

## 2003年アルジェリア地震の特徴と課題

小野 祐輔<sup>1</sup>

Yusuke ONO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

2003年5月21日現地時間19時44分頃、アルジェリア北部のゼムリ沖を震源としてマグニチュード6.8の地震が発生した。震源に近いブーメルデス市、アルジェ市を中心に多数の建物が倒壊し、死者2,278人、負傷者11,450人という大きな人的被害を引き起こした。アルジェリアは、1980年にエル・アスナム市近くで発生したマグニチュード7.1の地震により死者5,000人を超える被害を経験しているが、この地震はこれ以来23年振りの大規模地震災害であった。アルジェリアでは建物階数に関わらずRCフレーム構造にレンガの非構造壁を組み合わせた建物形式が主流であり、地震によってレンガ壁が多数崩落した。また、梁と柱の接合部が激しく損傷している建物が多く、その原因として施工の問題が疑われるものも多い。今後、アルジェリアを取り巻く地震環境を十分に反映した形での既存の耐震設計規準の改良と、規準に従わせるための方策が必要である。

### 1. はじめに

2003年5月21日現地時間午後7時44分頃、アルジェリア北部のゼムリ付近を震源としたモーメントマグニチュード6.8の地震が発生した。震源に近いブーメルデスでは多数の集合住宅で大きな被害を受け、夕食時で多くの人々が在宅していたこともあり、多数の死者が発生した。この地震による死者は2,278人、負傷者は11,450人、家を失った人はおよそ200,000人に達し、アルジェリアにとっては1980年のエル・アスナム地震以来の大規模な地震災害となった。

ところで、アルジェリアという国名を聞いたことの無い日本人はほとんどいないであろう。しかしながら、現在アルジェリアと日本の間の交流はほとんど行われておらず、そのため、アルジェリアを訪れたことのある人は決して多くない。そこで、本稿ではまずアルジェリアの国情について簡単に触れた後、2003年アルジェリア地震について地域の地震環境、発生した被害の状況を紹介し、その特徴と残された課題について考察したい。

### 2. アルジェリアの国情

アルジェリアの正式国名は、アルジェリア民主人民共和国である。直接選挙によって選ばれる大統領が国家元首となっており、大統領が行政の長である首相を指名する。現在は、1999年の選挙で選出されたアブデルアズィズ・ブーテフリカ氏が大統領となっている。サハラ砂漠が大部分を占める国土の面積はおよそ240万km<sup>2</sup>、人口は330万人、GDP(PPP)は2,332億米ドルである<sup>1)</sup>。住民の99%以上がアラブ系である。宗教に関しては、人口の99%以上がイスラム教シーア派となっている。

アルジェリアでは、19世紀になってオスマン帝国の衰退をきっかけとしてヨーロッパ諸国が植民地化を狙って侵攻を開始し、1830年にフランスに併合された。第2次世

界大戦では、北アフリカ戦線として激しい戦闘が行われた。1954年の「アルジェリア民族解放戦線」の結成を契機に、フランスからの独立を求めてアルジェリア戦争が始まり、1962年に独立を果たした。

1963年に憲法が制定され、アフメド・ベンベラ氏が初代大統領となったが、やがてクーデターによって倒された。その後、食糧難や失業などの社会不安が続いたために、次第に住民の中にイスラム原理主義が浸透していった。1992年には選挙でイスラム原理主義勢力が勝利し政権を奪ったが、軍部がクーデターを起こして政権を奪取し、イスラム原理主義者たちに対する弾圧を始めた。この弾圧に対して、イスラム原理主義勢力はテロによって対抗したため、政情は混乱し、治安は悪化した。

近年主要都市では、現在テロの発生件数は減少し、静穏化の兆しを見せているものの、東部の山岳地帯では2005年以降も一般市民の犠牲者を伴うテロの発生が報告されており、治安の完全な回復までにはまだまだ時間を要するようである。

今回の地震で被害の中心となったブーメルデス県は、首都アルジェの東に隣接する人口およそ65万人の地方都市である。ブーメルデスには多数の大学があり、学研都市となっている。

### 3. 地震の概要

アルジェリア北部地域は、ユーラシアプレートとアフリカプレートの境界に位置している。この地域ではユーラシアプレートがアフリカプレートに対して年間5から6mmの速さで南東方向に移動している<sup>2)</sup>。このため、両プレートには圧縮力が作用しており、横ずれ断層および逆断層を震源とした地震が頻発している。過去に発生した地震の記録によれば、プレートの潜り込み運動にともなうマグニチュード8クラスの巨大地震は発生しておらず、マグニチュード7クラスのものがこの地域で起きた

