

地質と地盤に関する 2, 3 のチェックポイント

京都大学名誉教授 志岐 常正

1 はじめに

この小論では、国土問題研究会 40 周年記念シンポジウムで筆者が述べたことの中から、地盤の歴史性把握の重要性、地盤の振動予測、堅硬地盤の劣化などの問題とかわり、地域住民の関心、注意が望まれる若干のポイントを指摘する。

2 地盤の歴史性

地盤は地質史、社会史の産物であることは言うまでもない。しかし、我が国では、“開発”や防災のための事業を計画するに当たって、まず地域と地盤の歴史的成り立ちを調査し、それに基づいて将来を展望するということが、未だに普通にはなっていない。

小豆島の 1976 年災の後、池田 碩氏ほかの方々と数回の災害調査を行った。その時、ある土石流について、新鮮な角い岩屑ばかり出てきていることから、現在の石切場が崩れて流れ下ってきたものと推測された。その隣の土石流は、そのもとになった崩壊地（写真 1）の風化礫の散在状況、マサや粘土層の分布、その他から、数百年前の石切場からのものと考えられた。実際、そこから古い石切の鑿が出ていたという証言も地域住民から得られ、この現場が大阪城築城時の石切場跡地であることが確認された。しかし、この地を調査した多くの研究者の中で、このようなことに気付いた人は他にいなかったようである。



写真 1 大阪城築城時の石切場跡地の崩壊。1976 年災。小豆島福田。

ここで考えていただきたいことは、この古い石切場でそうと気付かずに物理探査を行ったとして、果たして何が分かるかということである。物理探査が無意味だということではない。だがその前提として、地盤とその構造特性が把握されていないと、いかに精密に物理探査やボーリングをおこなってもその結果が正しく解釈出来ず、ただの遊びになりかねない。その地盤の地質と構造は地

質史と社会史の産物であるのだから、まずそれら歴史を把握することが必要である。この視点と手順を欠いた調査計画は不備であり、不備な調査に基づく“開発”は危険である可能性が高いことを強調したい。

3 地震と地盤

3.1 地質構造と地震動

当然ながら、ある地震によって、ある場所の地盤がどのような動きをするかは、震動の発振源からの水平的、垂直的距離や震動パスの地盤の性質、構造、それらに関係して伝わってくる波の性質や大きさによって異なる。その場、その地域の地盤の性質、構造が大きく関係することとも言うまでもない。これらとの相互関係によって、その地盤の上（あるいは中）に作られる人工構造物の揺れ方や被害も変わる（表 1）。

これらの関係のうち、すでに関東大震災の時から、もっとも注目、注意されてきたのは地盤の震動周期と建物などの固有周期との一致による共振であるが、小論では省略する。軟弱地盤の液化化の現象も、軽部大蔵氏によって詳論されるので省略する。また、人工地盤に多発する崩壊その他の被害についても、同様に田結庄良昭氏によって別に記述される。そこで、小論では、地域住民や行政が地震防災を考えるにあたって、今注意する必要がある次の二つの話題に絞って述べよう。

表 1 地震による地盤の動きと建物被害－1995 阪神・淡路大震災の例による（山稜、岩峰の破壊によるものを除く）

地震動被害	建造物の共振	従来もっとも重視されてきた
	足払い倒壊	地盤の突然な動き、その向きの転換による。慣性で地盤の動きの反対方向に倒れる。
	地面の波動	地表面に、水面の波と同様な上下の波が起こり、伝播したことが目撃されている
液化化、流動化被害		地盤の支持力低下で建造物のはめり込み、傾く（基礎が堅い地盤につけてあれば、逆に相対的に浮き上がる）
“地割れ” など		震源断層につながらない地表の“変位” でも、建物内に延びたり、塀を割ったりする

その一つはハザードマップ作成における“激甚被災の帯” 出現予測の問題である。阪神・淡路大震災において、とくに被災の激しい場所が帯状に現れ、その地帯の中には地盤が“悪い” とも言えないところが広いことが注目された。これを“激甚被災の帯”、あるいは“震災の帯” などと呼ぶ。その成因に関して多くの研究がなされたが、それぞれの場所だけの地盤でなく、そのあたり一帯の地盤の構造が関係して、たとえば、地震エネルギーの“フォーカシング”（焦点効果）が現れたことが指摘されている。

