

研究速報

電柱・街灯基礎部の開口分布と地震被害

— 2003 年アルジェ・ブーメルデス地震および十勝沖地震から —

Some Challenges in Earthquake Damage Surveys

— Alger/ Boumerdes Earthquake and Off Tokachi Earthquake of 2003 —

小長井 一 男*・目黒 公 郎**・ヨハンソン ヨルゲン*・片桐 俊彦*・伊藤 寛倫*

Kazuo KONAGAI, Kimiro MEGURO, Jörgen JOHANSSON, Toshihiko KATAGIRI and Hironori ITO

1. はじめに

わが国には世界に類を見ないほど稠密に地震観測網が張り巡らされている。図1は関東地方に展開する気象庁地震計と各地方公共団体が管理する計測震度計の分布である。気象庁の地震計は全国で約600地点にのぼる(気象官署約150箇所、都市部約130箇所、郡部約140箇所、津波地震早期検知網の観測点約160箇所、機動観測点約20箇所)。単純に計算してみても1都道府県あたり10地点以上の震度計が設置されていることになる。これに加えて防災科学技術研究所は兵庫県南部地震の翌年1996年に整備された

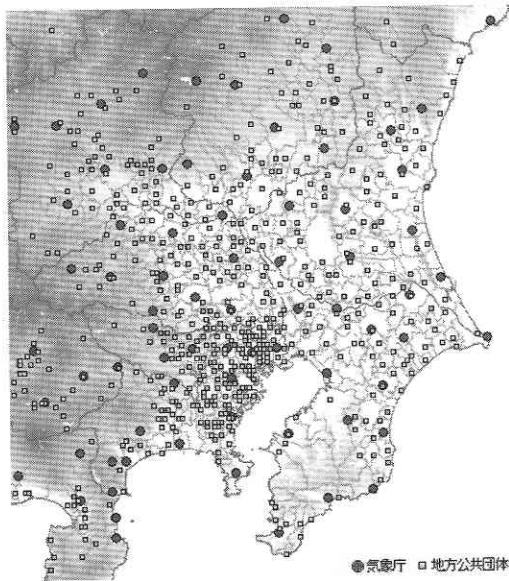


図1 関東地方における気象庁の強震計および地方自治体の計測震度計の配置

(http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/intens_st/Kanto.html)

*東京大学生産技術研究所 人間・社会部門

**東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

全国1000箇所を越える観測地点(K-net)からのデータを常時ウェブ上で公開している。さらに国土交通省港湾局などが管理する港湾地域強震観測網、国土交通省および建築研究所の強震観測システムなどもある。

一方諸外国の地震被害の調査では強震計が数台しかなく、しかもまともに記録のとれたものはさらに数が限られてしまうことも少なくない。わが国は桁違いに地震情報が充実しているのである。

しかしながらいざ現実の被害の詳細に立ち入ると、微地形や地質、旧地形の影響などで道一つ隔てて被害の様相が大きく変わり、この稠密な地震観測システムをもってしても被害分布を記述するには未だに“疎ら”の観を否認めない。被害調査は実際の地震が地域に残した貴重な教訓を残すものである以上、計測の困難な現場から“数値化された”データをどのように得るかのノウハウの蓄積が欠かせない。ここでは電柱や街灯を用いた“地震動の分布”の試みを2003年に頻発した被害地震の調査をもとに示すことにする。

2. アルジェ・ブーメルデス地震

2003年5月21日19:45(現地時間)にアルジェリアの北岸沖(北緯36.9°東経3.71°)10kmの深さを震源とするマグニチュード6.7の地震が発生し、1000名を超える死者、負傷者7000人以上を出すに至った。この震源に近い地中海岸に面するブーメルデス(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・教育機関が計画的に配されている。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

研究速報

西2 kmに位置するコロソ(Corso), 東15 km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2 km 東西3 km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。

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)。4 m, 6 mの街灯が圧倒的に数が多く, 10 m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。

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中層建築物への被害が著しい。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。

