

地震による墓石の飛び跳ね現象と衝撃的地震動の場の特徴

—淡路島北部における兵庫県南部地震による被災例—

JUMPING-UP OF HEAVY LONG PRISMATIC TOMBSTONES BY THE HYOGOKEN-NAMBU EARTHQUAKE

服部 仁*

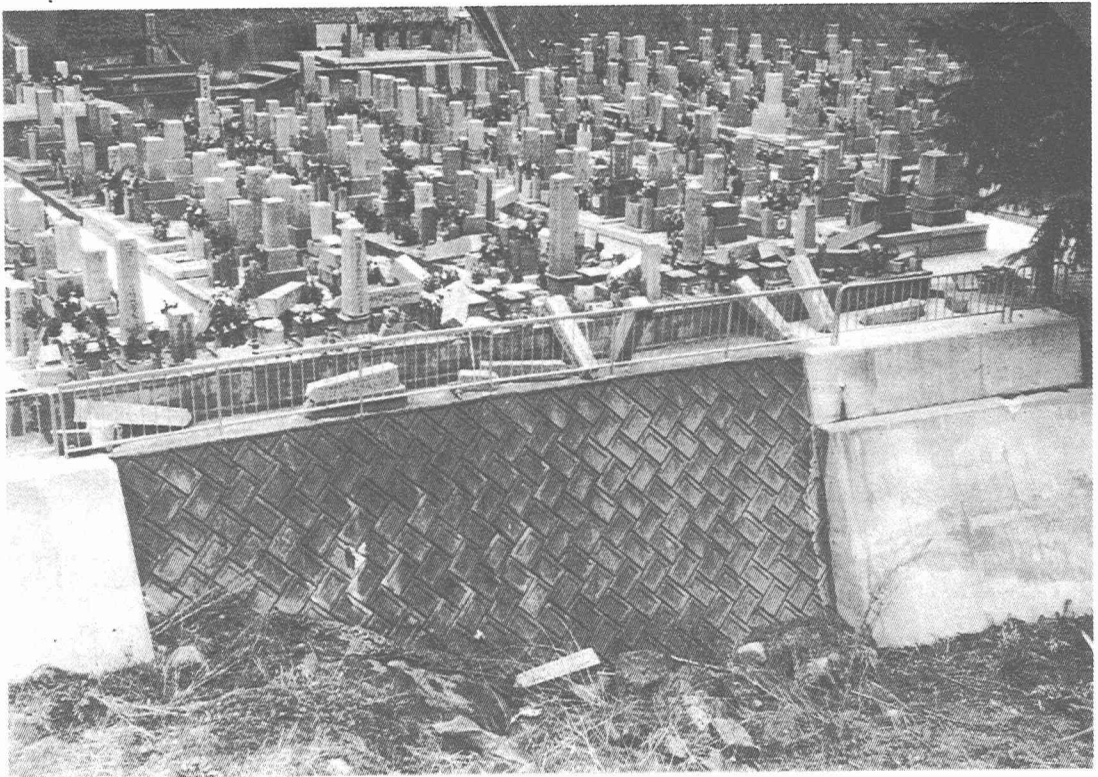
Hitoshi HATTORI

*理博 鹿島建設(株) 技術研究所 顧問(〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)

キーワード：墓石の飛び跳ね， 淡路島北部， 兵庫県南部地震， 場の特徴

(heavy tombstone, jump-up, Hyogoken-nambu earthquake-induced, site feature, north Awaji)

写真-1
地震4日後
の茶間墓地
A号墓地の
被災状況



1. はじめに

地震被害調査において，第一番に注目されるのは墓石である．墓石は重量物であっても，地震動に対して最も不安定な形状であり，また地震動を敏感に記録した貴重な証拠品とみなされるため調査対象になっている．

平成7年兵庫県南部地震の際，淡路島北部において堅固な花崗岩地盤上の墓所では，震央に近い明石

海峡大橋アンカレッジ隣接地などでは，墓石は不動であった．震央から約3kmの淡路町営茶間墓地において，大上三郎氏のオベリスク形墓石が150kg以上の重量物であるにもかかわらず，約4mは横に飛び跳ねている．このオベリスク形墓石は，少し回転して跳ね上がりながら横に飛んだらしい(写真-1)．

同じ茶間墓地の奥の方の金山家墓石が飛び跳ね，隣の亀澤家墓石の台座隅を縦割りにした．両墓石は回転方向がそれぞれ逆向きであった．

小倉地震断層上の北淡町富島北部の井手本家墓所でも、墓石の一部分が数個飛び上がって高さ約1mの生け垣を越えている。

これらの飛び跳ね現象は、堅固な花崗岩や礫岩地盤の上に堆積した4m以下の薄い軟弱地盤の所で発生している。地震動が、mオーダーの距離の狭い範囲内において地盤条件の差で著しく異なっていたらしい。これらの現象を発生させた場、すなわち地質環境と墓所周辺の施設設備状況を詳しく記載する。その基礎資料に基づき、地震動が一部において、衝撃的な地震動を発生させた場の特徴を考察する。

2. 地震による墓石の飛び跳ね現象－3例

2. 1 大上三郎氏墓所－例1

2. 1. 1. 飛び跳ねた長柱状墓石

長柱状墓石は四角柱状で、先の方に少し細くなり頭部先端は角錐のオベリスク形に作られている。石材はすべて花崗岩を使っている。

大き目の墓石は、高さ142cm、底部 26cm×26cm、頂部四角錐の底辺 23cm、小さ目の墓石は、高さ113cm、底部 24cm×24cmである。これらの寸法から、墓石の重量は 220kg～150kgと概算する。長柱状墓石は花崗岩製台座の上に載せられている。その台座の寸法は、上部と下部が38cm×38cm、厚さ7cm、中間部が 25cm×25cm、厚さ21cm、全体の高さは35cmで、一つの岩塊から作られている。飛び跳ねた長柱状墓石は小さ目のものである(写真-2)。

