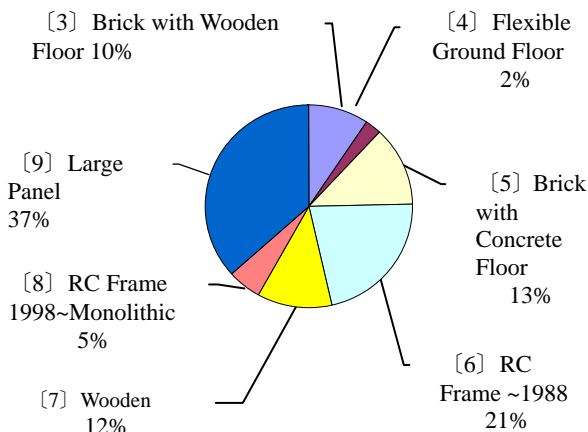


図 2.4.10 集合住宅棟数の建物分類別比率

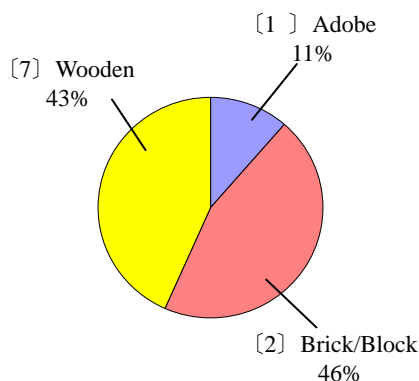


図 2.4.11 個人住宅棟数の建物分類別比率

2.4.6 建物分類と建設年代

建物サンプリング調査他から得た建物分類と建設年代を図 2.4.12 と図 2.4.13 に示す。不動産センターのデータによる年毎の建設棟数を合わせて示す。集合住宅の建設は 1930 年代に始まり、第 2 次大戦後の 1950 年代から増加している。レンガ組積造は 1967 年のメデウ砂防ダム建設時の爆破実験で大破したために、以降は 1~2 階建て個人住宅以外は建設されなくなった。逆に被害が軽微であった 4 階建て大型パネルは、以後 5 階建てから 9 階建てまでが建設されるようになった。1988 年には、アルメニアのスピタク地震があったが大型パネル構造の住宅は軽微な被害に収まった。ソ連崩壊後の 1992 年以降は経済的混乱があり建設数が減少した。1998 年には、設計用地震荷重を大きくした新 SNiP (建設標準と規則) の施行が開始された。現在はモノリシックと呼ばれる現場打ち一体型の耐震壁付鉄筋コンクリート骨組構造 (建物分類[8]) が主流となっている。

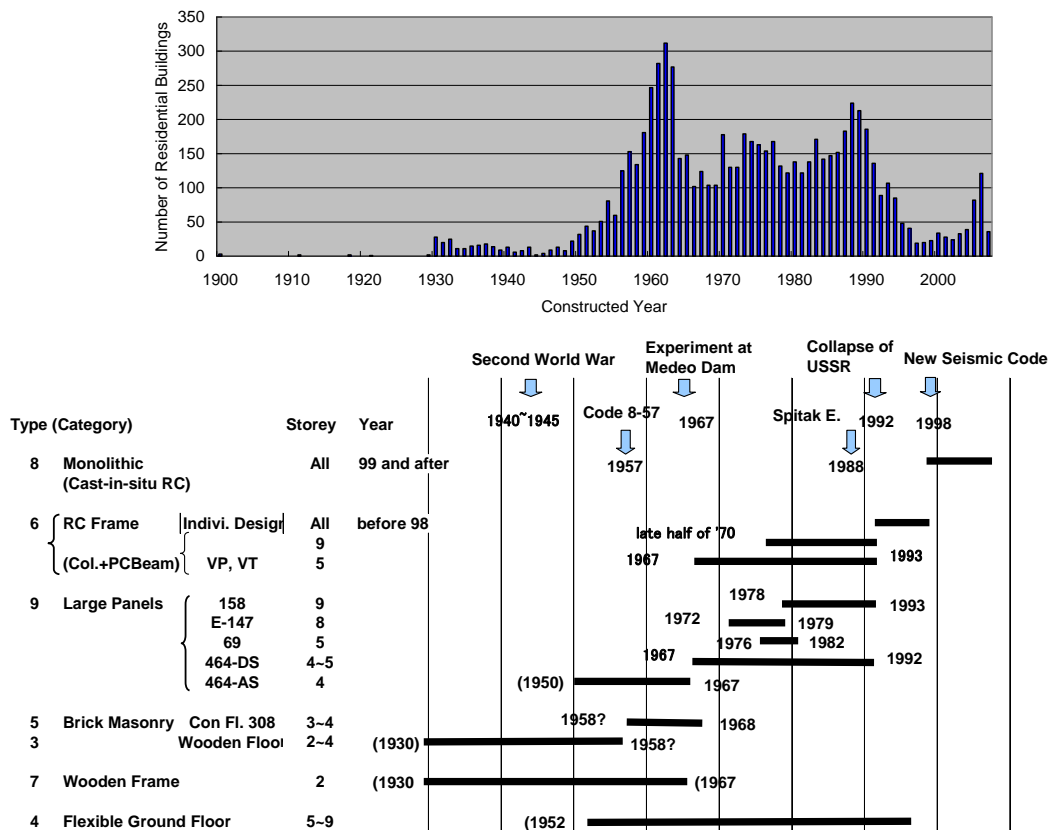


図 2.4.12 建物分類と建設年代（集合住宅）

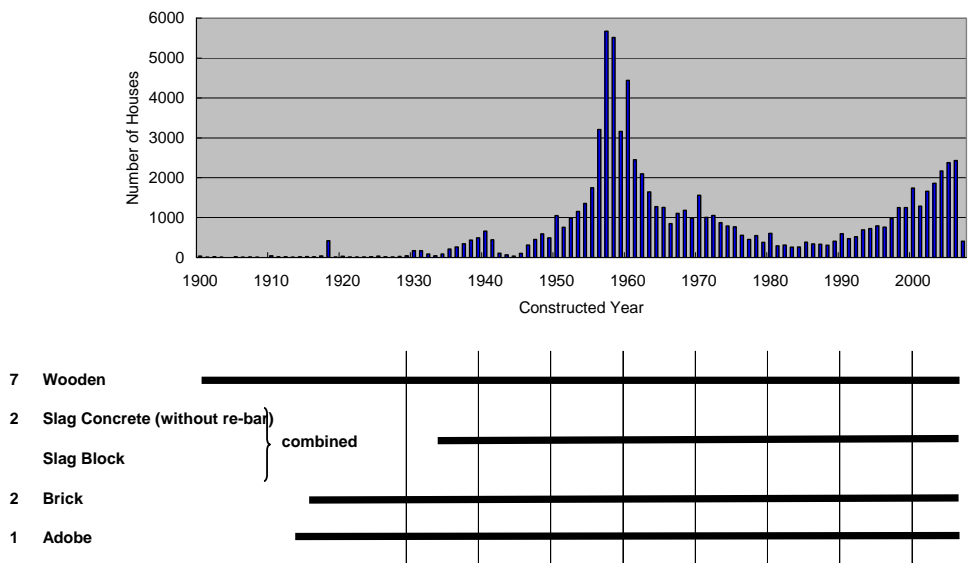


図 2.4.13 建物分類と建設年代（個人住宅）

2.4.7 建物分類別棟数分布

これまでの建物インベントリーに関する検討結果をまとめた、建物分類 1~9 の建物分布を図 2.4.14 と図 2.4.15 に示す。前半が分類 3~9 の集合住宅、後半が分類 1, 2 と 7 の個人住宅の分布状況を示している。集合住宅は全体としては市の南部に多く分布しているが、分類別に見るとそれぞれ分布に特徴がある。例えば大型パネルの集合住宅は南西部のマイクロリージョンに多く分布している。ソフト階のある集合住宅は市の中心地域に集中している。

個人住宅は南部の市街地には少なく、周辺部に多く分布している。

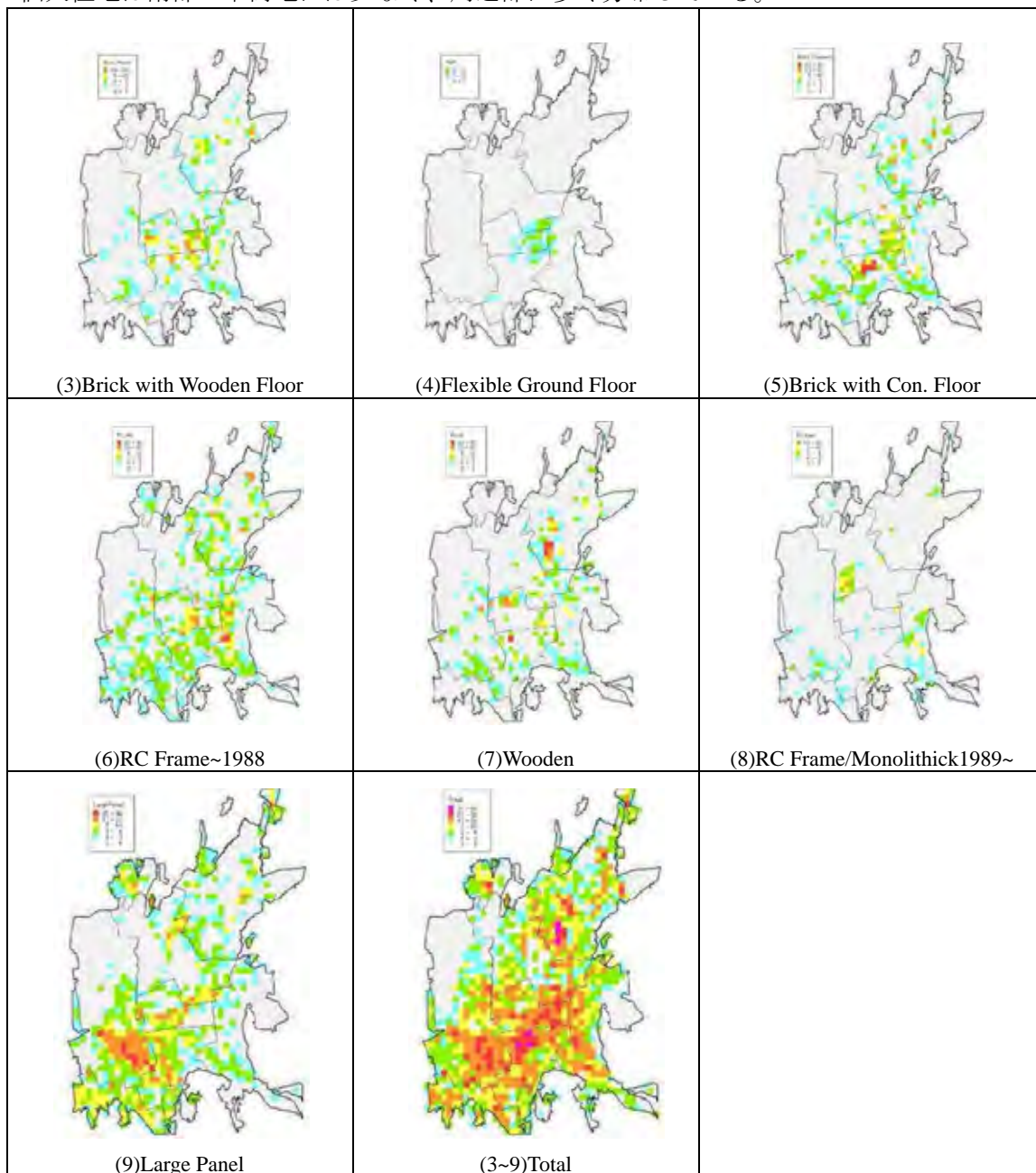


図 2.4.14 建物分類 1~9 の建物分布(集合住宅)

