

火山活動による地盤災害に関する研究

熊谷貞治*・田中耕平*・大八木規夫*・清水文健*・幾志新吉**

国立防災科学技術センター

Study on Disasters caused by Ground Deformation related to Activities of Usu Volcano

By

Teiji Kumagai, Kohei Tanaka, Norio Oyagi,
Fumitake Shimizu and Shinkichi Kishi

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

Activity of Usu volcano from August 1977 has been accompanied by slow but continuous ground deformation on the area in and around the volcano as well as violent eruptions.

Much damage has been caused by the ground deformation to various structures such as houses, buildings, roads, water supply pipes, telephone wires, and so on.

The order of damage to houses and buildings is related to the grade of ground deformation at the places where they stand and also to their structures. Buildings with complex structure often suffer much more damage than houses with simple structure. It is difficult to find out any effective methods against such ground deformation by volcanic activities. However, a clever inhabitant endeavored to minimize the damage to his house by digging trenches around it.

1. まえがき

火山活動による災害の種類は、直接的・間接的にいろいろある。ここでは火山活動による間接的災害の一形態である地殻変動が道路、水道管、建物などに及ぼす影響の実態とその対策に関して、1977年8月7日に噴火した有珠山について報告する。

2. 地盤災害の実態

* 国立防災科学技術センター 第3研究部

** 国立防災科学技術センター 第4研究部

噴火活動に伴って有珠山の火口原内は多数の断層が走り山麓の北側部分には小規模の断裂が随所に発生した。このため地盤の変動によって道路の屈曲、建物の変形や破壊、コンクリート構造物の変形、水道管の破壊というような生活に密着した災害が発生した。これらの災害はいつごろから発生したか不明である。住民が気がつかないような緩慢な速度で地盤変動が災害をもたらしたからである。次に地盤災害の実態を述べる。

有珠山とその周辺地域の地盤変動状況を道路に現われた断裂の分布走向、伸び、縮みしたのかを図 1 に示す。これをみると明らかなように、地盤変動は火口源からみて北側から西側

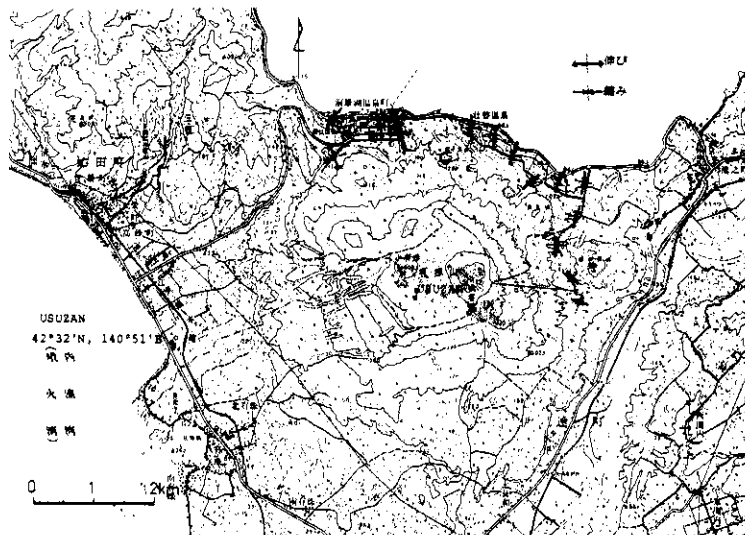


図 1 地盤変動の状況（基図：国土地理院発行の地形図，虻田，1：50,000）

の山麓に現われている。それ以外の方向の山麓部分では断裂など地盤が変動していると思われる現象は発見出来なかった。この地盤変動により次に述べる形態の被害が発生した。

建物の被害

この種の災害では人的災害が発生することはまずない。1977年の噴火に伴う地盤変動により建物にひび割れとか変形という影響があったが人的被害は発生していない。それは地盤変動の速度が非常に遅く斜面崩壊のように速くないからである。この変動がわかるのは、かなりの期間が経過して構造物が変形し、あるいは建具のたてつけが悪くなって初めて知るのである。変動の速度もまた、この程度である。

調査地域に発生した被害は、一般的に次のようなものであった。

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| (a) ガラス戸等のたてつけが悪くなり開閉が不自由になる。 | (c) 壁にひびが入る。壁がはがれる。 |
| (b) 床がふくれあがったり、波打つように変形する。 | (d) 土台や柱がはずれたり、傾斜する。 |
| | (e) ひずみの累積により、ガラスが割れる。 |

