

ソ連・アルメニア共和国・スピタク地震
国際緊急援助隊報告書

平成元年 6 月

国際協力事業団
医療協力部

医 援
J R
89-30

ソ連・アルメニア共和国・スピタク地震
国際緊急援助隊報告書

20267

JICA LIBRARY



1078342[1]

平成元年 6 月

国際協力事業団
医療協力部

国際協力事業団

20267

序

ソ連アルメニア共和国スピタク市近郊において12月7日マグニチュード7クラスの地震が発生し、スピタク、レニナカン、キロバカンの三市に甚大な人的・物的被害を及ぼした。

日本政府は直ちに、可能な限りの緊急災害援助を行う用意がある旨ソ連側に伝えると共に、我が国から協力が可能と思料される分野を確認するため同11日、外務省技術協力課飯村課長を団長とする先遣隊を派遣した。同隊とソ連側との協議の結果、ソ連政府の要請に基づき、被災状況の調査及び応急対策、災害復旧に関する技術的な助言を行う国際緊急援助隊（災害専門家チーム）が派遣される運びとなった。

本災害専門家チームは外務省参与（元気象庁長官）末廣重二氏を団長とし、被災度評価、地震工学及び耐震工学等の専門家等10名により、構成され、12月18日より28日までの11日間被災地の災害状況を調査し、ソ連、アルメニア共和国技術者と本地震の特性、今後の復旧が方法等につき協議を行った。

本報告書はそれらの調査事項をとりまとめたものである。

被災地の復旧が一日も早くなされることを願うとともに、外務省、国土庁、文部省、建設省及び在モスクワ日本大使館の方々並びにその関係者各位に対して深甚の謝意を表する次第である。

平成元年6月

国際協力事業団

医療協力部長

近藤健文

ソ連アルメニア共和国・スピタク地震報告書目次

序

1. 経緯	1
2. メンバー	2
3. 行程	3
4. アルメニア共和国の現状－地震対策を主として－	6
4.1 一般	6
1) 自然地理	6
2) 民族, 言語, 宗教	6
3) 産業	7
4) 震災各都市の概要	7
4.2 地質及び地盤条件	13
1) 概要	13
2) スピタク市	13
3) キロバカン市	14
4) レニナカン市	14
4.3 地震活動度	24
4.4 建設行政・組織と防災体制	26
4.5 耐震設計法	27
1) 建築物	27
2) 土木建造物	38
4.6 建築物の構法	43
5. アルメニア・スピタク地震の概要	64
5.1 地震現象	64
5.2 地動及び震度階	65
6. アルメニア・スピタク地震による被害	76
6.1 建築物の被害	76
1) 概要	76
2) 主な被災地における被害状況	77
3) 建物の構造種別に見られる典型的な被害	81
6.2 道路・鉄道の被害	107
6.3 ライフライン施設の被害	110

6.4 地盤の被害	122
7. 関係機関との討議内容	124
8. ソ連邦の地震地帯において今後必要とされる対策	128
9. 結言	129
10. 寄贈図書・文献リスト	131

1. 派遣の経緯

1. 1988年12月7日、11時40分、ソ連アルメニア共和国スピタク市近郊でマグニチュード7クラスの地震が発生、レニナカン、スピタク、キロバカンの三市を中心に死者約6万人を含む甚大な被害を及ぼした。
2. 外務省は、日本赤十字を通じて10億円の資金援助、及び1億円相当の毛布、テント医療品等の供与を決定すると共に医師1名を含む先派遣4名（団長飯村豊技術協力課長）を派遣した。同隊は被災状況を視察し、アルメニア共和国及びソ連邦関係者と、我が国の緊急援助隊の派遣について協議を行った。
3. その結果、ソ連側は、上記先遣隊に対して、耐震建築工学等、地震多発国として世界最先端の技術を誇る分野における緊急援助隊の派遣要請を行った。
4. 本要請に基づき、急きょ建設省、国土庁、文部省等関係機関と専門家の人選にあたり、12月18日より28日までの間、10名の専門家よりなる国際緊急援助隊の派遣が決定された。

2. メンバー

本派遣隊の隊員は、建築、土木、地震、地質、防災、行政等の関係分野の専門家で構成、建築については、メキシコ地震時の派遣者を中心に緊急的に下記のように決定した。

末 廣 重 二	外務省参与
石 原 研 而	東京大学工学部教授
岡 田 恒 男	東京大学生産技術研究所教授
南 忠 夫	東京大学地震研究所教授
尾 田 栄 章	国土庁防災局震災対策課長
山 中 保 教	建設省住宅局建築物防災対策室長
広 沢 雅 也	建設省建築研究所国際地震工学部長
川 島 一 彦	建設省土木研究所地震防災部耐研究室長
吉 田 睦	外務省欧亜局ソビエト連邦課事務官
河 合 恒 二	J I C A 医療協力部国際緊急援助室長代理

3. 行 程

月日(曜日)	内 容
12月18日(日)	10:00 成田空港にて打合せ、飯村技協課長他関係者同席 12:00 東京発(JL441) 16:00 モスクワ着 ソ連外務省 イスカンダロフ参事官、小川(郷)参事官、高松、山田書記官出迎え 19:00 川上公使主催 夕食会 } 川上公使、上田参事官、小川(郷)参事官 21:30 公使公低にて打合わせ } 小川(足)参事官、高松、山田書記官
19日(月)	11:20 モスクワ発(SU 907) 高松書記官同行 15:30 エレバン着 17:00 アルメニア共和国 科学アカデミー地質研究所にて打合せ (ソ連邦 科学アカデミー副総裁 ニコライ ラベロフ氏他出席者 別添リスト1) 20:00 団員打合せ
20日(火)	11:00 アルメニア共和国科学アカデミー総裁 表敬(フンバルツミャン氏) 15:00 末廣団長(吉田団員) オクテンベリカン 原発視察 15:00 他団員 アルメニア共和国 建築研究所にて打合せ (Shaginian 所長 他 出席者 別添リスト2) 20:40 団員打合せ
21日(水)	6:30 エレバン発(ジープ分乗) 10:30 レニナカン 視察(レニナカン地震研究所 訪問) 14:00 スピタク " 16:00 キロバカン " 18:30 エレバン 着 20:00 団員打合せ(末廣団長、ソ連地震学者と余震の経過状況につき協議) 22:00 米国調査団と打合せ(岡田、川島団員)
22日(木)	9:30 エレバン発(スピタクまでアメリカ地震学チームとの合同バス)

12:00 スピタク着 (A、B 2チームに分割)
Aチーム (末廣団長、岡田、南、山中団員、高松書記官)
15:00 レニナカン着 レニナカン視察 (レニナカン地震研究所打合せ)
21:30 エレバン着
Bチーム (石原、広沢、川島、尾田、吉田、河合団員)
12:00 スピタク視察 20:30 エレバン着
22:30 団員打合せ

23日 (金)

Aチーム (末廣団長、高松書記官)
10:00 TV座談会出席 (米、仏チームと合同)
11:00 アルメニア共和国科学アカデミー打合せ
15:00 " 総裁報告
Bチーム (岡田、尾田、山中団員)
11:00 アルメニア共和国 建築研究所 打合せ
15:00 資料整理 (報告書案作成)
A、Bチーム (末廣団長、尾田、山中団員)
21:00 エレバン発 (SU898)
23:30 モスクワ着
Cチーム (石原、広沢、南、川島、吉田、河合団員)
10:00 エレバン発
12:00 レニナカン着 同市 視察
18:30 エレバン着

24日 (土)

Aチーム (末廣団長、尾田、山中団員)
現地報告書取りまとめ
Bチーム (岡田、南、広沢、吉田団員)
9:30 アルメニア共和国 建築研究所 打合せ
Cチーム (石原団員)
7:30 アルメニア共和国 地震研究所打合せ
Dチーム (川島団員)
9:30 道路、橋梁関係者と打合せ (午後 共和国交通省と打合せ)
B、C、Dチーム打合せ
21:00 エレバン発 (SU898)

23:30 モスクワ着

11:00 大使館 報告 (小川(郷)参事官、高松、山田書記官)

19:00 上田参事官主催夕食会

25日(日)

14:00 大使館打合せ

16:00 ソ連邦科学アカデミー地球物理研究所 報告 ブネ教授、スタインブルグ教授

26日(月)

10:00 国家建設委員会報告 チジェフスキー副議長他7名(出席者 別添3)

12:00 大使館にて邦人報道関係者と記者会見

27日(火)

13:00 大使主催昼食会(大使、川上公使、小川参事官、高松、山田書記官)

16:00 末廣団長 ソ連邦外務省表敬(チジョクフ 太平洋諸国局長)

20:30 モスクワ発 (SU 577)

28日(水)

11:15 成田着

12:00 空港 ミーティングルームにて報告会(外務省技術協力課飯村課長他)

4. アルメニア共和国の現状

4.1 一般

(1) 自然地理

アルメニア共和国は国土の90%以上が標高1,000m以上の高地に位置しており、平均高度は1,800mに達する。最高峰は標高4,090mの死火山アラガツ山である。また、約1,900mの高地に湖水をたたえるセバン湖も火山活動による堰止湖である。なおノアの箱舟が漂着したとされるアララート山(5,165m)は現在トルコ領内にある。

(各都市の標高：エレバン：950m、レニナカン：1,500m、キロバカン：1,350m)

当共和国は全般的に火山性堆積物に覆われており、表土は現在火山活動を休止している諸火山の噴出物、主に安山岩、玄武岩、凝灰岩、軽石、真珠岩等が卓越している。なお、当地のピンク色～ライラック色をした凝灰岩は建材に多用され、首都エレバンの街並みは独特の色調を醸し出している。

アルメニア共和国は、緯度的には亜熱帯地方にあるが、高い標高故に、またカスピ海・黒海両海、更に小アジア高原の影響で複雑な気候的特色を呈している。首都エレバンを含む当共和国の盆地・山麓地帯では、大陸性の暑い夏と温和な冬、少雨が特徴的で、7月の平均気温は24～26℃、1月は-5℃・降水量は200～400mm前後である。また、高地(今般の地震の被災地を含む)では、7月の平均気温18-20℃・1月-4～-6℃で、降水量は約500mm前後である。

当共和国の水系は全てカスピ海水系である。但し共和国の北部の一部(国土の24%)は隣接するグルジア・アゼルバイジャン両共和国の中央部を東流しカスピ海に注ぐクラ川水系に属し(スピタク・キロバカンはこの水系に属する)、その他の大部分の地域(国土の76%)はアルメニア・アゼルバイジャン両共和国とトルコ・イラン国境を形成し、上記クラ川の下流に合流するアラクス川の水系である(レニナカン・エレバン・セバン湖はこの水系に属する)。

(2) 民族・言語・宗教

アルメニア共和国はソ連邦の15共和国の中で最少の面積(29,800km²)であり、人口密度ではモルダビア共和国に次ぎ2番目に高い(104.7人/km²・1981年)。

アルメニア共和国の人口は1987年現在341.2万人、全ソの1.2%で、その人種別構成の概数はアルメニア人90%、アゼルバイジャン人5%、ロシア人2.3%、クルド人1.7%等となっている。なおアルメニア人はソ連邦全体では415万人(1979年)、ソ連邦以外では約60カ国に約180万人が居住している。(米国：45万人、イラン：20万人、フランス：20万人、レバノン：18万人、シリア：15万人、アルゼンチン：6万人、イラク：2.5万人等)(ソ連邦以外の数字は1967年の資料による)

アルメニア人の祖先は小アジア地方北東部の居住民に由来するとされ、その後アルメニア高地における牧畜と結び付いた農耕の伝播・発達とともに民族としての定着化の過程をたどった。奴隷制・封建制の時代を通じアラブ・ビザンチン・セルジュクトルコ・モンゴル・タタールといった周辺民族との絶え間のない抗争が繰り返された。19世紀初めに東アルメニアがロシア帝国に編入されて以降、資本主義的発展の道を歩み始めたが、1920年11月のソビエト政権樹立に至る。

アルメニア語はインド・ヨーロッパ語族の独立した一派の言語であり、そのアルファベットは5世紀初頭にギリシア語・アラム語（古代シリア・パレスチナ語）を基礎に確立された。

キリスト教のローマ帝国からの拡大とともに、アルメニアにも2世紀頃、シリア・小アジアの布教者によりキリスト教が伝播されたと考えられている。アルメニアは国家として、また民族としても世界で最初に公式にキリスト教を受容した国で（301年）、しかもそれ以来の伝統を今日まで保持している非常に珍しい例である。アルメニアのキリスト教国教化の立役者グレゴリオスは、当時アルメニア教会の首長の所在地を、エレバン西方約20kmのエチミアジン（ひとり子の降臨の意）に置いた。（エチミアジンは現在もアルメニア教会の聖地となっている。）

(3) 産 業

1) 農牧業

アルメニア共和国に卓越してみられる土地利用形態は放牧地、果樹栽培地、牧草地である。乾燥少雨地なので国土の23%以上は灌漑されている。主な農作物はブドウに代表される果樹、タバコ・サトウダイコン等の工芸作物、その他小麦・ジャガイモ等である。主に放牧されている家畜は牛・羊・山羊である。