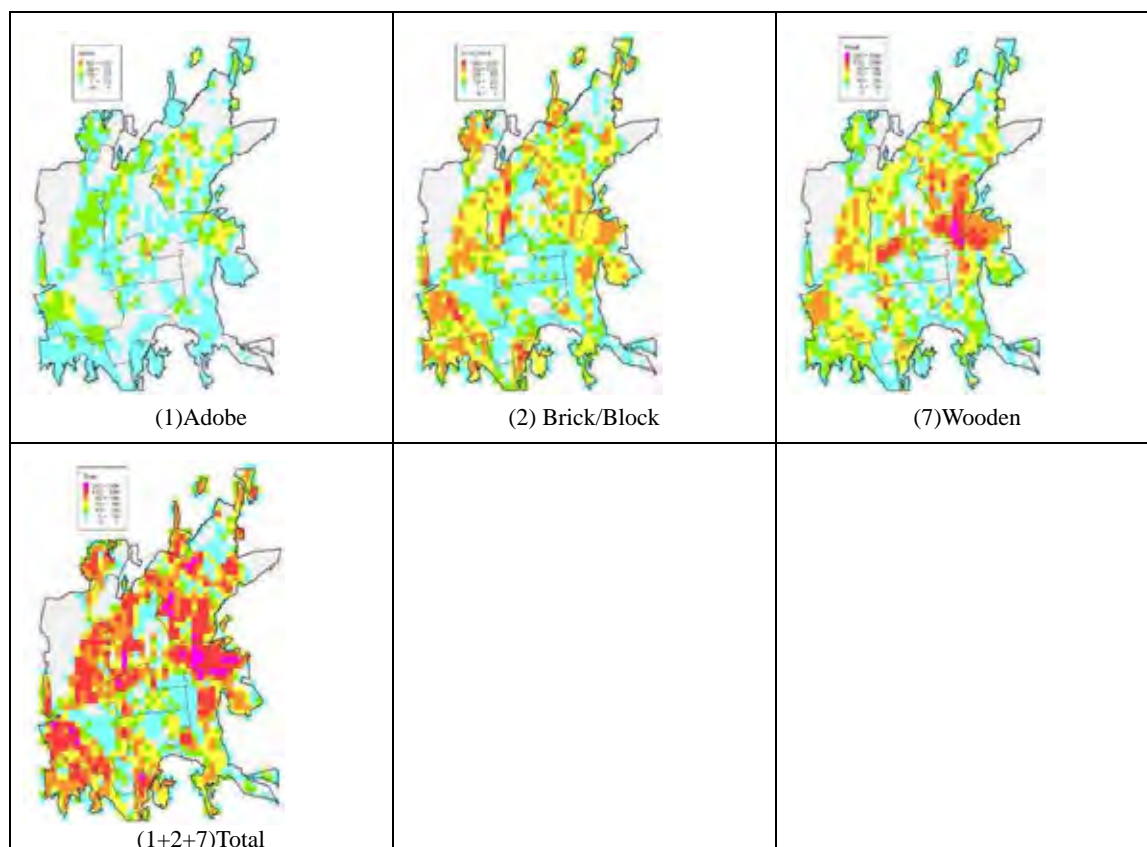


図 2.4.15 建物分類 1~9 の建物分布(個人住宅)

参考文献

- 1) 山中保教、小林啓美、広沢雅也 (1989) ‘アルメニアスピタク地震による建築物の被害に関する報告会’、日本建築センター 日本建築学会
- 2) EERL (1989) Earthquake Spectra, Armenia Earthquake Reconnaissance Report
- 3) UNDP (2004) Ministry of Education and Science of Republic of Kazakhstan and others, ‘Lessons from Lugovskoy Earthquake in 23 May 2003 in Kazakhstan
- 4) Stephanie A. King, Vitaly I. Khalturin and Brian E. Tucker (1996) Seismic Hazard and Building Vulnerability in Post-Soviet Central Asian Republics

2.5 道路、橋梁、輸送

2.5.1 収集資料

地震災害時の避難、被害調査、救助・救援のために、交通インフラは重要な要素である。さらに、道路には延焼を防止する役割が期待できる。これらに関する評価・提言を行うため、道路・橋梁などの交通インフラ、および交通計画に関する資料を収集した（表 2.5.1 参照）。

表 2.5.1 関連入手資料一覧表

種類	入手先	内容
道路		
GIS	市統一管制センター (051)	1999年時点のデータで2000年に更新された道路ネットワーク (Polyline)、および属性 (道路名、コード番号、用途、幅員、舗装タイプ) のGISデータ (MapInfo)
橋梁		
報告書	市公共輸送道路局	橋梁診断報告書 (2001年および2002年)
技術書	市公共輸送道路局	新設予定のインターチェンジ (Ryskulov通り) の設計図面、設計報告書
GIS	市統一管制センター (051)	主要な橋梁の位置とコード番号
その他の交通インフラ		
GIS	市統一管制センター (051)	鉄道ネットワーク
GIS	市統一管制センター (051)	バス、トロリーバス、トラムのネットワーク (道路データの属性として)
交通計画		
報告書	インターネット	アルマティ市交通計画
資料	市公共輸送道路局	アルマティの旅客輸送手段基本指標 (2004-2006、および2006-2010)
資料	市公共輸送道路局	2010年までの旅客輸送手段開発概要

下記の資料の提供をアルマティ市道路輸送局に提供の依頼をしたが入手できなかった。

- 道路設計基準、関連する設計指針、および耐震設計基準
- 道路台帳
- 道路維持管理計画・記録
- 橋梁設計基準、および関連する設計基準（GOST 23457、13508、26804、9602、9128、10178、10807 など、および SNIIP）、および耐震設計基準
- 道路橋、鉄道橋台帳
- 道路橋、鉄道橋の維持管理計画・記録

2.5.2 道路

アルマティ市の統一管制センターから入手した GIS データの道路ネットワークを図 2.5.1 に示す。

図 2.5.1 によると、市内の中心部の道路網は、道路間隔が 150 m から 200 m の整然とした碁盤の目状であり、道路幅は 6 m から 24 m である。

市内周辺部の道路網は碁盤の目状であるものの、道路幅が 6 m 未満と狭く、道路間隔も狭い地域が散在する。これらの地域の内、古いレンガ造の低層住宅が密集している地域は、都市計画において取り壊し推奨建築物が多く分布する地域となっており（図 2.5.1 の赤丸内）、今後、再開発が進むに伴って道路も整備されるものとみられる。

本調査において、既往の資料と衛星画像を利用して、作成した地図における道路網を図 2.5.2 に示す。

図 2.5.1 では、西部と南部では道路密度が低いものの、図 2.5.2 に示される最近の道路状況では、その地域では、広い庭を有する個人住宅や中層～高層マンションの建設が進んでおり（青丸内）、これに伴い整然とした道路が整備されている。

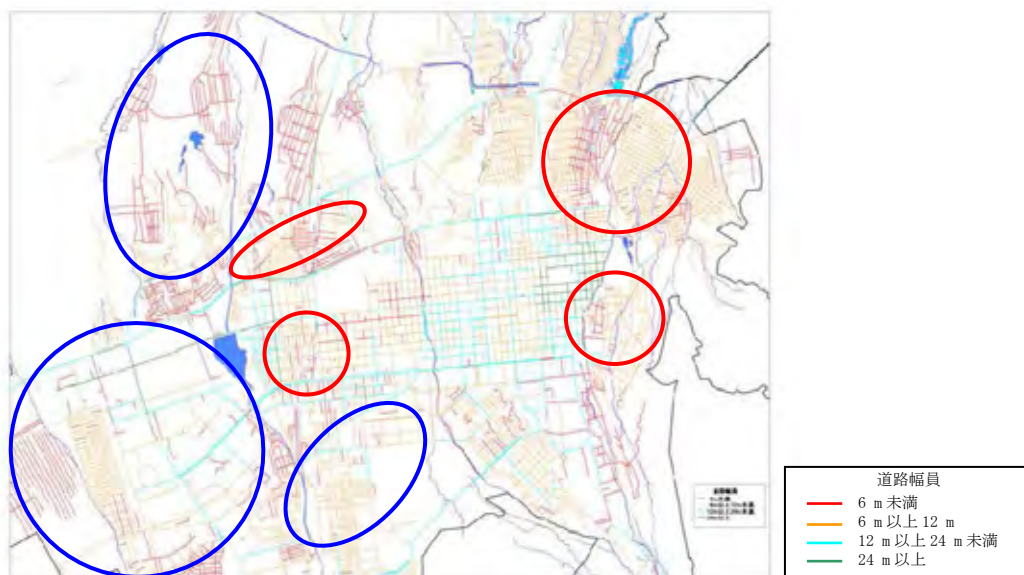


図 2.5.1 道路網図（市統一管制センター資料）

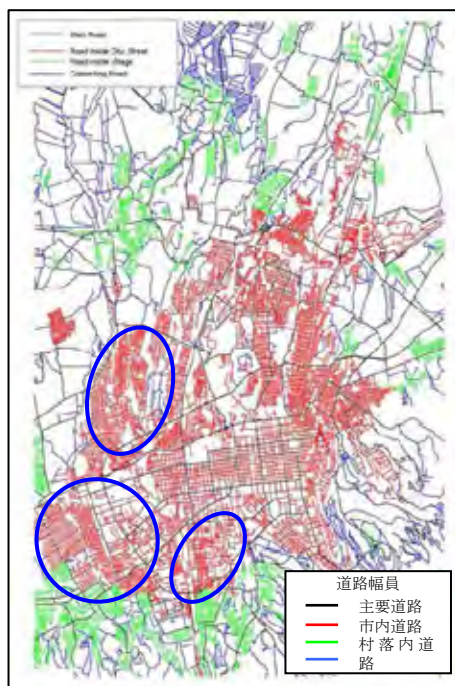


図 2.5.2 本調査で作成した道路網図

2.5.3 橋梁

入手した橋梁診断報告書には、67橋（2001年10橋、2002年57橋）の診断結果がまとめられている。2001年の調査は、既存橋梁の修繕と再建を目的として実施され、報告書には現地調査を行った上で、技術的な結論が述べられているとともに、再建のための数量と費用が示されている。2002年の調査では、57の橋梁の現況を6段階で評価している（表2.5.2参照）。

ただし、上記の調査の評価は、コンクリートや鋼材などの状況の観察に基づいたもので、技術的な基準に基づいたものではなく、支持軸受や耐震装置などに関する観点が欠けている。

したがって、耐震性の評価のためには、新たに現地調査を行って必要な項目の確認・評価を行う必要があった。調査団が実施した現地調査とその結果に基づいた耐震評価は、第6.3項に記す。

表 2.5.2 既存橋梁評価票

第6橋梁						
通り：フルマノフ・アヴァイ通り						
技術的分類：一般市橋梁			通行：上部			
河川の名前：登録用水路			設計荷重：N-13/NG-60			
橋梁図（m）：1x5.0			拡張図（m）：			
車道外形寸法（m） 全体：16.60			旧車道：		拡張部：	
橋長（m）：6.00			分離帯：		歩道：2x4.5	
車道、乗行部の材料：アスファルトコンクリート						
最低水位から上部工下部までの高さ（m）：0.8						
洪水期の水面幅（m）：1.90						
最低水位時の最大水深（m）：水が無い						
建設年：1960			最近の大規模修理：		最近の調査年：2002	
橋に敷設されているライン 上部：4系列 d=57mm, 90mm, 25mm, 220mm（敷本のパイプ）						
下部：パイプ d=120mm（用水路底まで）						
橋の照明：交差点に1街灯に2本の支柱						
上部工の材料：鉄筋コンクリート						
橋の各部	径間数	上部工				支承形式
		桁の形式	桁数（個）	桁中心線間隔（m）	桁長さ（m）	
	1	プレート TP5.04-145、ベルギプロドル、1962年、L=6m	26	1.00	6.00	無し
橋脚データ						
No.	データリスト		橋台・橋脚数			
1	橋脚躯体フーチングの材料と構造		現場打ち橋脚			
2	橋脚の幅、長さ（m）		アクセス無し、L=25.6m			
3	フェーシングの有無		無し			
護岸データ						
No.	データリスト	右岸側	左岸側			
1	護岸の有無	+	+			
取付道路データ						
No.	データリスト	右岸側	左岸側			
1	車道幅（m）	16.6	16.6			
2	舗装の種類	アスファルトコンクリート	アスファルトコンクリート			

2.5.4 その他の交通インフラ

アルマティ市の統一管制センターから入手した GIS データベースには、道路情報の属性として、公共輸送（バス、トロリーバス、トラム）ネットワークが含まれている。これらは、1999年時のデータである。

また、アルマティ市道路旅客局から入手した資料「2010年までの旅客輸送手段開発概要」に、2006年の公共輸送ネットワーク概要図（図2.5.3参照）が示されている。



