

宅地の地質環境調査とその対策の例

山形大学教育学部理科教育講座 川辺孝幸

1. はじめに

1995年1月17日早朝に発生した兵庫県南部地震によって、特に住宅被害が六甲断層系からやや大阪盆地側に離れた”震災の帯”を中心に発生し、多大な人的被害を被った。このような地質構造的要因によると考えられている”震災の帯”(嶋本, 1995)の中でも、被害の程度は一様ではなかった(川辺, 1995b, 1995c)。また,”震災の帯”から離れた地域でも被害程度の高い地域とそうでない地域、がかなり細かい範囲で住み分けされていた(川辺孝幸, 1995a, 藤田ほか, 1996, 1995年兵庫県南部自身地質調査グループ, 1997など)。これらの地質構造的には同様な位置における被害の差は、宅地開発の進展の度合にともなう住宅建造時期・築年数による耐久度の違いとともに、表層地質の差によるものと考えられている。すなわち、扇状地面や自然堤防上、砂州上などの砂礫・砂等の比較的”固い”地層からなる部分では倒壊の被害が多いのに対して、旧河道部分や砂州間低地などの表層付近が泥質堆積物からなる”軟弱地盤”,あるいは砂質でも自然堤防斜面や海岸付近、海岸部の埋立地等の地下水位の高い地域では、倒壊の被害は少なかった。しかし、それらの地域では、基礎部分の破断・移動・不等沈下によって、一見被害が相対的に少なく見えるものの、軸組みが変形して事実上居住不能になる被害が多く発生した。

このような被害状況からは、個人住宅といえど、表層地質の条件にみあった設計・施工が必要であることがあらためて認識させられる。

筆者は、兵庫県南部地震の起こる直前に、自宅を建設するために宅地を購入し、兵庫県南部地震の発生後に自宅の建設をおこなった。購入時点での宅地の選定に際しては、大まかに盛土かそうでないか、湿地であったかなかったか程度しか考慮しなかった。筆者の購入した土地は、立谷川扇状地の末端に近い扇央部であった(第1図)。しかし、兵庫県南部地震での被害状況をみるにおよんで、おなじ扇央部であっても微地形・表層地質の違いによって大きく被害の程度が異なることがわかり、購入した宅地がどのような表層地質から構成されているかを検討し、それに対応した住宅の設計をおこなうことの必要性を痛感したので、急遽宅地の表層地質の調査をおこない、それに見合った基礎構造を設計・施工することにした。以下に、宅地の表層

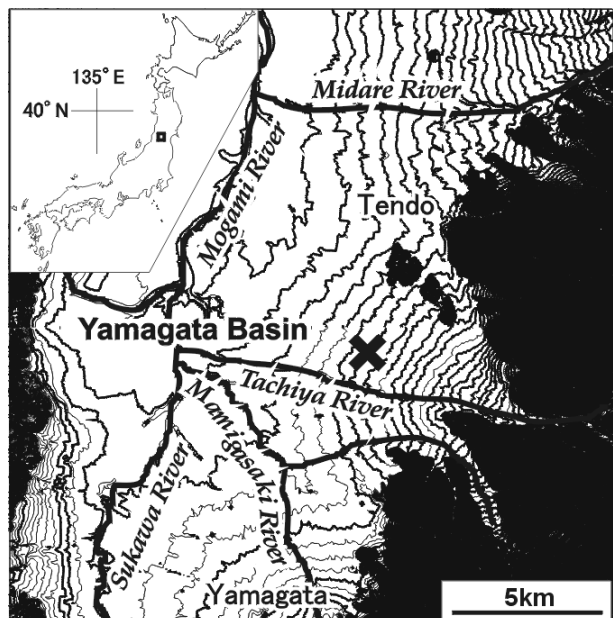


Fig. 1 Index map of survey point and topographic contour map of the Yamagata Basin. Contour interval is 5m. Map is created from GSI Digital Maps (50m mesh); “Yamagata-Hokubu”, “Yamadera”, “Sagae”, and “Tendo”.

