

# ルーマニア地震の震害報告

Report on Rumanian Earthquake 1977, and Seismic Damages

久保 慶三郎\*

Keizaburo KUBO

## 1. 3月4日のルーマニア地震

1977年3月4日の19時22分頃、マグニチュード7.2の地震がルーマニア東南部を襲い、多くの死傷者が出、また住宅および公共施設が損傷した。震源位置は北緯45°8' 東経26°8'で、震源の深さは110kmと発表されている。

震央から160km離れた首都ブカレストでは、33のビルが倒壊し、約1万のビルが大被害を受け、建物の倒壊は震央距離300kmのクライオバ市まで及び、死者の数は1,600人と報告されている。ビルを再建するか、修理して再使用するかで、被害額の評価は変動するが、一般に発表されている被害額は邦貨に換算して、2,500億円といわれている。この額はルーマニア国の年間予算の3.4%に相当している。

電気は4～5時間停電したが、ガスは供給開始までには3日を要したし、テレビは放送局の事故のため3日間くらい放送できなかった。停電中はラジオも聴けなかったので、デマもいくらか飛んだようであるが、ラジオが聴けるようになってからはデマはなくなったようである。パニックを起こさせないためにも、地震直後の情報を伝達

することが非常に大切であることが、ルーマニア地震の一つの教訓でもある。

3月4日の地震の強さの分布は図1の実線で示すように、震源から西南部に広がる地域が強く震動し、北の方あるいは西の方では地震の強さが急激に減少していることがわかる。地震学者は、この傾向は発震機構にもとづいて起こった現象と解釈している。1940年の11月10日にマグニチュード7.4の地震が発生した。ブカレストでホテルが1軒倒壊したと報告されているが、多くのビルはかなりの被害を受けたようである。今回の地震で大被害を受けたビルを調査すると、1940年で修復した跡の明瞭なものが多く見られた。地震の強さの分布は1940年の地震と今回の地震とを比較すると、非常によく類似していることがわかる。なお図中の等震度線に7, 8, 9とあるのは、震度階をMSK震度階(修正メルカリ震度階とほぼ同一)で表したもので、わが国の気象庁の震度階で表現すると、近似的に言って7はⅣ(中震) 8はⅤ(強震) および9はⅥ(激震)の弱い部分に相当している。

過去のデータを調べてみると、ルーマニアにおいては破壊的地震は30～50年の周期で発生しており、わが国と

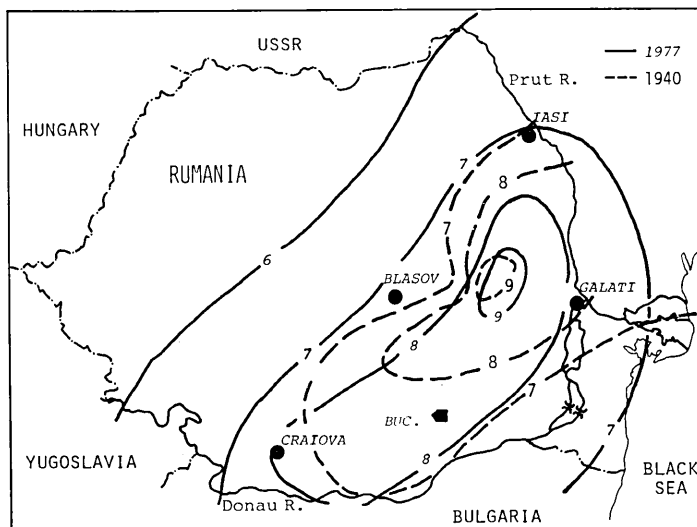


図1 地震の強さ分布図

非常に異なっている点は、これらの破壊的地震の震源は今回の地震の震源近くに常に存在していることである。マグニチュード4～5の小規模地震はブカレストの近くあるいはルーマニアの西部に発生しているが、大きい震害を発生させる大規模地震（マグニチュードが6.5以上）は上述の狭い範囲に震源を有している。