図 2.5.3 公共輸送ネットワーク図（道路旅客局資料より）

2.5.5 交通計画

アルマティ市道路旅客局から入手した資料によれば、2010年、および2020年を目標とした交通インフラ整備計画が策定されている。この計画では、2006年の旅客輸送の実態に基づいた将来予想（表2.5.3参照）が行われ、次のような目標が設定されている。

- 旅客輸送システムの効率化
- 交通安全のための状況改善
- 高速輸送の増加
- 自動車燃料節約と排気ガス減少
- 移動時間の短縮

公共輸送システム（バス、トロリーバス、トラム）の整備計画には、2010年を目標としたバス路線の整理統合と、トロリーバスとトラムの追加などが含まれる（図 2.5.4 参照）。道路網の整備計画は、2010年と2020年を目標とした道路の新設と改修などからなる（図 2.5.5 参照）。これらの計画は、旅客の輸送の改善に主眼をおいたものであるため、防災計画策定時には、物資の輸送や物流拠点等を含めた緊急時の状況を考慮する必要がある。

表 2.5.3 旅客交通計画指標

指標	単位	2006年10月1日時点	2010年時点
Urbanized area	sq. km.	175,000	185,000
Total population	head	1,187,600	1,210,000
Length of route	km	2,797.0	2,070.0
Number of routes	nos.	162	124
Capacity of transportation	passenger/km	0.45	0.34
Density of network	km/sq. km	2.01	2.02
Annual trips of population	trip	345	387
Daily volume of the transportation	passenger	1,285,000	1,400,000



図 2.5.4 公共輸送システム整備計画図

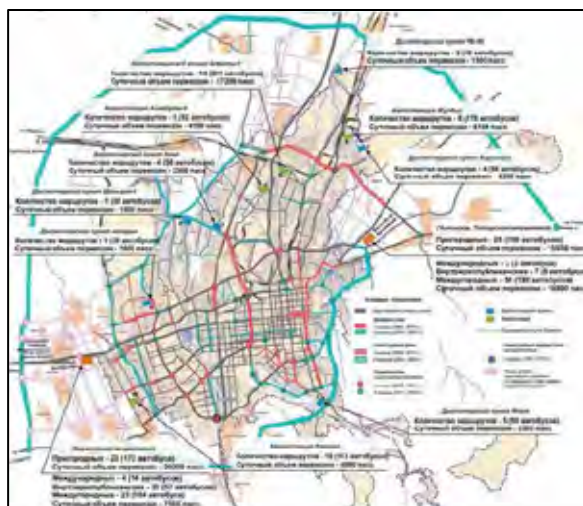


図 2.5.5 道路整備計画図

2.6 ライフライン

本調査では、上水道、下水道、ガス、電力の4つのライフラインを対象として、地震被害想定を行うためのデータを収集した。

信頼性の高いライフラインの被害想定を行うためには、施設の数やその仕様・材質等の属性データを整理することが望まれるものの、ライフラインに関するデータには法律上機密事項として扱われているものが含まれるため、詳細なデータは提供されなかった。収集したデータの内容と、限られた収集データに基づく整理方法について、以下に記す。

2.6.1 上水道

上水道施設の現況については、アルマティ市の上下水道を経営管理する公共事業体ヴォダカナル社より、管路延長等の統計資料の提供を受けた。同資料によると、2007年1月1日現在、送水管、給水管、配水管を合わせた上水道管路の総延長は約2,500 kmである。管種・管径別の延長は表 2.6.1 に示すとおりであり、鋼管が67%、铸铁管が32%を占める。

表 2.6.1 上水道管路の管種・管径別延長

管径(mm)	鋼管	鋳鉄管	鉄筋コンクリート管	ポリエチレン管	合計(m)
100	548,777	227,786		6,014	782,577
150	278,557	145,096		2,605	426,258
200	222,393	150,136			372,529
250	144,233	97,175			241,408
300	181,353	142,741			324,094
400	63,575	12,103			76,005
450	2,848				2,848
500	39,830	7,714	1,040		48,584
600	53,759	18,031	232		72,022
700	32,037				32,037
800	29,210	2,498			31,708
900	11,175				11,175
1000	23,494		11,072		34,566
1400	45,386				45,386
合計	1,676,954	803,280	12,344	8,619	2,501,197

上水道の詳細な管網図は機密事項であるとの理由で入手できなかったため、アルマティ市の公式ホームページに掲載されている主要管網図の画像データを基に、GISデータの作成を行った。ホームページの画像データには、浄水池 2 箇所、取水施設 34 箇所および主要管路の位置が示されている。GIS を用いて図化した上水道管路の延長は約 330 km であり、管路全長の 15.4% を占める。また、ホームページの画像データには管路の管径も表示されているが、解像度が低いため解読することは不可能であった。

そこで、500 m グリッド毎の管路延長を整理するにあたり、送水管の延長は、本調査団が作成した GIS データに基づく延長を用いて、実延長と整合するよう補正を行って求めた。一方、給水管および配水管については管網図での配置状況の確認ができないため、建物密度に比例して分布しているものと仮定し、各メッシュの建物数に基づき管路延長を配分した。

メッシュ毎の管路の属性データについても正確に把握することができなかった。このため、送水管は管径 300 mm～1,400 mm、給水管および配水管は管径 100 mm～300 mm と仮定し、それぞれの管種・管径別延長は、表 2.6.1 に示す延長の比率を用いて推定した。図 2.6.1 に主要管路網図を示す。



図 2.6.1 上水道の主要管路網図

2.6.2 下水道

下水道施設の現況資料は、ヴォドカナル社より管路延長等の統計資料の提供を受けた。同資料によると、2007年1月1日現在、下水道管路の総延長は約1,332 kmであり、その内訳は本管が170 km (12.8%)、埋設された取付管が526 km (39.5%)、宅内排水管が636 km (47.7%)である。管種については、陶管、石綿セメント管、鉄筋コンクリート管などからなり、管種別の構成比率は表 2.6.2 に示すとおりである。

表 2.6.2 下水道管路の管種別構成比率

石綿セメント管	鉄筋コンクリート管	陶管	鋼管	鋳鉄管	プラスチック管
23.82%	21.16%	45.20%	3.70%	5.95%	0.17%

下水道についても、アルマティ市の公式ホームページに掲載されている主要管網図の画像データを基に、GISデータの作成を行った。GISを用いて図化した下水道管路の延長は約275 kmであり、総延長に対して約20%程度であった。これらの図化した管路については、GISデータに基づきグリッド毎の延長を求めた。一方、その他の約80%の管路については管網図での配置状況の確認ができないため、建物密度に比例して分布しているものと仮定し、各グリッドの建物数に基づき管路延長を配分した。

また、グリッド毎の管路の属性データについては、本管はすべて鉄筋コンクリート管、取付管は鉄筋コンクリート管、陶管、鋼管、鋳鉄管の4種類、宅内排水管は石綿セメント管、陶管、

プラスチック管の3種類で構成されていると仮定し、表 2.6.2 に示す構成比率を用いてそれぞれの管種別延長を推定した。図 2.6.2 に主要管路網図を示す。



図 2.6.2 下水道の主要管路網図

2.6.3 ガス

ガス供給施設の現況については、株式会社アルマティガスネットワークより、管路延長等の統計資料の提供を受けた。同資料によると、ガス管路の総延長は約 2,920 km であり、その内訳は表 2.6.3 に示すとおりである。また、管種は鋼管であり、管径は低圧管が 15 mm～46 mm、中圧管と高圧管は 20 mm～720 mm である。

表 2.6.3 ガス管路延長

種類	ガス圧 (MPa)	延長(km)		
		地上管	地中管	合計
高圧管	0.3～1.2	-	18.051	18.051
中圧管	0.005～0.3	105.405	257.313	362.718
低圧管	<0.005	2,013.642	525.435	2,539.077
合計		2,119.047	800.799	2,919.846

ガス供給網図については、株式会社アルマティガスネットワークより、高圧管および中圧管の位置と管径が表示された管網図の提供を受けた。この図面はデジタル化されており、独自のシステムを利用することにより閲覧が可能である。本調査では、株式会社アルマティ・ガスネットワーク提供の図面と、アルマティ市の公式ホームページに掲載されている主要管網図の画像データを基に、GIS データの作成を行った。高圧管および中圧管については、GIS データに基

づきグリッド毎の延長を求めた(実延長と整合するよう補正を行った)。低圧管については、管網図での配置状況の確認ができないため、建物密度に比例して分布しているものと仮定し、各グリッドの建物数に基づき管路延長を配分した。図 2.6.3 に主要管路網図を示す。



図 2.6.3 ガスの主要管路網図

2.6.4 電力

電力供給施設の現況については、株式会社 APK より、電線延長等の統計資料の提供を受けた。同資料によると、株式会社 APK が管理する電圧 0.4 kV～220 kV の電線の総延長は約 28,940 km であり、電圧 35 kV 以上の変電所の数は 209 箇所である。

株式会社 APK から、電圧 35 kV 以上の主要送電線を示した電力供給網図を印刷図面として提供を受けた。同様の図面の画像データがアルマティ市の公式ホームページにも掲載されている。これらの図面を基に GIS データの作成を行ったところ、図化した送電線のうちアルマティ市内に位置する送電線の延長は表 2.6.4 に示すとおりであった。すなわち、図化した主要送電線の延長は、株式会社 APK が管理する電線の総延長に対して 1%程度に過ぎず、大部分の電線は配置状況が不明である。このため、本調査では、配置状況が明らかな主要送電線を対象として被害想定を行った。

500 m グリッド毎の主要送電線の延長は、本調査で作成した GIS データに基づき求めた。図 2.6.4 に主要送電線を示す。

表 2.6.4 GIS データに基づく主要送電線延長

電圧	延長(m)		
	架空線	地中線	合計
220 kV	49,070	-	49,070
110 kV	238,331	880	239,211
35 kV	67,760	7,227	74,987
合計	355,161	8,107	363,268



図 2.6.4 主要送電線網図

2.7 人口と戸数

「カ」国では10年に一度国勢調査が実施されており、最近の調査は1999年に行われた。この調査によるアルマティ市の区ごとの人口を表2.7.1に示した。この調査による街区ごとの人口などの詳細資料は入手できなかった。

表 2.7.1 1999年国勢調査によるアルマティ市の人口

区	人口
アルマリンスキー区	183,546
アウエゾフスキー区	282,117
ボスタンディックスキー区	236,679
ジェティスウスキー区	140,324
メデウスキー区	131,723
トゥルクシブスキー区	154,967
合計	1,129,356

「2007年版アルマティ市統計白書」には、推計された人口と戸数が以下のように記載されている。

表 2.7.2 アルマティ市の人口と戸数（2007年1月）

区	人口 (x 1,000)
アルマリンスキー区	179.1
アウエゾフスキー区	329.3
ボスタンディックスキー区	285.6
ジェティスウスキー区	167.3
メデウスキー区	145.3
トゥルクシブスキー区	180.6
合計	1,287.2

(2006年)

住宅棟数	66,491
住宅戸数(x 1,000)	379.6

以上はアルマティ市内のみの数値である。調査対象地域には周辺地区も一部含まれるため、調査対象地域全体の人口と戸数は上記より多い。

2.8 土地利用、都市計画

2.8.1 土地利用

(1) GIS データ

アルマティ市防災局の下部組織である統一管制センタープログラミング部において、GIS の編集を行っている。表 2.8.1 にその資料の内容をまとめる。

表 2.8.1 市統一管制センターの GIS データ一覧

No.	データ名	種 類	データに付随する属性など
1	Border	全域行政界のデータ	名称の属性があるようだが、文字の違いのためか読み込めない。
2	AdmDistr	地区界のデータ (6地区に分かれている)	名称の属性があるようだが、文字の違いのためか読み込めない。
3	Blocks	土地利用区分のデータ	住宅地など土地利用区分の属性あり。
4	Hydro	河川など水面のデータ	名称の属性があるようだが、文字の違いのためか読み込めない。
5	Railroad	鉄道のデータ	特に属性は持っていない。
6	tramways	路面鉄道のデータ	特に属性は持っていない。
7	Streets	道路中心線のデータ	幅員の属性あり。道路名の属性もあるようだが、文字の違いのためか読み込めない。
8	Passages	道路中心線のデータ (小幅員のものと思われる)	特に属性は持っていない。
9	Ntraffic	道路交差点にあるポイント データ (信号機か)	交差する2つの道路に関する番号の属性を持っている。
10	Bridges	橋のデータ	特に属性は持っていない。
11	Arches	門のデータ	道路番号の属性あり。
12	House	建物のデータ	RC造などの構造に関する属性あり。他にも数種類属性があるが詳細は不明。 建築年次の属性なし。
13	HouseNoAdr	建物のデータ (上記houseとは別データ)	RC造などの構造に関する属性あり。他にも数種類属性があるが詳細は不明。 建築年次の属性なし。
14	Objects	飲食店、病院、教会などの 施設を表していると思われる ポイントデータ	施設種類の属性あり。名称の属性もあるようだが、文字の違いのためか読み込めない。

