

## 「建築・住宅分野における開発途上国技術援助プロジェクト紹介シリーズ」(1) ルーマニア地震災害軽減計画プロジェクト

独立行政法人建築研究所国際地震工学センター 古 川 信 雄

### 1. はじめに

ルーマニア (Romania) は文字通りローマ人の子孫の国で、中・東欧唯一のラテン系民族国家である。それは、ローマ帝国が2世紀初頭より3世紀後半まで、当時この地にいたダキアを支配し、大量の移民を入植させたためである。そのため、ルーマニア語

図 1 ルーマニア全図。北東は旧ソ連諸国。北西の旧東欧諸国は2004年5月にEUに加盟した。



はイタリア語に非常によく似ている。ルーマニアは伝統的に農業国で、中・東欧諸国の中では2番目の面積(本州とほぼ同じ)と人口(約2,170万人)を有し、石油等の資源にも比較的恵まれている。宗教はルーマニア正教である。

ルーマニアはバルカン半島の北に位置し(図1)古くから多くの民族との交流・戦争を繰り返している。最近だと、西からオーストリア・ハンガリー帝国、北からロシア、そして南からはオスマン・トルコである。領土の帰属もよくかわり、常に領土問題を抱えている。第二次世界大戦では、当初はナチスドイツと組んでいたが、途中でソ連側になった。そのため、ハンガリーからトランシルバニア北部を奪回した代わりに、ソ連にベッサラビア(現モルドバ共和国他)と北ブコヴィナを取られてしまった。

社会主義時代はチャウシェスク大統領の下で独裁的政治が行われたが(写真1)1989年の体制転換以降、5度の自由選挙を経て、民主化は定着した。2004年末の大統領選挙でも平和裏に政権が交代し

写真 1 チャウシェスク元大統領の負の遺産「国民の館」。アメリカのペンタゴンにつぐ大きな建物。全景を撮影するためには数百m離れる必要がある。



た。高城のぶ子の小説（参考文献1）は1989年の革命が舞台で、歴史の勉強にもなる。

国内的には市場主義経済への移行が、対外的にはEU及びNATOへの加盟が重要課題で、NATOには2004年3月に加盟が実現し、EUに関しては2004年12月加盟交渉が終了し、2007年1月に加盟予定である。

ルーマニアといえば、コマネチ（参考文献2）とドラキュラ（参考文献3）しか知られていなかったが、最近、ジェロピタルという皺とり剤（写真2）が日本でも人気で、通信販売で高価な値段で売られている。ルーマニアでは数十年の歴史があり、副作用はないとのことである。

ルーマニアは地震国であり、およそ30年に一度被害地震が発生している。特に被害は首都ブカレスト（人口約192万人）に集中している。近年では1977年3月4日にM(マグニチュード)7.5の地震が発生し、死者1,581人（ブカレスト市内では1,400人強）、被害額約30億ドル（同20億ドル）の被害を記録した。なお、ブカレストの被害額の70%は建築物崩壊による被害であった（写真3）。それは、建物に耐震性がないためである。そのために、次の大地震でも同様の被害が心配されている。地震による建物の崩壊を軽減するためには、ブカレスト市内の崩壊の恐れがある建築物の耐震補強を行う必要がある。そこで、独立行政法人建築研究所と国土交通省国土技術政策総合研究所が中心になって、JICA（国際協

写真 2 ジェロピタル。ルーマニア在住日本人女性は皆さん使っているというもっぱらの噂。



写真 3 1977年地震によるブカレストの建物被害（<http://libraryphoto.er.usgs.gov/earth.htm>より）。



力機構)による「地震災害軽減計画」プロジェクトを2002年10月に開始した。

## 2. ルーマニアの地震

ルーマニアはユーラシアプレートとアフリカプレートの境界である地中海から遠く離れたユーラシアプレート内部に位置している。上記プレート境界上では、2003年アルジェリア地震やギリシャの地震のように多くの大地震が発生しているが、一般的にはプレート境界から離れると大地震は発生しない。しかし、ルーマニアは例外で、マグニチュード(M)7クラスの大地震が頻発している。しかも、大地震の発生場所がブランチア地方（ブカレストの北北東約150kmに位置し、カルパチア山脈の弧が大きく曲がる地域（図1、図2））に集中している。その理由は、古いプレートが沈み続けているためだといわれている。

