

甲
B
第

32
号証

活断層 とは何か

池田安隆 島崎邦彦 山崎晴雄

海のプレート内地震 32
 エアガン 102
 液状化 47, 184, 186
 A 級活断層 60, 76, 89
 AT 火山灰 50
 MSK 震度階 4, 165
 緑海 67
 奥羽山脈 66, 85
 応力 40
 —軸方向 56
 —集中 55
 大阪層群 49
 大塚弥之助 45
 沖縄トラフ 67
 オホーツクプレート 17, 19, 28
 オールコアボーリング 88
 温泉変質帯 182
 音波探査記録 100

力行
 海溝 16, 20
 改正メルカリ震度階 4
 外帯 66
 海底活断層 100
 家屋全壊率 156, 159
 確実度 83
 —I 83, 112
 —II 84
 —III 84
 学習指導要領 199
 火山灰 51, 101, 104, 126, 131, 136,

索引

ア行

明石海峡 10, 42
 アカホヤ火山灰層 51, 101, 104
 芦屋断層 68
 圧密沈下 47
 阿寺断層 60
 跡津川断層 111, 156
 阿武隈山地 66
 阿武隈低地帯 66
 アルキスト-ブリオロ特別調査地帯
 法 210
 アルプス・ヒマラヤ地震帯 16
 飯田汲事 13
 石本・飯田の式 13
 石本巳四雄 13
 伊豆大島近海地震 (1978) 24, 179
 伊豆大島近海地震 (1990) 24
 伊豆・小笠原海溝 21, 66
 伊豆東方沖地震 (1980) 24
 伊豆半島沖地震 (1974) 24, 73, 174
 和泉山脈 97
 伊勢原断層 90
 糸魚川・静岡構造線 64, 133, 194
 伊那谷断層帯 98, 139
 稲取大峰山断層 179
 稲取トンネル 179
 石廊崎断層 24, 73, 174
 インドプレート 23
 インド・ヨーロッパ地震帯 16
 インフォームド・コンセント 215

著者略歴および執筆分担

池田安隆 (いけだやすたか)

一九五一年 神奈川県に生まれる
 一九七五年 東京大学理学部卒業
 現在 東京大学大学院理学系研究科(地理学教室)助教、理学博士
 専攻 地影学・第四紀学
 (3章2, 4, 4章, 5章2-3面の野島断層の例, 3章, 6章1節)

島崎邦彦 (しまざきくにひこ)

一九四六年 東京都に生まれる
 一九六八年 東京大学理学部卒業
 現在 東京大学地震研究所地球ダイナミクス部門教授、理学博士
 専攻 地震学
 (1章, 3章5節, 5章1上節, 6章2節)

山崎晴雄 (やまざきはるお)

一九五一年 東京都に生まれる
 一九七四年 東京都立大学理学部卒業
 一九七六年 通産省工業技術院地質調査所入所
 現在 東京都立大学理学部地理学教室助教、理学博士
 専攻 地影学・第四紀学・地震地質学
 (2章, 3章1, 3節, 5章2-3面の伊豆の例, 6章3節)

活断層とは何か

一九九六年一月一六日 初版
 一九九六年二月一〇日 第二刷

著者 池田安隆
 島崎邦彦
 山崎晴雄

発行所 財団法人東京大学出版会
 代表者 西尾 勝

二三 東京都文京区本郷七丁目三番一号 東大構内
 電話 〇三三三八一一八八一四
 FAX 〇三三三八二一六九五八
 振替 〇〇一六〇一六一五九九六四

印刷 株式会社三秀舎
 製本 有限会社島崎製本

©1996 Yasutaka Ikeda, Kunihiko Shimazaki & Haruo Yamazaki
 ISBN4-13-063309-0 Printed in Japan
 [日本複写権センター委託出版物]
 本書の全部または一部を無断で複写複製(コピー)することは、著作権法上の例外を除き、禁じられています。
 本書からの地方を希望される場合は、日本複写権センター
 (〇三三三八〇一一三六三)にご連絡ください。

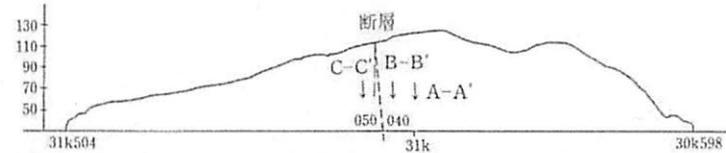


図20 稲取トンネル付近の地表地震断層とトンネル内の断層通過位置 (およそ31km 040~050m)
推定される断層面の傾斜は80°N. 矢印はA-A'~C-C'の断面位置。[山崎ほか, 1979]

面は水平方向の力で押しつぶされたように楕円形に変形していた(図19)。このような変形はテハチャビ峠の例でも認められている。上下変位については上記区間を含む四〇〇メートルの区間で、両側からのプレッシャーリッジ状のせり上がり最大で四〇センチメートルほど認められた。

上記の被害の激しかった区間では、トンネル掘削時に幅一メートルの粘土化した断層破砕帯が報告されており、これが変位したものである。トンネル上の地表に現れた地表地震断層の位置とトンネル内の被害中心点を結ぶと、図20のように断層面は七〇〜八〇度北に傾斜していることがわかる。