2. 1. 2. 墓石などの観察事項

① 茶間川に面したコンクリート擁壁から約2m離れた西側の二列目で、中央付近の墓石1個が飛び跳ねた(図-1, 写真-3)。

長柱状墓石は川沿い擁壁の端に平行に、幅163cm×長さ1,330cmの細長いコンクリート製囲いの中に

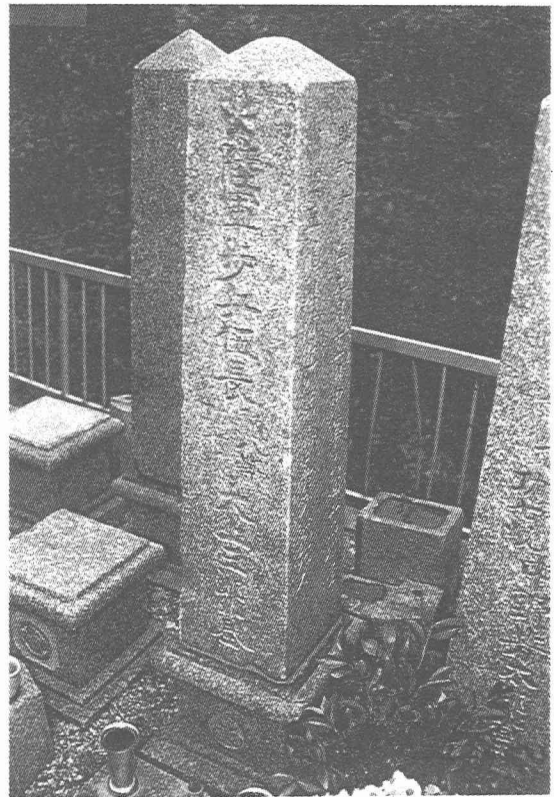


写真-2 飛び跳ねた大上三郎氏墓石

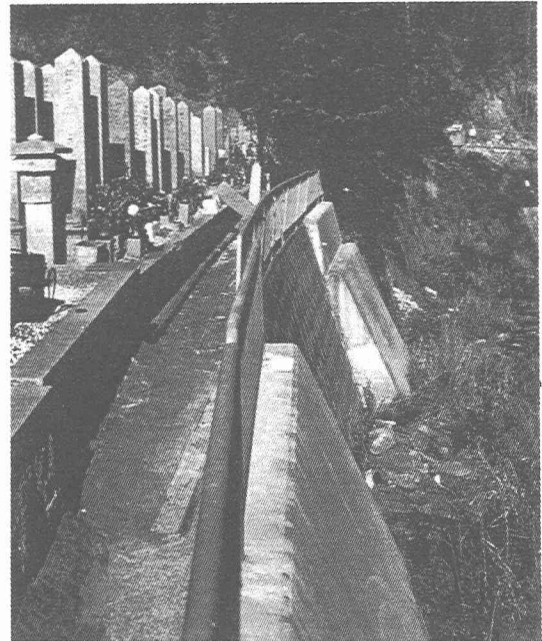


写真-3 墓石と川沿いの擁壁・防護柵

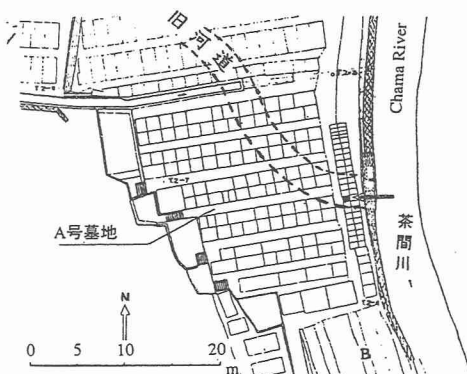
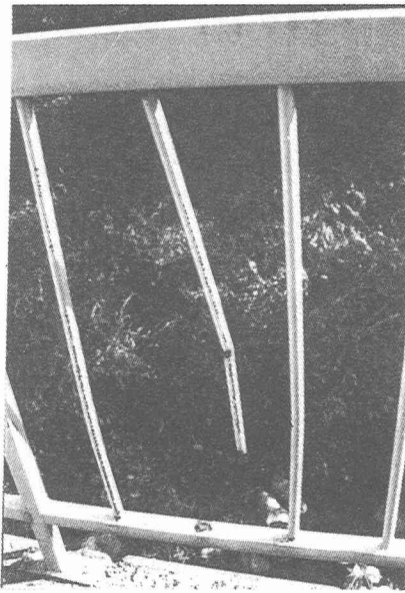


図-1
位置図

東西二列にわかれ、各列約23墓所が南北に連なっている。隣接墓石とは互いに約60cm隔たっている。

飛び跳ねた長柱状墓石の墓所は、茶間川沿いの擁壁天盤から2m離れた西側の二列目の中間あたりに位置する。この墓所から10mも離れると、墓石の転倒・破損は見られない。この墓所の西および南側約20m離れた所には、風化しているものの黒雲母花

写真-4
防護柵の
金属製縦
棒の破損



崗岩の岩盤が露出する。

- ② 東隣一列目の長柱状墓石の間隙を縫って、あるいは転倒した墓石の空間を飛んだ。
- ③ 防護柵の金属製縦棒は約70cmの長さがあり、各縦棒の間隔は14cm空いている。一本の縦棒が下部1/3あたりで折れ曲がっていて、底部はレールから切断分離している(写真-4)。
- ④ 破損した縦棒の底部接着部分のレール周辺には、傷は付いていない。
- ⑤ 防護柵頂部の水平な鉄骨には傷が見られない。
- ⑥ 落下した四角長柱状墓石は、根元・四角錐頂部・墓石柱中ほどに軽微な傷が付いている程度。
- ⑦ 折損した縦棒のすぐ近くに、上部1/3位で切断された別の長柱状の墓石が横たわる。