図2に1107年から1989年までのルーマニアに被害を与えた地震の分布図と東西、南北方向に投影した地震の時系列を示す（参考文献4より作成）。この図からブランチア地方では、過去900年間定常的に深さ60km以上のやや深発地震が発生していることがわかる。一方、浅い地震はルーマニア中部で発生しているが、地震規模はM7未満で、しかも活動頻度は100年間に1～2個である。

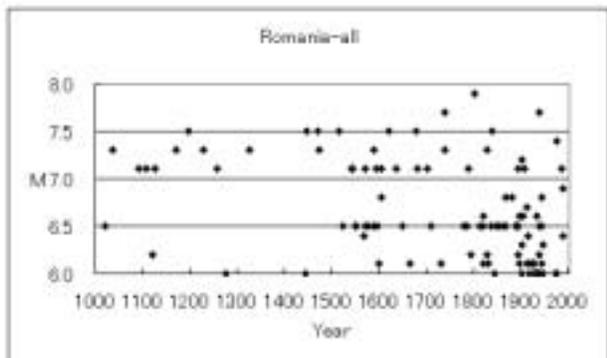
ルーマニアでは、地震の深さが深い（やや深発地震）のためにM6.5以上で被害が生じる。表1に示すように、20世紀にはM6.5以上の地震が8回、特に大被害が生じるM7.5以上の地震は2回発生した（被害は参考文献4より）。

図 2 被害地震の分布図（左上）と東西（左下）、南北（右上）方向に投影した地震の時系列。13～14世紀の静寂は歴史資料の欠如のためか？

年	月	日	M	死者	負傷者
1908	10	6	7.1		
1912	5	25	6.7		
1934	3	29	6.6		
1940	11	10	7.7	1,000	
1945	9	7	6.8		
1977	3	4	7.5	1,581	10,500
1986	8	30	7.2	2	558
1990	5	30	6.9	14	700

表 1 20世紀の大地震（M6.5以上）

図 3 地震の大きさの時系列。記録に残っている地震の最小Mは時代とともに小さくなる（即ち検知能力が上がる）。注：出典が異なるので表 1とMが異なる地震もある（つまり、Mの精度はこの程度である）。



次のグラフ（図 3）は、西暦1000年以降に発生した地震の大きさ（マグニチュード、M）の時系列である。昔の記録に不備があるかもしれないが、1500年以降はM 7以上の地震については地震のもれはないと思われる。かなりの被害が起こるであろうM 7以上の地震については、平均100年間に5回の地震が起こっている。いつ地震が起こるかはわからないが、過去1000年間かなり定期的に地震が起こっているため、近々大地震が起こるのは間違いない。統計的には、今後10年間にM 7以上の地震が発生する確率は50%以上である。

### 3. ルーマニア政府の地震対策

ルーマニアも、日本同様、被害地震が発生するたびに建築基準法を改正してきた。即ち、設計地震力を増やし、建物については粘り強くしてきている。大きな転機は、1940、1977、1986、1990年の大地震であり（表 1 参照）、例えば、設計地震力は1977年地震直後に約7倍上げられた。また、ブカレストの軟弱地盤で得られた1977年3月4日地震の唯一の強震動を元に、最初の耐震基準を開発し、周期1.5秒まで考慮するようになった。詳細は建築研究所の報告書（参考文献5）または一部を和訳した文書（参考文献6）にある。

ルーマニア政府は古い建物の補修・補強事業に熱心に取り組んでいる。補強事業推進策として1994年に関係法を整備し、ブカレスト市内の建築物115棟を最も崩壊の恐れがある建築物と認定し、これらの段階的な耐震補強事業を実施すると表明した（写真4）。運輸建設観光省（MTCT）は民間アパートの耐震補強事業を担当しており、そのための予算も持っている。補強事業を推進するための優遇策としては、工事費は無利子の25年ローンで借りられる。また、平均月収以下の低所得者は工事費を負担する必要がない。しかし、住民の中には、住み慣れた住居からの引越し（工事期間中の一時的であっても）や費用負担が嫌で、耐震補強工事に反対の人がいる。プロジェクト開始当初は、そのアパートに住んでいる住民全員の同意が必要であったために、一人でも反対者がいると工事ができなかった。

この状況を打開するために、耐震補強事業に関して新オーディナンス（政令）が2003年8月末にでた。内容は、今までアパートを耐震補強するには住民全員の合意が必要だったが、新オーディナンスでは住民の多数（過半数）の合意で耐震補強事業ができ