このデータベースは、市民からレスキューサービスへの緊急通報に対応する目的で、住所から市内の位置を特定するために作成・運用されている。建物利用については、表 2.8.1 の No.14 (施設ポイントデータ) に示されているが、建物利用コード (定義) が日本の基礎調査のように明確になっていないと推定される。

図 2.8.1 は、上記の表 No.3 (土地利用区分データ) を図化したものであるが、白地 (属性なし) の地片もあり、市内全ての土地利用、建物情報が盛り込まれているものではない。したがって、都市構造の解析に使用するためには、同様の資料 (土地利用現況図、マスタープラン) を併用して解析する必要がある。

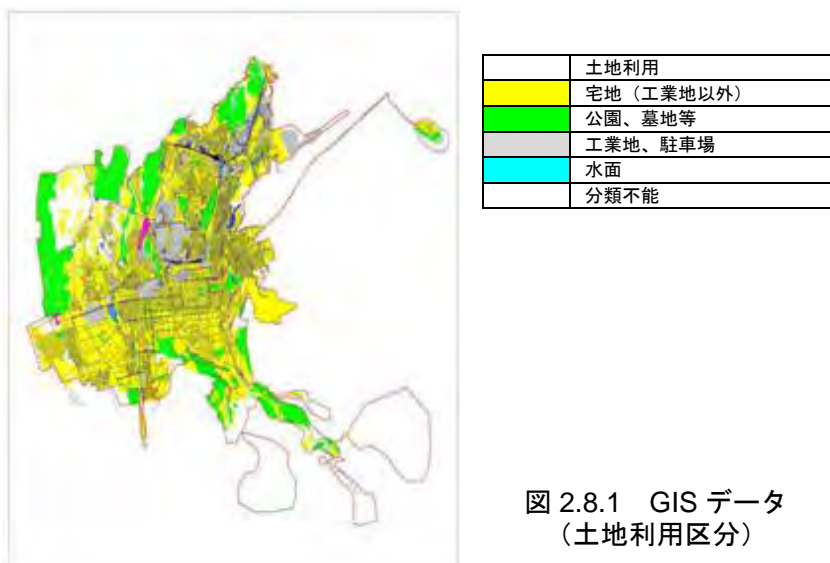


図 2.8.1 GIS データ
(土地利用区分)

(2) 土地利用現況

アルマティ市のホームページに掲載されている土地利用現況図を図 2.8.2 に示し、分類表を表 2.8.2 に示す。

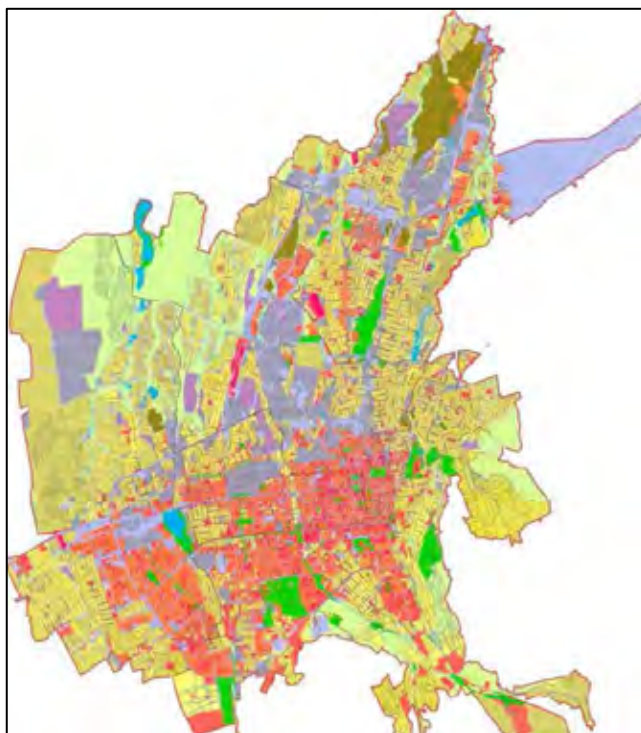


図 2.8.2 アルマティ市の土地利用現況図

図 2.8.2 によると、高層住宅地（朱色）と公共・公益業務・商業地（赤色）は市内の南部に、中低層住宅地（黄色）は北部および周辺部に分布している。工業用地（青色）は北部に多い。公園等の緑地（緑色）および農業地・森林地（黄土色・薄緑色）は、周辺部には比較的多く、市街地中心部では少ない。

表 2.8.2 アルマティ市ゾーン別土地利用・都市機能分類図

ゾーン番号 (記号)	土地利用分類	土地 利用 細目	土地利用細 目 (記号)	用途地域 (建物用途)
Ж	住宅地域	1-1	Ж-1	戸建て住宅地
		1-2	Ж-2	2～4階建て中層住宅地
		1-3	Ж-3	低層の既成市街地 (計画的にはない)
		1-4	Ж-4	4～5階建て住宅 (集合住宅)
		1-5	Ж-5	6～12階建て住宅 (集合住宅)
		1-6	Ж-6	13階建て以上の集合住宅
		1-7	Ж-7	別荘地
О	公共・公益業 務・商業地域	2-1	ОЦ-1	中心市街地 (都市機能集積地) (COЦ)
		2-2	ОЦ-2	中心市街地
		2-3	ОЦ-3	地区中心地
		2-4	ОЦ-4	大規模公共施設、業務施設
		3-1	О-1	教育施設
		3-2	О-2	医療・福祉施設
		3-3	О-3	スポーツ施設
		3-4	О-4	文化・芸術施設
		3-5	О-5	産業貿易等国家機関
		3-6	О-6	公共公益サービス機能 (ホテル、消防署、葬儀場)
		3-7	О-7	公益サービス機能 (一般業務、放送、銀行等)
		3-8	О-8	宗教施設 (教会等)
П	工業地域	4-1	П-1	工業地域
		4-2	П-2	危険度 V-IV クラスの企業 (C33 up to 100 m)
		4-3	П-3	危険度 III-II クラスの企業 (C33 300,500 m)
		4-4	П-4	危険度 I クラスの企業 (C33 above 1000 m)
Т	公共交通関連都 市基盤	5-1	Т-1	Engineering structures and communications
		5-2	Т-2	輸送手段(道路)
		5-3	Т-3	道路の立体交差等
		5-4	Т-4	バス駐車場
		5-5	Т-5	都市交通機関 (地下鉄、鉄道駅、トラム (関連駅等))
		5-6	Т-6	自動車サービスセンター
		5-7	Т-7	広域交通施設(鉄道駅、空港、空港ビル)
		5-8	Т-8	コミュニケーション施設 (都市基盤)
СХ	農業地域 森林地域	6-1	СХ-1	花畑、グリーンハウス
		6-2	СХ-2	森林
		6-3	СХ-3	その他農業利用地域
Р	レクリエーショ ン地域	7-1	Р-1	森林保養地域
		7-2	Р-2	短期の休暇用地域
		7-3	Р-3	長期滞在型休暇地域 (サナトリウム、リゾート施設)
		7-4	Р-4	河川区域、その他水域
С	特別地域	8-1	С-1	墓地
		8-2	С-2	廃棄物一時保管地区
		8-3	С-3	灰処分地域、沈殿地
РТ	制限地域	9-1	РТ-1	国防地域、その領域
		9-2	РТ-2	労働組合事務所
НТ	遊休地	10-1	НТ-1	遊休地 (特別な処置なしには使用できない土地)

2.8.2 都市計画

(1) 都市計画に関する法規制の概況

アルマティ市における都市計画に関する法規制の関係を図 2.8.3 に整理する。

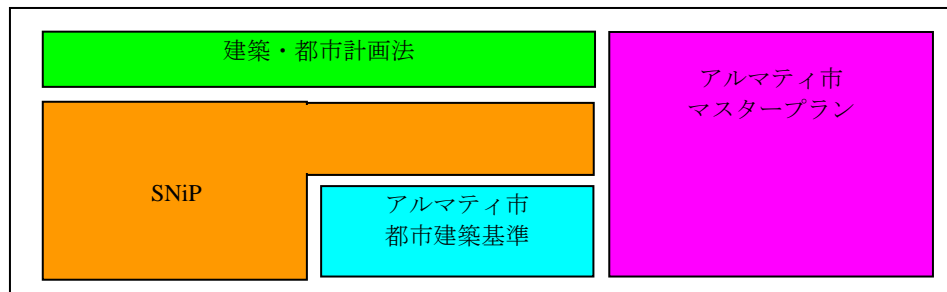


図 2.8.3 都市計画に関する規制等の関係

アルマティ市の都市計画、建築に関する基本的な方針・方向性を定めているのは建築・都市計画法（On Architecture, Town-Planning and Construction Activity in the Republic of Kazakhstan（Law of the Republic of Kazakhstan of 16 July 2001 No 242））である。ただし、具体的な都市計画に関する基準は SNiP、アルマティ市都市計画基準によって規定されている。

また、これとは別にアルマティ市マスタープランが策定されており、新しい住宅地やトレードセンター等の建設については、具体的な内容が提示されている。

(2) 都市計画法

「カ」国の都市計画法は、3 節 11 章より構成されており、その概要を表 2.8.3 にまとめる。

表 2.8.3 都市計画法の概要

第1節 建築・都市計画・建設行為に関する政府規則（第1章～第6章） 第1章の一般規定において、建築・都市計画・建設行為に関する法律制定、潮流、課題、目的、特定の規則と都市計画規則が記されており、第2章から第6章において、環境保護と生活活動の保全、権利・責務・債務、著作権、基本的義務、違反に関する責任、公共管理、国家基準、住宅開発の規則、建設監督が規定されている。
第2節 建築および都市計画（第7章～第9章） 国土都市計画土地台帳、都市計画と開発、都市計画・建築・建設の証拠書類の提示について規定されている。
第3節 建設（第10章～第11章） 建設工程の国家規則、建設施設の引渡し承認について規定されている。

同法の第 8、9 章では自然環境に対する安全性、環境保護に関する規定、第 4 章-1 では建築物の構造や建築材料に関する安全要求事項の規定が示されている。これらの内容は、防災計画の作成時に十分考慮すべき内容である。

ただし、本法律の内容は、具体的な基準等を定めたものではなく、建築・都市計画・開発行為に関する確認体制・都市計画に関するマスタープランの策定等について述べて、それぞれの都市における都市計画策定の枠組みを示すものである（下記の第 44 条の条文を参照）。

第44条：地方（州あるいはその一部）のそれぞれの領域における計画（開発、改良、建設）は、都市計画のスキームによって施行される。総合的なスキームは、都市マスタープランと発展計画によって推進される。

(3) SNiP

SNiP 3.01-01-2002 は、土地利用や景観、街路に関する基準を示しており、SNiP 2.03-07-2001 は、地震に対する耐震基準を示している。これらの SNiP が都市計画に関係する。

SNiP 3.01-01-2002 には、次のように、土地利用や住宅地の配置に関する標準モデルが規定されている。

- 1) 都市と農村開発の基本方針と一般配置
- 2) 住居地域、公共（公共・業務）地域、娯楽区域、および技術・運輸基盤地域などに配置される機能
- 3) 工業区域、研究および生産区域、公共施設および貯蔵区域、地方工業区域
- 4) 景観および娯楽区域、庭園・公園整備区域、娯楽および健康リゾート区域
- 5) サービス業区域
- 6) 交通および街路・道路ネットワーク
- 7) 上下水道、電力、冷暖房、ガス供給、電話、TV
- 8) 技術訓練および領土保護
- 9) 環境影響評価、土地資源の保護と効率的な利用、森林・都市緑地の保護と効率的な利用のための組織、大気の保全と衛生的保全区域の組織