2) 工 業

主な工業部門としては、機械・金属加工・化学・石油化学・繊維（ニット製品）・製靴・食品（ワイン・コニャック製造、野菜果物の罐詰製造）・非鉄金属・建築材料等がある。この共和国国内では豊富な水力資源を利用した水力発電が盛な他、火力発電も行われており、またエレバン近郊にはアルメニア原子力発電所（エレバン西方約30km・出力81万5千キロワット）が稼働している。

当地方に多く産する火山性岩石（凝灰岩・軽石・真珠岩・玄武岩・花崗岩・大理石等）は、建材、装飾材として利用されている他、凝灰岩等を利用した壁材・軽量コンクリート材・耐熱材の生産は有名である。

(4) 震災各都市の概要

1) レニナカン（1924年までの旧称アレクサンドロポリ）

標高 1,500m以上の火山性の高地上に位置する。人口約29万人。(1988年12月のソ連新聞報道、1981年には21万3千人)

当地には既に紀元前5世紀より集落が存在、中世にはクマイリという名の町が形成され、1837年にはロシア要塞が建てられた。19世紀末より20世紀初めにかけてアルメニアの労働運動の拠点となり、1920年ソビエト政権が樹立された。

現在のレニナカンには繊維紡績工業の中心地であり、機械・精密機械・食品・家具製造業等が行われている。また市内には教育大学・エレバン工科大学分校がある。

2) キロバカン (1935年までの旧称カラクリス)

バズム山脈とバムバック山脈の間の標高 1,350mの盆地に立地。人口は約17万人。(同上、1981年は15万3千人) 19世紀末にチフリス(現トビリシ)～カラクリス～アレクサンドロポリ(現レニナカン)間の鉄道が開通してから栄えた。

現在のキロバカンは鉱物性肥料等を生産する化学工業・化学繊維工業の中心地である他、機械・精密機械・食品・繊維紡績等の産業がある。また教育大学・エレバン工科大学分校がある。

3) スピタク (1948年までの旧称アマムル)

クラ川水系のバムバック川流域に立地。1960年より市制施行。人口約2万人。(同上、1975年には13,300人)

市内の産業としては、砂糖・バター・チーズ製造、エレベーター製造、人工皮革製造、製粉コンビナート、ニット製品製造工場等がある。

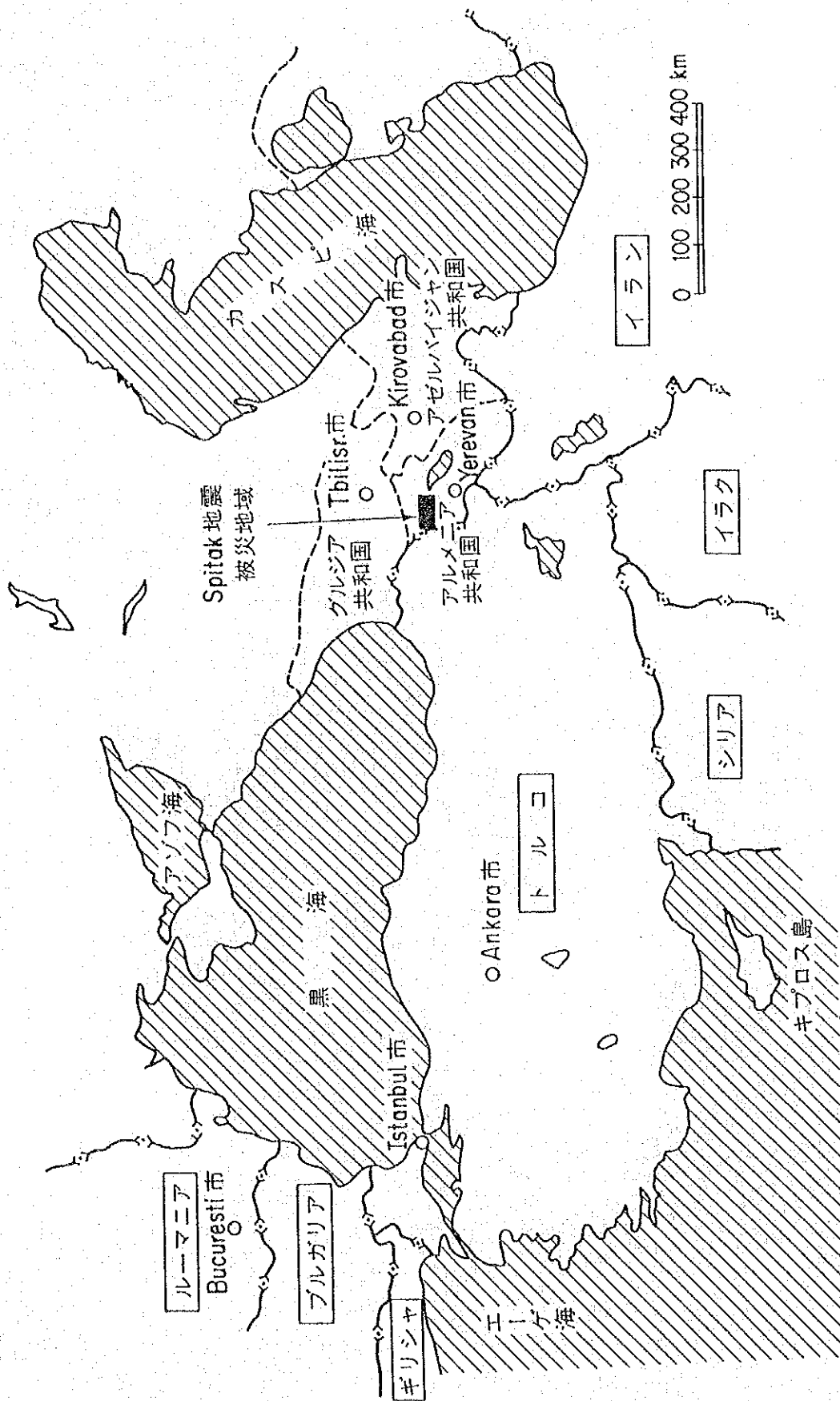
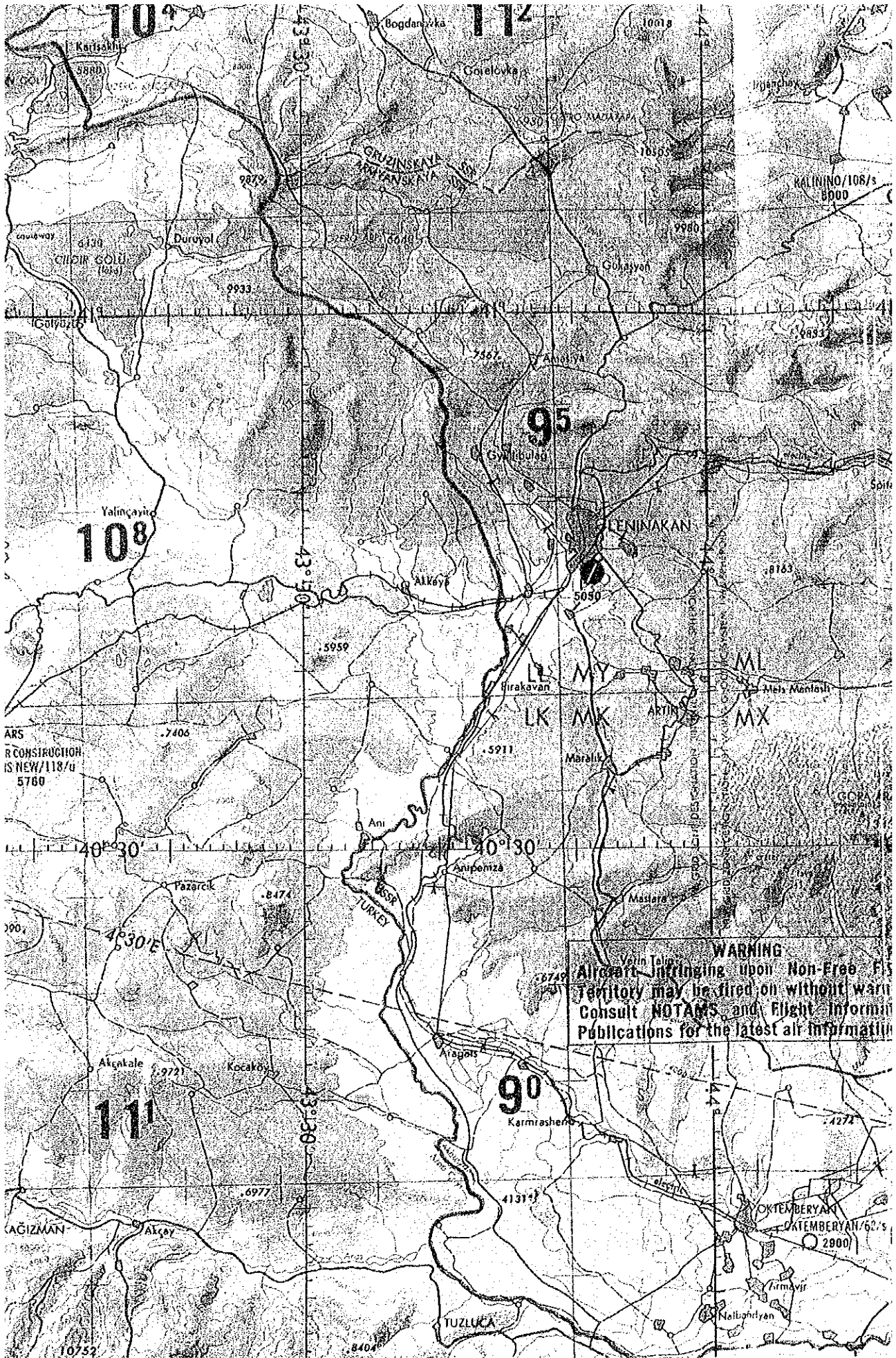
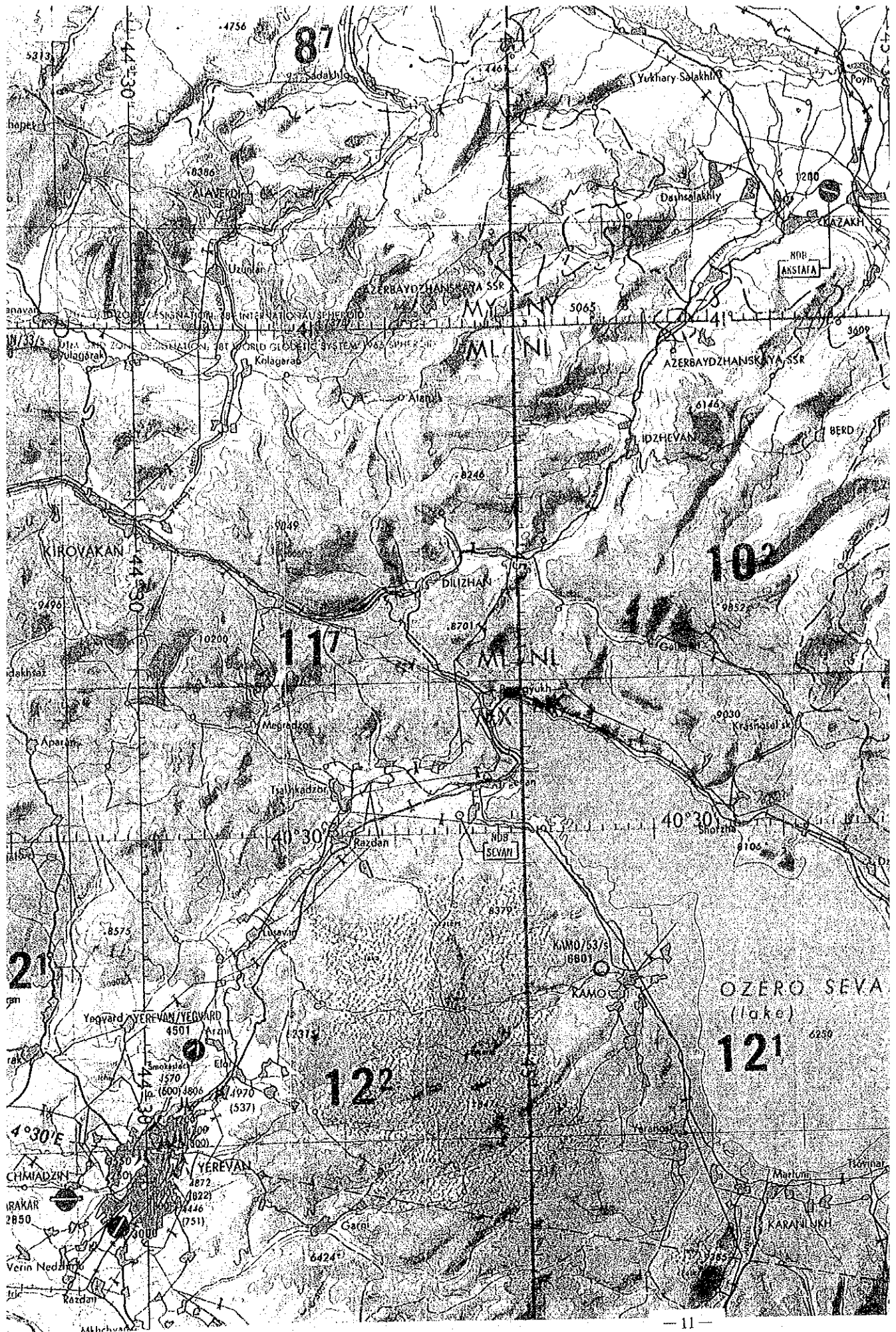


図 4.1.1



WARNING
Aircraft intruding upon Non-Free Flight Territory may be fired on without warning. Consult NOTAMS and Flight Information Publications for the latest air information.