つぎに今回の地震において、計測された加速度・速度の値および地表面の振動波形について述べる。地震発生時ルーマニア国内に数個の強震計が設定されていたが、そのうちブカレスト市のINCERC（わが国の建設省建築研究所に最も類似している研究所）の平屋建の建物の地下1階に設置してあった日本製の強震計（SMAC-B）が地震動加速度を明瞭に記録した。そのほかINCERCより東に1kmはなれた10階建のビルの屋上にニュージーランド製の加速度計が設置されて、器械は作動したが、記録の処理が悪く記録紙の一部に不鮮明なところがある。米国製の簡易地震計のうちブカレスト市および震央から約60km東のガラチ市に設置のものが作動し、地盤の運動の軌跡を画いた。強震計で計測された地盤の最大加速度は、南北方向で200ガル、東西方向で160ガル、上下方向で20ガルであり、10階建のビルの屋上の最大加速度は300ガルであった。簡易地震計で得られた最大振幅は振動速度を直接的には表している。この器械で計測された最大速度はブカレスト市が42cm/sec（N 30° E の方向の振動）および33cm/sec（S 28° E の方向の振動）であり、ガラチ市の地震動は主として震央の方向で、それと直角方向は小さかった。ガラチ市での最大速度は27cm/secであった。この2市の最大速度と震央距離とを比較しても、今回の地震が震央から西南の方向に強く伝達されたことが明瞭にわかる。

ブカレストで記録された加速度波形を図2に示す。この記録波形を見ると、1.3～1.5秒の周期の波が卓越していること、および、この周期の波は1～2波しかなく

そのあとは小さい振幅の波となっていることが明瞭である。わが国で過去に記録された加速度波形とは周期の長さ、卓越した波の数の少なさなどの点で大変異質な波形であった。

過去の記録を調べてみると、ルーマニア国では、マグニチュードが7以上の、いわゆる破壊的地震の震源地は狭い範囲に限られているが、目を転じてバルカン地域地震活動度を調べてみると、比較的地震活動度が高く、かつ大きい規模の地震が発生するのは、ユーゴスラビア連邦のマケドニア共和国とブルガリアの国境の西側に位置する地帯である。1963年にユーゴスラビア国のスコピエ市を襲った地震は局地的なもので、かつ再来期間も400～500年といわれているものである。ブルガリアにも局地的な強い地震が起こったことがあるほか、ギリシヤは中程度の地震が各地で発生しているが、破壊的地震は少ないようである。

## 2. 調査団の派遣と調査日程

ルーマニア国政府はわが国に対し、将来の地震の規模の予測、被災構造物の修理復旧方法、現行耐震設計法の見直しと耐震規準のない構造物（ダム、橋など）に対する耐震設計の基本方針の策定、および国立地震工学研究センターの規模・組織、援助に関する問題に対するわが国の専門家の意見と積極的な助言を得ることを目的として、専門家の派遣を要請してきた。わが国としては、地震学・建築学・土木工学および災害対策の4部門から9人の専門家を選出して調査させ、ルーマニア側の要望に答えることになった。筆者も調査団の一員として震害調査と同時にルーマニア技術者と耐震工学の諸問題復旧方法などについて討論した。

調査は初期においては全員同一行動で行われたが、3日目から地震学グループと工学グループとに分かれ、さらに5日目からは建築学グループと土木工学グループと

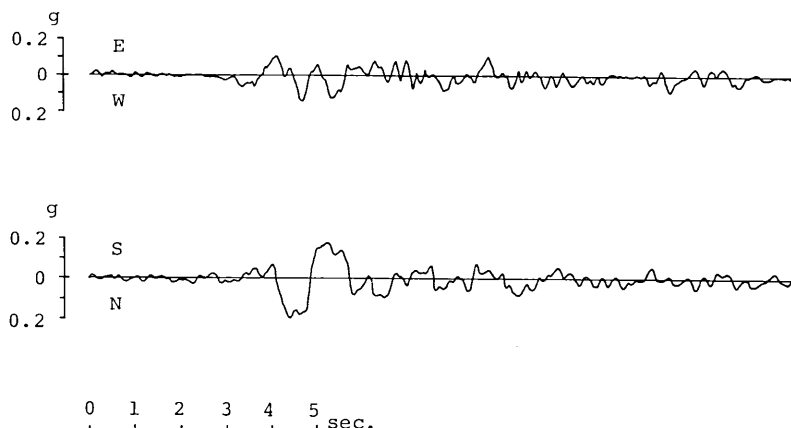


図2 SNAC記録

分かれて調査・討論が行われたが、終期の3日間は再び全員で討論に参加した。

震災状況、および地震学者の説明は初期に実施され、ブカレスト市内の旧建物および耐震計算が行われ、かつ破損したビル、クライオバ市の建物の破壊状況、修復の一例、コンビナートの中心地のプロイエステ市の建物および火力発電所の破損状況および修理方法の討論、道路橋、鉄道橋、ダムの実地調査などは前半に終了させ、後半はもっぱら耐震設計の基本方針の審議、動的解析法に関する質疑応答、わが国の事例の紹介などとともに調査報告書の作製、ルーマニア側への説明などに終始した。

