

## 2003年アルジェリア北部の地震

### 報告4 : BOUMERDESでの震度分布について

小長井 一男<sup>1)</sup>、目黒 公郎<sup>2)</sup>、小野祐輔<sup>3)</sup>、Said Abd El-Fattah Said ELKHOLY<sup>4)</sup>

1) 正会員 東京大学生産技術研究所、教授 工博

e-mail: [konagai@iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:konagai@iis.u-tokyo.ac.jp)

2) 正会員 東京大学生産技術研究所、助教授 工博

e-mail: [meguro@iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:meguro@iis.u-tokyo.ac.jp)

3) 正会員 京都大学大学院都市社会工学専攻、助手 工博

e-mail: [ysk@quake2.kuciv.kyoto-u.ac.jp](mailto:ysk@quake2.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

4) 学生員 東京大学大学院社会基盤工学専攻

e-mail: [elkholy@prelude.iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:elkholy@prelude.iis.u-tokyo.ac.jp)

#### 要約

ブーメルデス (Boumerdes) は今回の地震で極めて大きな被害がでた町のひとつであるが、(1)市街地は地中海に面した南北約2km(北緯36°44'~46')、東西3km(東経03°27'~29')の狭い地域に集中しており、その中で被害の分布にかなりの差異が認められたことから、この地域に集中して(1)市街に広く分布する街灯の支持部モルタルの亀裂、(2)常時微動の計測を行い、これらを用いて被害の分布の状況を検討した。

キーワード： 2003年アルジェリアゼムリ地震、地震動分布、常時微動観測、微地形

#### 1. はじめに

ブーメルデス (Boumerdes) はアルジェリアの首都アルジェ (Alger) の西約36km(北緯36°44'~46'、東経03°27'~29')の地中海に面した学園都市である。このあたりは未固結のシルト質砂の堆積する標高およそ40m程度の台地を河川が削り、その丘陵地上にRCの中層住宅群と大学などの研究・教育機関を計画的に配している。RC建築群の被害は、主に1階柱の上下端、梁部との接合部の弱点に集中し、マッシブな2階以上を支えきれずに倒壊したもの、傾いたものが多く、その状況は、ブーメルデスの南西2kmに位置するコルソ (Corso)、東15kmほどに位置するゼムリ (Zemmouri) と同様である。ブーメルダスの市街地は南北2km東西3kmの狭い地域に集中しており、その地域の中でも被害の分布にかなりの差異が生じていたことから、(1)市街に広く分布する街灯の支持部モルタルの亀裂、(2)常時微動の計測を行い、これらを用いて被害の分布の状況を検討した。

#### 2. 地形と街灯支持部モルタルの亀裂分布

##### 2.1 街灯

数十メートル離れれば被害状況が変わる現地にあつて、そのゆれの状況をとどめる痕跡を探ることは重要である。そのためには現地に広範囲に存在し、かつ共通の特徴を持った構造体を使う

ことが考えられる。この地域はかつての宗主国フランスの影響を受け電柱と架空線を使わない一方、街灯はあらゆる道路に沿って整備されており、それらの支持部モルタルに生じた開口（亀裂）をゆれの地域分布を調べる指標とすることにした。街灯は高さの異なる3グループに概ね分類できる（表1）。

4m、6mの街灯が圧倒的に数が多く、10m以上のものは郊外から市街地に至る主要道路沿いに用いられている。

表1 街灯の曲げの固有振動数

4m pole	6 m pole	10 m pole
5.6 Hz	3.5 Hz	2.2 Hz

これらの街灯にはケーブル引き込みのため一部に切り欠き開口部がある。上記の表中の固有振動数はこの開口部に対し法線方向の揺れから得た値である。開口部に平行な方向にはねじれ振動のモードが確認できる。

## 2.2 地形状況

街灯の調査でGPS レシーバーで街灯位置のみならず調査ルートの高さを記録している。ただし気象状況や上空の見通しの良し悪しで、場所によって捕捉した衛星の数が異なっており、このため特に標高データはばらつきが激しい。しかしながら図1に示すように丘陵地が河谷によって2分されているなど地形の状況は把握できる。