4.2 地震及び地盤条件

(1) 概要

被災地は黒海とカスピ海に夾まれた小コーカサス山脈の高原地帯に位置し、標高は1500～1700mで内陸性の気候をもち、年間の雨量は約500mmで我国の平均雨量の約1/3である。地震発生時の12月7日以前の一週間内に降雨はなく、地盤は乾燥していたと思われる。

震源地域の概略図を示すと図4.2.1のごとくであるが、スピタクとレニナカンの中間地点を分水嶺として東方に流下するパムバック(Pamback)川はスピタク市の中央部を通り、キロバカンにおいて北上し、アジェルバイジャンの平野部を経てカスピ海に到っている。パムバック川には主として南方から、いくつもの支流が注いでいるが、その一つとの合流地点に発達したのがスピタクの市街地である。

キロバカンは、スピタクの東方20kmの位置にある、パムバック川の段丘地帯に発達した東西に細長い都市である。東のセパン湖から流下する川はキロバカンにおいてパムバック川に合流して北上している。この川の現在の流域は巾5m、深さ1m程度で流量は5m³/秒位であると想定される。

レニナカンは、なだらかな山々に囲まれた盆地状の平野部の縁に発達した古い都市で、市街地の東部と西部を通過して南方に向かう2本の河川にはさまれた部分に位置している。ここら一帯は水源地帯でもあるわけで、現に、3本の支流が市街地から発生しているが、乾期のせいか水量はゼロに近い状態であった。

被災地一帯は、前述のごとく、全般に火山性の堆積物で覆われており、凝灰岩や玄武岩の小崖や軽石が見渡す限り高地一帯に広がっている。

(2) スピタク市

パムバック川が南方からの大きな支川と合流する地点に発達したのがスピタク市であり、地形の大略を示すと図4.2.2のごとくである。南北方向にとった4つの横断面を描くと、大略、図4.2.3のようになる。これらの図より明らかなごとく、市街地は、山麓の丘陵地又は河川の段丘に相当する台地の部分と、河川敷に発達した低地の部分、の2つから成立していることがわかる。この低地と南側の台地との境目は15～20mの高さの切り立った崖になっているが、北側は緩やかな斜面をなして境界が明確に判別できない。南側の台地の中央部には比高50～70mの小高い山がそびえている。

今回の地震で最も被害が大きかったのは、図4.2.2のA地区にあった5～6階のアパート群で、ここは丘陵地性の台地である。又、同図のB地区では3～4階建ての建物や平屋建の民家が潰滅的被害を受けた。段丘性の台地部C地区には大小の工場があったが、ここでも被害は潰滅的であった。比較的被害の少なかったのは、一階建の民家が山麓の斜面に建っているE地区と、支流の南東側にあるD地区である。D地区は標高が低く、

河川敷より3～5m高い低位の段丘であると想像される。E一地区とD一地区で被害が少なかったのは、新しい石造の低層住宅が多かったためと考えられる。それに対し、B一地区では古い脆弱な低層住宅が多かったためとも考えられる。

スピタク市の河川敷の低地に存在していたのは、鉄道の盛土と、点在する農家が主で、最近のアパートは無かった。平屋建ての農家も倒壊したものが多く、鉄道の盛土で、完全に崩壊し線路が大きくわん曲した個所もあった。これは、今までの被害例から堆して、地盤の液状化によるものと思われる。

スピタクについては、ボーリングデータを入手できなかったので土質柱状の模様は不明である。地形から判断して、台地部では玄武岩が風化してできた砂礫や粘土が存在し、地下水面は相当低いと考えられる。台地部が、古い河川の堆積物が侵蝕されてできた河川段丘であるか、単に風化土が残存する丘陵地性の段丘であるのか、についてはよくわからないが、多分、後者の部分が多いように思えた。河川敷の低地部は、ほとんど、河川が運んだ土砂の堆積物から成っているが、粘土分が相当含まれており、全般的には液状化しにくい土質であると考えられる。地下水面は高く、地表面から1～2mの位置であろうと想像される。この部分の堆積物がどの位の深さまで存在しているのかについては、興味深い点であるが、不明である。

スピタク市の西側は、南北から急峻な山がせまった峡谷をなしているが、更に西へ進むと再びなだらかな山地がひらけてくる。この地域でバムバック川の周辺に点在する村落も震度IX～Xとされる遺滅的被害を受けている。

(3) キロバカン (Kirovakan)

スピタクの西方20kmの地点で、バムバック川沿いに発達した細長い都市がキロバカンで、機械、紡績化学等の工場が数多くある。街の主要な部分は南北の山脈に挟まれた巾1～2kmの丘陵性の段丘上に位置しており、地質は基本的にスピタクと同様であると思われる。

(4) レニナカン (Leninakan)

市街地は、東西方向に約4km、南北方向に約8kmの大きさを持ち、図4.2.4に示すごとく、市の中心部から3本(西側のものは示されていない)の支川がアクヌリアン(Aknurian)川につながっている。この外に市街地の東側にも南下する河川がある。市の中央部の支川は一たん導水暗渠で地下にもぐり、南側で再び地上にでてくるが、流水はほとんど皆無であった。図4.2.4の北部の2ヶ所で東西方向の地層断面図を入手したが、これを示したのが図4.2.5である。10～20mの深さに凝灰岩があり、その上部を、河川がもたらしたと思える砂層や粘土層が覆っている。低地の部分では地下水面が高い所も見受けられるが全般的には4m以深に地下水面があると考えられる。

レニナカンでは、ボーリングによる地盤調査や弾性波による地下探査が1970年の初め頃

から行なわれていたようである。アルメニア共和国科学アカデミーの論文から転写した地質図を示すと、図4.2.6のごとくである。この図の中で東西方向のK-K'断面をとり出し、地質図を描いたのが図4.2.7である。両者を見比べると、図4.2.6の測点15は、図4.2.4で西側の丘上にある記念塔の坂下の位置に相当していることがわかる。又、測点23は、チェルキェツ川より少し東の坂下の部分、測点17は、導水暗渠になって街の中心部を南下するクマイリ川の部分に相当することがわかる。地形的には、市の北部一帯が5~10m程度高くなっており、南側（大体K-K'線より南）の中央部が低地となっている。これは、小河川の侵蝕によるものと考えられる。

図4.2.6より、まず、市街地の北西部には、火山の熔岩流によってもたらされたと思える凝灰岩が存在していることがわかる。この上を2~3m厚さの表土が覆っている。市の北部には、薄い礫層をはさんだ砂質粘土層があるが、これは河川性の堆積物と考えられる。市の南部は砂質、レキ質土が卓越しているが、これは侵蝕で下部の砂質・レキ層が露出したものと思える。チェルキェツ川やクマイリ川は深さ3~5mの川底を形成しているが、所々で滑落崖ができています。図4.2.7はK-K'断面についての地層を示したものであるが、市の南部では砂質や礫質の土が卓越している様子がうかがえる。ボーリング孔の水位から求めた地下水面は、図に点線で示すごとく、地表面下4m以深であることが多く、地下水面が高いのは、川沿いの低地に限られることが知れる。地水面の深さについては、図4.2.6にも詳しく区別して示してあるが、やはり川沿いの低地ともう一つ市の北東にある地域で地下水が4m浅くなっていることが知れる。地下水は非常に深い所までつながっているのではなく、その滞水層の厚さは、市中央部より北東に向かう地域で7~9m、低地では2.5~5m程度であるとされている。

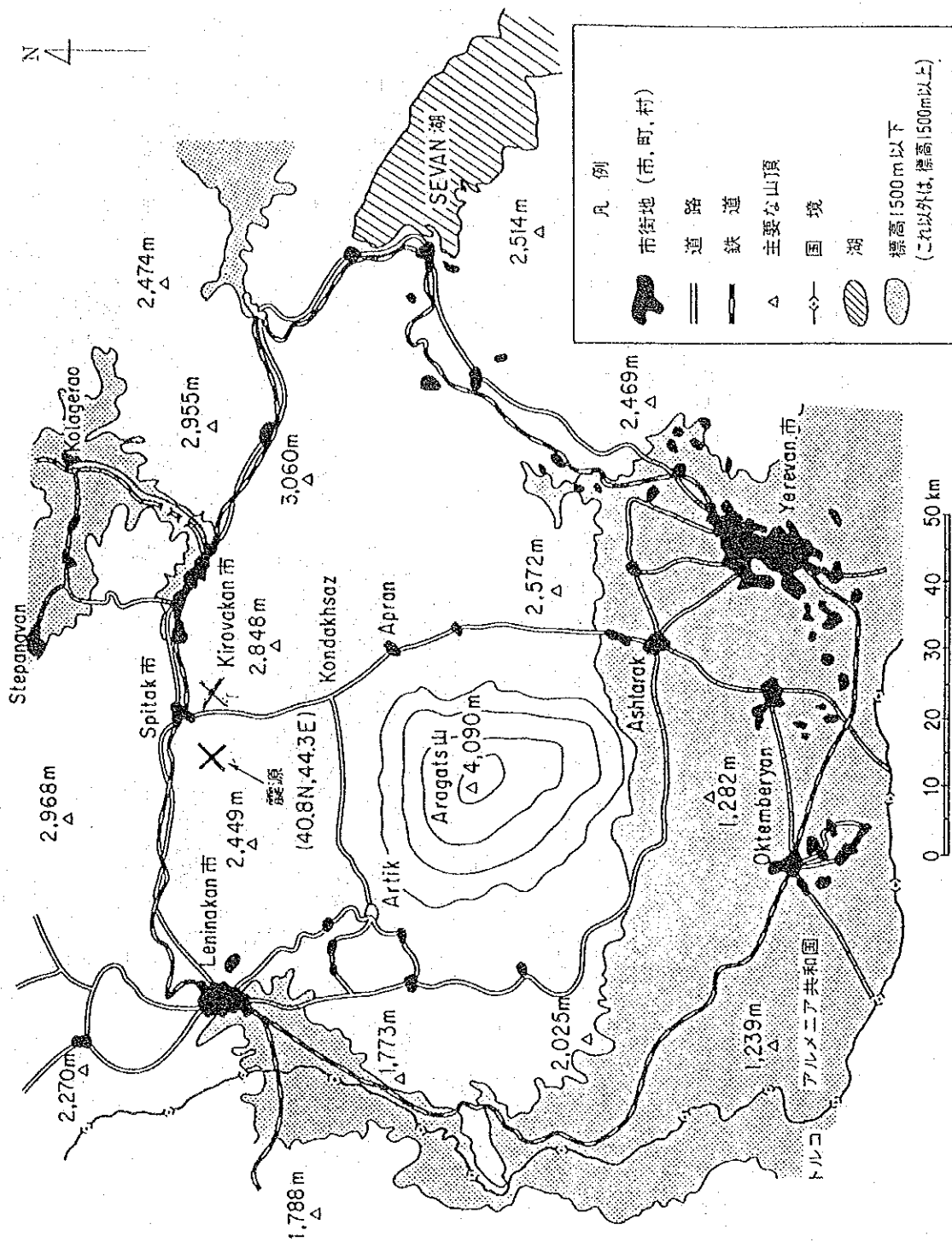
さて、図4.2.7に示してあるボーリング孔2と23はそれぞれ、約35と15mの深さにまでしか達していないが、もっと深いボーリングも行なわれているようで、この地域に広く存在する湖成の粘土層は最大250m~300mの深さにまで達しているということである。このことは、図4.2.7の基盤部が、ほとんどこの湖成粘土の表示でぬりつぶされている様子からもうかがえる。つまり、レニナカン市の一帯は、古い時代に大きな湖であり、それが長年月の間に埋め立てられて湖成粘土が形成され、その上に河川で運ばれた砂礫が堆積したり、周辺の火山活動によって流されてきた凝灰岩がのっかたりしてできた地盤ではないかと想像される。地図を見ると、現在でもセバン湖を始めとして、アルメニア地域には大小多数の湖が点在していることから、このことが或る程度うなずけるのである。

図4.2.6の地点で行なわれた弾性波探査の結果求められた各土層の縦波と横波の行播速度は、表4.2.1に示すごとくである。

表4.2.1 レニナカン市地盤の土質特性

土質名称	測点地点	V _p (m/sec)	V _s (m/sec)	地下水面深さ (m)
堅固な凝灰岩	9、9 ^a	1600 ~1800	720	
風化した凝灰岩	9 ^a	530	163	
湖成粘土	14 ^a 、15、16	1440 ~1760	450	
不飽和な湖成粘土	14	680	390	
砂質粘土	13	830	—	
不飽和な砂質粘土	1~4、6、 7、10~13	300 ~500	145 ~340	
飽和な砂質粘土	3	2150	—	6.5~7.5
不飽和な砂質土	5、14 ^a 、15、 16	290 ~560	165	
乾いた堅固な砂	4、8、18	660 ~700	280	
砂礫層	11	1500 ~1520	1000	
埋立て土	2、6、14 ^a	270	160 ~170	