各地の表層地盤の特性を調査するために併せて常時微動計測を行った。調査を行った時期は, 重機による被災建物の取り壊しやその搬送を盛んに行っている時期であり, 常

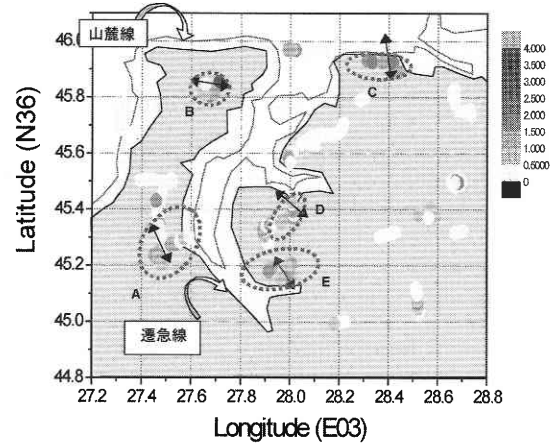


図2 街灯支持部モルタルの開口

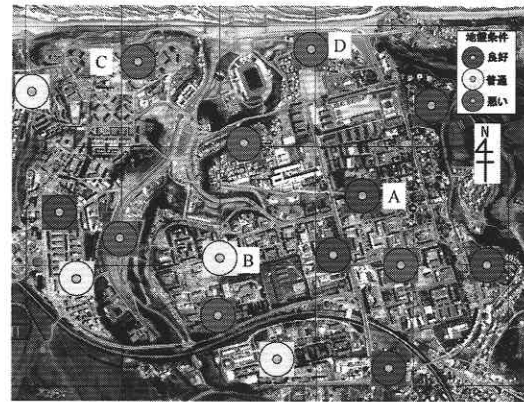
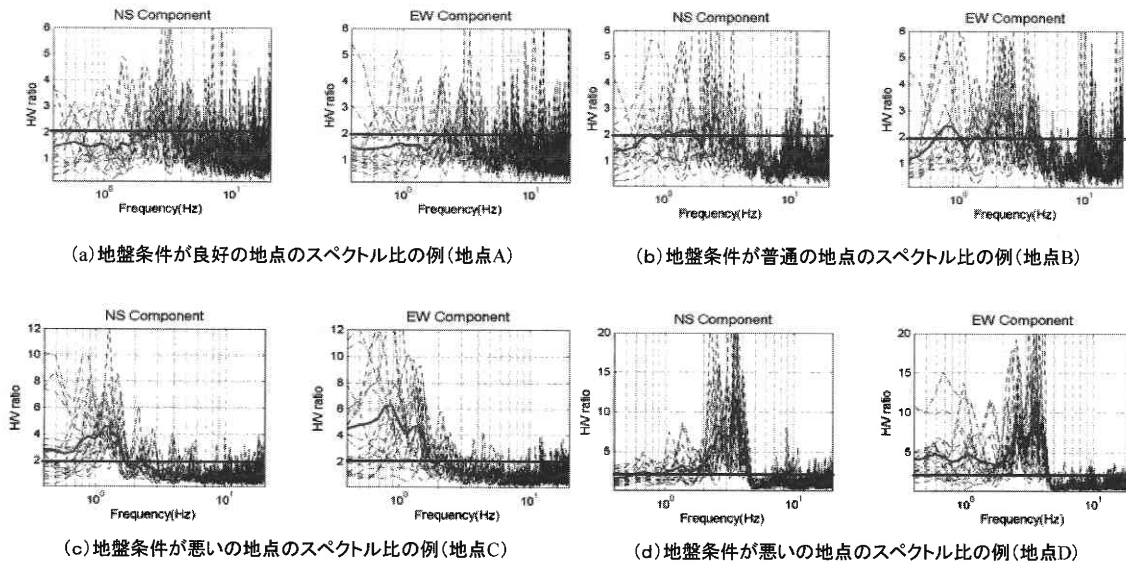


図3 常時微動計測による地盤条件の評価

表1 街灯の曲げの固有振動数

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



(a)地盤条件が良好の地点のスペクトル比の例(地点A)

(b)地盤条件が普通の地点のスペクトル比の例(地点B)

(c)地盤条件が悪いの地点のスペクトル比の例(地点C)

(d)地盤条件が悪いの地点のスペクトル比の例(地点D)

図4 ブーメルダスでの常時微動観測例

時微動測定を行うには条件の非常に悪い状況であったが、同一箇所でも5回程度の測定を実施し、これらの水平動と上下動のスペクトルの比を平均化し、極力ノイズの影響除去を行った。

常時微動観測結果(図4参照)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4)。図2の地点Bが図3, 4での地点Cに相当しているが、この地点では、地震動もEW方向により強かったものと推定され、これは街灯支持部分モルタルのクラックの方向(図2)とも整合する。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。