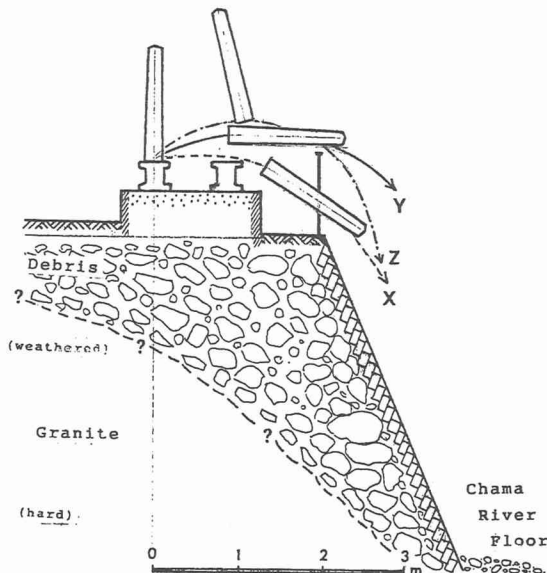


図-2 墓石の飛び跳ねた方を推察する模式断面図

2. 1. 3. 三種類の飛び跳ね方の推定

以上の観察事項に基づき次の三通りを想定(図-2)。

- (X)横倒しに近い横飛び矢型＝横倒し飛び矢型、
- (Y)斜め上方への飛び矢型＝飛び矢型、
- (Z)斜め上方への蹴り上げ型＝蹴り上げ型、

2. 1. 4. (X)横倒し飛び矢型に決めた理由

被災後1年以上経過し、飛び跳ねた墓石の裏面に筋状金属さびが浮き出てきた。このさびは、墓石が横飛びになって防護柵の金属製縦棒を突き切りながら、墓石の裏面が折れた縦棒の突き出ている上端を擦りつけながら通過したもの、すなわち、(X)横倒し飛び矢型が最も確からしいと推定した(写真-5)。

すなわち、問題の墓石は、30°位反時計方向にひねりながら飛び上がり、斜め後ろに仰向けに横倒しになった。東列で斜め隣の長柱状墓石は立座で残っている。

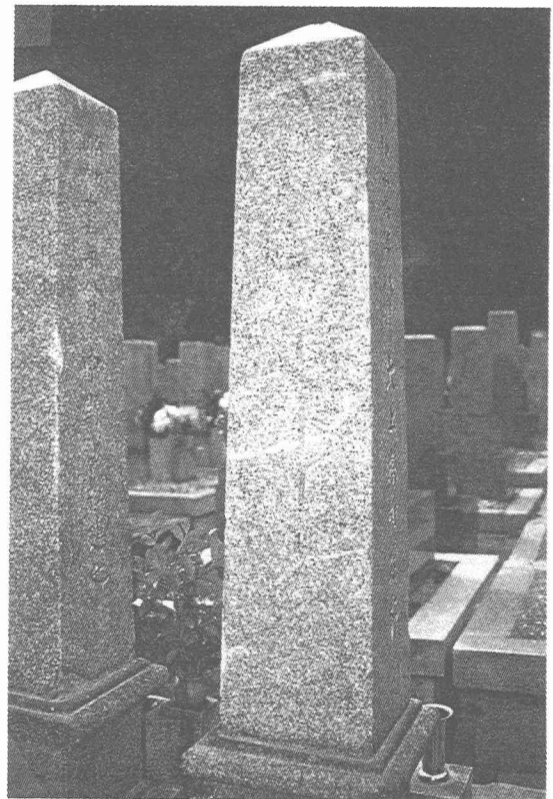


写真-5 大上三郎氏墓石の裏に出たさび

2. 1. 5. 飛び跳ね現象発生の特徴

A号基地の地盤は、西側斜面に堅固な花崗岩露岩があり、その東側10m周辺では墓石被害は皆無であった。茶間川寄りの沢口付近の崖錐堆積層上で被害は顕著であった。沢口付近を細かく検討すると、長柱状墓石は西側列で転倒や飛び跳ねが多く、川寄りの

東列の方に立座残存例が多く見られた。

長柱状墓石および台座を載せている敷地は、通路の路床から高さ40～60cm立ち上がったコンクリート製壁に囲まれている。その中は風化した花崗岩のまさ土が敷き詰められ、表面には風化花崗岩の礫が平坦にならされている。

2. 1. 6. 淡路町営茶間墓地の地質

本四連絡橋（明石海峡大橋）アンカレッジから南方へ約 1.5kmに位置し、茶間川が屈曲する辺りに注ぐ小沢に造築された。現在、沢上流に向かって擁壁状擁壁により23区画にわかれ、約2,200の墓所がある(写真-6, 図-3)。

この小沢は黒雲母花崗岩（岩屋花崗岩）の分布する地域にあり、茶間川の支流で西南西～北西方向に遡上する。この沢口より北方で北流する茶間川が東に屈曲する。この屈曲部東側上方に茶間アーチ橋が架かっている。墓地の小沢には、風化した花崗岩の

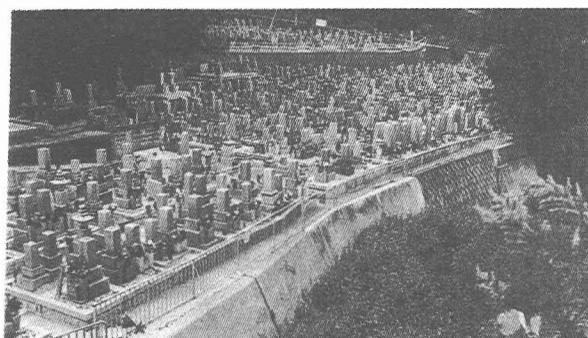


写真-6 茶間川沿いの墓地

崩壊岩片やまさ化した砂が谷底を埋め、崖錐性堆積物をつくる。その厚さは、4m位までと薄い。かつて、この小沢は水田として耕作されており、茶間川が洪水で氾濫した時には、いつも水田は流出した。

茶間墓地は、昭和10年代後半から建立され、主に日中戦争の陸軍戦没者慰霊碑の墓所で占められ、その後水田が徐々に墓地化した。大雨で茶間川が氾濫し洪水になると、沢口からも鉄砲水がでて擁壁が破壊され、その付近の墓所では墓石が土砂とともに押し流され、茶間川屈曲部辺りまで流出している。

2. 1. 7. 飛び跳ね現象の起こった場の特徴

問題の場所は、この茶間墓地のなかで、最初に設けられた古い地区のA号墓地にある約175墓所のうち、茶間川に最も近い位置にある。この墓所は茶間川の現河床から、コンクリート製ブロックを積み重ねた高さ4mの擁壁で囲まれ、さらに路面はコンクリート床になっている。この擁壁の天盤には、高さ92cmの金属製防護柵が建っている。

