

2018年島根県西部地震における石造物変状

林 広樹・宮本広富美（島根大・総合理工）

1. はじめに

2018年4月9日午前1時32分に、島根県大田市東部を震源とするマグニチュード6.1の地震が発生した（2018年島根県西部地震）。この地震の震源の深さは約12 kmで、防災科学技術研究所（以下、防災科研）F-netによるCMT解は西北西－東南東方向に圧力軸をもつ横ずれ断層型である（図1）。また、余震分布が北北西－南南東方向に配列していることから、この走向の節面による左横ずれ運動が示唆される（図1）。こうした地震活動の性質は、三瓶－三次地震列（林，2016）の一般的特徴と一致する。

図 1

この地震では、K-net大田観測点（大田市大田町）で震度5強を記録し、大田市および周辺地域で負傷者9名、家屋全壊14戸、半壊54戸、一部損壊499戸といった被害が生じた（島根県防災部防災危機管理課資料）。建造物被害が特に集中した地域は、大田市北東部の波根港～波根西にかけての低地帯である。被害家屋では建造物基礎の不同沈下が顕著に見られ、また、被害家屋周辺で路面の波状変形や噴砂が認められたことから、この地域の建造物被害は主に地盤の液状化に伴う基礎の不同沈下が原因と考えられる。なお、この地域は震央から北西に約9 km離れており、最大震度5強を記録した大田観測点の震央距離（約8 km）とほぼ等距離である。しかし、余震分布から想定される起震断層の北方延長にあたり、ディレクティブ効果によってより強い振動が想定されること、海沿いで軟弱地盤が分布する地域であることから、実際には大田観測点よりも大きな振動に見舞われた可能性も否定できない。

我が国には世界にも類を見ないほど高密度の地震観測網が整備されてきているものの、島根県内ではせいぜい20～30 km間隔であり、実際の建造物被害分布と詳細な対比を行うには不十分である。観測点における強震動記録を補うものとして、観測点よりも高密度に分布する墓地に着目し、墓石の転倒率や転倒・回転方向から局所的な強震動の性質を推定する試みが多数実施されてきている（澤田ほか，1997，1998，2002；林ほか，2001；加藤ほか，2008；古川ほか，2009など）。我々は島根県西部地震の直後に緊急被害調査を実施し、顕著な建造物被害の認められた大田市波根西の墓地

(図 2), および震度 5 強を記録した大田観測点直下の墓地(図 3)で, 石造物の転倒方向の調査を実施した. 予察的な成果については 2018 年 4 月 11 日に開催された山陰防災フォーラムの緊急報告会で報告したが, 本論文ではその後実施した強震動記録の解析も含めて総合的に検討した結果を報告する.

図 2

図 3

2. 墓地における石造物の転倒方向調査

大田市波根西では, 苧田神社の北西約 100 m に位置する, 東西約 20 m, 南北約 30 m の 50 区画ほどの墓地を検討対象とした(図 2). 墓地は大森層を基盤とする丘陵地の, 標高 25 m 前後の緩斜面上に整地されている. 墓石の転倒は稀であり, 倒壊事象のほとんどは墓前灯籠であった(図 4). また, 多くの墓前灯籠で右回り回転が認められた(図 4). 全 32 基の倒壊石造物の転倒方向は東北東方向に集中していることから, 西南西方向の最大主要動が示唆される(図 5).

図 4

図 5

大田市大田町では, 大田観測点が立地する鳴滝公園の北東側直下, 東西約 80 m, 南北約 40 m の 150 区画ほどの墓地を検討対象とした(図 3). 大田観測点と墓地は川合層砂岩礫岩を基盤とする丘陵地に立地し, 墓地の標高はおよそ 25 m である. ここでは特に墓石の 20°~30° 前後の右回り回転が顕著に見られ, 転倒事象は波根西と同様に墓前灯籠において認められたが, 倒壊率は比較的軽微であった(図 6). 全 16 基の倒壊石造物の転倒方向は西北西に集中していることから, 東南東方向の最大主要動が示唆される(図 7).

図 6

図 7

3. 震央周辺の観測点における粒子軌跡との比較

墓石の転倒・回転方向は, その地点における最大主要動の粒子軌跡に対応していることが知られている(澤田ほか, 1997, 1998, 2002). 本研究では島根県西部地震における震央付近の主要動を考察するため, 震央を囲む 6 地点の粒子軌跡を解析した. 用いた観測点は, K-net 大田観測点(SMN006), KiK-net 邑智観測点(SMNH04), KiK-net 吉田観測点(SMNH12), K-net 掛合観測点(SMN016), KiK-net 佐田観測点(SMNH03), K-net 出雲観測点(SMN005)である. 解析には全て地表強震計の記録を用い, 積分により変位粒子軌跡を求めた.

粒子軌跡により求められた最大主要動の方位は, 想定される起震断層より西側の観測点(大田, 邑智)では南南東, 東側の観測点(吉田, 掛合, 佐田, 出雲)では西~北西であった(図 8). これは, 本震の左横ずれ

図 8

運動からモデル計算によって想定される粒子軌跡と良く一致する（図 9）。

大田観測点の粒子軌跡では，左回りの回転運動と，それに引き続く大きな南東方向の直線的往復運動が認められた（図 7）。これは観測点直下における石造物の右回り回転（図 6），および西北西方向の転倒と良好に対応している（図 7）。したがって，この地点での石造物の転倒・回転は，島根県西部地震の左横ずれメカニズムから推定される粒子軌跡分布を反映したものであると考えられる。一方，波根西における粒子軌跡は未知であるが，起震断層の北西側延長に位置することから，モデル計算では断層面と直交方向の振動，および左回りの回転が示唆される（図 9）。したがって，波根西における石造物の東北東方向の転倒，および右回り回転も，この地点における最大主要動の方位を反映したものである可能性が高い。

