

電柱の残留ひずみ調査によるバム近郊の震動強度分布推定

産総研活断層センター 正会員 吉見雅行，東大生産研 正会員 小長井一男
東大生産研 学生会員 Alireza FARAHANI，東大生産研 学生会員 Hossein TAHGHIGHI

1. イラン南東部地震の概要

発生場所：イランイスラム共和国，ケルマン州 バム近郊（イラン南東部）（図1，図2）

発生日時：2003年12月26日午前5時26分26秒（現地時間）GMT+3.5，地震規模：Mw=6.5

震源位置：Lat. = 28.990°N，Lon. = 58.288°E

震源深さ：10km (USGS：アメリカ地質調査所)

断層長さ：40km程度

地震タイプ：横ずれを主成分とする高角逆断層．傾斜角 63° 走向 173° (USGS)

被害概要：地震としては中規模であるが，バム直下の震源断層から地震エネルギーが放出されたため，バム市および周辺の集落に甚大な人的被害および構造物被害が発生した．

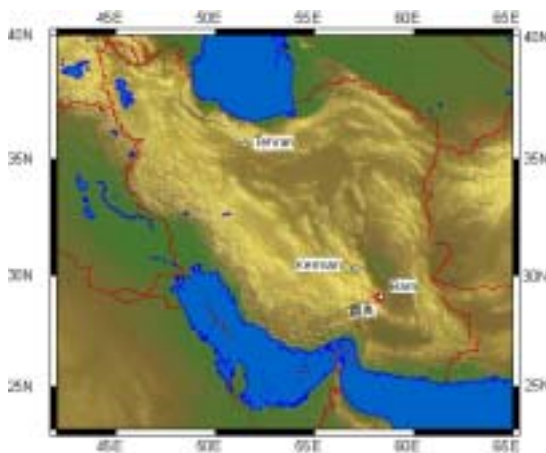


図1 震央位置

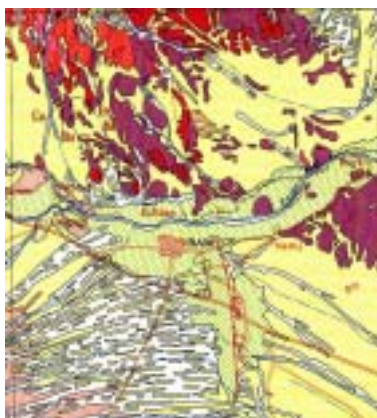


図2 バム近郊の地質図（イラン地質調査所）

2. 電柱の残留ひずみ調査

バム地震の本震時の揺れの強さ分布を推定することを目的とし，電柱の地震による損傷の調査を行った．

地震当時バムには BHRC (Building and Housing Research Center) の強震計が1台設置されており，最大速度 120cm/sec 超の大震動が記録された(図3，図4)．この記録は 45000 人の犠牲者を出した地震動の唯一の記録であり貴重であるが，バムの被害率分布を説明するためには，さらに，地震動強度分布を推定する必要がある．

電柱は，1) 被害域に広範囲に見られ，2) 損傷は受けるが致命的な損傷を受けるものが少なく，3) 構造形式および品質が一定であることが期待される．そこで，地震動による電柱の損傷を定量化し，地震動分布を評価する．

電柱の損傷形態は，曲げ，倒壊，曲げひび割れ，モルタル剥落，せん断破壊，であった．これらのうち，曲げひび割れ(図5)を測定対象にした．測定項目は，亀裂開口幅，亀裂の地上高，亀裂方位（亀裂が多く見られる面の向き），電柱高さ，電柱位置である．亀裂開口幅の総和を亀裂が見られた範囲の幅（最大高さ - 最小高さ）で除し，これを電柱の残留ひずみ量とした．一本の電柱からは一方向（東西，南北等）の揺れに対応したひずみ量が得られる．なお，電柱の断面は長方形で異方性があるため，強軸方向の曲げに限定して水平亀裂を測定した．

測定範囲は，バム市内の被害甚大域（旧市街），中被害域，小被害域，BHRC の強震計設置点周辺，IIEES の余震観測点周辺，バム北部の道路沿い，バム南部の幹線道路沿い（東西 30km）などバム市から半径 15km ほどにわたる(図6)．電柱はたいてい強軸面が道路に面しており，一本の直線道路に沿うと一方向のひずみしか測定できない．そこで可能な限り交差点から延びる2方向の道路に沿って測定

した。バムの道路は主に東西、南北方向に通じていたため、主に南北、東西方向のひずみを測定した。

バム市内には幅の大小、穴の有無、長さ等の異なる数種類の電柱があった。このうち、長さ 10m、穴有り、幅 30cm、奥行き 18-20cm の電柱（市街地に分布）、および、長さ 12m、穴なし、幅 40cm、奥行き 30cm の電柱（郊外の道路沿いに分布）の 2 種類の電柱を調査の主対象とした。2004 年 2 月 18 日から 22 日までの 5 日間で 270 本の電柱、1300 本以上の亀裂を測定した。