このトンネルが撓曲状に変形した原因については、次のように考えられている。このトンネルでは中央部に破砕帯や温泉変質帯があるため、厚さ七〇センチメートルのコンクリート覆工がなされ、大きな強度を持っていた。これに対し、地山は固結度の低い

泥流堆積物で、トンネル自体より強度が低かった。このため、断層変位が起きてもトンネル自体に強い剪断応力が加わらなかったため、トンネルは幅広いゾーンで撓曲状に変形したものと考えられる。

このようにトンネルの変形様式は、地山の岩盤の強度とトンネル覆工の強度の關係に左右され、地山が固結度の低い地層や幅広い破砕帯である場合には、覆工コンクリートの強度が大きいと、トンネルは断層変位による破壊ではなく、撓曲状に変形することがあると考えられる。

3 地盤災害

一九九五年の兵庫県南部地震に伴って淡路島には地表地震断層が出現したが、神戸側でも地表に無数の亀裂が発生した。神戸にも地表地震断層が地表に現れたかと思われるが、神戸側で現れたこれらの亀裂のうち、はっ

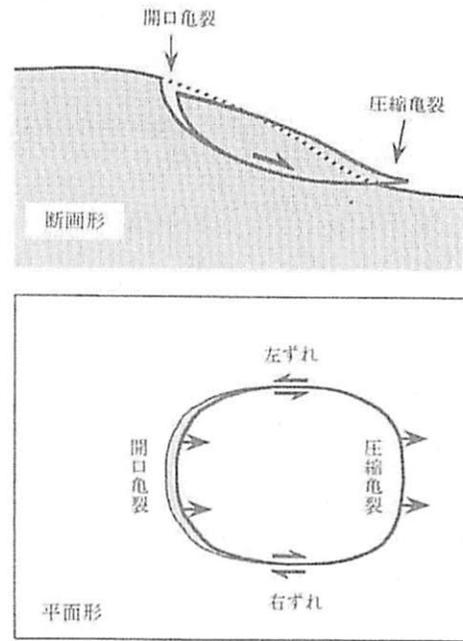


図21 地すべりの模式図

地すべり地塊の上部には開口亀裂が、先端部には圧縮性の亀裂が生じる。また、地すべり地塊の側方部では、斜面の傾斜方向に向かって右側で右ずれ、左側で左ずれの亀裂が生じる(下図)。

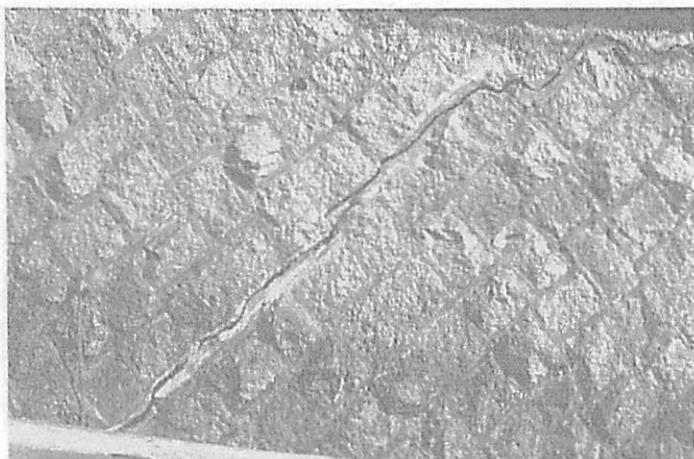


図23 地すべりに伴う開口亀裂（兵庫県芦屋市）
この亀裂は1995年兵庫県南部地震の際に、約2cm開口した。この開口部には、過去にセメントを充填して補修した形跡（白っぽい部分）が認められる。〔池田撮影〕



図22 地すべり地塊先端部に発達する圧縮性亀裂（兵庫県西宮市）
写真右手の地すべり地塊が左に向かって移動し、その結果アスファルト舗装に圧縮亀裂が生じた。アスファルトの板の重なりから判断して、水平短縮量は1m以上ある。〔池田撮影〕

地すべり

図21に模式的に示すように、地すべりは斜面の一部が重力によって下方に移動する現象である。地すべりに伴う亀裂はその一部分だけを見ていると、地表地震断層と区別がつかないが、地すべり全体では特徴的なパターンを示すので、地表地震断層と区別できる。つまり、地すべり地塊の上部には開口亀裂が生じるが、逆に先端部には圧縮性の亀裂が生じるはずである。また、地すべり地塊の側方部では、斜面の傾斜方向に向かって右側で右ずれ、左側で左ずれの横ずれ断層のような亀裂が生じる（図21）。図22は地すべり先端部に生じた圧縮性亀裂の一例である。地すべりは通常、豪雨によって水が浸透し地下のある面がすべりやすくなって起こるが、地震動が引き金になってすべり出すこともしばし

