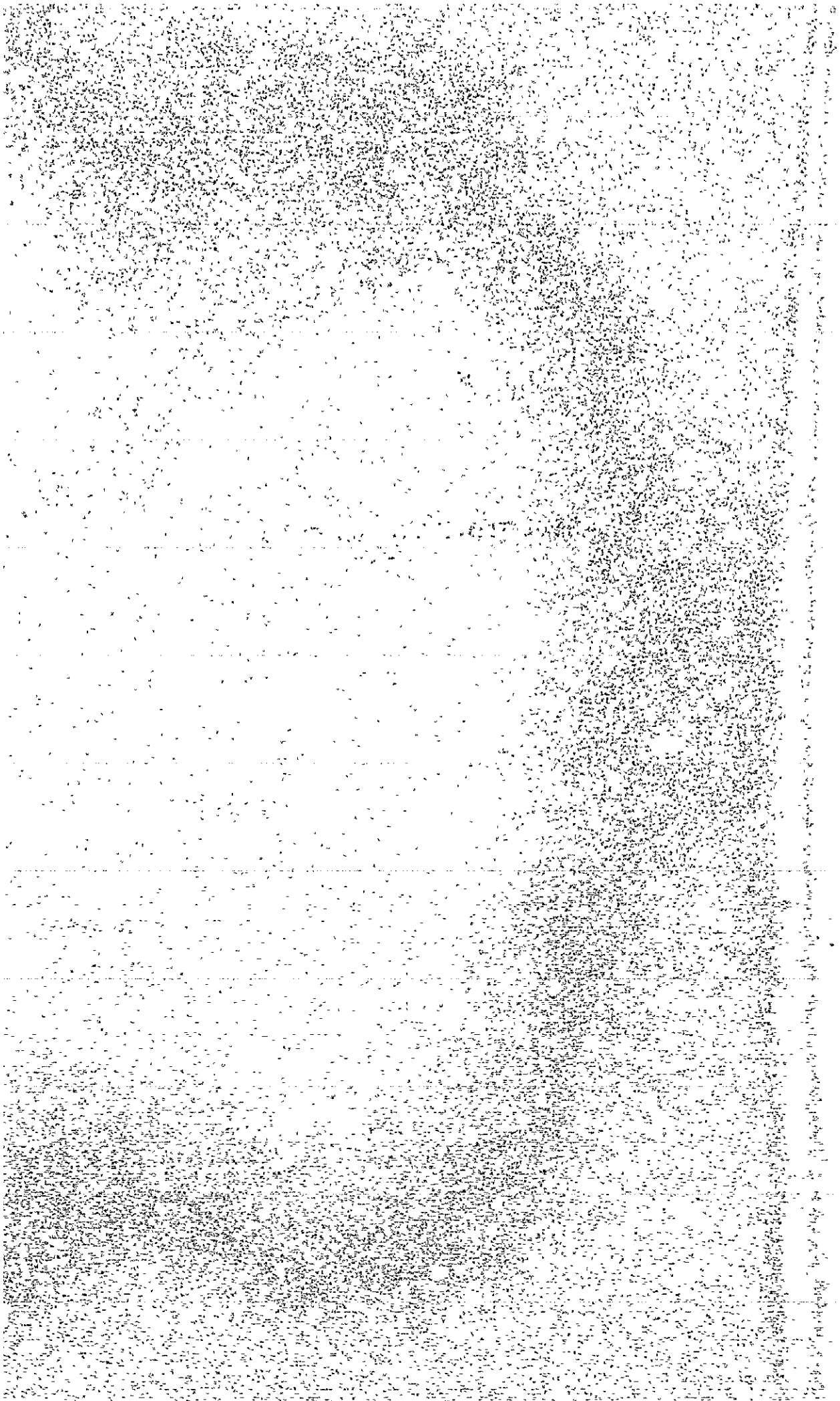


## 第 6 章

### 各種土木施設及び都市施設の現状



## 第6章 各種土木施設及び都市施設の現状

### 6-1 ルーマニアの土木施設の概要

本節ではルーマニアの土木施設すなわち、河川・港湾・道路・鉄道等の公共施設ならびに電力施設等の公益産業施設について概説する。

#### (1) 河川施設および港湾施設

ルーマニアは図 6.1 に示すようにカルパチヤ山脈によって区切られた北西部(トランシルバニヤ)と同山脈の北東部(モルダビヤ)および南部(ワラキヤ)とからなっている。ダニューブ川はルーマニア南辺の国境を西から東に流れ、東部で北上し黒海に流入している。

トランシルバニヤから流れ出る川はハンガリーに入りハンガリー盆地を経てダニューブ川に合流する。モルダビヤから流れ出る川の大部分とワラキヤから流れ出る川のすべてはダニューブ川に合流する。

これら無数の河川の水位観測点は1500箇所におよび、将来5000箇所から6000箇所に増やし、観測の自動化を図りたいとしている。

包蔵水力に対する開発水力は20多程度である。1954年以降1974年までに完成したダムは33におよび、1980年までに80にする計画となっている。又、水力発電所は図 6.2 に示すように1952年以降1974年までの間に39箇所に建設されており、1973年における発電設備容量は2300MW(1950年比4.6倍)、発電電力量は7548GWh(1950年比4.5倍)となっている(図 6.3 参照)。

各種の水理施設等の分布状況は図 6.4 に示すとおりである。

#### (2) 道路施設および鉄道施設

道路はブカレストを中心として良く発達しており、図 6.5 に示すとおり山岳部を除く可住可耕地域では網状にほどよく幹線が配置されている。主要な幹線は欧州道路網の一環をなしており、我国では想像するに余りある優れた道路網を形成している。幹線道路は写真 6.1 および 6.2 に示すように景観・規格・構造のいずれも優れたものであるといえよう。

鉄道はブカレスト市を中心に放射状に9線区があり、図 6.6 に示すように黒海に達する1線区を除いてはすべて欧亜洲鉄道網と連絡している。しかしながら環状の鉄道はすくなく辺境に至るにしたがって分岐していくのが一つの特徴である。

#### (3) 電力施設等

ブカレスト市およびプロエスティ市には火力発電所がある。ブカレスト市には民生用工業用の電力、プロエスティ市にはコンビナート用の電力を供給するために水力の不足分を補充しようと火力発電所が設けられているものと考えられる。又、火力発電所ならびにコンビナート等の余熱を管路によって民生用熱源として供給している。これらは国営事業として計画的に

進められているものであり、省資源、防災上の観点からは大いに見習うべきことであると思われる。



写真6.1 高速道路（ブカレスト市～ビティンティ市）



写真6.2 国道（ビティンティ市～クライオバ市）

#### 6-2 ブカレスト市等の都市施設の概要

首都ブカレスト市ならびに地方都市においてまたさらに都市間の道路においても緑地、樹帯等が豊かに配置されている。沿道の樹木、樹林ならびに耕地等はよく手入れされており、決して荒れたままの自然を放置したものではない。

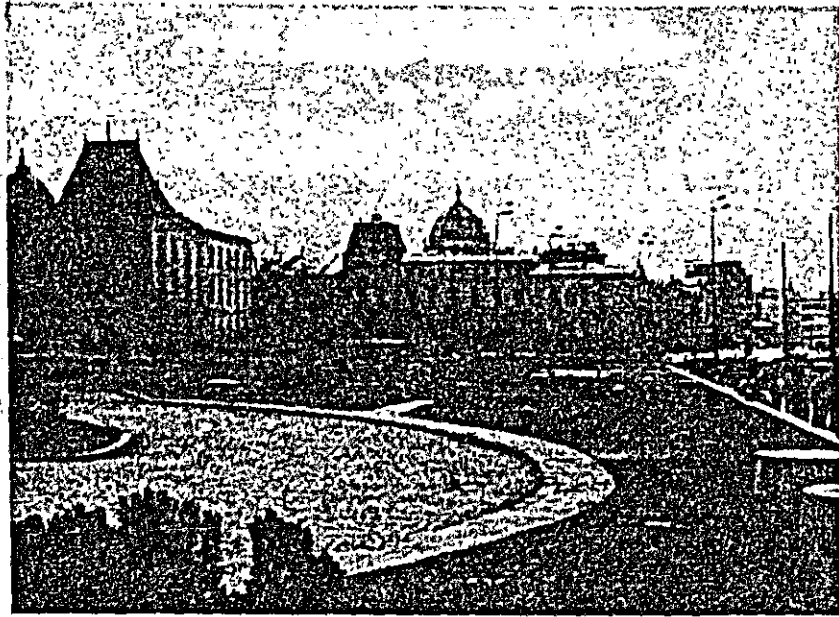


写真6.3 緑と余裕の街並（ブカレスト市）

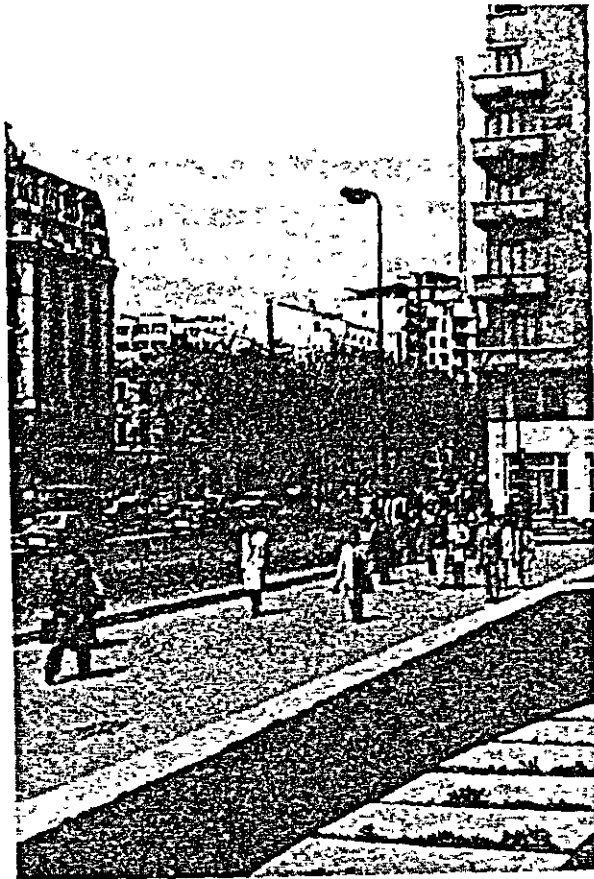


写真6.4 整った街路（ブカレスト市）

例えば沿道の並木の切れ目には必ず幼木が植えられているか、又は植えつつあるところをし  
ばしば目撃した。

ルーマニアの都市は基本的には緑地空間および水面空間を巧に取り入れて、都市それ自身に  
潤いを与え、防災上の余裕をもっている。おそらく度重なる外敵の侵入による破壊と再建を繰  
り返す中で、我国における戦乱に対応するための迷路化した都市の構築とは全く逆の観点か  
ら、ルーマニアの都市が構築されたものと考えられる。

首都ブカレスト市に限っていえば、都心部は水道、電力、ガス、電話、下水道等の生活基幹  
施設はすべて地下に敷設されている。又、街路は路面電車の一部供用する部分があるが、信号  
および標識等はよく整備されている。現在、都心部の自動車交通の混雑の緩和を図るために地  
下鉄が建設されている。

### 6-3 土木施設の耐震設計法

土木施設のうちダムおよび橋梁については、建築基準法に基づく地震荷重を採った耐震設計  
が1952年以降行なわれるようになってきている。

これらの設計手法は、日本又はアメリカ合衆国の手法によるもので、設計体系の一貫性から  
は、まだ今日の技術を十分に消化するには到っていない。

具体的な事例を挙げるとつぎのとうりである。

橋の建設のための地盤調査を行なうに当っては層序と土質分類を求めるだけで、定量的な土  
質定数を求めていない。又、フィルダムでは法面の勾配が1:1.5という比較的な危な勾配を  
採用している場合がままあり、技術における不確定性を経験で補うにはいたっていない。

又、盛土、堤防、港湾、地中埋設管等については全く耐震性が考慮されていない。

以下、ルーマニア政府側の技術者との「道路および鉄道関係」と「ダム関係」についての主  
な質疑応答は次のとおりである。

なお、質疑応答の末尾にルーマニア側に贈呈した参考文献のリストを付しておくこととする。

補 ルーマニア政府の質問とそれに対する回答

〔道路および鉄道関係〕

〔問1〕日本では耐震基準ごとに地震強度の地域区分が異なっているのは何故か。

〔答1〕日本の耐震基準は、すべて河角教授の研究成果によって地域区分を行なっているが、  
対象とする構造物それぞれにおいて再現期間のとり方が異なっているからである。

〔問2〕橋の型式や規模によって設計震度を変えていないのは何故か。

〔答2〕橋の型式によって設計震度を変える理由はない。しかし橋の規模によって橋の基本固  
有周期が異なり、その周期によって増幅倍率が変わり、設計震度が変わるようになっている。

〔問3〕動的解析に用いる地震動の記録の長さはどの程度か。

- [ 答3 ] 通常30秒位までであるが、稀には1分間又はそれ以上とすることがある。
- [ 問4 ] 動的解析において活荷重を力学モデルの質量として取り入れているか。
- [ 答4 ] 取り入れていない(活荷重負荷時に地震が起こる機会は極めて稀である。)
- [ 問5 ] 橋の支承部の耐震設計はどうしているか。
- [ 答5 ] 橋端の移動を防止するために文献9(英文耐震規定1977年土木学会)の144頁に示されているような装置を取りつけている。
- [ 問6 ] 極限設計に関する見解はどうか。
- [ 答6 ] 将来、極限設計を取り入れていくことになるであろう。
- [ 問7 ] 橋の上部構造に衝撃荷重を考慮しないか。
- [ 答7 ] 考慮する必要はない(地震動は衝撃ではない。)
- [ 問8 ] 斜張橋の耐震設計において注意すべき点は何か。
- [ 答8 ] ケーブルの碇着と塔基部の応力に注意した方がよい。
- [ 問9 ] 堤防の震害について何か。
- [ 答9 ] 新潟地震(1964年)およびサンフェルナンド地震(1971年)の被害の事例をスライドを用いて示した(流動化現象または土の強度低下によって円形すべりが生じた。)
- [ 問10 ] 挽みやすい橋脚をもつ橋の耐震性はどうか。
- [ 答10 ] 普通の規模の橋では剛な橋脚を採用している。
- [ 問11 ] 支承部がピン構造の連続橋の耐震性はどうか。
- [ 答11 ] 原理的には耐震的である(しかしながら温度応力を考慮することが必要である。)
- [ 問12 ] 硬い地盤および軟い地盤の卓越周期はどの程度か。
- [ 答12 ] それぞれ約0.3および0.8秒である。
- [ 問13 ] カンティレバーPC橋の中央のヒンジの構造細目を示されたい。
- [ 答13 ] 橋軸直角方向および鉛直方向にそれぞれシャキーを設けている。
- [ 問14 ] 斜抗の効果はどうか。
- [ 答14 ] 工費は非常に高くなるが、水平抵抗の増加には有効である。
- [ ダム関係 ]
- [ 問15 ] 古いダムの耐震性実証のために動的解析法を通常用いているか。
- [ 答15 ] 主に静的解析法を用いている。
- [ 問16 ] 震後の防災措置に関する法令規則があるか。
- [ 答16 ] 30m以上の高さのダムでは震害を被った例がない。したがってその種の法令規則はない。
- [ 問17 ] ダムの下流域に対する警報システムはあるか。
- [ 答17 ] ダムに関しては無いが、河川の洪水の場合はある。又、鉄道にもある。
- [ 問18 ] 設計のための地震動加速度はどの程度か(最大地震動又は通常地震動において)。

[ 答18 ] 静的設計においては、アーチダムを除いては通常の構造物の約半分の設計震動を用いている。しかしながら安全率はコンクリートダムの場合大きいので、はるかに大な設計震度をとっていることになる。

[ 問19 ] 静的計算および非線型領域におけるチェック計算ではどのような方法を用いているか。

[ 答19 ] 静的計算法はすでに述べたように、確立されており、動的計算法は弾性領域についてのみ定量的な計算に用いられている。動的計算法については今後さらに研究することが必要である。

[ 問20 ] アーチダム及びバットレスダムのジョイントの影響をどのように取り扱っているか。

[ 答20 ] ジョイントの影響は二次的なものであるから、設計では考慮していない。

[ 問21 ] フィルダムの設計においては、平行線すべり法と円形すべり法のうち、いずれを用いているか。

[ 答21 ] 安定解析つまり両者を用いている。作用させる震動は動的解析によることがある。この場合、すべり面上の安全率は動的に算出する。

[ 問22 ] フィルダムの安全率はいくらか。

[ 答22 ] 設計震度を用いた静的設計では、斜面の安定のための安全率は 1.2 である。

[ 問23 ] フィルダムに対する水および間隙水の影響はどう評価しているか。

[ 答23 ] フィルダムに対する水の影響については今後研究することが必要な事項である。

[ 問24 ] 変形を考慮した地震時の安定解析法はあるか。

[ 答24 ] まだ無い。

[ 問25 ] マイクロゾーニングのための微小地震および爆破の測定について何か情報を。

[ 答25 ] 測定は行なわれているが、専門家の意見はさまざま違うものである。

[ 問26 ] シラスの特徴は何か。

[ 答26 ] 水分含有量によって性質は大きく変わる。乾燥状態では満足すべき強度を示すが湿潤状態では強度は低下する。



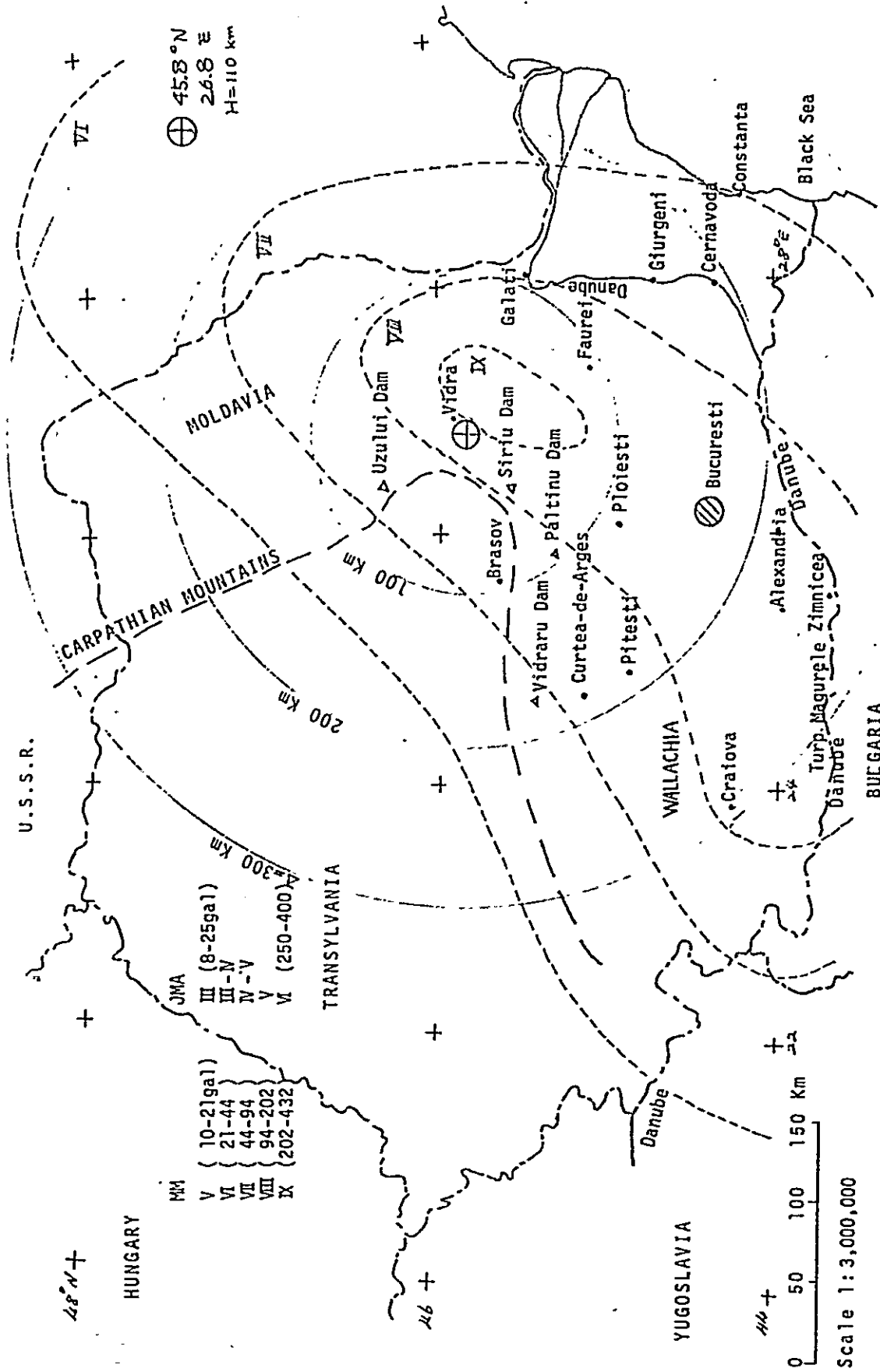
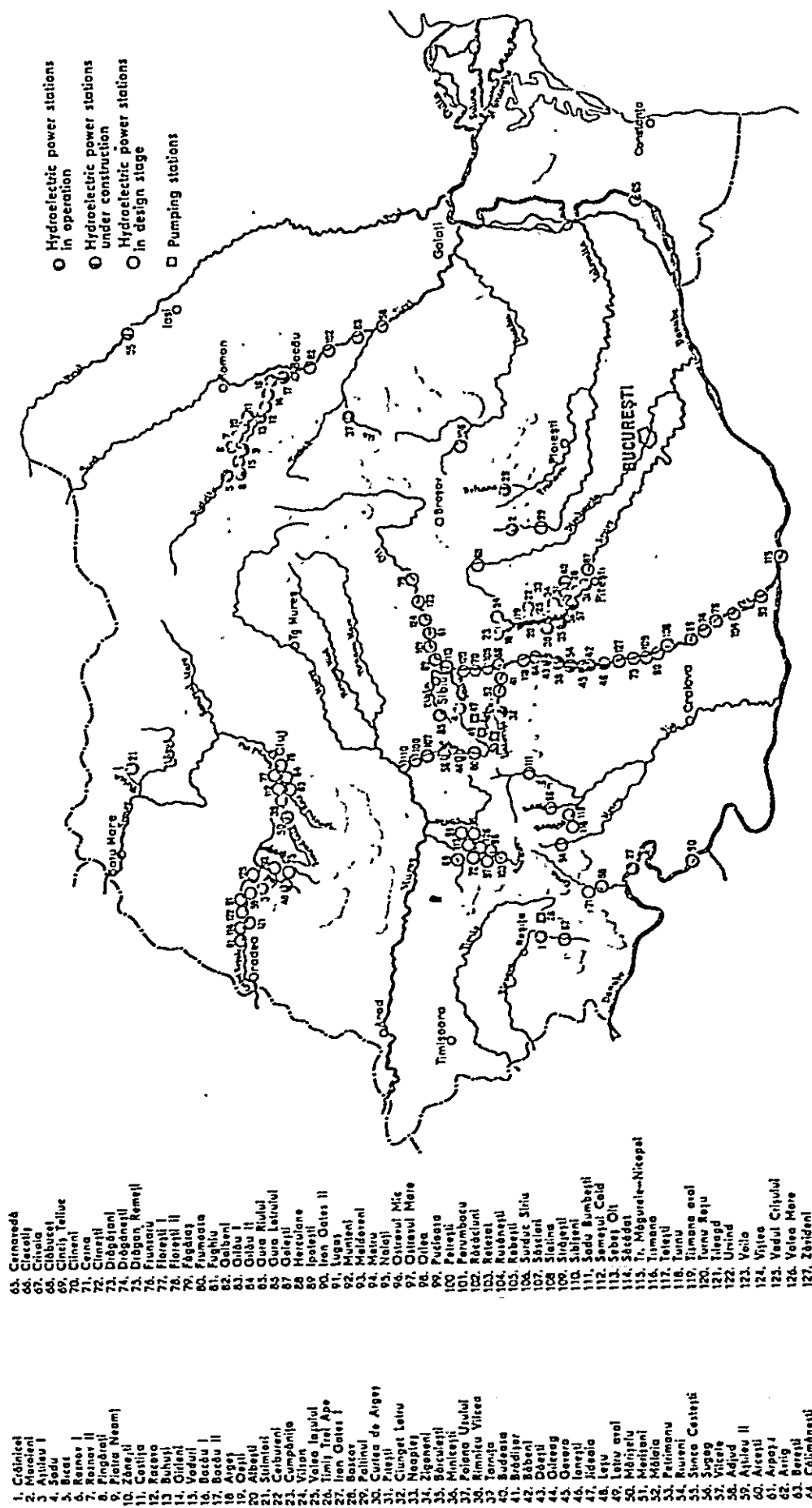