ところで、阪神・淡路大震災以後、各地方自治体が、その地域のハザードマップを作らねばならぬことになり、実際に作られてきた。しかし、そのハザードマップが、果たして上記のような問題を考慮して作られているかどうか、実は問題である。焦点効果などが現れるかどうかを検討するためには、検討が出来るような調査がなされていなければならない。要するに、反射法地震探査や重力探査などと、かなり深いボーリング調査とを総合的に実施しなければならないということである。

実状はどうかというと、専門科学者が何人もおり、予算的裏付けも比較的容易な京都市では、

昨今、大規模な調査が行われたが、日本各地の自治体では、何をどうやって調査せねばならないかはおろか、問題の所在すらも知らないところが多いと思われる。実際に、2、3の自治体のハザードマップを見ると、地震による被災予想地域と洪水（特に溜水）被害の予想地域とが、地図の上でぴったりと一致している。沖積層の軟弱地盤の低地でこれら両方の被害が大きいと予想することは、それはそれで正しいが、おそらく、地盤のつくる構造についての考慮が計算に入っていないものと思われる。

反射法探査を精度よく行うことのできるコンサルタントは限られている。また、規模の小さい自治体にとっては、経費が必ずしも安くない。活断層の調査ということで、国からの援助を得られる可能性はある。ただし、積極的に手を挙げなければ、交付されるはずもない。この小論を読まれた各地住民、とくに地域の地震防災を考えておられる住民や自治体の職員、首長が、上記の事情を捉えられた上で、積極的に調査の要求、計画に取り組まれることを期待したい。

3.2 地震動による地形変化

阪神・淡路大震災に際し、六甲のロックガーデンなどで、山稜、とくに岩峰のトップが激しく破壊され、あるいは浮き石（岩塊）が跳んで横の谷に落下した（池田 碩, 1995a, 1995b）。地震に際して石が跳ぶ現象は、梅田康弘氏によってかなり前から記載されているが、この地震による山稜の破壊現象は、池田氏が指摘するとおり、豪雨による山腹の崩壊や侵食を重視してきた従来の造山帯地形輪廻モデルの修正を迫るものである。今後の災害の予測に関係しては、これは、土石流材料物質の生産・貯留メカニズムが新たに一つ知られたことを意味する。池田氏がしたように、山麓の地形・地質状況を、岩峰の岩の亀裂や山稜浮き石の一つ一つにいたるまで調査、把握しておくことが、今後の山麓市街地の防災上、重要である。

4 “偽堅硬岩盤”と“偽良好地盤”について

偽堅硬岩盤とか偽良好地盤とかいう述語があるわけではない。サブタイトルをあまり長くしない都合上、ここで仮称したにすぎない。

4.1 岐阜県御望山の事例

岐阜市郊外に、御望山という、チャートを主体とする、高さ 200m ほどのやや細長い山がある。チャートの山ならガチガチのはずであるとして、ここにトンネルを通す計画がなされたが、実際には案に相違して異常に亀裂が多く、風化も進んでいて何 10m もの深さまでガサガサであった（写真 2）。

風化していると言っても、チャートのことだから、1~2 cm 角の岩石は硬いのである。しかし、岩盤としては堅硬ではない。何故このようになったのかということは、土木工事だけにしか関心がない人にとってはどうしてもよいことかも知れない。しかし、上にも述べたように、歴史的理、形成プロセスが判らなくては山体の実態をつかんだことにはならない。

そこで現地で調査をしてみると、細長い山塊の南北両側の麓や山腹に、山の延びに並行的な断層（おそらく活断層）や胴切りの断層が密に発達しているらしい。山がガサガサになる素因としての亀裂は、広域テクトニクスの一部としての断層活動が関係して発達したものと思われる。一方、山腹の谷をつめた山稜のすぐ下で赤色風化土が見いだされた。これは東海地方の花崗岩を基盤とする高位段丘に普通にみられる風化堆積層である。つまり、御望山は、準平原面が形成され、温暖期赤色風化が行われて以後に断層活動を伴って隆起した。その際、岩盤に亀裂が発達し、その後の風化は亀裂に沿って、ますます深部に及んだ。しかし、他の山ほど高くは隆起しなかったために、深層風化帯が浸食されずに残っているのである。