(f) ガラス戸等が変形破壊する。

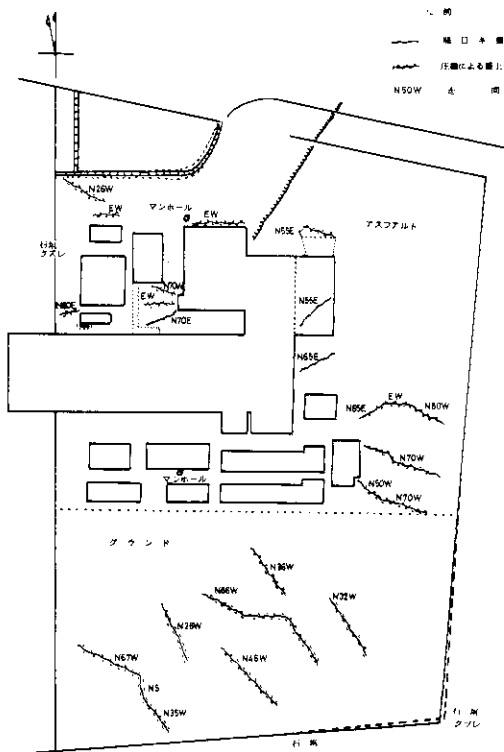
これらの被害は一つ一つをみれば大きな被害とはいえない。しかし地盤変動がつづく限り修理しても修理しても一時しのぎで破壊は継続する。しかし、修理をしないでほうっておくわけにいかない。たとえば戸が開閉できないというのは、日常生活で非常に不自由であるというように生活に密着している被害であるからである。

壁のひび割れにしても、それが開口して来ると冬場のすきま風で暖房費の出費が増加するし、風雨の吹き込みもある。

土台のずれなどは簡単に修理できないし、変動がつづいている限りは何回も修理する必要があり、一般に現地で被害を受けている家々で話を聞く限り、じわじわといつの間にかせまってくる地盤変動に対し、終りの見通しがなくともあって非常に不安感をもっていることが感じられる。少数であるが筆者らの調査で被害が発生していることを指摘するまで被害の発生を知らない家もあった。

三恵病院

この病院は今回の噴火に伴う地盤変動により大きな被害をこうむった。敷地には図2に示すように多数の開口亀裂と圧縮盛上りが認められる。この影響は、建物にも現われ、破損やユガミを生じ、その結果建物は使用不能となり、移転を余儀なくされた。



(1) 開口亀裂ならびに圧縮による盛上りには走向が $N 30^{\circ} W$ 内外のものと $N 66^{\circ} W$ 内外のものが認められ、開口亀裂を認められなかった。建物周囲のアスファルト舗装部分では、圧縮盛上りの方向は $N 70^{\circ} W \sim EW$ が多いが、かなり方向の異なるものも存在する。これは建造物による影響のためであろう。アスファルト舗装部分には開口亀裂がみられその方向は $N 55^{\circ} \sim 70^{\circ} E$ の範囲の中に入る。

(2) 2カ所にマンホールが存在し、マンホールの穴と一致していたアスファルトの空白部が円形のままくずれて、マンホールの穴とくい違っており、その最大くい違い方向は $N 50^{\circ} E$ であった。

図2 三恵病院（位置を図5に示す）の地盤変動の状況

(3)花壇周辺の縁石は、アスファルトに比し、圧縮に対する抵抗性が強いので、いくつかの変動がみられた。花壇の南東側の縁石が南東方向にセリ出し、花壇の土と縁石の間に水平方向で最大幅320mmのスキ間があいている。また同じ縁石が圧縮によりアーチ状に垂直方向に110mmもち上がっている。花壇の西側では南北方向に並んだ縁石の南端で、それに直角に接する南側の縁石が押され、反時計回りに回転し、その縁石の西端と南北方向の縁石の間には50mmのスキ間があいている。

(4)石垣のセリ出しによる崩れが2カ所に認められる。一つは病院敷地の西側にあり、他は運動場南東隅である。特に後者は石垣の下の部分が北東側に移動したのに、石垣の上部は柵が南北方向にあり、それによって従来そのまま保持されたため、下部と共に移動することができないで、破壊したと思われる。

