

埼玉県地形地質と戸建住宅の地盤対策

及川 直哉*

* OIKAWA Naoya、伊田テクノス株式会社 基礎技術本部 埼玉営業所 埼玉県北足立郡伊奈町栄 6-91

1. はじめに

埼玉県はほぼ JR 八高線に沿う、八王子－高崎構造線を境として、山地と平野に分かれ平野の方が広く 2/3 を占める。山地部は関東山地の一部で、その東部に位置し、秩父山地とも呼ばれる。平野部は、関東平野の一部で、利根川・荒川および、その支流が流下する。

西から東方向にかけて山地、丘陵地、台地、低地とほぼ順番に並んでいる（図-1）。

2. 山地部

秩父山地は県内の約 1/3 を占め、山梨・長野・埼玉の三県の県境にある甲武信岳（2456 m）より始まり東に行くにつれて徐々に低くなり、400～500 m となる。山地の中央を流れる荒川およびその支流により浸食され高峻な山稜をつくり、壮年期ないし晩年期の地形を呈している。

3. 丘陵地

秩父山地の末端には北から児玉・比企・毛呂山・高麗・加治の諸丘陵が半島状に突起している。その内、最も大きいのは比企丘陵で、東松山台地により北と南にわけられる。

基盤は第三紀中新世の地層でその上に鮮新世の礫層がある。

また、県北の平野の中には生野山・浅見山・山崎山・浅間山・観音山、県南には狭山丘陵が残丘としてある。いずれも主体は礫層からなるが、狭山・阿須山・高麗丘陵には多摩ロームがのる。傾斜は極めてゆるく、平坦であるが、河成、開析され、谷底平野が発達する。

4. 台地

平野には北から本庄・深谷・江南・東松山・坂戸・武蔵野・大宮の諸台地が発達し、本庄は神流川、深谷・江南は荒川、坂戸・武蔵野は多摩川などが作った古い扇状地である。ほとんどの表面は平坦で開析されてないが、武蔵野台地の南部や大宮台地では開析され、谷地田が発達し、洪積層を削って、沖積層の粘土や腐植土が堆積している。

山地を流れる荒川沿いには砂礫の台地が見られるが、平野の台地はロームがおおう。本庄・深谷・東松山・坂戸は立川面で 2～3 m、江南・武蔵野の大部分、大宮・下総の台地は武蔵野面で 4～5 m、武蔵野台地内の金子・所沢台は下末吉面で 10 m 内外のロームが礫層や粘土の上のっている。大宮台地に刻み込まれた無数の谷は軟弱な腐植土が厚く堆積しているケースが数多くある。モデルとして図-2 の様に表され、地震時の振動波形にも影響する。