ブーメルデスの市街地での建物被害の分布と地盤条件との関係については、今後さらに詳しく検討する予定である。しかしながらここに示した街灯基部の亀裂分布や常時微動の結果から地盤が悪く揺れの大きかったと推定される地域にかなりの建物被害が認められ、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。

3. 十 勝 沖 地 震

地形と地震動分布の推定

2003年9月26日に北海道襟裳岬東方沖を震源とするM8.0の地震が発生した。この地震では広域にわたり5強, 6弱の震度が記録されている。それだけに地形や地質の影響を受け、その震度分布は複雑であったものと推定される。震度分布を押し量るため電柱基礎部に生じた楕円形の開口の大きさと方向を調べた。十勝平野の南西部は日高山脈と豊頃丘陵に挟まれて、古期扇状地および段丘堆積物が広く広がっている。そしてこれらを大きく回りこむように十勝川が流下している。電柱の開口は、十勝川沿い沖積平野部、その東部の白糠丘陵そして南部の古期扇状地の丘陵地形内を流れる河川(浦幌川, 歴舟川), 海岸沿いの低地(直別など), そして丘陵縁辺部(虫類から大樹に至る3段の段丘および十勝港南部の台地など)で大きくなっている(図5)。全体的には南から東の方角に電柱が押されたケース、すなわち電柱の北から西側に開口が認められるものが多く、その傾向が特に顕著な帯広東部で全数27本の81%にあたる22本に達している(9月27日の調査時点)。虫類から3段の段丘を降りて歴舟川に沿って広がる大樹に至る地域では、段丘縁辺部、および沖積低地で開口が認められる。広尾南部の段丘縁辺部でも斜面がやや滑動して、家屋が傾いたところもある。人工的な盛土も一部にあるように見え

る。卓越した揺れの方角は十勝川沿いほど明確ではないが、南東および東向きに押された形跡を示すものが多い。一方帯広空港のある広大な台地上では電柱開口は調査した範囲で皆無に近い。以下に代表的な地点での状況を列記する。

広尾:

津波の被害の顕著な十勝港の南部の丘陵地(急傾斜地域)では、斜面がやや滑動して、傾いた家屋、そして家屋の背

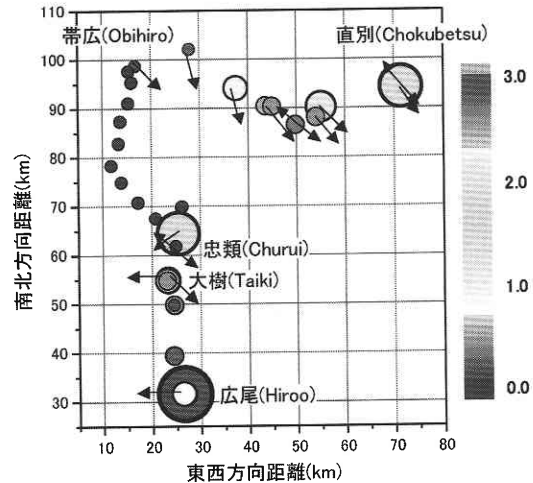


図5 電柱基部の開口の大きさ(円の半径, および色)と主要な方向(9月29日までの集計)

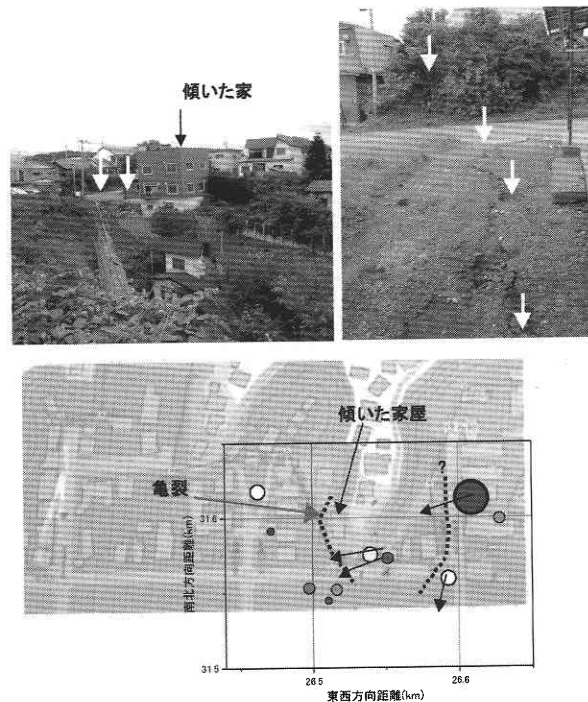


図6 十勝港南背面の丘陵上の家屋と電柱の開口(広尾)