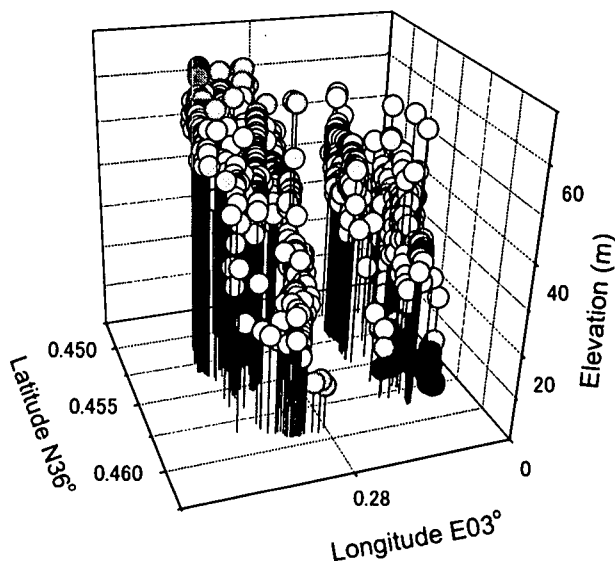


図1 ブーメルデスの市街地標高分布（GPS レシーバによる）：  
北側より俯瞰した状況

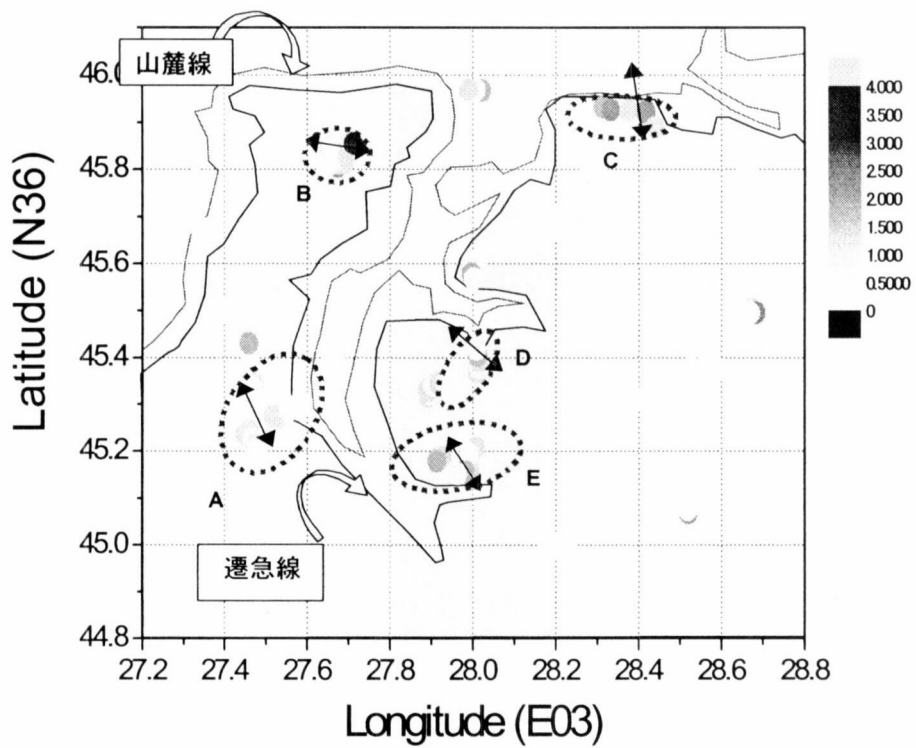
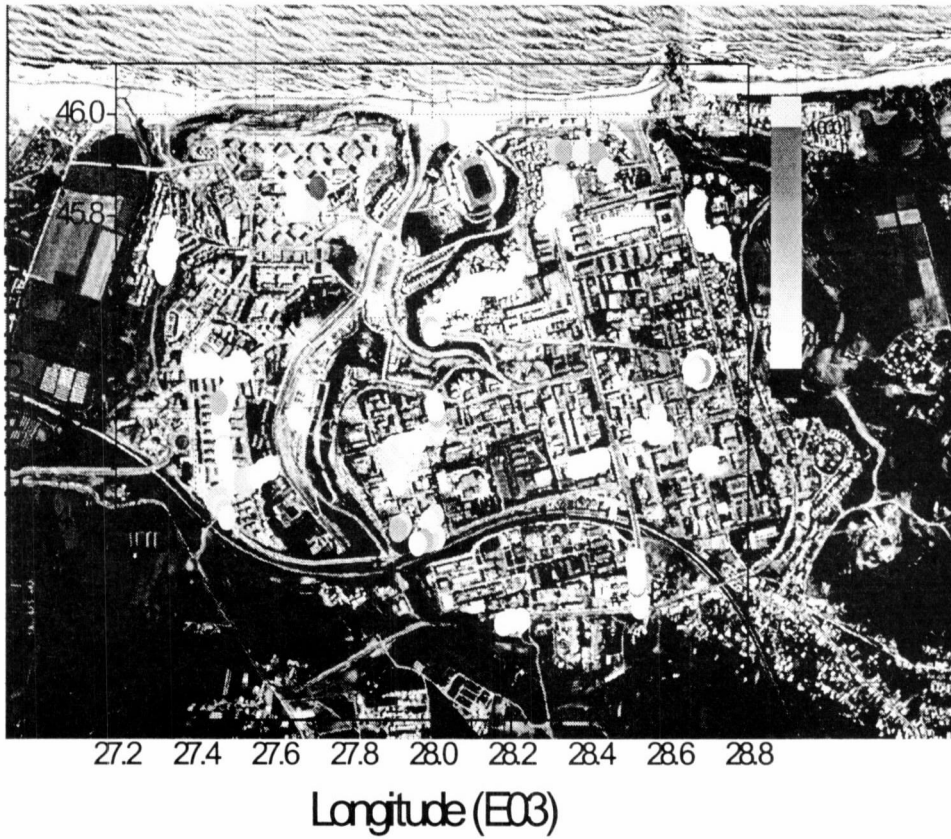