4. まとめ

K-net 大田観測点では，強震動記録と石造物変状の直接比較を実施することができた。それにより，島根県西部地震における石造物転倒方向はその地点の最大主要動の向きを反映していることが確認され，強震記録を補うことができるものと考えられる。

震央付近の 6 観測点における粒子軌跡，および 2 カ所の墓地における石造物転倒方向および回転から示唆される最大主要動の方位は，起震断層の左横ずれメカニズムからモデル計算によって推定される粒子軌跡分布と調和的である。したがって，島根県西部地震では，断層運動からモデルにあてはめて推定される主要動方位の分布から，実際の地震被害との関連を考察することが有効であると考えられる。

謝 辞

データの解析にあたっては，強震観測網より公開されているデータ，および気象庁の一元化震源データを使用させて頂いた。気象庁の一元化震源データには，気象庁の他，地震観測に関わる各地の大学や諸機関のデータが利用されている。データの表示には GMT (Wessel and Smith, 1991) を使用した。粒子軌跡の表示には ViewWave 2.2.2 を用いた。地形データには国土地理院提供の基盤地図情報を用いた。本研究経費には島根大学重点研究「山陰地域をフィールドとする沈み込み帯での自然災害の予測・軽減技術の開発」(研究代表者：汪 発武 総合理工学研究科教授)を用いた。

以上の方々および関係諸機関に心からの感謝を表する。

文 献

- 古川 愛子・大塚久哲・三輪 滋・小野達也，2009；墓石の地震時転倒基準の提案および適用性の検証．土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，65，544-553.
- 加藤 清次・柏木健司・道家涼介・香川 真・小林裕幸・野村彩香・藤川浩一・田縁陽一・小宮路清孝・石若寛子・松井隆志・須田明弘・厨井 満・佐伯孝・米林 博・野坂泰弘・林 昭司・増山孝幸・吉澤杉洋・米丘 誠・松元啓輔，2008；2007年能登半島地震による能登半島南部地域の墓石・灯籠の変位について．福井県立恐竜博物館紀要，7，45-66.
- 林 広樹，2016；島根県における2001年以降の地震活動と地形および地質との比較．島根大学地球資源環境学研究報告，no.35，17-24.
- 林 康裕・北原昭男・平山貴之・鈴木祥之，2001；2000年鳥取県西部地震の地震動強さの評価．日本建築学会構造系論文集，no.548，35-41.
- 澤田 純男・土岐憲三・飛田哲男，1997；墓石の回転挙動と地震動特性．第24回地震工学研究発表会講演論文集，173-176.
- 澤田 純男・土岐憲三・飛田哲男，1998；墓石の回転挙動から推定される地震動特性．土木学会論文集，no.598，I-44，287-298.
- 澤田 純男・仲村万紀子・野津 厚，2002；断層近傍における地震動の粒子軌跡特性．土木学会第57回年次学術講演会，I-886.
- Wessel, P., and Smith, W.H.F., 1991; Free software helps map and display data. EOS, Trans. Am. Geophys. Union, 72(41), 441.

所属：島根大学総合理工学部

住所：〒690-8504 松江市西川津町 1060

図表の説明

図 1 島根県中央部における 2018 年 4 月 9 日～4 月 15 日までの気象庁一元化震源（震源の深さ 0～20 km まで）の分布図上に、本調査で検討した波根西および大田観測点の位置を示した。なお、マグニチュード 0 以下の震源は除外した。囲み内の震源球は防災科研 F-net による 2018 年島根県西部地震の CMT 解を示す。

図 2 波根西の墓地の位置図。地形図は国土地理院電子国土 Web による。

図 3 大田観測点近傍の墓地の位置図。星印は防災科研 K-net の大田観測点を示す。地形図は国土地理院電子国土 Web による。

図 4 波根西の墓地における石造物の変状。写真左：墓前灯籠の右回り回転。写真右：墓前灯籠の倒壊。

図 5 波根西の墓地における石造物倒壊方向のローズダイアグラム、およびその卓越倒壊方向から示された最大主要動の方位（矢印）。

図 6 大田観測点近傍の墓地における石造物の変状。写真左：墓石の右回り回転。写真右：墓前灯籠の倒壊。

図 7 左図：大田観測点における強震動の粒子軌跡。特徴的な主要動の向きを矢印で示した。右図：大田観測点近傍の墓地における石造物倒壊方向のローズダイアグラム。卓越倒壊方向が示唆する最大主要動の方位を矢印で示した。粒子軌跡における卓越主要動の向きと類似している。

図 8 2018 年島根県西部地震の本震周辺における強震観測点の粒子軌跡、および墓石の倒壊方向に基づく最大主要動の方位を、2018 年 4 月 9 日～15 日の気象庁一元化震源（震源の深さ 0～20 km）の分布図上に示した。なお、なお、マグニチュード 0 以下の震源は除外した。それぞれの粒子軌跡における、原点から見て最も遠い変位点への方位を最大主要動の向きと見なし、太矢印で示した。

図 9 澤田ほか（2002）のモデル計算に基づき、左横ずれ断層の近傍における粒子軌跡の分布を概略的に示

した．このモデルでは全無限地盤および水平成層を仮定している．また，この地震における断層面上のすべり量分布が未知のため，断層の破壊方向については考慮せず，断層面全体の同時破壊を仮定している．その他のモデルパラメーターについては澤田ほか（2002）を参照のこと．

















