

④特殊土における住宅地盤対策～有明粘土～

渡辺 佳勝*

* WATANABE Yoshikatsu、(株)トラバース 設計部 開発室 千葉県市川市末広 2-4-10

1. はじめに

住宅地盤における特殊土シリーズは、今までに「しらす」、「泥炭」、「黒ボク」と土粒子自体の組成に特色がある地盤を紹介してきたが、本稿では、地層の堆積環境や自然環境の影響から非常に軟弱な沖積層が厚く堆積し、地盤の支持力が極めて小さく、圧密沈下量が甚大であるという現象に特徴を持った「有明粘土」について紹介する。有明粘土は、「ムツゴロウ」や「泥干潟」等で有名な有明海の北岸地域に広く分布することで知られている。

2. 有明粘土とは

有明海北岸には九州最大の筑紫平野が広がり、そこで完新世に形成された地層群（完新統、沖積層）の中に有明粘土層は存在する。有明粘土層は有明・不知火海域の干潟と海岸低地の大部分を構成する海成完新統と定義¹⁾されている。筑紫平野では、海岸地域の沖積低地に見られる粘性土層は一樣ではなく、真性の海成層である粘性土と非海成層の粘性土に2分され、両者の土質工学的な性質が異なることから前者を有明粘土層、後者を蓮池層と呼んでいる。

2.1 有明粘土が分布している地形の特徴

筑紫平野表層における非海成粘土（蓮池層）および海成粘土（有明粘土層）の分布を図-1に示し、図-2にその断面図を示す。図-1に示すように、海岸付近の地域では表層から有明粘土層（海成粘土）が堆積しており、内陸部

においては非海成粘土（蓮池層）の堆積が目立つ。図-1内には海成粘土分布限界線が太い実線で示されているが、このラインは有明粘土の特徴である貝の化石の混入の有無を辿った境界ラインであることから、境界ラインから海岸までのエリアには、表層に蓮池層が堆積している場合で