### 3. 建築物の震害

先述のごとく、今回の地震により、ブカレスト市だけで33のビルが壊滅的被害を受け、撤去されたが、このほかにもかなり深刻な被害を受けたビルは1万を越すといわれている。1940年の地震で倒壊したビルは1軒だけであったが、多くの建物が大被害をうけ、その修理方法が十分でなかったために、被災建物の数が前回より著しく多くなったともいわれている。

現在建設中のアパートは11～14階であり、鉄筋コンクリートの柱と梁の構造に、コンクリートブロックで間仕

切壁とした構造が採用されている。現在のブカレスト市内の建築物を大別すると

- (1) レンガ造（目地材は多くはライムモルタルで、一部にセメントモルタルが使用されている）
  - (2) 低層部は鉄筋コンクリートの柱および梁でレンガ造の間仕切り壁で上層部はレンガ造
  - (3) 全階層鉄筋コンクリートの柱および梁でレンガ造の間仕切り壁
- の3種に分けられるが、鉄筋コンクリートの柱の断面はわが国の柱の断面に比べて小さい。レンガ造の間仕切り壁の目地材はライムモルタル（石灰モルタル）であるので、強度は低く、接着力も小さいため、せん断力に対する抵抗はなきに等しく、(2)または(3)の構造でも壁の効果が殆んどないため、建物が全体としてたわみ性の構造物

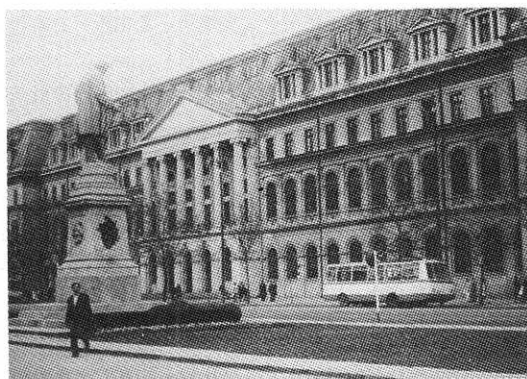


写真1 ブカレスト大学法文学部（無被害）

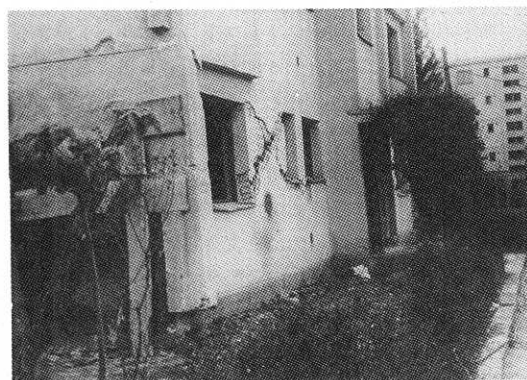


写真2 壁のせん断亀裂と支柱（プロイエステ市）



写真3 レンガ壁の面外への倒壊（クライオバ市）

となっているように思われる。したがって、柱や梁の被害に比して、壁の斜め亀裂は大きく、大変目立った震害であった。ライムモルタルを目地に使用したレンガ造の壁は面に直角の力に対しては抵抗力不足のため、壁の一部または大部が面外に倒れる震害例も多かった。

地震の記述のところで述べたことであるが、今回の地震の特徴として、震源から遠く離れた地点で震害率が高い所が二、三あることおよびこれらの地点が飛火的に発生している点が挙げられる。震央距離が約300kmのクライオバ市とジムニッチャ市では震害率が80～90%にも達した。前者はジウ河に面し、後者はダニユブ河の沖積地に発達した市街であった。地盤構造と震害率との関係は従来からも議論されてきた課題であるが、現在までに得られたボーリング資料などでは、地盤構造と震害率との関係はそれほど簡単なものではなさそうである。しかも震害が飛火的に発生している点も解釈が大変難しい。