付表として、防火対策の必要性（義務）、敷地における裏庭の大きさ（推奨）、戸建住居地域における人口密度（推奨）、駐車場区域の積算基準（推奨）などが示されている。

SNiP 2.03-07-2001 には、次のように、アルマティ市の地震に対する基準が示されている。

- 1) 基本的な必要条件
- 2) アルマティ市および隣接する地域に関する地震防災都市計画
- 3) アルマティ市および隣接する地域における建物位置における都市計画の必要条件
- 4) 建築物と工作物の地震に対する安全性の保証のための規格
- 5) アルマティ市および隣接する地域における地震防災都市計画に関する要求事項の複合的な構造
- 6) アルマティ市および隣接する地域における地盤の地震に対する特性に関する分類別の図面

(4) アルマティ市都市建築基準

アルマティ市都市建築基準は、市内における土地利用規制を規定している。この基準は、建築行為に対して、ゾーン毎、建築規模、建築物の用途毎に、一人当たりの居住面積と緑地面積を規定している。

この建築基準の基本条項は、用途地域に沿った土地利用と建築基準のメカニズムを構築するため、市の建物地籍調査のデータを基に策定されている。アルマティ市域は、計画的で機能的な土地利用を進めるために、9の機能区分、44の用途区域で構成されている。

建築基準の運用に当たって、以下のような区域内における建築行為に対する制限を設けており、これらの制限区域は土地利用規制図に示されている。

- 1) 生物学的区域

- 2) 地形学的区域（景観の保護）
- 3) 地震に関する区域と建物高さに沿った建設区域
- 4) 河川や貯水池沿岸の水源保全区域
- 5) 歴史的・文化的遺産の保全区域
- 6) 地質工学条件による制限区域（地震・断層・地質の種類）
- 7) 交通網・通信網から隔絶された区域

用途地域毎の建築基準と設計指針は、地域の技術標準書・州の標準・国の規則を基に策定されている。

このようなゾーニングの最も重要な点は、用途地域内の全ての建物において建築基準が遵守されることにある。このため、建築基準は、投資家も含めて建物所有者に直接提示する必要がある。さらに、その所有者が所有する各建築物に関して建築基準を遵守する責任を明確にする必要がある。

設計図書では、用途地域における建築基準に従って、以下の内容を明示する必要がある。

- 1) 機能、2) 敷地、3) 建築物、4) 技術基盤・性能の保証、5) 交通施設とアクセス性、6) 環境、7) 投資、8) 適法性

建築基準実現計画は、アルマティ市建物地籍調査により策定されており、市域の全ての土地地区画における建築指針を定めている市建築基準実施計画の基礎となっている。

(5) マスタープラン

マスタープランは 2007 年を目標年次として策定されており、2008 年に新しいマスタープランが策定されている（図 2.8.4 と表 2.8.4 参照）。

アルマティ市のマスタープランは 23 章から構成されている（表 2.8.4 参照）、3 年間の計画である。同マスタープランの第 1、2 章および第 5 章において、インフラや住宅の供給について具体的な数値目標が示されている。第 3、4 章では具体的なプロジェクトについて記述されており、第 5 章では公共建築物の改修計画について具体的な数値目標が示されている。第 6 章以降に、教育、健康、文化等のセクションについての将来構想や具体的なプロジェクトについて計画が示されている。

この計画は、アルマティ市が先導して実施する事業に関わる計画であり、現在、南部で進んでいるような民間の開発については言及されていない。また、都市計画局による説明においても、マスタープランによる都市建設はアルマティ市の都市開発のあくまでも一部であり、民間開発に関する総量規制はない。

表 2.8.4 アルマティ市マスタープランの内容

1. 序文
2. 概要
3. 地域経済センター
4. 情報技術センター（アラタウ通り）
5. 政府の建築物の建設に関するプログラム（2005-2007）
6. 教育
7. 公共福祉
8. 文化
9. 社会的保護
10. 環境
11. 中小企業
12. 道路整備
13. 周辺地域との関係
14. ゴミ、し尿処理
15. アルマティ空港
16. 都市内交通
17. 安全都市のためのシステム
18. 都市公園の整備計画
19. 河川
20. メデウーシンホリック（冬季スポーツ施設）
21. 2011年冬期アジア大会
22. 2007年アルマティ市予算案
23. 休日

基礎的な指標を表 2.8.5 に整理する。

表 2.8.5 マスタープランに示された基礎的な指標

項目	将来指標
目標年次	2020年
将来人口	1,500,000人
住宅戸数	恒久住宅 1,300,000戸 暫定住宅 200,000戸
都市建設による人口増	2020年までに189,500人から327,600人に増加
サービス業の需要による人口増	2020年までに354,100人から390,000人に増加
地域生産額	2000年の3倍
社会資本投下	2000年の2.5倍
国民所得	2000年の2倍



- 凡例
1. 市境
 2. 国立公園境界
 3. 戸建住居開発
 4. 高層住居開発
 5. 生産地域
 6. 軍事施設
 7. 墓地
 8. 保全地域
 9. 建物・構造物
 10. 自然発生市街化区域
 11. 水面
 12. 高速道路
 13. 主要幹線道路
 14. 鉄道
 15. インターチェンジ
 16. 広場
 17. 歩行者区域

図 2.8.4 アルマティ市マスタープラン

(6) 土地利用規制

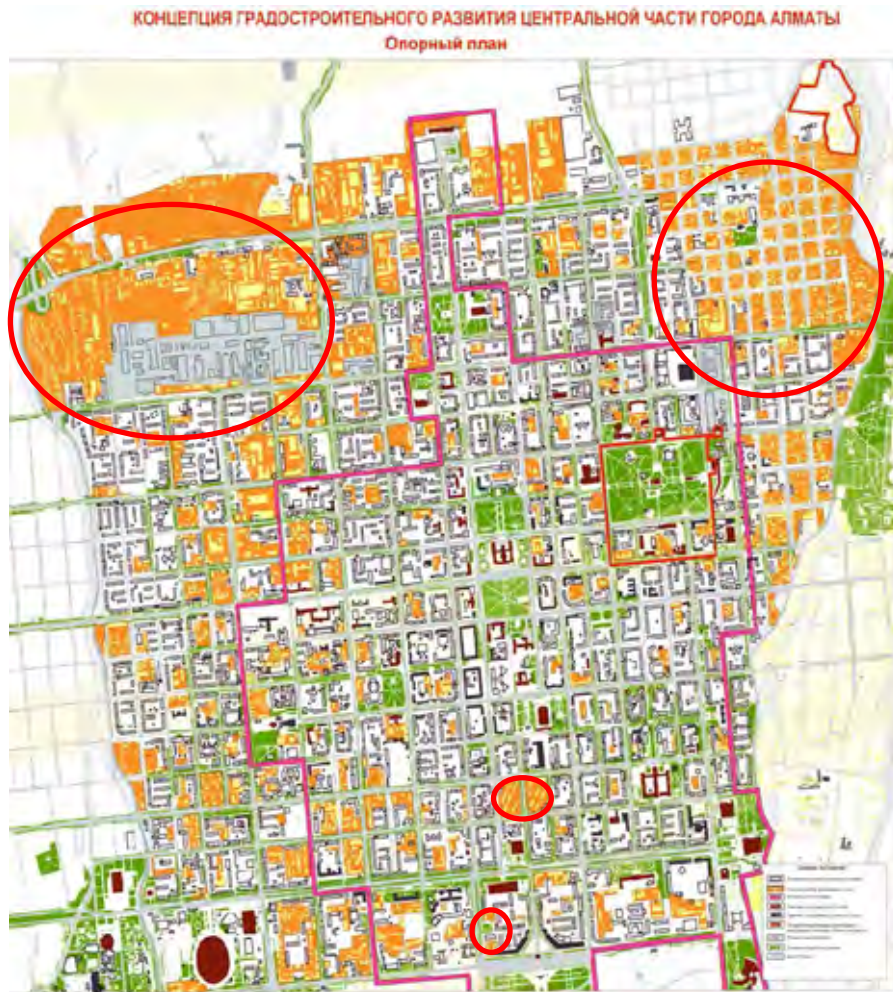
アルマティ市の土地利用規制図を図 2.8.5 に示す。土地利用規制は、表 2.8.6 に概要を示すとおり、地震のリスクと地盤状況に配慮した内容となっている。

市内に想定されている断層上の建築行為は規制されている。また、地質や地下水の深さ等によって、建築物の高さなどが決められている。とくに、北部の低地部については、地下水位が高いために、高層建築には不向きな地層であることが記されている。

これらを考慮して、取り壊し推奨建物が示されている（図 2.8.6 参照）。



図 2.8.5 アルマティ市の土地利用規制図



凡例

- 1. 取り壊さない住宅および公共建築
- 2. 取り壊されることが推奨される建築物
- 3. 歴史的区域
- 4. 政府によって登録された歴史的な価値のある建築物
- 5. 提案によって政府が登録した歴史的価値のある建築物
- 6. 歴史的で建築的にも意味のある区域およびベニータ
- 7. 工業地域
- 8. 緑地
- 9. 通り、道路

図 2.8.6 中心市街地建物規制図
 (取り壊し推奨建築物(図中橙色)は主に1917~1960年建築)

表 2.8.6 土地利用規制の概要

建物の建築を制限するゾーニング	
I. 震度8：震度9の地震に耐える構造を必要とする	
	I-B-2：地盤沈下に関する土壌（土壌タイプ1）
SNiPの建築物に関する基準1.5に準拠	I-B-1：地盤沈下に関する土壌 I-B-3：15%以上の傾斜のある粘土質の地盤
II. 震度9	
	II-A-1：顕著な中礫層、地下水位が10 m以上深い II-A-2：砂・砂質ローム・ローム質土が挟まった中礫・大礫層、地下水位が5 m～10 m II-A-3：砂・砂質ローム・ローム質土が挟まった中礫・砂礫層、地下水位5 m未満 II-A-6：砂・粗粒岩混じり非沈降粘土地質、地下水位5 m未満 II-A-8：ローム層、地下水位5 m未満
地盤強度の指数の増加などにより震度9以上の揺れが予測される	II-B-1：ローム層（土壌タイプ1）、地下水位2 m～5 m II-B-5：ローム層で砂・岩混じり、地下水位3 m以上 II-B-6：砂質ローム・粘土質ローム・砂などの異なる組成が混在、地下水位3 m～5 m
SNiP (11-7-81) の項目1.5に準拠しない	II-B-1：ローム層（時々シルト混入）、砂・砂礫・中礫層が混在し、地下水位5 m～10 m、もしくは10 m以上 II-B-2：沈下性ローム質土（タイプI主体、タイプII混在）深さ5 m～6 mから10 m～12 m、地下水位10 m以上 II-B-3：ローム質土・粘土質ロームに異なる粒度の砂が50～70%混入（地盤沈下土壌タイプ1） II-B-4：沈下性ローム質土（タイプI）異なる粒度の砂層・礫層が混入、地下水位5 m～10 m、10 m以上 II-B-5：沈下性ローム質土（タイプI）異なる粒度の砂層・礫層が混入、地下水位3 m～50 m II-B-7：15%以上の傾斜地盤、地すべり、粘土質のカルスト II-B-10：ローム質土に覆われた砂質土（タイプI）、地下水位は5 m以上
震度の影響の判断条件が一定しないため震度の更新が必要。それまでは震度10の基準を適用	II-G-3：岩質と地下水位が大きく変化、強度指数0.5以上のローム質土の存在
III. 震度10、外部要因なし	
	III-A-1：地下水レベルに非沈降ローム質土、地下水位3 m～5 m III-A-2：非沈降ローム質土、地下水レベルに砂礫・中礫層、地下水位5 m以上
建築活動には不向き	III-B-1：砂礫層（稀に中礫層）が混入した沈下性ローム質土（タイプI）、地下水位5 m～10 m、10 m以上 III-B-2：地盤タイプIIが主体で、急な斜面、泥流地が存在 III-B-3：15%以上の傾斜地、地すべり、粘土質カルスト、洪水 III-B-4：ローム層（シルト混入）砂・砂礫・中礫層が混在し、地下水位5 m～10 m以上 III-B-5：ローム層（シルト混入）砂・砂礫・中礫層が混在し、地下水位5 m以上 III-B-6：様々なタイプの地層、ローム質・砂質土が混じるゆるい沖積土の広範囲の分布、地下水位3 m以上