図 5 電柱の曲げ亀裂

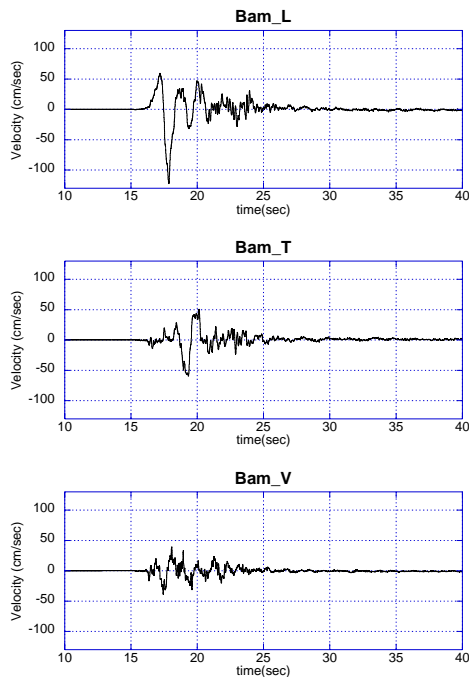


図 3 BHRC Bam 観測記録 速度変換波形 (L: 278 deg., T: 8 deg., V: vertical)

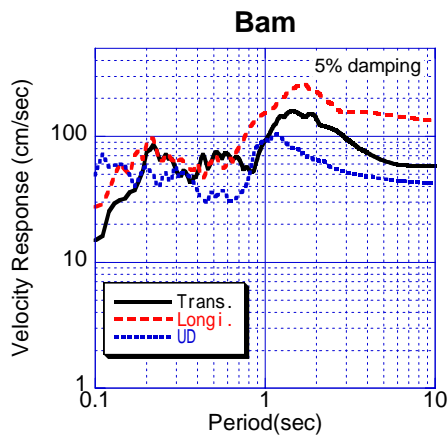


図 4 速度応答スペクトル

3. 測定結果

方向別平均ひずみ量を、比較的近い地点ごとに平均した。この平均残留ひずみ量を地図に重ねて示す（図 7、図 8）。

ひずみ量分布：地震計設置点周りの平均ひずみ量（EW）は 0.078% であった。最大の平均ひずみ量はバム中心部の被害激甚域中央部で測定され、0.101% である。概して、南北に延びるメイン通り沿いのひずみ量が大きく、その周辺（バム南東部の被害激甚域、郊外を含む）はひずみ量が 0.03% 程度と小さい。

被害との対応：最大の平均ひずみ量が得られた地域は、構造物はほとんど崩壊し、電柱も倒壊しており、地震動が特に強いと見受けられた地域である。一方、バム南東部の被害激甚地域では、ひずみ量は 0.03% 程度とバム南西部や北部の中被害域と同程度であり、電柱のひずみ量と被害の激甚さに対応しない。建物と電柱の固有周期帯が異なることや、建物の強度の違い、電柱周りの地盤の固さの違いが影響しているものと考えられる。

ひずみ量の方向性：ほとんどの地点で東西方向のひずみ量が南北方向のひずみ量より大きい。強震記録の特徴と一致する。被害域では、東西方向に面した外壁のみの倒壊（図 9）、建物が東西方向に圧された変形例が数多く見られたが、これらの現象と一致する結果である。また、断層近傍では断層線直交方向の震動が卓越する知見とも一致する。

4. おわりに

電柱のひずみ量と地動強度を定量的に結びつけるのは難しい。しかし、地動と関連する何らかの指標を用いた調査は、地震動分布を理解する上で重要であり、今後も続けられるべきである。