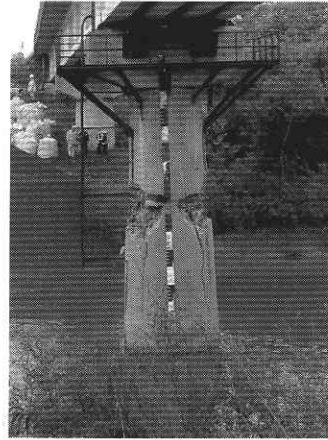


図9 浦幌川橋梁橋脚

が、段丘崖付近でやや大きな目の開口も部分的に見当たると。役場屋上にある2層の円形タワーが崩壊。タワーの取り壊しが9月28日に始まった。

JR 根室線浦幌川橋梁：

4径間単純支持（1スパン30m）、4主桁、のコンクリート橋梁である。河川中央の最も高い橋脚（円形断面、高さ9.5m）に橋軸直角（上下流）方向にゆすられたと

考えられる左右対称のせん断亀裂が生じている。隣接する水位観測設備の鉄製ポール根元にS45Eの方角で5mmの開口が認められた。橋脚の破壊形態と整合的である。

直別：

特急まわりも脱線の現場近くである。国道38号線沿いの電柱基部の開口楕円主軸は概ね南南東＝北北西に向く（図5）。線路に対しほぼ直角方向である。ここには防災科学技術研究所のK-net観測点（HKD086）がある。

4. ま と め

2003年はここで紹介した2つの地震に加えて、5月26日に宮城県沖（マグニチュード7.0）、そして7月に同じく宮城県北部で1日に3回もの強い揺れを生じた宮城県北部地震（マグニチュード6.2（最大））などが頻発した。これらの地震のもたらした被害は多かれ少なかれその土地の微地形や地質、そして旧地形の影響を受け変化しており、それは現在の地震計ネットワークの網目では表現しきれない。ここでは著者らが2001年エルサルバドル地震以来試みてきた電柱などの被害程度から地震動の分布を推し量る方法を本年の2つの地震被害調査に適用した例を紹介した。十勝沖地震では広域にわたって地震計記録が得られたことから、今後電柱基部開口と地震動パラメータとの関連をより詳細に検討できるものと思われる。

（2003年10月27日受理）

参 考 文 献

- 1) 気象庁ウェブサイト、震度観測点一関東一：
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/intens_st/Kanto.html
- 2) アルジェ・ブーメルデス地震被害調査速報会、日本地震工学会・土木学会、2003年8月。
- 3) 十勝沖地震被害調査速報会、土木学会、2003年10月。

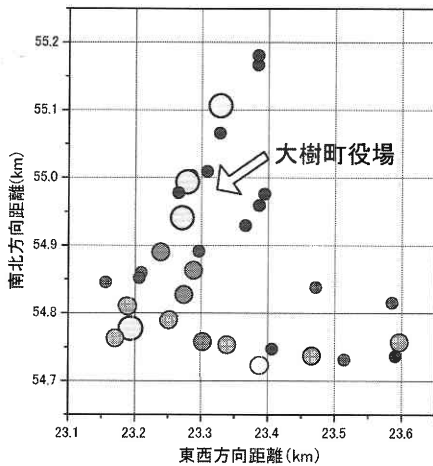


図7 大樹町役場の被害と付近の電柱開口

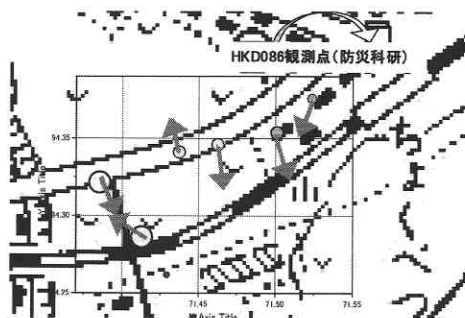


図8 直別駅近くの電柱の動き

面に沿っての亀裂が認められた（図6）。このあたりは急傾斜指定地域である。段丘下部の平地では開口した電柱は調査した範囲で見当たらない。

大樹町：

忠類から大樹まで3段の段丘、段丘縁部から最下段の大樹のあたりで開口が目立つ。しかし、十勝川沿いほどではない。全体的に見ると最下段にあたる街中で亀裂が目立つ