2.9 環境および社会配慮

アルマティ市における地震災害時の環境および社会的な問題には、さまざまな側面が考えられる。ここでは、「固形廃棄物処理」、「排泄物処理」、「建設・一般産業廃棄物処理」、「有害廃棄物・危険物質処理」および「避難・再定住計画」の5項目に関して検討を行う。

2.9.1 背景

「カ」国の面積は272万平方キロメートルと中央アジア最大であるが、人口は約1,500万人と比較的に少ない。広大な国土と鉱物資源に恵まれており、将来の発展の可能性を潜在的に秘めているが、同時に、これら豊富な天然資源に起因する脅威、あるいはさまざまな人工的な原因による脅威といった課題にさらされ続けている。環境に関する課題は地域によって異なり、たとえばアルマティ市を含む「カ」国の東部は鉱山や産業から排出される固形廃棄物が問題であり、カスピ海の沿海地方は原油による汚染が課題である。一方、中央および南方の地域は水質汚染、土壌汚染および砂漠化に直面している。

「カ」国の南東に位置し、かつて首都であったアルマティ市では、天山山脈のザイリウスキー山地の北斜面にあるため、泥石流、洪水、なだれ、地すべりや岩盤崩壊といった自然に起因する脆弱性がある。また固形廃棄物や、大気および水質汚染といった人工的な脆弱性もある。

1998年7月1日に、科学的、文化的、歴史的、財政的および工業中心地である特別都市としてのアルマティ市に関する法律が可決された。

「カ」国での環境に関する法的規則については、独立以来、旧ソ連時代の法律に取って代わる新しい法律および規定が主に大統領令として公布されている。水資源関連(1993年)、原油関連(1993、1996年)、林業関連(1993年)、鉱物資源関連(1995、1996年)生態学関連(1997年)、環境保護関連(1997年)、特別保護自然区域関連(1997年)、エネルギー保護関連(1998年)、天然資源の使用税法関連(2001年)、および大気汚染関連(2002年)などである。しかし時として新しい法律は古い規定と共存するため、複雑な状況である。

現在、長期開発戦略(2010年までおよび2030年まで)が策定され、教育・リサイクルを含む開発における環境問題の意識の重要性が認識されている。

一方で、環境保護を実施する国、州(オブラスト)、市の体制の整備も課題となっている。これまでは、政府が環境政策の設定の大部分を担ってきたが、次第に地元住民やNGOの適度な参加を促し、地方およびコミュニティの持続可能な発展のためのプラットフォームの構築を推進している。

2.9.2 現状の環境および課題

(1) 固形廃棄物管理

従前より、アルマティ市には固形廃棄物管理システムが存在する。アルマティ市民が1日に排出する固形廃棄物の量はおよそ1,000トンであり、毎日、主にアパート、スーパーマーケットなどに設置された8,000箇所のコンテナから2,000個のコンテナを使って収集されている。コンテナの数は毎年120個程度ずつ増えているようである。

すべての管理は、アルマティ市エネルギー公益事業局によって行われており、固形廃棄物の収集作業は毎年入札手続によって民間会社に委託するという方針をとっている。現在、2つの民間会社のグループが契約をしている。1つはタルティップ社という株式会社で、もう1つは小

規模な 33 社の輸送会社からなるグループである。タルティップ社は全体の 70%を扱い、残り 30%を 33 社のグループで扱っている。

2007 年 12 月に、フトルマ・エコロジー社がアルマティ市の近くに、固形廃棄物の処理プラントを建設した。タルティップ社はこの施設に収集した廃棄物のうちの約 70%を運び込んでおり、残り 30%はカラサイ処分場に直接運ばれている。処理プラントの総処理量は 1 年間に 45,000 トンであり、処理プラントでは、運び込まれた廃棄物のうち約 50%を処理する能力がある。リサイクルが可能なペットボトル、フィルム状のもののみを分別して処理し、その他のリサイクルが出来ないタイヤ、紙、布のような廃棄物はまとめられて、カラサイ処分場に運ばれる。リサイクルの結果得られる最終製品はプラスチックストリップ(荷造り用のロープとして使用することができる)である。



図 2.9.1 固形廃棄物処理プラント

カラサイ処分場は 33 ha の広さを持ち、アルマティ市内から 25 km 離れている。現場視察結果から、この処分場の容量は今後 10 年以上保持できる可能性があると思われた。この処分場の管理はタルティップ社によって行われており、管理のための 32 人の常勤スタッフ、ブルドーザー、バックホー、掘削機、水運送トラックが配置されている。廃棄物を運送するトラックの数は 200 台である。



図 2.9.2 カラサイ処分場

タルティップ社によると、現在新しい処分場をイリ・ラヨンに建設中で、2 年後に稼働開始予定である。

固形廃棄物に関する課題としては、以下のようなものが挙げられる。

- タルティップ社の廃棄物処理能力は、2008 年 5 月現在 166 トン/台・月であり、不足している。管理システムを維持するためにはこの点を是正する必要があり、205 トン/台・月が提案されている。
- カラサイ処分場は標準レベルの機能を有していない。EU による標準レベルまでの改善は非常に基本的な課題である。
- 第 2 のグループは 33 社で構成されているが、管理を考慮すると、10 社くらいに再編されるべきである。
- 廃棄物運送用の車両はその台数だけでなく、車両の種類（廃棄物運送用以外の車両が使われている）やメンテナンスは取り上げるべき重要な問題である。
- 廃棄物の分別は現状では実施されていない。リサイクルおよび環境配慮に対する、意識の醸成がなされなければならない。
- タルティップ社は非常事態における対処方法のノウハウを持っているものの、財政的な裏付けが必要である。

(2) 汚水処理

アルマティ市の上水道および下水道システムは、1997 年 6 月に設置された国有のコミュニケーション企業であるヴァドカナル社によって管理運営されている。

ヴァドカナル社は3つの関連事業体で構成されている。それらは、「水源地管理」、「給水および下水道設備ネットワーク事業」と「ヴァドカナル社管理部本体」であり、従業員の総数は2,532人である。緊急措置および緊急活動のためには、異なったタイプの38のユニットから合計433人の作業員がノミネートされている。

排泄物は下水ネットワークシステムを使用して集められ、処理場に運ばれている。

アルマティ市では、毎日400,000m³が排泄され、汚水は全長1,332kmのパイプライン・システムによって、アルマティ州イリ区のザペック・バティルの処理場に運ばれる。処理場は1970年に建設されたが、生物学的処置のための設備は1980年に造られた。

処理場の処理能力は560,000 m³/日であるが、現在400,000 m³/日を扱っている。下水処理には主に2つの連続するステップがある。最初は物理的な処理で、漂流している固体の分離、砂の分離（沈砂池）および汚泥処理からなる。汚泥処理のために12の放射状の沈殿池があるが、現在4つが故障中である。

第2のステップは曝気を含む生物学的処置である。汚水は曝気処理室に流され、曝気によって洗浄された汚水は別の部屋に送られ汚泥処理が可能となる。汚泥処理のために4つの標準的な放射状の貯水池（それぞれ25,000 m³の容量）がある。それより大きい容量(50,000 m³)の曝気用の貯水池が2つあるが現在故障中である。

生物学的処置の後で、汚水は開水路を流されて、51km北方のソルブラック湖か65km離れたイリ川に運ばれる。イリ川へ流される場合には、汚水は放流前に5つの貯水池を使用して調整される。

生物学的処理をした汚水の一部が流入するソルブラック湖はおおよそ10km x 20kmの面積を持つ巨大な自然の湖である。平均深さは約15mであり、この湖は30億m³の水を保持できる。水質は2時間毎に点検されており、湖および川への流入量は定期的に記録され、水位が維持されている。湖の下流部の堤防はアースフィルダムとなっており、このダムの長さは3.5km、最大高さは約6mで、斜面勾配は最大で1:1.5、水位の余裕高さは2.5~3mである。湖の水はゲートから排出され、延長3.5kmの開水路（運河）を経て流下し、20,000haの農地の灌漑用水として使用されていたが、最近灌漑区域が激減し運河は現在では使用されていない。ダムはMSK震度9に対しての耐震性があると報告されている。

(3) 建設廃材および一般産業廃棄物

通常、家を壊す、あるいは新たに建設するときには、国の建築構造制御部（建築申請センター）からの事前の許可が必要である。最初に建物建設のための計画を提出し、それから計画の評価

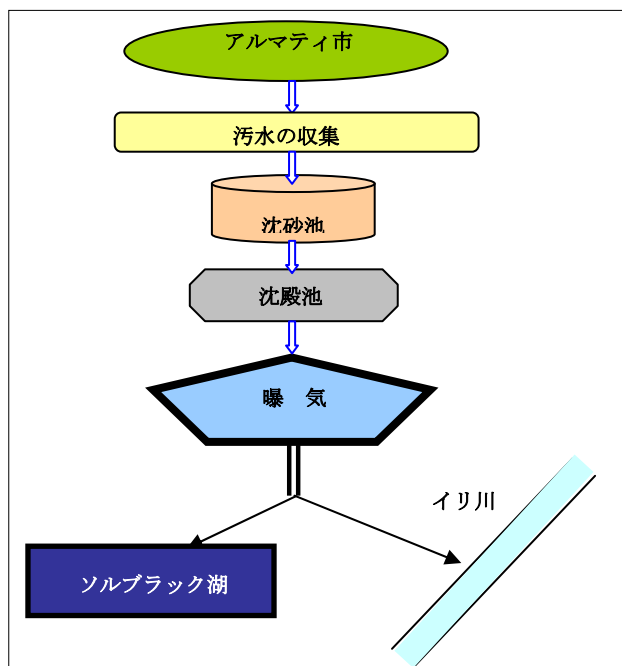


図 2.9.3 処理場および汚水運送システムの模式図

が行われる。建物建設の計画には、建設時と取り壊す際の建築廃材の管理計画が含まれなければならない。通常は建設会社が廃材処理を実行する。

緊急事態局によって提案されている計画では、緊急事態の場合の瓦礫処理は第三段階管理活動として位置づけられている。瓦礫はフトルマ社によって金属と非金属に分けられて市外へ運送され、地盤沈下の心配のない適切な場所に備蓄される。

一連の作業を遂行するために、非常事態局の工学防護機動隊では高踏破性能の機材を設備している。

一方、一般的な産業廃棄物に関しては、環境省から企業が許可を取得する際に、環境にやさしい廃棄物管理の計画を作成しなければならないことになっているようである。この計画は、排出する廃棄物の最大量と、それについての廃棄物管理計画を、環境省やその他による標準的な規定に従って記述していなければならない。

(4) 有害廃棄物、危険物生産工場

環境省の地区事務所の資料によれば、アルマティ市の近くには危険物貯蔵設備は少ない。環境省によれば、有害廃棄物を製造する工場は少なく、それらも多くはすでに閉鎖されている。環境省の指針によれば、新しい化学工業を建設するためには都市から 40km 以上離れなければならないことになっており、既存の企業も移設する計画がある。

危険物のなかでも、2つの化学物質のうち、アンモニアおよび塩素を生産過程に使用する際の安全管理に関しては、非常事態省地方部が監視している。特記すべきことは、これらの物質は「カ」国内では製造していないため、生産過程でそれらを使用する工場がロシア連邦から輸入していることである。

アルマティ市にはアンモニアを扱う工場が 10 箇所があり、年に 34 トンのアンモニアを扱うことが可能である。しかし、アンモニアは呼吸器官にとって非常に有害であるため、生産現場ではアンモニアの代わりにフロンを使用する対策が進められている。工場はアルマリンスキー区、市の中心部およびバイザコフ通りの西側とラインベック通りの南側の区域に集中している。

現状調査のため、バフス・ワイナリーを訪問した。この工場ではアンモニアを 60 年間にわたって使用しており、これまでに事故等はない。工場には緊急対応のセクションがあり、特別な知識を持った 35 人の職員が所属している。年間の取扱量は 1.2 トンである。

塩素を扱う工場は 1 箇所あり、最大 4 トンを取り扱っている。塩素の使用も非常事態省地方部の監視の下にある。倉庫は耐震性が確保されており、塩素は二重層の球状容器で保護されている。倉庫にはどのような事故でもすぐに対応できる散水装置の設備が整っている。工場内の最も大きい設備はこの給水用タンクである。

これらのアンモニアと塩素の工場では、合計でおよそ 2,000 人が働いている。また非常事態局が実施した査定によれば、危険を被る可能性のある 11 平方キロメートルの範囲に 7 万 2 千人の市民が暮らしている。