写真 4 MTCTによる補修工事。柱を太くしているところ。但し、工事の進捗は遅く、いつまでたっても完了しない。



るようになることである。これには、我々プロジェクトで実施したアンケート調査（7月に結果をMTCTに提出。例えば、住民の60%しか耐震補強工事を望んでいないことが判明。）と5月の市民向けセミナー（ここでは、副大臣と住民との間で激しい議論があった。内容は、住民全員が同意しないと耐震補強工事ができないのはおかしいという点について。）が、間違いなく貢献した。そのため、予算はあっても耐震補強事業は進んでいなかった状況の改善が期待される。

#### 4. 「ルーマニア地震災害軽減計画」プロジェクト

ルーマニア政府は、ブカレスト市内の建築物115棟を最も崩壊の恐れがある建築物と認定し、これらの段階的な耐震補強事業を開始した。しかし、ルーマニアは耐震補強に関わる合理的かつコストを抑えた手法で短期施工を可能とする十分なレベルの補強技術を有していないことから、ルーマニア政府はわが国に対して地震災害軽減に係る技術協力を要請した。

この要請にこたえ、建築研究所は2000年3月1日から長期専門家1名を派遣し、実態調査・ニーズ把握・技術指導を実施するとともに、技術協力プロジェクト立ち上げに関する調整を行った（参考文献7）。そして、2002年8月1日に合意議事録（R/D）を締結し（写真5）、2002年10月からJICAプロジェクト「地震災害軽減計画」を開始した。

2002年10月28日には、日本側から在ルーマニア日本参事官、独立行政法人建築研究所理事長、JICAルーマニア事務所長、ルーマニア側から公共事業交通住宅省（MLPTL、当時の名称）副大臣、その他

写真 5 R/D調印式。後列右から4人目の大男がMLPTL大臣。



写真 6 開所式でのTureanu副大臣の挨拶の様子。



関係省庁、機関の関係者等を招き、建築研究所内に設置されたセンターにおいて、地震災害軽減センターの開所式を行った（写真6）。

プロジェクトの概要は以下の通りである。

##### (1) 目標

甚大な地震発生時の建築物崩壊を減少させる技術の改善と普及が実現する。

##### (2) 成果

- 1) 効果的かつ低コストの建築物補強技術がセンターによって開発され、構造技術者がこの技術を習得する。
- 2) 新築及び既存建築物の耐震設計に関する基準がMTCT及びセンターによって改善される。
- 3) 震災後に被害を受けた建築物の被害評価技術がセンターによって開発され、この技術を構造技術者が習得する。
- 4) 一般市民防災教育の質がセンターによって改善される。

- (3) 相手国実施機関・実施体制  
 主管官庁：運輸建設観光省（MTCT）  
 担当機関：地震災害軽減センター（CNRRS）  
 協力機関：ブカレスト工科大学（UTCB）、運輸建設観光省建築研究所（INCERC）
- (4) 日本側実施機関  
 独立行政法人建築研究所  
 国土交通省国土技術政策総合研究所
- (5) 活動期間  
 5年間（2002年10月1日～2007年9月30日）
- (6) 日本側投入
- a. 専門家派遣  
 長期専門家：常時3名、短期専門家：5年間で27名程度（2005年3月末現在、短期専門家14名。その他に機材据付・運転指導専門家6名。）
- b. 機材供与（約1.5億円。具体的機材名は次項）
1. 「強震観測」分野
  2. 「土質試験」分野
  3. 「構造実験」分野
- c. カウンターパートの日本研修  
 5年間で25名程度（2005年3月末現在、19名。）  
 以下、活動分野を4つ（「構造」「強震」「土質」「啓蒙」）に分けて簡単に説明する。

#### 4.1 「構造」分野

「構造実験装置（本体フレーム、油圧装置、加力装置、他）」（写真 7）を供与した。本装置を使って建物の柱や壁の破壊実験（最大荷重：鉛直200トン、水平100トン、対応試験体最大寸法2.5m×3m）をして、次のルーマニア大地震に耐えられる補強方法を提案する。実験の成果や日本で学んだことを元