衝撃的地震動は、墓石下の基礎のまさ土・砂利が一種のクッションとなり、その上の台座を経て墓石に与えられる。地面下の花崗岩基盤と崖錐性堆積層との境界付近、コンクリート路床面や擁壁における地震波動の屈折・反射・干渉などにより、地震動は複合化されて衝撃的振動が発生するのであろう。

この場の特徴は、次のキーワード、①4m以内の薄い崖錐堆積層、②不整合面とその形状、③非対称形、④段差、⑤擁壁、⑥台座、⑦クッションなどの要因を含めて考察することが必要である。

2. 2. 金山家・亀澤家墓所一例2

2. 2. 1. 異常な破断面を持った墓石台座

‘異常な破断面を持った墓石台座’が、小沢奥に位置する茶間墓地乙ほ号墓地の東端に見つかった。こ

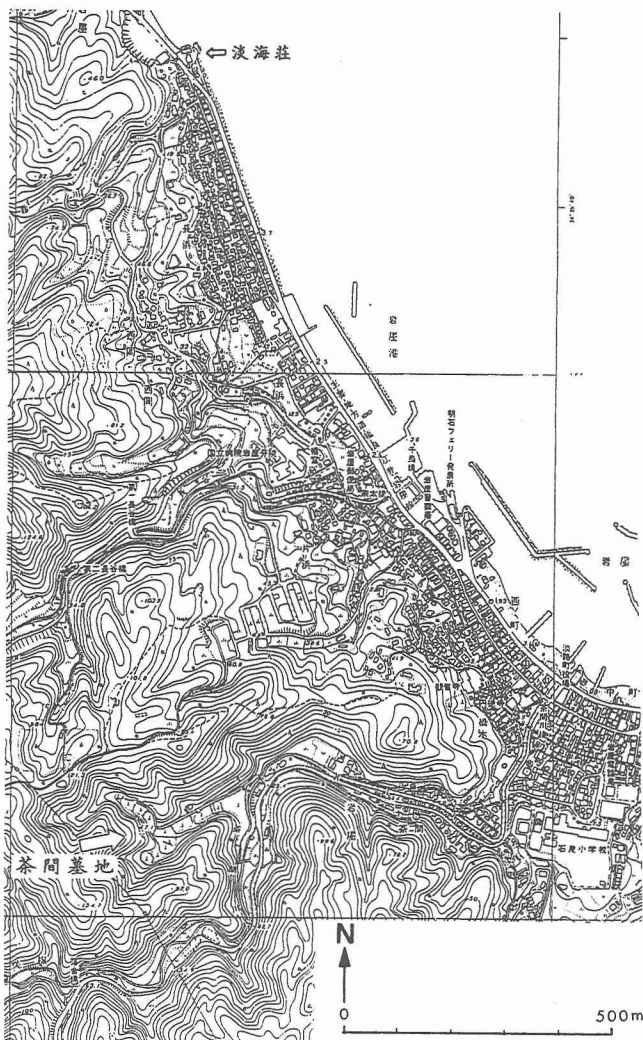


図-3 淡路町岩屋および茶間川周辺の地形図

の場所は、幅3mの狭い小道の曲り角の南西側にある。曲り角には風化花崗岩が露出し、急斜面をなす。

問題の墓所はこの崖から7~8m離れており、小道にも風化花崗岩がでているので、花崗岩岩盤から水平距離で4mの位置に当たる。また、この墓所の約2m前面には、下の雛段に続く高さ約3mのコンクリート製擁壁の天盤がある。この墓所では、岩盤まで崖錐堆積層の厚さは2m程度と薄い。この位置関係は、