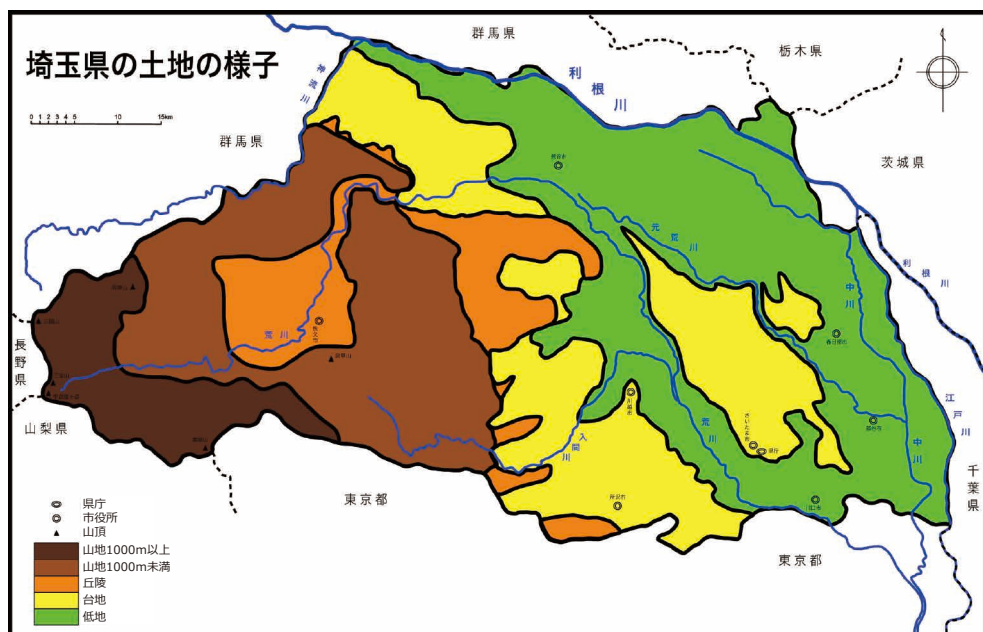


図-1 埼玉県の土地の様子¹⁾

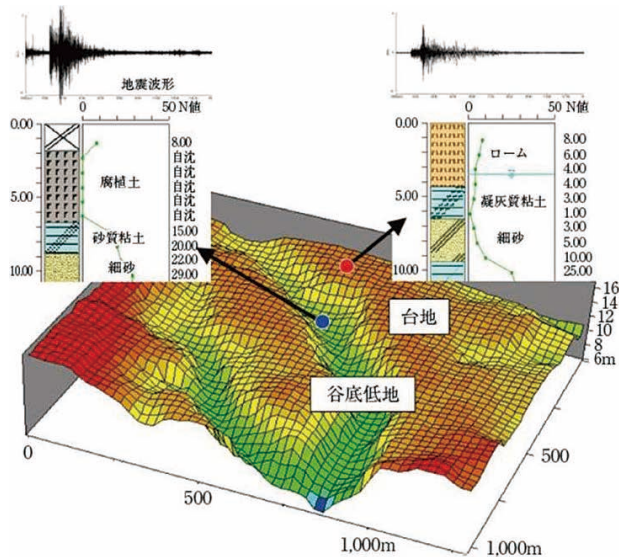


図-2 大宮台地の数値標高モデル・ボーリングデータと地震動の特徴²⁾

表-1 対的な液状化しやすランクと地表加速度の関係⁴⁾

地表加速度	液状化しやすさ
0～300gal	液状化しやすい
300～600gal	↑
600～1200gal	↓
1200gal～	液状化しにくい

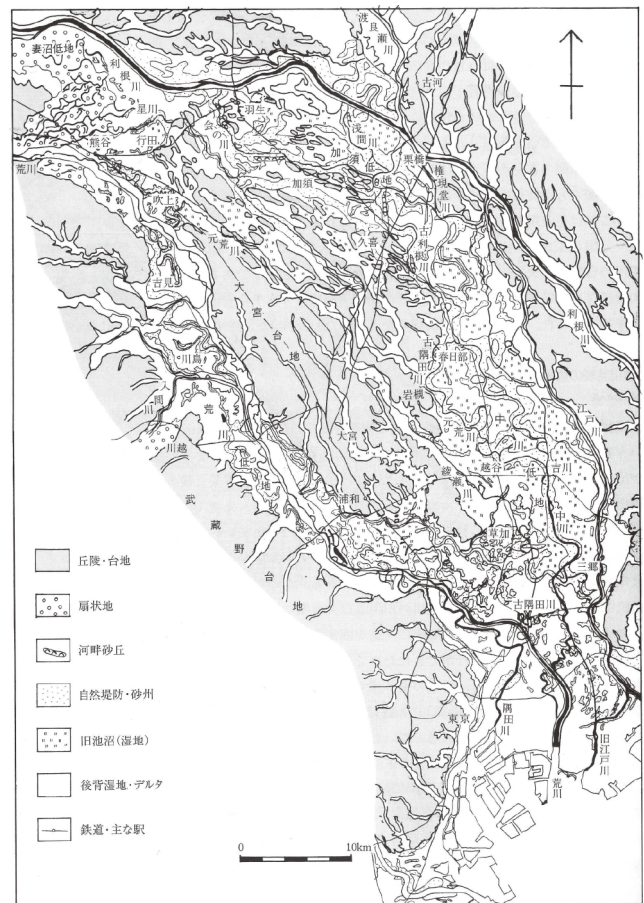


図-3 利根川・荒川・中川流域の低地図³⁾

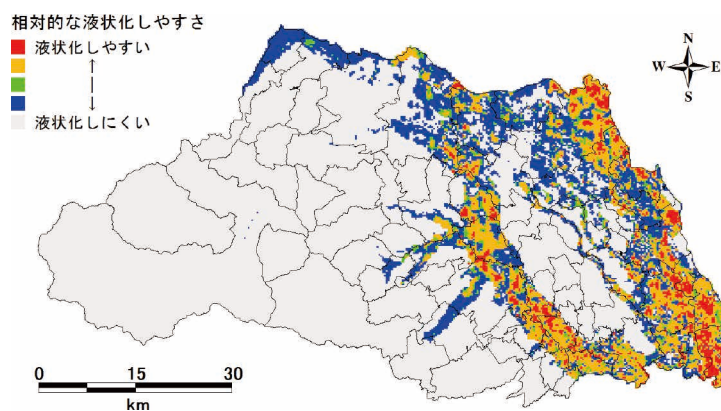


図-4 相対的な液状化しやすさ分布図⁴⁾

5. 低地

利根川に沿う利根川低地、中川に沿う中川低地が県の北から東を占める。中央部は荒川のつくった熊谷・荒川の低地があり、荒川低地は武蔵野と北足立台地を、中川は北足立台地と下総台地をわける(図-3)。

利根川低地は吹上ー羽生より北は砂礫からなり、より下流では、10 m内外の粘土からなる。

中川低地は綾瀬川・古利根川・庄内古川などが開析した低地で、春日部あたりで標高8 m、南の東京都の境になると標高4～5 mになる。30 m以上の厚い粘土が堆積している。

荒川低地は熊谷付近では砂礫が主体であるが、中～下流に入ると粘土が厚くなり、川口付近では40 mに及ぶ。こ