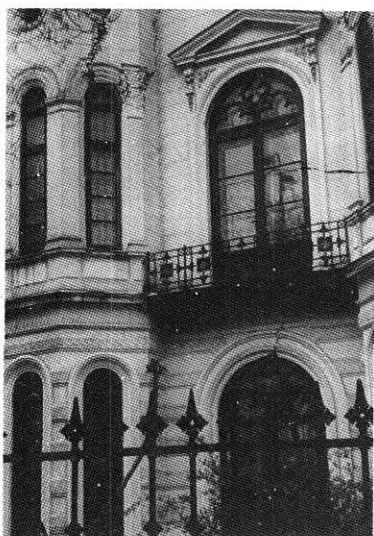


写真4 レンガ造建物の亀裂 (ブカレスト市)

というのは、地質図をみると、図1の震度Ⅶの大半は黄土の堆積した地層であるので、クライオバとジムニッチア両市の地盤条件がよほど特殊なものでないと、飛火現象の説明が困難だからである。この点は今後の研究課題であろう。

建物の修復の現場をいくつか見る機会があったが、現状復旧が大部分で、耐震強度の向上を目的とした修復はまれであると結論される。調査団の宿泊していたホテル(市の中心より南西に約13km)でも毎日修理が行われていたが、レンガ壁の斜方向の亀裂(せん断亀裂)に表面からレージンモルタルをすり込む方法で再使用をはかっているようであった。また鉄筋の被りのコンクリートの剥落した部分はモルタルを接着させるだけの修理が行われていた。少ない例として、レンガ造の壁の両面に鉄筋を組み、うすい鉄筋コンクリート版で壁を補強せんとしている例も見た。

耐震設計基準に則って設計され、今回の地震で破損したビルはブカレスト市内に2軒あった。その一つの計算機センタービルを調査することができた。このビルは3階建の鉄筋コンクリート造で、柱の断面は図3に示すごとくで、柱の頂部は50cm角で、柱の断面は底部より頂部に向かって減少している。柱の頂部には大きいハンチ部があり、それを通じ床版に連なっている。

大きいハンチ部により、地震力による曲げモーメント、せん断力が柱の頂部に集中し、いわゆるせん断破壊を生じ、30cmピッチのフープ筋が切れ、縦方向の鉄筋は一体としては作動しなくなり、鉄筋が籠状になり、頂部のコンクリートはブロック化した。十勝沖地震における函館大学の柱と同様の破壊状況を呈したものであるが、震害は函館大学の方がはるかに大きく、計算機センター

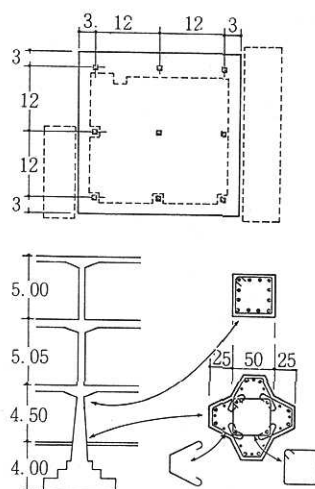


図3 計算機センタービル断面図

ビルでは柱の頂部の破壊とそれに伴う床のかんりの沈下が発生した。この建物は取壊中であった。

#### 4. 土木構造物とその震害

土木構造物を洩れなく調査できなかったのも、ここにはルーマニア側の発表データおよび土木工学のグループ3人が調査した事項にもとづいて報告する。対象となる構造物は道路橋・鉄道橋・火力発電所・変電所・ダム・水道管・ガス管などである。

調査の後半で問題となるダムおよび橋梁の耐震設計基準の基本方針の討議に備えて、ぜひルーマニアの代表的な橋とダムを見せてほしいと申入れたところ、ダニューブ河に架設された道路橋と鉄道橋(震央距離は約160km、震度Ⅶの地域)およびカルパチア山脈中のコンクリートアーチダム(震央距離約150km、震度Ⅶの地域)に案内された。