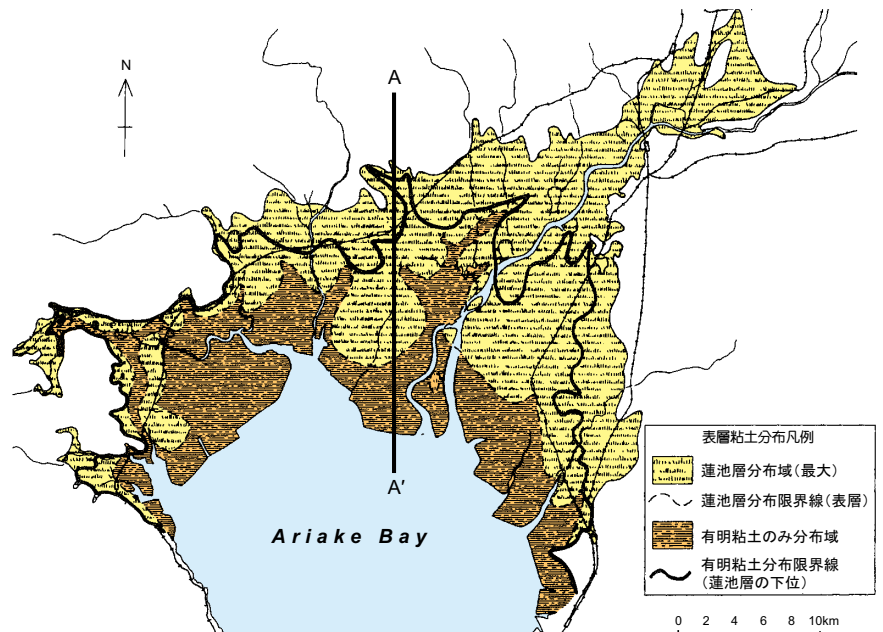


図-1 筑紫平野表層における非海成粘土および海成粘土の分布¹⁾

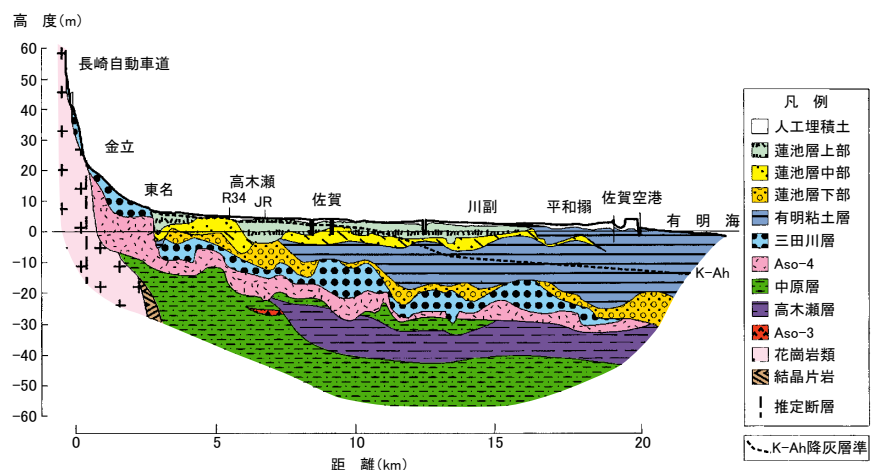


図-2 佐賀地質断面図（図-1のA-A'断面図）²⁾

も、下部には有明粘土層が堆積（図-2参照）しており、筑紫平野の大半の地域で有明粘土層の分布が確認出来る。境界ラインは、最も海面が上昇していた縄文海進（約6000年前の縄文時代に発生した海面上昇のこと）ピーク期の海岸ラインに近似している。

また、有明海北岸は日本一の干潟（泥干潟）としても有

名な遠浅海岸であり、干拓地（堤防を作り内部の水を抜き取ったり干上がらせるなどして陸地化した土地）を形成しやすい地域である。従って、江戸時代以前から干潟の干拓が行われ、これまでに約260km²と日本一の干拓面積を誇っている。図-3に筑紫平野の地形区分図を示す。

2.2 有明粘土の特徴

1) 支持力性能

海岸ラインから1km内陸部に位置する川副エリアのスウェーデン式サウンディング試験（以後SWS試験とよぶ）及び標準貫入試験（以後SPT試験とよぶ）結果を図-4に示す。SWS試験では、盛土（1.3m）以深から連続して堆積している有明粘土は、 $W_{sw}=0.05kN$ （5kg：クランプ自沈）を含む極軟弱地盤が厚く堆積しており、GL-10mまでの長期許容支持力 q_a （25cm毎に小規模指針式4）から算出）は、1.5～22.5kN/m²と極めて小さい。SPT試験ではモンケン自沈（ $N=0$ ）が連続するためSPTだけでは地盤を評価することが出来ない程の極軟弱地盤である。

2) 物理的性質

有明粘土と一般的な沖積粘土との物理的性質を表-1に示す。有明粘土は、含水比、圧縮指数、鋭敏比において大きな値を示す。有明粘土の大半は、液性限界WL（土が固体から液体に移る時の含水比）よりも自然含水比 W_n の方が上回っている（液性指数 $IL \geq 1$ ）。すなわち有明粘土をこねた場合、土質工學上、液体になることを意味している。自然含水比が液性限界を超える要因として挙げられるのが鋭敏比である。鋭敏比 St とは、乱さない状態の土の強度 c_u と練り返した土の強度 c_{ur} の比（ $St=c_u/c_{ur}$ ）であり、数値が大きくなるほど不安定な地盤と言える。一般的な粘土が $St=2 \sim 4$ 、鋭敏比が高いとされる関東ロームにおいても $St=8 \sim 10$ であるのに対し、有明粘土は $St=10 \sim 70$ 程度と非常に大きく、 $St=180$ の報告例⁵⁾もある。

