

茨城県の地形地質の特徴と地盤補強

吉井 孝文*

* YOSHII Takafumi、ジャパンホームシールド株式会社、技術士、東京都墨田区両国 2-10-14 両国シティコア 17F

1. 茨城県の地形分布

茨城県の地形を概観すると、主に4つの特徴ある地域に分けることができる。

1.1 県北部：海に迫る山岳地・海岸段丘

県北部は茨城県内では山がちな地域で、阿武隈山地の南端と八溝山地からなる。

これら山地は棚倉構造線と呼ばれる断層によって分けられており、航空写真や図-1のようなDEMデータによる地形図を見るとその境界の位置は明瞭である。

八溝山地の南端は関東平野のビルに登れば北東方向に盛り上がりが見える筑波山である。この八溝山地は、中生代ジュラ紀の付加体であり、地質は主に海成の砂岩からなるが、南端の筑波山だけは頂上が白亜紀のハンレイ岩で山体は古第三紀の花崗岩でできている。遠望では連続して見える山系でもその地質は場所により異なる。

ちなみに、筑波山付近の花崗岩は山麓北東の稲田・真壁地区では「筑波石」と呼ばれ、優良な石材として切り出し

利用されている。2016年に日本地質学会から県の石に選定されている。また、伝統工芸品「笠間焼」には当地の花崗岩が風化してできた陶土が使用されている。

茨城県の東縁は太平洋に面しており長い海岸線をもつ。阿武隈山地の隆起や関東造盆地運動の影響（盆地中央が窪むことで外周が持ち上げられる反作用現象）により北茨城市から鹿嶋市にかけて海沿いが隆起することで海岸段丘の発達が見られる。日立市や水戸市など主だった市街地はこの海岸段丘上か、その裾にある砂丘上に立地している。

1.2 県中央部から南西部：南北に連続する洪積台地群

筑波山頂から南西方向を眺めると、晴れた日には広大で平坦な関東平野を一望することができる。こうした広大な平坦面は日本全体でも、

- a. 砂礫層又は溶岩を扇状地平坦面の起源とする台地
- b. 浅海底が離水してできた砂層主体で海成の平野

のどちらかの場合が殆どである。筑波山の西から南にかけて広がるのは、稲敷台地・結城台地・猿島台地といった洪積台地と、これを侵食して流下する鬼怒川などの河川からなる平野であるが、この平野は上記の a. に相当する部分が北部を占め、県境の利根川に近づくほど b. の性格が強くなっていくという特徴がある。また、これら台地は赤城山など関東平野の西部に分布する火山の火山灰が降灰してできた火山灰質風化土や中国大陸から飛来するレス(黄砂)などが混ざって出来た風化土壌（いわゆる関東ローム）に覆われており、全体的に赤茶けた色をしている。毎年春先になると北風が乾いた地表の土壌を拭き飛ばし、茶色い砂煙がもうもうと舞い上がる。標高は凡そ 20～50 m 程度で南方向に緩やかに傾斜している。

1.3 県南東部：霞ヶ浦を取り巻く台地と砂丘

県南東部の地図を眺めると霞ヶ浦や北浦などの水系が概ね南東方向に走っている様子が見て取れる。これは、およそ12万年前に南東方向に口を開き、現在の関東平野を広く沈めた内湾の影響によって出来た姿である。当時は現在よりも気温が高く海面上昇が起こり、海岸線は現在の利根川より北にまで入ってきたと考えられている。この海進は「下末吉海進」と呼ばれ、内湾は「古東京湾」と呼ばれる。