写真 7 第二回機材供与式における、在ルーマニア杉内日本大使と供与した構造実験装置。右端はRadu CNRRSセンター長。



に、ルーマニアにふさわしい、新耐震基準、耐震診断マニュアル、耐震補強指針を作成する予定である。

また、MTCTによる補強プロジェクトの支援のために、1977年の地震を経験した建物を調査し、問題点を報告した。補強計画がある建物についてはその補強計画に対して、日本の経験と技術からコメントをした。

#### 4.2 「強震」分野

「強震観測施設（強震計、孔中感振器、感振器、他）」（写真 8）を供与した。

1995年兵庫県南部地震では、同じ神戸市の中心地でも場所によって被害が異なった。それは、地面の下が不均質なために、場所によって地面の揺れが異なったためである。ルーマニアの首都ブカレスでも同じである。ブカレスト市内7カ所に深さ30mから150m程度の穴を14本用意して、地中及び地表に強震計を設置し、地盤による地震動の違いを調べる。また、市内の4建物と市外の6カ所（地表）にも強震計を設置した。

2004年10月27日、M6.0の地震を全17観測点中16点で観測できた。ブカレスト市内での代表的な最大加速度（東西成分）は地下153m、地表、地上12階（75m）で、それぞれ11 gal、30 gal、94 galであった。また、市外での最大値は上下動で220 galである。

#### 4.3 「土質」分野

地盤探査装置（弾性波探査用データ収録装置、ダウンホール受振器、微動計測用データ収録装置、常時微動センサー、他）を供与した。地下数十から数百mの地震波速度構造を求め、地盤の違いによる地震波の増幅度の違いを調べる。

写真 8 地中強震計設置作業。C/P（左の3名）には若い女性が多い。中央は日本語を話すルーマニア人通訳。



写真 9 ボーリング作業。供与したトラック掲載型ボーリングマシンを使い、さまざまな場所でボーリングを掘り、資料を採取する。



写真 10 室内土質実験作業。ボーリングで採取した資料を実験室に運び、供与機材で地盤の性質を調べる。



ボーリング・トラック（写真 9）も供与した。深さ100m程度の穴を掘って、地盤の性質を調べる。同時に土質資料を採取して、同じく供与した三軸圧縮試験装置（静的・動的三軸圧縮試験装置、ベンダーエレメント計測装置、他）（写真 10）で地盤の物理特性等を調べる。

#### 4.4 「啓蒙」分野

実際の耐震補強工事が行われるためには、市民が地震の危険性・怖さを認識し、耐震補強工事の重要性・必要性を理解する必要がある。そのために毎年「市民啓蒙セミナー」を開催している。用意した席が満席になるほどの盛況である（写真 11）。

更に、構造技術者に対する啓蒙も必要である。日本の最先端の技術や動きを知ってもらうために、構造技術者向けセミナーを実施した。大地震直後に被災建物の安全性を調べる「応急危険度判定」セミナー

写真 11 MLPTL（現MTCT）で行われた市民向け啓蒙セミナー。主な参加者は中心部の古いアパート住民で、年配者が多い。参加者は耐震補強工事に賛成する人が多い。セミナー後、耐震補強工事が進まないことに関して、MLPTL副大臣と激しい議論になった。



も実施し、ルーマニアにも本制度の推進を提案した。

上記セミナー以外にも、プロジェクトや地震問題の広報活動には積極的に取り組み、セミナー、講義、マスコミインタビューには積極的に対応している。また、危険建物に住んでいる住民へのアンケートを実施し、意識調査をした。

#### 5. ルーマニアとプロジェクトの現況

筆者は初代チーフアドバイザー兼強震・土質分野専門家としてプロジェクト開始の2002年10月から2004年9月までルーマニアに滞在した（参考文献8、9）。帰国時点では、多少の遅れはあるものの、全活動が開始されていた。帰国以降の大きな動きは以下である。

2004年11月に大統領選挙と議会選挙が行われた。議会では野党連合が連立政権を形成した。また、大統領選挙では12月の決選投票の結果、野党候補（前ブカレスト市長）が与党候補（前首相）を破って、新大統領に就任した。この政変に伴い今までプロジェクトを担当していた Tureanu MTCT 副大臣は辞任し、新たに Borbely 担当大臣が担当することになった。今後、今まで同様の友好関係を構築する必要がある。

今年（2005年）3月でプロジェクト開始からちょうど半分の2.5年が経過した。それにあわせて中間評価団が派遣された。その報告によれば、いくつかの改善点が指摘されたものの、「プロジェクトは概ね順調にプロジェクト目標に向かって進んでいるこ