*図 4.2.6参照



被災地周辺の概要

図 4. 2. 1

Spitak

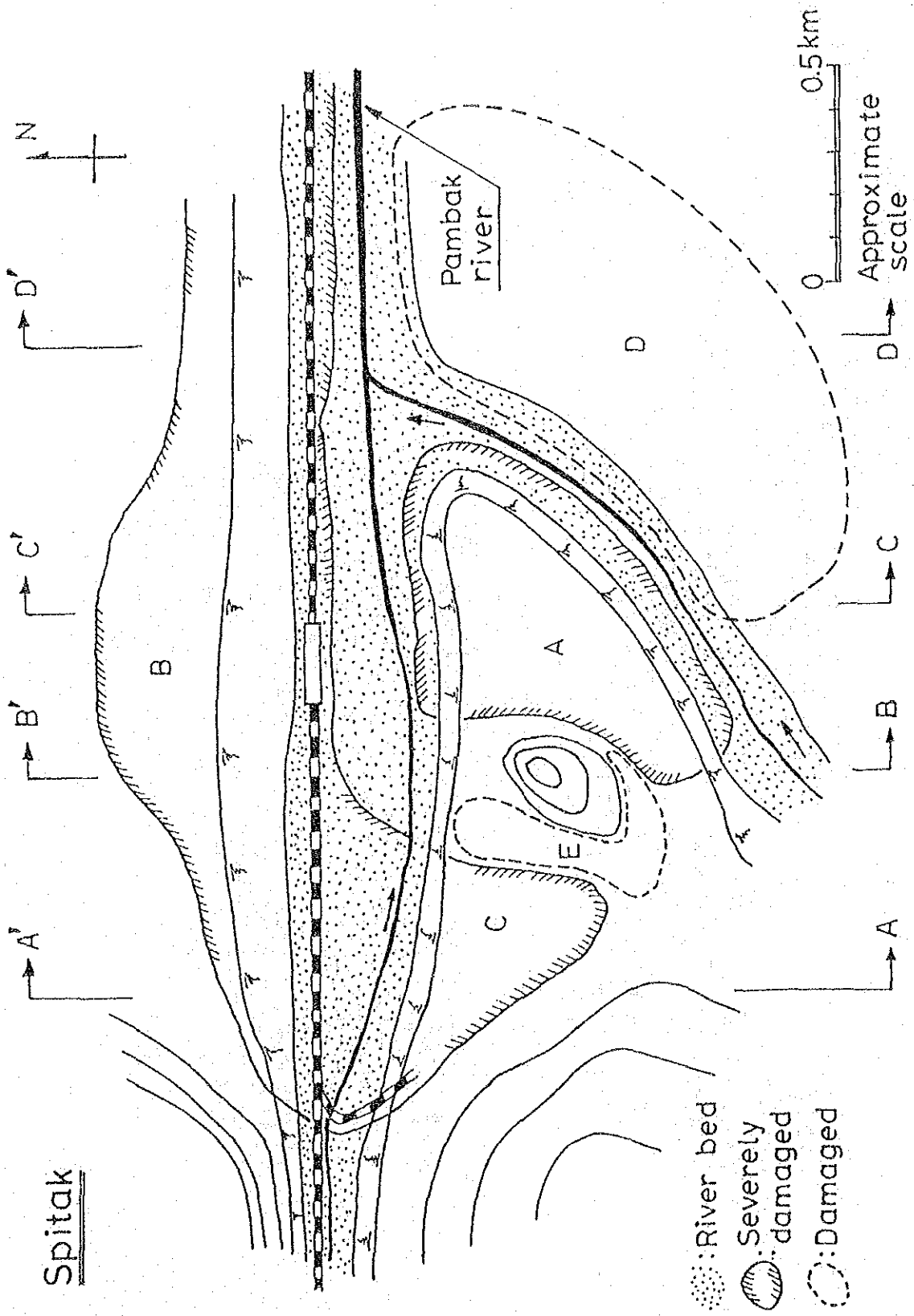


图 4.2.2

Spitak

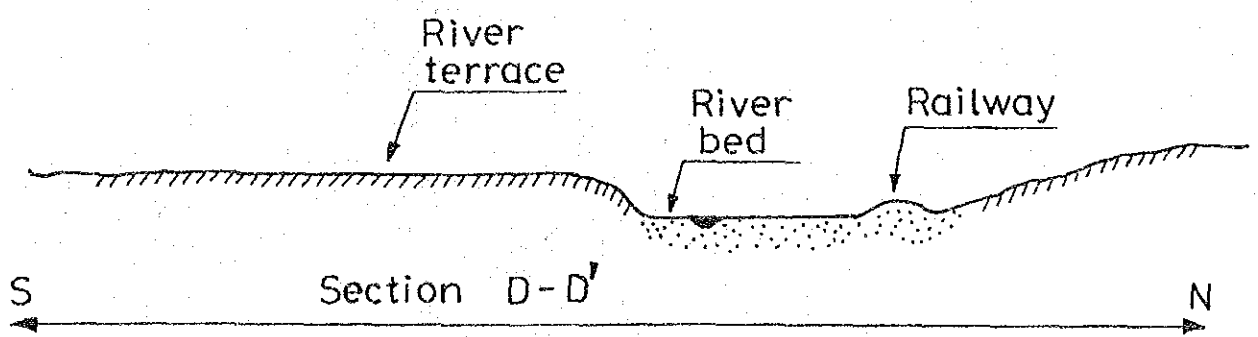
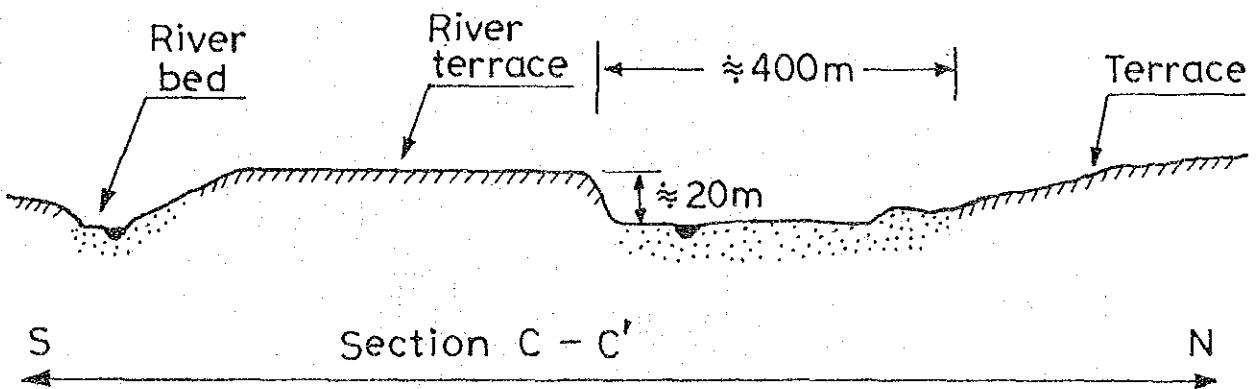
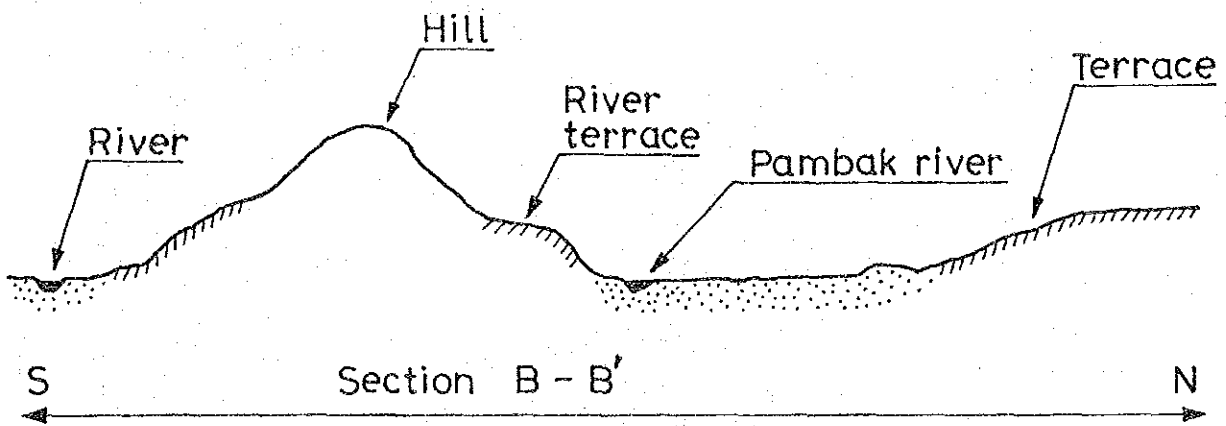
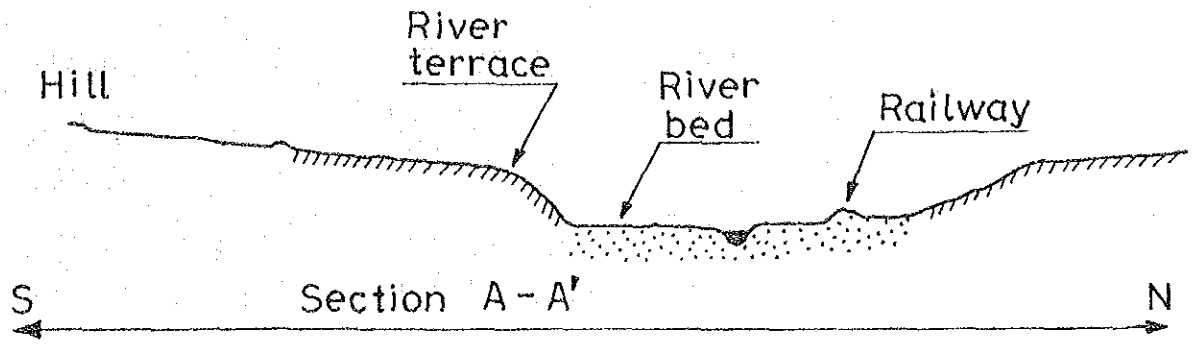


