

高知平野の特異土と地盤補強

小川 泰平*

* TAIHEI Ogawa、(株)三友土質エンジニアリング 本社事業部 技術課 岡山県岡山市中区神下 98-6

1. はじめに

高知県は、四国地方の南西に位置する東西に長い県で、北は四国山地、南は太平洋に面しており、愛媛県、徳島県と隣接している。面積の約90%を山地が占める山国である一方、延長約713kmもの海岸線を持つ海国でもあり、豊かで変化に富んだ風土である¹⁾。気候は温暖多湿で、降水量が多く、台風の襲来も多いため、洪水や土砂災害は古くからの課題となっている。古来、河川が縦横に走って洪水が多く湿潤な土地から地名は「河中」と呼ばれていたが、土佐藩主山内氏により城下町の整備や治水事業が果敢に行われ「河中」を改め、高く知る「高知」の文字が使われるようになった。また、南海トラフによる大地震が90～150年周期で発生しており、21世紀前半には次の地震が起こるものと予測され²⁾、対策が進められている。

高知県では低地が占める面積の割合はわずかであるが、県民のほとんどが山間の谷底平野や下流の三角州などの低地で暮らしている。高知県の低地の地盤は軟弱なものが多く、特に下流から河口にかけて形成される氾濫平野や三角州ではその傾向が顕著であり、住宅地盤として活用する場合には不同沈下対策を要するケースが多い。さらに、地域によっては有機質土対策や液状化対策なども考慮する必要があり、地域の特性に合った地盤判定・地盤補強工法の提案が重要である。本章では県民の半分以上が暮らし、四国の中でもとりわけ軟弱な地域である高知平野を取り上げ、高知平野の地盤の特徴、分布する特殊土、地盤補強をする上での留意点について解説し、最後に地震対策について述べる。

2. 高知平野の地盤と地盤補強

2.1 高知平野の地盤の特徴

高知平野は高知県の中部に位置している(図-1)。南は土佐湾に、三方は四国山地に囲まれており、吾川郡いの町、土佐市、高知市、南国市、香美市、香南市にまたがっている。高知平野は複数の河川が流入して形成された平野で、海拔が低く、勾配の緩い地域が多いため、軟弱な氾濫原性低地や三角州性低地が広がっている。そのため軟弱層の層厚が厚く、地盤補強を要する土地が多い。また、山や川などの影響で、近距離であっても地盤の差異が大きい事か

ら調査や地盤補強工事の際には注意を要する。

高知平野では有機質土が随所にまとまって分布している。その原因は高知平野の気候と地形にある。洪水が頻繁に発生する地域であるため規模の大きい河川の洪水運搬土砂により発達した自然堤防や浜堤が支流や他の小規模な水系の流路を塞ぎ止める事が多い。また、山地や丘陵の谷間を流れる河川が多いが、谷間では自由蛇行が出来ないため流路が塞がれた場合は湛水しやすい。加えて河川の勾配が緩いため湛水状態が長期化しやすい。これらの要素により方々で後背湿地が形成され、有機物の堆積が続いたため、有機質土が高知平野の随所にまとまって分布しているのである。有機質土はフミン酸を含み、セメントの水和反応を阻害するため、有機質土の分布する地域でセメントを用いる工法を選定する場合には固化不良への注意が必要である。そのため、地盤調査の際にサンプラー等による試料採取やpH測定を行い、有機質土の有無について確認する事が望ましい。

また、高知平野には地下水位の高い地域が多く、緩い砂質土層が存在する地域では液状化リスクが高い。そうした地域の土質は往々にしてシルト質砂や砂混じりシルトなどであり、SWS試験だけでは土質や細粒分含有率の判断が難しい。このため、液状化検討を要する場合には試料採取や細粒分含有率試験を実施し、精度を上げる事が望ましい。