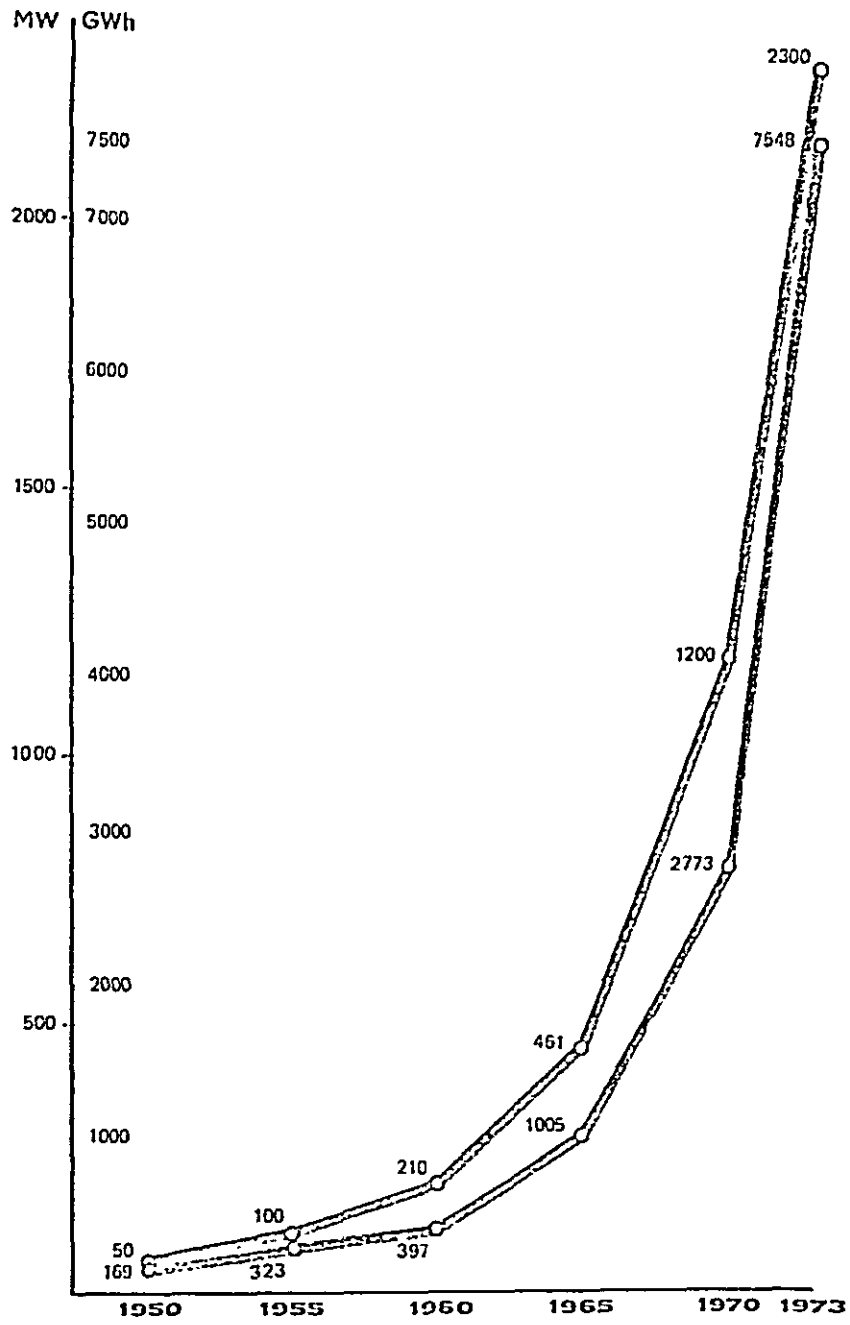
図 6.1 ルーマニアの地勢図及びメドベデフによる 4 III 1977 地震の等震度線図



- Hydroelectric power stations  
  ○ In operation
- ⊙ Hydroelectric power stations  
  ○ under construction
- Hydroelectric power stations  
  ○ In design stage
- Pumping stations

1. Cămincel
2. Mărculeț
3. Aghieș I
4. Săbu
5. Bicaz
6. Răzmar I
7. Pârâmbreț
8. Pârâmbreț (Neam)
9. Zănești
10. Căstia
11. Racova
12. Buhui
13. Orleni
14. Vedul
15. Vedul
16. Bărbu I
17. Bărbu II
18. Argeș
19. Oșni
20. Albești
21. Sălmiteș
22. Cebrureni
23. Cumpăniș
24. Vitan
25. Valea Ispul
26. Ioniș
27. Ioniș
28. Bășer
29. Căminel
30. Căminel
31. Căminel
32. Căminel
33. Căminel
34. Căminel
35. Căminel
36. Căminel
37. Căminel
38. Căminel
39. Căminel
40. Căminel
41. Căminel
42. Căminel
43. Căminel
44. Căminel
45. Căminel
46. Căminel
47. Căminel
48. Căminel
49. Căminel
50. Căminel
51. Căminel
52. Căminel
53. Căminel
54. Căminel
55. Căminel
56. Căminel
57. Căminel
58. Căminel
59. Căminel
60. Căminel
61. Căminel
62. Căminel
63. Căminel
64. Căminel

图 6.2 水力发电所分布图 (1974年)



Dynamics of installed power and output growth in hydroelectric power plants in Romania in 1950—1973 period.

図 6.3 水力発電の成長

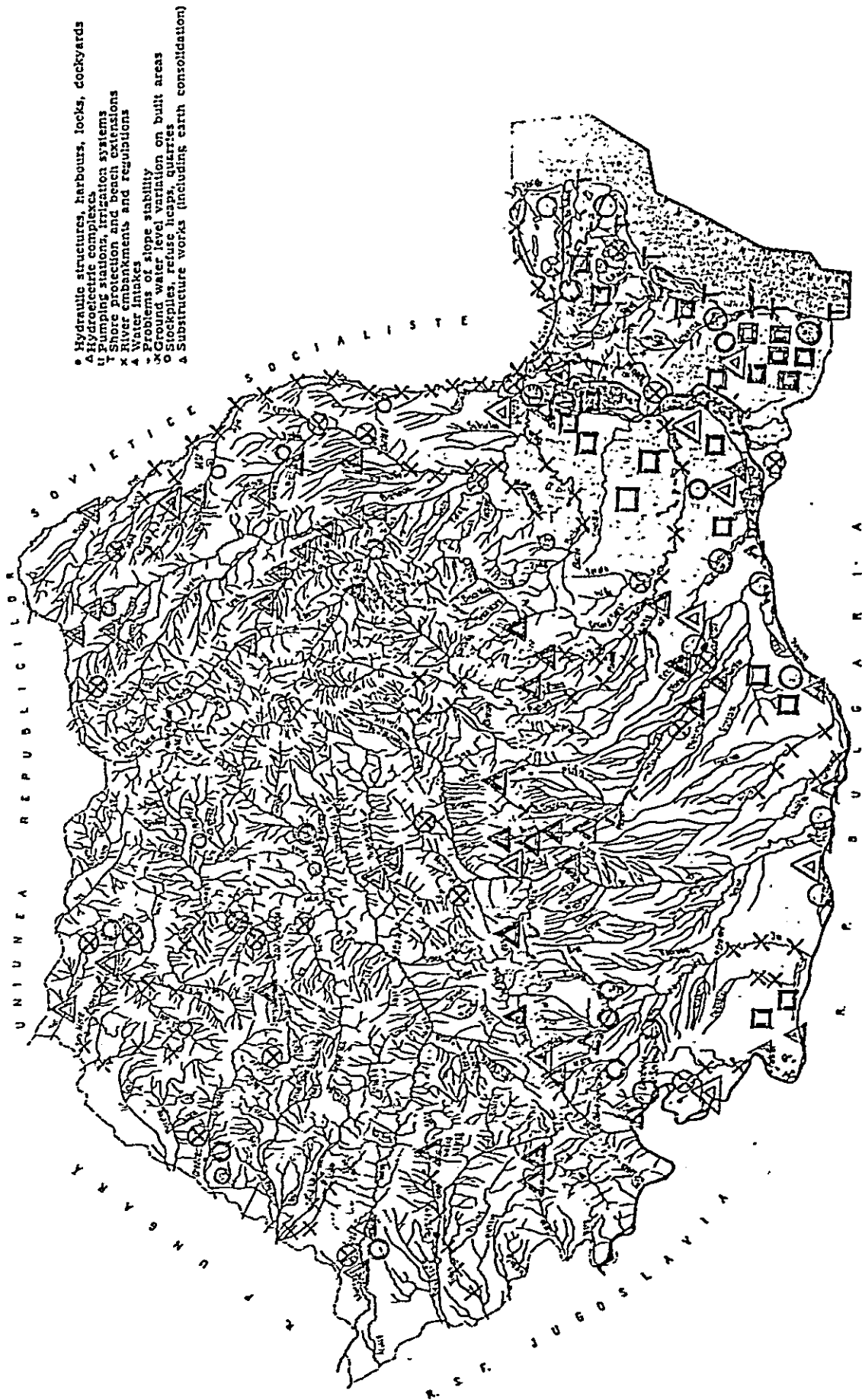


图 6.4 水理施設の分布図

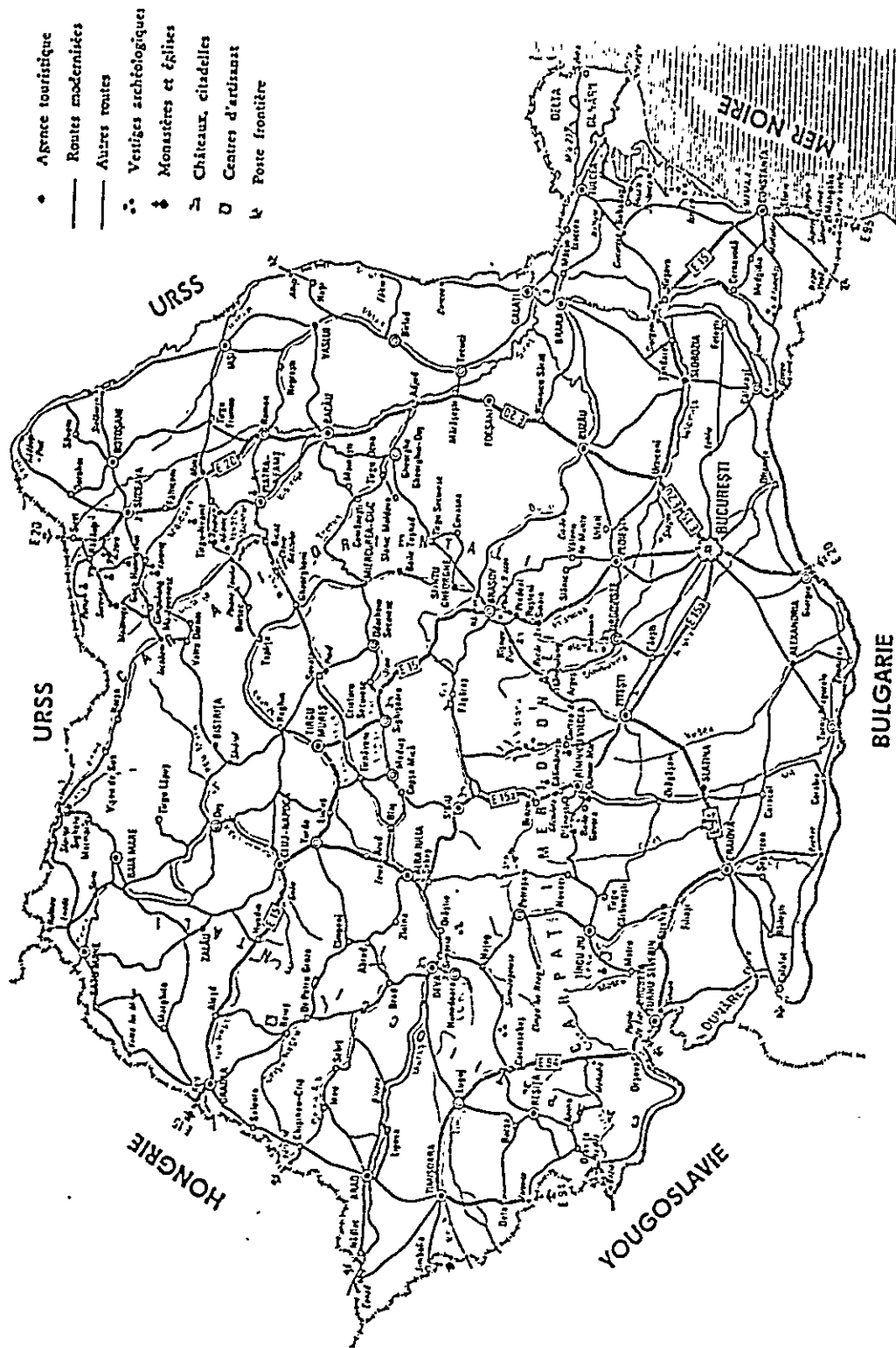


图 6.5 主要道路

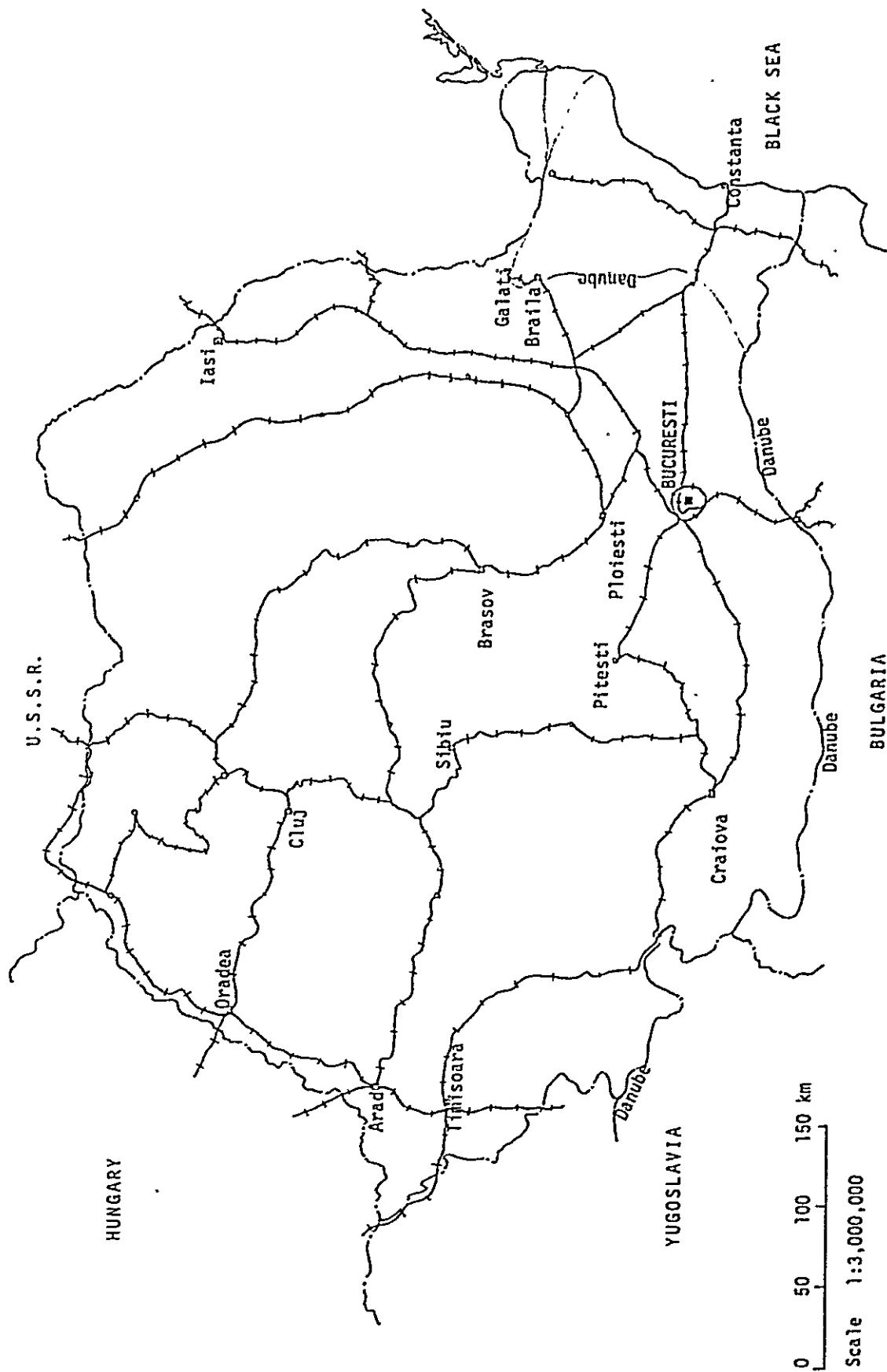
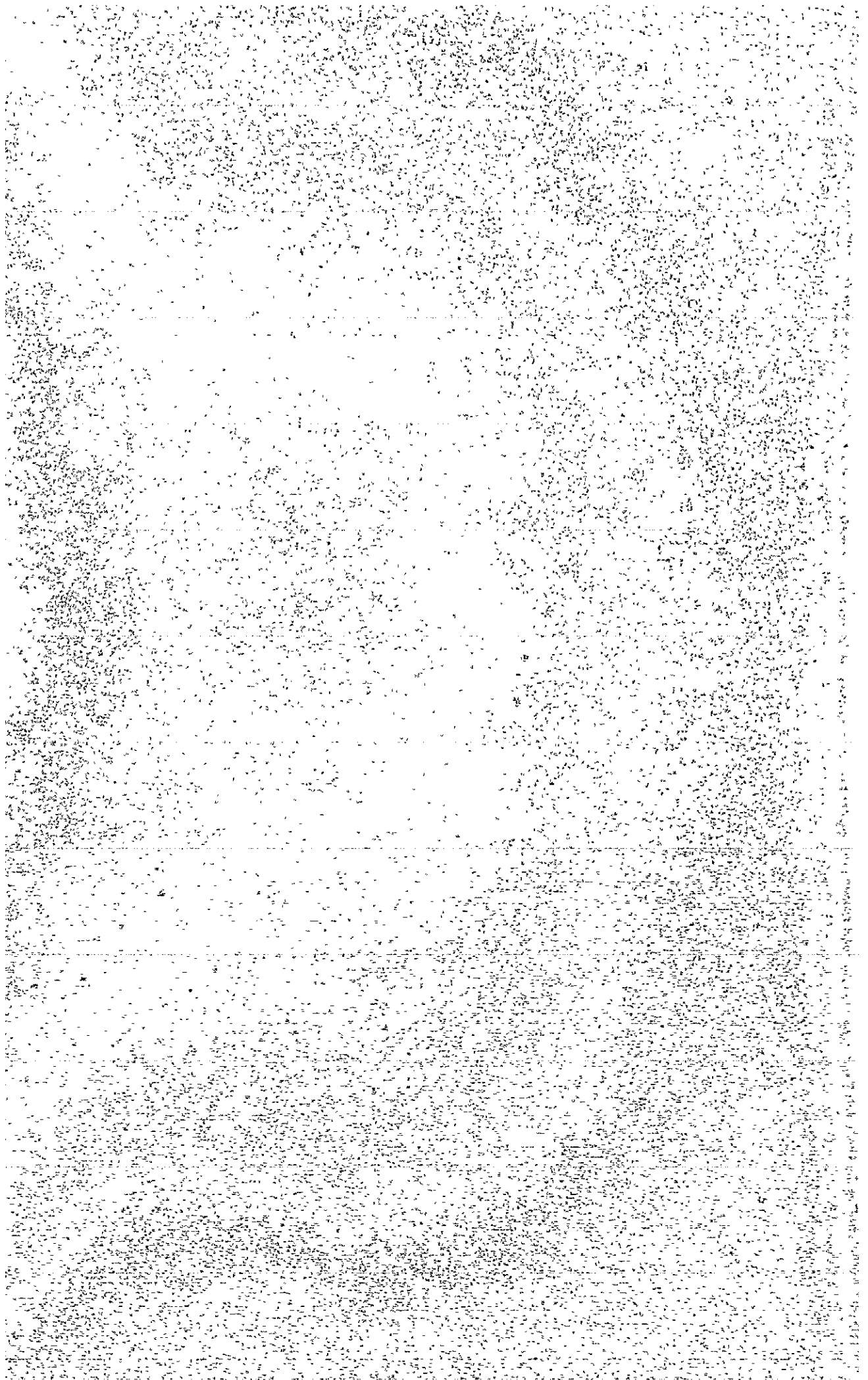


図 6.6 ルーマニアの鉄道線路網図

## 第 7 章

### 土木施設の被害状況とその特徴





## 第7章 土木施設の被害状況とその特徴

### 7-1 土木施設の被害状況

道路、鉄道、ダム、堤防、水門、橋梁、港湾、石油パイプライン、熱供給パイプライン、ガス施設、送電線等には特に著しい被害は生じなかった。

ダニューブ川河口部をセルナボダで渡るカンティレバトラス形式の鉄道橋（1895竣工）の吊りスパン（約80m）のシューのローラーに若干ずれが生じたが、運行に差し支えのない程

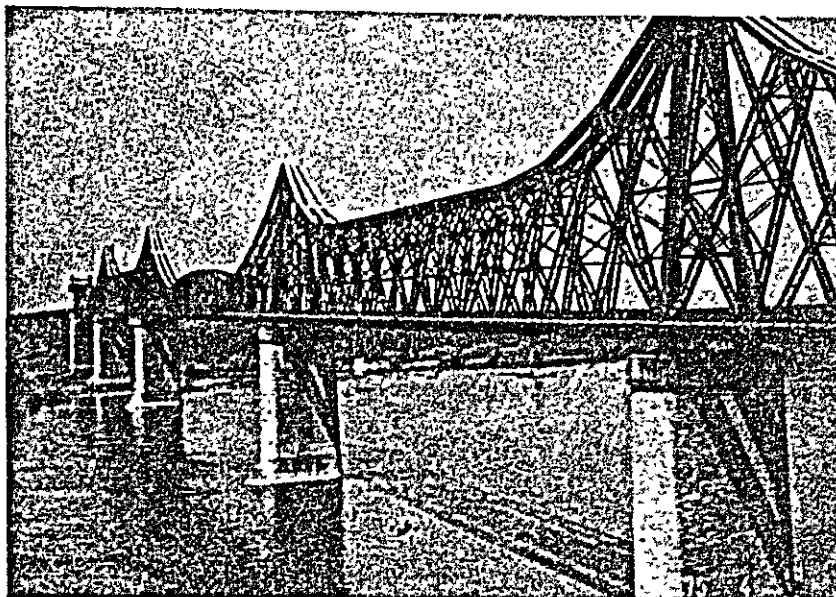


写真7.1 セルナボダ鉄道橋

度であった。しかしながら、吊りスパンを正しい位置に架け直す復旧作業をしている。

本橋の北30kmのギウルジニに架かる道路橋（中央部は5スパンのゲルバー桁箱桁でスパン160m、取り付け部はPC桁）には何んら被害は認められなかった。

しかしながら前述の各種施設に付帯する擁壁等には若干の被害があったようである。

水道施設に関連して、ブカレスト市においては、総延長1600kmの管路で120箇所の継手が破損した。又、クライオバ市では水道管に18箇所で被害が生じたほか下水道管にも若干の被害が生じた。

又、水道に関連して高架水槽が何基か折損したようである。

電力施設に関連して、ブカレスト市およびプロエスティ市にある火力発電所において屋根トラスが崩落してタービン等の機器に損傷を与え、60箇所の変電設備においても変圧器にずれが生じて絶縁不良、ショート等が生じた。