写真 2 チャート岩盤の深層風化。岐阜県御望山西端採土石場。

赤色風化土を頭部に残す深層風化帯は、花崗岩山地では普通に見られるが、御望山の例は、地殻応力による破碎を受け、かつ風化帯が侵食されずに残っている条件があれば、チャートの山でもガサガサでありうることを示している。判ってみれば、さして不思議なことではない。ちなみに、この山の山稜は定高性は保存しているがかなり狭く、隆起準平原面は、面の形ではほとんどなくなっている。

4.2 京都市の半鐘山の事例

よく似た例に、京都市内左京区の半鐘山住宅開発地のホルンフェルス岩盤がある。丘と言った方がよいような小山であるが、数 10m も削って下げなければ、宅地にできない条件のところである。実は、筆者は岩盤の岩石名を聞いただけで、極めて堅硬だから、掘削、切り下げは大変だ

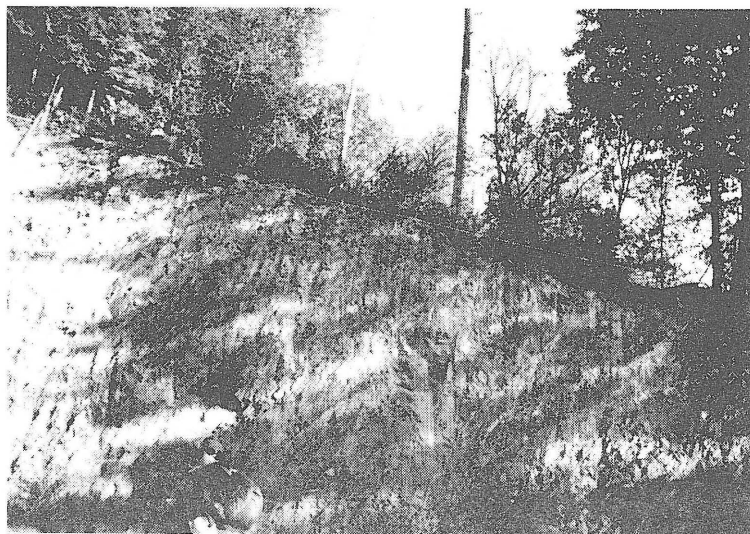


写真 3 ホルンフェルス岩盤の風化・削り跡がはっきり見える。暗いところは日陰。京都市左京区半鐘山。

ろうと予想した。ところが、業者が工事差し止め請求裁判中であるにも関わらず進入口を着工したところを見ると、ここも亀裂が多く、ガチガチの岩盤とは言えない（写真 3）。それどころか、隣接家屋の基礎に地滑りさえも発生しており、工事が進められるならば、さらに大変な事態にな

る恐れがある。

ホルンフェルス基礎地盤での地滑り！そんなことを考えた地質屋があるだろうか。実はこの近くには、京都に名高い花折断層が通っている。このことに関して、半鐘山の地盤に亀裂が多くとも不思議ではない。さらに、山の上のやや平らなところを注意して探すと、稀ながら、河床性の円礫が見いだされる。要するにここも、若い地質時代にテクトニックな破碎や風化作用を受け、また、河床となったこともある場所であり、そのことを考えるならば、岩盤はガチガチであろうと安易に予想する方が愚かなのである。

4.3 熊本市沼山津の事例

岩盤ではなく、比較的新しい時代の地層が基礎地盤として良好かどうかの問題の例として、熊本市沼山津のセルラー鉄塔問題の“洪積台地”構成層の件に簡単に触れる。ここも、洪積台地であると聞いただけで、地盤問題で地元が反対するのは無理ではないかと思ったところである。ところがその後の調査と検討によって、地盤に問題がないとは言えないことが明らかとなった。それどころか、近くの活断層の活動による地震の際には、ある種の流動化や地滑りさえも起こりうるという計算結果が、国土問題研究会のメンバーによって出されたのである。

鉄塔設置者は、未だにこのようなリスクを認めておらず、現地住民は鉄塔撤去を求めて裁判係争中であるが、それについてはこれ以上小論では触れない。むしろここでは、小論のテーマに沿って、自然と社会を歴史的把握することの重要性を、この例についても指摘しておきたい。