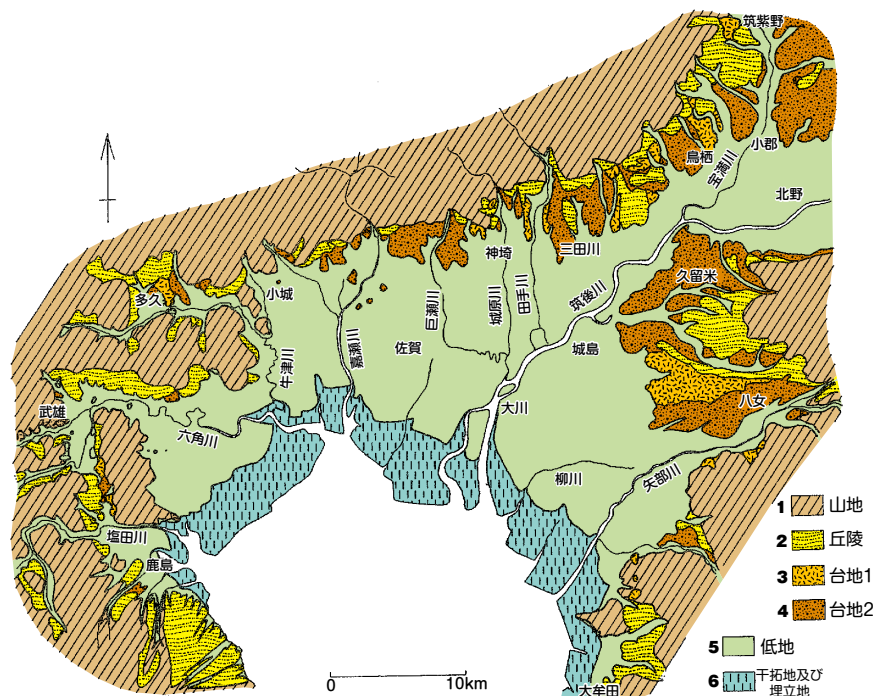
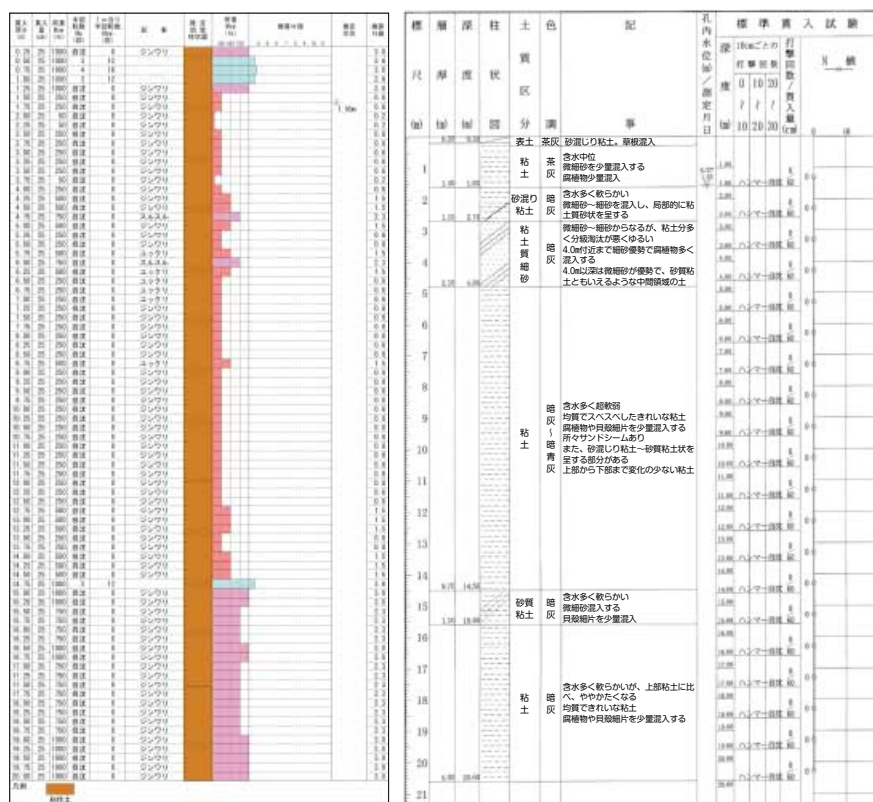


図-3 筑紫平野の地形区分¹⁾



a) SWS 試験結果

b) SPT 試験結果

図-4 川副地区における SWS 試験結果と SPT 試験結果

表-1 沖積粘土と有明粘土の物理的性質^{4), 5), 6)}

	湿潤密度 ρ_t kN/m ³	乾燥密度 ρ_d kN/m ³	自然含水比 W_n (%)	液性限界 W_L (%)	圧縮指数 C_c	鋭敏比 S_t
沖積粘土	12～18	5～14	50～80	50～130	0.2～1.0	2～4
有明粘土	12～16	5～12	30～180	40～150	0.3～2.5	10～70