道路橋は1970年に、鉄道橋は1895年に完成したもので橋の全長はそれぞれ1460mおよび1652mである。道路橋の主要部は5スパン連続の鋼製箱げた橋(120+160+160+160+120m)で、橋の床版はリブ付鋼床版である。取付部は46mのプレストレストコンクリート桁が8連ずつ架設されている(図4参照)。鉄道橋は写真1のように鋼ゲルバートラス橋で、中央部分の吊り桁を支えているローラー支承が少しずれた程度の被害がでたが、道路橋の方は無被害と説明された。

図4に示すように道路橋の橋脚はφ2,000mmの鋼管杭が使用され、しかも水平力に抵抗する斜杭が使用されていた。設計震度はルーマニアの規準では8~12%であり計算上は水平の地震荷重に対しても、垂直杭だけで十分であるはずであるので、斜杭の必要性について質問をしてみた。果たせるかな斜杭は地震に対するものではなくダニューブ河を航行するバージ船(重量が2,000ton)

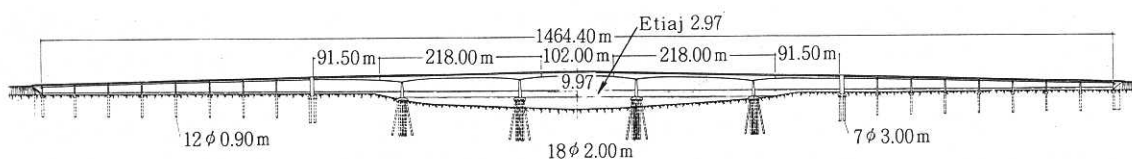


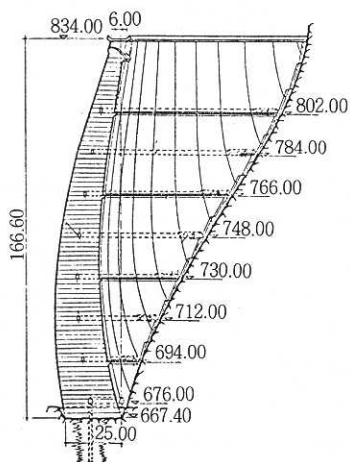
図4 道路橋



写真5 鉄道橋



写真6 シナイヤの古城 (ブカレストから北へ100 km)



ヴァイドラルダム断面図

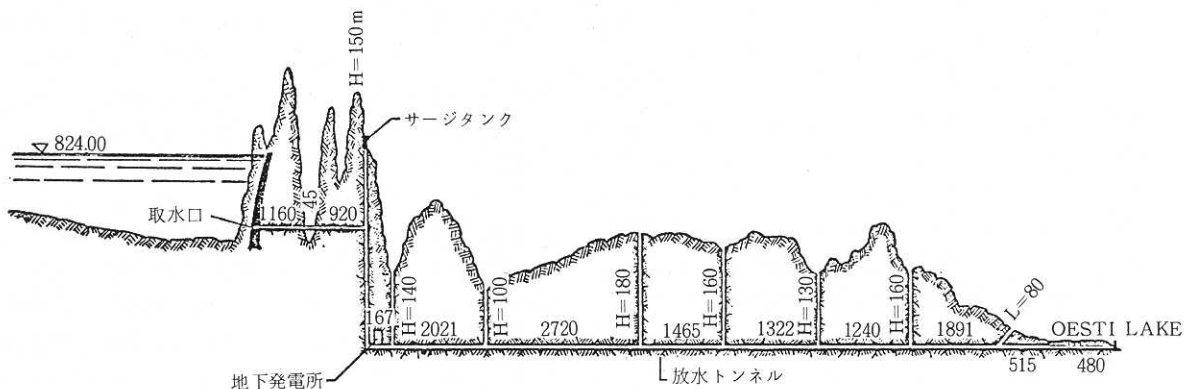


図5 ヴァイドラルダム

と河を流下してくる氷のブロック（設計上は50cmの厚さの氷を仮定）の衝撃力に対するものであることが判明した。この道路橋でも他の橋と同じく橋桁の支承はロッカーシューまたはローラーが使用されていて、設計用の地震荷重が小さいことを示していた。この支承構造では地震の強さが気象庁の震度階でⅦ（激震）以上になると、支承部にずれの被害が生じると考えられる。わが国では関東地震の東京、横浜でこの種の震害が発生した。