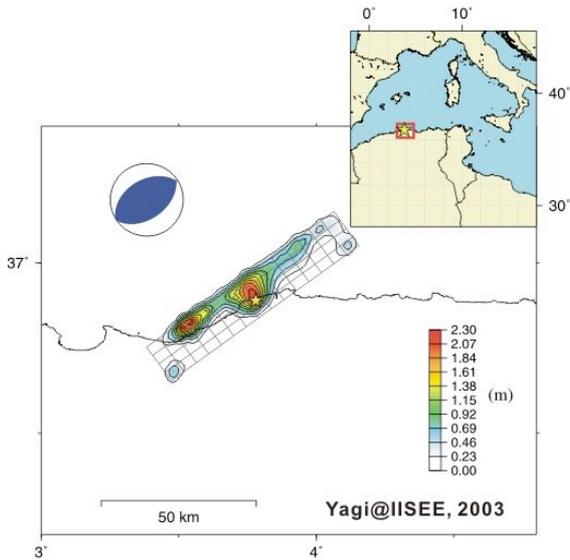


図-1 震源断層上の滑り分布(八木<sup>5)</sup>)

最大規模の地震である。

米国地質調査所(U. S. G. S)によると、2003年アルジェリア地震の震央は北緯 36.90°、東経 3.71° に位置し、震源深さはおよそ 10km である<sup>3)</sup>。震源断層はアフリカ側を上盤とする逆断層であり、今回の地震により海岸線付近で海底の隆起が報告されている<sup>4)</sup>。また、この断層はこれまで知られておらず、地震後、ゼムリ(Zemmouri)断層と名付けられた<sup>1)</sup>。図-1 に示した八木<sup>5)</sup>によって求められた断層面上のすべり分布によると、地表面付近に二つのアスペリティが存在したことがわかる。

今回の地震では 87 箇所の観測点で強震記録が得られ、そのうち、11 地点における記録がアルジェリア国立地震工学研究所(CGS)により公開されている<sup>4)</sup>。観測された全記録中の最大値は KEDDARA No.2 観測点(図-2)の EW 成分で 568gal とされているが<sup>4)</sup>、この波点形は公開されていない。得られた記録の中で、最も震源に近いものは、震源からおよそ 20km 離れた KEDDARA No.1 観測点(図-2)におけるものである。この観測点と気象庁震度換算で最大の値となった Dar El Beida 観測点の加速度時刻歴を

図-3 に、これらの波形と 1995 年兵庫県南部地震の神戸海洋気象台記録から求めた加速度応答スペクトルを図-4 に示す。神戸記録と比較すると、構造物に強く影響する 1 秒付近の成分が小さく、地震動としての破壊力はあまり大きくない。ただし、また、被害の激しかったブルデスやゼムリにおける本震の強震記録は得られていない。

#### 4. 構造物被害

##### (1) アルジェリアの耐震規準<sup>6)</sup>

アルジェリアでは 1954 年の Olreanville(現在の El-Asnam)地震による被害を受けて、建築物を対象とした耐震設計規準が制定された。この耐震設計規準は当時の宗主国であるフランス本国の規準をそのまま用いたものであり、プレート境界に位置して地震が頻発するというアルジェリアの地震環境を考慮したものではなかった。その後、1978 年になって、アルジェリア国立地震研究所(CGS)が、米国スタンフォード大学の技術協力を受けて、アルジェリアを取りまく地震環境を考慮した耐震設計に関するガイドラインを策定した。1980 年に El-Asnam 地震による被害を経て、このガイドラインに沿った設計が行なわれるようになった。1999 年になってようやくこのガイドラインが法制化され、RPA99 と呼ばれている。RPA99 では、建築物のベースシア  $V$  を次式で与えている。

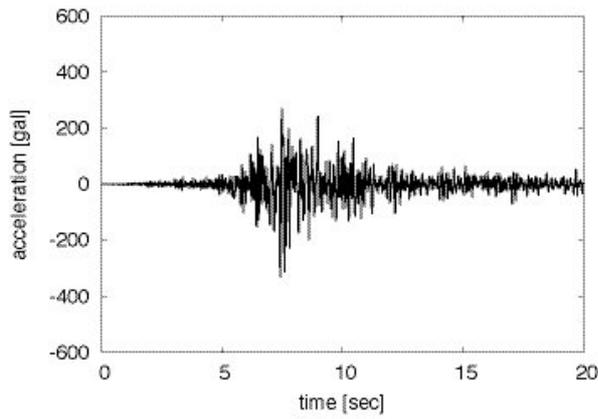
$$V = ADQW/R \quad (1)$$

ここで、 $A$  は地域係数で、建物の重要度と地域に応じて 0.1 から 0.35 の値をとる。 $D$  は地震動の増幅度に対応する係数で、地盤種別に応じて最大 2.5 までの値をとる。 $Q$  は建物の品質や形状の不規則さに対する係数で、最大値は 1.35 である。 $W$  は建物の全重量、 $R$  は建物種別に応じて与えられる係数で 2 から 5 の間の値をもつ。