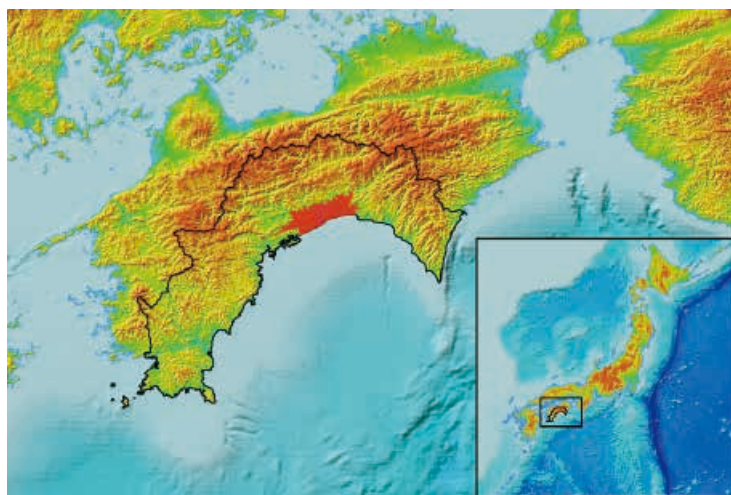


図-1 高知県と高知平野³⁾

2.2 高知平野の特殊土

高知平野で見られる特殊土として、(1)赤ほや（音地土）、(2)黒ぼく土、(3)黒泥土、(4)泥炭土が挙げられる。

(1) 赤ほや（音地土）：赤ほやは九州や四国で見られる軽石土の一種で、強く踏むと音が出るので四国では音地土と呼ばれている。四国一帯に分布するが、四国には火山が無く、噴出源は九州南の鬼界カルデラ等である²⁾。

高知平野では物部川流域（図-2①～③付近）では表層部に、以西では深度5～20m付近までに現れ、柱状図では火山灰層や浮石ローム層と表現されることが多い。地域によって層厚にばらつきがあるが、比較的締まっている傾向にあり、ある程度の支持力が期待できる。高知平野の軟弱層の層厚は30m以上に達することがあるため、中間層である赤ほや層を支持層として採用するケースも多い。ただし、浦戸湾（図-2⑦）三角州先端付近では薄層になる傾向があるため、支持層として見込めるだけの層厚があるかどうか確認する必要がある。また、火山灰土であるため六価クロムの溶出を抑えた固化材の使用が望ましい。

(2) 黒ぼく土（黒音地土）：腐植に富んだ火山灰質粘性土⁴⁾で、物部川流域（図-2①～③付近）で見られる⁵⁾。固化不良や六価クロム溶出を引き起こしやすい特殊土だが、高知平野では層厚が薄く、比較的地盤の良好な地域で見られるため、そもそもの地盤補強が不要となるケースが多い。黒ぼく土については第4回、第15回、第16回の全国の特種地盤と戸建住宅対策例にて詳細に記載されているため当文章では解説を省略する。

(3) 黒泥土：高有機質土の一種。黒泥土は湿原地に蓄積した泥炭が、河川運搬物などの無機質沖積物の混入と地下水位の低下による分解作用を受けて、植物組織が失われるまでに細粒化した黒色腐植層の泥土である⁴⁾。そのため、泥炭層の上層で見られることが多い。

有形有機物の含有量が多く、含水比・圧縮性が高い

え軟弱であるため、地盤補強工事が必要になる場合が多い。しかし、フミン酸による酸性土であるため浅層混合処理工法や湿式柱状改良等では固化不良が生じる恐れがある。そのため、鋼管杭等の既製杭工法を採用する、有機質土に対応した固化材を使用する、配合試験を実施する、等の対策が必要である。

また、二次圧密量が非常に大きくなる可能性がある⁶⁾ことも問題である。一般的な粘性土では間隙水の排出によって生じる一次圧密が終息するまでの期間に二次圧密が終息するため、二次圧密が顕著に現れにくい。しかし、



写真-1 粘土混じりの音地土:手に持つと軽く、粘土質である。
(香美市土佐山田町の表層改良の現場にて)



写真-2 黒泥土:分解が進み腐植物はほとんど見られない
(南国市十市 深度3.0～3.5m 標準貫入試験の現場にて)