地質調査とそれにもとづいた住宅設計の具体例を、問題点とともに紹介し、地震災害に強い街づくりの一助にしたい。

2. 地質の概要

宅地は、山形盆地の東縁付近の立谷川扇状地の扇端部付近にある（第1図）。山形盆地は、東側の奥羽山地と西側の出羽丘陵に挟まれた南北約50km、東西約10kmの、南北に細長い盆地である。山形盆地内には更新統が最大300m以上の厚さで第三系を不整合に覆って埋積している。盆地の西縁には、明瞭な活断層地形があり、実際に活断層が観察できる（阿子島，1995）。盆地東縁部では、盆地内のボーリングによる基盤の分布高度からは活断層の存在が推定されるが、奥羽山地から流れる河川によって明瞭な扇状地地形が発達し、活発に堆積物を堆積しているためか、活断層は発見されていない。

このように、宅地は第三系の基盤の上に重なる層厚100m以上の第四系の礫・砂・泥からなる未固結堆積物に重なった完新統河川堆積物の上にあるといえることができる。

3. 調査方法と結果

宅地の表層地質調査にあたっては、まず、表層地質の堆積環境を推定するために、調査地域が宅地化する以前の1960年代の空中写真を用いることによって微地形の解析をおこなった。その後、ハンドオーガーによって宅地の3地点において掘削をおこない、実際の表層地質の観察をおこない、空中写真判読結果とあわせて、宅地の地下地質の3次元分布を推定した。

1). 空中写真判読結果

空中写真の判読には、1967年撮影の国土地理院発行の空中写真（T0-67-5X C2-8 および C1-7）を使用した。

空中写真からは、宅地周辺は扇状地でも、扇端部に近い部分で、扇状地上面を流れる河川が網状河川から蛇行河川に移行する河床勾配の変換点付近にあること、宅地は、ちょうど旧河道の中であり、周囲に比べてやや微低地になっていること、旧河道の中でも、右に曲流する流路の攻撃斜面に近い河道中央部から滑走斜面にかけての位置にあることがわかる（第2図）。

したがって宅地部分では、旧河道に流水が流れていた当時の河床面を構成していた砂礫層があり、その砂礫層が支持層として期待できること、砂礫層の上位には旧河道の凹みを埋積する泥質堆積物を主体とする地層が重なっていて、“軟弱層”をなしていると推定できる。そして、砂礫層の上面は滑走斜面の傾斜を持っていて、その面を下底面とする“軟弱層”の層厚は滑走斜面上の流路側と岸側に近い部分で層厚が異なることなどの地質状況が推定できる。

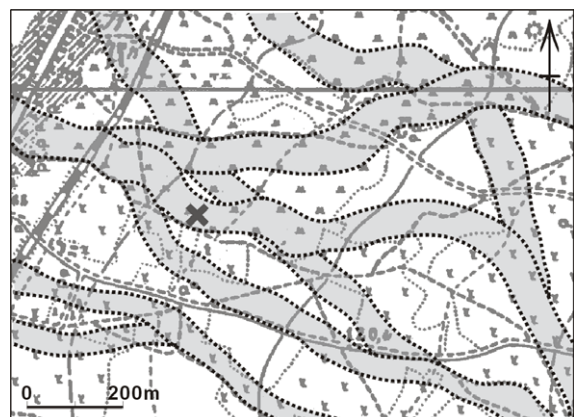


Fig. 2 Traces of paleo channels reading from aerial photographs (JGI T0-67-5X C2-8 & C1-7). Back ground topographic map is partially copied from GSI 1/20,000 “Tendo” and “Urushiyama” published in 1905.