この古東京湾に北側から流入する河川は河口に三角州を作るのだが、潮流の影響を受けづらい湾の奥まった場所

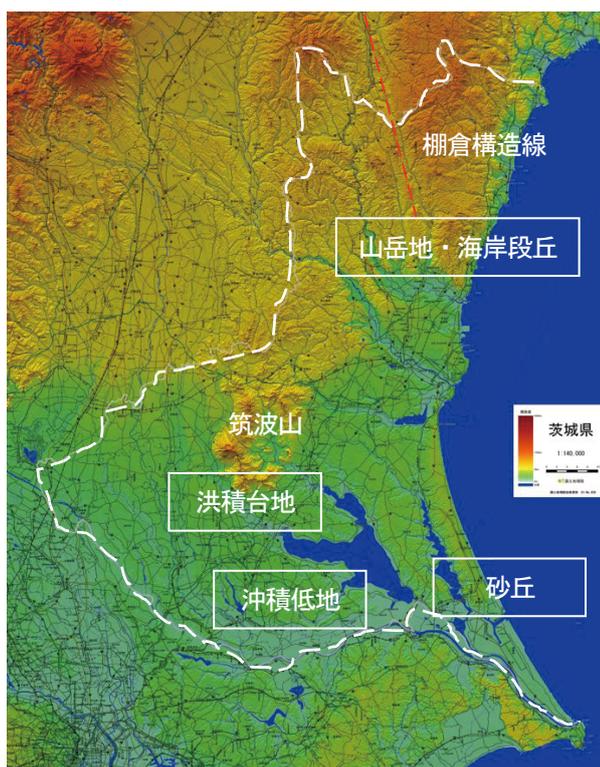


図-1 茨城県全体図¹⁾に加筆

に位置するため、**図-2**のような鳥趾状三角州が形成された。この後、最終氷期に入り海退が起きると砂で構成された三角州が高まりとして細長く取り残された。現在の新治台地、行方台地、鹿島台地、およびこれら台地に付随する神栖市などの砂丘群である。これら砂の高まりが現在の水系の方向を固定した。ちなみに砂丘については2011年の東日本大震災の際に液状化現象が多発した場所でもあるが、これについては改めて述べる。

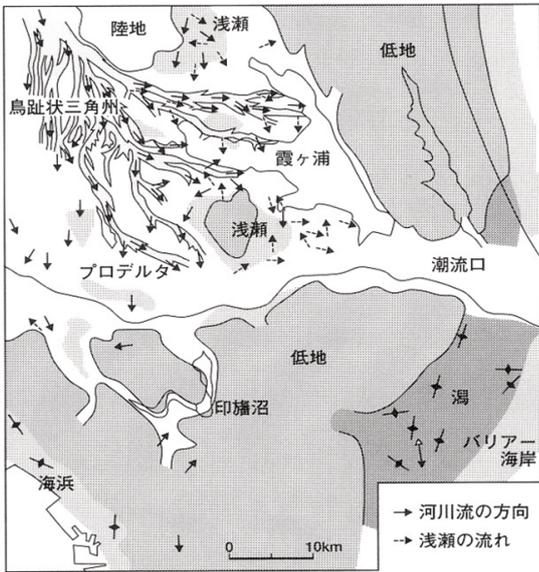


図-2 鳥趾状三角州²⁾

1.4 県南端：河川および霞ヶ浦沿いの沖積低地

利根川はもともと、群馬県前橋市あたりから現在の東京湾に抜けるように関東平野を流下していた河川である。しかし、徳川家康が江戸の町を築くにあたり**図-3**のように大きく流路を変更させた。「利根川の東遷」と呼ばれる一大土木事業である。茨城県南端付近はそれまで鬼怒川その



図-3 1000年前の利根川(上)と変遷後(下)³⁾

他の河川が流下する地域であったのだが、これにより、大量の土砂および水が流れ込む広大な沖積低地に変貌した。土砂・水の供給量の増加は河川沿いの閉塞地形や湿地環境の発達を促し、より多くの沼地が出来ることとなった。現在は圃場整備により整然とした水田地帯となっているが、**図-4**のように古地図と比較するとかつての屈曲した沼地を干拓して水田や宅地にしたところがたくさん確認できる。こうした土地は当然ながら軟弱地盤であるとともに、3)の砂丘と同様に液状化被害も発生する条件が揃った。台地に挟まれた谷筋や沼沢地には有機質土の分布も多くみられる地域である。