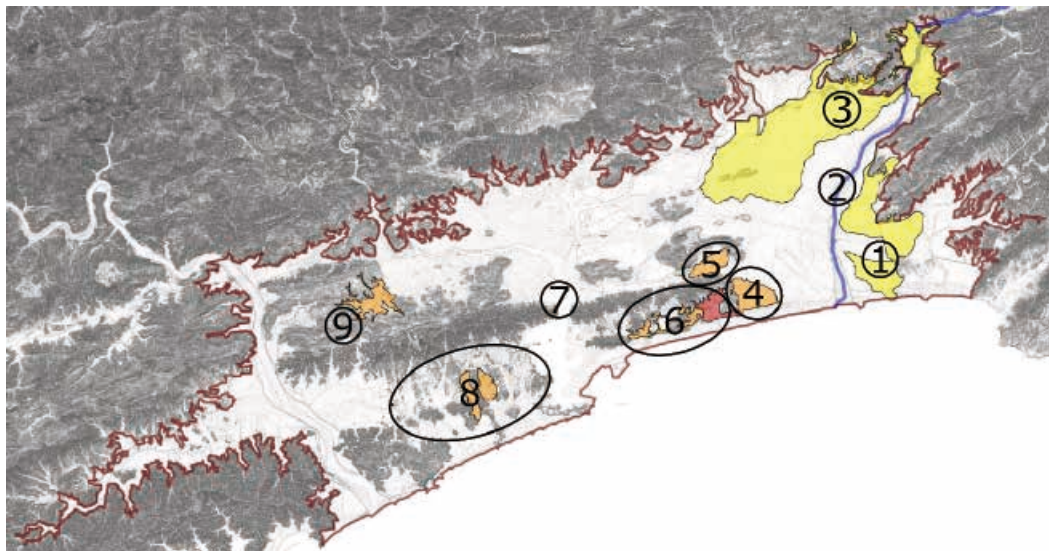


図-2 高知平野の特殊土の分布³⁾

凡例

- 黒ぼく土
- 黒泥土
- 泥炭

※赤ほや（音地土）は広域に表層部から深さ20m程度までの表土もしくは中間層として分布

- ① 香南のいちIC
- ② 物部川
- ③ 土佐山田駅
- ④ 南国市浜改田
- ⑤ 南国市稲生
- ⑥ 南国市十市
- ⑦ 浦戸湾
- ⑧ 高知市春野・長浜・横浜
- ⑨ 荒倉トンネル

泥炭や黒泥土等の含水比が100%を超えるような地盤では二次圧密の期間が非常に長くなり、一次圧密終息後もゆっくりとした圧密が数十年以上に渡って進行し、圧密量は時間の対数に比例して増加する。そのため、新規造成地だけではなく古い造成地であっても二次圧密による沈下が生じる可能性がある。荒倉トンネル(図-2⑨)東の地域は特に黒泥土の層厚が厚く、地盤に傾斜傾向が見られるため不同沈下に注意が必要である。また、二次圧密は長期間進行するため、沈下が深刻化する頃には地盤保証の保証期間を過ぎている恐れがある。そのため直接基礎での対応とする場合、安易に地盤保証頼みにはせず、長期的な視点で検討する必要がある。ただし、定量的な沈下量の把握には圧密試験が必要であり、費用面での負担が生じる。一方、建物の沈下を地盤補強で抑制した場合にも杭の抜け上がり現象が発生する恐れがある。短期間かつ安価な工事で完璧な対応を取ることは現実的に困難であり、何かしら妥協しなければならないため、御担当者様としっかりと協議を行ったうえで対応を決定するべきである。

(4) 泥炭土：分解の不十分な植物遺体が堆積してできた有形有機物の含有量が多い高有機質土である。泥炭土といえば寒冷な北海道や東北地方が有名だが、植物遺体の生成速度が分解速度を上回っている場合には温暖な地域であっても形成され、高知平野では南国市の十市地域(図-3⑥)のみで見られる⁵⁾。十市地域は丘陵と砂丘に囲まれた水はけの悪い田園地域で、今のところ開発が進んでいない状態だが、今後宅地造成がなされる場合には、前述の黒泥土と同様に固化不良への対策が必要である。また、二次圧密や杭の抜け上がり現象等についても黒泥土と同様の問題が生じるため、御担当者様としっかりと協議を行ったうえで対応を決定するべきである。

2.3 高知平野の地盤補強の留意点

高知平野の地盤補強の留意点として、(1)腐植土・有機質土、(2)支持層の深度が深い、(3)転石・礫の3つが挙げられる。

(1) 腐植土・有機質土

図-3では高知平野の主だった腐植土・有機質土の見られる地域を黄・緑・橙・紫色で示しているが、2.1で述べたように高知平野の地形によって後背湿地性の土地に至る所で形成されたため、図-3で示した地域以外にも腐植土・有機質土が見られる。特に山地・丘陵・浜堤に囲まれた谷間では腐植土・有機質土があるものと疑ってかかるべきである。

腐植土・有機質土は圧密沈下量が大きく、固化不良を生じさせやすいだけでなく、周面摩擦力を見込めないため厄介な存在である。特に軟弱層の層厚が厚い図-3の緑色の地域では摩擦杭を採用する事が経済的に好ましいことから、腐植土・有機質土の有無を確認することが重要であり、地盤調査時に試料採取やpH測定を行う必要がある。尚、紫色の地域は傾斜地盤である事が多く、摩擦杭では不同沈下が生じる恐れがあるため、高額であっても支持杭での地盤補強を行うべきである。