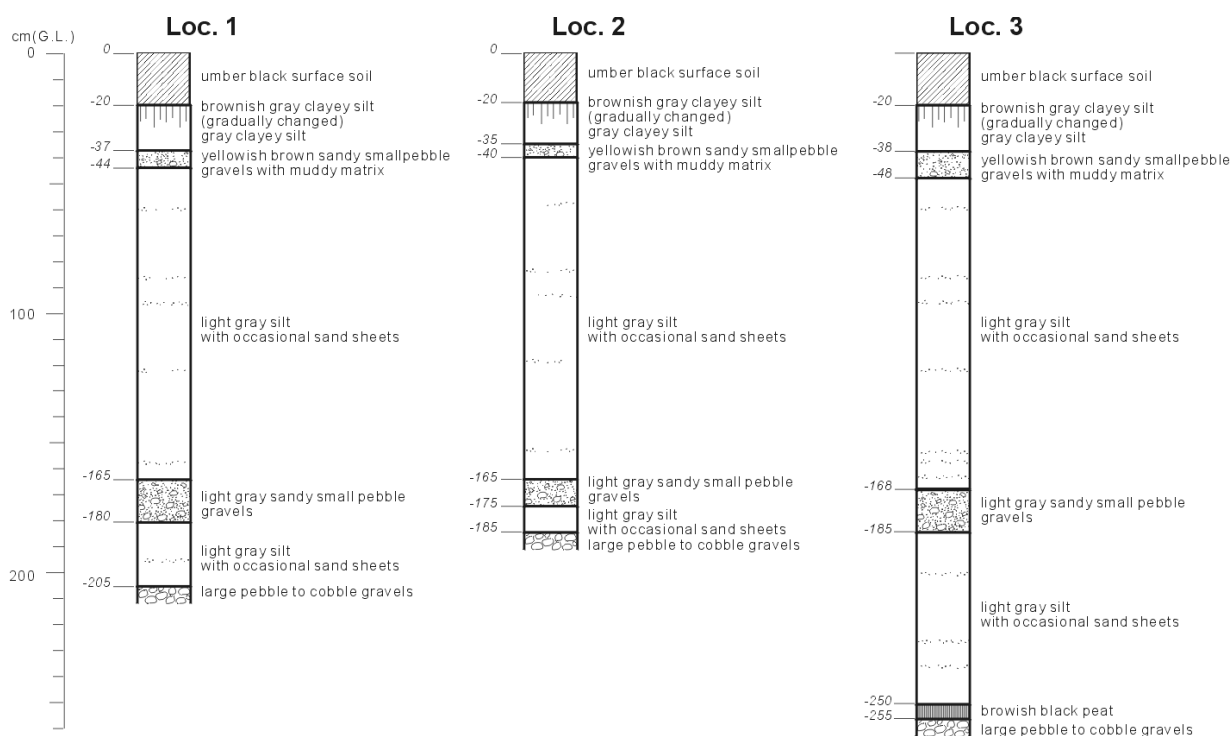


Fig. 3 Columnar sections at Nagaokakita 3-5-22, Tendo City, Yamagata Prefecture. Locality points are shown in Figure 4.

2). ハンドオーガーによる掘削結果

空中写真判読から推定された地下地質状況にもとづいて、3地点でハンドオーガーによる掘削をおこなった。実際にどのくらいの深度までハンドオーガーによって掘れるか自信はなかったが、旧河道表面の礫層上面までを目標にして掘削をおこなった。

掘削は、直径12cmのハンドオーガーを使用して、人力で掘削不可能となる礫層に達するまで、一回に採取可能な約20cmごとに資料を採取して観察しながら柱状図を作成していった。

3地点の掘削によって、第3図に示すとおり、ほぼ予想したとおりの柱状図が得られた。

すなわち、旧河道の河床堆積物とみられる礫層上に泥質堆積物が重なっていて、泥質堆積物の層厚は、想定される攻撃斜面側に近い地点3でもっとも厚く、滑走斜面側にある地点1、2で薄くなっている。泥質堆積物中に挟まれている2層準の砂礫層はいずれの地点でも見られ、3地点間で明瞭に対比が可能である。なお、攻撃斜面側に近い地点3では、下底部に厚さ約5cmの黒色腐植層が挟まっている。この腐植層は、手で潰すとほとんどペシヤンに潰れてしまう。

4. 宅地の表層地質の特徴

3地点のハンドオーガーによる柱状図と空中写真判読結果をもとに作成したのが第4図のブロックダイアグラムである。

この図で示すように、宅地の表層地質は、蛇行河川の平常時の流路から滑走斜面の河床をつくる砂礫層と、河道の放棄後に、砂礫層上面の凹みを埋積する細粒堆積物を主体とする地層からなる。