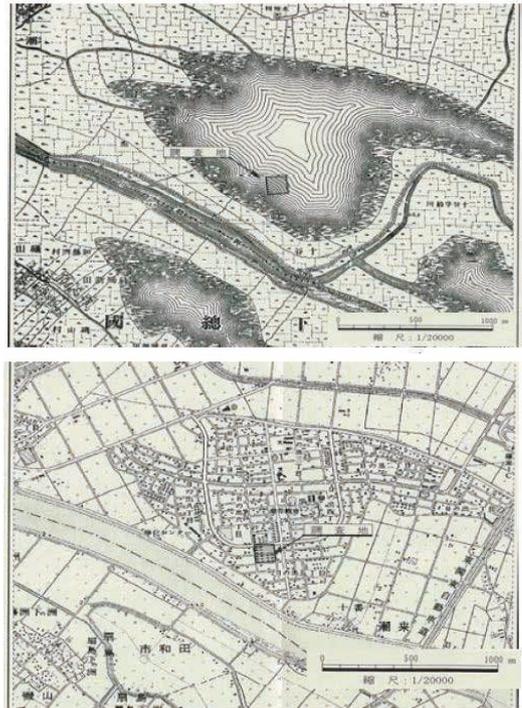


図-4 沼沢地の変遷(明治18年・平成14年)⁴⁾

2. 住宅地としての茨城県：台地と低地

2.1 洪積台地

1950年代は東京の人口集中による弊害が顕著になっていた時期だった。そのため1963年に筑波研究学園都市の建設が閣議決定された。筑波のほかに富士山麓・赤城山麓・那須高原が候補として挙がっていたが、

- ・東京都心から60kmと近いこと
- ・広くて平坦な地形であること
- ・関東ローム層および下位の下総層群砂層という明瞭で安定した地盤構成であること
- ・霞ヶ浦など水源が確保されていること

これら条件から筑波に決定された。

こうした地域の特徴は戸建て住宅の建築にも有利である。そのため、2005年につくばエクスプレス線が開業して以降、現在も沿線の宅地化が進行中である。

茨城県は関東平野の東端に位置するため関東平野を取り巻く火山から偏西風に乗った火山灰が台地のほぼすべてに

わたって降り、関東ローム層が形成されたが、関東ロームからなる地盤は戸建て住宅クラスの荷重を支える良好な地耐力を持つため、一般的には安定した住宅地盤を提供する場となる。

ただし、台地の中に細く伸びる谷筋もまとめて大規模造成する場合、必ず埋め土造成区画が発生するため、そうした場所では地盤改良工事が必要になる場合も多い。

洪積台地上の場合、関東ローム層の層厚は概ね1～3m程度で、その下位に下末吉海進時に形成された三角州起源の砂層がほぼ確実に現れる。この砂層が杭状地盤改良の支持層として利用されている。

このように洪積台地上は住宅建設に有利であるが、造成で埋めた谷筋を見落とすなど、思わぬ失敗を犯す恐れがあるため、土地の履歴は慢心せずに確認するよう心掛けたい。

2.2 沖積低地

水郷の街として知られる潮来市や、市域に水田用地の含まれる取手市・龍ヶ崎市などの沖積低地では、利根川その他の河川が上流から運搬してきた粘土や砂によって地盤が形成され、かつ地下水位も高いことから軟弱地盤が広がる地域である。こうした土地も近年の都心へのアクセス性向上から住宅用地としての需要があり、盛土造成される場所は多い。しかし、場所にもよるが20m以上沖積粘性土という地盤も珍しくない。河川沿いの低地には河道変更に伴う自然堤防も複雑な形で分布しており、更には地下数メートルに埋没自然堤防や三角州起源の砂層が狭在する場所もある。また、自然堤防によって谷や湖の出口が塞がれた地形の場合、湿地性植物が繁茂した結果、有機質土が分布する場所もある。こうした自然堆積物の複雑さに加え、湿地の埋め土造成など人為的な土地改変も多いので茨城県南部の沖積低地の地下構造はとても複雑である。