(5)鉄板の持上り

建造物の排水路にかぶせた鉄板がアーチ状に持上がっている。

これらの現象から考えると、この地点では南西-北東方向の圧縮力が働いている。

壮瞥団地

この団地は、壮瞥温泉の西部地区にある。当団地の建造物は、ブロック積の壁に多少ひび割れが入る程度で、それほど目立った被害は出ていない。ただ団地の側方を通るアスファルト舗装の坂道で開口亀裂と圧縮盛り上が認められる。図3にみるように、坂道の上部和下部では地盤の相対的な移動方向が異なっている。これは縁石とアスファルト路面あるいは畑地との間で、圧縮に対する抵抗が異なるためと考える。畑地と縁石の間では、矢印で示すような単純な動きがみられるが、アスファルトの道路では、消火栓の近辺でその動きが畑地と異なっている。

壮瞥団地に被害が少ないのは、圧縮方向に対して、おおむね直角方向に、建物の長辺が向いていることと、単純な形態をしているためと思われる。

洞爺マンション

この地点の地盤変動の特色は、圧縮による盛り上がり認められず、その形態は大部分が開口亀裂という点である。またその方向はN70°W～N75°E方向で、およそ東西方向であり、開口幅は25mm～35mmで、30mm前後の右ずれである。

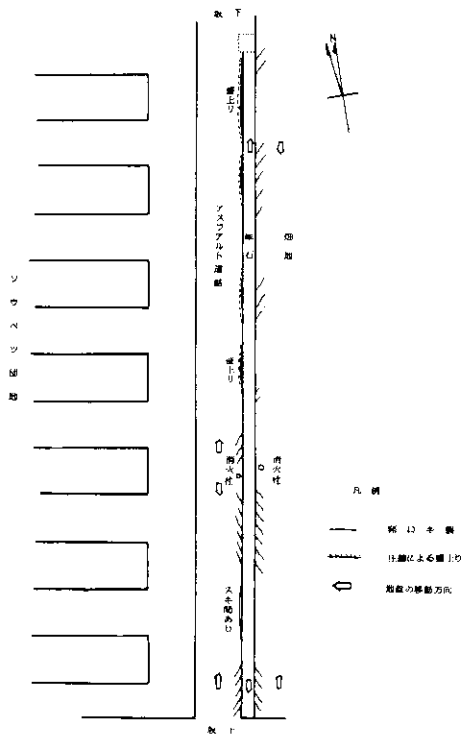


図3 壮瞥団地(位置を図5に示す)の地盤変動の状況

垂直変動はマンション敷地内でみられ、落差も1mを越え写真1のように建物を折ってしまった。この開口亀裂群が外周の道路と交差する場所において、道路に沿って埋設されている250mmの水道管の継手のゴム栓に被害が出ている(図4)。



写真1 断層の垂直変動により折れ曲がった洞爺マンション

また、この地点の歩道と道路との境の縁石は、縁石相互間で40mm~50mmのスキ間があいていて右ずれで20mm内外くらい違っている。これらの現象から判断して、ここではほぼ南北方向に地盤が伸びていると考えられる。

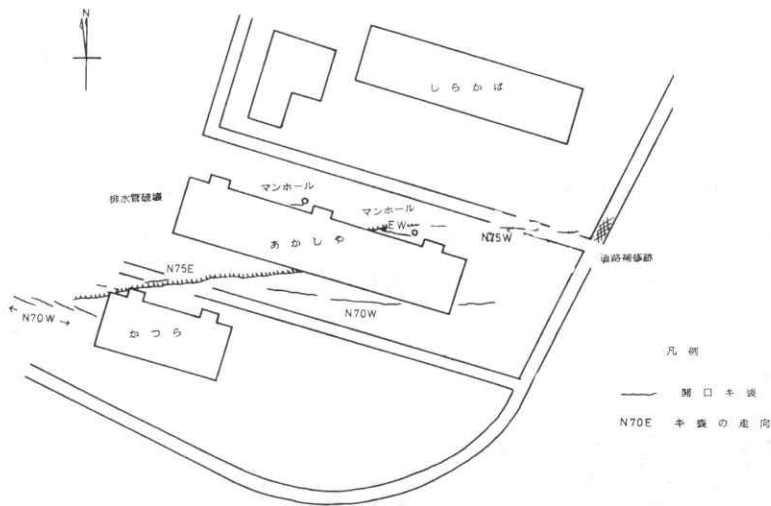


図4 洞爺マンション付近(位置を図5に示す)の地盤変動状況

道路等の被害

道路の破損は、地盤の圧縮による盛りりと、断裂の横ずれによる水平移動が観察された。調査地域内では断層の垂直変動により道路に段差が大きく発生した例は見当たらなかった。道路はひびの入ったところを補修する程度の被害であった。