れが地盤沈下の原因で、かつては4～5 mあったところが現在は0 mに近い所もできているが、ここ20年間は沈下がほぼなくなってきている。

自然堤防は利根川低地では上流では巾広く利根川沿いに、下流では数条の直線状に、中川や荒川では屈曲している。これはいくたびか流路を変位させた事を物語る。自然堤防の外側に後背湿地をつくっている。

後背湿地には腐植土があって急激な地盤沈下をおこす。なお、利根川に沿っては最高20 mにも及ぶ砂丘があり、春日部あたりまで断続的に見られる。

また、低地の中では液状化の懸念される範囲があり、低地部のほぼ全域に及ぶ(表-1)。

これは近世における河川改修により、流路を変位させられたことも、少なからず起因している。

6. 地形ごとの地盤対策

先に埼玉県の特徴について示したが大筋では他県同様の地盤対策の考え方に基づく選定方法を参考にできる。埼玉県は都心に近く利便性が高い割に地価や家賃が安く、住みやすいことから人口が増加しており宅地開発が進んでいる。その中でも今後においても宅地開発が多く施工されるであろう台地・低地の土質に絞って地盤補強例や計画に際し注意すべき事項を経験に基づき述べていきたい。

6.1 台地

埼玉県には各所に台地が存在する。平野の台地ではロームが覆い、武蔵野台地の南部や大宮台地では開析され、谷地田が発達し、洪積層を削っているために傾斜地も多く存在する。土質においては粘土・腐植土が堆積している。