何故“洪積台地”の構成層がこのように軟弱でありうるのかについては、九州島の広域的なテクトニクスが関係していることが考えられる。つまり、九州島の南北裂開によって生じた東西性地溝中の微隆起台地の地層中を、東方の阿蘇山からの伏流水が、地質学的時間（数万年以上）流れ続けていて、地層がずっと水に飽和した状態にあり続けていたのではないだろうか（図 1）。これは、たとえば近畿地方の“洪積台地”が、氷河期には離水して基本的に乾燥状態になったことがあるのと、甚だしい違いであろう。このように見るならば、九州だけでなく、他の地方でも、何か特殊な条件があれば、更新統が軟弱であることはありうる。関西空港の地盤沈下も、このような視点で見ることが必要なのかも知れない。

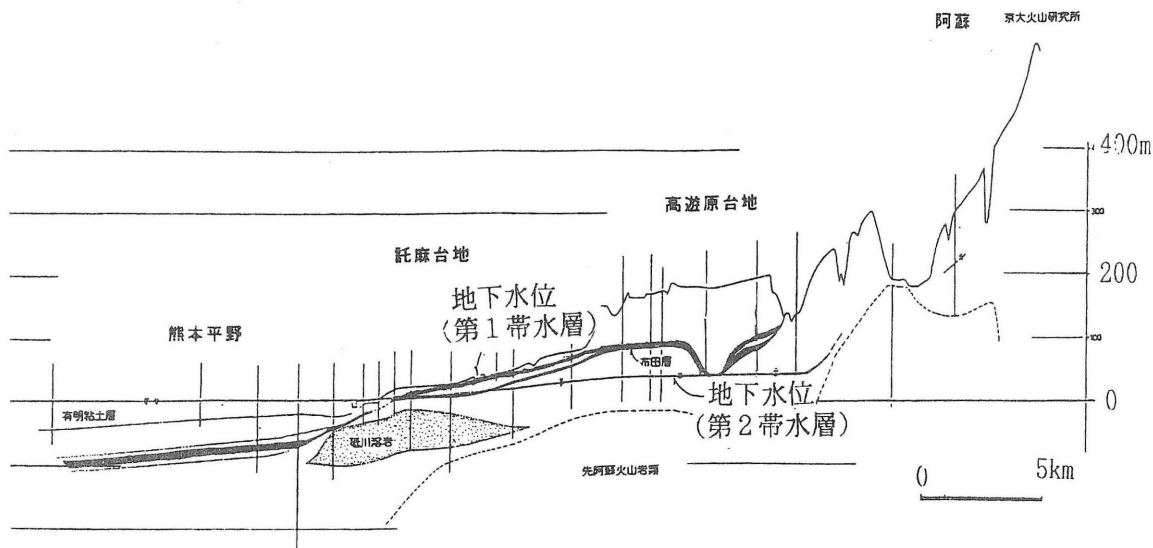


図 1 現在の阿蘇－熊本地下水断面図。託麻台地の地下水位は非常に浅く、凹地形部では地表面に近い。熊本県・熊本市(1995)による（1993 年 10 月測定）。

5 おわりに

シンポジウムでは、以上のほかに環境アセスメントにおける地盤の安定性調査の欠如や、設計、計画での的確な現地調査の必要性などについても述べたが、今回の小論では省略し、いつか他の機会に記述することとする。以上では、どこにせよ地域の“開発”計画が起こった時にチェックをすべき事のうち、数個のポイントに絞って述べた。列挙すれば、次の通りである。

- ・地域と地盤の歴史性が把握されているか？
- ・地震エネルギーのフォーカシングの影響などが、反射法探査その他による地盤構造調査に基づいて明らかにされ、震災ハザードマップに反映されているか？
- ・過去の震災の際の山稜破壊によって生産された土石流材料物質が、現在、山にどのような形で存在しているか。
- ・“開発”計画者が現地でのきちんとした調査なしに、堅硬な岩盤、あるいは良好な地盤と信じている（あるいはそう称している）場合には、はたしてそうか一度疑ってみる方が良い。これは、地質学の専門知識なしにも、自分の目で素直に見て、ある程度わかることである。

参考文献

- 池田 碩 (1995a) 阪神大震災と地形災害, 地理, Vol. 40, No. 4, pp. 98-105.
- 池田 碩 (1995b) 写真に見る地震の強大なエネルギー, 「地震と震災－阪神・淡路大震災の警鐘 (国土問題 51 号)」, pp. 183-190.
- 熊本県・熊本市 (1995) 平成 6 年度熊本地域地下水総合調査報告書, 122p.