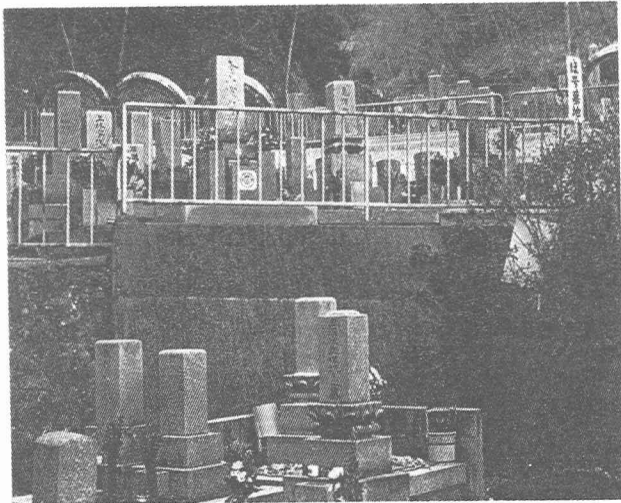


写真-7 擁壁上段側の両家の墓所

ちょうど茶間川沿いの擁壁天盤上の大上 三郎氏の墓所の状況によく似ている(写真-7, 8)。

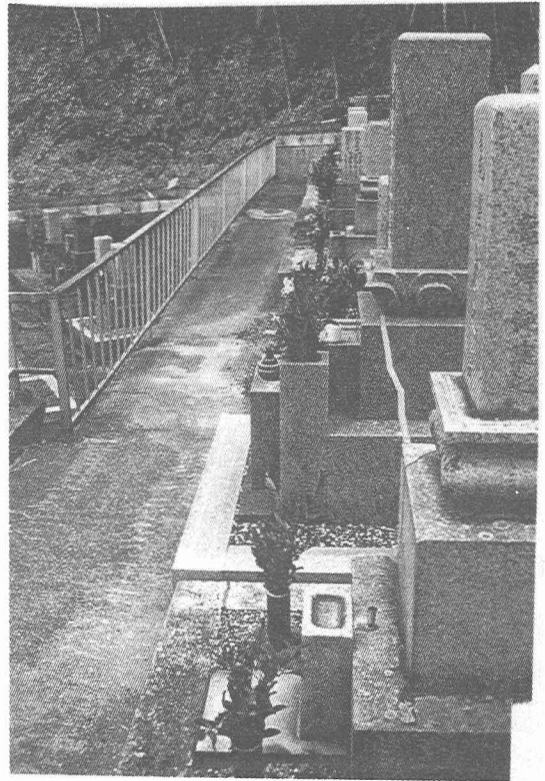
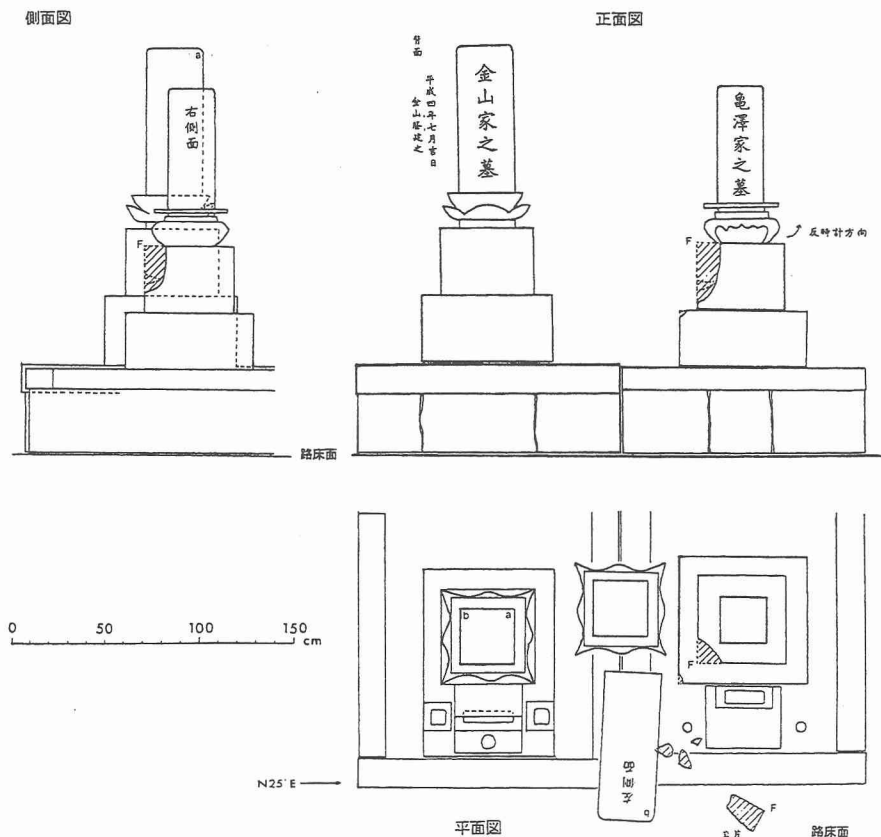


写真-8 墓所前の擁壁天盤と通路

図-4

二つの墓石の配置関係図。斜線部とF: 破断箇所およびそこから飛散った岩片。aとb: 金山家墓石背面の右と左側頂部。



2. 2. 2. 台座隅の鉛直破断



写真-9 飛び跳ねた金山家墓石

亀澤家墓石の台座で、上部隅から鉛直に近い断面、すなわち細長く縦割りに壊れて四個の岩片となって飛散した(写真-9)。この亀澤家墓石台座と墓石との間には、細く湾曲した脚部(いわゆる猫足)があり、その脚部のみが約30度反時計回りに回転し、その上の墓石はわずかしか回転していない(写真-10)。

亀澤家墓石の脚部が回転し、その上の墓石が数cm北東へ移動した後に、隣の金山家の墓石が飛び跳ねて落下し、亀澤家墓石台座の左前角に衝突し、これを破断している。脚部の回転と重量級の墓石の飛び跳ね・打撃接触・切断との間には、明らかに時間差があった。

2. 2. 3. 落下状況

金山家墓石が約100cm落下して墓石裏面左側が上面を向いて落ちていた。約90度時計回りに回転したことがわかる。それに対して墓石下の花卉模様付き脚部が約70cm落下して、約70cm右方で30cm奥の位置にあった。これが回転したかどうか判断できない。しかし、墓石と脚部がそれぞれ違った方向に落下したことは確かである。

金山家墓石(一辺30cm、高さ77cm、重量約190kg)は、亀澤家墓石台座の破断部分まで水平距離で約115cm離れ、高さで25cm下がっており、単なる横倒しだけで届く距離ではなく、横へ少なくとも40cm飛んだことになる。

2. 2. 4. 石材の割り方

直方体の石材角を割る場合、わずかにずんぐりした形状に‘はつれる’のが普通であり、鋭角に細長く縦割りに切断することは極めて難しい。

ぶつかった金山家墓石の稜線(裏面の両側稜線)や頭部(向かって右側奥：図-4中のa；写真-9)には、震災直後にそれぞれ白色粉体が付着しており、亀澤家墓石台座の破断部分から付いたものであることは間違いない。しかし、直撃した方の金山家墓石の稜線や頭部を後日調べた所と、こぼれ傷として残ると予測されたのに、どこを触れて見ても全くわからなかった。つまり、刃こぼれのような傷が見つからなかったのである(写真-11)。



写真-10 回転した亀澤家墓石と破断した台座

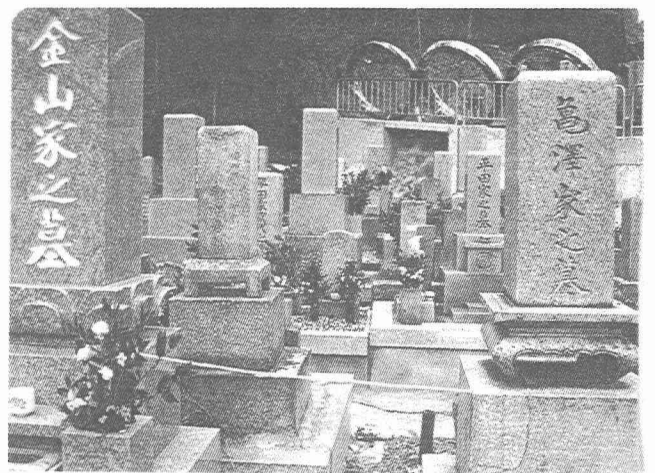


写真-11 復旧後の両墓所

この破断現象は、墓石が飛び跳ねて別の墓石に衝突し瞬時に縦割りに切断するような衝撃的な加速度によって生じた、と考えた。

2. 3. 小倉地震断層上の井手本家墓所一例3

小倉地震断層が緩傾斜の角地にある墓所を横断した。この墓所は富島郵便局長の井手本 昌郎氏代々のもので、およそ5m×10mの長方形の広がりを持ち、地震断層の走向に延びる。北西側に幅1mの細い歩道があり、北端角を曲って約3m登りここに着く(図-5)。