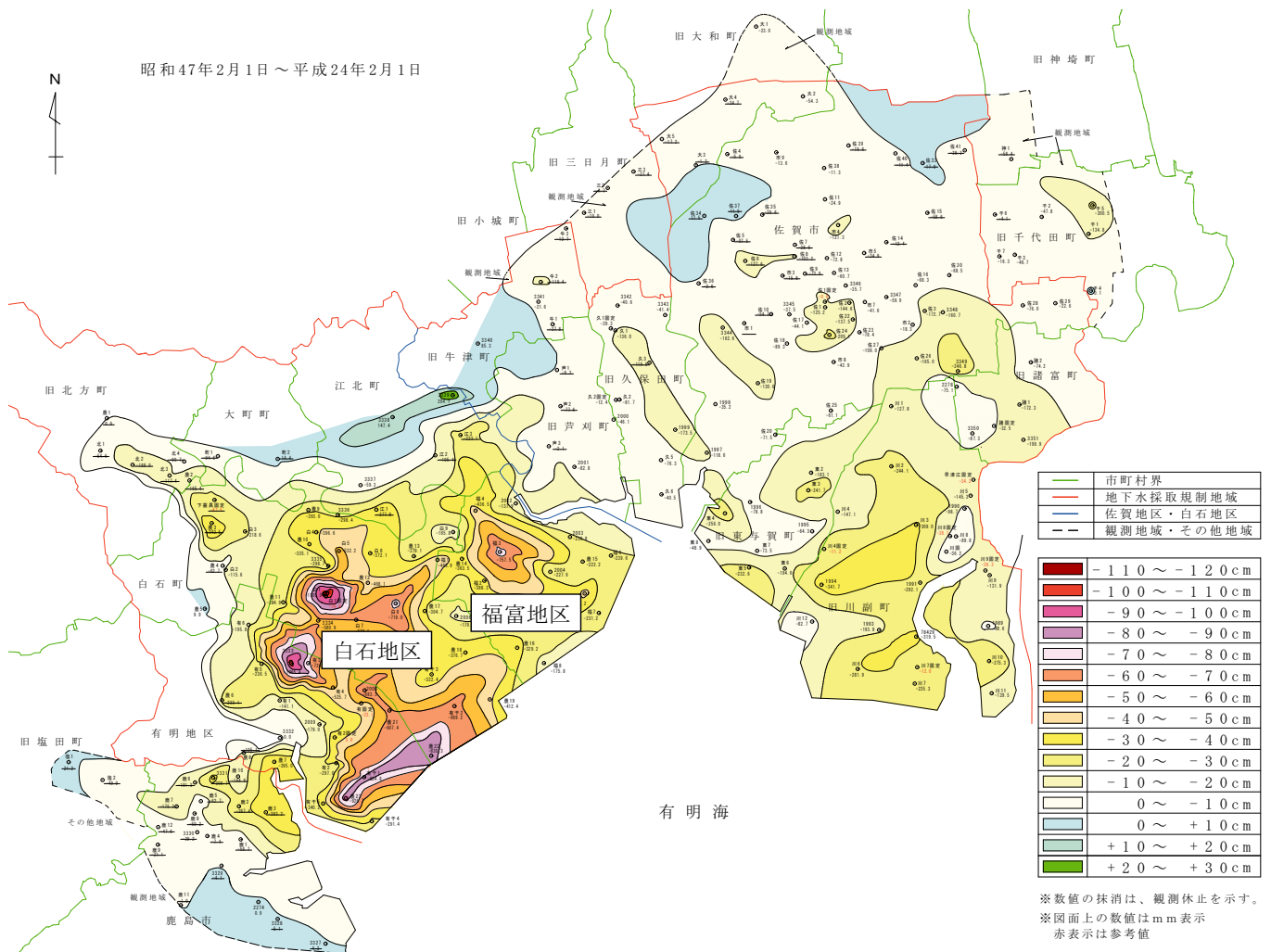


図-5 有明海北岸地域における累計地盤沈下等量線図（昭和47年2月～平成24年2月）³⁾

3) 地盤沈下

有明粘土地盤における地盤沈下は、圧密沈下に起因する場合が大半である。過去において圧密沈下が発生した最も大きい原因は、地下水の汲み上げによる地中内応力の増加である。地下水は工業用水、建築物用水及び農業用水として利用され、最も地盤沈下の大きい白石地区では、渇水年であった平成6年度、年間最大約16cmの沈下が生じている。昭和47年2月～平成24年2月までの40年間に発生した累計地盤沈下等量線図を図-5に示す。累計沈下量が50cmを超えている地域は白石地区と福富地区の一部に集中しており現在は地下水採取の規制を始めたことや上水の整備も