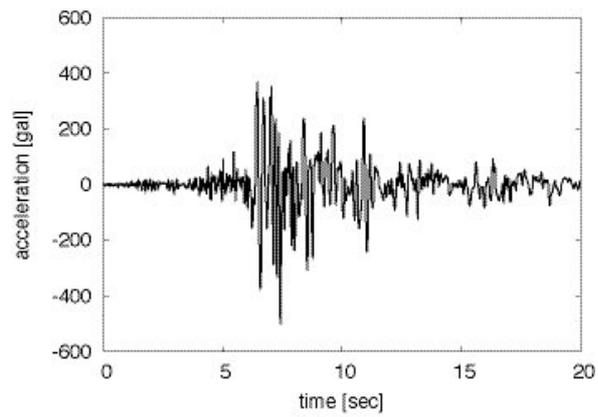
地域係数  $A$  はアルジェリア国内を 4 つのゾーンに分けて定められており、1954 年、1980 年の地震で大きな被害を受けた El-Asnam 周辺で最も大きな値が与えられている。この地震で被害を受けたブーメルデスと首都アルジェ近辺は、上から二段階目に危険度の高い地域として分類されていた。



図-2 震源と主な被災地



(a) Keddara No. 1



(b) Dar El Beida

図-3 加速度時刻歴

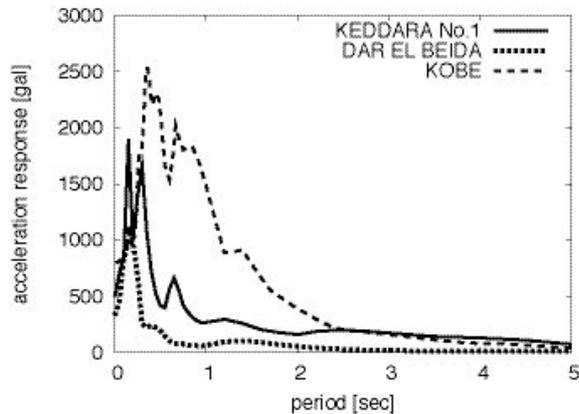


図-4 加速度応答スペクトル

アルジェリアにおいて一般的に見られるRCフレーム構造でレンガによる非構造壁を持つ建物の場合、ベースシア係数  $V/W$  は 0.1 程度となる。これは日本のRCフレーム構造建物に対して、三分の一程度の強度しか有していないことを意味している。

## (2) 建物被害

アルジェリア国立地震研究所(CGS)は、地震発生直後から一棟毎に建物被災度判定を行ない、その結果を公表している。CGSによる調査では建物の被災度を「緑」、「橙」、「赤」に分類しており、それぞれ無被害あるいは軽微な被害、使用可能性を判断するためには詳細な調



写真-1 レンガ壁の崩壊



写真-2 梁・柱接合部の損傷



写真-3 短柱のせん断破壊

査が必要、激しく損傷しており使用不可能な状態、にそれぞれ対応している。調査は 96,974 棟について行なわれ、緑判定 53,426 棟(55.1%)、橙判定 32,904 棟(33.93%)、赤判定 10,644 棟(10.97%)となっている。

アルジェリアでは、3、4階建てのRCフレーム構造で、非構造壁としてレンガが用いられる形式の集合住宅が多い。今回の地震でもこれらに多数の被害が生じている。この形式の建物の特徴的な被害としては、まず非構造壁であるレンガの崩落が挙げられる(写真-1)。特に低層部の壁



写真-4 Isser 川橋の地盤変状

が激しく崩れており、この壁の下敷になることで多くの犠牲者が出たと考えられる。

次に目立った被害として、梁と柱の接合部の損傷がある。レンガ壁が崩壊した建物の多くで、このタイプの被害も同時に見られた。写真-2に見られるように、この部位にせん断補強筋が配置されていない、コンクリートの品質が低い、主鉄筋が激しく錆ている、明かなコールドジョイントを生じているなど、元々の設計耐力の不足に加えて施工方法に問題があったと考えられるものが多い。