前述のように道路はあまり被害がなかったが、道路に接している縁石や排水路に被害が出ている。写真2に示すように地盤の圧縮により排水路が押しつぶされたり写真3のように地面から浮き上がりア



写真2 地盤の圧縮変動により押しつぶされたU字溝



写真3 地盤の圧縮変動によりU字溝が字面より浮上ってアーチ状となった



写真4 地盤変動により道路が約1年で約1mずれた

チ状になったりする。縁石は、押しつぶされたという例はなかったが、横にはみ出してきたり、ブリッジ状になったりしている。

縁石はともかく排水路が変形すると用をなさなくなる。コンクリート製のU字溝が、よく排水路の途中に設けてある集水桝部分に応力が集中して金属のフタが変形をきたしている。おそらく集水桝本来の機能を失うまでは時間がかかるであろうが、この種の変形がよくみられた。道路が断裂の水平移動で著しくずれたのが協会病院前のところで、約1カ年で約1m横にずれた(写真4)。しかしこの程度ではまだ、交通に著しく支障はきたしていない。

水道管の被害

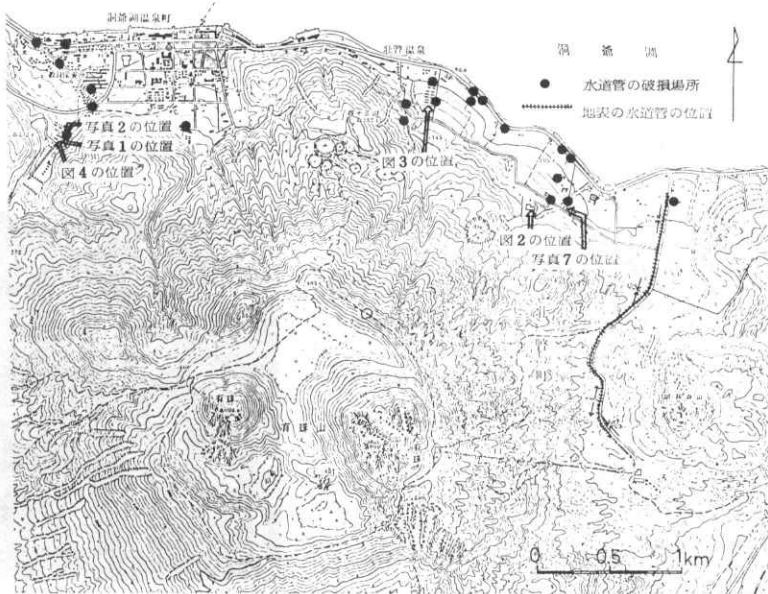


図5 水道管の主な破損場所と地表に敷設された位置及び三恵病院、社警団地、洞爺マンションの位置を示す

昭和新山山麓から道道昭和新山線沿いで道道洞爺湖・登別線に至る約2kmの区間で、地盤変動による水道管の破壊が発生したため、水道管は地表に新設された。

本来、地下に埋設されるべき水道管（特に寒冷地では冬場に凍結の問題がある）が、雪でおおわれれば、零度以下にならないので水が流れていれば結水はないが地表に仮設せざるを得なかったことから変動量の大きさがうかがえる。地表に設置した区間を図5に示す。図1でわかるようにこの区間で地盤が伸張している区域と圧縮されている区間があり、この結果、水道管が一部では地盤変動にしたがって、地表を移動している。

その他、この地盤変動に対処するため、水道管の接合部は写真5に示すようなフレキシブルジョイントが使用されており、また水道管の地表部分の固定方法も、地面の変動にある程度は追従可能にされている。

しかし管の接合部に変動の影響が集中し写真6のように変形が進み、いずれは切断されるであろう。



写真5 地盤変動により水道管を護るため写真のようなフレキシブルなジョイントが使用されている

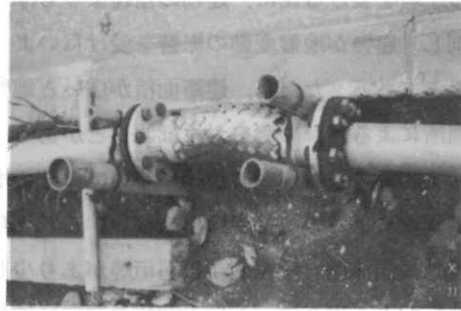


写真6 地盤変動によりややつぶされかけている水道管のフレキシブルなジョイント

水道管の被害は、1977年（昭和52年）12月頃から発生頻度が多くなり1978年（昭和53年）2月には、2日に1回程度発生するようになった。修理に約4～5時間を要し、この間断水となる。それでも前述した虻田町の浄水場近くで被災した地下埋設水道管の修理に要する時間よりは短時間で復旧できるであろう。