(2) 支持層が深い

図-3の青・緑・紫色の地域では軟弱層の層厚が厚く、しばしば支持層が深度10m以深に存在しており、ところによっては深度35m付近まで支持層が見られないこともある。こういった地域では支持杭の施工費が高額になるため摩擦杭が好まれる。しかしながら、前述のように腐植土・有機質土や地盤の傾斜により摩擦杭が採用できない場合があるため、地盤調査による確認が重要である。また、SWS試験のデータをもとに地盤補強の検討を行う場合、特に深度10m以深のデータについては換算N値が過大になっている可能性について留意し、近隣のデータと照らし合わせた上で検討を行う必要がある。尚、支持層までの深度がとりわけ深い浦戸湾周辺(図-3④)では中間層の有無によって工事費用の増減が甚だしいため、深度20m付近まで調査し、中間層の有無を確認する事が望ましい。

(3) 転石・礫

図-3の赤・橙・紫色の地域では地中に転石や礫が埋没している事が多い。転石や礫は地盤調査・補強工事の際に高止まりの原因となるため、多数埋没しているようであ

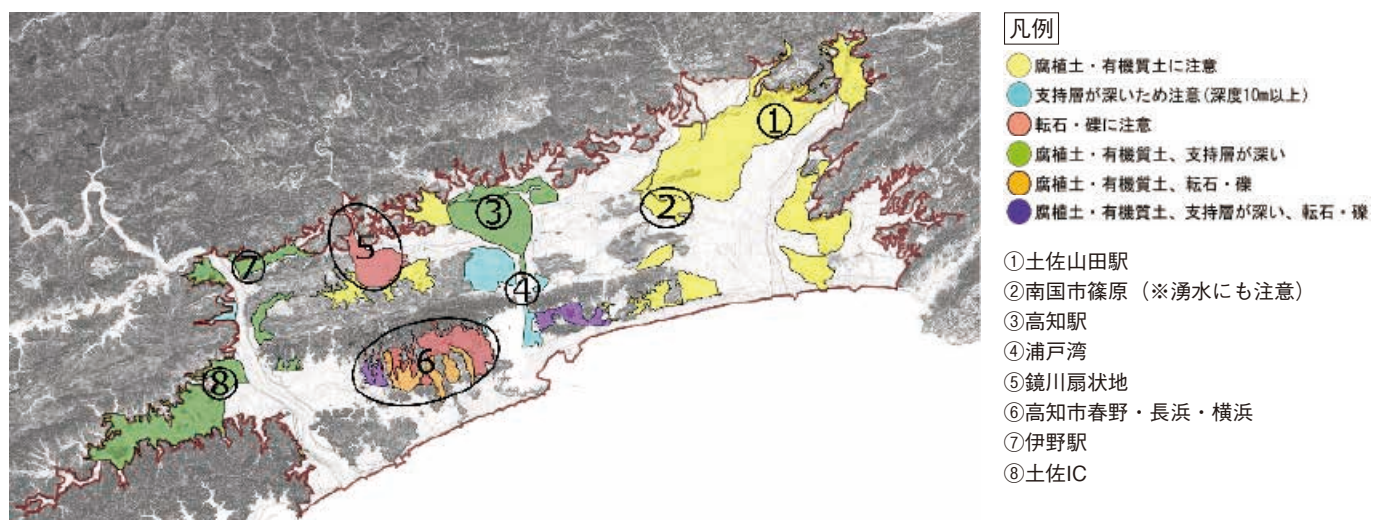


図-3 高知平野の留意を要する地域²⁾

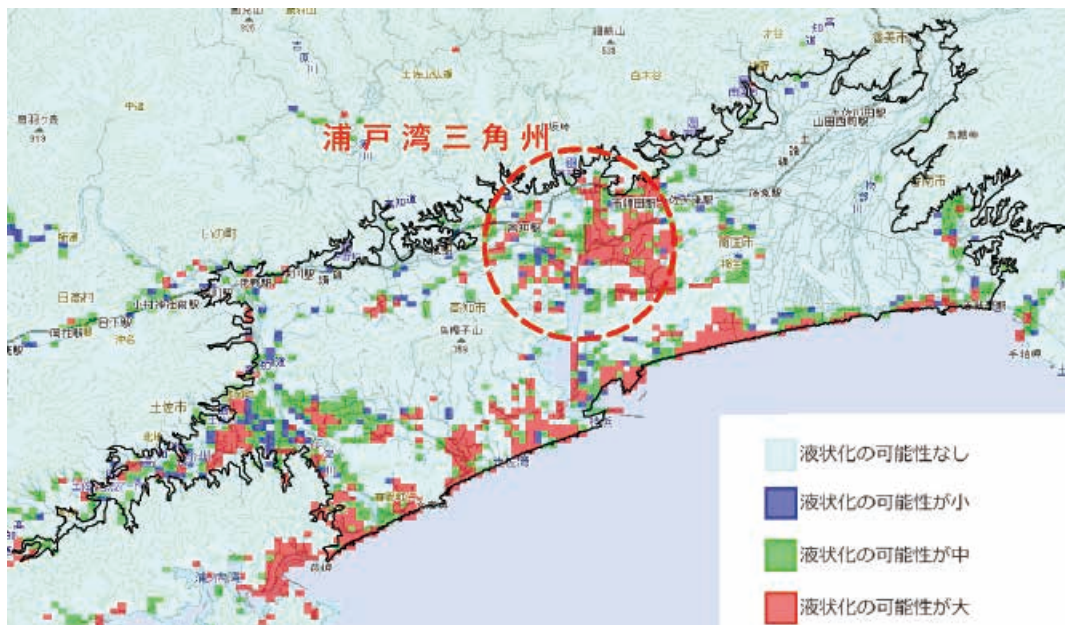


図-4 高知平野の液状化⁸⁾

ば施工前に撤去しておく必要がある。高知の丘陵地は地殻変動による褶曲や開析によって風化が進んでいるものがあり⁵⁾、しばしば地中に転石が埋没している。また、鏡川扇状地(図-3⑤)でも玉石混じりシルト、礫混じり粘土など軟弱層に埋没した転石や礫が見られる。

支持層が浅い場合、表層改良での地盤補強を採用することで掘削と転石の撤去を同時に行える。逆に、あまりに転石の量が多いと改良土量が不足するため、客土、基礎下の碎石や捨てコンの増厚といった対応策について検討する必要がある。また、高知市春野・長浜・横浜地域(図-3⑥)については転石が深部まで埋没している可能性があり、先行掘削での完全な除去が出来ない場合がある。そのため、高止まりが発生した際の対応をあらかじめ想定して設計・施工計画を立てなければならない。

3. 地震対策について