图 4. 2. 3

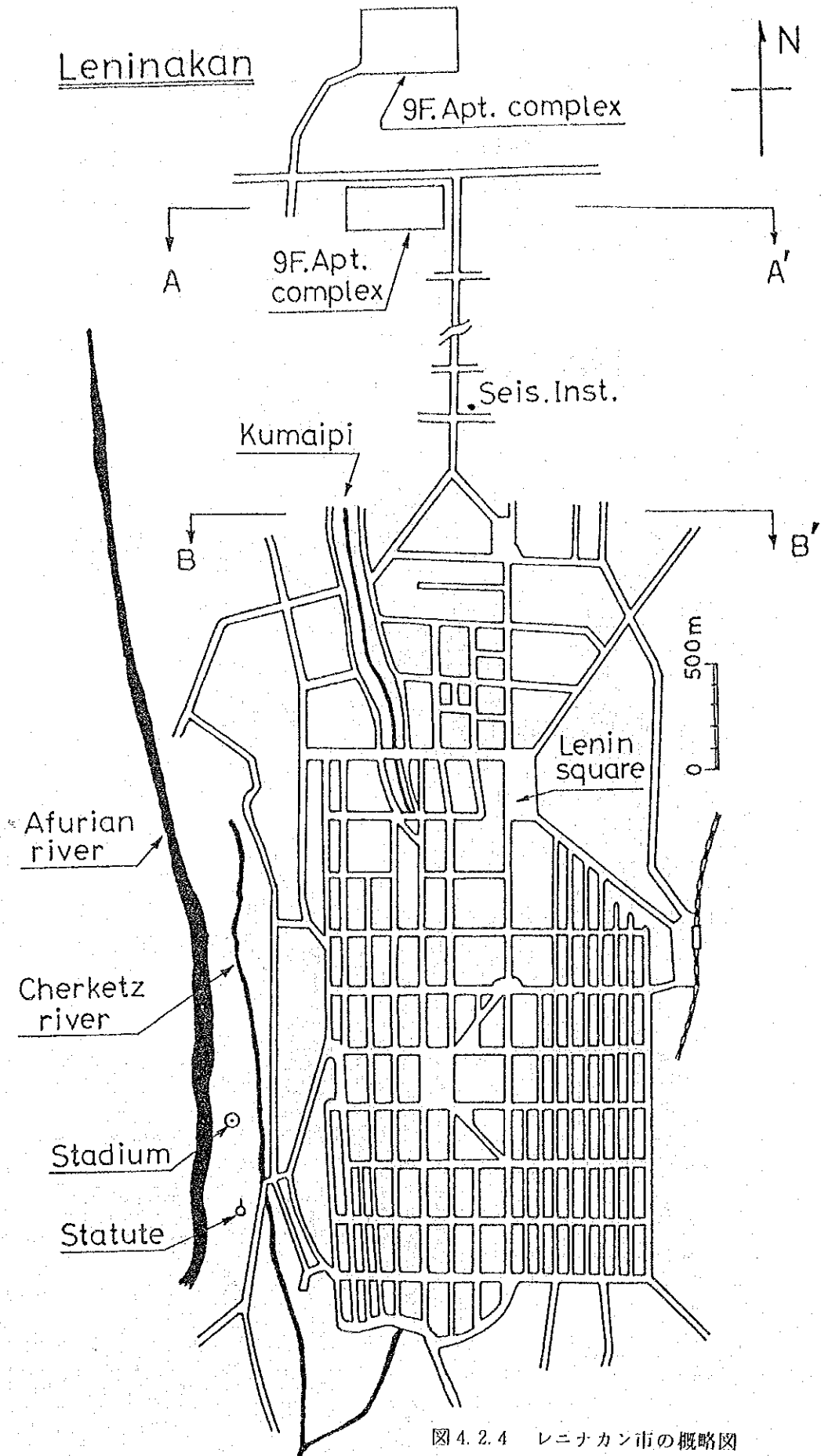
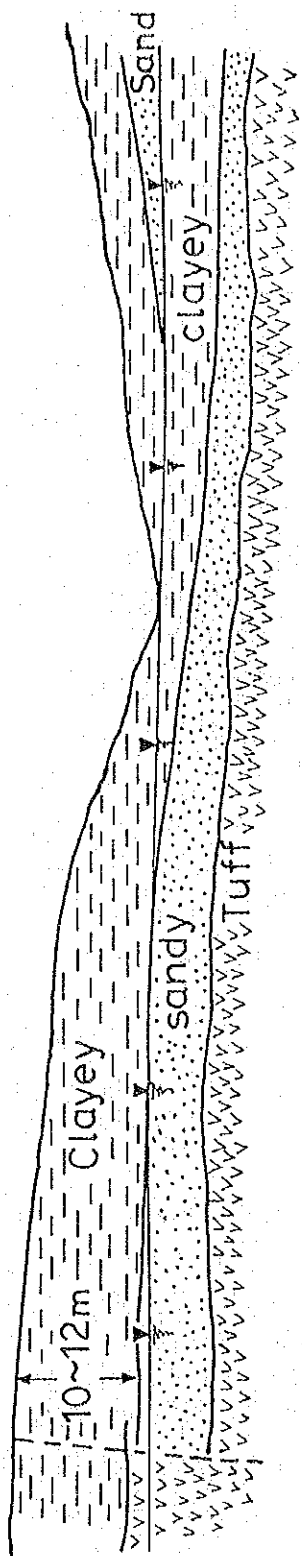
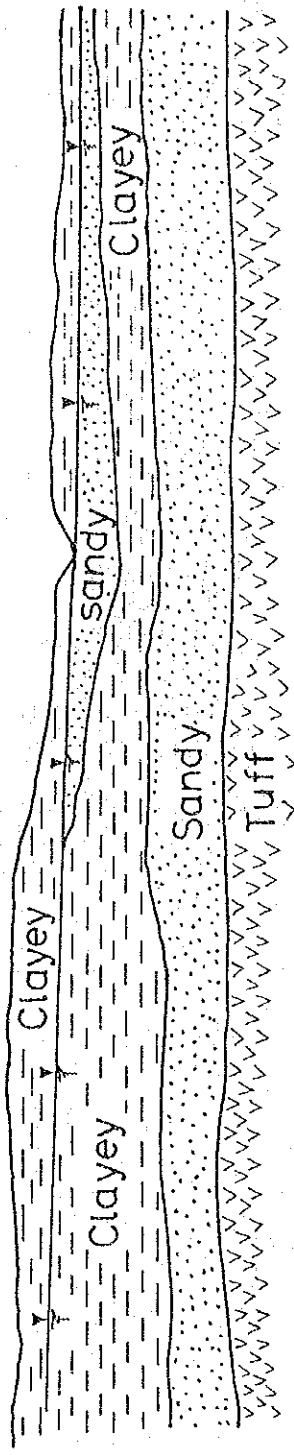


図 4. 2. 4 レニナカン市の概略図

A - A' cross section



B - B' cross section



Leninakan

☒ 4. 2. 5

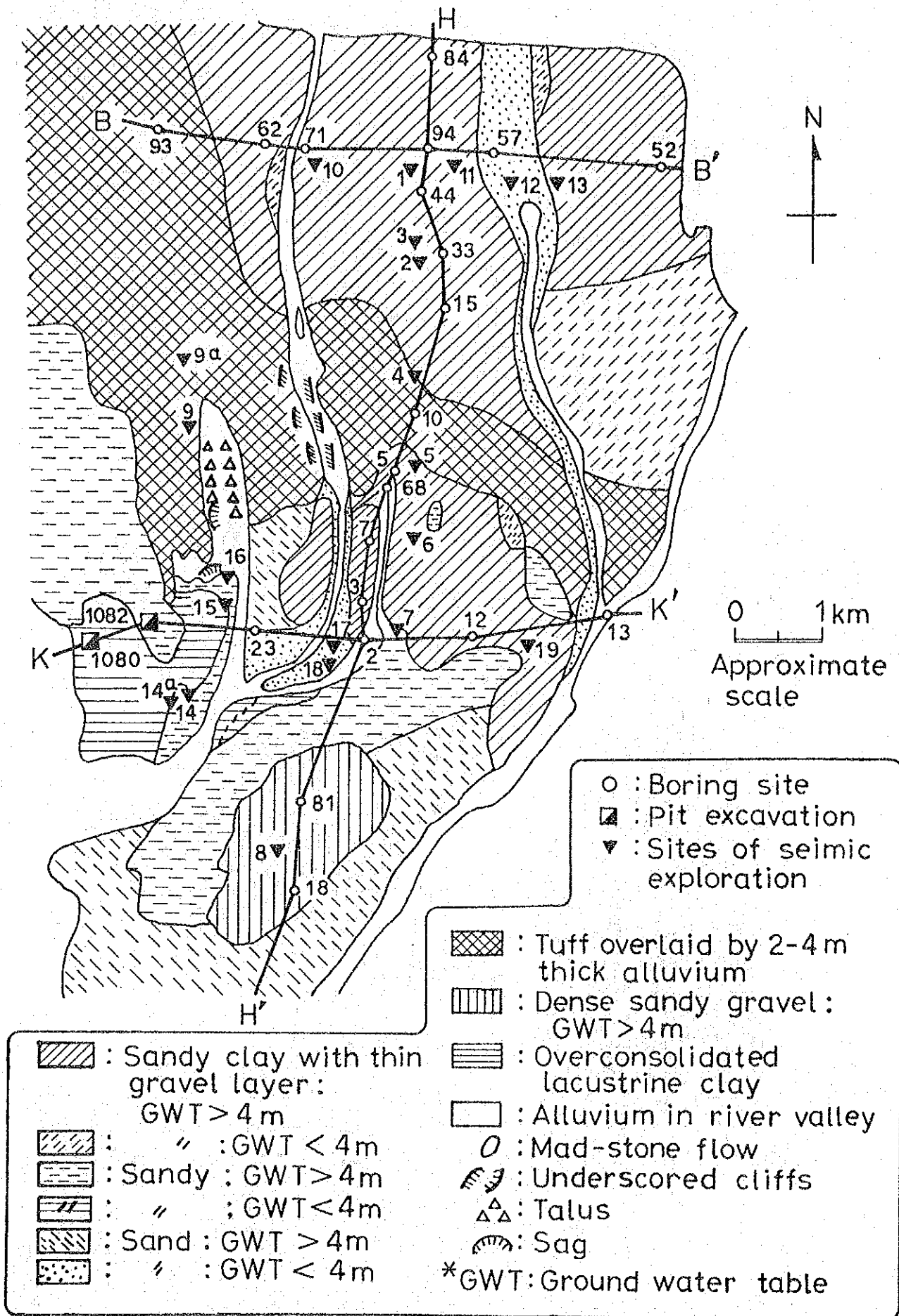


图 4.2.6

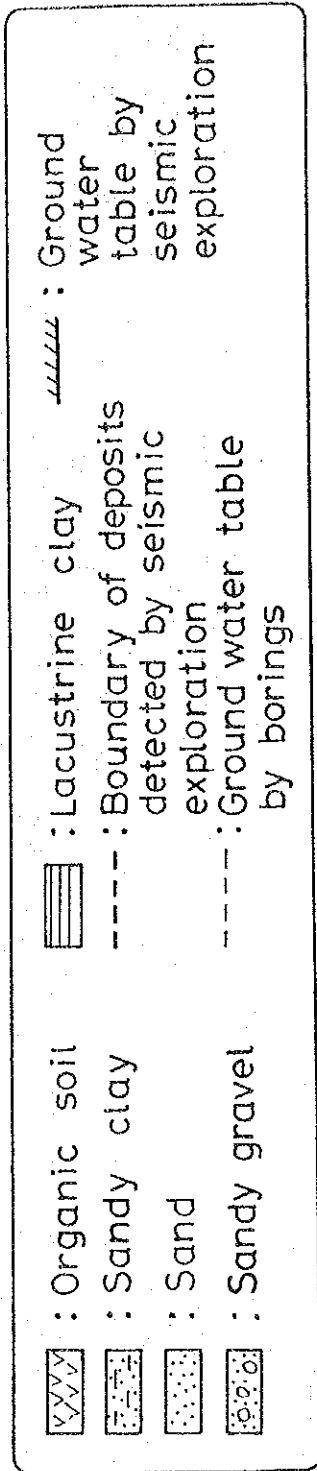
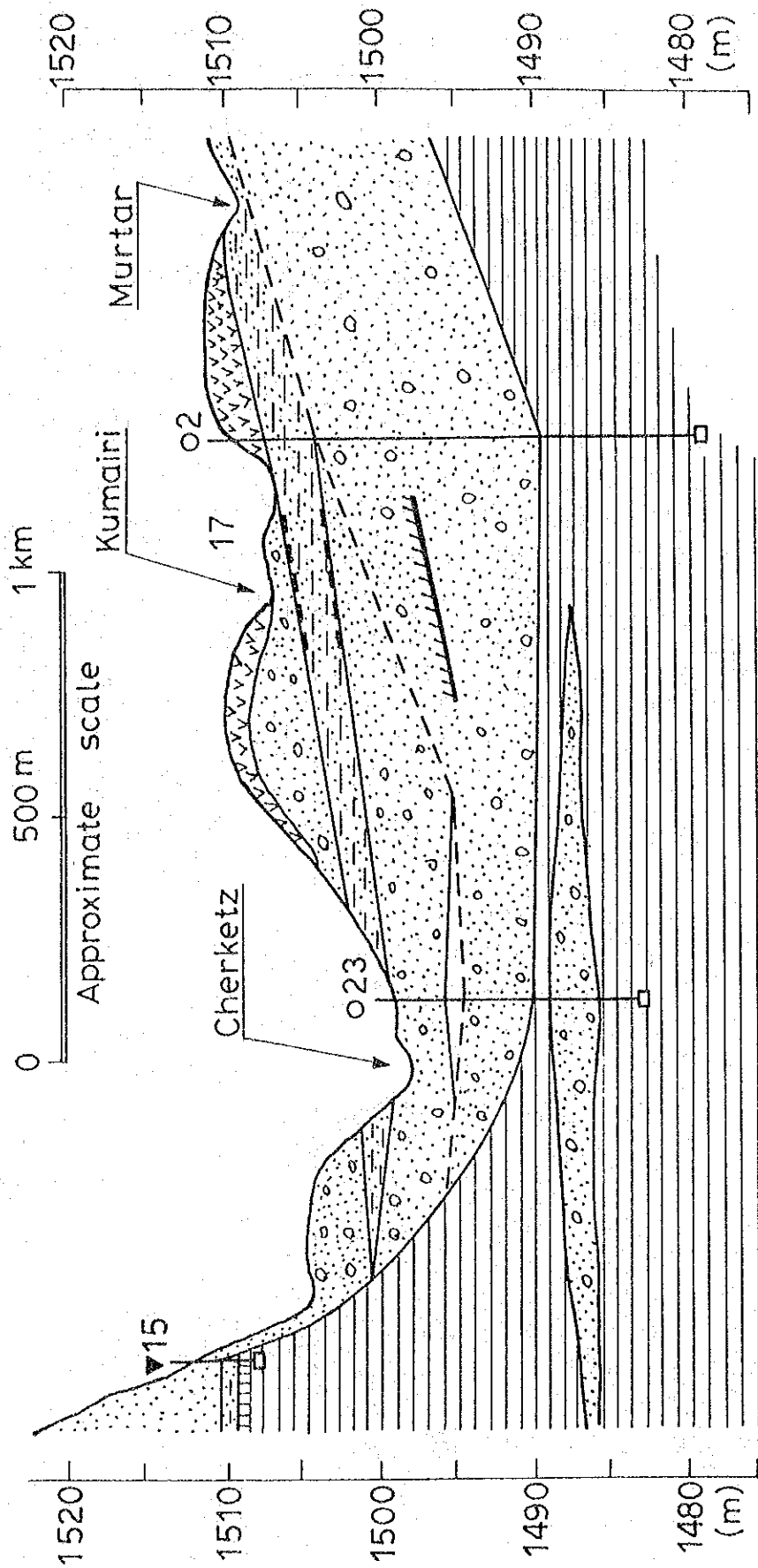
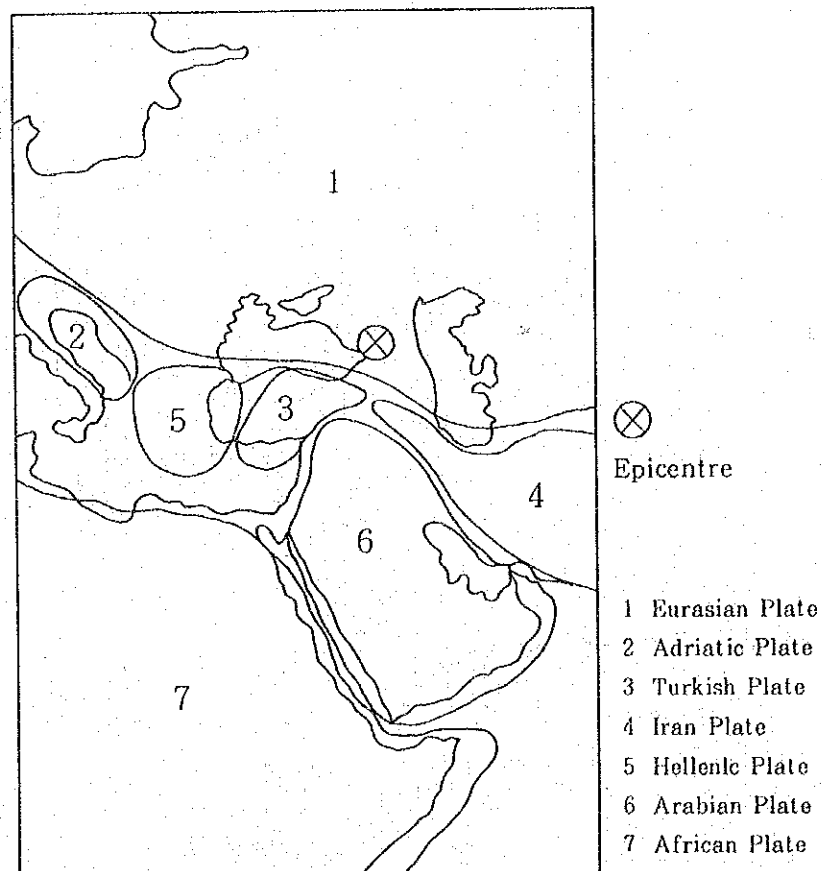