鉄道橋は1890年に着工され、5年間の歳月で完成したもので、橋脚は石造で、流下する氷の衝撃力の防禦方法としては、橋脚の上流側に三角錐の突起を出し、直接的に氷が橋脚に当たらないようにしてあった。地震荷重に対する橋脚の強度を質問したら、設計用の地震荷重による曲げ応力は、自重による垂直圧縮力と相殺され、橋脚のいかなる部分でも引張応力は生じていないとのことであった。

この鉄道橋には大変珍しいことに、桁の落下防止装置が約90年以前にすでに設計され、施工されており、本橋建設の担当者の A. Saligni 技師の卓見に驚歎せざるをえなかった。吊げたのヒンジ支承部とローラー支承部が  $\phi 150$  と  $\phi 140$  のピンで定着桁に止められており、ローラー支承部は桁の移動ができるように、楕円形の穴にピンが挿してあった。この落下防止装置が有効に作動したために、支承のローラーが2~3 cm程度ずれただけの被害(被害といえるかどうか疑問)に止どまったと考えられ、落下防止装置がなかったら、より大きいローラーの転りがあったものと推量された。わが国においては新潟地震の昭和大橋の教訓で、落下防止対策(支承部の長さを長くするか、あるいは隣接の桁同志を連結する。または桁と橋脚とを連結することもある)を多用するようになったし、米国でも、わが国の事例をまねて、既設橋梁の耐震補強に隣接げたを連結する方法が多く用いられた。

視察したダムはピドラルダムで、形式はコンクリートアーチ(高さは166 m、堤頂幅6 m、底幅25 m)で、1962年に着工し、1966年に完成している。コンクリートの強度について質問したところ  $300 \text{ kg/cm}^2$  で強度のパラツキも小さいとのことであった。ダムの変位およびひずみの測定、漏水量の観測は1966年以来定期的(週1回または月1回)行われており、漏水も地震の前後ほとんど変化がないことも定期的観測からすぐ判明したとの説明があった。

雪のために地下式にしたという発電所は事務所から200 m有余を下がった所にあり、ヘッド差が約300 mである。タービン室の内装も、少しく誇張して言うならば一般ビル並で、地下に働く作業員の勤労意欲向上のためとか、発電機は4基あり、チェコ製が1基と、自国製が3基稼動していた。ダムの施工技術や、水理研究所での水理模型実験などを視ると、この国がかなり高い技術レベルを有しているようであるが、発電機などの機械関係はチェコの技術にはまだ及ばないのかと思われた。

つぎに火力発電所の震害を述べる。火力発電所はブカレストとプロイエステ両市の火力発電所が被害を受けたといわれる。筆者の視察したプロイエステ市の火力発電所では屋根の落下によるタービンの破損が震害の主たるもので、ブカレスト市の発電所も同様な震害であったと聞いている。落下した屋根はスパンが30 m(旧発電所)と42 m(増設した部分)で、屋根は鋼製トラス(トラス間隔6 m)の上にプレキャストのコンクリート版を載せたもので、柱の高さは約35 m、断面は  $50 \times 70 \text{ cm}$  の鉄筋コンクリート造で、長手方向にはラーメン構造をなしている。柱は長手方向にはかなりの剛性をもっていると考えられるが、スパン方向は高さに比較して断面は小さく、フレキシブルのため屋根構造に作用した地震時の加速度

は設計値をかなり超過したものと思われ、かつ重いコンクリート版が載っているため水平地震力も過大となり、ローラー支承側の柱を押し、ある柱は変位し、屋根組トラスは支持台からはずれ、落下したものと推定される。現にローラー支承側の柱は最大10 cm変位したのもあった。

屋根の落下した原因として、柱のたわみ性と地震荷重の過大のほか、トラスの支持台の幅の過少が考えられる。トラスの支持台となっている柱の突起部(図6参照)の長さももし十分長ければ、トラスに作用する地震力で柱が変位しても、トラスの落下は防止できたのではないかと考える。新潟地震の昭和大橋は橋桁を支えている橋脚の天端幅が少なすぎたために地震時の桁の運動が大き

