

愛知県の地形地質と黒ボク土壌の改良特性

松田 強*

MATSUDA Tsuyoshi *, (株)トラバース 設計部 愛知県清須市春日西牧前 54-3

1. はじめに

愛知県は日本列島の中央部に位置し、その名は平安時代以前に名古屋市南部に存在した「あゆち潟」に由来するといわれる。「あゆち潟」は1万年前の縄文海進により内陸まで進入した海岸線が後退する際に形成された干潟である。本稿では愛知県の地形地質の概況および住宅地盤において実施される地盤補強の種類について紹介する。また県内に点在する特殊土として黒ボク土壌がある。黒ボク土壌とは畑土などに利用される腐植に富んだ高含水の粘性土であり、セメント系固化材混合時に固化不良が懸念される特殊土である。本稿ではこの地域の黒ボク土壌の改良特性についても紹介する。

2. 尾張地方と三河地方

愛知県は県央を流れる「境川」を境界に大まかに二つの地域に分けられる。一つは、県庁所在地の名古屋市や一宮市などを含む県西部の尾張地方、もう一つは豊田市や豊橋市、新城市などを含む県東部の三河地方である。(図-1) 両地域は明治初期までの行政区分、律令国における「尾張国」、「三河国」にあたる。

3. 尾張地方の主な地形と成り立ち

それぞれの地形区分をみると、尾張地方の主な地形は岐阜県や三重県にもかかる濃尾平野が大きく広がっており、東部には名古屋市内の熱田台地や東部丘陵等の台地・丘陵地群が分布する。(図-2左図)

この地方の地形の成り立ちを紐解くと、この一帯は100万年ほど前まで「東海湖」と呼ばれる広大な湖であった。(図-2右図) 東部丘陵の地質はこの時代の湖底堆積物により形成され、この地層を東海層群層と呼ぶ。その後、濃尾傾動運動と呼ばれる地塊変動が起こり、この地層が西側に沈降・東側に隆起することにより、一帯に傾動盆地が形成された。この傾動運動が活発だったことによって大きくなった地層の受け皿に第四紀中期以降の第四系が厚く堆積した。

その層厚は沈降の西端、三重県養老山脈付近では500m近くにもおよぶ。また最上部、完新統の沖積粘性土層(南



図-1 尾張地方と三河地方¹⁾

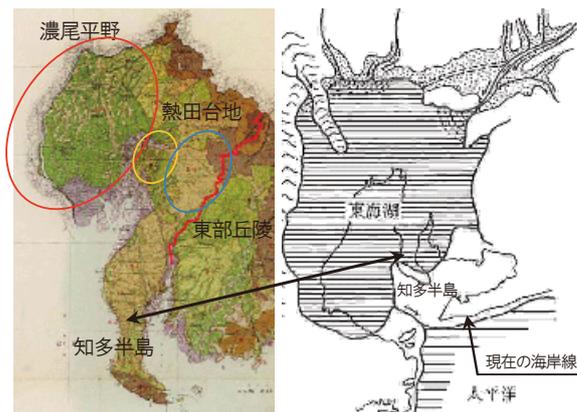


図-2 尾張地方地形分類図²⁾と第三紀鮮新世の東海湖³⁾

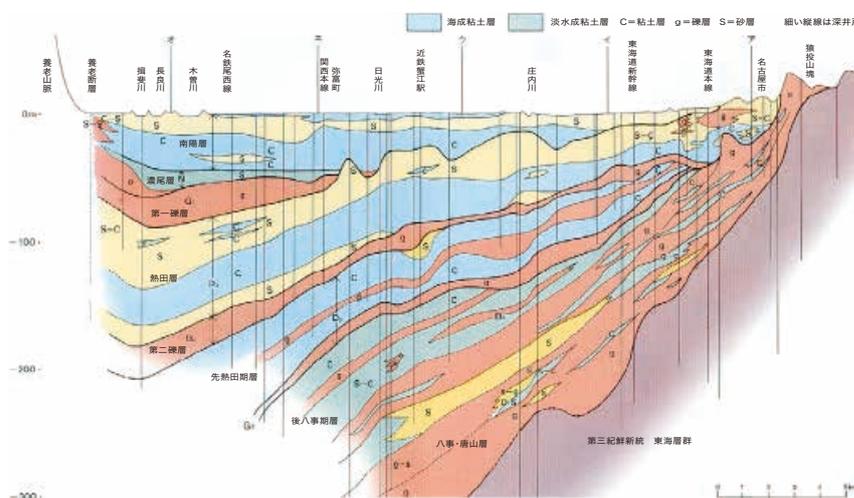


図-3 濃尾平野断面図⁴⁾

陽層)の層厚も厚いところで30m程となるなど、この地域一帯に肥沃な沖積平野(濃尾平野)が形成された。(図-3)