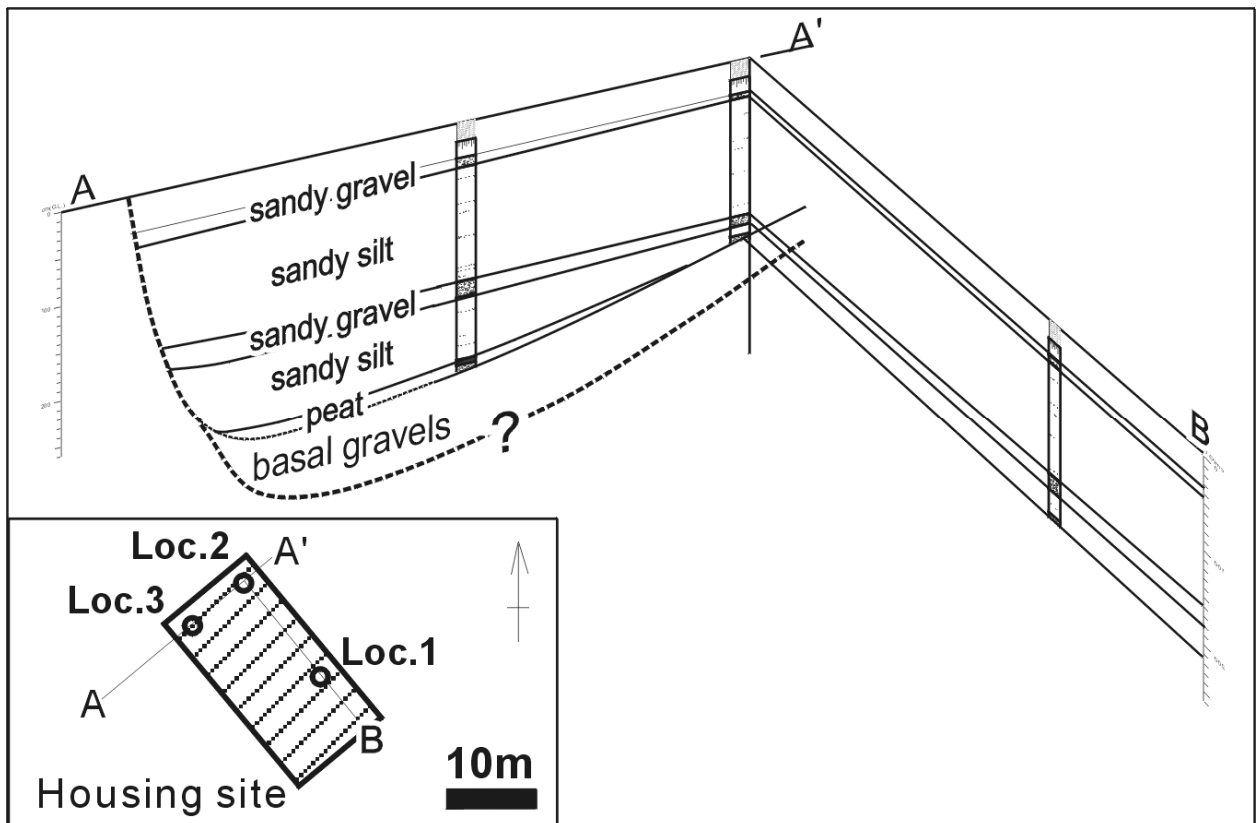


Fig. 4 Ideal block diagram at Nagaokakita 3-5-22, Tendo City , Yamagata Prefecture.

細粒堆積物の層厚は、砂礫層上面の凹みの形態を反映して、くさび状の形態をなしている。また、細粒堆積物の堆積初期には腐食層が凹みの低い部分に堆積している。おそらく、河道の放棄後、湿地～浅い池のような状態になっていたと考えられる。大規模な洪水時には、そのような凹みの中に、洪水流が流れ込んで、泥質砂礫層や砂の薄層が堆積したと考えられる。

5. 住宅支持層としての表層地質の特性

以上のような地質状況からは、住宅を建築した場合、以下のようなことが想定できる。

不等沈下：凹みを埋める泥質堆積物の層厚が180cm～250cmまでくさび状に変化していることから、同じ荷重をかけた場合、短縮率は一定であっても短縮量が異なり、長期的には、不等沈下を起す可能性がある。強振動の地震が起こっても同様な結果が想定できる。

固有振動：泥質堆積物が凹みを埋めて堆積しているため、地震時には、泥質堆積物には地震動によって固有の振動が励起されて、構造物により長い間、周期の長い強振動が加わる可能性がある。

流動化：泥質堆積物が地震動によって液状化して流動化して、地表面の地割れが発生し、不等な側方移動がおこり、その結果、構造物の基礎が壊される可能性がある。

ショックアブゾーバ効果：直下地震のように強振動が突然やってきた場合には、泥質堆積物、特に基底部の腐植層が潰れることによって衝撃が吸収される可能性がある。その結果、下からの衝撃的突き上げによる破壊からは免れられるが、地層の短縮によって、不等沈下する可能性がある。

6. 基礎構造の選定

想定される表層地質の特性からすると、地震を被った場合に被災しないためには、支持層となる礫層まで基礎杭を下ろし、かつベタ基礎にするのが最良の選択である。ちなみに住宅の構造は在来木造軸組工法である。