虻田町の浄水場近傍で洞爺マンション脇の水道管は、地下埋設のまま使用している。このため地盤変動で度々水道管が破損し、その度に修理を要し付近住民は水の使用が出来なくなる事態となる。

この他に温泉供給用のパイプや地下埋設の電話線など水道管と同じように被害が発生している。

これらの被害は、たしかにその時々被害は少ない。しかし、累積額は大きく、また住民が水道を使用出来ないとか電話が混信して不自由するなど金額では算出不可能な被害が出る。これが地盤変動による地盤災害の特色であろう。地震災害のように、一時に破壊され短時間

で終了するならば復旧の目安がたてられるが、いつ果てるともなく継続するこの種の災害では応急的復旧の連続で根本的な復旧が行ない得ないところに問題がある。

考察と問題点

地盤変動による建物の被災調査から次のようなことが一般的に言える。すなわち形態が単純なものより複雑の方に被害が出ている。そして地盤変動の方向と一致する方向に増築などしていると一層被害を増している。以上の傾向は木造とかモルタルとか建物の材料に関係なく認められる。

水道管などの地下埋設物は、特に地盤変動により被災すると修理が困難で時間を要する。このため地表に設置した水道管は比較的被害が少ないことと、応力が集中する場所が割合限定されることから、部分的にでも配管を地表に設置すべきであろう。

次に、小さな家屋であれば、写真7に示したような防御方法がある。すなわち移動方向に対して建物の圧縮を受ける側に、建物の基礎よりも深い溝を掘削し、建物が地盤変動の影響を受けないようにすることである。ただし、建築面積が広いと地盤変動の場所による差が影響をおよぼすことがある。したがって防御できる建物の規模についてはその地盤の変動状況によるので特定は出来ない。これと類似の状況は、山体側（圧縮側）に石垣等があり少し離れて建物がある場合で、石垣と建物の間隔は地盤変動により狭くなって行くが、建物はその影響を受けにくいことである。もし建物が山体側（圧縮側）の斜面に接しているか、間隔が狭くて変動量がこれを越えると建物は地盤変動の影響を受けて変形することとなる。



写真7 山側（押す側）に溝を掘削して、地盤変動の影響を少なくしている。これは、地盤変動災害軽減の一策

火山活動にともなう地盤変動災害は、緩慢な変動をする地すべり地における災害と類似している。しかし地すべり地帯では地層中に貯留している水をぬくとか抑止抗をうつなどの対策工法があるが、火山地域における地盤変動の対策はないに等しいと言える。また地すべり地帯の場合は対策工事を施さなければ長期間にわたり変動が継続するけれど、火山地域の場合、昭和新山の例にみられるようにある期間が経過すれば特に対策工事を施さなくとも停止することが予想される。これらのことから、この種の災害に避難方式を採用し、変動が継続する期間住民が、地盤変動のない他の地域に移住すれば建物等に対して応急的復旧工事を施さなくともよくなる。ただし、建物の応急的復旧費と移転費用の得失は考えなければならない。もし火山活動の期間や予想される変動量などについて、確度の高い火山活動の予知が可

能であれば応急的復旧か一時避難するかを選択することが可能であるが現在の学問ではそこまでの予知精度はなかった。

終りに、現地調査や資料の収集に御協力いただいた、北海道虻田町、町役場経済部長玉掛昭二氏、火山噴火予知現地総合観測班・気象庁地震課齊藤進氏に記して感謝いたします。

参 考 文 献

- 熊谷貞治・田中耕平・大八木規夫・清水文健・小池幸男（1978）：1977年有珠山噴火による災害現地調査報告，主要災害調査，14，1～70，国立防災科学技術センター。
- 熊谷貞治・田中耕平・大八木規夫・清水文健・幾志新吉（1978）：1977年有珠山噴火による地盤災害について，第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集，191～194，自然災害科学総合研究班

（1980年1月29日 原稿受理）