とが確認された。投入・活動は計画通り行われ、日ル双方の関係機関による協力体制も十分である。」と好評価であった。なお、評価指標が目標数値を含むように改定することが提案された。(詳細は参考文献10)

## 6. 終わりに

ルーマニアで怖いのは、1)野犬(2年間の滞在中に知り合いの日本人延べ3名が噛まれた)、2)偽警官(3週連続遭遇した専門家もいる)、そして3)古い建物である。ブカレスト市内の、特に中心部の建物は、薄汚れていて、外装がはがれていたり、ひび割れがあったり、見るからに危険である。野犬と偽警官同様、近づかないことが肝要である。ルーマニアに来た当初は、止むを得ずそのような外見をしたアパートに住んでいたが、1カ月後に新築アパートに移動した。

経済的に余裕がある人は、命をお金で買える。それは、お金を出して、次の地震で壊れそうな建物から耐震的に丈夫な建物に引っ越すことにより、死ぬ確率が低くなるからである。しかし、多くのルーマニア人にとっては不可能なことである。一人当たりGDPが2,120ドル(2002年、日本は31,300ドル)の貧しい国である。また、年配者が多く、長年住んでいる便利な都心のアパートから引っ越したくないという事情もある。それ故、既存建物の耐震補強が重要な課題である。しかし、耐震補強工事をするには、住民多数の合意が必要であり、また、一人でも反対者がいるとなかなか工事を強行できない。そのため、多くの住民は怒っているが、我々にはどうすることもできない。啓蒙活動を通じて、地震の危険性と耐震補強の必要性を理解してもらうことが必要だ。

ルーマニアでプロジェクトの阻害要因の一つは低給与である。国立の研究所では初任給が100ドル以下で、優秀な人材を集め、かつ確保し続けるのは大変である。本プロジェクト開始前の1998年から本プロジェクトの実現と実施に向けて建築研究所が実施している11カ月間の「地震工学研修」にプロジェクトのC/P(及びC/P候補)を送り続けている。今日本国にいる研修生が7人目であるが、内2名は帰国直後にプロジェクトから離れ民間へ転職した。原因は低給与である。例えば昨年退職した所長秘書の場合、民間に移って給与は4倍になったらしい。これは日本側だけの危惧ではなく、C/P自身も、若いスタッフが辞めるのではないかと、辞めたらどうしようとい

写真 12 電柱に巣を作ったコウノトリ。春にアフリカから飛んできて、秋に暖かいアフリカに帰る。なお、世界遺産「ドナウデルタ」に行けばペリカンの大群も見られる。



つも心配している。特に、センターの専属職員は低給与なので、生きていくためには引き止めもなかなかできない。大学の職員には何かプロジェクトを始めれば、そこから追加の給与を支払えるが、センターの職員については、日本の公務員のようにそれはできない(最近可能になった)。辞めない事を祈るのみである。低給与でも来てくれる(志があり、かつ家庭が裕福な、またはブカレスト市内に実家がある幸運な)人を雇っているが、優秀な人材集めは大変である。しかし、センターには低給与にもかかわらず、多くの若い優秀な研究者等が集まり、ルーマニアのために働いている。この成果が一刻も早く人々に還元され、地震災害が軽減されることを祈る。

## 参考文献

1. 高樹のぶ子、2002、「百年の預言〈上、下〉」、朝日文庫
2. ナディア・コマネチ、2004、「コマネチ 若きアスリートへの手紙」、青土社
3. ブラム・ストーカー、1971、「吸血鬼ドラキュラ」、創元推理文庫
4. 宇津徳治、1990、「世界の被害地震の表」(注：<http://iisee.kenken.go.jp/utsu/index> で最新のWEB版が利用できる)
5. 建築研究所、2004、「Study on seismic design characteristics of existing buildings in Bucharest, Romania」
6. 古川信雄、2004、「ルーマニアの地震防災対策」、国際建設防災、14、92-98
7. 斉藤大樹、2002、「専門家業務完了報告書」、JICA
8. 古川信雄、2004、「専門家業務完了報告書」、JICA
9. 古川信雄、2003、「ルーマニア地震災害軽減計画について」、国際建設情報、318、41-47
10. JICA、2005、「運営指導(中間評価)調査団報告書」(準備中)