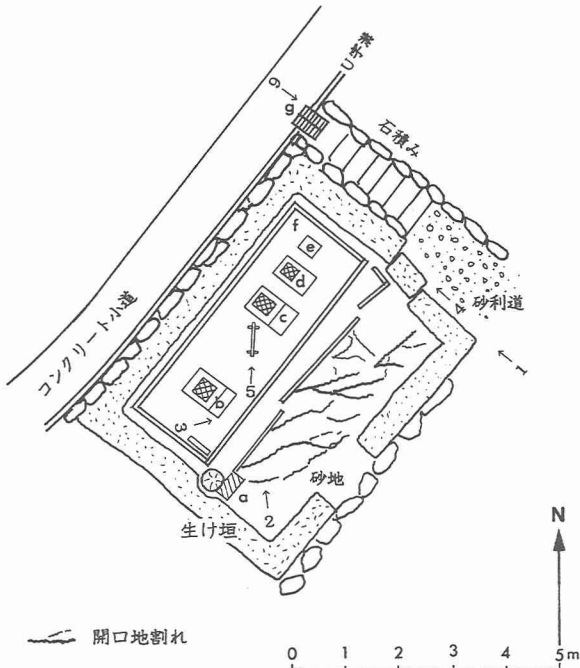


図-5 井手本家の墓所の見取り図。

登り坂の途中において地震断層が横切るが、地面には変状が現われていない。

墓石や墓誌碑は、北端角に寄った方でたくさん北西側へ倒れた。一つの墓石がばべ垣へ突っ込んで止ったが、単に転倒しただけではなく、飛び跳ねたように見えた。

井手本氏は、墓石の飛び跳ね現象は一般には全く知られていないのに、同氏の方からおかしなことがありますねと切り出され、『三個の墓石がばべ垣を越えて北西方の約3m下の小道へ転落した。ばべ垣はがっちりからみ合っており、この垣を破ってどの墓石も突き抜けた形跡は認められなかった。高さ約1mのばべ垣を飛び越えてた、としか考えられない』と実家の墓所の被災状況と墓石の飛び跳ねについて詳しく説明された(写真-14)。

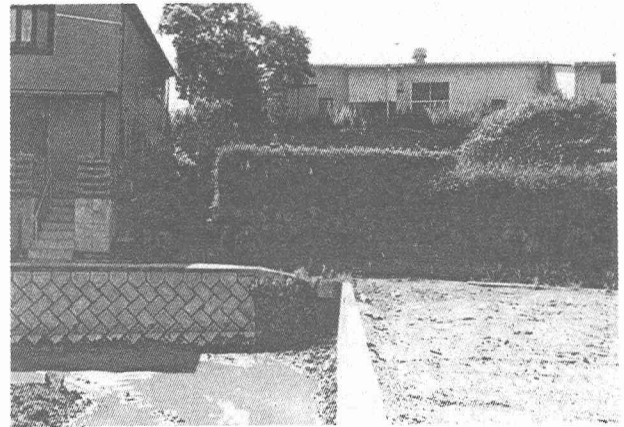


写真-13 北西側から見た井手本家墓所

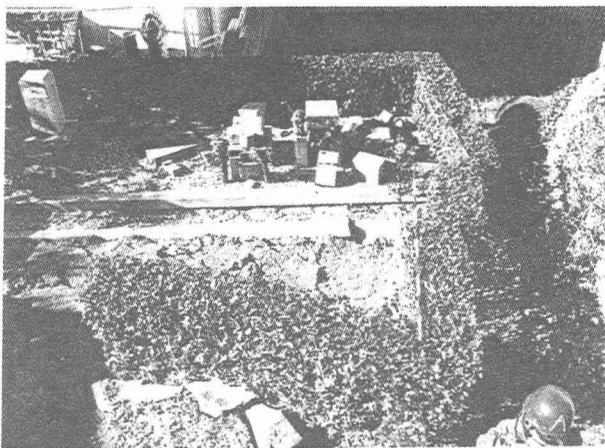


写真-12 南西側から見た井手本家墓所

墓所は幅約50cm、高さ約1mの生け垣(ばべ垣)で囲まれ、地震断層の位置で約80cm右横ずれ変位している。ところが、北端角から6mほど離れた左端の墓石は変動せず、お正月用飾り紙のついたまま立残した(写真-12, 13)。小倉地震断層の通る付近では、開口地割れがたくさんできた。北端角からの

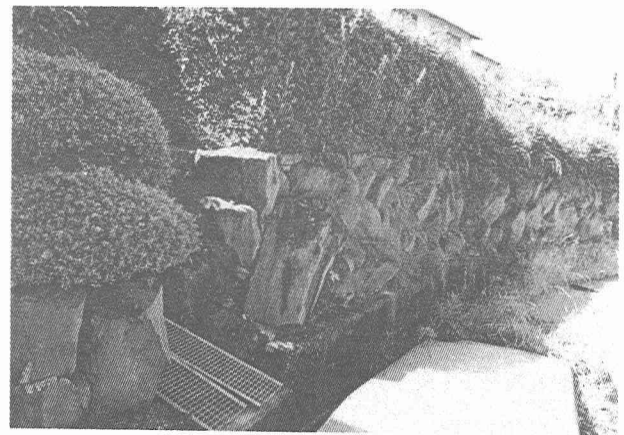


写真-14 北西側石垣のはらみだし

3. 衝撃的地震動の発生する場の特徴

3. 1. 大畑 英雄氏の上下動体験談

「地震が襲った時、家内は朝食のトーストと野菜サラダづくりで台所に、私は隣の居間でテレビを見ながら、灯油ストーブに小型ミルク鍋で400mlの牛乳を温めていた。突然、大音響がして物凄い上下動に襲われた。私は関東大震災復活祭の昭和5年春に上京してから4年間在京したが、当時もまだ地震は多発しており、比較的地震経験者と思うが、あんな上下動は初めてであった。ミルク鍋は最初の1～2撃で宙に舞い、鍋中の牛乳は鍋から浮いて、ストーブ・畳の上に落下し、鍋は空になった。」