被害には関係しないがファウレイ（ $\Delta=100$ km）、ブカレスト（ $\Delta=160$ km）、ブラガデ

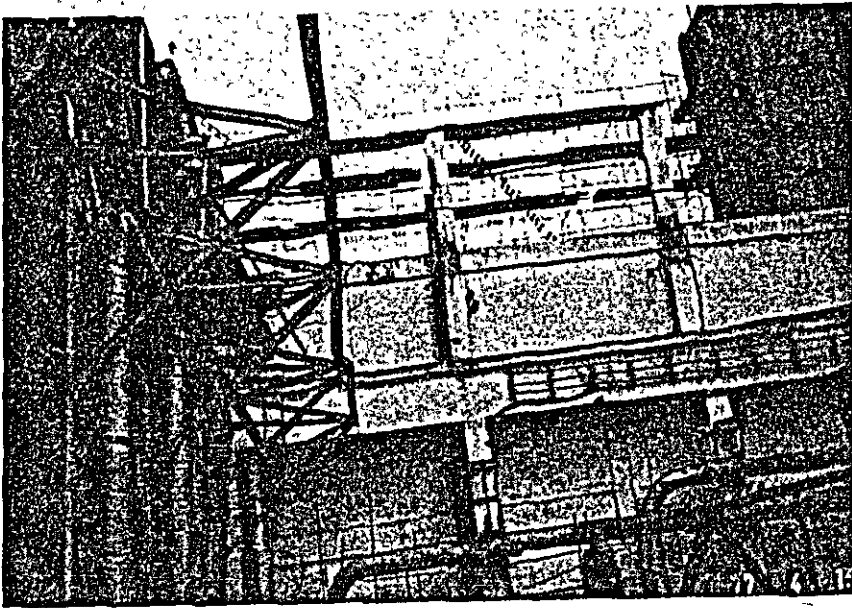


写真7.2 プラチ  
火力発電所の屋根  
トラス崩落の跡  
(プロコピエフ市)

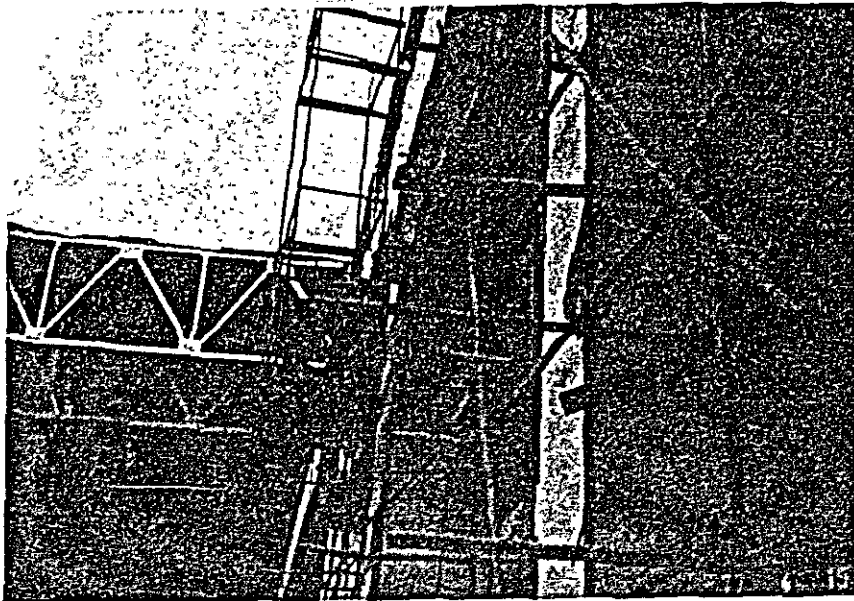


写真7.3 上に同じ

ル ( $\Delta = 270 \text{ km}$ ) で流動化現象が生じた (図 7.1, 7.2, 7.3, 写真 7.4, 7.5 参照)。

## 7-2 被害の特徴

今回の地震によって建築物では老朽建物だけでなく新設の建物にも重大な被害が生じている。しかしながら土木施設では老朽度の高い埋設管、しかも突き合わせ継手の埋設管に被害が生じたのみである点は興味深い。特にダムにおいては全く被害が無かった。

火力発電所の屋根トラスの崩落は新設の建物であるだけに建築工学による今後の解明を待ちたい。

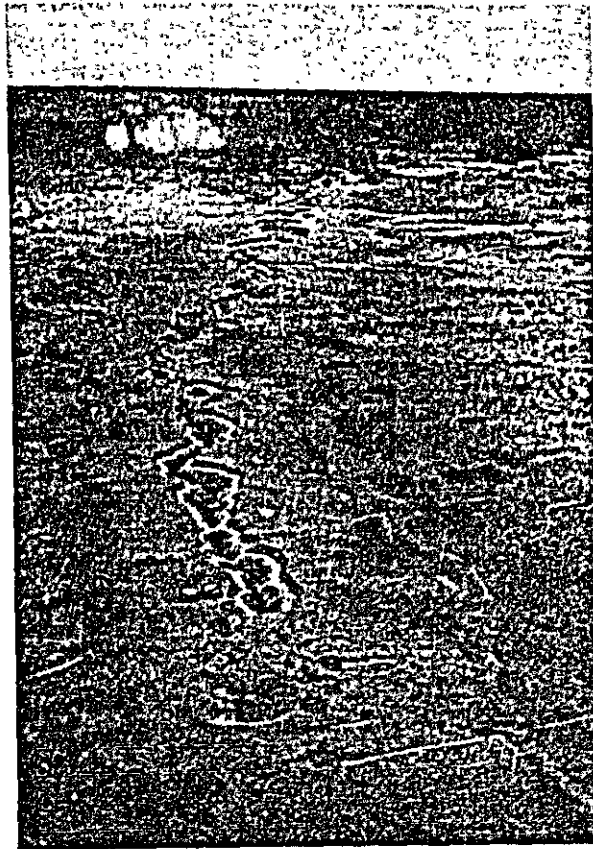


写真 7.4 ファウレにおける砂質地盤の流動化現象のこん跡  
( ICH提供 )

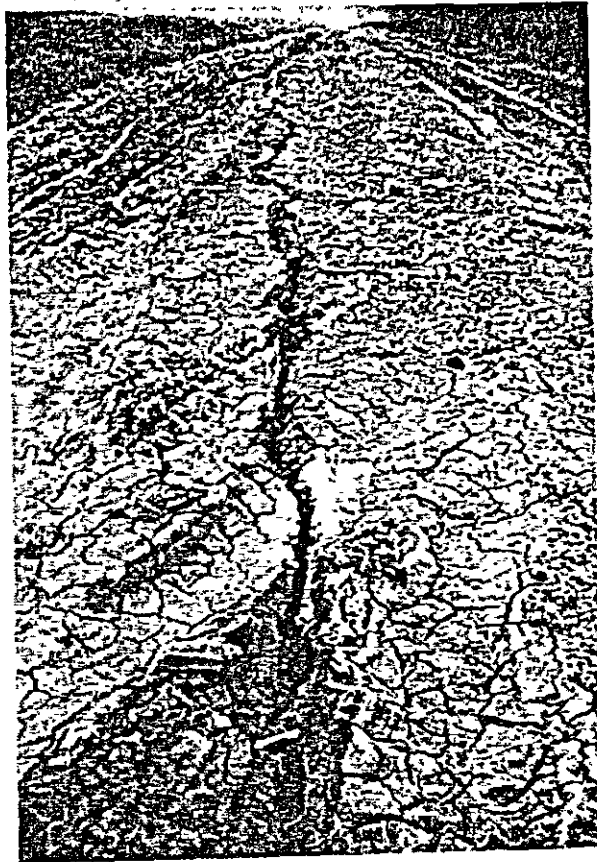


写真 7.5 上に同じ

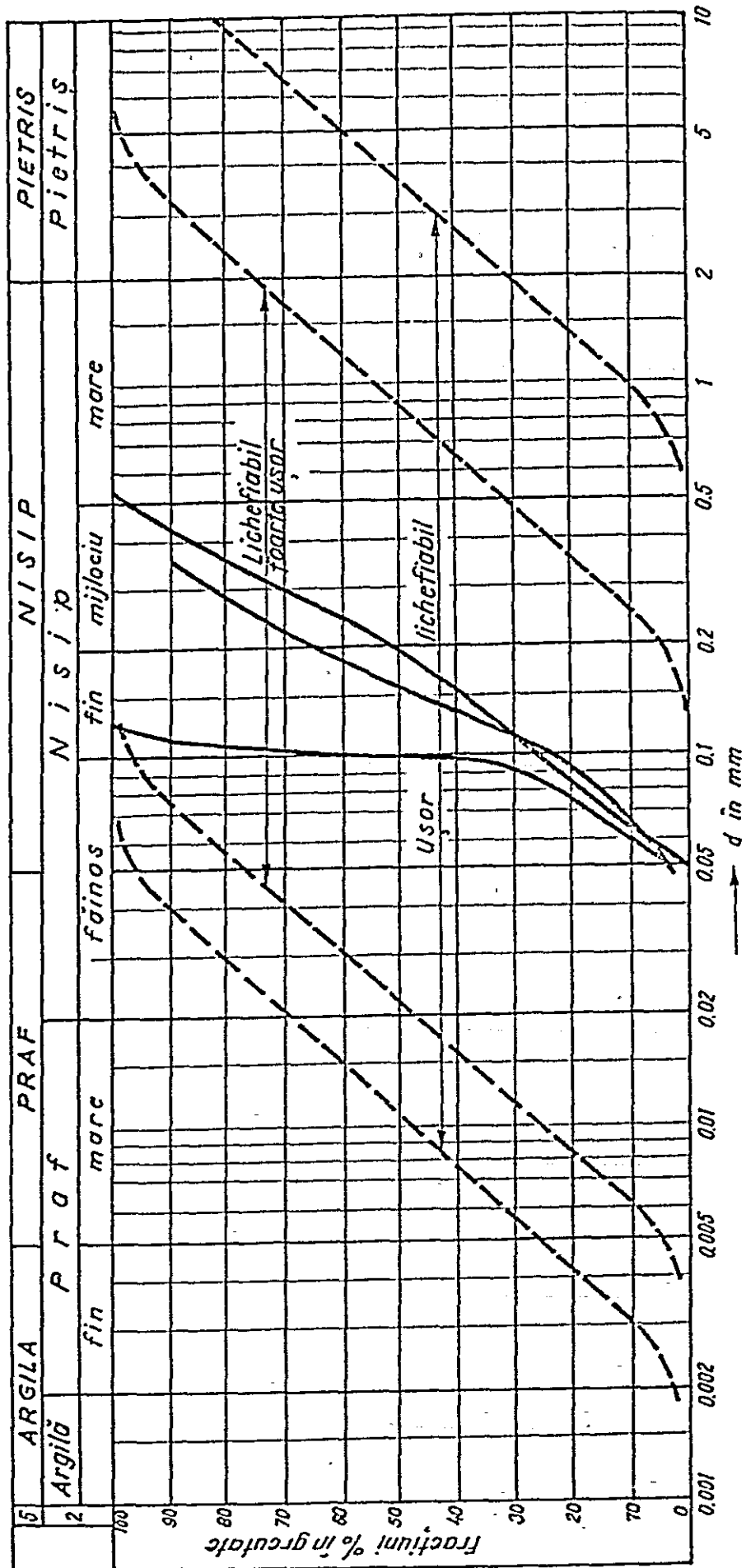


图7.1 フラウレイ (Δ=100 Km) の砂の粒度曲線

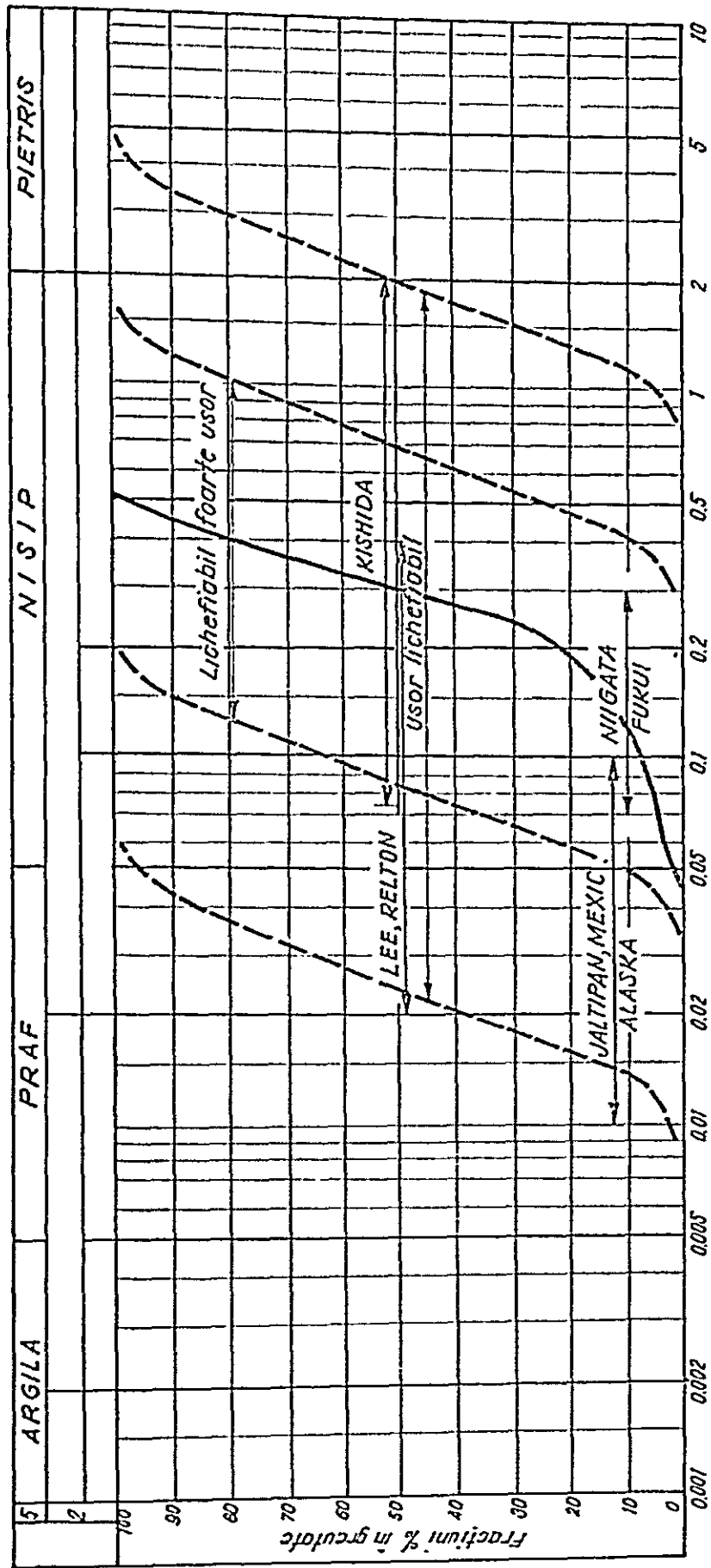


图 7.2 プラガテル (  $\Delta = 270 \text{ Km}$  ) の砂の粒度曲線 ( ICH 提供 )

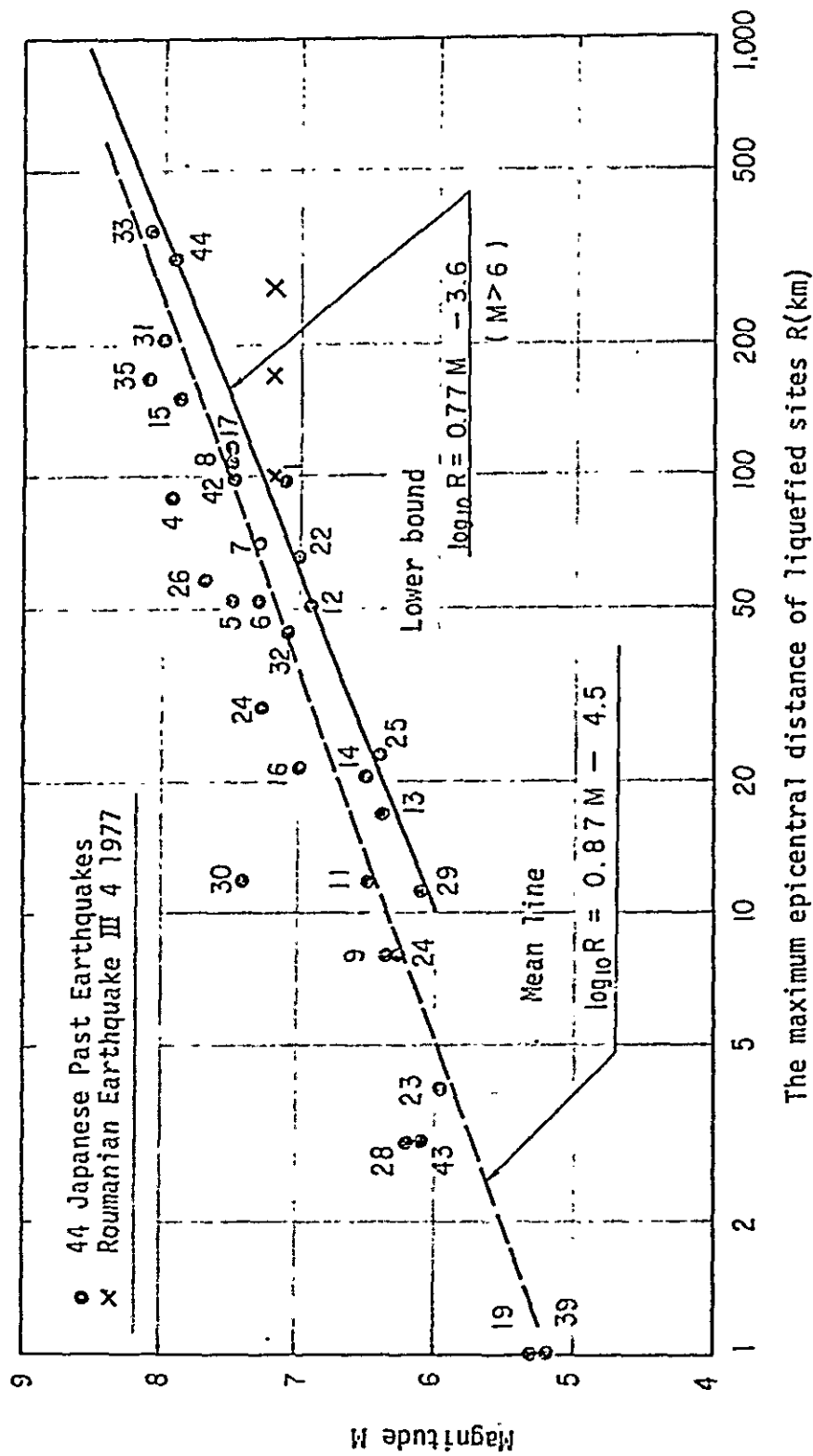


図 7.3 1977年ルーマニア地震における流動化現象発生の特異性

## 第 8 章

### 都市供給施設の現況と被害状況





## 第8章 都市供給施設の現況と被害状況

### 8-1 上水道施設の現況と被害状況

#### 8-1-1 上水道施設の現況と被害状況

ブカレスト市の上水道は公共行政グループ(上水道, 下水道, 温水, 清掃, 園芸, サービス事業等を担当する。)に属している上水道公団が担当している。

ブカレスト市の人口は現在約159万人であり, 1日あたり100万 $m^3$ から110万 $m^3$ の水が市内に給水されている。そのうち, 40%は一般市民のため生活用水であり, 残りの60%が業務用に消費されている。このような飲料水系の水源の22%は地下水, 78%は河川の水が利用されており, 工業用水は湖水が水源となっている。

浄水場は, ブカレスト市内3箇所に設置されている。浄水場の能力は, それぞれ60万 $m^3$ /日, 30万 $m^3$ /日, 30万 $m^3$ /日であり, 現在30万 $m^3$ /日の1箇所は拡張工事中である。

市内への給水は5箇所のポンプステーションを通じて行なわれ, 市内の水道管の総延長は1600 kmにわたっている。

ブカレスト市の水道の普及率は概ね100%であり, 各戸への直接供給が85%, 共同栓を通じての供給が15%となっている。

水道管はネットワーク形式に配管され, 1箇所に故障が生じても他の供給ラインを通じて供給が出来るように計画されている。

使用されている水道管の管径は主要幹線及び大規模団地内は300 $\phi$ 以上のものが用いられ, 延長は約400 kmにわたる。一般家庭用の給水管の管径は200~250 $\phi$ のものが用いられ延長は約1200 kmである。

水道管の材質は鋳鉄管, コンクリート管, 石棉セメント管, 銅管の4種類が使用されている。シェアーは表8.1に示すとおりである。

水道管は生産工場で20気圧の耐圧テストに合格したものが用いられ, 現地でさらに10気圧の耐圧テストに合格しなければならない。供用時のポンプ圧送水圧は6気圧程度である。特に, 水道管の継手部分は漏水の原因となり易いが, ルーマニアで用いられている継手部分の詳細を図8.1に示す。

#### 8-1-2 上水道施設の被害状況

地震によりポンプ場, 水道管がかなりの被害をうけた。

ポンプ場では電力設備のトランスが移動したり, トランスの絶縁物が飛びだしたりして故障の原因となったが, 簡単に修理ができる程度であった。

破損程度のひどかったものは水道管であるが, 地震の振動によって管が折損したり, ひびが入ったりするような破損現象はあまりみられず, 電力の供給中断によってポンプの圧送機能が停止し, 逆流等による異常圧力が生じたため, 管内の特に弱点となる継手部分が破損し

たものである。

ブカレスト市に於ける水道管継手部分の破損事例を表 8.2 に示した。

表 8.1 ブカレスト市内の水道管の状況

使用水道管の種類	管 径 (mm)	使用延長率 (%)
鋳 鉄 管	100~900	70
コンクリート管	600~1,000	15
石綿セメント管	100~300	10
銅 管	800~1,000	5

※ブカレスト市内水道延長 1600 km

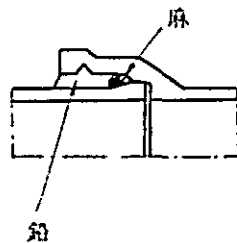
主要幹線および団地内

300mm以上…400 km

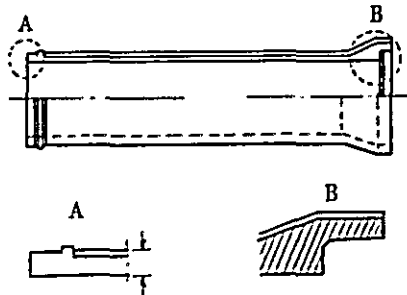
一般家庭

100~250mm…1,200 km

(1) 鋳鉄管継手



(2) コンクリート管  
(AとBの接合部分にゴムリングを入れる)



(3) 石綿セメント管

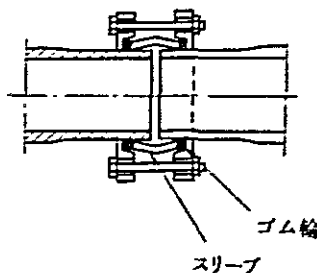


図 8.1 継手部分の詳細

表 8.2 によると 600mm から 900mm 径の継手 120 箇所の破損部分のうち、コンクリート管が 90% を占めており残りは鋳鉄管である。又、100m から 600m 径の鋳鉄管でも 45 箇所の継手が同様に破損している。コンクリート管は継手に使用されたゴムが飛びだし、鋳鉄管は継手部分の鉛が飛び出したものである。石綿セメント管、銅管の破損は見られなかった。

ブカレスト市では 1600 km の水道管の幹線として図 8.2 に示すような本管 (1200mm から 2200mm コンクリート管) が 200 km 配管されているが、地震によって前記同様継手部分 3 箇所に破損現象が見られた。破損が本管であるため流量を抑えて通水しながら図 8.3 のような方法で修理を完了している。

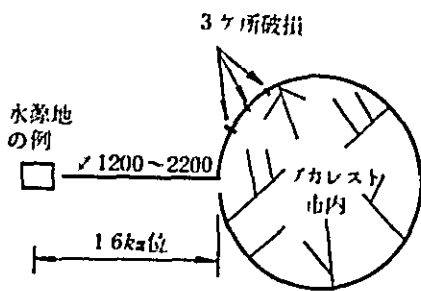
同様のケースがクライオバ市においても見られた。

このような重要幹線の継手については図 8.4 の例に示すような抜出防止装置付継手などを用いる必要があると思われる。

表 8.2 ブカレスト市水道の破損状況

施設の種類	破 損 箇 所
処理施設 (濾過池, 配水池 ポンプ場)	ポンプ場でトランスがズレたり, 絶縁物がとびだしたりした。復旧は直ちに行なわれた。
本 管	200km中3カ所で継目の被害あり(1200mmから2200mm径)
供 給 管	停電による逆流で継目120ヶ所(600mmから900mm径)の被害あり
鋳 鉄 管	120箇所の10%
コンクリート管	120箇所の90%
鋼 管	破損なし