以上に加えて、短柱のせん断破壊も多数見られた。写真-3はブーメルデス市内の小学校の2階建校舎の1階部分の上部に設けられた採光窓部の短柱の損傷である。また、一般的な集合住宅では建物の最下層に半地下状のサンタリースペースが設けられていることが多い。このスペースでは、地表面と一階床との間に数十センチメートルの短柱が設けられており、この柱でせん断破壊を生じている。

### (3) 土木構造物被害

10,000棟を超える建物で深刻な被害が発生しているのに対して、土木構造物の被害は極く限られている。この理由として、震源近くは社会基盤が未発達で規模の大きな土木構造物が少ないこと、規模の大きなものは先進国からの技術協力の下で建設されており、一般の建物と比較して施工品質が良いこと、などが考えられる。

最も大きな被害を受けた橋梁は、国道24号線がIsser川を越える箇所に架けられたものである(以下、Isser川橋)。Isser川橋はプレキャストコンクリート製の単純桁が13本連なっており、全長は450mである。Isser川の両岸で側方流動が起きたことにより、橋脚が川側に移動している様子が見られた(写真-4)。地盤は最大で4mほど側方に移動しており、橋脚は最大で50cmほど動いている。地盤には噴砂跡が見られることから、地震時に液化化が発生したものと考えられる。橋軸方向に桁同士が衝突した形跡もあり、またいくつかの橋脚ではコンクリートブロック製の水平方向の移動制限装置に損傷が見られた。橋脚の移動により桁架かり長が著しく低下しているため、継続的な利用には何らかの補修が必要な状態であるが、完全に通行が不可能な状態には至っていなかった。

## 5. 人的被害

この地震による死者は2,278人、負傷者は11,450人に達した。死者、負傷者ともにブーメルデス県とアルジェ県に集中している。ブーメルデス県とアルジェ県はアルジェリア国内においては比較的人口密度の高い地域であり、人口の集中した地域と震源域が重なったことが犠牲者数の増大を招いたものと考えられる。

この地震による人的被害の大きな特徴として、30代未満の比較的若い世代に犠牲者が集中していることが挙げられる<sup>6)</sup>。これは、震源域に近く被害が集中したブーメルデスは1980年以降に発展した若い街であることに加えて、多数の大学が集まる学研都市であり、人口に占める学生の割合が高いためであると考えられる。

## 6. 特徴と課題

アルジェリアは1980年10月10日に発生したエル・アスナム地震によって、死者数が3000人を超える大被害を経験している。この地震の被害調査を行った国際協力事業団の報告書<sup>6)</sup>では、被害の特徴として、ラーメン構造の柱頭・柱脚における曲げ破壊、梁・柱接合部の損傷および短柱のせん断破壊が挙げられており、今回の地震によって発生した被害と酷似している。1980年エル・アスナム地震以後、耐震規準の整備が進められたにもかかわらずこのような被害が生じたのは、法制化されたのが1999年と遅く、その間に建設された建物の多くがこの規準を満たしていないためであると考えられる。また、設計上は規準を満たしているが、施工の問題により強度が不足している建物も多い。今回の地震による被害を受けて耐震規準の見直しが進められているが、この規準に何如にしたがわせるかがこの国に課せられた重要な課題である。

アルジェリアの首都アルジェにはオスマントルコ統治時代の街並みであるカスバが残されており、世界遺産にも登録されている。幸い、今回の地震による大きな被害の発生は報告されていないが、この貴重な文化財を将来の地震からどのように護るのかは、アルジェリアだけでなく人類で共有すべき課題であろう。

### 参考文献

- 1) Central Information Agency: The world factbook, <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/>
- 2) Argus, D.F., et al.: Closure of the Africa-Eurasia North America plate motion circuit and tectonics of the Gloria Fault, Journal of Geotechnical Research, 94, pp.5585-5602, 1989.
- 3) U.S.G.S. Earthquake Hazard Program: Magnitude 6.8 NORTHERN ALGERIA May 21, 2003, [http://neic.usgs.gov/neis/bulletin/03\\_EVENTS/eq\\_030521/](http://neic.usgs.gov/neis/bulletin/03_EVENTS/eq_030521/), 2003.
- 4) Laouami N., et al.: The 05/21/2003 Boumerdes Earthquake Preliminary analysis. Intern Report, CGS., 2003.
- 5) 八木勇治: 2003年5月21日アルジェリア北部で発生した大地震の震源過程, <http://iisee.kenken.go.jp/staff/yagi/eq/algeria20030521/algeria2003521-j.html>, 2003.
- 6) Japanese reconnaissance team: Boumerdes earthquake - The 21st May 2003, 2004.
- 7) 国際協力事業団: アルジェリア地震日本政府派遣技術協力チーム報告書, 1981.