よって、現位置での地盤調査データは、その値のみで評価するのではなく、現場周辺の地史や基本層序を理解し、これらと照らし合わせることで、試験結果の妥当性を確認したい。造成埋め土など人工物を自然堆積の砂層と誤認するなどといった過ちを防ぎ、地盤の特徴を正しく認識することは安定した住宅建築にとって非常に重要である。各種情報をもとに総合的な地盤評価を心がけたい。

3. 液状化現象

2011年3月11日に発生した巨大地震は東日本一帯に多くの被害をもたらしたが、茨城県においては液状化現象が図-5のように千葉県・宮城県と並んで多く発生した。こうした土地では災害発生後に多くの研究者・技術者が現地入りして調査・復興にあたった。以下には簡単ながら、現象の発生しやすい場所・および対策について述べたい。

3.1 どういう場所で起きるか

茨城県は太平洋側に長い海岸線を持つことから、北関東を流下する多くの河川の河口が生じる場所にあたる。その

結果、三角州性の土地が多くなる。また、先にも述べたように古東京湾時代の三角州が起源の砂層や、砂で埋めつくされた沖積低地も多く、砂主体の地盤がかなり多い点に留意すべきである。この砂主体の地盤というものは、戸建て住宅の建築にあたり通常ならば問題の起きにくい地盤のだが、水位が高い場合、一旦大地震が発生すると液状化現象が起きやすい。しかし、圃場整備や区画整理が行われた結果、地形の元の姿が現状の姿ではわからない場所が多いため、実際に災害に遭って初めて土地の履歴が理解されたという事例も多い。

こうした液状化現象の起こりやすい場所をまとめると主に下記ようになる。

- ① 水位の高い三角州平坦面や砂採取場：
砂・水ともに多いため液状化対象層が厚くなりがちである。
- ② 砂丘の裾部分：
水田のある沖積低地と砂丘の境目付近。ここは水位が高く砂が多い地盤になるため砂丘の上部とは全く異なる地盤特性を持つ点に注意を要する。
- ③ 砂によって埋められたかつての沼地や湿地：
現在は区画整理され整然とした住宅地になっている場所が多いため、液状化現象など被害に遭う恐れを日常では感じづらい場所である。
- ④ 旧河道：
沖積低地に限った事ではないが、河道の地下水は地表流がよそへ移動しても水脈としてそのままの位置に残っている場合が多い。結果として液状化対象層が厚くなる点に留意すべきである。また、人為的に移動させた河道跡は埋立地と本質的に変わらないので特に注意を要する。

3.2 対策

戸建て住宅は、丁目レベルの広さで一度に液状化対策を



図-5 液状化現象発生箇所⁵⁾

施す場合①と、すでに造成等を終えた土地を購入した後に個々の宅地に対応する場合②が考えられるが、私有地である住宅地は、まとめて対策を施す①は実施が難しい。規模が大きく費用もかさむため地権者や事業者の理解・協力を得ることが難しい点が挙げられよう。これらの事情を踏まえつつ、具体的な工法を挙げるならば、