※鋳鉄管の径の小さなものでさらに45箇所継目が破損



TOTAL : 200KM

図 8.2 水道本管の布設図

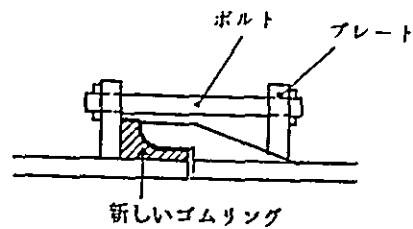


図 8.3 ゴム及び鉛の飛びだした継手の復旧方法

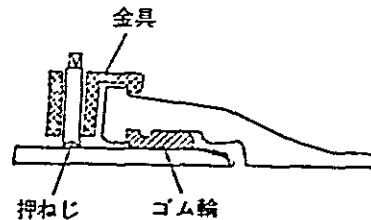


図 8.4 抜出防止付継手

## 8-2 電力施設の現況と被害状況

### 8-2-1 電力の現況

ルーマニアおよびブカレスト市の電力事業について、電力省を訪門し説明をうけた。

ルーマニアでは現在、水力、火力発電所あわせて12,000Mwの電力をルーマニア全体に供給しており、各地に400KV, 220KV, 110KVの送、配電ステーションがある。水力、火力発電の割合は図 8.5 に示すように圧倒的に火力発電による供給が多いが、大都市の火力発電所は電力の供給のみならず、暖房用の温水の供給にも大きな役割を負っている。

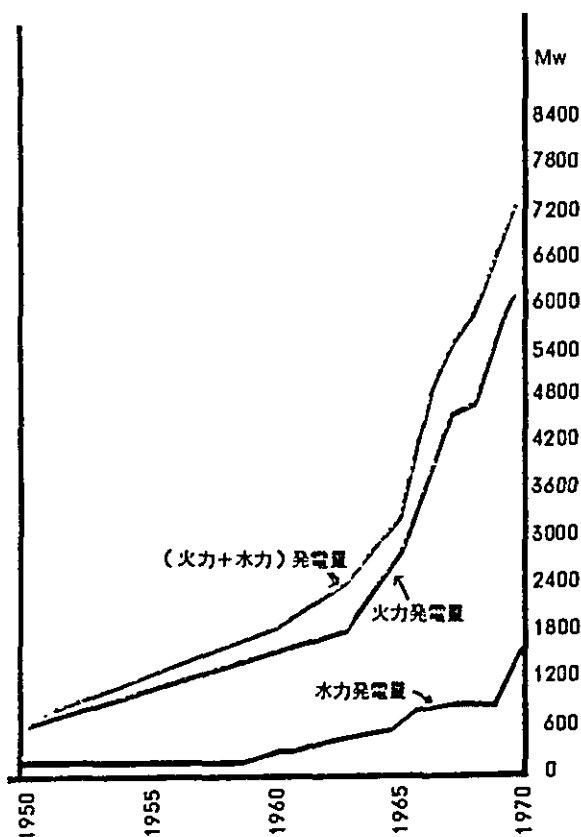


図 8.5 水力及び火力発電量

電力の供給網は全国で20万kmにわたり、その供給形態はネットワーク化されている。

ブカレスト市には3つの火力発電所、—ブカレスト南(650MW)、ブカレスト西(250MW)、ゴルタベリシ(188MW)—があり、いずれもネットワークの中に組みこまれており、3つ発電所の供給量はブカレスト市の消費電力を上回るものである。

大多数の電力線は地中化され、ブカレスト市の中心部では電柱は殆んど見うけられない。

#### 8-2-2 電力施設の被害状況

地震による電力施設の被害は大きく、結果として、4時間にわたる停電を余儀なくされた。

##### (1) 発電所

地震発生後、火力発電所の機能が停止した。非常に大きな被害をうけた発電所は2箇所であるが、いずれも発電所の発電機器そのものの破損によるものではなく、発電所の建物の破損によって二次的に発電タービン等が被害をうけたものである。

大きな被害をうけた2箇所(ブカレスト西、プロエスティ市のブラジ)ともタービン室の屋根が落ちて、タービンに支障を与えたものであるが、タービン等から火災発生のある油(潤滑油など)の放出、爆発の危険性のある水素(generatorの熱の冷却用)の放出に決死的な努力を払い、いずれも成功したため派生的な災害が防止されている。

ブラジでは小火災が発生したが短時間で消火できたようである。

なお、ダムや水力発電所に於いて地震による被害は発生していない。

##### (2) ステーション

400KV、220KVの4つのステーションと110KV、35KVの56のステーションが被害を受けた。

これらの被害の殆んどがバッテリーの故障であり、その内容は硫酸が飛びでたり、バッテリーが傾むいたり、中の部分がわれたりしたものである。このバッテリーはオートメー

ション用のものであり、暫定的に移動可能なバッテリーと取り換えて機能復旧を図っている。

又、8基の変圧器も破損したが、それは中の絶縁物が破れたり、端子が割れたり、ショートしたりしたものである。なかには図8.6に示すように移動したのもあったが修理は比較的容易であったようである。ルーマニアでは変圧器と変圧器の間に防火壁を設けておりそのためブラジなどでも大火災は生じなかったとのことである。

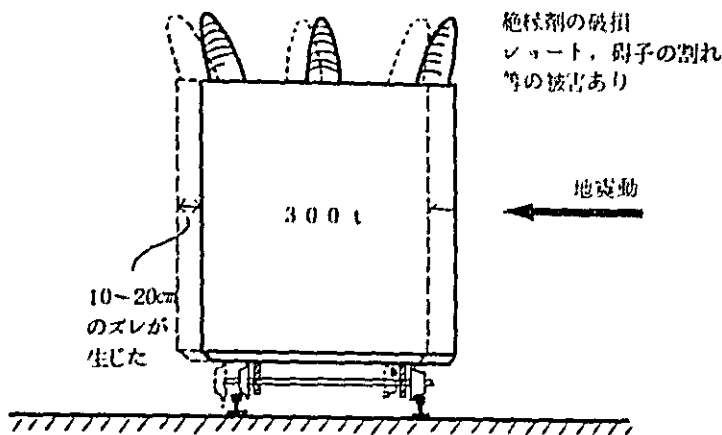


図8.6 移動したトランスの例

### (3) 送電線、配電線

送電線は何の被害も受けなかったが、配電線用の電柱（地方部）に一部被害があった。それは電柱上の空中変圧器の位置がずれたり、端子がわれたりしたものであり、変圧器が落下したケースはないようである。稀なケースとして電柱が倒壊したものもある。

このような事故例から我が国に於いても電力線の地中化方策を検討する必要があると思われる。

## 8-3 ガス供給施設の現況と被害状況

### 8-3-1 ガス供給施設の現況

ブカレスト市のガス供給施設について、石油鉱山地質省に属するガス供給公団（ブカレスト市及びルーマニア南部のガス供給を担当）を訪問し説明を受けた。

ルーマニアではトランシルベニア地方でメタンガスが探掘でき、メタンガス工字センターに属する4つの公団（探掘、運搬、2つの供給公団）を通じて各戸にガスが供給されている。

ブカレスト市では1942年迄都市ガスが供給されていたが、1942年以降は天然ガス（主にメタンガス、その他エタン、プロパンガスを含むガスもある）に転換している。

ブカレスト市ではガスの運輸公団から採り、臭い等の処理を行った処理済ガスを3つのレギュレーションポイントで与ける。送られてくるガスの圧力は朝は40気圧から45気圧であるが、日中は消費により10気圧から15気圧に減少し、夜も同様の傾向を持続している。3つのポイントは運輸公団に属し、この3つのポイントでガスの圧力は6気圧に調整さ

れる。この圧力がガス網の平均圧力となっており、6気圧のガス網からは主要な消費者（火力発電所、主要企業）にのみ直接供給されている。

供給部門も3つのレギュレーションポイントを有している。3つのレギュレーションポイントでは6気圧から2気圧（夏は1.5気圧）に減圧を行い、小規模な産業部門や個人に供給している。小規模な工場等ではそれぞれ調整ポイントを有しており、独自に圧力を調整して利用している例が多い。

地震で最も被害を受けたブカレスト市の中心部は低圧のガス網地域であり、1942年から1943年頃まで布設されたガスラインを現在そのまま利用しており、将来は2気圧に変更予定のものである。市内にある5つの調整ステーションで2気圧のガスをさらに0.5気圧以下の低圧に減圧して市の中心部に供給している。

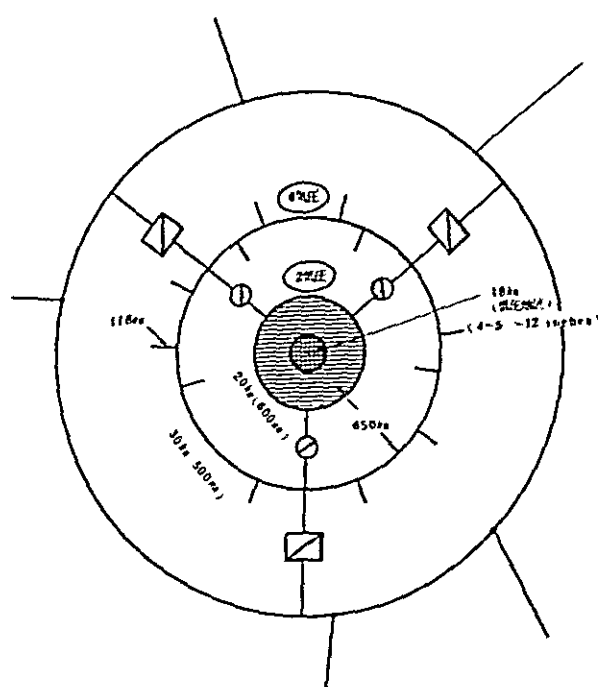


図 8.7 ブカレスト市のガスライン網

ブカレスト市のガス網の状態を図 8.7 に示す。

ルーマニア及びブカレスト市のガス網の中には、特に貯蔵施設的なものはなく、冬のガス需要の高い時季は、夏季の需要の少ない時季に採掘を休止している箇所から採掘するようにして調整を行っている。

ガス管は以前は銑鉄のものを使用していたと云うことであったが、現在は溶接性鋼管を全て使用しており、継手も溶接継手である。

溶接継手の溶接方法は一般的に100mm以内はガス溶接、100mm以上は電気溶接が用いられている。

### 8-3-2 ガス供給施設の被害状況

ブカレスト市内のガス施設の破損は、建物の倒壊、損傷に伴うもの以外は発生していない。ガス管は全て鋼管が利用されており、水道の銅管と同様破損を生じていない。その他の施設についても被害は発生していないようである。

ビティンティ市でガス管の一部破損事例があったが大事にはいたっていない。この破損例は本管と接続部の溶接部の破損例であり、説明では図 8.8 に示すように一団地の住宅8軒に通ずる分岐部が全て地震のゆれの方向に破損した例である。溶接方法は確認はしていないが多分ガス溶接だろうとのことであった。矢張り接続部分が弱点となっており、接続部分の対策の検討が必要である。

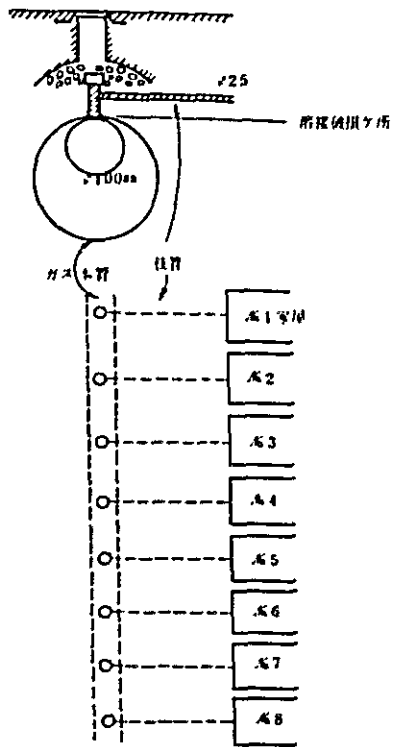


図 8.8 ピテイシテイ市のガス管の破損状況

#### 8-4 その他の都市供給施設

その他の都市供給施設として通信があるが、通信の被害については、直接調査する機会を得られなかったので被害の実情については明確でないが、建物の被害に伴うものが大多数のようである。

下水道については水道事業部門で説明を受けたが、処理施設、下水管(総延長1400km)とも、全く被害を受けていない。





## 第 9 章

### 行政組織と防災体制の概要



## 第9章 行政組織と防災体制の概要

### 9-1 ルーマニアの行政組織

ルーマニアにおける政治・行政は、①立法、②行政、③ルーマニア共産党、④大衆の4つの組織によって行われている。これらの行政組織の中でその中核となっているのが党政治執行委員会とその書記局であり、実施的な施策がここで立案され決定されて、その指導力の下で立法、行政及び大衆組織が活動している（図9.1参照）。

国を代表する大統領は、党首であると同時に「国家評議会」の議長であり、行政の最高責任者であるため、その権限は立法、行政等の分野にわたって絶対的なものをもっている。

行政組織は、中央行政組織と地方行政組織から成り、中央行政組織はわが国の閣議に相当する「閣僚評議会」と、23省及び文化教育、科学技術及び一般消費材生産調整の3評議会並びに人民評議会問題委員会と国家計画委員会とで構成されている（図9.2参照）。

又、地方行政組織は、県及び市町村から成り、それぞれの組織ごとに党委員会と人民評議会とが併設され、党と大衆と行政組織体とが一体となった地方行政が行われている。

したがって、党執行委員会及び国家評議会で決定された施策は閣僚評議会の議を経て中央行政組織の中で実施され、地方行政組織を通じて末端まで伝達されるほか、党組織からも国民に知らされる仕組みとなっている。

次に、中央と地方行政組織体との事務の配分についてみると、ルーマニア経済新5ヶ年計画（1976年～1980年）に基づく生産及び公共投資をはじめ、国民生活に直結する電気・ガス・水道等の供給に至るまで国の業務として行われており、地方庁の業務は地域住民の居住の確認事務及び中央行政機関で支給決定された金品の支給業務等が中心となっている。

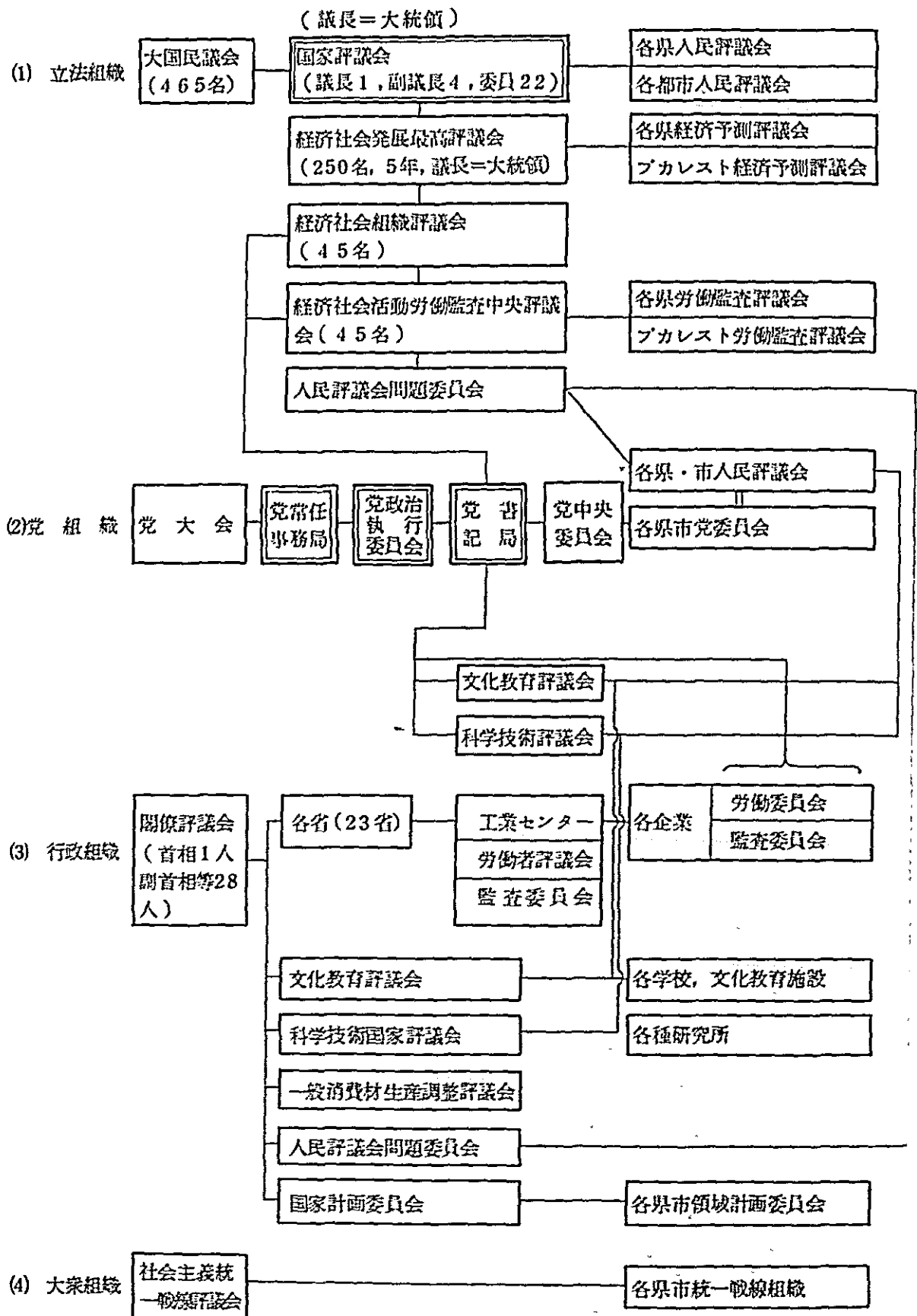
又、1977年の国家予算は、3,000億レイ（邦貨換算約7兆5,000億円）で、わが国の予算と異なりすべての企業予算もこれに含まれている。

なお、ルーマニアの人口は、1975年7月1日現在2,150万人でこのうち満20才以上のすべての男女が公務員として働いており、国内で自由業として認められているのは、旧来の営農者、医師等である。

### 9-2 ルーマニアの防災体制

ルーマニアでは、1940年11月10日に発生した地震（マグニチュード7.4）をはじめ、ダニューブ川及びこれに注ぐ中小河川の洪水等の災害がほぼ2年に1回の割合で発生している「災害国」である。

図9.1 ルーマニア社会主義共和国の政治組織



そのため、現在のチャウシエスク大統領（Mr. N. CEAUSESCU）就任以来、科学技術評議会が設置され、構造物設計標準院（IPCIT=Institute for Designing Standards of Construction）、建築研究所（INCERC=Research Institute for Building and Economy of Buildings）、水理及び工作物研究所（ICII=Institute for Hydrotechnic Research and Construction）等の研究部門が統合強化され、耐震構造物の研究、設計をはじめ、災害に関する各種の研究が計画的に行われるようになってきている。

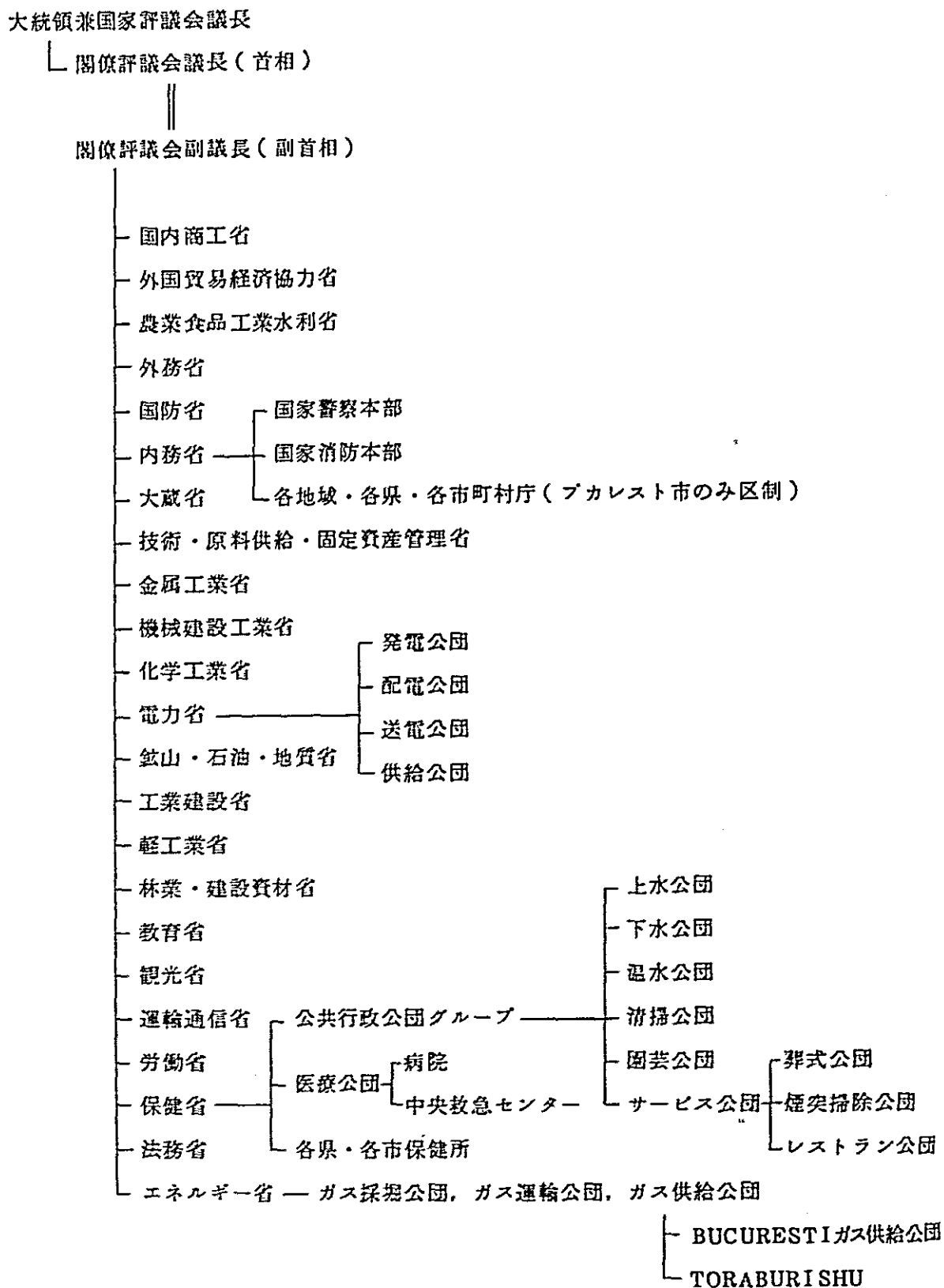
又、防災に関連する都市計画も積極的に進められ、住宅建設をはじめ土木施設、鉄道施設、電力施設等の建設にあたって耐震設計が一部取り入れられるようになり、災害に関する研究設計部門がやや整備されてきている。

防災体制としては、災害等の緊急事態に対処するため、電力省、エネルギー省、国防省及び下部機関等には無線網が整備され、重油、石油を使用する緊急用発電機も設置されており、かつ主要施設には24時間勤務の常時監視体制が採用されている。

一旦、災害等の緊急事態が発生した場合には、まずこれら常時監視体制の下で勤務していた職員及び労働者が災害防禦の任務につくのをはじめ、大統領の命令等により国民を動員して応急及び復旧対策を実施することとなっている。