図2 ブーメルデス市内の街灯支持部モルタルの開口

### 2.3 開口の分布

図2に開口幅の分布を示す。開口幅の大きな亀裂が集中して認められる区域(図中A-E)は谷に沿った丘陵の遷急線に沿って分布しているようにも見える。これらの地域のうちA, D, Eの区域では概して多くのRC中層建造物(アパート)への被害が著しい。亀裂から推定される地震動の卓越方向は概ね北西-南東の方角である。

### 3. 常時微動

南北約2km、東西3kmのブーメルデスの市街地内で被害の分布状況がかなり異なることから、各地の表層地盤の特性を調査するために常時微動測定を行った。著者らが現地を訪問した時期は、重機による被災建物の取り壊しやその搬送などを盛んに行っている時期であり、常時微動測定を行うには条件が非常に悪い状況であった。しかしセキュリティ上の問題から、夜間の観測も不可能であったため、やむを得ずノイズレベルが非常に高いことを承知の上で観測を行った。ただし、同一箇所でも複数の観測データ(多くの場合5回程度の測定を実施)を収集し、これらの水平動と上下動のスペクトルの比を平均化しているため、ある程度のノイズは除去されているものと思われる。

常時微動観測結果に基づいて、地盤条件を(良好, 普通, 悪い)の3つに分類した。図3にそれぞれの典型的な観測結果を示すとともに、図4にブーメルデスの市街地全体を対象として、観測結果から得られた地盤条件の区分をプロットした。

図3の各図に示された青の直線はスペクトル比2を表しているが、地点CやDでは水平動の応答が地点AやBに比べ格段に大きくなっていることがわかる。地点CにおけるNS方向とEW方向の応答値を比較すると、この地点はEW方向に良く揺れていることがわかる。前章の図2における地点Bが図3と図4での地点Cに相当しているが、この地点では、図2の街灯の支持部分のモルタルのクラックの方向からもわかるように、街灯がEW方向により激しく振動していることから、地震動もEW方向により強かったことが推定される。ただし地点DはNS方向のみならず、EW方向にも大きく揺れている状況が観測された。

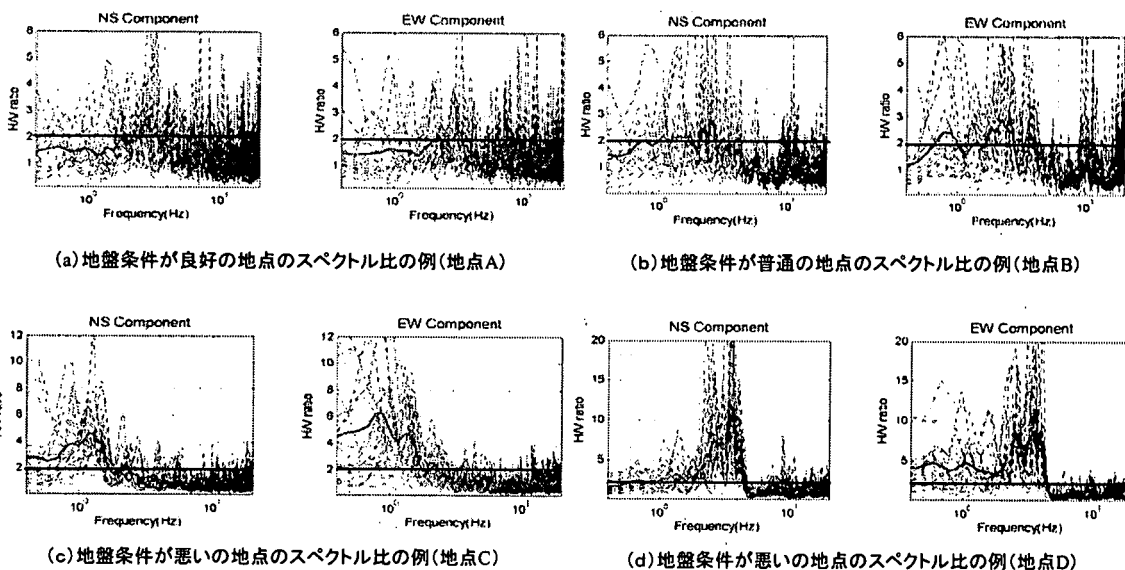


図3 常時微動計測による地盤条件の評価(水平動/上下動のスペクトル比)



図4 常時微動計測による地盤条件の評価（水平動/上下動スペクトル比）

ブーメルデスの市街地での建物被害の分布と図4の地盤条件との関係については、今後詳しく検討する予定であるが、著者らが現地調査した印象からすると、図4で地盤条件が「良好」と評価された地域での建物被害は一般に周辺に比べて軽微である。一方、地盤条件が「悪い」と評価された地域の何箇所かは建物被害率が高い地域である。これらの事実から、ブーメルデスの市街地での建物被害には、局所的な表層地盤特性や地形効果による地震動の増幅が影響を及ぼしていると考えられる。ブーメルデスの市街地は、丘陵地を人工的に平坦化して（丘を削り、谷を埋めて）造成したと思われることから、局所的に地盤条件の悪い場所は、窪地を埋めるなどして造成した地域である可能性も高い。