謝辞

調査の遂行にあたり、日本およびイランの関係各機関の協力を得ました。また、本文中で BHRC の地震記録を使用しました。ここに記し感謝します。

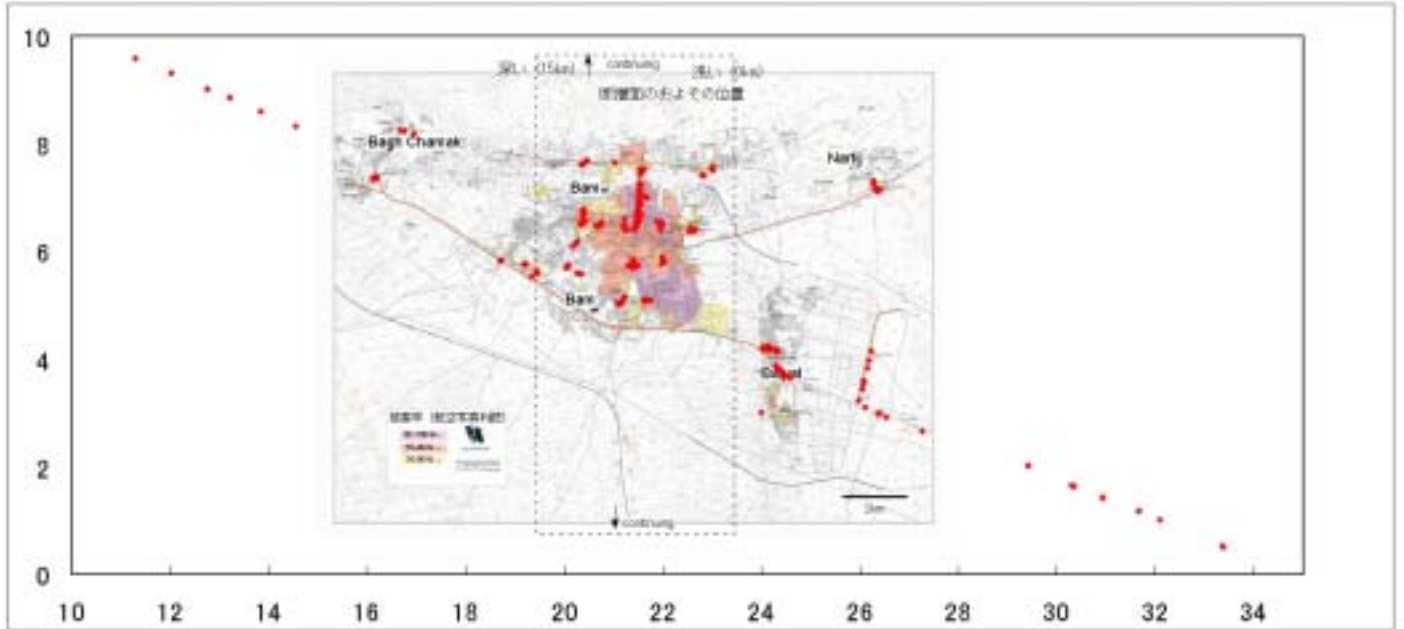


図6 IIEES による被害率および測定個所 (IIEES の調査報告書に地名等を加筆)

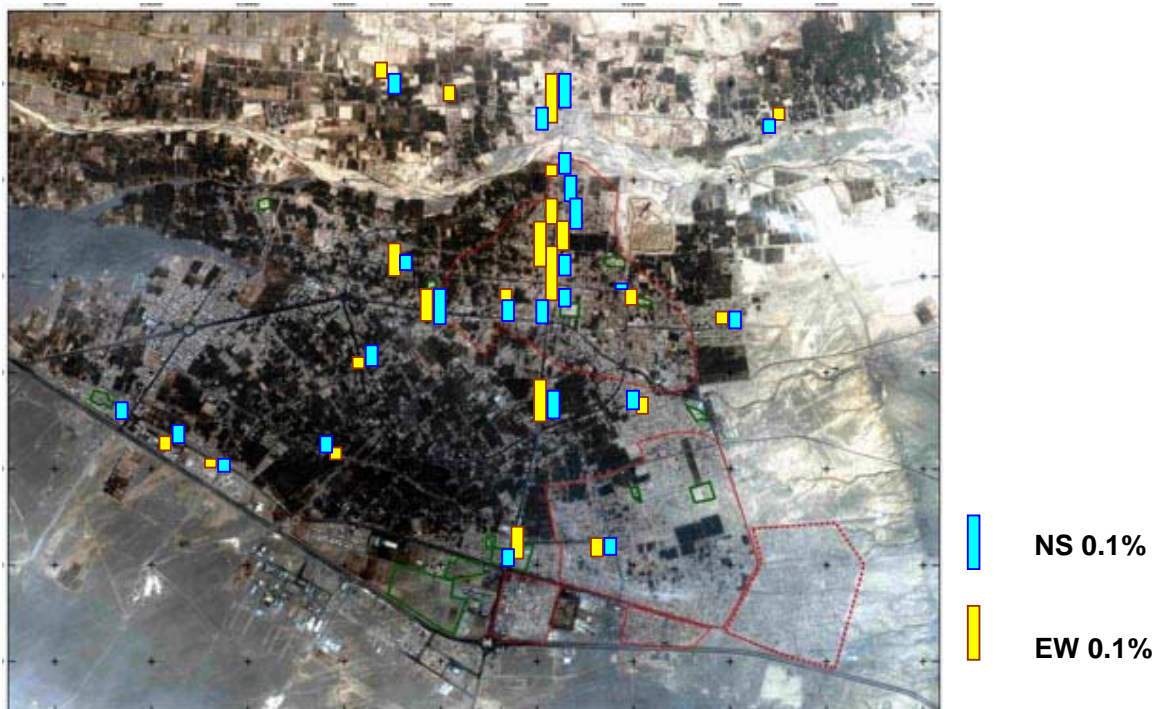


図7 平均ひずみ量分布 (バム市街)



図8 平均ひずみ量分布（バム郊外）



図9 地震被害の方向性の一例（同一地点から撮影）
 左：南を望む，右：西を望む
 東西方向に面した壁はすべて倒壊，南北方向に面した壁は残っている