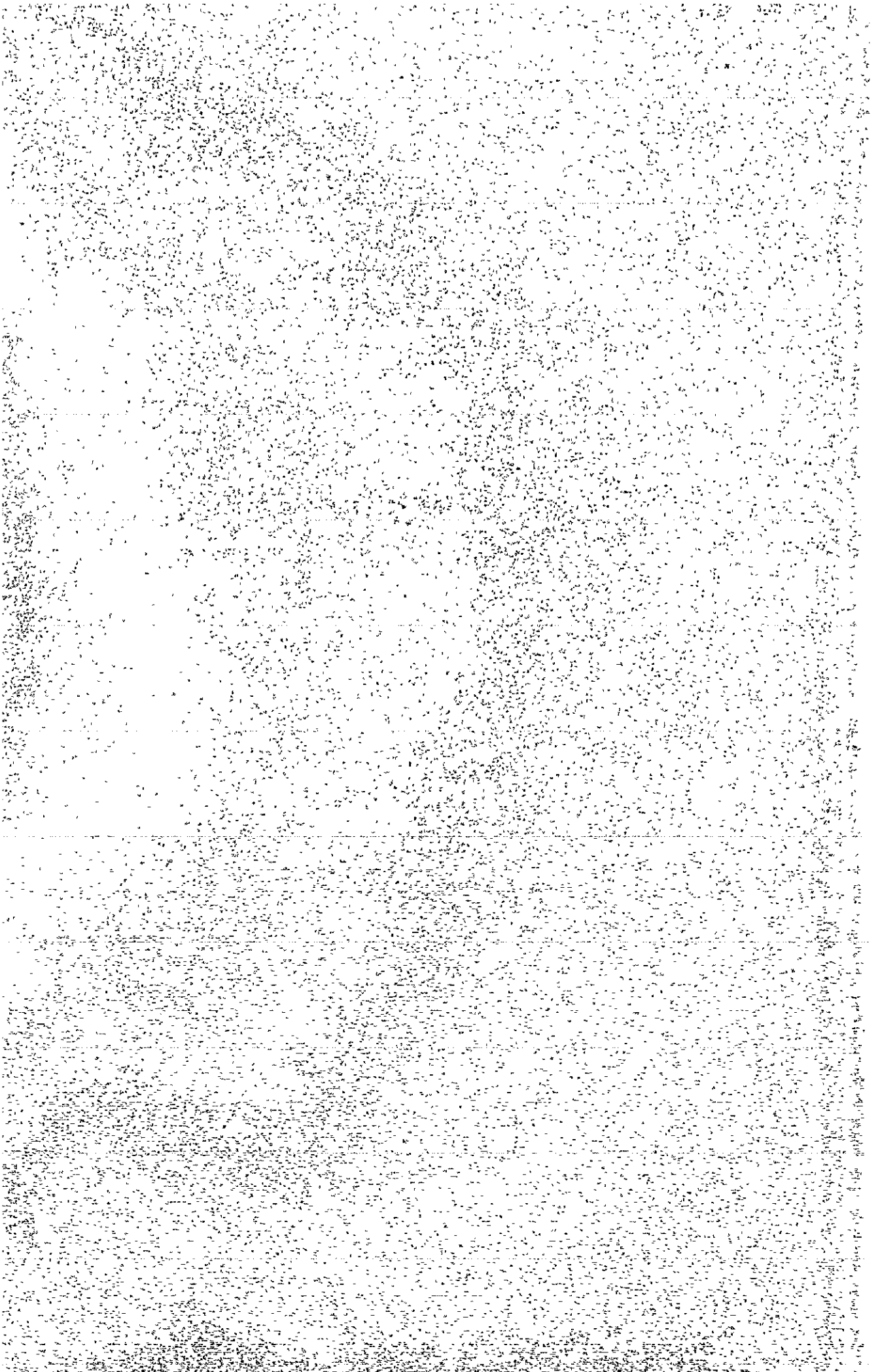
今回の地震災害に対しても、大統領の緊急事態の布告と共に、中央災害対策本部が設置され、これを中心に災害応急対策が迅速かつ機動的に実施され効果をあげている。これについて、ルーマニア共産党は、「国の指導力と、職員及び労働者の責任ある行動と、人民の協力とによる成果である。」と評価している。

図 9.2 ルーマニア社会主義共和国の行政組織



## 第10章

### 1977年3月4日の地震災害と災害応急対策の概要





## 第10章 1977年3月4日の地震災害と災害応急対策

### 10-1 地震災害の状況

#### 10-1-1 一般被害の状況

1977年3月4日に発生したルーマニア地震による一般被害は、つぎのとおりである。

① 死者	1,570人
② 負傷者	11,275人
③ 住宅の被害	33,900戸
④ 企業の被害	763棟
⑤ 家を失った者	35,000世帯
⑥ 被害総額	100億レイ（邦貨換算約2,500億円）

#### 10-1-2 地域別の被害状況

ルーマニアで、最も被害の大きかったのは、首都ブカレスト市、クライオバ市及びズイムニッツァ町である。

これらの被害都市は、いずれも震源地から遠く離れ（約130Km～約260Km）でいるところである。又、建物の倒壊等の災害が集中したのは、3都市とも中小河川の河沿いの地域または旧河川敷跡地等比較的地盤の不安定なところである。

各都市の主な被害状況は、つぎのとおりである。

##### (1) ブカレスト市の被害状況

首都ブカレスト市は、人口159万人、面積343Km<sup>2</sup>の大きな都市である。

ブカレスト市は、旧市街地（約30Km<sup>2</sup>）を中心に、近年になって急激にドウナツ型に発展したところで、住宅地（約148Km<sup>2</sup>）及び郊外地（約165Km<sup>2</sup>）に区分され、中心街には、官庁、学校、美術館、デパート、商店等古いレンガ造りの建物が連たんし、住宅地及び郊外地の12のニュータウンには、11階から14階建てのピロティ方式によるアパートが建てられている。

今回の地震で被害の大きかったのは、市の中心である旧市街地で、ここでは、倒壊した建物は少なかったが50年から80年も経過した古い建物の大半が使用不能となる程の大きな被害をうけている。（図10.2参照）

震源地から約160Km離れている首都ブカレスト市における主な被害状況は、つぎのとおりである。

① 死者	1,415人（全被害の90.1%）
② 負傷者	7,576人（" 67.2%）
③ 住宅の被害	20,000戸（" 60.8%）
④ 企業の被害	177棟（" 23.2%）

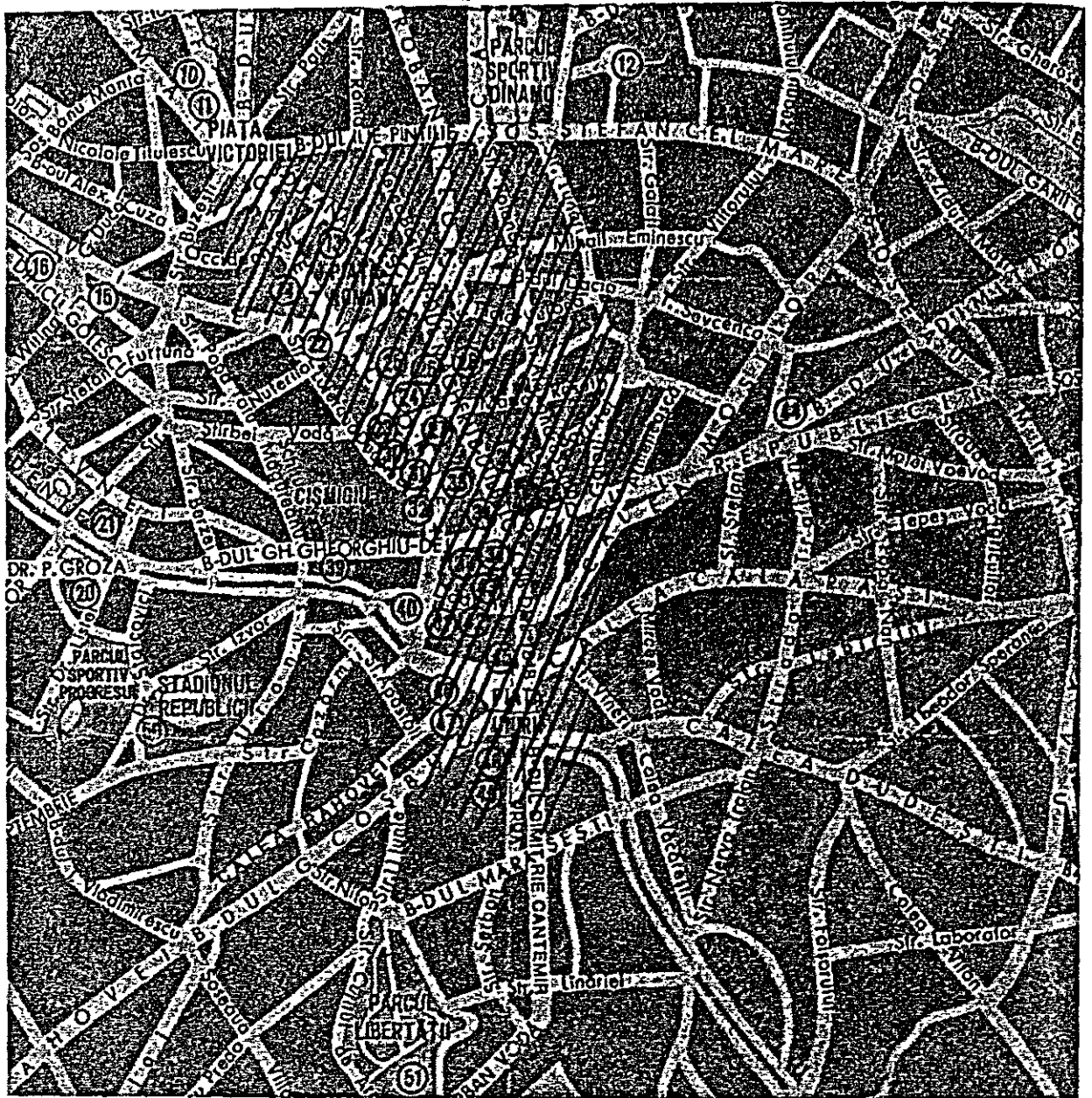


図 10.1 ブカレスト市の被災地域

⑤ 店舗の被害	1,200棟
⑥ 託児所, 小・中学校の被害	257校
⑦ 病院の被害	47棟
⑧ 文化施設の被害	181棟
⑨ 被害総額	80億レイ (邦貨換算約2,000億円)

なお、地盤亀裂が生じなかったため、電気、ガス、水道及び通信施設で若干の被害があったものの道路、高速道路、橋梁等の土木施設及び鉄道、市電、トロリーバス等の交通施設の被害は、殆んどなかった。

(2) クライオバ市の被害状況

震源地から約270Km離れたクライオバ市は、ダニューブ川に注ぐジニュー川の右岸にある人口約20万人の古都を思わせる美しい都市である。又、クライオバ市は、ドルヂイ県の中心都市であり、交通の要所となっているほか、政治、経済、教育、文化等の地方中枢機能が集まっているところである。

ここでは、今回の地震で住宅の倒壊500戸、死者50人等の被害を受けたほか、学校、市役所等の建築物も相当の被害を受けたのである。

なかでも市西部のジニュー川の河沿いの地域の住宅地に被害が集中しており、この地区では、古い煉瓦造りの1、2階建て住宅の約85%が倒壊され、瓦礫の山と化し、地震の瞬間地鳴りと共に多くの住宅が倒壊し、50人の市民が圧死したと言われているが、その他の地区では、地盤が安定していたこともあって、建築物に亀裂が生じた程度の被害しかでなかったのである。

なお、クライオバ市の地盤及び地形の断面からみた被害分布は、図10.2のとおりである。

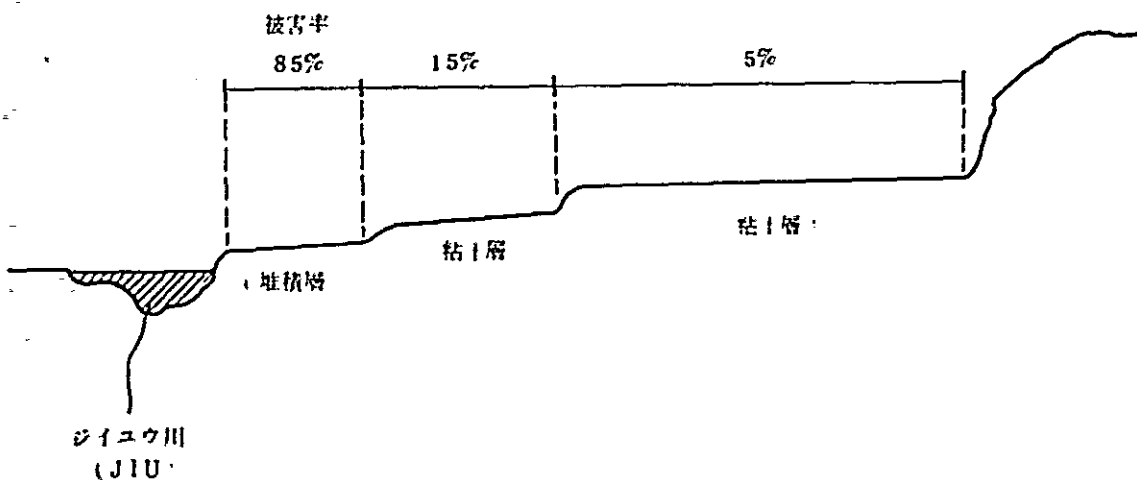


図10.2 クライオバ市の被害分布

### (3) ズイムニツア町の被害状況

ズイムニツア町は、首都ブカレスト市から南に約100 Kmのダニューブ川沿いにある人口15,000人の古い美しい町であり、ブルガリアとの国境地帯の要として重要な役割を果たしているところである。

この町は、震源地から約260 Kmも離れているが、今回の地震では死者5人、負傷者62人、住宅の倒壊壊2,552戸、家を失った者2,332世帯等の大きな被害をうけ、町のほぼ80%が破壊されたのである。

又、学校、病院等の公共的施設も相当大きな被害をうけ、井戸水も枯れてしまうなど壊滅的な打撃をうけている。

このように、震源地から遠距離にあるズイムニツア町で大きな被害が発生したのは、

- ① ダニューブ川河沿いに発展した町であるため、地盤が不安定であったこと。
- ② 約50年から80年を経過した古い煉瓦造の平家住宅が多かったこと等のためである。

## 10-2 災害応急対策の概況

### 10-2-1 地震発生時の模様

今回のルーマニア地震は、3月4日21時22分（現地時間）に大きな地鳴りとともに起り最初は衝撃的な上下動、ついで南北水平動、東西水平動の順で約5.4秒にわたって揺れた模様である。

「地震の前は風も止まり非常に静かであったが、地震と同時にゴォーという大きな地鳴りが起り風が吹いて騒然となった。」とブカレスト市の一市民は語ってくれた。

そして、「地震の瞬間停電のため暗黒の街と化し、建物等の破壊音とともにほこりが一面に舞い上がり、空は曇ったような状態となった。」と言う。

又、「家の中は地震発生後暫らくして壁の亀裂、倒壊が始り（水平動に入ってからと推定される。）、本棚家具類等が部屋の中央に向かって倒れ、電燈は回転しながら大きく揺れて天井に激突破裂し、棚の上の物が落下し窓ガラスも一部破損してほこりが舞い上がった。」と当時の模様を説明してくれたのである。

ブカレスト市民の話を総合すると、地震と同時に、住民は仰天し、揺れが止まるのをまって何も持たずに暗闇の路上に飛び出し、自家用車のある者は一斉に車で逃げ出したと推測することができる。

そのため、多くの交通事故が発生し、街々は混乱し、さらに多くのデマが流れ混乱はさらに大きくなったとみられる。

又、街区間では至るところで水とガスが吹き出し、惨憺たる情景を呈したが幸い火災はボヤ程度のもので3件発生したのみで、大事にいたらなかった。

地震後約2時間を経過した23時30分頃に軍隊が出動し街区単位で交通規制を行い、家に帰るよう呼びかけたため混乱は一応治まったが、放心状態となった市民、負傷した市民、家を失った市民等路上にたたずむ者が多く、これらの人々は、夜明けまで右往左往しており、平静にもどったのが翌5日の昼近くであったと推察される。

#### 10-2-2 災害対策本部の設置

地震と同時に国民生活に直結する電気、ガス、水道等の各公団及び生産企業等では、当直していた職員及び労働者が活動を開始し、政府の幹部職員が登庁を始めている。

電力省、エネルギー省ガス公団及び保健省では、地震後1時間を経過した22時30分には各省大臣及び各公団総裁を長とする「災害対策本部」を設置し、救護活動を開始している。

しかし、今回の地震による被害が次第に大きくなってきたため、翌5日8時15分に大統領の「非常事態宣言」と「戒厳令」が発せられ、同時に大統領夫人を長とする「中央災害対策本部」がルーマニア共産党常任事務局内に設置され、災害応急対策が開始されたのである。

公表された大統領布告の骨子は、

- ① 国民は、平静を保て。
- ② 国民は、一体となって復旧に努めよ。
- ③ 関係各省は、直ちに必要な措置をとれ。

という内容のものである。

以後、中央災害対策本部は関係各省を総動員し、災害情報の収集を行うなど災害処理業務の最高機関として活動している。

又、中央災害対策本部設置と同時に各省、各公団でもそれぞれ災害対策本部を設置し、フカレスト市をはじめ被災市町村でもそれぞれ災害対策本部を設置して、中央災害対策本部の決定どおり迅速に各種の対策を実施している。

なお、災害応急対策及び復旧対策は、すべて中央災害対策本部の指示どおり各省及び各公団の災害対策本部で実施しており、市町村の災害対策本部は被災者の確認と中央災害対策本部で決定された被災者に対する見舞金品の支給事務を行っている。

#### 10-2-3 主な災害応急対策の概要

ルーマニア地震で被災した国民に対して具体的な災害応急対策が実施されたのは、地震発生後約11時間余を経過した3月5日8時30分頃からである。

災害応急対策は、中央災害対策本部の指示に基づき、関係者及びその下部機関の災害対策本部が実施している。

実施された主な災害応急対策の概要は、次のとおりである。

##### (1) 死亡者対策

今回の地震で死亡した者は、全国で1,570人である。このうち死者の最も多かったのが首都ブカレスト市で全死亡者の90.1%にあたる1,415人がここに集中しており、ついでクラ

イオバ市の50人、ズィムニツァ町の5人その他の被災都市で1,000人となっている。

これら地震による死亡者は、そのほとんどが住宅等建築物の倒壊による圧死者である。

本格的に行方不明者の捜索が開始されたのは、地震後11時間を経過した3月5日8時30分頃からで、ルーマニア政府軍警察官及び動員された学生、労働者等（親衛隊）がこの捜索及び救出活動に従事している。

しかし、鉄骨煉瓦造の中、低層住宅がパンケーキ型に倒壊したため、煉瓦の山の中から死者及び負傷者を救出することは非常に困難を極め、また、ブルトーザー、パワーショベル等の機動力不足もあって、全行方不明者の捜索が完了するまで7日間もかかっており、4日間も瓦礫の山の中でじっと救出を待っていた負傷者もいた程である。

発見された死亡者については、その都度死体収容所に収容し、死亡確認を行った後遺族に引き渡されているが葬儀、埋葬（土葬）及び墓地墓石の提供等はすべて国の経費で葬式公団が行っている。

なお、死亡者に対しては、弔慰金等の支給は、行われていない。

## (2) 負傷者対策

今回の地震で負傷した者は、全国で11,275人である。このうち、負傷者の最も多かったのが首都ブカレスト市で、全負傷者の67.2%にあたる7,576人がここに集中している。

負傷者のうち、手当後帰宅させた軽傷者は、8,906人であり、入院させた重傷者は2,369人（うちブカレスト市1,500人）である。

保健省及び医療公団等その下部機関が実施した負傷者対策の概要は、次のとおりである。

- ① 政府軍及び医療公団中央救急センター所属の救急車200台、ブカレスト市内の無線タクシー300台及び被災していない地方都市の無線タクシー50台の計550台がブカレスト市に動員され、緊急車輛の表示をうけて負傷者を病院に収容した。
- ② 医師、医学生、看護婦等を動員して、負傷者の手当にあたらせた。
- ③ 病院の総点検を行って空ベット数を把握し、負傷者の収容先を無線タクシーの無線で指示した。
- ④ 負傷者を収容するため、ブカレスト市内の国立競技場にテント村を建設した。しかし伝染病院の空ベットが多くあったので、結果的には使用しなかった。

なお、ズィムニツァ町では、病院が倒壊したため、テント村を建設し、入院患者及び負傷者を収容している。

- ⑤ ラジオで、収容先別に収容された負傷者名を放送し、一般に周知した。
- ⑥ 負傷者が収容された病院には薬品、血液等を配付し、万全を期した。
- ⑦ 被災地域の地方医療施設に対して同じような措置をとるよう指示した。

負傷者の放出、救護活動が終了したのは地震後4日目の3月8日である。なお、調査日（3月19日）現在、まだ854人が入院していた。

### (3) 避難者対策

地震直後、かびえた市民が街々にあふれ非常に混乱したが、軍隊が出動（3月4日23時30分頃）して街区単位の交通規制と自家用車の使用禁止したため、徐々に落ち着きを取りもどし3月5日の朝方頃には、やや混乱は治まり、正午頃には平穏になっている。

しかし、家を失った者や負傷者等約10万人は、1夜野宿した後、軍隊の指示で公園、広場等15箇所にて一時集結させられ、そこで家を失った者で地方に縁故者がいる者はそこに帰郷させ、負傷者は病院に収容する等の整理が行われている。

又、身寄りがなく住むところを失った者約4千人は、約50集団に分けられて、3月5日夕刻までに被災しなかった学校及び学生寮に収容されている。

その後住宅の総点検が進み、居住可能と診断された住宅、完成後入居していなかった空屋住宅等に順番に入居させ、3月28日までに家を失った者全員の入居を完了している。

### (4) 被災者対策

今回の地震で家を失った者は、35,000世帯である。このうち、全体の55.6%にあたる20,000世帯は、ブカレスト市の市民である。

これら、家を失った者のうちルーマニアの国籍がある者については、次のような救済措置を購じている。

#### ① アパートの支給

家を失った者に、1世帯あたり1戸のアパート（3LDK）を現物支給している。

なお、ルーマニアでは3LDKのアパート1戸の建築費要が約10万レイ（邦貨換算約250万円）である。

#### ② 家具の支給

家を失った者に、1世帯ごとにテレビ付家具一式を現物支給している。

#### ③ 衣類の支給

家を失った者に、洋服2着（男、女各1着）と下着類を現物支給している。

#### ④ 見舞金の支給

家を失った者に、当分の間の食費、生活費として1世帯あたり千レイ（邦貨換算約2万5千円）の見舞金を支給している。

又、家を失った者に対して支給された金品の総額は27億レイ（邦貨換算約675億円）となっているが、これらにあてられた財源は、国民からの救済金で賄われている。

なお、救済金は、毎月各人の賃金の3%相当額を政府に拠出する方法で集められている。

これは、国民の意思により、1978年3月まで向う1年間続けられることとなっており、救済金の総額は300億レイ（邦貨換算約7,500億円）に達するものとみられている。

## (5) 飲料水確保対策

ルーマニアでの飲料水は、都市は大部分が河川及び地下から取水された上水道施設により町村は主として井戸水により確保されているが、いずれも水質が悪く、飲料水に適さないので、上水公団の「水工場」でミネラルウォーターを製造し販売（ビールビン2本分で2レイナ貨換算約50円）している。

今回の地震で、首都ブカレスト市をはじめ、都市の上水道施設で地下埋設管のジョイント部分で125箇所が破壊される等の被害があったが、幸いにも「水工場」ではほとんど被害がなかったので、地震後も飲料水は十分確保されたのである。

保健省及び上水公団の災害対策本部が実施した飲料水確保対策の概要は、次のとおりである。

- ① 地震直後から職員及び労働者が参集し始め、3月4日22時には約200人が登庁したので、直ちに40チーム（1チーム4人から6人）を編成し、まず無線を使って被害状況の調査を開始した。
- ② 翌5日朝8時過ぎから上水道施設及び水工場の総点検、井戸水の水質検査等を実施するとともに倒壊された住宅等建築物周辺の元栓を止めて回った。  
止水作業が完了したのは、3月5日正午頃であった。
- ③ 上水道の水処理施設には予防措置として1.5mg/lの塩素を注入し、井戸にはクロロシンを投入した。
- ④ 上水道の水コントロール所を臨時に300箇所設置し、徹底的な塩素点検を実施して+常時の塩素含有量（0.05mg/l）の10倍にあたる0.5mg/lを確保した。
- ⑤ 上水と井戸水は絶対に飲まないようラジオで一般に周知した。
- ⑥ 被災していない上水道施設関係職員及び労働者600人を動員して、60チームの修理班（1チーム10人）を編成して3月6日から水道管の修理を行った。  
修理作業は10日間ですべて終了した。
- ⑦ 上水道施設による給水は、ブカレスト市の場合、3月5日の夜までに通常使用量（100万 $m^3$ /D）の60%を回復させ、3月6日夜には90%、3月7日夜にはほぼ100%確保することができた。
- ⑧ 給水の止まった家庭、職場等には、11日間毎日60台の道路清掃用散水車をフル回転して水を配給し生活用水を確保した。
- ⑨ 飲料水は水工場の生産を高め、11日間で400万本を配給し確保した。
- ⑩ 主な学校、病院及び学生寮には貯水槽があったので、地震後暫くの間は生活用水を給水しなかった。