アルマティ市の東およそ 20 km のアラタウには原子物理学のための研究所がある。ただし、これは研究施設であり、放射性的核物質は取扱っていない。また建物は耐震性が確保されている。

(5) アスベスト

KazNIISSA と NIISTROM という 2 つの建築関連研究機関で聞き取り調査を行った。「カ」国では旧ソ連時代からアスベストが使用されており、およそ 3000 種の ACM (asbestos contaminated material、アスベスト汚染物質) が確認されている。コスタナイ州に「カ」国で唯一のアスベストの鉱床があり、研究者によると国内のアスベストの毒性は他国より低いとのことである。国の法規によると、特別な安全対策が要求される ACM は、断熱材、アスベストセメント板 (波型天板)、アスベストセメント管および継ぎ手、その他アスベストセメント材料およびその廃棄物である。市街地の集合住宅の 70% にいまだにアスベスト波板が使用されているが、その数は減少傾向にある。

現状は、賦存量が減少したこと、毒性が弱いこと、新規建築には使用が禁止されていることなどから積極的な規制がかかっていない。

2.10 気象データ

有効な地震シナリオ作成、地震防災計画策定のため、降雨日、気温、湿度、降雪日、風速などの気象データをインターネット等から取得した。データの期間は 5 年間 (2003~2007) である。また、2000 年に JICA が実施した「アルマティ市廃棄物管理計画調査」報告書から、風向データを取得した。

これらの結果をみると、アルマティ市特有の条件として、降雪時や気温が氷点下 25 度まで低下することを想定した最悪の条件のシナリオも考慮する必要があることがわかった。また、風に関する情報は火災による被害想定に用いた。これらのデータの要旨をまとめると次のようである。

(1) 降雨日数

年間の降雨日は 98 日から 120 日であり、平均は 112 日である。月間の最大降雨日数は 19 日で 4 月に観測されている。

(2) 日数

降雪は冬季 (11 月~2 月) に観測され、月間最大降雪日数は 1 月に 17 日を記録している。年間平均降雪日数は 49 日である。

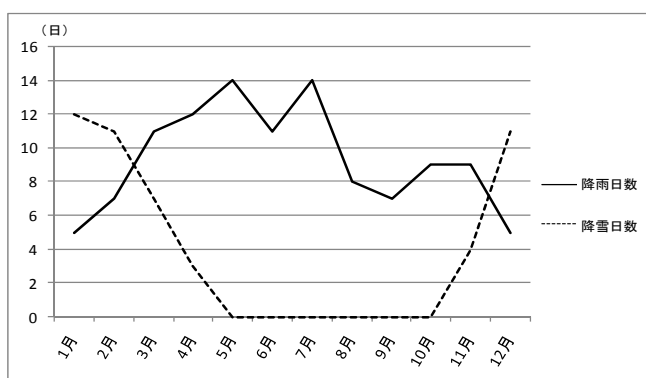


図 2.10.1 降雨・降雪日数 (5 年間の平均)

(3) 気温

最高気温は 7 月に摂氏 41 度を観測している。最低気温は 2 月の -25 度である。年間平均気温は 14 度、平均最低気温は 6 度である。

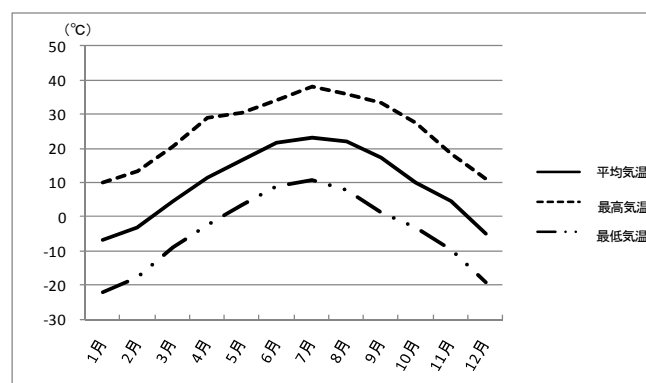


図 2.10.2 気温 (5 年間の平均)

(4) 湿度

最高湿度 100%は冬季に観測されており、最低湿度は9月に24%を記録している。年間平均湿度は65%である。

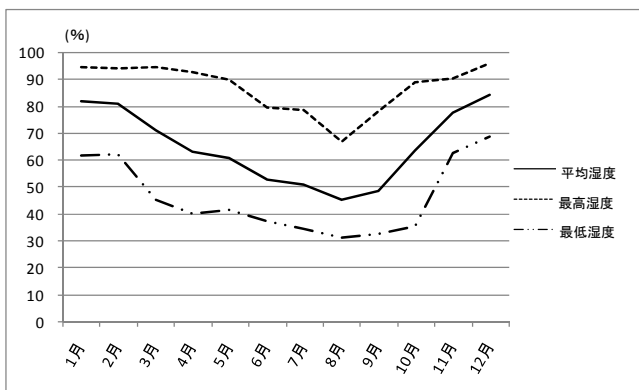


図 2.10.3 湿度 (5年間の平均値)

(5) 風速風向

冬季 (1 月) の月平均風速は、1.4 m/sec~1.9 m/sec である。風向は南東が卓越し、南西もそれに次いで観測される。夏季 (7 月) も風向は同じ傾向にあり、月間平均風速は 1.6 m/sec~2.8 m/sec である。

月平均風速の最大値は 2.4 m/s、月最大値の最大は 15 m/s であり、火災の際の条件設定の参考にした。

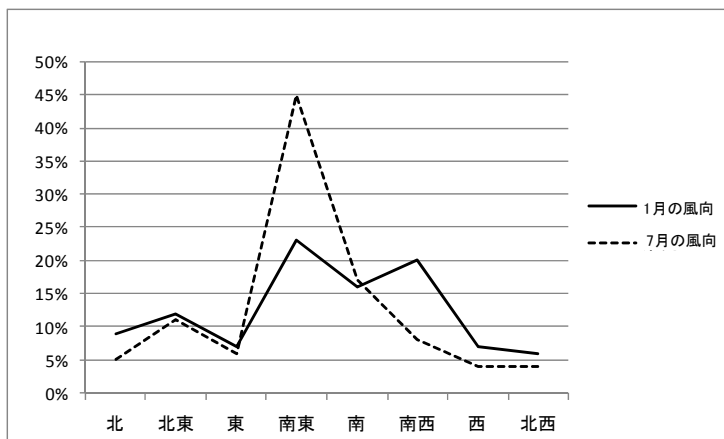


図 2.10.4 風向 (2000年 JICA 調査による)

第3章

既存 1/10,000 地形図数値化および GIS 基盤データ作成

第3章 既存 1/10,000 地形図数値化および GIS 基盤データ作成

3.1 序論

本調査の調査結果を反映させる基礎データとするために、アルマティ市面積約 347 km² の地形図データおよび GIS 用基盤データを作成した。既存の 1/10,000 地形図を基礎データとし、数値化により数値地形データの取得、およびそのデータからの GIS 基盤データの作成を実施した。作業は現地測量会社、国家測地地図公社 (National Cartographic and Geodetic Foundation) に再委託し、既存 1/10,000 地形図の数値化作業を主とし、さらに、地形データに衛星画像 (Quick Bird) を使用して経年変化修正作業を実施した。また、本調査のための印刷地形図の作成、GIS 基盤データの抽出も同社において再委託作業として実施した。地形図数値化作業範囲は図 3.1.1 のとおりである。

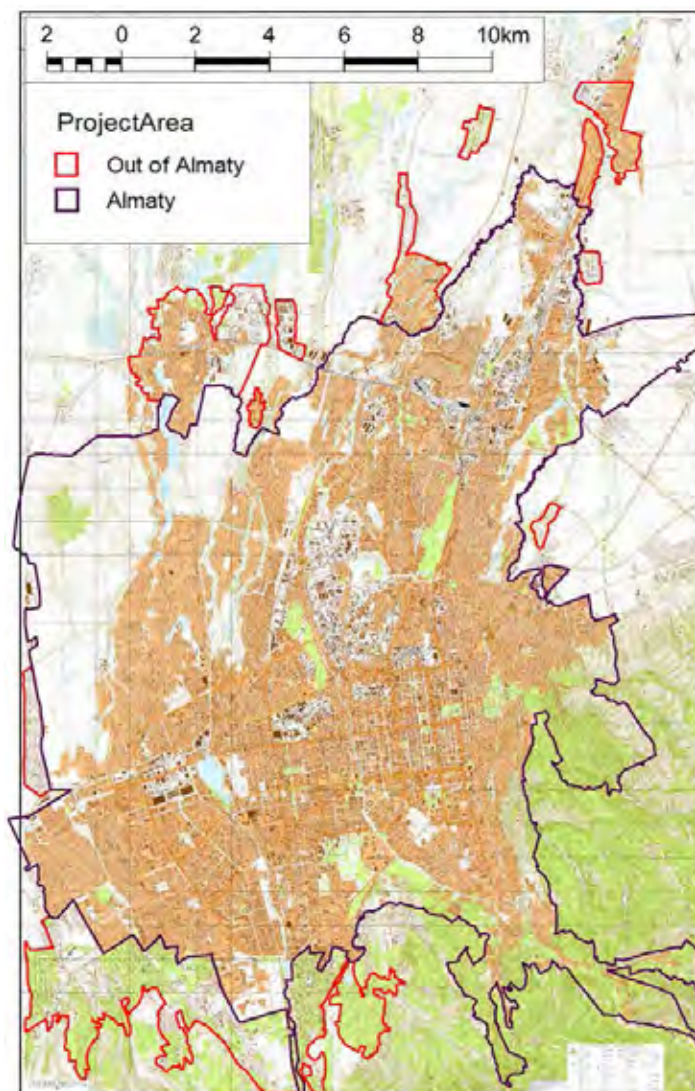


図 3.1.1 地形図数値化作業範囲

3.2 作業期間

再委託作業期間は、2007年10月31日から2008年1月31日とした。なお、2月20日まで再委託作業で作成された地図データ点検、また2月29日までGIS基盤データの点検・修正を実施した。

3.3 収集資料およびその背景

3.3.1 既存 1/10,000 地形図

既存の1/10,000地形図は、既存の1/2,000地形図から写真測量法により縮小され作成されたものである。その作成履歴は下記のとおりである。

- 1984年～1986年 1/2,000地図を1/10,000に縮小編纂
- 1998年～2001年 写真測量法による経年変化修正。ただし市街地のみ部分的に実施。他の地域はさまざまな地形図から編集
- 2003年機密情報を削除後国家地図として公開

以上のように、旧アルマティ市街地範囲以外の経年変化修正は実施されていないため市街地範囲外の家屋データと情報は1986年当時のままである。

この1/10,000地形図の座標系はCK42である。一般的に座標系CK42は、「カ」国においては機密事項となっている。よって、この地形図を公開するために、「カ」国の土地管理局の許可を得て他の座標系に変換する必要がある。結果として土地管理局の許可を得た後、後述の座標系WGS84とその関係する要素に変換した。