大畑氏邸は、野島東地震断層から数m～20m西側に建っていた。地形の傾斜変換線に近く、地盤は風化花崗岩の上のまさ土で整地されている。まさ土などの土砂の厚さは数m以内と推定する。

3. 2. 河野 道信・史子の体験談

地震の時、史子さんは既に目覚めていた。

『①最初ダンプカーがぶつかるような、あるいはジェット機の落ちるような衝撃音ドカン。次いで②上下動があり、ベッドの上でトランポリンのようにどンドン6～10回はね、長く感じた。そのあと、③山側へぐらぐらと横揺れがあり、キーンという金属音がした。西の方で瓦の落ちる音が聞えた。④余震が続いた』。

史子さんの印象によると、

『②の上下動のとき、外の断層が50cm上昇した。

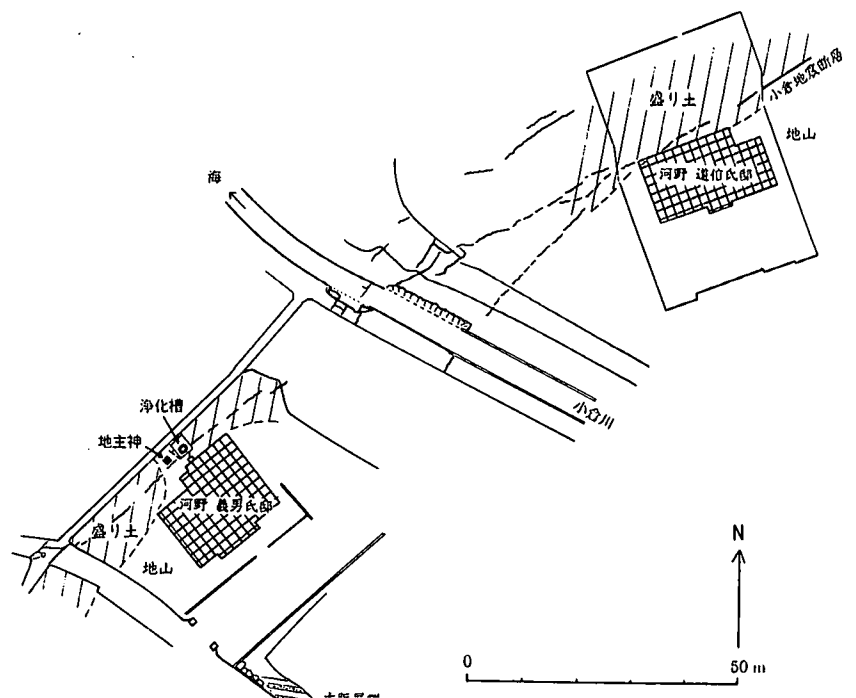
③の金属音は、コンクリート塀の鉄筋の壊れる音か？』

河野 道信氏邸は、現在北淡町震災記念公園内の野島断層保存館に隣接するメモリアルハウスとして一般公開されている。

同氏邸母屋は、鉄筋コンクリート造り二階建てで、その基礎地盤は大阪層群の砂・シルト層からなる地山である(図-6)。

図-6

河野 道信氏邸、小倉川および河野 義男氏邸における地山と盛り土の分布図。



3. 3. 河野 道信氏妻庭のコンクリートスラブの変位

妻庭の土砂地盤は盛り土でその上に路床コンクリートが敷かれている。小倉地震断層(野島断層と呼ばれる)は、ちょうど路床コンクリートの南端と母屋基礎コンクリートとの境界付近を通っている。

基礎コンクリートに隣接する路床コンクリートスラブは、地震断層上においてブロック状破断したり反ったり、また土庭では不規則な盛り上がりや地割れなど顕著な被害が記録されている(写真-15)。

基礎コンクリートとそこから西外塀に向かって断層破壊は路床コンクリートスラブの打設継ぎ目に沿って現われた。排水桝表面と園芸レンガ壁がそれぞれ約70cm右横ずれした。コンクリート打設の継ぎ目の下には塩ビ製排水管が埋っていた。

コンクリートスラブは10cm位の厚さで、その下の土砂地盤との間がすべり面として機能し、表層のコンクリートスラブのみが横すべりした。

- ①庭の砂地盤が断層の位置でプレッシャーリッジ状に盛り上がった、
- ②その後、コンクリートスラブが盛り上がった部分の下にナイフで切り込むように横すべり的に突っ込んだ。
- ③コンクリートスラブ下の地盤や下水道管は横ずれしなかった。表層部分のみが衝撃的に滑動・変位した。



写真-15 河野 道信氏邸裏庭を通る小倉地震断層
矢印は母屋基礎コンクリートを貫通する断層の位置.

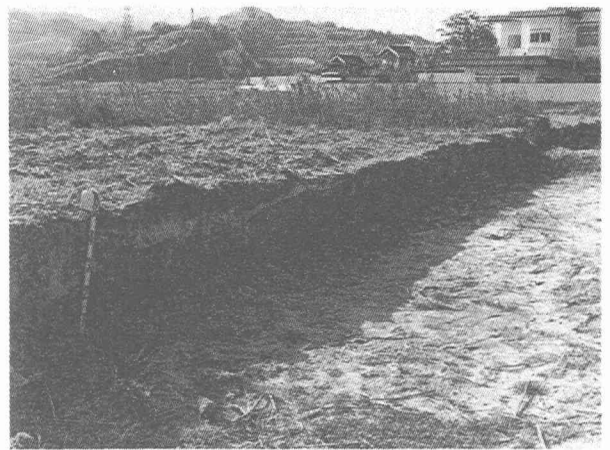


写真-16 直線状小倉地震断層と断層面上に擦痕.