## (6) 食料確保対策

ルーマニアでは、国民の食糧はすべて政府が調達し、必要に応じて国営店舗、国営スーパーマーケット、国営レストラン等に配給して、販売するシステムにより賄われている。

したがって、国民の主食、副食品、果実類等はルーマニア政府の「一般消費材生産調整評議会」及びその下部機関でその生産、輸入、出荷、販売の量的統制と価格統制が実施されている。

今回の地震では、電気及びガスが3日間供給されなかったため、食料を保存している冷蔵施設が全く使用できなかつたので、保存食料が腐敗する等の被害が出たのをはじめ、食料貯蔵庫も幾つか倒壊し、食料油等ビン詰品のビンが破損し流出する等の損害をうけたのである。

保健省及び一般消費材生産調整評議会の災害対策本部は、国民の食料確保対策に万全を期するため、次のような対策を実施している。

- ① 保健省職員及び労働者を中心に350人を動員して12グループ（1グループ2人から3人）を結成し、3月5日正午頃から、食料を保存している冷蔵施設及び貯蔵施設並びに商店、スーパーマーケット、レストラン等3,000箇所を対象に食料の総点検を実施した。
- ② 食料点検の結果、肉、チーズ、ミルク類等で腐敗の可能性のあるものはすべて投棄しその心配のないものには「点検済」の表示をして配給した。
- ③ 食料点検に丸2日を要し、すべて完了したのが3月7日の夕刻であった。
- ④ 3月8日から食料のコントロール業務を行ったが、食料の調達に時間がかかり平常にもどすのに15日間もかかった。
- ⑤ 避難した集団生活者に対しては、収容されている学校、学生寮等の近くの広場に食堂を建設し、3月5日の夜から無料で食事ができるようにした。  
食堂が混乱し、管理が難しくなった。
- ⑥ 家庭に帰った被災者には、食料の無料配給は行わなかったが、乳幼児家庭についてはミルクを無料で配布した。
- ⑦ 食料品は価格統制が行われているため、特に価格が上昇する現象は起らなかった。
- ⑧ 食料は、人民の協力により十分確保できた。

## (7) 予防医療対策

保健省及びその下部機関の災害対策本部は、3月5日から28日までの24日間に、次のような予防医療対策を実施している。

なお、調査日（4月19日）現在、被害の大きかったクライオバ市及びズイムニッツア町では、まだ流行病等の監視体制がとられていたが、幸いにも流行病は1件も発生していなかった。

- ① 国内の医師、看護婦等を動員して、3月5日から被災地の消毒を実施した。
- ② 地震後3日目頃から死臭がでてきたので、死体の発掘を急ぐかわらその周辺地域を

徹底的に消毒した。

- ④ ズイムニツア町のみ全町民に赤痢の予防ワクチンをピストル式注射器で注射した。  
又、10才未満の子供には、この地方の流行病（皮膚がただれるような病気）の発生を予防するため、カンマグローブリンを注射した。
- ⑤ チブス経験者と下痢をしている者をすべて隔離し、7日間にわたって検査した。
- ⑥ 少しでも病状を訴える者があれば、直ちに入院させ各種のテストを実施した。
- ⑦ 負傷者のうち茂手、茂足を必要とする者には、これを無料で交付した。
- ⑧ 負傷者のうち温泉治療を必要とする者には、これを無料で実施した。
- ⑨ 飲料水、食料及び病気について、ラジオ、新聞を主体として徹底的に広報した。

#### (8) 電力確保対策

ルーマニアの国内で消費する電力は1,200 MWでその90.7%を西部、中部及び中心部の3箇所の火力発電所で発電しており、水力による発電は僅か9.3%である。

今回の地震で大きな被害をうけたのは、中心部のブカレスト市にあるブカレスト火力発電所と中部のプロエステイ市にあるブラズ火力発電所である。この2つの火力発電所では、建築物等の附帯施設が破壊されたため、54タービンのうち4タービンが大きく損傷している。

又、電気ショートにより国内の全発電所がすでに一旦停止している。

このほか、山間部にある電柱が相当数倒壊し、配送電線が60箇所で切断され、8つの変電所で蓄電バッテリーの硫酸流出事故等があったのである。

これらの地震災害に対処するため、電力省及びその下部機関の災害対策本部は、次のような電力確保対策を実施している。

- ① 地震直後から当番職員により、破壊された火力発電所のタービンから油を抜き取る作業を行い、火災と爆発を未然に防止した。
- ② 電力省及びその下部機関は、3月5日8時頃災害対策本部を設置し、北部地域等被害がなかった地域の職員及び労働者を動員して、被害状況の把握、電力施設の総点検、電力省の被害対策等を実施した。
- ③ 地震と同時に国内はすべて停電したが、当番職員の迅速な行動と指導者及び労働者の自発的な支援活動により、被災していない地域と被災地域の一部には3月5日1時30分に送電を開始した。
- ④ 停電中、電力省は緊急用発電機により、ラジオ及び無線用電力を確保した。
- ⑤ 職員及び労働者600人を適宜分割して復旧チームを編成し、3月5日正午頃からダム施設及び電力施設の総点検と復旧作業を実施した。電力施設の総点検は短時間で終わったが、ダム施設の点検は5日間もかかった。
- ⑥ 倒壊家屋周辺には、電線を地上にはわせるなどの臨時的な電力網を形成したため比較的早く応急対策が終り、3日目頃から被災地にも点燈することができた。

⑦ その後、電力施設の本格的な復旧作業にとりかかったが、全施設が復旧するのは、早くても4月末になると思われる。

#### (9) ガス確保対策

ルーマニアでは、全国の都市と大きな町では天然ガスによる都市ガスを使用し、小さな町では天然ガスをボンベに装填して使用している。

又、国民の食生活は、パンと野菜とミネラルウォーターが大半でたまに肉を焼いて食べる程度であるため、日常生活ではあまり火を使用していないのでガスの使用量は少なくなっている。

今回の地震では、家庭内のガス管が破壊されたが供給管は全く被害がなく、又ガスボンベの爆発事故もなかったのである。

エネルギー省及びガス供給公団は、地震後2日目になって火災対策本部を設置し、次のような災害応急対策を実施している。

- ① 地震と同時に当番職員は、迅速に行動し、家庭用の低圧ガス網のガス供給を停止した。  
なお、病院用、企業用の2気圧ガス供給管の元栓は止めなかった。
- ② 地震と同時に各家庭、病院、企業ではそれぞれガスの元栓を止めたので爆発事故等は起らなかった。
- ③ ガス運輸公団は、ガスに強い臭いを付けた。
- ④ 日本から自動ガス探索機を緊急輸入した。
- ⑤ 倒壊された建物周辺のガスの元栓を止めて回った。
- ⑥ 災害をうけていない地域の職員及び労働者360人を動員して修理チーム180チーム(1チーム2人)を結成して、3月6日からガス管及びガス器具の総点検を開始した。
- ⑦ 点検の結果、使用不能のガス器具にはシールを貼って使用を禁止させた。
- ⑧ ラジオ、テレビ、新聞で「勝手にガス栓を開かないよう」くり返し周知した。
- ⑨ あらゆる点検で異状のないことが確認された地域から、ガスの供給を開始した。
- ⑩ 全地域でガスの供給が開始されたのは、3月16日の深夜であった。

#### 10-3 主な災害応急対策の時系列的検討

今回の地震に対して、中央災害対策本部及び各省災害対策本部が実施した主な災害応急対策を時間の経過に合わせて図示してみると、図10.1のとおりとなる。

この図からも判るよう、国民も行政機関も地震の翌朝までは混乱しており、すべての対策が軌道に乗り、本格的に実施されたのは地震後11時間余を経過した3月5日8時30分頃からであったと推測することができる。

又、被災者対策等主要な対策が中央災害対策本部で決定され、実施されたのは大統領が帰国してからであり、人によってはこの時点から諸対策が円滑に実施されたと見るむきもある。

#### 10-4 災害応急復旧の概要

ルーマニア地震で被害をうけた建物、企業及び生活に直結する電気、ガス、水道、通信施設などの災害応急復旧は、関係機関の努力により急ピッチで進められ電気、ガス、水道及び通信施設は、すべて復旧され平常時にもどっている。

しかし、倒壊された住宅、企業、店舗、学校、病院等の建物は、建てかえ工事及び補強工事が進められている最中であり、全部の復旧工事が完了するのは早くても今年一杯かかるであろうとのことであった。

最も大きな被害をうけた首都ブカレスト市の復旧状況（昭和52年3月末日現在）は、つぎのとおりである。

(1) アパート	4,000戸	修理、補強完成	(復旧率20%)
(2) 企業工場	154棟	復旧完了、操業開始	( " 20%)
(3) 店舗	190戸	修理補強完了、営業開始	( " 16%)
(4) 学校	232校	修理、補強完了、授業再開	( " 90%)
(5) 病院	6棟	修理、補強完了、診療再開	( " 13%)
(6) 文化施設	15棟	修理補強完成	( " 8%)

又、被害をうけた各省及び各公団の建物は、内務省及び国家警察本部庁舎は使用不能のため空屋となっていたが、その他の省及び公団は暫定的な補強工事をして使用している。

しかし、各省及び公団の建物は多くの亀裂が入るなどビルの耐久力が小さくなっているところから市の西南部に新たに官庁街を建設する計画が検討されている。

なお、首都ブカレスト市をはじめクライオバ市、ズイムニツァ町には、新たな都市計画が立案され、街づくりが行われており、ズイムニツァ町では、既に一部着工されている。

ルーマニア政府は、これらの復旧を実施するため、特に復興本部等の新しい組織はつくらず中央災害対策本部で行うこととしており同本部は復旧が完了するまで設置されることになっている。同本部が解散するのは来年の4月以降となるであろう。

図 10.1

主な災害応急対策の時間的経過

主な災害応急対策の項目	1977年 3月4日	3月5日	3月6日	3月7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日
(1) 軍隊・警察隊・消防隊出動	21:22	12:00							20:00																	
(2) 災害対策本部の設置		8:15			0:00									対策実施)												
(3) 死亡者対策		8:30							17:00																	
(4) 負傷者対策		0:00				17:00								治療)												
(5) 避難者対策		0:00 (収容)												集団生活)												17:00
(6) 被災者対策		12:00			0:00				見舞金・衣服支給			0:00							住居支給)							17:00
(7) 飲料水確保対策		給水停止)																								
		止水)																								
		8:00												17:00												
		12:00												17:00												
(8) 食料確保対策		12:00			点検)	20:00		8:00																		17:00
		18:00																								17:00
(9) 予防医療対策		8:30																								17:00
(10) 電力確保対策		停電)																								
		1:30			一部送電)	0:00																				
						0:00																				
(11) ガス確保対策																										
						供給停止)																				
						0:00																				
(参考)																										
○放送		(停止)			ラジオのみ放送)	12:00																				
○電信・電話					不通)																					
○交通機関					(混乱・流言飛語)	24:00																				
					(混乱期)																					

注) 数字は時間を示す。 →印は、調査日現在まだ対策が実施されているものである。



## 第 11 章

### ルーマニア地震の問題点及びその教訓





## 第11章 ルーマニア地震の問題点及びその教訓

### 11-1 ルーマニアにおける地震予知の課題

1975年にブランチア地方の稍深発地震の時系列に関する研究がルーマニア地震学者によって発表されたのであるが、その論文の内に「次の」大地震は近い、その発生の確率はすでにかなり大きいと考えられると警告している。

この警告がルーマニアの政府又は社会にどのような影響をあたえたか、あるいはあたえなかったかは我々には判断する材料がない。ただこのような時系列に基づく確率論的な意味での「予告」でも、ブランチア地方の地震のように再起時間のみじかい場合、つまり頻度の高い場合には、もし国の政策に適切にとり入れられるならば、大いに役立つであろう。

しかし、ルーマニアにとって真に必要なのは確率的でないつまり前兆現象にもとづいた予知である。地震学に於る常識的な考え方によると、巨大地震はより小さい地震にくらべて前兆のひろがりも又程度も大きいと考えられている。したがってマグニチュードも中位で、しかも約100km前後と云う深さの前兆をつかまえることは当然きわめて難しいと判断するのである。

日本にも米国にもこの種の地震の前兆をとらえた例はない、したがってルーマニアの地震予知研究は第一歩からはじめなければならない。しかしすでに大へん興味深い事実が知られている。すでに述べたことであるがブランチア地方には毎月150から200位の小地震が発生しているが、1977年の2月には小地震数は30位にへってしまったという。

これらの小地震の発生の時系列は統計的にしらべあげなければならないが、この変化はおそらく統計的に有意であろう。きわめて興味深い事実といわなければならない。

さらにもう一つの注目すべき現象がある。第11.1図にルーマニアの地殻上下変動のコントロールがmm/年間のスケールであたえてある。カルパチア山脈の一部は年間5mmも隆起する部分もある。又、同山脈のわん曲している問題の地域はやはり興味あるコントロールの形をしめして居り、年間1.5mmの隆起をしめしている部分と2mmの沈下をしめしている部分がある。

このような変動が連続的に行なわれたのかそれとも断続的に行なわれたかは、測量が断続的に行なわれているからわからない。しかしカルパチア山脈の北部及西部の隆起、ならびにワラキヤ地方の沈降などは連続的に行なわれているのかもしれない。

だが日本等における地殻変動の状況から考えてブランチア地方の隆起は連続的ではない。つまり地震の前後に特殊な挙動をしめすと考がえてもよいのではないかと思われる。

いづれにしても図11.1のような結果が得られていることは、測量の繰り返し及び地殻変動連続観測等いづれも日本その他で有力な研究手段としてみとめられているがこの国の稍深発地震の予知のためにも役立つのではないかと考える有力な根拠である。

ルーマニアにとって地震予知はもっとも重大な問題のひとつと考えられる。そのための具体的な考えは第12章の2で述べることにする。

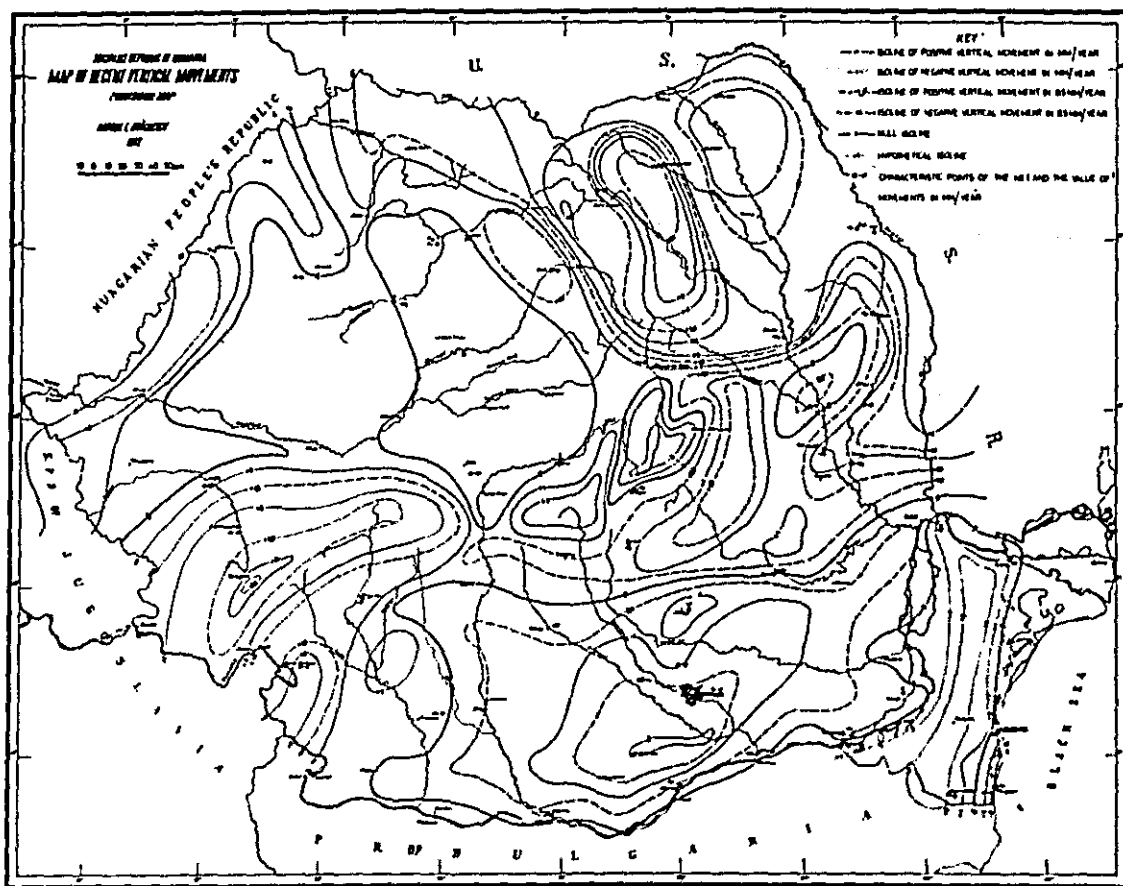


図 1 1. 1 ルーマニヤにおける最近の地殻上下変動図

11-2 ルーマニヤにおける地震研究の問題点

この報告の地震学的な部分の殆どすべての材料はルーマニヤの地震学者によってととのえてもらったものである。それだけを見てもルーマニヤの地震学が高いレベルにあることがわかるであろう。

しかし観測網の状態、震源決定に関する作業等すべてが今のままでよいとも考えられない。さらに色々つけ加えるべき地球物理的諸観測もあれば、又人員の増加も必要であろうとも思われる。元来地震の研究はそう巨大な組織を必要とするわけではない。大きいと言ってもせいぜい中位であって、もっとずっと小さい規模から研究をすすめても適切な方策を用いれば、この国の地震学はさらに急速に進歩するであろう。

この国の地震発生はきわめて特徴をもっており、地震学の本質に関する極めて重要な研究に大変良い材料を提供している。ルーマニヤが世界有数の地震研究国として知られるようになることは決して夢ではない。むしろ極めてあり得ることである。

又この国にとって地震予知は日本よりもっと必要度が高いといってもいいすぎでない。予知の研究と実施をすすめるためには、研究上特別な対応をしなければならぬ。

以上の2点に考えをおいて、この国の地震観測又は地震研究はどの改善さるべきか論じたい

と思う。

まず、一般的な部分から始めることにする。

(1) この国の地震学ではコンピューターを利用することが少いようである。一番問題なのはコンピューターによる震源決定が行なわれていないことであろう。震源決定は地震学にとってもっとも基礎的な作業であって、このプロセスが国外で行なわれるのは望ましい状況ではない。

震源を決定しないことは、同時に自然地震のデータを用いての地殻構造（地震波速度による。）にも無関心であり、又当然構造の決定も行なわれていないことになる。

又震源決定以外にも地震学のデータ解析ではコンピューターがなくては出来ない研究題目が多いことに注意すべきであろう。今日、純粹の理論及び実験を除いた地震学研究の大多数はコンピューターを使用している。

(2) 観測網の整備が必要である。ここにいう観測網とは地震観測所の集合をいうのであって、話を地震観測にかぎる。まず第一に必要なことは水晶時計による Time Mark を用いるべきである。この国では目下の所水晶時計により刻時されている観測所は3箇所しかなく、その内の2箇所は天文台の時計を用いている。若し  $10^{-9}$  クラスの時計を用いるならば較正は1年1回でよい。それより安価な  $10^{-6}$  クラスで1日から2日に1回較正をすれば十分な精度が得られるであろう。

観測はドラム式レコーダーを用いているから時計の表示は不要でありそれだけ時計の価格は低くなる。ブランチア地方に発生する稍深発地震を研究するためには現在の地震観測所の分布はかたよっているというべきである。トランシルバニア地方にも何箇所かの観測所をつけ加える必要があるであろう。日本での密度と引きくらべるとするとルーマニア全土に数十から百個所以上の観測点をおけば、日本とほぼ同じになるであろう。ここに「点」と書いたのは日本の場合はテレメーターによりいくつかのセンターにまとめられているからである。

又ルーマニアの場合地震計の種類をなるべく統一化する必要がある。しかしいづれにしてもルーマニア全土に20箇位の観測所が適当に分布し、そのすべてに水晶時計が配備されれば第一段階の進歩はすんだと考えてよいであろう。

第一段の進歩が行なわれたらテレメーターを順次計画するのがよいであろう。

以上の2点は地震学にとってもっとも基本的な要請である。しかし地震学の進歩と地震予知の研究並に実現のために欠くべからざることがひとつある。

この国の地震学者は狭義に考えると10人位しかいない。これでは少なすぎる。そのうえ年齢構成がかたよっている。30才前後又はもっと若い人が少くともあと10人位は必要であろう。この国の物探専門家は500人もいるのであるから10人位の若い地震学者を求めるとは人材といういみからは容易なことであろう。2人か3人ずつ数年かゝって増員すれば増員のためのショックは避られるに違いない。

以上の条件が満たされたら予知研究がスタートラインについたと考えてよい。予知研究のためにはさらにそれ以上の観測施設が入要である。

(1) 地震予知の長期的前兆をとらえるためには測地測量の繰り返しがもっとも有力な手段である。このことは日本等ですでに経験されている。水準測量の繰り返し及びレーザー測距儀による測距の繰り返しが必要である。ルーマニヤの場合はさしあたり対象はブランチア地方にかぎられているから、作業量は日本の場合よりよほど少いであろう。2年から3年に1回の割合で繰り返しが行なわれることが望ましい。

(2) 地殻変動連続観測のNet workももつべきである。これもさしあたってはブランチア地方を目的とする。用いるべき測器は伸縮計、傾斜計（水管及びボア－ホール式）及びボア－ホール式容積変化計等である。観測所は一度に多数つくらず、まづ1箇所つくり測器の設置のノウハウにつき十分な経験を蓄積しながら進むべきであろう。最終的にはブランチア地方及びトランシルバニヤ地区（ブランチア地方のむこう側）に数箇所から十数箇所の観測所を置くことが望ましいと考えられる。

(3) 地震予知のためには上記の他、地球電磁氣的な観測、地球化学的な観測等が必要であり、それは地震学以外の地球物理学者及び地球化学者との協力を必要とする。又地質学者との協力も必要であろう。

各種測器類の進歩のためにエレクトロニックスの分野の専門家との密接な協力もさらに必要となる。

以上の各専門家間で地震予知に関する十分なディスカッションがたえず行なわれなければならない。

この報告についての地震学のデータのほとんどすべてはルーマニヤの専門家によって提供されたものである。ルーマニヤの専門家の協力について感謝の意を表したい。

### 11-3 ルーマニヤにおける建築技術の課題

#### 11-3-1 建築物の耐震設計法について

ルーマニヤにおける現行設計法については第4章に記述したように全般的にかなり高度なものとなっている。しかしながら、そこに規定されている地震荷重の大きさ、マイクロゾーニングにもとづく地震荷重の地域係数、経済性の追求等の事項を今回の震害状況、初めて得られた強震記録及び推定される地震危険度等にもとづいて考えてみた場合、その内容について再検討を要する問題も少なくないと思われる。

これらの問題については、調査団がルーマニヤに滞在した期間中に開かれた数回の検討会において意見交換が行われた。また、それらの検討事項の具体的な内容については本項の末尾に記したルーマニヤからの質問事項とそれに対する回答によってその概略を知ることができよう。

上記のような事項を考慮した場合、現行及び将来におけるルーマニヤ国の耐震設計法に対す

る見解は次のようなものとなる。

- (1) 耐震設計用荷重の慣用値はルーマニアにおいて予想される地震危険度を十分研究することにより合理的に定められよう。
- (2) マイクロゾーニングマップは地震危険度に関する知見が非常に限られたものであることから、あまり細分化すべきではない。又、地盤条件を考慮したマイクロゾーニングマップは実用的な意味で重要である。
- (3) 地盤スペクトルは各々の地盤条件に応じて設定されるべきである。このためにはかなり多数の強震記録が必要となる。このような資料が整備される以前においては安全側のスペクトルが用いられるべきである。
- (4) 鉄筋コンクリート柱の圧縮応力度に対する制限が設定されるべきである。固定荷重と積載荷重とによる圧縮応力度の上限値として、隅柱や側柱について約 $0.2 f_c$ 、中柱について約 $0.3 f_c$  ( $f_c$ とはコンクリート設計強度)程度とすることが望ましい。
- (5) 水平変形に対する制限が設定されるべきである。新形式の建物にみられた被害の大部分は非構造部材の被害である。それ故、この制限が地震被害を軽減するのに有効となる。限界値は非構造部材の変形性能と一致するものでなければならない。