图 4. 2. 7

4.3 地震活動度

今回のスピタク地震（日本ではアルメニア地震と呼ばれている）はソ連邦のカフカズ地方（英語ではコーカサス）のアルメニア共和国の北部で発生した。このカスピ海と黒海にはさまれた一帯はいわゆる欧亚地震帯の一部である。この地方はプレートテクトニクスの構造が複雑で、アルメニア共和国はユーラシア・プレートの南縁近くに位置し、トルコ・プレート、アラビア・プレートおよびイラン・プレートと接している（図4.3.1 参照）。これらのプレート間の接触線およびその周辺の地震活動は、接触線付近にかかるプレート間の相互に働く力とそれによる地殻歪が原因と考えられている。

日本の属する環太平洋地震帯に比べれば地震活動は低い。またこの地方でも黒海南岸沿いのトルコ、カスピ海南岸沿いのイラン地方に比べるとカフカズ地方の活動度はやや低い。しかしこれは比較の問題であってカフカズ地方でも今世紀に入ってから幾多の被害地震が発生しており、常に被害発生につながる地震発生に直面している地方である（図4.3.2、表4.3.1 参照）。



CONTINENTAL SHELVES
IN THE MIDDLE AND NEAR EAST AREA

図4.3.1

過去の地震活動

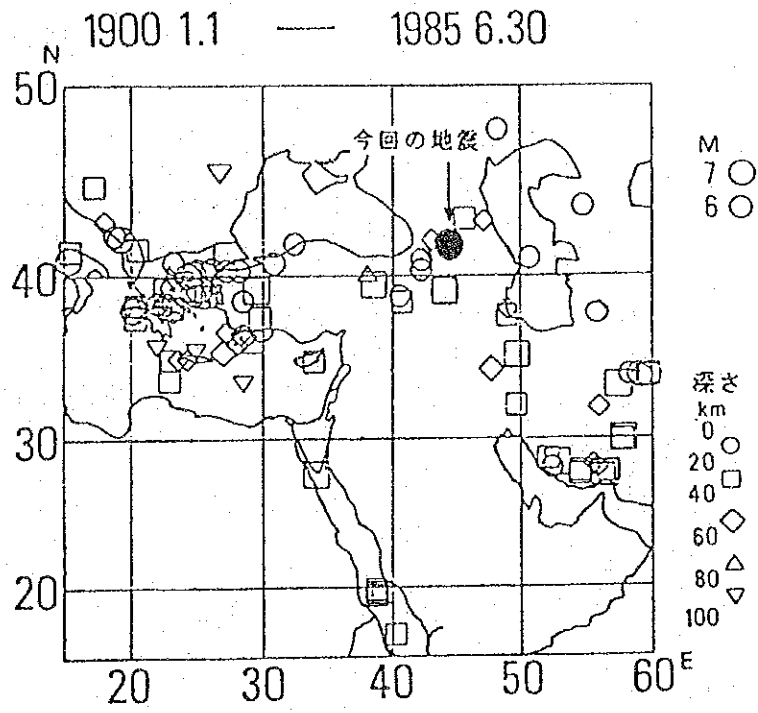


図 4.3.2 過去の地震活動

表4.3.1 カフカズ（コーカサス）地方およびその周辺で発生した最近の被害地震

番号	年	月	日	マグニチュード	番号	年	月	日	マグニチュード
1.	1926	X	22	5.6	11.	1972	III	22	4.8
2.	1930	VII	06	7.2	12.	1975	I	12	5.0
3.	1931	IV	27	6.5	13.	1976	III	25	4.8
4.	1932	III	15	5.6	14.	1976	IV	30	5.5
5.	1935	V	11	6.0	15.	1976	XI	24	7.3
6.	1954	X	30	6.0	16.	1978	II	15	4.8
7.	1940	V	07	6.5	17.	1983	X	30	7.1
8.	1962	IX	11	7.3	18.	1984	X	18	4.8
9.	1963	VII	16	6.0	19.	1986	V	13	5.6
10.	1968	IV	29	5.3					

これらを見るとアルメニア共和国内で起った今世紀の被害地震はNo.1とNo.4であり、それらのマグニチュードは6を上回っていない。また国境に近いものはNo.3、No.6、No.13、No.19で、それらのマグニチュードも最大6.5である。歴史的には11世紀にアルメニア地方でマグニチュード7程度と推定される大地震が起っている。

これらを総合すると今回の地震は同地方としては数百年あるいは千年に一回程度の頻度で起る最大級のものが起ったと思われる。

しかし最近8年間のマグニチュード4以上の震源分布をみても、今回の地震の震央付近に明瞭な所謂震源域の空白(seismicity gap)は認められない。

4.4 建設行政・組織と防災体制

本国際緊急援助隊のソ連邦側のカウンターパートはアルメニア共和国の科学アカデミー及び同国の建設・建築研究所であった。本隊が耐震工学を中心とする専門家チームということもあり、そのカウンターパートは行政機関そのものではなく、研究機関であった。従って、建設行政・組織や防災体制について全体的かつ詳細な調査・検討等を行うことは出来なかった。今回の技術協力で我々が接触した相手方を整理すると図-4.4.1の通りであり、建設・建築研究所等から聴取し得た建設行政等にかかわる概要は以下の通りである。

アルメニア共和国の建設・建築研究所は同共和国の国家建設委員会に属する建築関係の研究機関で、本隊との意見交換の主たるカウンターパートであった。当機関は研究機関とはいえ、建築物の標準設計の作成にも相当関与しているようで、今度の地震で被災した建築物の標準設計図等必要な資料を当機関で入手することができた。

国家建設委員会は共和国政府である同国閣僚会議に属する行政機関のひとつで、日本でい

えば共和国レベルの建設省に当たる機関と考えられる。ソ連邦では、最近、共和国自治を強化する傾向にあるが、依然として連邦政府の権限等が強く、同委員会も連邦政府の国家建設委員会の強い指導下にあるとのことである（在ソ連邦日本大使館による）。

建築物の耐震基準等建築基準は連邦の国家建設委員会で定められる。なお、地域の特異な資材を使う建築物の建築基準は共和国側で提案するとのこと、これには共和国の建設・建築研究所が直接関与するとのことである。

建築基準通り建築物が建築されるようアルメニア共和国の国家建設委員会の所管部局において計画時と施工時に検査を行っているとのことである。なお、同委員会は日本の建築行政部局に相当する部局のほか建築施工を直接担当する部局（建設関係の企業）等を含む建築関係全般から成る大きな機関である。

今回我々の活動に係る便宜供与を直接担当してくれたのはアルメニア共和国科学アカデミーの一研究機関の地質研究所である。我々に数日遅れて参加したアメリカ隊に付いても同様にこの地質研究所が担当していたので、外国隊の世話はこの機関が担当するように決めているのだと思われる。担当官であったDjerbashian博士（火山学者）によると“レニナカンの地震工学研究所が破壊されたのでエレバンの地質研究所が外国隊を御世話している”との事であった。しかしレニナカン地震工学研究所を訪ねたときの所長の発言“研究所の職員は殆ど被害にあっていない”とを考え合わせるとよくわからない点があった。

地質研究所は、ここでソ連邦アカデミーの副総裁を含めた第一回の打ち合わせが開かれたことが示すように今回の地震に関する中央とアルメニアの一つの結節点になっているようである。

原因究明委員会の設置が新聞等により報道されていたがどのような組織で実施されているのか等については相手側からの説明は受けられなかった。

4.5 耐震設計法

(I) 建築物

ソ連邦の耐震法規に関する、以下の資料を参照して、主として今回のスピタク地震による被害建物の設計震度について解説する。なお、被害建物は主として1977年法規により設計されており、これは1969年版とほとんど同じことであるので、以下、下記a、b及びcの文献にもとづき1969年法規により説明する。

a) 「ソ連の地震工学と耐震法規」久田俊彦、中川恭次、斉藤光

建築雑誌1961-6

・現在の耐震法規（1981年版）の形式をとった最初の法規（1957年版）が解説されている。

b) Construction in Earthquake Regions Design Code
 SNSP II - A, 12-69
 Translated from the Russian by the Building Research Station
 Garston, Watford, England

・1969年版の法規を英訳したもの。IAEE World List 197 による。

c) CTRONTEJIBIE HORMbI N JI PABNJIA
 CHNJ, II - 7 - 81 MockBa 1982

・最新(1981年版)の法規(SNSP II - 7 - 81)で露語による原本。
 アルメニア建築研究所より入手。

1) ソ連邦における耐震法規の歴史

ソ連邦において全国的な耐震規定が定められたのは1940年のことで、現在の形式の耐震法規が公布されたのは1957年とのことである〔資料(a)による〕。その後、1962年、1969年、1977年、1981年に改訂がなされたが、1957年以降、実質的に大幅な改訂はなされていないとのことである。

〔アルメニア建築研究所よりの情報による〕。

2) 耐震設計の概要(1969年法規による)

a) 設計用地震力

i) 一般

i 次モードの地層の設計用地震力 S_{ik} は式(1)による

$$S_{ik} = Q_k \cdot K_c \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik} \quad (1)$$

ここで、 Q_k = K層の重量。但し荷重係数として以下の値を用いる

- ・固定荷重 - 0.9
- ・長期積載荷重 - 0.8
- ・短期床荷重及び積雪荷重 - 0.5

K_c = 表 4.5.1 に示す設計用地動震度

β_i = i 次の加速度応答倍率

η_{ik} = i 次のモード係数で式(3)による。

ii) 設計用地動震度 K_c

設計用地動震度 K_c は設計用震度階 (design intensity) より表 4.5.1 の様に定める。

表 4.5.1 設計用地動震度 K_c

design intensity	7	8	9
K_c	0.025	0.05	0.1

設計用震度階は①標準地盤 (sands and clays and low ground water) level、-6 m以下) について、6、7、8、9の震度階で与えられているソ連邦全域の地域区分図 (図4.5.1にはアルメニアの地域区分についてます) を②地盤の硬軟により修正し (表 4.5.2)、更に③建物の用途を考慮して定める (表 4.5.3a)。

(*MSK震度階にはほぼ相当する。)

iii) 加速度応答倍率 β_i

β_i は式 (2) より求める。但し、0.8 以上3.0 以下とする。

$$\beta_i = 1 / T_i \quad (2)$$

ここで、 T_i は建物の i 次の周期

iv) モード係数 η_{ik}

一般には式 (3) による。

$$\eta_{ik} = X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j \cdot X_i(x_j) / \sum_{j=1}^n Q_j \cdot X_i^2(x_j) \quad (3)$$