① ローム地盤

ローム地盤は乱さない状態であれば戸建て住宅の荷重を支えるには十分な地耐力を有するとされている。またそのローム以深に堆積していることが多い凝灰質粘土においても圧密降伏応力も大きい安定している地盤と評される。しかし、一度造成・解体などで乱されたローム地盤はその良い特徴が失われ不安定な性状に変わる。乱された地盤を安定させるため手段として表層改良や杭状地盤補強が施される場合が多い。

1) 柱状改良は固化不良に注意が必要

ローム（火山灰質粘性土）はセメント系固化材で固化しにくい土質である。一般建築物や工作物申請に係る建造物においては事前に配合試験を実施していることが多いことから添加量不足による固化不良リスクを無くしてからの施工が行われるがそれでも稀に固化不良が発生することがある。ロームは柱状改良の施工・品質管理においては最大限の注意を必要とする地盤性状の一つである。

性能証明を取得した工法においてもロームの対応には変動係数が高く設定されていたり攪拌方法も限定されていたりなどの配慮がされていることがほとんどである。戸建住宅では事前に配合試験を実施することがほとんど無いため、通常の施工品質管理で施工され、固化不良が問題になることがある。地域によっては固化材添加量 $350 \sim 400\text{kg/m}^3$ 必要な場合もあるのだが、 $300 \sim 350\text{kg/m}^3$ と決めつけて対応することがほとんどであると考ええる。

また攪拌方法や掘進速度の工夫が必要である。ローム以深にあることが多い凝灰質粘土は粘性が強い性状のため、高速で掘進攪拌されると深度方向に大きくほぐされた土塊（粘土の塊）はセメントスラリーと混ざることなく改良体内を攪拌翼と一緒に上下に移動することがある（写真-1）。ローム地盤での地盤改良は固化不良に加えて凝灰質粘土の土塊混入により改良体の必要強度が発現されていない劣悪な品質になる可能性があるため慎重に対応すべきである。

2) ローム地盤は掘りやすく自立しやすい

ロームは乱されない状態であれば十分な地耐力を有す



写真-1 柱状改良杭頭付近に土塊となって留まった凝灰質粘土



写真-2 地上から見たウド室。地下の横穴で栽培されている。⁵⁾

る。N値は1～3程度であることが多く、スコップを利用して人力で掘削することはそれほど苦にならない。そして地山は自立してくれるため割合深い深度まで手掘りでも掘削ができてしまう。

そのような特徴からローム地盤地域では耕作地に室（ムロ）やゴミ穴、ウド栽培に利用されたウド穴（竪穴・横穴）、井戸穴、更には戦時中の防空壕なども人力で掘られている（写真-2）。これらの穴、空洞は埋められずに残存していることが稀にある。地盤改良をしている時に突然地盤が抜けて地中に空洞が現れるケースなど話を聞くことは少なくはない。突然空いた穴にバランスを崩した地盤改良機が転倒した災害も実際に聞いている。また、室（ムロ）跡に木の枝や葉などの廃棄物を捨てて利用されていたものがそのまま土を被された状態で土地が販売され、何年か後に穴の中で腐った木や葉の収縮により地盤が沈下して建物や給排水管に被害を及ぼしたなどの話も意外と良く聞く話である。

地盤補強をせずに建築工事を実施することも多いローム地盤だからこそ、その地域での土地購入の際には土地利用履歴を調べ、地域柄を知る方々から情報を得ることで万が一のリスクを極力抑えることが出来る考える。

② 紙上調査で発見しやすい腐植土が存在する地域

1) 事前調査から腐植土の存在を想定することが必要

建築物や土木構造物の建設において取扱いに困る地盤性状の一つに腐植土層の介在が挙げられる。腐植土の特徴は皆様の周知の通りである。残念ながら過去に当該地に宅地として開発されて建築されている戸建て住宅の中には適正



図-5 土地条件図：(さいたま市中南部)⁶⁾



図-6 地図上に管理された地盤調査情報：(さいたま市南部地域)⁸⁾

な地盤対策がなされていないために不同沈下をしていても使用されている住宅も数多く存在する。そして経験を積んだ現在においても当該地での開発工事後に造成地全体の盛土荷重による腐植土層の圧密沈下を誘引し宅地全体に沈下現象を引き起こしている事例も多い。