進んだこともあり鈍化しているものの、平成23年度の年間最大沈下量は佐賀地区の8.7mmであり未だに終息していない。累計沈下量は、昭和32年以降から現在までに発生した白石地区の約124cmが最大値となっている。白石地区にて杭基礎により建設された倉庫の地盤沈下状況を写真-1、写真-2に示す。写真-1は杭基礎により支えられた倉庫が、地盤沈下に伴い抜け上がった状況で有り、基礎下に配置されているコンクリートパイルや割栗石の状況がよく分かる。写真-2は倉庫正面のアプローチ部分で有り、建物の抜け上がりに合わせてスロープを作成した状況である。

通常は、基礎と地盤が密着した状態であり、地盤からの反力を想定した設計がされているが、本件倉庫のように杭が突出し、建物が浮き上がった状態を想定した設計がされていない場合、不安定構造物となる場合があるため注意が必要である。

3. 住宅地盤として

有明粘土層が分布している地域に住宅を建築する場合、地盤補強は必須である。近年小規模建築物の世界でも杭や地盤補強の工法が数多く開発され、様々な手法により支持力を確保することが出来るようになってきた。しかし、この地域の不同沈下事故は後を絶たない。その大きな原因として、住宅地盤（地盤補強）の設計者は、支持力検討に重きを置いて、沈下量の予測を蔑ろにしているケースが多いためである。杭基礎のように沈下を許容しない設計も考えられるが、多額の費用が発生する割には写真-1のような抜け上がりが発生し、土の補充、ライフラインとの調整など、アフターメンテナンスが将来必要になる。従ってこのような地域では、地域全体の沈下に追随しながら不同沈下させない設計力が必要である。これを実現するためには敷地内の地盤性状だけでなく、敷地周辺の地盤性状や現地ロケーションも十分に把握する必要がある。周囲に古い建物があれば実物大の試験体と考え、どのような被害が発生しているのか観察し、沈下の可能性を予測する。また、隣地が水田であり、今後盛土造成する可能性が予測出来るのであれば、その影響にも耐えられる地盤補強の設計が必要である。このように設計者は将来敷地及び敷地周辺にどのような荷重が加わり、どのように沈下が発生するかを予測できなければ、沈下事故を防ぐことは出来ない。設計ミスが不同沈下に直結する地盤であるため、設計力が問われる地盤とも言える。

4. おわりに

住宅地盤の設計は、パソコンによるプログラム化に伴い、標準化や効率化が進んできた。上部構造物の設計のように、使用材料の物性値が明確な世界では、解析の自動化は非常に有効であるが、住宅地盤（表層地盤）のように不確定要素が多く、この地域のように支持力計算だけでは全く通用しない地域もある。設計者は地盤データや周辺状況などから今度どのような外的要因が発生するのか、どの程度沈下が発生するのかを予見し、設計に盛り込むスキルが要求される。この地はそれを教えてくれる絶好の地であり、是非足を運び建物の被害状況を肌で感じ、今後の設計業務に生かして頂きたい。



写真-1 地盤沈下による抜け上がり現象（白石地区）



写真-2 抜け上がり現象に伴うスロープ作成状況（白石地区）

5. 参考文献

- 1) 下山正一他：有明海北岸低地の第四系，九州大学理学部研究報告地球惑星科学第18巻第2号別冊pp.114-119, 1994.12
- 2) 日本地質学会：日本地方地質誌8 九州・沖縄地方，pp.97-101, 2010
- 3) 環境省HP：全国地盤環境情報ディレクトリ，筑後・佐賀平野（佐賀県）の地盤沈下情報
- 4) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説p.110, p.146, p.181, p.482, 2009
- 5) 三浦哲彦他：有明粘土層の堆積環境とその鋭敏性について，土木学会論文集No.541/Ⅲ-35, pp.119-131, 1996.6
- 6) 鬼塚克忠他：有明粘土の圧縮指数と物理的性質の間の相関，土と基礎，Vol.33, No.4, pp.57-59, 1985