ここで $X_i(x_k)$ 、 $X_i(x_j)$ は、夫々 k 点 (k 層) 及び j 点 (j 層) の自由振動時の変位。

v) β_i 及び η_i に関するその他の規定。

β_i 及び η_i に関して、種々の細則が定められている。

イ) 塔、マスト、煙突等の塔状構造物については β_i を50%増しとする。

ロ) 5階を超える建物の地震力には以下の割増し係数を乗じる。

一般建物 $1 + 0.1(n-5)$ 但し 1.4以下

大型パネル建物及び一体打ちRC耐震壁付き建物

$1 + 0.06(n-5)$ 但し 1.3以下

ここで n は階数。

ハ) フレーム構造1層の工場建物で梁下高さ8 m以下、スパン18m以下では地震力を更に0.8倍に減じる。

ニ) 5階以下の建物では、 $\beta_i = 3.0$ とし、 η_i を式 (4) で算定してよい。

$$\eta_{ik} = X_k \sum_{j=1}^n Q_j \cdot x_j / \sum_{j=1}^n Q_j \cdot x_j^2 \quad (4)$$

ここで、 X_k 、 x_j は夫々 k 、 j 点の基礎よりの高さ。

ホ) 耐震壁をもつ5階以下の建物では $\beta_{\eta k}$ として表 4.5.4の値を用いてよい。

b) 設計用応力

1次固有周期が0.5sec 以上の場合には、3次モードまでを考慮して設計用地震力を定める。モードの重ね合せは式 (5) による。

$$N_r = N_{\max}^2 + 0.5 \sum_{j=1}^n N_j^2 \quad (5)$$

ここで N_r = 応力

N_{\max} = 最も影響の大きい次数の応力

N_j = N_{\max} を除く次数の応力

1次固有周期が 0.5sec 以下の時は1次モードのみを考慮してよい。

c) 断面設計

詳細は別の設計規準に示されている様であるが、断面算定は終局強度タイプとのことである〔アルメニア建築研究所よりの情報〕。

3) 被災建物の設計用せん断力係数の概算

スピタク、レニナカン、キロバカン、の石造5階建集合住宅及びPCラーメン9階集合住宅の1階における設計用せん断力係数（ベースシア係数 C_B ）の概算を行なう。

$$C_B = K_c \times \beta \times \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \eta_k \times (\text{補正係数}) \text{ で求める。}$$

高次の影響は無視する。 C_B にはほとんど無関係。

a) 設計用震度階（住宅用）

スピタク 7

レニナカン 8

キロバカン 7

b) 設計用地動震度 K_c

スピタク及びキロバカン $K_c = 0.025$

レニナカン $K_c = 0.05$

c) 組積造5階建集合住宅

i) レニナカン

各層の重量が同一で、 $\beta \eta_k$ は表 4.5.4によるものとすれば、 $\beta \eta_k$ の平均値は 2.46であるから

$$C_B = 0.05 \times 2.46 = 0.123$$

$$\text{Load factor} \approx 0.9 \text{ とする } C_B \approx 0.11$$

ii) スピタク及びキロバカンでは

$$C_B = 0.05 \times 2.46 = 0.06$$

d) PCラーメン9階建集合住宅

i) レニナカン

・ $T_1 = 0.6 \sim 0.85 \text{sec}$ (アルメニア建築研究所による)

$$\therefore \beta = \frac{1}{0.6} \sim \frac{1}{0.85} = 1.7 \sim 1.2 \text{ (通常は } 1.2 \sim 1.5 \text{ とのことである。同上)}$$

・各層剛性が均等な場合 $\sum \eta k/n \approx 0.86 \sim 0.9$

・高層建築用補正係数

$$1 + 0.1(n-5) = 1 + 0.1 \times 4 = 1.4$$

$$\therefore C_B = 0.05 \times (1.2 \sim 1.7) \times (0.86 \sim 0.9) \times 1.4 = 0.07 \sim 0.107$$

荷重係数 ≈ 0.9 とする $C_B = 0.06 \sim 0.10$

ii) キロバカン

$$C_B = (0.07 \sim 0.107)/2 = 0.04 \sim 0.05$$

荷重係数 ≈ 0.9 とする $C_B = 0.03 \sim 0.05$

e) PCパネル9階建集合住宅

i) Leninakan

・ $T_1 = 0.35 \sim 0.4 \text{ sec}$ (アルメニア建築研究所による)

$$\therefore \beta = 2.5 \sim 2.85$$

・ $\sum \eta k/n \approx 0.86 \sim 0.9$

・高層建築補正係数

$$1 + 0.06(n-5) = 1 + 0.06 \times 4 = 1.24$$

$$\therefore C_B = 0.05 \times (2.2 \sim 2.85) \times (0.86 \sim 0.9) \times 1.24 = 0.133 \sim 0.16$$

荷重係数 ≈ 0.9 とする $C_B = 0.12 \sim 0.14$

f) 設計用ベースシア係数をまとめる(概算)表4.5.4 のようになる。

表 4.5.4 各地の設計用ベースシア係数概算値

	スピタク	レニナカン	キロバカン
石造5階建	0.06	0.11	0.06
PCフレーム9階建	—	0.06~0.1	0.03~0.05
PCパネル9階建	—	0.12~0.14	—

4) 1981年耐震法規

露語原本しか入手出来ていないので、詳細は不明であるが、アルメニア建築研究所より得た情報によれば以下の通りである。

a) 設計用地震力

$$S_{ik} = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_i \cdot A \cdot \beta_i \cdot K_\phi \cdot \eta_{ik} \quad (1)$$

ここで K_1 = 許容損傷係数(表4.5.5)

新しく設けられた係数で

重要構造物 = 1.0

通常構造物 = 0.25

倉庫等 = 0.12

K_2 = 高さによる補正係数としてすでに用いられていたものを充実し係数化したもの。(表4.5.6)

フレーム構造 $K_2 = 1 + 0.1(n - 5)$

パネル構造 $K_2 = 0.9 + 0.075(n - 5)$

石造 $K_2 = 1.3$

A = 設計用地震動

従来の K_c に相当し、震度階 7、8、9 に対して夫々、0.1、0.2、0.4 と 4 倍になっている。

しかし、 K_1 を乗じると、一般建物では 0.025、0.05、0.1 となり、従来と同じである。

β_i = 地盤種別により次の 3 種に分類している。(図 4.5.2)

$$\text{地盤種別 I} \quad \beta_i = \frac{1}{T_i} \leq 3.0 \quad (3)$$

$$\text{地盤種別 II} \quad \beta_i = \frac{1.1}{T_i} \leq 2.7 \quad (4)$$

$$\text{地盤種別 III} \quad \beta_i = \frac{1.5}{T_i} \leq 2 \quad (5)$$

K_ϕ = 従来と同じ塔状構造物に対する割増係数で 1.0~1.5

η_k = 従来と同じ、

b) 設計用応力

高次モードの影響と算定する式が式(8)となっている。

$$N_p = \sum_{j=1}^n N_j^2 \quad (8)$$

c) その他

ゾーニングマップ少し変更されている。(図4.5.3)

表4.5.2 地盤条件及び地下水位に基づく設計用震度階の修正

地盤種別	地 盤 条 件	標準震度階		
		7	8	9
I	岩盤に近い土盤、亀裂の入った火成岩、変成岩、堆積岩 — 花こう岩、片麻岩、石灰岩、砂岩、礫岩	6	7	8
	多少岩に近い土盤 — 泥岩、酸化した粘土、粘土質砂岩、凝灰岩、シェル岩、石膏			
	地下水位が15m以深で非常に粒径の大きな密な地盤			
II	地下水位 8 m以深の粘土、ロール、砂、粘土質砂	7	8	9
	地下水位が 6 ~ 10mで粒径の大きな 地盤			
III	地下水位が 4 m未満で粘土、ローム、砂、砂質粘土	8	9	> 9
	地下水位が 3 m以下で粒径の大きな 地盤			

注) 重要な構造物の設計用震度階の決定は、ソ連閣僚会議国家建設委員会の承認を得る必要がある。

表 4.5.3a 建築物等の設計震度計の修正

建物又は構築物	建設地の耐震設計用震度階		
	7	8	9
1. 下記2、3、4項にあげられているものを除く、住宅用、公共用及び生産用建物又は構築物	7	8	9
2. 連邦及び共和国の重要な建物又は構築物 *	8	9	9 **
3. 作業員が50人以下で高価な設備を有しない平家建ての工場建物、小さな作業場建物等で、農場関係者が長期間使用する農業用建物を含む	7	7	8
4. 破壊しても人命の損失や高価な設備の破壊をもたらさないような建物や構築物（余震に対して生じ得る被害を防ぐことが重要な建物が構築物を除く）、常時居住しない農業用建物及び仮設建物	地震作用は考慮しない		

* この項に該当する建物や構築物の認定は連邦又は共和国の建設委員会により承認される。

** 本項に該当する建物の構造設計は設計用震度階 9 に相当する荷重に対して、更に係数1.5 を乗じて行う。

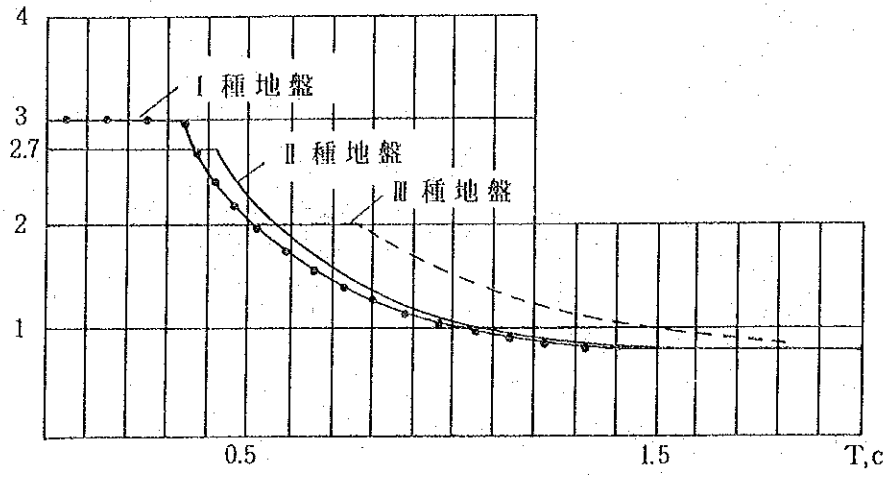


图 4.5.2

表 4.5.3b 路線の重要度及び構造物の規模による設計用震度階の修正

種 別	標準震度階			
	6	7	8	9
1. 国レベルのクラスⅠ、Ⅱの道路及び鉄道、都市高速道路、都市内の重要な道路に属する大規模な橋	7	8	9	—
2. 国レベルのクラスⅢ、Ⅳの道路及び鉄道、都市内の重要な道路に属する大規模橋 国レベルのクラスⅠ、Ⅱの道路及び鉄道、都市内高速道路、都市内の重要な道路に属する中規模な橋	6	7	8	9
3. 国レベルのクラスⅢ、Ⅳの道路及び鉄道、都市内の重要な道路、工場への引込道路に属する中規模橋 全てのクラスの道路に属する小規模橋、カルバート、擁壁、木橋	6	6	7	7

表 4.5.4 係数の積 $\beta \eta_k$ の値

階の位置	建物の階数				
	1	2	3	4	5
第1階	3	1.8	1.3	1	0.8
2	—	3.6	2.6	2	1.6
3	—	—	3.9	3	2.5
4	—	—	—	4	3.3
5	—	—	—	—	4.1

表 4.5.5 K_1 の表

建物および構築物の許容破損度	係数 K_1 の値
1: 残留変形や局部破損（沈降、亀裂その他）が許されない構築物*	1
2: 正常な使用は困難となるものの人々の安全や設備の保全是確保されるような残留変形、亀裂、個別の部材の破損などが許容され得る建物および構築物（住宅用、公共用、生産用、農業用建物および構築物；水利および輸送用構築物；エネルギー・水供給システム、消防用車庫、消火システム、ある種の通信用構築物その他）	0.25
3: 人々の安全が確保されるという条件のもとで、一時的に使用が停止されるような著しい残留変形、亀裂、個別の部材の破損が許容され得る建物や構築物（高価な設備が置かれていない一階建の生産用および農業用建物）	0.12

*第1項による構築物リストはゴスストロイUSSRとの合意により決定される。

表 4.5.6 K_2 の表

建物の設計構造	係数 K_2 の値
1. 複合構造の壁を持つ、ラーメン式・大型ブロック式建物で階数 n が 5 以上のもの。	$K_2 = 1 + 0.1(n-5)$
2. 大型パネル式または一体打鉄筋コンクリート壁を持つ建物で、階数が 5 未満のもの	0.9
3. 同上、階数が 5 以上のもの	$K_2 = 0.9 + 0.075(n-5)$
4. 下部は 1 階または数階にわたってラーメン構造になっており、上部階は耐力壁、ダイアフラムまたは充填材を伴う骨組をもつ建物ただし下部階では充填材は使われていないかそれが剛性に与える影響がわずかな場合。	1.5
5. 連結性を高める充填材なしに人力で積みあげられたレンガまたは石ブロックから成る耐力壁を持つ建物	1.3
6. ハリまたはトラス下面までの高さが 8 m 未満であり、スパンが 18 m 以下の一階建ラーメン式建物。	0.8
7. パイル式コラムに支えられる農業用建物で、Ⅲ類の地盤に建っているもの（表 7 による）。	0.5
8. 第 1～7 項にあげられていない建物や構築物。 注： ϕ 、 K_2 の値は 1.5 を越えてはならない。	1
2. ゴストロイ USSR との協議により K_2 は、実験研究の結果に基づいて決定してもよい。	