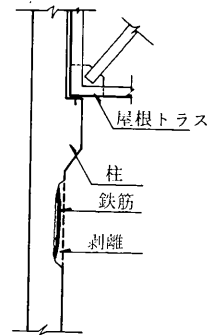


図6 火力発電所破損図

くなったとき桁が橋脚をはずれ、落下した教訓と同じことが火力発電所の屋根の落下で発生したのであって、復旧対策の第1に、支承部の拡大、ローラー支承の代りにヒンジ支承とし、まずトラスの落下を防ぐ対策を推奨したわけで、平行して屋根の軽量化、柱の補強を計れば耐震的火力発電所となるであろう。

送電線は無被害であったが、変電設備の中に変圧器がずれた例、碍子が破損した例など60カ所に被害が発生した。変圧器が地震時に定着不十分のために動いて、送電不能になった例は福井地震による松岡の変電所の震害ははじめ多く発生する事故であるし、サンフェルナンド地震の場合も変電所のトランスが3個のうち、1個は定着していなかったために転倒し、他の1個は細いアンカーボルトによる定着のため転倒した例もある。橋梁の落下防止装置と同様、小さい配慮で大事故を未然に防ぐことが大切であるから、変圧器などの定着は安全側に設計することが望ましい。

絶縁碍子は脆い材料であるため、大地震時には切損事故が発生するが、わが国では対策として減衰機構を絶縁碍子の構造に導入して、耐震性の向上をはかるとか、碍子材料の改善などが研究されているようであるが、取替を容易にするシステムも考慮の余地があるのではないかと考える。



しかし、ルーマニアの給電網は、常に他系統からの供給が可能になっているとかで、ブカレスト市の停電は4～5時間のみであった。もちろんこの時間はラジオの放送(テレビは無論のこと)が停止されていて、市民は正しい地震の情報が入手できなく、これがデマの発生の原因ともなったようであるが、5日早朝からの放送再開と同時に市民も平静をとりもどしたとか。停電により、道路の信号の機能が完全にとまってしまい、交通パニックの原因ともなったようで、大地震時自動車を動かさないことと同時に送電も震害軽減の重要な要素といえると思う。

コンビナートの中心地のプロイエステ市付近には石油パイプライン、熱供給パイプラインが設置されているが震害は皆無であったと報告されている。写真7はプロイエステ市内のパイプラインの一部であるが、写真からも明らかなように、地上配管でかつ大きいベント部がある。



写真7 フロイエステ市のパイプライン

写真のベント部は垂直のベントであるが、水平方向にも数多くベント部が設置されていた。これはパイプラインの設計温度差が大変大きいので、応力緩和の必要性から設けられたものであるが、同時に地震時の応力緩和にも役立ったため、無被害となったのではないかと考える。

最後にブカレスト市のガス管・水道管の震害を述べる。市内のガス管はすべて鋼管が使用されており、破損も倒壊したビルのガス管以外は皆無であったと報告された。ガスの供給はガス管の破損の点検などの必要のため地震後3日目から供給が開始され、その間は供給所の元栓が締められていたようであった。

上水道管の総延長は1,600 kmで材種は铸铁管(70%)遠心力コンクリート管(15%)、アスベスト管(10%)および鋼管(5%)で、破損個所は全市で120個所で、管種別内訳は鋼管が0、铸铁管が12個所、その他の管が108個所であった。単位の延長当り(1 km)の破損数、すなわち震害率は铸铁管が0.01、その他の管が0.45であり、関東・福井・サンフェルナンド地震における東京・福井・ロスアンゼルスとの震害率と比較しても200ガルで



写真8 ブカレストのある団地

铸铁製水道管の震害率0.01は妥当な値である。

## 5. む す び

2で述べたように、ルーマニア地震の調査団の主目的が、ルーマニア側の要求事項に答えることであったために、日程の大半は耐震設計基準の諸問題、修復方法の可否に費やされた。そのために震害そのものの調査は数日もないくらいであったが、本稿においては、設計震度に乗すべき地域係数、地盤係数、あるいは耐震設計の細部や動的解析の諸問題のような細部に入り過ぎた討論内容よりも、震害そのもの、および震害の教訓を述べた方がよろしいのではないかと考え、後者に重点を置くことにした。