- ① 地元の協力が得られる場合は広い範囲で対策を実施できるため、有効な工法が採用しやすい。例えば、
 - a. 格子状地盤改良工法：図-6のように地中に連壁を構築して、液状化対象層の土を抑え込むことで、地震が発生しても揺れの力を低減させ液状化現象を発生させない工法である。
 - b. 地下水位低下工法：図-7のように地下水をポンプで吸い上げ、文字通り水位を低下させる。液状化現象には水が必要なので、その水を排除することで液状化対象層を減らしてしまう工法である。
- ② 個々の家屋で対応せざるを得ない場合は例えば以下のような工法が挙げられる。
 - a. 砕石杭などを締め固めて打設する地盤密度増大工法：図-8のように杭状体などが地中に打ち込まれることで地盤の密度が増加し締まった地盤とすることで地震の揺れに対し耐性を持たせる工法である。
 - b. 建物荷重を良質な地盤へ伝達させる杭状地盤改良：一般的な戸建て住宅の地盤改良でもあるが、液状化対象層を頼りにせず建物荷重を支えるため、地震時の地盤の変形や液状化現象の建物への影響を排除することができる。
 - c. 置き換え工法：液状化対象層が薄いならば、対象層を丸ごと粒径の大きめな土で置き換えてしまう、あるいはセメント系固化材を混ぜた土に変えてしまうことで液状化対象層を取り除く工法である。地盤を堅固にする薬液を注入する工法もある。



図-6 格子状地盤改良工法⁶⁾

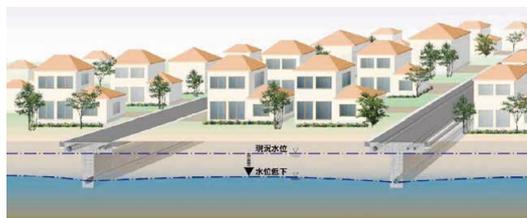


図-7 地下水位低下工法⁷⁾

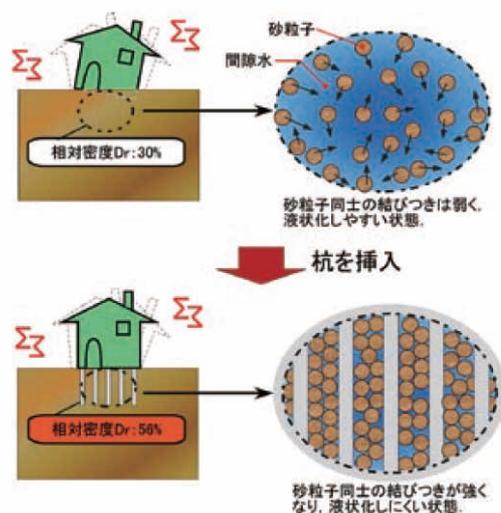


図-8 密度増大工法⁸⁾

4. まとめ

以上、茨城県の地形地質と戸建て住宅に関する地盤改良について述べたが、やはり東日本大震災のインパクトは大きく、2022年10月現在も日本海溝に関係すると思われる地震が多発している状況から、2011年の地震より規模は小さいとは思われるものの、茨城県における住宅建築においては今後も地震について留意せざるを得ないだろう。また、今後の発生が懸念される南海トラフ地震に際しては、茨城県を含む東日本大震災で得た教訓を対策に役立て、少しでも被害が軽減されることを切に願う。

図版出典

- 1) 国土地理院デジタル標高地形図「関東」https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/degitalelevationmap_kanto.html
- 2) 貝塚ほか(2000)「日本の地形4、関東・伊豆・小笠

原」, 東京大学出版会

- 3) 都道府県研究会編(2018)「地図で楽しむすごい茨城」, 洋泉社
- 4) 橋本ほか(2012)「2011年東北地方太平洋沖地震による潮来市日の出地区の液状化被害分析」, 第31回土木学会地震工学研究発表会講演論文集
- 5) 若松加寿江(2016)「街が沈むー地盤の液状化ー」, セイフティ・エンジニアリング第43巻(1)182号
- 6) 国土交通省都市局都市安全課(2022)「液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションの方法に関するマニュアル」
- 7) 神栖市役所都市整備部都市計画課(2018)「神栖市液状化対策事業住民説明会【鰐川地区、堀割1,2,3丁目地区】資料」
- 8) 村上ほか(2018)「低平地における液状化対策工法の効果の検証」<https://www.scc.ibaraki.ac.jp/wp-content/uploads/2018/01/H25-murakami2.pdf>