非構造部材の変形性能に関する資料の蓄積が望まれる。

- (6) プレハブ部材に用いられた優れた管理による構造材料は近年の地震に対して優れた挙動を示している。現場打ちコンクリート部材のための品質管理はより耐震的な構造物を実現するのに重要な要素となる。

補 耐震構造物の設計に関するルーマニア政府からの質問と、それに対する回答<sup>22</sup>

(※ ( )内は訳者の補填部分である。)

- (1) 地震時において、柔構造は比較的小さな力しか受けないのに対して剛構造物は大きな力を受けるが、剛性がかなり低くなると2次的な付加効果の影響を受け易くなることは良く知られている。3月4日の地震の動的特性を考えた場合、種々の形式の構造物について、固有振動周期の値の関数として、どのような剛性評価が推奨されるか。

答 構造物の固有振動周期を地盤の卓越周期から離すことはどのような場合にも好ましいことである。

しかしながら、建築物を常時このような状態になるように設計することは不可能である。

建築物の変形と2次部材の損傷を防止するための適切な設計詳細をバランス良く評価する手法の整備を推奨したい。

この目的のために、次のような手続が必要となる。

- ① 地動スペクトルを蒐集、整備すること。
- ② 弾性水平変形の算定に用いる等価な静的水平力を設定すること。
- ③ 弾性水平変形の限界値を設定すること。

(2) 地震時に必要となる変形能力を考慮した場合、次のような1層のプレハブRC工場建物について、どのような構造設計計画がより適切であるかと考えるか。即ち、柱・梁接合部をヒンジにする場合及び剛接合にする場合。

⊗ 適切な設計さえ行われれば、どちらの設計によるものでも地震時において良く挙動するであろう。接合部を明快に、かつ安定した挙動を示すように設計することが肝要である。

(3) (例えば高さが異なる部分より成るような)立面上重要な幾何学的非対称性をもつ1層の工場建物の場合、その接合部に柱を2本設けて耐震上の接合部を考えるか。又は1本の柱のみとして一体とするか。どちらが適切であるかと考えるか。

⊗ それらの幾何学的非対称性を十分考慮した上で一体とすることの方が好ましいと考える。収縮等を考慮して、それらをお互いに切り離して設計する場合には、地震時における水平変形を考慮して適切なイクスパンションジョイントを設けることが必要である。

(4) プレハブ構造物における(柱・梁)接合部の形式を不完全なヒンジ又は抵抗する節点とした場合、それらの接合部の溶接部における地震時応力の挙動についてどう考えるか。

⊗ 接合部が正しく設計され、溶接が正確に行われれば設計された通りに挙動するであろう。特に、終局時においてはそのような挙動が期待できる筈である。

(5) 梁間の梁上に設計されたプレストレストコンクリートの床材より成る剛性の高い屋根を有する1層の工場建築の場合でも、桁行には剛性を高めるための梁をさらに設けることが必要であるかと考えるか。

⊗ 桁行方向の抵抗機構はプレストレスト床パネルによって成り立つので、剛性を高めるための梁は必要ではない。しかしながら、T型や断面をした床材の塑性域における挙動については(主としてフランジ部分が非常に薄いために)実験的又は理論的に検討されねばならない。

(6) 例えば、1層の工場建築における柱・梁間の接合部のように、プレハブコンクリート部材間の接合部は応力集中を考慮して設計すべきであると思われるが、どのような荷重を考えたらよいであろうか。

⊗ 柱と梁とがお互いに直接接合される場合には、例えば1.5から2.0程度の応力集中係数で修正された応力を用いれば、それらの接合部を安全に設計できる。しかしながら床スラブ間の接合部はそれらの床によって支持されている長期荷重の50%に相当する荷重が中央の床パネルから隣の床パネルまで伝達されるように設計されるべきであろう。

(7) 慣用的な設計用応力に対し、実際の地震時応力はより大きなものとなる事実を考慮した場合、建物の各部一特に非常に異なる動的特性を有する相接する部分一がお互いに衝突することをさけるためには耐震ジョイントの巾をどのように適切に定めたらよいと考えるか。

⊗ 耐震ジョイントの巾は慣用的設計荷重(地重の想定加速度にほぼ相当する弾性限強度を確保するための荷重)に相当する弾性水平変形の約5倍から6倍以下に限られるべきである

う。

(8) 地震地域における建物の柱について、それらのエネルギー吸収能力、減衰性、コンクリート及び建物全体としての応力状態を適切な状態にとどめ、正常に機能するようにするための設計原則としては、どんなものが適切と考えるか。

⊗ 鉄筋コンクリート柱について良好な靱性を期待するためには、次のような基本的な事項を満足することが必要と思われる。

① 軸方向応力を例えば  $0.3 F_c$  以下と小さな値にとどめること。

② 柱のせい(D)に対するクリア高さ ( $h_o$ ) の比を非常に小さく、例えば  $h_o$  を  $2D$  以下にしないこと。

③ 柱におけるせん断補強筋の間隔を圧縮主筋の直径の8倍かつ  $10\text{ cm}$  以下とすること。

又、例えば  $0.2\%$  から  $0.1\%$  というようなウェブ筋比に対する適切な下限値を設けること。

④ 柱に例えば引張鉄筋比にして  $1.0\%$  以上というように多くの軸方向筋を用いないこと。

(9)  $1000\text{ kg/m}^2$  から  $2500\text{ kg/m}^2$  というような大きな積載荷重を伴う次のような連層の工場建築のうち、どれがよりよい耐震性を示すと考えるか。

① フレーム構造物

② 耐震壁による構造物

③ センターコアをもつ構造物

④ センターコアと外周コアをもつ構造物

⊗ どの方法でも問題はないただろう。ただし、経済性の点からは耐震壁による構造物が最も優れていると思われる。

(10) この3月4日の地震の特性を考慮したうえで、与えられた地震時応力下における建物の構造的挙動の検討ができるような設計計算法—例えば、非弾性域における構造的挙動の解析を可能にするような計算法を規定するとしたら、以下の強震記録の内のいずれを使用すべきだと考えるか。

エルセントロ

米国の標準加速度記録

タフト

1977年3月4日ブカレスト記録

⊗ 建設地点の地盤条件に類似な地盤条件をもつ地点で記録された、いくつかの強震による加速度記録を選ぶことが必要であろう。

この際、米国のものと同じように日本で得られた記録も参考となろう。

(11) 慣用的な等価静的外力に基づく耐震計算法から、地震によって構造物に生じる変位の解析にもとづく計算法(時系列応答解析法)へと(設計法が)変わる可能性についてどう考えるか。

㊦ 時系列解析法は塑性域における建造物の挙動を評価するための1つの有効な手法ではあるが、慣用的等価水平力にもとづく静的計算法の方がより信頼できることが少なくない。

㊧ 地震応力下における建造物の全挙動を考えた場合、実際の地震応力下の挙動を弾性域にとどめるための規定としてはどのようなものがあるか考えるか。

㊨ 建造物の耐用年限以内に数回おこる程度の中地震に対しては、弾性的挙動を確保することが必要であろう。日本では、中地震に相当する地動加速度を70ガルから80ガルを考えている。

㊩ 非弾性域における建造物の挙動についての解析によって種々の形状をした断面について確保されるべき必要な靱性がわかった時や靱性に関する規定を考慮した時、必要な靱性度を達成するためには、どのような実際的な設計手法が推奨できるか。

㊪ 十分な靱性を得るためには、せん断破壊をさけることが必要である。

巾のせまいウェブを有する梁や、壁厚の小さい耐震壁ではせん断破壊が生じ易いので特別な注意が必要である。

㊫ 次のような建造物が、地震によってもたらされる変形状態に対して満足に挙動するために、どの程度の靱性率を必要とすると考えるか。

フレーム建造物

耐震壁による建造物

センターコアをもつ建造物

二重のコアをもつ建造物

㊬ フレーム建造物、耐震壁による建造物、センターコアをもつ建造物、及び二重のコアをもつ建造物いずれの場合でも鉛直部材のシアスパン比が2以下の場合には、3以上の靱性率を得ることは困難であろう。

耐震壁を有する建造物の場合、靱性率は最大限、例えば2程度とひかえ目に仮定されるべきである。

㊭ フレーム建造物の組積造襖壁を撤去することは、その建造物によって吸収されるべき全地震エネルギー量をフレームが全て負担しなければならなくなり、フレームにとっては過荷重状態になると考えるか。このような場合、より大きな靱性率がそなえられるべきか。そうだとするとどの程度か。

㊮ 組積造の襖壁を撤去した場合、建造物の保有耐力は(低下して)その建造物の靱性率を増大させても十分ではないであろう。それ故、健全な組積壁を再び建設するか、又は、柱の両側に鉄筋コンクリート造のそで壁を増設することが好ましい。

㊯ 鉄筋コンクリート造せん断壁一特に初期の地震動によるせん断力によってひびわれの生じた建物の場合一エネルギー吸収能力をどのように評価したらよいか。

㊺ ひびわれの巾が約0.5mm未満の場合には、レボキン剤の注入が、そのせん断壁の耐震強



度の回復に有効なものとなる。ひびわれ巾がそれ以上の場合には、既存のコンクリート全部をはつきり落して新たにコンクリートを打設しなおすのが良い。

(7) 構造物が水平変形することによって4から6という全体的な非弾性変形を達成するためにそのフレームを構成する梁の曲げ断面に必要な靱性率の値はどの程度か。

⊗ 梁については、それらを入念に設計すれば4から5迄の靱性率は容易に達成されよう。構物全体としての靱性率の1/2程度と仮定してもよいと思われる。

(8) 動的に作用するせん断力をうける鉛直部材の補強に際して何か原則的事項があるか。

⊗ 8番目の答を参照されたい。

(9) 剛な地下構造物の場合、スウィングやローリング(ロッキング)によって地震力が減少する可能性についてどう考えるか。

⊗ 剛な地下部分と地下構造物の間におけるスウィングやローリングによる地震力の減少を期待することはできる。

しかし、(この効果の)定量的な評価は現段階では困難である。

(10) 特に多層建物の場合、それらの幾つかの弾性構造物を、地震時において周辺地盤とできる限り同調して挙動するように基礎のレベルで一体とすることを有効と考えるか。

⊗ 構造物を一体化するべく地下梁を設けることは常に望ましいことである。

(11) 基礎のレベルを下げた場合、地震力を低減してよいと考えるか。又、その程度は。

⊗ 基礎のレベルを下げた場合に地震力を低減することは合理的であると考えますが、その定量的評価については現在、研究段階にある。

(12) 直方体状の建物の場合、2つの方向についての加速度スペクトル間の違いは有害な結果をもたらし得るか。もしそうだとすれば、その影響はどのようにして実際の設計にとりいれることができるか。

⊗ 設計は2つの方向について別々になされるべきである。しかし、隅角部の柱の設計には特別な配慮が必要である。

(13) 長期間に亘る地震活動にあって特に短周期、短振幅という特性をもつ地震動に対する、せん断壁のエネルギー吸収能力をどう思うか。セメントの品質や補強筋比等の補強の原則事項のうち、どれが設計に考慮されるべきであると考えるか。

⊗ 例えば0.2%以上というような十分なせん断補強が施されている耐震壁の場合、くり返し作用するせん断力によるせん断応力度がコンクリートのせん断強度の50%以下であるならば、その保有耐力は低下しないと思われる。

(14) 貯水塔の設計において、それらが片持梁状の構造物であり、比較的小さなエネルギー吸収能力しかもたないことを考えた場合、どのような地震力が用いられるべきだと考えるか。

⊗ そのような構造物に対する(地動の)増幅率は曲げ型モデルの動的特性を考慮して決定されるべきである。

㊦ 基礎を有する柱によって支持された格納部分をもつサイロ構造物は適切な耐震構造物であると思うか。又、格納部分を基礎によって直接支持した方がより適切であるか。

㊧ サイロの形式はどちらでも設計できよう。

㊨ 1930年から1940年の間に建てられた9階から11階建てのアパート建築について将来に起こりうる地震に対して十分な耐震能力を与えるためにはどのような補強方法が有効であり、また3月4日の地震による柱の被害を補償するものは何か。

㊩ 最善の補強方法は有効でなVI組積壁を撤去し、被害を被った柱を補強すると同時に有効な鉄筋コンクリート造のせん断壁を設けることであろう。

㊪ 構造物全体として必要な靱性を考えた場合、耐震構造物にプレストレスコンクリート部材を用いることの可能性についてどう考えるか。

㊫ プレストレスコンクリート部材の靱性を得るためには、建築研究所で行われた研究の成果が、そのような部材の設計に対して良い指標となる。

㊬ 日本では靱性に富む鉄筋コンクリートフレームの鉄筋として破断時の伸びの小さい鋼材を用いることが許されているか否かを知りたい。(もし、許されているのなら)それらの鋼材の物理的、力学的性質と構造物の弾性設計や塑性設計に対する許容応力度を知りたい。

㊭ 日本の基準に関連する慣用値は概略下記のとおりである。

記号	最小降伏点強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	最小伸び率 (%)	許容応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	
			長期	短期
SR24	2400	24	1600	2400
SR30	3000	20	2000	3000
SD30	3000	18	2000	3000
SD35	3500	20	2200	3500
SD40	4000	18	2200	4000
溶接メッシュ (6φ)	5000以上	約5%	2000	3000
PS鋼材	約6000	約3~5%		

上記に示した最小伸び率の値は地震地域における構造物に用いるのに問題はないと考えられる。鋼材の伸び率の不足に起因する欠陥は実験上でも、経験上でも未だ認められていない。

### 11-3-2 被害建築物の補修対策について

今回の地震を罹災した建築物について実施されつつある補修対策は第5章3節に記したように、基本的には幾つかの問題点を含むものである。即ち、補修によってどの程度耐震安全性を改善するかという補修目標の設定、各補修工法に適した詳細の選定、及び補修効果を十分なものとするために必要な施工上の留意事項等については必ずしも明確な方針が設定されていない状態にある。従って次のような事項についての検討が必要となる。

(1) 耐震補修計画において目標とする耐震性能は定量的な形で推奨されるべきである。その

値は、将来設定されるであろう新しい設計用荷重と合理的な関連にあるべきだした、その値は、被害建物と無被害建物についての調査結果の分析によって設定することもできよう。

(2) 補修設計の効果は補修後の建物についての耐震強度の計算結果にもとづいて評価されるべきである。この場合（今回の地震による。）保有耐力の低下は適切に評価されねばならない。

(3) 補修効果は既存部分と補強に用いられる要素との間の接合部の詳細によって顕著な影響をうける。細心の設計と施工とが必要である。

(4) 補修設計に関する暫定的な規定を緊急にとりきめることが望ましい。

(5) 上記のような事項にもとづく効果的な補強の早期実施が困難な場合には、とりあえず暫定的な補修を行うにしても、それ以前に被害状況に関する詳細な資料をととのえた上で補修するものとし、そのような調査結果を検討のうえ、長期的な計画にもとづいて本格的な補修を再度行う等の処置も必要となろう。

### 11-3-3 建築物の被害とその教訓

建築物の被害については第5章に記したが、その被害原因を要約すれば次の通りである。

(1) 古い建物の大多数を占めるレンガ造及び補強レンガ造の建物については耐震設計が行われていなかった。特に、ブカレスト市内の大規模な補強レンガアパートは1940年の地震によって耐震性能が劣化したものが多かった。

(2) 耐震設計をされた建物でも、規定による設計地震力を大巾に上回る地震力を受けた。このため、主として強度の低い鉄筋コンクリート造のラーメン式建築物では内外装の大被害をうけたほか、施工不良による被害が顕著となった。このような被害状況をみる時、我が国への教訓として次のような事項が考えられる。

- (1) 長周期成分を初めとする地震荷重の再検討
- (2) 主体構造のみではなく、人命に危険をもたらす内外装の破壊防止の必要性
- (3) 施工不良の防止に対する対策
- (4) 既存建物の耐震診断の実施
- (5) 震後対策の推進

### 11-4 ルーマニアにおける土木施設の耐震化の課題

本節では主要な土木施設について耐震化の方策についてみてみることにする。

#### (1) ダム関係

コンクリートダムについては耐震上問題とすべき点は少ない。フィルダムでは法面勾配が1:1.5程度のももあり、日本における勾配1:2.5程度に比べて勾配が急である。これは耐震性を高めるためには腹付けなどによって勾配の緩和を図るか、或いは貯水の水位に管理上の制限を設けるなどの措置が必要とされよう。

## (2) 橋梁関係

橋については特に問題とすべき点はない。しかしながら、安全性のより一層の向上を図るためにあらゆる橋に落橋防止構造を付加することが望ましい(写真11-4.1参照)。

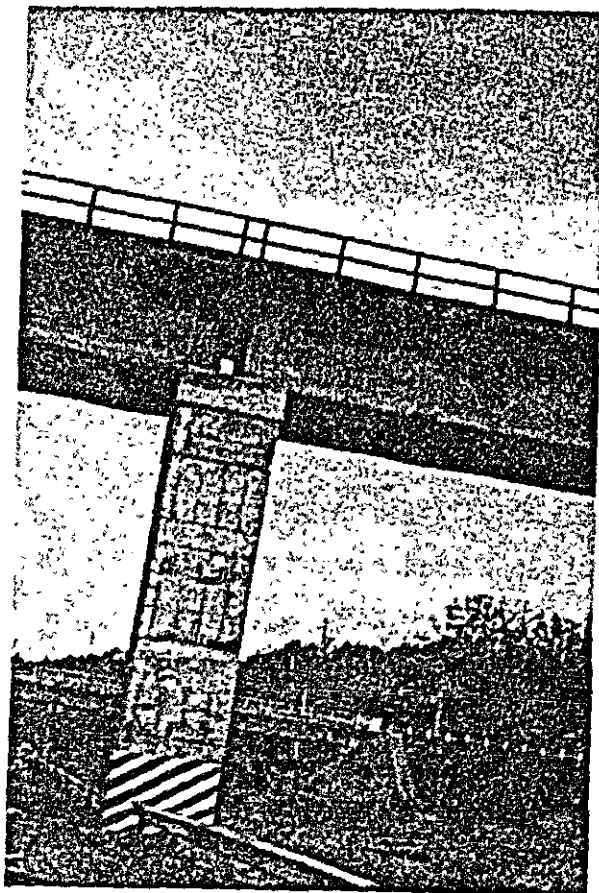


写真11-4.1 落橋防止構造を付けたらよいと思われる橋の一例

## (3) パイプライン関係

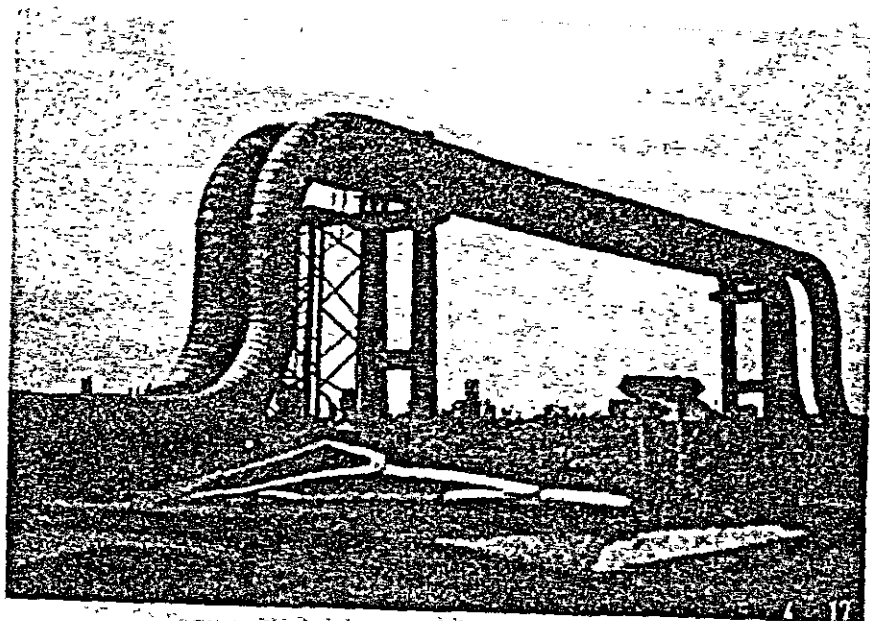


写真11-4.2 パイプラインの支持構造

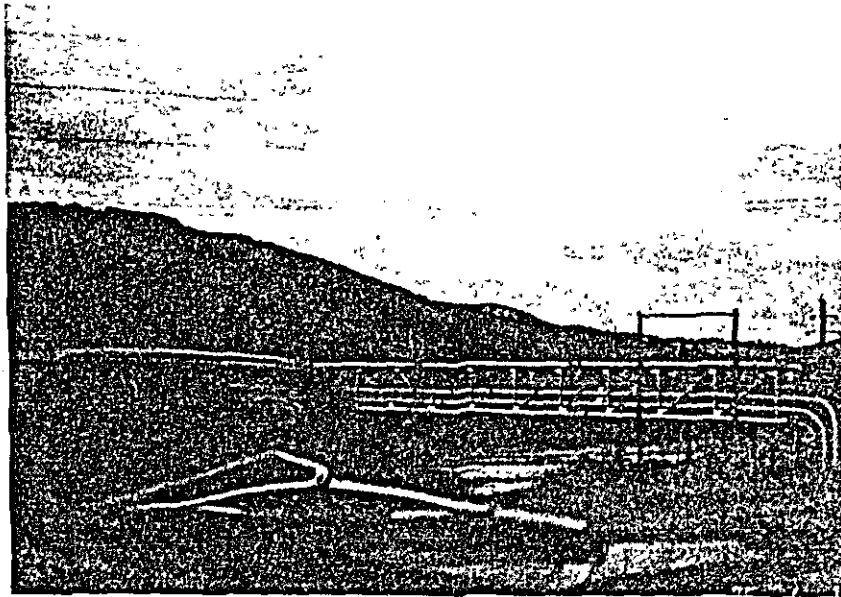


写真11-4.3 パイプライン用専用橋

パイプラインについては地上配管を見る限りでは、屈曲部等は可撓性をもたらすよう処置されており、特に問題とすべき点はない。

ただ水道管路に関しては、被害を受けた点を鑑みて、今後、継手部の接続方法については日本における基準等を参考にすると共に被害の経験を生じて改善を図ることが必要であると考えられる。

#### (4) 電力施設関係

火力発電所については、上屋の剛性を高めるとか、側壁と屋根トラスの結合を工夫するとか、屋根材の軽量化を図るなどの改善が必要であると考えられる。また変電用の機器の設置工法については日本の事例等に従って改善を図ることが望ましい。

以上個々の施設について課題を列挙してきたが、今回の地震で大きな被害を蒙らなかった各種の土木施設でも、起りがちなより強い地震を想定した場合、所要の耐力を有しているとはいえない。したがって下記の事項について、さらに調査研究を進め体験を積むことが望まれる。

- ① 構造物及び地盤における強震観測
- ② 地盤の工学的性質の調査法の確立
- ③ 実物による実験（例えばIPTANAによるPoclari橋の実験）
- ④ 部材又は模型による実験（INCERCにおける各種の実験）
- ⑤ 電子計算機による地震応答解析（ICH及びISPHにおける各種の計算）

これらの調査研究、体験をとおして、計画・調査・設計・検証の一貫したシステムをつくり、あわせて施工法・施工管理法・維持管理法等の向上を図り、全体として耐用年数を長く

し、耐震性の向上を図ることが望まれよう。

## 11-5 都市計画の課題

### 11-5-1 ブカレスト市の現況

ブカレスト市は、人口約159万人、面積343km<sup>2</sup>で東欧の小パリといわれる美しいルーマニアの首都であり、政治、経済、社会、文化の中心地である。

ブカレスト市からはコンスタンツァ、プロエスティ、クライヨーヅァ、オルテニッツァ、ティミシュワラ、ジュールジュ等の各都市へ放射状に幹線道路や鉄道が通じており、ブカレスト市は交通の要所でもある。