ベタ基礎+基礎杭の仕様で見積りをとったところ、布基礎とベタ基礎との差額 200 万円、コンクリート杭打ち 250 万円以上と、予算規模をはるかに超える結果となり、実現不可能であることがわかった。そこで、基礎としての耐震設計をどの程度を目標に置くかを再検討し、地震によって人的被害が出ない、かつ住宅被害もなるべく小さくということに目標を変更し、結局、布基礎底面に松杭を 90cm 間隔で支持礫層まで打ち込む方法を取る事にした。つまり、剛構造より柔構造を選択したわけである。これによる増額は 60 万円弱であった。この選択が正しかったかどうかは、残念ながら、実際に強振動の地震に遭遇した結果をみないとわからない。

後日、杭打ち工法より安価な、現場打ちで基礎杭をつくっていく工法を知ったが、事前に知っていれば、その工法を採用した可能性もある。

なお、地下水保全のために、地質調査の結果から、2.5m の掘削によって雨水浸透柵を設置した。

7. おわりに

地質調査をおこなって表層地質の特性を把握し、それに対応した住宅を建設することは、防災の観点から必要かつ最善の方法である。本来は、公的に表層地質の状況を公開して建築の際に利用されてしかるべきである。さらに言えば、土地利用の方法にさえ公的な判断が必要である。

しかし、現時点では個人の責任で”自衛手段”として地質調査をおこなわなければならない。ところが、現実的には、予算的制約から、必ずしも理想的な対策をとることができないという大きな問題がある。当面は、地質条件にみあったより安価な工法の開発と一般ユーザへの周知が必要である。また、防災の観点から、地質条件にみあった基礎の施工に対する補助金制度等の公的取り組みも必要ではないだろうか。

文 献

1995 年兵庫県南部自身地質調査グループ (1997) 宝塚-伊丹地域における兵庫県南部地震の被害と地質学的背景. 地球科学, 51(4):279-291.

阿子島 功 (1995) 山形盆地西縁の活断層群. 山形応用地質, 15, 32-33.

藤田至則・川辺孝幸・角田史雄・山岸猪久馬・熊井久雄・高野武男・野村 哲・野田貴洋・斎藤明郎・斎藤辰馬 (1996) 芦屋川流域の市街地における地震災害-液状化災害の防災に関する提言-。柴崎達雄・植村 武・吉村尚久編『大震災 そのとき地質家は何をしたか』, 43-68, 東海大学出版会, 339p., 東京.

川辺孝幸 (1995a) 兵庫県南部地震における災害の第四紀学的要因: 地団研専報, no.43, 1-4.

川辺孝幸 (1995b) 兵庫県明石市朝霧山手町大倉谷ヒマラヤ杉公園周辺の地震災害について. 山形応用地質, no.15,17-23.

川辺孝幸 (1995c) 大阪層群堆積盆地の縁辺部の地下構造と地震による地質災害. 日本地質学会環境地質委員会シンポジウム論文集『阪神・淡路大地震と地質環境』, 22-227.

嶋本利彦 (1995) ”震災の帯” の不思議. 科学, 65, 4, 195-198.

A case of geological survey for housing site and foundational countermeasure for it's geologic environment

Takayuki Kawabe*

Abstract

Suffering caused by South Hyogo Earthquake evokes us the importance of a foundational countermeasure which fits to the geologic environment of each housing site.

The author purchased the housing site before the Earthquake, and built a home after the event. Therefore, the author made geological survey for the housing site to design an aseismatic foundation fitting for the geological environment of the site.

Geographical analyses of the old topographic map and air photographs before urbanization had been made preparatorily to the geological survey. According to geographical analyses, the housing site is situated in the abandoned meandering channel on the distal part of the alluvial fan. Channel-fill thick fine

Core samples were picked by hand augur at three points in the housing site. Two picking sites; Point 1 and Point 2 were on an estimated point bar side, and Point 3 was inside an estimated channel. Results of drilling were just fit to the result of geographical analyses. Fine sediments just under the surface overlying pebbly gravel bed are 205 cm at Point 1, 185 cm at Point 2, and 255 cm at Point 3 in thickness. The fine sediments thickens and its bottom inclines southwestward. Pebbly gravel bed underlying the fine sediments seems to be the bedforming gravels of the meandering channel.

sediments overlying are estimated just under the ground.

According to the result of the survey, piles reaching pebbly gravel bed should be required, because the fine sediments seems to cause unequal subsidence and landslide by the shake. Pine-piles were choused due to the cost.

As a result of the authors experience, areal underground geologic data should be collected and published to ease to get the information for housing from the view point of areal disaster- precaution.

* Laboratory of Earth Science, Department of Sience, Faculty of Education, Yamagata University, Yamagata, 990-8560 Japan