敷地外構の傾斜・歪み、開発道路では下水管等の上部周辺の沈下による凹凸の発生、そして個別の戸建て住宅の地盤補強不良が原因で不同沈下の発生や杭状地盤補強（小口径鋼管に多い）により建物は水平の保持されているものの周辺地盤が沈下して建物が抜けあがってしまう現象が起きている。

埼玉県では人口密集地である県南東部の土地条件図が公開されている。先にも述べたが腐植土が厚く堆積している地域（台地を開析した地域）は土地条件図を利用した紙上調査で事前に且つ容易に想定できる。図-5に示す土地条件図のオレンジの部分は台地、台地の中に刻みこまれているものが開析谷である。この刻み込まれた地域では『谷』などの文字を含む地名もかなり多い。中には5m以上の層厚で腐植土が介在する地域もある。

当該地に隣接している場合においても腐植土の存在を意識することと共に地層構成が傾斜していることも考慮に入れることが大切である。谷を埋め、傾斜地には擁壁を造り平坦にして宅地化されている。一つの宅地で断面地層が傾斜していることも多い。土地条件図などでの紙面情報を事前に得て、図-6のような近隣データを基に地層構成を把握しておき、実際の地盤調査では事前情報が活かされて実施されているのが肝心なところとなる。

これらを踏まえて得た情報を設計者が適格に活用することこそが建築物の地盤から発生する不具合を未然に防ぐ活



写真-3 施工前に実施した土質サンプル：(地盤改良機ロッド先端に装着したスクリーオーガーで採取)

動そのものとなる。

2) 地盤補強では対象土を目視することは必須

埼玉の台地においては高台では黒ボク土・耕作土・ローム・凝灰質粘土・砂礫等、開析谷では埋土・粘性土・有機質土・腐植土・シルト・砂など様々な土質で構成されている。

戸建て住宅の建築において事前調査ではボーリング調査や事前配合試験の採用はコスト高であることから採用されにくい、スクリーウエイト貫入試験で得られる地盤の固さと簡易サンプリングで得た乏しい情報で判断をしなければいけない。地盤補強会社が自ら事前に調査を実施していれば多くの情報をもって補強工事に挑めるのだが、現状、情報が少ない中で地盤補強工事をするというのも少なくはない事実である。

数ある補強工事の中でもこの地域でのセメント系の地盤改良においては固化させる対象土を事前に見て対策を講じることが大切な品質管理項目の一つである。土質・土の含水比・pHにあった最善な方法を選択して注意深く施工を実施する必要がある(写真-3)。

6.2 低地

埼玉県の高地は先述の通り過去に河川の影響を多分に受けた地層構成を得て現在に至る。県土に占める河川面積は3.9%で「全国一」とのことである⁷⁾。地形区分も自然堤防、旧河道、後背湿地が多くを占める。ここでは局所的に発生した埼玉の液状化現象について触れてみたいと思う。

1) 東日本大震災で液状化した地域

去る2011年3月11日に発生した東日本大震災で及ぼした各地での液状化被害は記憶に新しい。埼玉県内でも液状化が発生した地域が何カ所もある。液状化は繰り返しかけるといえる。当該地域での地盤性状を正しく理解して、今後の建築工事に先立ち確実な対策をすることができるようになりたい。

2) 局所的な人工地盤

埼玉県北部で大きな被災を受けた地域がある。この地域は現在終息しつつある広域沈下地帯であり地下水位も高いことがわかっている。近接地域で浚渫された大量の砂を利用して盛土が実施された区画整理地とのことである。全壊

から一部半壊を含めて 100 棟以上もの建物が被災している。今後においては砂質土が地表から浅いところで観察される場合には砂質土で盛土や埋土が行われた人工地盤であることを警戒するべきである。