市内の交通機関はバスが主体を占め、路面電車、トロリーバスがさらに補完機関として利用されている。

市内の交通状態は朝夕のラッシュ時には相当混雑しているが、日中はあまり混雑していない。

しかし、市の外縁部に大規模な住宅用地を現在続々と建設中であることから、大量輸送機関の整備が必要とされ、現在地下鉄が工事中である。

ブカレスト市の都市計画担当者の話によると、ブカレスト市の道路の巾員は主要幹線で概ね35m(5m+25m+5m)であり、6車線道路として供用されているが、他都市に通ずる幹線は8車に拡巾し、主要交差点はアンダーパスの立体化を計画しているとのことである。現在の交差方式は平面交差方式であり、大きな交差点はロータリー方式が多い。

ブカレスト市の道路面積率は14%である。古い街区を保存している地域もあって市内に5600の通りがあり、狭いものも多い。

ブカレスト市の車の保有台数は現在215千台(ただし、トロリー、バスなど公共的なものを除く。)であり、1980年代には500千台にのぼると推計している。

公園、緑地についてであるが緑豊かなブカレスト市の市民1人当たりの緑地面積は12m<sup>2</sup>から14m<sup>2</sup>(郊外を含めると20m<sup>2</sup>)であり、東京の1.5m<sup>2</sup>/人、札幌の4.2m<sup>2</sup>/人に比べて緑地面積の多いことが分る。

今度の地震によりブカレスト市内で約2万戸の住宅が被害をうけたが、そのうち1万戸が復旧に時間を要するといわれている。

現在、ルーマニアでは住宅5箇年計画が進捗中であり、ブカレスト市の郊外部にも12の住宅団地群が相当数完成しており、引き続き事業が進められている。

ブカレスト市における昭和52年度の住宅建設戸数は40,000戸の予定であったが震災後45,000戸に目標を変更し、工事工程を繰り上げて4月中だけでも3,650戸のアパートを建設し、罹災者のために住居を確保する計画が進められていた。

### 11-5-2 都市計画

3月4日の地震によりブカレスト市の中心部にある政治、経済、社会、文化の諸機能を収容

する建物の大部分が著るしい被害を受けた。

ルーマニア政府はそのため政府機関等の施設を市の南西部に統合して建設する再開発計画を進めつつある。再開発計画によると建設予定の構造物は、メルカリ震度8.5のゾーニングを適用して、より高い設計震度で設計するよう計画されている。

この計画は、現在市内に散在している政府機関の合理的統合が主たる目的であるが、この地区は震災等に対しての広域避難地としての機能および広報、救援、復旧活動の拠点としての中枢機能も具備できるものと思われる。

又、市の各所に低層の古いレンガ造の住宅があるが、現在、鉄筋コンクリート造の高層化計画が検討されつつある。計画に際しては十分な空地を確保し、常時は公園や公共広場として利用し、緊急時には避難広場等の防災拠点として利用出来るようにするのが望ましい。

現在、増大する通勤需要に備えて、ブカレスト市の中心部南を東西方向に地下鉄工事（第1期計画1.7km）の建設が進められつつあるが（現在1km完成、被害なし）、地下鉄工事をひとつの軸線とし、市の南西部の再開発地区、低層住宅の高層化地区等の防災拠点地区を結ぶ共同溝を計画し、都市の中枢機能となる重要な都市供給施設を収容しその安全性を確保することも考えられる。

各都市に通ずる幹線放射街路等については、6車線から8車線に拡巾計画があるが、このような幹線街路を緊急時の避難道路に指定するとともに公共空地や緑地などを避難広場に指定し系統的且つ効率的な避難ができるよう計画し指導するのが良いと思われる。

震災後、ルーマニアではブカレスト市のみならず、クライオバ、ズムニツアの各都市でも都市計画の再検討が行われており、大被害をうけたにもかかわらず、貴重な経験を生かして、よりよい町作りを目指しての復興計画がハイビッチで進められていることを感じた。

#### 11-6 防災への教訓

ルーマニアは、1977年3月4日の地震発生後は、チャウシエスク大統領を中心に官民一本となって、災害応急対策及び応急復旧を迅速かつ機動的に実施し、すばらしい効果をあげてゐる。

そのため、二次的災害の発生が未然に防止され地震災害を最小限度に食い止めることが出来たのは、評価に値する。

とくに、火災が発生しなかったのは、不燃性の建築物であったことが大きな原因であると考えられるが、なかでも煤発火災の危険性のあるガスについてみると、

- (1) 地震と同時にガスの供給を停止したこと。
- (2) 工場などガスを大量に消費する機関にはすべて「ガス管理者」を設置していたこと。
- (3) その他の消費者もガスの危険性を十分承知しているので、自ら元栓をしめたこと。

などが徹底されていた成果であるといえる。

これらのことから総合的に判断して、私達「地震専門家グループ」は、ルーマニア政府に提出した調査レポートに、次のような意見を付け加えている。

「3月4日に発生した地震は、多くの建物や電力、水道、ガス等の公共施設を破壊した。

地震によって生じたこの状態のなかで、政府及び地方公共団体によって適切な処置がとられ、二次的災害が防止出来たことは、非常に評価できる。」

これらルーマニア地震に関して、ルーマニア政府及び中央災害対策本部がとった措置から判断して、地震時における幾つかの教訓を忘れてはならないと思う。

- (1) 地震直後の出動体制を十分検討しておくこと。
- (2) 二重、三重の情報網を整えておく必要があること。
- (3) 情報関係施設の耐震性を十分検討しておくこと。
- (4) ガスに対する管理意識及び応急処置の徹底を図ること。
- (5) マイカーの地震直後の行動規制を検討しておくこと。
- (6) 自衛隊、警察職員及び消防職員にも、地震直後のガス、電気、水道の応急修理方法を徹底させること。
- (7) テント、浄水機器をある程度防災機関で備蓄しておくこと。
- (8) パニック対策を十分検討すること。
- (9) 国が責任をもって建物の耐震測定を行い、危険なものについては、あらかじめ補強させること。

#### 11-7 地震についての科学技術の国際協力及び援助

地震に関する科学技術の国際協力及び援助には、一般的にみて災害直後の時期を主体とした比較的短期間の応急復旧等に関する技術援助と、地震後の復興の時期を主体とした長期間の技術援助と、日頃からの地震対策を推進するための学問的、技術的協力及び援助とが考えられる。

このうち、短期的な技術援助は、地震及び被害の地震学的並びに耐震工学的調査のための専門家の派遣、応急復旧用資材の供与、地震及び被害原因の調査機器の供与など、地震直後に必要される科学技術の国際協力及び援助である。

又、長期的な科学技術の国際協力及び援助は、専門家の長期派遣による復旧・復興計画の策定に関する指導及び実施への協力、建造物の耐震安全性に関する諸基準及び諸制度の策定に関する指導、復旧に必要な資材の援助、建設資材の生産施設の供与又は技術協力などからなり、いずれも多方面にわたり持続的に実施する必要がある。

つぎに、地震対策を推進するための学問的、技術的援助は、専門家の長期派遣または相手国の専門家の長期招聘により地震に関する学問及び技術協力、被災国の技術者の再教育などがあり、これも機会を与えて長期的に持続する必要がある。

今回のルーマニア地震に関する科学技術の国際協力及び援助等については、ルーマニア地震



調査専門家グループとして種々検討したところであるが、既に短期的科学技術援助は既に終わっているため、今後は、地震学及び地震工学に関する国際協力、援助に関して以下の諸事項を実施することが有効であるとの結論に達した。

(1) わが国の地震予知を推進するためには、国内外を問わずできるだけ多くの地震についての経験を集約する必要がある。

そのためにも、定まった地域に地震が発生するルーマニアにおいて、両国が共同して地震の観測や研究を行うことは、ルーマニアのみならず日本のためにも大いに利益となることである。したがって地震に関する地震学の専門家を継続的に派遣して、ルーマニアの地震及び地殻変動の観測への技術協力、地震予知研究を共同で行うことは非常に有益であること。

(2) 地震工学の専門家を継続的に長期派遣して、ルーマニアの土木建築構造物等の耐震安全性に関する諸基準、諸制度策定のための技術援助を行うこと。

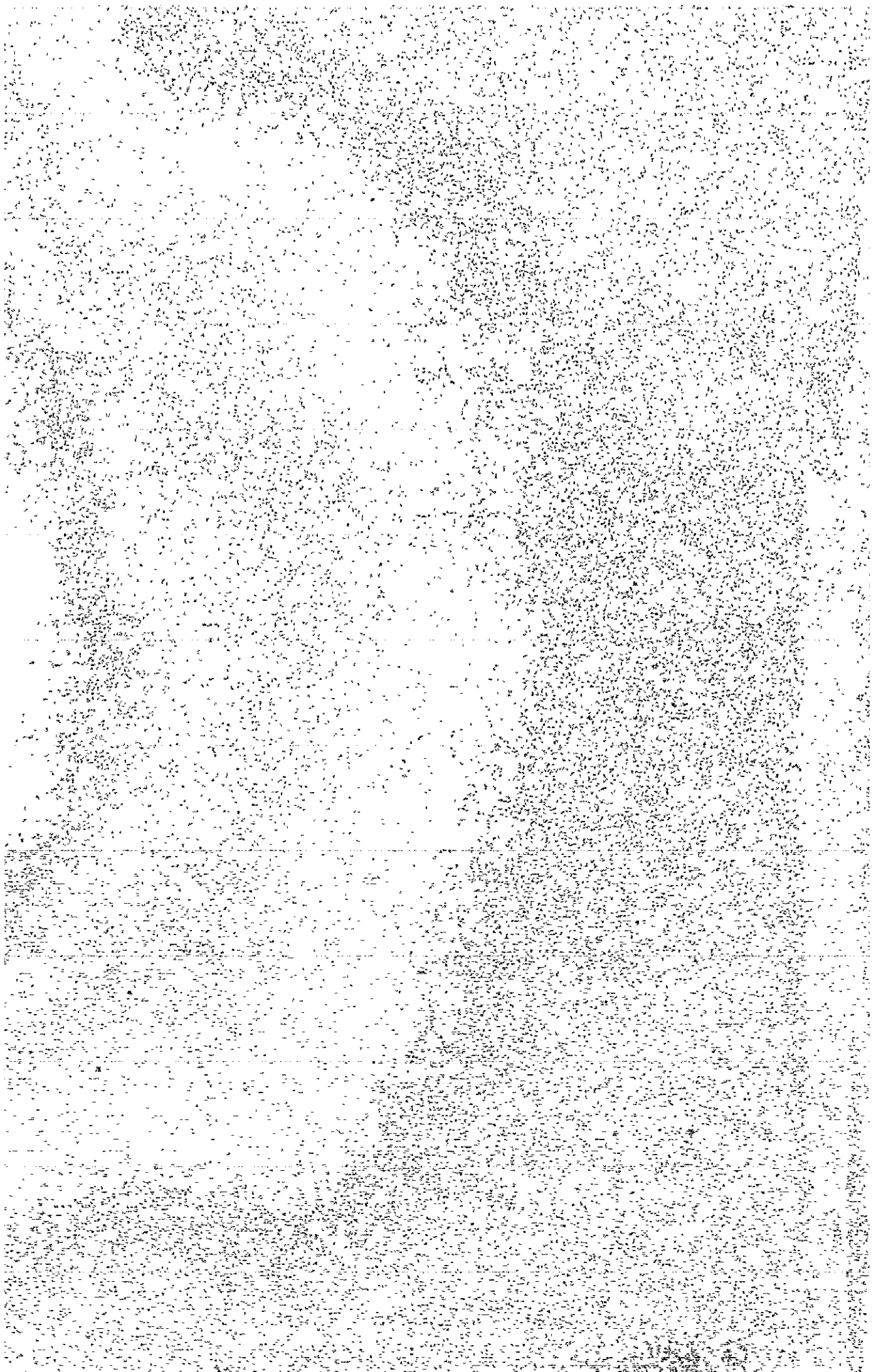
(3) ルーマニアの地震学及び地震工学の専門家の再教育を行うこと。

(4) ルーマニアで設置しようとしている「地震工学センター」に対して、積極的な援助、協力をを行うとともに、わが国で開発された地震計、強震計、起振機等の機器類を供与すること。



## 第12章

まとめ「ルーマニア政府に提出したレポート」



## 第12章 まとめ－「ルーマニア政府に提出した調査報告書」の内容

私達、ルーマニア地震調査専門家グループが調査した結果の概要は、以上のとおりである。これら、調査の結果については、全員で討議を重ね「1977年3月4日のルーマニア地震に関する報告書」を取りまとめ、4月25日にルーマニア政府に提出した。

その内容は、地震学関係、建築物関係、土木施設関係及び都市防災関係の4章から成り、それぞれの分野での提言を行ったものである。

その報告書の内容及び全文（英文）は、次のとおりである。

### 1977年3月4日のルーマニア地震に関する報告書

1977年4月25日

ルーマニア地震日本調査派遣団

#### § 1. 地震学関係

地震学関係について、次のとおり勧告する。

##### (1) 震源は自力で決定すること

現在は、海外の研究所に報告し、そこで決まった震源を使っている。これはこれでもよいが、自分の力で震源が決められないことは困る。そのためは、まずミニコン等も整備する必要がある。自力で震源決定を行うならば、精度を上げるためのプロセスで、種々の研究が行われることになり、又経験も蓄積されて行く。

##### (2) 観測網の整備

すべての観測所に水晶時計を置くべきである。そして時計の時刻の校正は、自動的に行われるようにすべきである（つまり、時計の時マークと放送の時マークを同時に記録紙の上に記録する。）

地震計の機種を統一化する必要がある。地震計の高感度を図るとともに、一部の観測所には低感度地震計を置く。

今まで、観測網が空白地帯であったトランシルバニア地方にも、何箇所かの観測所を設置しなければならぬ。

##### (3) 測地測量の繰り返し

水準量の繰り返しはすでに行われているが、光波測距儀による距離測量の繰り返しは特にブランチア地方において是非行うべきである。さし当り5年周期ではどうか。

##### (4) 地殻変動連続観測所の設置

伸縮計・傾針計（水管及びボアホール型）・容積変化計等を選択する観測所を適当な地域に

何箇所か設置すべきである。

#### (5) テレメータ化

将来は、地震観測網についても、地殻変動連続観測網についても、テレメータにより、中央に集中することが望ましい。

#### (6) 特に地震予知について

この国にとって、地震予知はどうしても必要である。そのためには、その目的の下に、組織を見直さなければならない。又、いわゆる地震学者以外の地球物理学者・地球化学者・地質学者との協力が必要であり、計測器の近代化のためにはエレクトロニクス分野の人々との協力も必要となろう。そして、それぞれの分野の人が地震予知を意識しなければならない。そのためにも、当面、各分野の研究者が集り、地震予知について学術的に討論するための場（セミナー等）を設定することが必要である。

特にこの国における地震学者の数が少ないため多様性の問題に対しては多くの弱点を有するので、境界分野の研究を推進する為には将来研究者の数の厚みを増すための努力がされるべきであろう。又、若い研究者の数の少ないことも地震学研究の将来について大きな問題を有するものと考えらる。

## § 2. 建築物関係

### 1. 設計手法

(1) 耐震設計用荷重の慣用値はルーマニアにおいて予想される地震危険度を十分研究することにより合理的に定められよう。

(2) マイクロゾーニングマップは地震危険度に関する知見が非常に限られたものであることから、あまり細分化すべきではない。又、地盤条件を考慮したマイクロゾーニングマップは実用的な意味で重要である。

(3) 地盤スペクトルは各々の地盤条件に応じて設定されるべきである。このためにはかなり多数の強震記録が必要となろう。このような資料が整備される以前においては安全側のスペクトルが用いられるべきである。

(4) 鉄筋コンクリート柱の圧縮応力変に対する制限が設定されるべきである。固定荷重と積載荷重とによる圧縮応力度の上限値として、隅柱や側柱について約  $0.2 F_c$ 、中柱について約  $0.3 F_c$ （ $F_c$  とはコンクリートの設計強度）程度とすることが望ましい。

(5) 水平変形に対する制限が設定されるべきである。新形式の建物にみられた被害の大部分は非構造部材の被害である。それ故、この制限が地震被害を軽減するのに有効となろう。限界値は非構造部材の変形性能と一致するものでなければならない。

非構造部材の変形性能に関する資料の蓄積が望まれる。

## 2. 建設方法

プレハブ部材に用いられた優れた管理による構造材料は近年の地震に対して優れた挙動を示している。現場打ちコンクリート部材のための品質管理はより耐震的な構造物を実現するのに重要な要素となろう。

## 3. 補強計画

- (1) 耐震補強計画において目標とする耐震性能は定量的な形で推奨されるべきである。その値は、将来設定されるであろう新しい設計用荷重と合理的な関連にあるべきだし、又、その値は、被害建物と無被害建物についての調査結果の分析によって設定することもできよう。
- (2) 補強設計の効果は補強後の建物についての耐震強度の計算結果にもとづいて評価されるべきである。この場合、(今回の地震による)保有耐力の低下は適切に評価されねばならない。
- (3) 補強効果は既存部分と補強に用いられる要素との間の接合部の詳細によって顕著な影響をうける。細心の設計と施工とが必要である。
- (4) 補強設計に関する暫定的な規定を緊急にとりきめることが望ましい。

## § 3. 橋、ダム、パイプライン及び発電所

1. 一般に標記の特殊な構造物の耐震設計は、地震工学上の立場からは、ほど良く行われているといえよう。これらの構造物に関係する技術者は、災害の経験に乏しいので、現在する構造物の耐力について強い関心をもっている。

1977年3月4日の地震の経験に鑑みて、耐震設計法及び耐震化のための実務細目を補完修正するよう提言したい。

橋及びダムの構造解析に関するルーマニアの技術者の知識は、土木工学の分野においては相当高い水準にあるものと考えられる。しかしながら、下記の事柄を実行し、解析結果の実証を推進することが望まれる。

- (1) 構造物及び近傍の地盤における強震観測
- (2) 地盤の調査
- (3) 実構造物、構造部材及びそれらの模型による実験的研究

2. 実施面においては、次の事柄を提言する。

- (1) 将来の地震に対して現存するダムの補強が必要とされよう。
- (2) 橋の建設に当っては、地盤条件の調査および橋の構造系に関する配慮が慎重になされることを望むものである。
- (3) 今回の地震による被害を分析することによって、地震に対するパイプラインの耐力向上のための実務細目を得ることができよう。
- (4) 又、今回の地震の経験から火力発電所の耐震性向上に関する規定と実務細目を得ること

ができよう。

#### § 4. 都市防災関係

3月4日に発生した地震は、多くの建物や、電力、水道、ガス等の公共施設を破壊した。

地震によって生じたこの状態をかき、政府及び地方公共団体によって適切な措置が取られ、二次的災害が防止出来たのは非常に評価できる。



TENTATIVE REPORT ON ROMANIAN EARTHQUAKE  
OF MARCH 4th 1977

April 25, 1977

Japanese Delegation for Romanian Earthquake

## CONTENTS

- & 1 Seismology
- & 2 Buildings
- & 3 Bridges, Dams, Pipe-lines and Power Plants
- & 4 Urban disaster prevention

## & 1 Seismology

### 1. Determination of foci.

In this country seismologists do not use the most advanced methods for determining the locations of hypocenters. However, the determination of foci is the most fundamental in seismology. Numerical determination of foci with a computer should be done by Romanian seismologists.

### 2. Seismological network

In order to make accurate determination of foci of earthquakes in Vrancea area, the number of seismographic stations equipped with quartz clocks should be increased. Time signals broadcasted by a central radio station should be recorded on seismic records, as well as time signals by quartz clocks.

It is also necessary to increase the sensitivity of seismometers, because detection of microearthquakes in Vrancea is fundamental for the study of earthquake prediction.

Study of seismicity of shallow-earthquakes all over Romania is also very important.

### 3. Geodetic works

Study of vertical movements in Romania is important. However, measurement of horizontal land deformation with optical distance meters (Telurometer, Geodimeter) is also important from the view-point of earthquake prediction.

### 4. Continuous observation of crustal movements.

Continue observation of crustal movements with strainmeters watertube tiltmeters, borehole tiltmeters and borehole dilatationmeters should be carried out in the near future. Networks of crustal deformation observatories is fundamental in order to study the occurrence of earthquakes in Vrancea area.

### 5. Telemetering

Telemetering of seismic signals from some of seismological stations may be quite helpful in determining a focus quickly.

## 6. Earthquake prediction

Predication of the earthquakes in Vrancea area will be possible in the future. It should be noticed that the time aeries of the occurrence of the Vrancea earthquakes had already been studied by Romanian scientists and that probability of occurrence of a big earthquake had already been warned by a Romanian seismologist.

For the above prediction, it will be necessary to provide adequate numbers of instruments, and to increase the number of seismologits as well as to consoldate the cooperation among seismologists, geophyaicists, geochemists and geologists.

## 7. Acknowledgement

We express hearty thanks to Romanian seismologists who have provided us with appropriate data.

## & 2 Buildings

### 1. Design Method

(1) Conventional Design Load for Earthquake may well be set up after careful investigation on seismic danger anticipated in Romania.

(2) Macrozonning map should not be so sophisticated, as we have only limited knowledge on seismic danger.

Microzonning map, taking into account soil condition will have important practical meaning.

(3) Ground motion spectrum should be provided corresponding to each soil condition. A considerable number of strong motion seismographs will be required for the above purpose. A conservative spectrum might be used before compiling these data.

(4) Limitation of compressive stress for columns should be provided. It is preferable that around  $0.2 F_c$  for corner and side columns and around  $0.3F_c$  for the other columns under live load and dead load are provided at maximum values ( $F_c$  = design strength of concrete).

(5) Limitation of horizontal drift should be provided. Most of damage to new type buildings is that of nonstructural elements. Then, the limitation will be effective to lessen earthquake damages. Value of the limitation should well be conform with deformability of nonstructural elements.

Accumulation of data concerning deformability of non-structural elements will be required.

### 2. Method of construction

Well controlled structural materials in prefabricated members behaved quite well against the recent earthquake. Quality control of insite concrete elements shall be effective to realise aseismic structures.

### 3. Consolidation projects

(1) Objective seismic performance for consolidation solutions should be guided quantitatively. The value shall be reasonably related with the prospective seismic design load and it may be set up by

analysing the investigated results on damaged and non-damaged buildings.

(2) Efficiency of consolidation shall be evaluated based on the computed horizontal capacity of buildings after the consolidation. In this case, deterioration of load bearing capacity shall properly be estimated.

(3) Consolidation effect may considerably be influenced by details of connections between existing members and elements used for consolidation. Careful design and execution works are required.

(4) Tentative provisions for consolidation solutions would preferably be developed urgently.

### & 3. Bridges, Dams, Pipe-Lines and Power Plants

1. Generally speaking, earthquake resistant design of these special structures are carried out very fairly in view of earthquake engineering. Engineers concerned with those pay strict attention on strengths of existing structures, because they believe that they do not have sufficient experiences on earthquake damage.

Through the experience of the earthquake of March 4th 1977, we would like to recommend that seismic design methods and related practices of the structures to earthquakes will be modified supplementarily.

Their knowledge concerning structural analyses of dams and bridges is recognized as fairly high level in civil engineering field. However we would like to propose that verification of analytical results should be promoted through carrying out followings,

- (1) strong earthquake motion observation for actual structures and the adjacent subgrounds,
- (2) survey on subgrounds, and
- (3) experimental studies on actual structures, structural elements and their models.

2. In view of practices we would like to recommend as follows,

- (1) existing dams will be required to reinforce to future earthquakes,
- (2) before construction of bridges, careful survey and consideration will be required to subground conditions and layout of structural systems respectively,
- (3) practices for pipe-lines to increase resistance to earthquakes will be required by employing analyses of the damage caused by the earthquake, and
- (4) codes and practices for power plants to increase resistance to earthquakes will be required by employing the experiences through the earthquake.

& 4. Urban disaster prevention

The earthquake which occurred on March, 4 destroyed many buildings and public facilities of electric power, water service and gas service.

In the terrible circumstances which were created by the earthquake, it is highly appraised that the secondary disaster has been prevented by the adequate steps taken by the National and Local governments.



○おわりに

日本政府が派遣した「ルーマニア地震調査専門家グループ」の調査報告書を、外務省欧亜局東欧二課及び経済協力局技術協力第一課並びに国際協力事業団派遣事業部派遣二課の御協力により、まとめることができた。

今後、本報告書があらゆる分野で活用されることを願うものである。