一般的に言って、ルーマニアの過去(今回も含めて)の地震の強さはわが国の地震の強さよりかなり低いものであって、このことが地震の怖さを弱めているのではないと思われる。設計震度の基準値も8～12%で、わが国の基準値の40%であるし、ロックフィルダム(石塊と粘土を材料としたダムで100 m以上のものもある)の斜面の勾配もわが国で普通採用されている勾配よりもきつい値が用いられている。設計震度の低さが、火力発電所の柱あるいは屋根部の設計の基底となっており、このことが今回の屋根の落下を招いたと思われる。同様のことが橋脚の設計にも現れており、高い橋脚に石造が用いられ、鉄筋の補強が全然ない。わが国でも石造または無筋コンクリートの橋脚は存在したが、過去の地震の都度大被害を出したので、現在の設計では石造の橋脚は考えられないようになっている。

わが国と最も異なる点は政治体制にあり、橋とかダムは数人の兵隊が銃をかまえて番をしており、橋・ダムおよび火力発電所のような重要構造物の調査に当たっては、すべて公文書による依頼書と承諾書とが必要らしく、これなくしては構内に入ることがすら不可能であったし、道路橋は遂に写真を撮ることが許されなかった。これらの連絡の労をとり、わが国の調査団の活動を円滑になるよ

うに努力された科学技術国家評議会ははじめ関係各機関の担当者には深甚の謝意を表したい。

最後に、日本政府から地震工学の専門家を派遣するについてご尽力下さった外務省、文部省、建設省などの担

当官ならびに国際協力事業団の方々に、さらに石川大使をはじめ日本大使館の館員の皆様のあたたかいご支援に対し、本稿を借り、心からの御礼を申し上げる次第である。  
(1977年8月27日受理)

## 次 号 予 告 (11月号)

### 災害・公害からの都市機能の防護とその最適化に関する研究 特集

#### 巻 頭 言

#### 特 集 1

都市環境の汚染計測・防除に関する研究概要

1・1

自動車排ガス中微量硫黄化合物の分析法

1・2

河川における汚染拡散の研究  
— 野川の有機汚染の観測 —

1・3

有機水銀の無機化

1・4

環境汚染と金属の腐食

1・5

炭化水素類の活性炭による排出防止

#### 特 集 2

都市情報の総合的収集・処理に関する研究概要

2・1

非常災害対策用広域多点情報収集システムに関する研究 — その3 —

2・1・1

災害通信における中継方式の検討

2・2

多次元画像情報処理による都市情報の処理

2・2・1

交通流画像の計測手法

2・2・2

交通流画像のデジタル処理

2・2・3

気象衛星 (NOAA) 画像のデジタル処理

2・2・4

マルチスペクトルスキャナを用いた人口急増地域の土地被覆分類

2・2・5

LANDSAT 画像のミニコンによる処理

2・2・6

同調可能 CO<sub>2</sub> レーザを用いたインコヒーレント光ヘテロダイン  
検波による大気汚染測定

2・2・7

テレビ電波ゴースト源の同定

2・3

巨大構造物の破壊予知情報の収集と標定

2・3・1

多チャンネル AE 標定装置の開発

2・3・2

多チャンネル AE 標定装置の開発

2・3・3

コンクリート材料における AE の計測

2・3・4

AE によるき裂の追跡と検出の展望

#### 特 集 3

都市災害・公害の最適防護システムに関する研究概要

3・1

汚染拡散問題解析における新しい要素モデル (その2)  
— SACTEL TC 法による非圧縮粘性流れの解析 —

3・2

都市施設の震災予測手法について

3・3

災害に対する電力系統の絶縁信頼度向上

3・4

サイリスタ負荷の発生する無効電力の制御に関する研究

3・5

地表面温度差が物質拡散に及ぼす影響について  
— 都市温度環境の風洞によるシミュレーション —

3・6

熱汚染制御の一方式

武 藤 義 一

河 早 鈴 邦太朗

藤 野 木 基 之

李 野 章 鎬 夫

鈴 川 木 基 之

河 川 島 博 之

齊 藤 泰 和

増 子 昇

河 添 邦太朗

尾 上 守 夫

安 田 靖 彦

安 津 野 浩 彦

尾 上 守 夫

高 羽 植 雄

尾 上 守 夫

高 木 幹 雄

高 木 幹 雄

村 井 田 俊 治

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

齊 藤 成 文

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫

尾 上 守 夫