数値化作業開始前に、大型スキャナーにより既存地形図のラスターデータを取得し、MapInfoを用いて幾何補正を実施した。既存地形図の例を図3.3.1に示す。

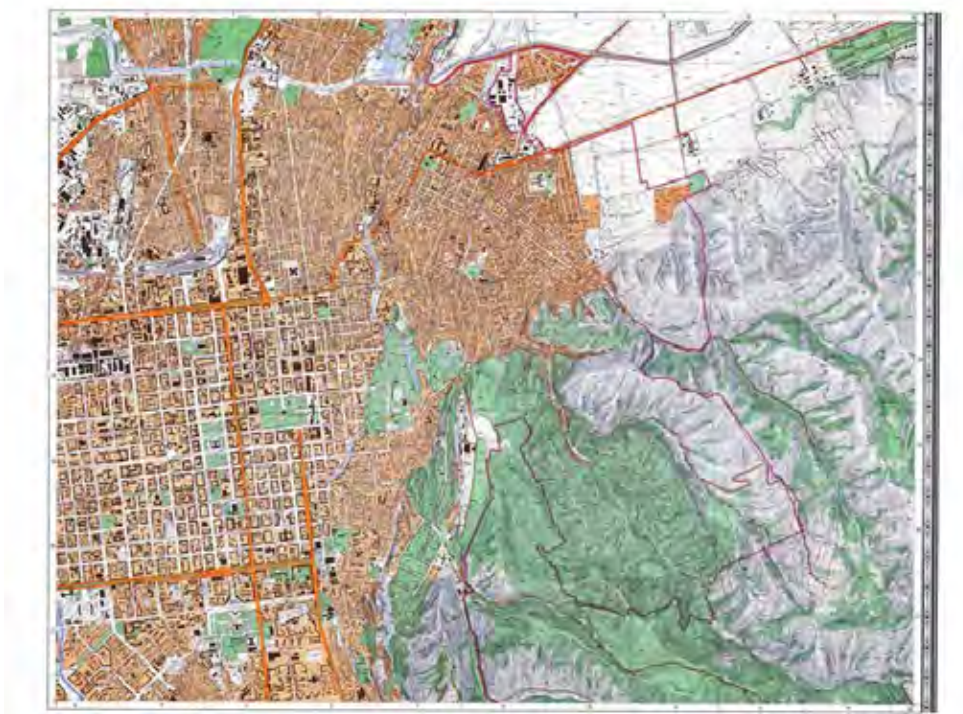


図 3.3.1 既存 1/10,000 地形図(1984-1986)の一部

3.3.2 QuickBird 衛星画像

QuickBird 衛星画像は SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) の 90m メッシュ DEM データを使用して概略のオルソ画像を作成したものであった。よって、大きな比高差のみられる地域では大きな平面位置誤差がみられたために、調査団は新たに標定点を設定して再度概略幾何補正を試みた。図 3.3.2 は標定点の配点図である。また、GPS 観測で求められた、それぞれの標定点の座標は表 3.3.1 のとおりである。



図 3.3.2 標定点配点図

表 3.3.1 標定点座標

No.	Point	X	Y	H
1	1056	4791927.266	662589.310	1022.611
2	8	4800892.451	661716.062	640.405
3	2	4808859.423	662659.980	601.114
4	1	4799852.811	646762.405	675.412
5	840	4797209.995	646719.652	808.807
6	7	4791664.436	650814.693	722.021
7	6	4780328.131	667518.319	1667.815
8	5	4785418.749	660622.518	1045.243
9	Alp	4783866.37	662396.8	1179.05
10	4	4793141.045	656632.830	715.046
11	3	4784742.704	647228.673	820.803

既存図と QuickBird 衛星画像の平面位置を極力一致させるために、概略幾何補正を、現地カズゲオコスモス社によって既存基準点を使用し実施した。その結果、衛星画像との平面位置誤差は図上 0.7 mm 内であり、それを越えるものについては、1/2,000 地形図からの既存図作成上（縮小編纂時）の誤差と判断した。また、表 3.3.2 に示すように 2 回目の衛星画像の幾何補正後の、各標定点の平均二乗誤差は許容範囲内であった。

この 2 回目の幾何補正により、衛星画像と地形図の迅速な標定作業が出来、家屋や他の地形地物の経年変化修正作業の効率化に貢献した。各標定点における幾何補正の結果を下表に示す。

表 3.3.2 幾何補正の結果

No.	右側画像標定点の誤差			左側画像標定点の誤差		
	dX	dY	dXY	dX	dY	dXY
1				-12.38	-3.47	12.85
2	-4.70	0.38	4.71	0.29	1.01	1.05
3				18.04	3.83	18.44
4				-1.88	-3.46	3.94
5				-3.28	-2.09	3.89
6	-0.16	0.01	0.17			
7				-3.46	0.10	3.46
8	14.77	-1.21	14.82			
9				16.74	5.90	17.75
10	-9.57	0.78	9.60	-13.50	-1.82	13.62
11	-0.34	0.03	0.34			

結果として；

右画像；平均二乗誤差: 8.2 ピクセル=約 5.5 m (0.6 m/ピクセル)

左画像；平均二乗誤差: 11.4 ピクセル=約 6.84 m (0.6 m/ピクセル)

地図上の許容平面位置誤差は 0.7 mm なので、両方の残差は許容範囲内であった。

3.3.3 図式仕様書

データ分類およびデータ取得のために図式仕様書が必要であった。調査団は、国家測地地図資金から 1/10,000 地形図のための図式仕様書を入手した。1984 年～1986 年に編纂された 1/10,000 既存地形図は、この図式仕様書を基に作成されている。全体の約 30% の地域が経年変化修正され、約 70% のアルマティ市近郊部において数値化と印刷図作成が実施されていた。実際には、印刷図のための数値データは、GIS 基盤データへの適用には十分な内容ではなく、特に道路、街路等は GIS 基盤データ用にデータ調整が必要であった。また、プロジェクトエリア内には多くの経年変化部分が散見された。経年変化修正と数値化作業は、地形、地物を数値データとして供与された地図記号で的確に表現し、取得する事が必要であった。図 3.3.3 は 1/10,000 地形図のための図式仕様書である。

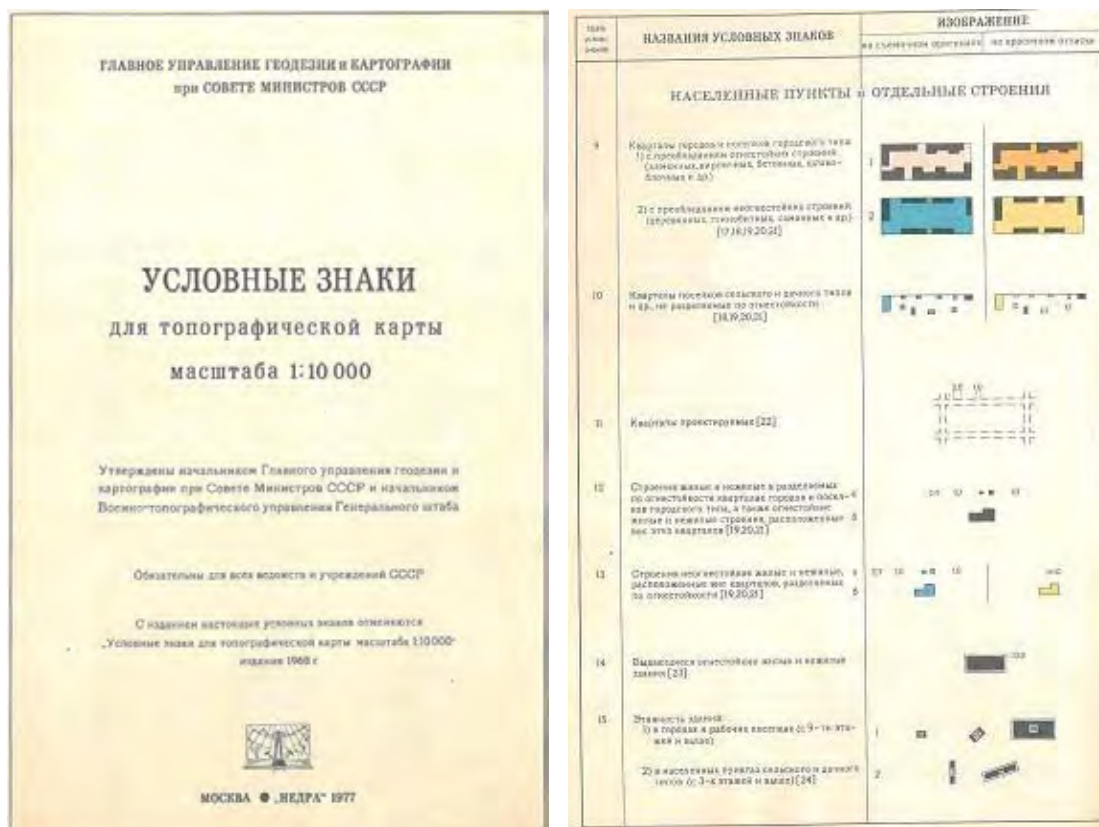


図 3.3.3 1/10,000 地形図のための図式仕様書

3.4 作業概要

作業は8面の既存1/10,000地形図の数値化とGIS基盤データ作成で構成されている。既存図の数値化はベクターフォーマットとした。同時にQuickBird衛星画像を使用して経年変化作業を実施した。数値化データを基にしてGIS基盤データの作成も同時に行った。

表 3.4.1 に地形図作成諸元を示す。

表 3.4.1 地形図作成諸元

1.	準拋楕円体	WGS84 (World Geodetic System 1984) 長半径 : 6,378,137.0m 短半径 : 6,356,752.314 245m 1/f (扁平率) : 298.257 223 563
2.	投影法	ガウスクリューゲル
3.	座標系	WGS84
4.	標高基準面	バルト海平均海水面
5.	データ情報レベル	10,000
6.	形式と記号	「カ」国の標準規格

作業全体を通して使用された座標系はCK42から変換したWGS84であった。最終的な地形図シート数は10面となった。

それぞれの作業概要は下記のとおりである。

(1) 経年変化修正

経年変化修正作業は2007年5月撮影の高解像度衛星画像 QuickBird を用いて実施された。地図データ修正はコンピュータのディスプレイ上で地形図のラスターデータに、衛星画像データを重ねて経年変化部を識別し作業を行った。作業の効率化を計るため、現地測量会社カズゲオコスモス社により、平面位置標定作業のための標定点作業を行い、衛星画像の幾何補正を実施した。

(2) 地形図数値化

作業開始前、作業仕様書に基づきそれぞれの地形図原図の幾何補正を実施した。地形、地物の数値化は CAD ソフトウェア、MapInfo を使用して行われた。数値データは作業仕様書に基づいてそれぞれのレイヤーに格納、分類した。標高データを所有する全てのデータは属性として高さの情報を付与した。

(3) 現地調査

衛星画像で認識された経年変化のあるデータ、数値化されたデータは、それらの地形・地図データが衛星画像上で明確に判読出来ない場合、現地調査により修正した。現地調査は主に印刷図上で行い、編集作業の完了時まで実施した。

(4) 数値編集

数値化および分類されたデータの数値編集作業と記号化作業については、「カ」国地形図作成標準仕様（図 3.3.3、表 3.4.1）に基づいた地形・地図表現を実施した。点検作業は印刷図、ディスプレイ上での目視、およびプログラムにより、数値化地図データの欠落、シート間の接合の不合について行った。

(5) 地形図印刷

地形図の数値編集作業後、全データをオフセット印刷用データに変換し、6色用印刷版に分類した。同時に、インクジェット大型プリンター用プロットファイルの作成も実施した。

(6) GIS 基盤データの作成

取得したデータは GIS データのために点、線、および面データに分類した。データ変換の作業フローを図 3.4.1 に示す。

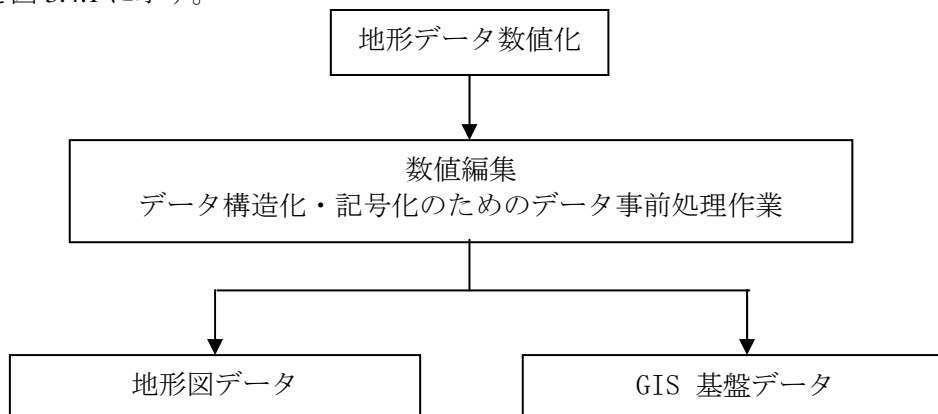


図 3.4.1 データ変換の作業フロー

(7) データファイル作成

編集済みデータをCD_ROMに格納した。

3.5 最終成果

作業完了後に調査団に提出された最終成果は下記のとおりである。

1万分の1数値地図データ

- | | | |
|---------------------|----|-----|
| - データファイル (CD_ROM) | 35 | セット |
| - 印刷地図 (10 シート/セット) | 30 | セット |

GIS 基盤データ

- | | | |
|-------------------|----|-----|
| - データファイル(CD_ROM) | 35 | セット |
|-------------------|----|-----|