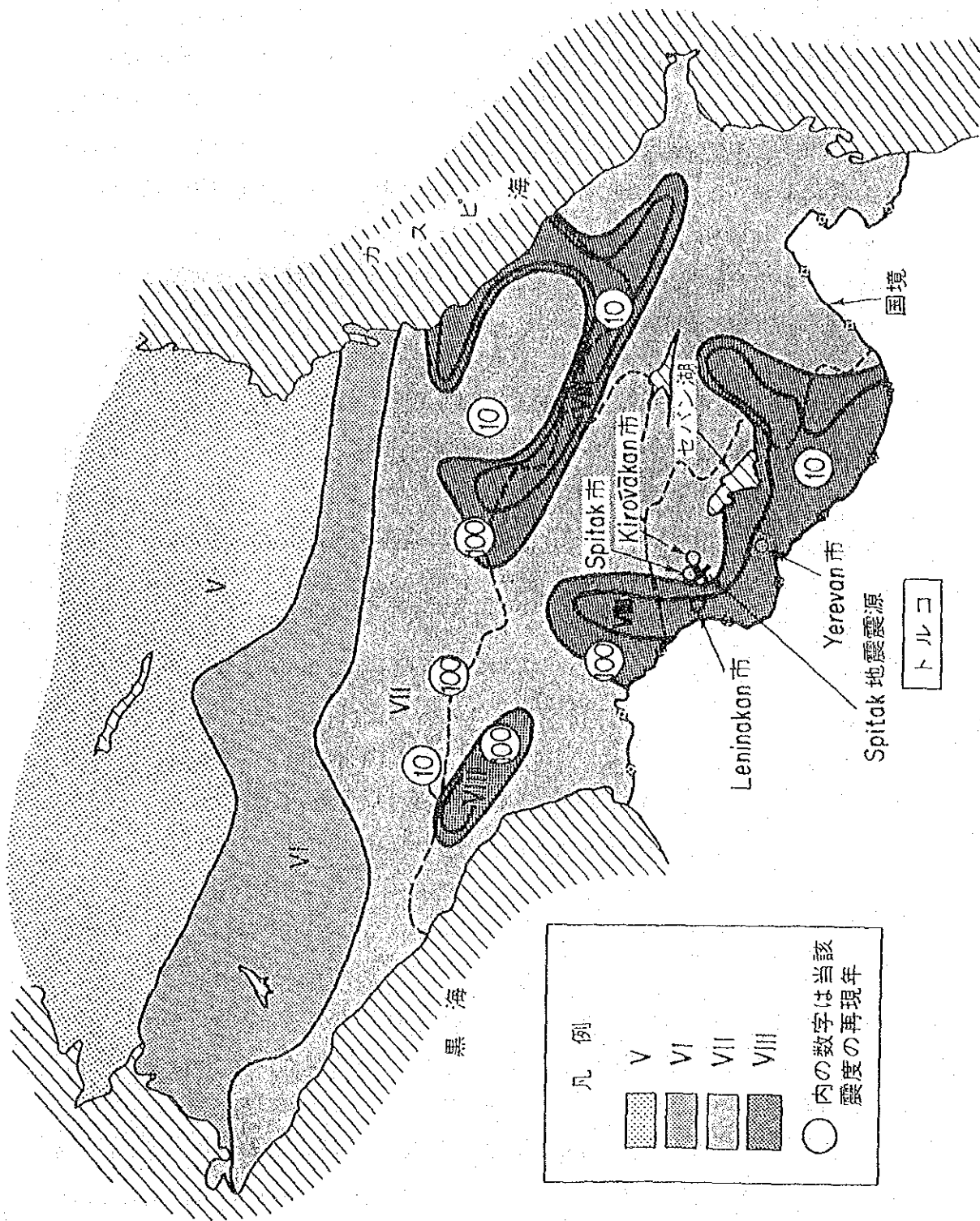


図 4.5.1 耐震設計に用いる震度階

(2) 土木構造物

1) 一般

1969年版の耐震設計基準 (SN&P (I-A, 12-69) によれば、建築物と並んで、交通施設 (道路及び鉄道) のうち、橋、盛土下のカルバート、擁壁、トンネルに対する耐震設計法もしくは耐震設計上の留意事項が示されている。これは震度階 7、8、9 の地震地帯に建設される構造物に対する耐震設計法を示したもので、基本的に以下の 3 つの方策により構造物に耐震性を与えるとされている。

- 1) 建設地点の選定に際しては地震危険度のなるべく低い地点を選定する
- 2) 耐震設計法の適用
- 3) 良好な施工

2) 設計地震力

a) 設計用震度階

設計用震度階は、建築物と同じく標準震度階 (図 4.5.1 参照) を表 4.5.2 による地盤条件により修正し、さらに、表 4.5.3b に示す道路及び鉄道の用途を考慮して定める。

b) 設計地震力

設計地震力は次式で与えられる。

$$S_{ik} = Q_k \cdot K_c \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、

S_{ik} : i 次のモードの k 点に作用する設計地震力

Q_k : k 点の重量で、静水圧を除く死荷重、活荷重から求める。

K_c : 表 2 に示す設計用地盤震度

β_i : i 次の加速度応答倍率で、次式により求める。

$$0.3 \leq \beta_i = 1 / T_i \leq 3.0 \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 T_i は i 次の固有周期である。

η_{ik} : i 次のモード係数で次式による。

$$\eta_{ik} = X_i(X_k) \frac{\sum_{j=1}^n Q_j \cdot X_j(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j \cdot X_j^2(x_j)} \dots \dots (3)$$

c) 設計用断面力の算定

基本固有周期が 0.5 秒以下の場合には、1 次モードのみを考慮して式 (1) による地震力に対して耐震計算すればよいが、基本固有周期が 0.5 秒以上となる場合には、次式により 3 次までのモードを考慮して断面力 (軸力、せん断力、曲げモーメント) を求める。

$$N_r = N_{max}^2 + 0.5 \sum_{j=1}^n N_j^2 \dots \dots \dots (4)$$

ここで、

N_r : 設計断面力

N_{max} : ある断面に最も大きな影響を与えるモードによる断面力

N_i : N_{max} と同一断面に N_{max} を除くモードにより生じる断面力

d) 断面設計

断面設計は強度と安定性（形状及び位置）の両面から行う。

強度計算は、1種の限界状態（first limit state (load bearing capacity)）に基づいて行われているようであるが、詳しくはわからない。この際、使用条件係数 M_{kr} (service factor) を用いており、以下のようにとるとされている。

$$M_r = \begin{cases} 1.4 & \text{鋼部材および木部材} \\ 1.2 & \text{無筋、RC、PCもしくは石造} \\ 1.0 & \text{石造のせん断、圧縮を受ける鋼部材、RCストラッド、溶接部また、} \\ & \text{安定計算（転倒及び滑動）では、使用条件係数は1.0とする。} \end{cases}$$

3) 被災地域における土木構造物に用いられている設計用地震力の試算

被災地域の土木構造物の設計震度を概略試算すると以下ようになる。

a) 標準震度階

スピタク及びキロバカン	7
レニナカン	8

b) 地盤条件による標準震度階の修正

正確にはわからないが、II種もしくはI種ではないかと考えられる。

I種とすると

スピタク及びキロバカン	6
レニナカン	7

II種とすると

スピタク及びキロバカン	7
レニナカン	8

c) 路線の種別及び構造物の規模による標準震度階の修正

どれに属するか正確にはわからないが、一応、II種と仮定すると、

スピタク及びキロバカン	7
レニナカン	8

d) 設計用震度階

b)とc)の影響をどのように重ね合わせて標準震度階を修正するかが正確にはわからないが、両者を独立に考慮するものとするれば、設計用震度階は以下ようになる。

I 種地盤では

スピタク及びキロバカン 6

レニナカン 7

II 種地盤では

スピタク及びキロバカン 7

レニナカン 8

e) 設計用地盤震度 K_c

表4.5.7

	I 種地盤	II 種地盤
スピタク及びキロバカン	—	0.025
レニナカン	0.025	0.05

f) 橋を想定し、上部構造重量が非常に卓越するとすれば、 $n_{ik} \approx 1.0$

g) 被災地では小規模な橋梁しかなかったので、固有周期を 0.3~0.5 秒程度と見込むと、

$$\beta_1 = \frac{1}{0.3} (< 3) \sim \frac{1}{0.5} = 3 \sim 2 \quad (5)$$

h) 設計水平震度はおおよそ以下のようなになる (固有周期 0.3 ~ 0.5 秒)

表4.5.8

	I 種地盤	II 種地盤
スピタク及びキロバカン	—	0.05~0.075
レニナカン	0.05~0.075	0.1~0.15

4) 1957年耐震規定

久田らによれば、1957年耐震規定 (CH-8-57)では、道路及び鉄道構造物に対して、地震力 S を以下のように定めている。

$$S = Q K_c \alpha \quad (6)$$

ここで、

Q : 死荷重

Kc : 設計用地盤震度 (表 4.5.7による)

α : 構造物の動的特性を考慮した係数

- a) せん断支間比 5 以上の高い橋脚、壁、塔に対しては頂部で $\alpha = 2$ 、基礎上面では $\alpha = 1$ とし、中間は直線補間
- b) アンカーボルトや主桁と支点の結合部 $\alpha = 5$
- c) 他の構造 $\alpha = 1$

5) 1981年耐震規定

1981年耐震規定では、建築物と同じように4.5 1) (4)と同様に地震力を求めることになっているようである。

6) 橋梁の耐震設計

橋梁の耐震設計としては、上部構造について4.17~4.34節まで、下部構造については4.35~4.44節まで合計28節にわたって望ましい構造形式、構造細目等に対する規定が示されている。以下には、主要なものについて示すこととする。

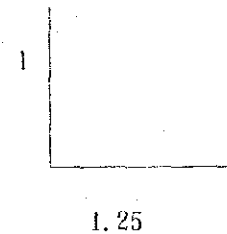
a) 下部構造物を除く橋の各部

- 1) 橋台を設置する盛土の法面勾配は非地震地帯で採用する値よりも表 4.5.9のように1ランク上げる。

表4.5.9

地域	法 面 勾 配		
非地震地帯	1 : 1.25	1 : 1.5	1 : 1.75
地震地帯	1 : 1.5	1 : 1.75	1 : 2

1 : 1.25の法面



- 2) 鉄筋コンクリート構造を採用する場合には、フレーム構造とすることを推奨する。
- 3) 桁橋を設計する場合には、連続桁か、もしくは、完全に独立した上部構造から成る構造系にしておくのがよい。ヒンジを有する張り出し構造は、標準震度階9の地域では採用してはならない。
- 4) 桁橋では、地震時に桁が支承から浮き上がらないようにする。また、橋脚天端にせん断破壊が生じないように支承は特別なアンカー等によりきちんと固定しなければならない。

b) 下部構造

- 1) 基礎の支持層としては基岩 (Bedrock) が望ましい。杭基礎よりも直接基礎の方が望ましい。また基礎底面は平坦でなければならない。段切り基礎は岩盤地帯を除き、一般に採用してはならない。
- 2) 橋台は単純な形状とする。石造の橋台は標準震度階 9 の地域では採用してはならない。また、標準震度階 7、8 の地域でもなるべく採用しない方がよい。
- 3) 1 本柱形式のコンクリート及び組石造の橋脚は、標準震度階 9 の地域では採用してはならない。また、標準震度階 7、8 の地域でもなるべく採用しない方がよい。フレーム形式の橋脚を採用する場合には、岩盤地帯を除き、共通のフーチング上に橋脚を設置する。
- 4) 橋脚とフーチングもしくは上部構造との結合部では、主鉄筋を完全に伸ばすとともに、橋梁の有効幅分だけの区間では特に十分な強度を有するようにする。また、標準震度階 9 の地域では、断面の急変を避け、なだらかな曲面を入れたり、斜め鉄筋を用いたりして接合面を補強する。
- 5) 大断面の場合には、大ブロックのプレキャスト部材を接合してコンクリート橋脚を築造してもよい。ただし、ジョイント部は適切に接合し、引張力及びせん断力に十分耐え、橋脚が一体として挙動できるようになっていなければならない。

7) 盛土下のカルバートに対する耐震設計上の留意事項

- 1) カルバートの形状はアーチ状が良い。無筋コンクリートで作る場合にはボックス状に作り、P C 構造のふたを設ける。
- 2) 標準震度階が 8、9 の地域にあって、かつ、丘陵沿いに設けられるカルバートは、鉄道用には R C 構造とし、また、道路用では、R C 構造、無筋もしくは組石造としてもよい。
- 3) カルバートを長手方向に分割する場合には、同一の土質条件を有する地盤上に設置するようにしなければならない。

8) 擁壁に対する耐震設計上の留意事項

擁壁は R C 構造、無筋コンクリート、もしくはモルタル接合の組石造で作るものとし、ごく小規模な場合には日ぼしれんがの使用も認められる。R C 構造を除き、表 4.5.10 の高さ制限がある。