地歴・近隣データ・実務のスクリーウエイト貫入試験からでも浅い地下水位の把握や、砂地盤であることは簡単に調べることができる。こういった情報を基に当該地で建築される建物を最低限の被害に抑えるための考えや技術を兼ね備えた地盤補強方法を選定してしっかりとした対策をしたい。

3) 自然堤防や旧河道地域

埼玉県東北部から南東部で自然堤防や旧河道地域で液状化現象があった場所が点在した。実際に当現象のあった地域での地盤調査データ例を図-7 に示す。調査地は自然堤防上に位置するのだが典型的な自然堤防上の地盤データとみられる。ここでは地下水位は浅く 1.0m 付近にあり以深回転層まで緩い砂質地盤で構成されている。

実際不同沈下した家屋は表層地盤改良で対策されており、改良された地盤ごと沈下をしていた。改良の外周縁からは噴砂もみられた。その周辺地域や宅地全体での液状化現象を抑えることは個別での対策は難しいが建物の不同沈下を抑制する方法としては水位以下且つ非液状化層を先端支持とする杭状地盤改良などの選択が望ましかったのではないかと考える。

7. まとめ

埼玉県の地盤は住宅着工棟数の多さからも調査データの蓄積が多く、インターネット等にも多く掲載されている。多くの手がかりを入手できる埼玉県だからこそ不同沈下等の被害を限りなく少なくすることが可能であると考ええる。

■ スクリーウエイト貫入試験結果

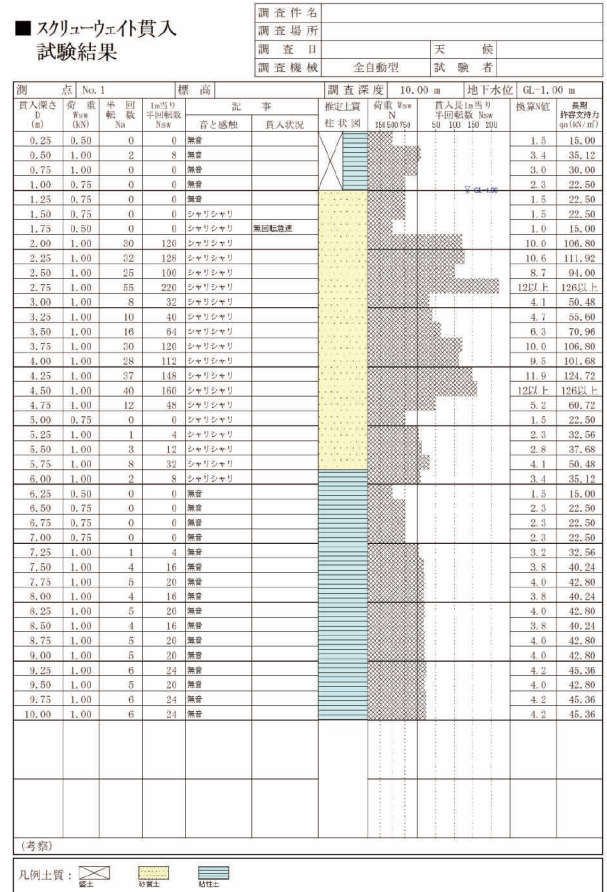


図-7 スクリーウエイト貫入試験データ

8. 参考文献

- 1) 埼玉県立文書館 HP より
- 2) 埼玉県環境科学国際センター：ココが知りたい埼玉の環境
- 3) 東京大学出版会：日本の地形 4
- 4) 埼玉県：平成 24・25 年度埼玉県地震被害想定調査報告書
- 5) 日高市役所 HP：平成 30 年 2 月号特集「知ってる？ 日高の『うど』がおいしいひみつ」
- 6) 国土地理院：デジタル標高地形図「関東」土地条件図 25000：1
- 7) 日本財団海と日本 in 埼玉県 HP
- 8) N-navi Nplus 埼玉：伊田テクノスデータベース