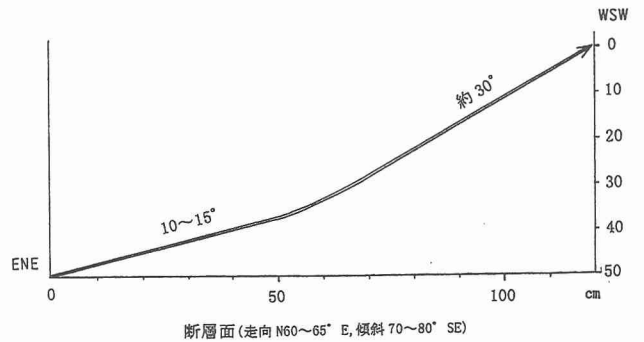


図-7 断層面に刻まれた擦痕に見る滑動軌跡.

3. 4. 差別化変位の時間差と継続時間は？

4. 地震断層面に刻まれた地盤の動き

淡路島北部においては、平成7年兵庫県南部地震による地震波は記録されていない。観察例は少ないけれど、地表において地盤がどのように動いて変位したかがわかる。

変位の状況、継続時間、地震波記録の関係は、残念ながら手掛かりはつかめてはいない。

直線状小倉地震断層では、変位は断層の粘土脈に明瞭に刻まれた。変位は、最初 約30° で60cm 斜め上向きに、ついで約15° で 60cm横向きに起こった。

変位速度は？

衝撃的地震動は？

5. まとめ

堅固な花崗岩露岩の上： 墓石被害は皆無.

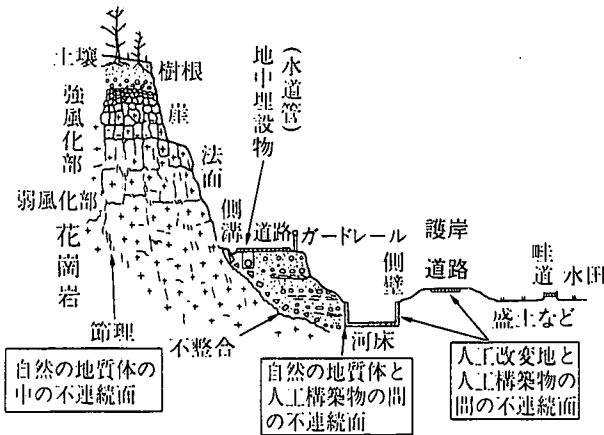
崖錐堆積層・軟弱人工地層 (2-4m位の厚さ)の上
： 被害は顕著.

周囲の環境： 必ず非対称の地面，構造物，地下地質に不連続面

斜め上方へ横飛び： 1m以内でも回転ひねりは同じ向きではない。(時計方向・反時計方向)

クッション： 衝撃的地震動は，台座を経て墓石に与えられるが，墓石の基礎のまさ土，砂利が一種のクッション効果？

地面下の花崗岩基盤と崖錐堆積層との境界 (不連続面) 付近，路床コンクリート面や擁壁における地震波動の屈折・反射・干渉などにより，複合化されて衝撃的地震動が発生か？



付図-1 地質環境と人工構築物・不連続面.

文献

服部 仁(1996)： 地震による墓石の飛び跳ね現象 -兵庫県南部地震震央至近の淡路町宮茶間墓地の例.

Proc. 6th Symp. Geo-Environ. Geo-technics, p. 93-96.

服部 仁(1998・99)： 淡路島北部における兵庫県南部地震による地変と地震被害 -地質ニュース-

I. 地変現象の概要. 524号, 40~51頁, 1998年4月.

II. 野島断層と野島東地震断層の区別.

528号, 52~64頁, 1998年8月.

III. 野島東地震断層・小倉地震断層分岐点付近の地変. 533号, 43~55頁, 1999年1月.

IV. 小倉地震断層上の地変：北淡町梨本-小倉川付近. 535号, 29~51頁, 1999年3月.

V. 中部山地および東海岸地域の地変.

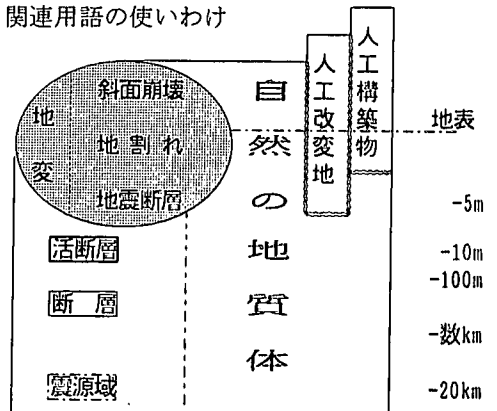
536号, 51~68頁, 1999年4月.

VI. 地割れ・地震断層はどのように地下に続くか？ (その1). 表紙写真, 口絵写真4頁.

542号, 46~63頁, 1999年10月.

VII. 地割れ・地震断層はどのように地下に続くか？ (その2). 543号, 53~68頁, 1999年11月.

付図-2 関連用語の使いわけ



付図-3 地変・地震被害を差別化する要因.

A 物性の違い (密度・間隙)		B 不連続面 (---: 接触面)	C 形状 (サイズ)	D 経時変化 (初期変状)
自由空間	水圏 / 大気圏			
人工構築物	舗装路, 擁壁, 橋, 堤, ビル, 障子, 塀, 新築, 溝, 池, 神社, 墓物	打設境界	不安定 (墓石, 門)	逆り
人工改変地	田畑, 盛土, 切土・崖, 堤防, 溝, 地下空洞・トンネル	地形面 <=力解地面> <傾斜変換層> 地すべり面 <地下水> 節理・煙層相界 不整合 断層 <傾斜・破砕>	安定 (河床・谷底)	人為的 / 余震 / 本震
完新世 更新世 鮮新世 中新世 白亜紀	自然の地質体 表土・土壌, 沖積層 段丘・崖錐堆積物 大阪層群 岩屋累層 花崗岩類 (I, II, III)	軟弱 / 封圧 / 大 / 堅固 / 深所		