最後に地震対策について述べておきたい。高知県では近い将来発生する南海トラフ大地震への備えに県を挙げて取り組んでおられ、県民の液状化現象などへの関心も高い⁷⁾。南海トラフ大地震によって広い範囲で液状化現象の発生が予想されており、安全を考えた場合、地震への対策を講じるべきである。しかし、液状化現象による被害の大きさや発生する可能性の大きさは地域差が非常に大きく(図-4)、地域によっては対策費用が非常に高額になるため、リスクがあると分かっても十分な液状化対策を行うことが難しい場合がある。例えば、浦戸湾東岸(図-4の円の右半分)の地域は地下水位が高く、緩い砂層が深くまで堆積している「液状化の可能性が大」の地域であり、住宅本体を建てるよりも液状化対策費用の方が高くなるケースがある。仮に高額な地盤補強によって自宅の液状化に備えたとしても、側方流動の被害に遭う可能性や、津波、道路の液状化といった自宅の地盤補強だけではどうにもならないものも

あるため、万全の地震対策を行う事は非常に困難である。

そのため、高知県で地震対策を考えた場合、何よりもまず宅地選定を重視するべきである。その上で地盤補強によってどの程度の地震対策を行うかを決め、ある程度の被害については保険によって事後での対応とする事が現実的である。

4. 参考文献

- 1) 高知県 HP : <http://www.pref.kochi.lg.jp/>
- 2) 中村和弘著、公益社団法人地盤工学会編『全国 77 都市の地盤と災害ハンドブック』丸善出版、2012、P. 521-526
- 3) 国土地理院発行の『傾斜量図』を編集したものである。
- 4) 社団法人土質工学会『土質工学用語辞典』、壮光舎印刷株式会社、P. 55、60、1985
- 5) 高知県発行
『1/50,000 土地分類基本調査(地形分類図、表層地質図、土壌図)「高知」』1966、
『1/50,000 土地分類基本調査(地形分類図、表層地質図、土壌図、薄冊)「本山・伊予三島 土佐長浜」』1988、
『1/50,000 土地分類基本調査(地形分類図、表層地質図、土壌図)「伊野」』1984、
『1/50,000 土地分類基本調査(薄冊)「伊野」』1983、
『1/50,000 土地分類基本調査(地形分類図、表層地質図、土壌図、薄冊)「須崎」』1979
- 6) 社団法人日本建築学会『建築基礎構造設計指針』、丸善株式会社、P. 42、46、47、2019
- 7) 高知県 危機管理部 南海トラフ地震対策課『地震・津波に対する県民意識調査』
- 8) 高知県 危機管理部 危機管理・防災課『高知県防災マップ』を編集したものである。