きりと地表地震断層であることが確認されたものは、結局なかった。これらは大別して、(1)地震動によって直接表層部の地盤（とくにアスファルトや煉瓦などの人工被覆物）が破壊されて生じた亀裂、(2)地震動で誘発された地すべりに伴う亀裂、および(3)地震動によって砂質の地盤が「液状化」し、それに伴う地盤の不等沈下・陥没・側方流動によって生じた亀裂、の三つに分類できる。

前記の(1)は、比較的地盤のよい神戸の市街地の山手寄りでも、路面のアスファルト舗装の継ぎ目等に多数の亀裂が発生した。しかし、この種の亀裂はごく表層部の現象であるため、これ自身が建物などの被害の原因となることはない。建物の基礎を破壊し、いわゆる地盤災害をもたらしたのは、前記(2)と(3)の亀裂であった。



図25 海岸部に生じた噴砂の列 (兵庫県芦屋市)
噴砂は地下で液状化が起こったことを示すよい証拠である。写真手前の噴砂には直線状に配列するクレーターがある。クレーター列の延長上には、さらに2つの噴砂があり、これらが地下の亀裂に沿って噴出したことを示している。[池田撮影]

できて、この上に家を建ててもふだんはとうとうということはない。しかし、ひとたびこの砂層が地震動で揺すられると、砂粒どうしの結合がはずれて荷重を支えることができなくなり、その代わりに隙間を満たしていた水に荷重が加わって、高い水圧が発生する。そうなるとうつり砂粒どうしの結合はますます弱くなり、ついには、砂の層全体が密度の濃い懸濁液に変わってしまう。これが液状化と呼ばれる現象である。液状化現象は、一九六四年の新潟地震の際に多く発生し、これを契機に注目されるように

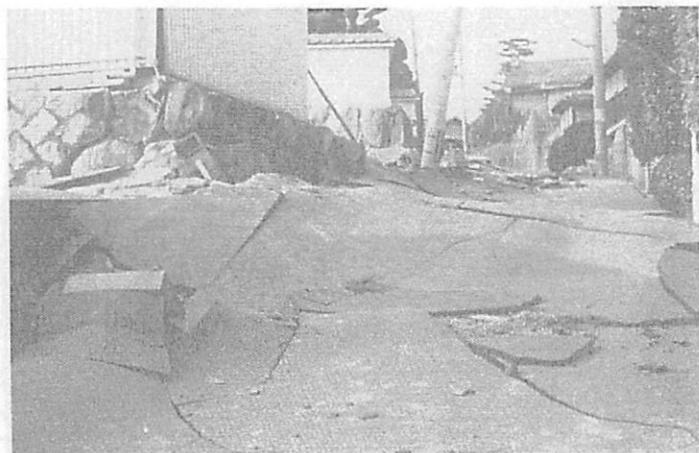


図24 地すべり地塊側部に発達する亀裂帯 (兵庫県西宮市) [池田撮影]
亀裂帯は道路に沿って向こう側へと延びる。道路を境に、左手の地すべり地塊が手前に向かって移動している。この亀裂の延長上にあった家屋は倒壊した。

ばある。図23は、兵庫県南部地震の際に芦屋市の丘陵地域で生じた開口亀裂の一例である。亀裂の生じた石垣には、セメントで補修した跡が認められるので、過去に活動した地すべりが今回の地震に伴って再活動したことがわかる。この周辺は、地盤が良好なために建物の被害は一般に軽微であった。しかし、局部的に大きな被害が認められ、それらはほとんど例外なく地すべりに伴う亀裂上にあった(図24)。

液状化

沖積低地や埋め立て地の地下には、水を十分に含んだ軟弱な砂の層があることが多い。こうした砂の層は、砂粒と砂粒の間が隙間だらけで、ちようどおもちゃ箱の中に積み木を乱雑に投げ入れたような状態になっている。こんなスカスカの砂層でも、ある程度の荷重を支えることが



図26 埋め立て地に発生した液状化災害（神戸市ポートアイランド）
【国際航業(株)提供】

なった。

液状化した砂層は、側方へ流動しやすく、また地盤表層部に亀裂が生じるとそこから地表に噴出する（噴砂現象、図25）。その結果、地盤は著しく支持力を失い、不等沈下や陥没を生じて地上の構造物に被害を与えることがある。

兵庫県南部地震では、神戸市から西宮市にかけての海岸部で噴砂現象が認められた。とくに、海岸埋め立て地では、いたるところで噴砂が見られるので、ほぼ全面的に液状化が起こったものと考えられている。埋め立て地に立地している神戸港の港湾施設、六甲アイランドやポートアイランドの埠頭などは、地盤の液状化とそれに伴う側方流動によって、ほとんど使用不能になった（図26）。

地層の中には、過去に発生した噴砂や、液状化した砂で満たされた亀裂が認められる場合がある。沖積低地での考古遺跡の発掘の際には、こうした「地震の化石」が見つかることがよくあり、随伴して出土する考古遺物の年代から、過去の地震の年代を精度よく決定できる。地質調査所の寒川旭は、近畿地方を中心に多数の考古遺跡発掘現場を精力的に調査して、「地震考古学」と呼ばれるユニークな研究分野を開拓した。