3.1 濃尾平野

濃尾平野は典型的な日本の沖積平野であり、上流側から下流側に向かって扇状地、氾濫原、三角州の帯状配列が見られる。また、河口付近の名古屋市港区、南区、弥富市などには江戸時代以降の干拓地や埋立地が分布する。(図-4)

犬山を扇頂として半径12kmにも達する犬山扇状地は主に砂礫層により構成されており住宅地盤としてはおおむね良好な地域である。この地域の基礎形式は直接基礎の選定が多く、表層地質の状況により一部表層改良および深層混合処理工法（以下柱状改良）等での地盤補強が実施されている。その南側に展開する氾濫原は自然堤防と後背湿地が入り乱れて分布する低地で、古くより水田地帯として広く利用されてきた。近年では宅地化が進み、宅地化の際の盛土地も多く見られる。住宅地盤としては、一部自然堤防を除いて軟弱な地盤であり、地盤補強での対応が一般的である。補強工法としては、柱状改良や芯材を伴う柱状改良が多く、支持層深度や有機質土の堆積状況により小口径鋼管も採用される。さらに海側の干拓地・埋立地は軟弱地盤が厚く堆積していることが多く、小口径鋼管の採用の割合が多くなっている。

3.2 熱田台地と東部丘陵

濃尾平野の東側には熱田台地が分布する。熱田台地はその北西端に名古屋城、南端に熱田神宮を配し、古くからの城下町や寺社仏閣はこの熱田台地に集中している。(図-5)「尾張名古屋は城でもつ」と歌われた様に名古屋城に象徴される尾張名古屋は周囲の低地と比べ6～10m程度比高の高いこの台地地形に沿って発展してきた。江戸時代初期の「清洲越し」により水害の多い濃尾平野に位置した清洲城下からこの高台へ城および都市が移された。熱田台地の地層構成は砂質土または粘性土層からなり、住宅地盤としては良好で直接基礎の選定が多い。

さらに東側には起伏の激しい東部丘陵が広がっている。東部丘陵は、粘性土、砂質土、砂礫土層の互層をしめす第三期の東海層群で構成される。(図-6)住宅地盤としては、比較的良好であるが傾斜地が多いため、宅地化の際、切土、盛土、埋土などが施された不均一な人工地盤も多く、地盤補強が施されることも多い。補強工法は、造成状況により表層改良・柱状改良・小口径鋼管等と多岐にわたる。

また、県東部の丘陵地には花崗岩や、その風化帯であるマサ土が多く見られる。(写真-1)

特にマサ土は、その風化状況により造成地盤の強度低下や、流水による浸食崩壊を起こしやすく、斜面の安定性などにも留意が必要となる。また、地盤補強を行う場合は花崗岩の風化状況により岩塊が残り、施工の障害となる場合があるため、改良工法の選定や施工方法については注意が必要である。

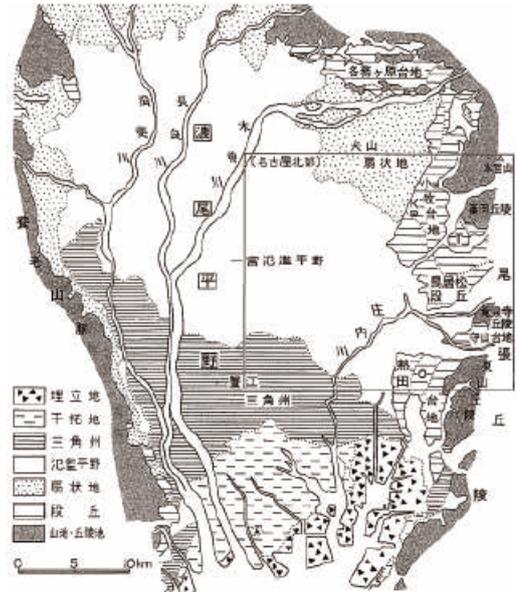


図-4 濃尾平野の地形概念図⁵⁾

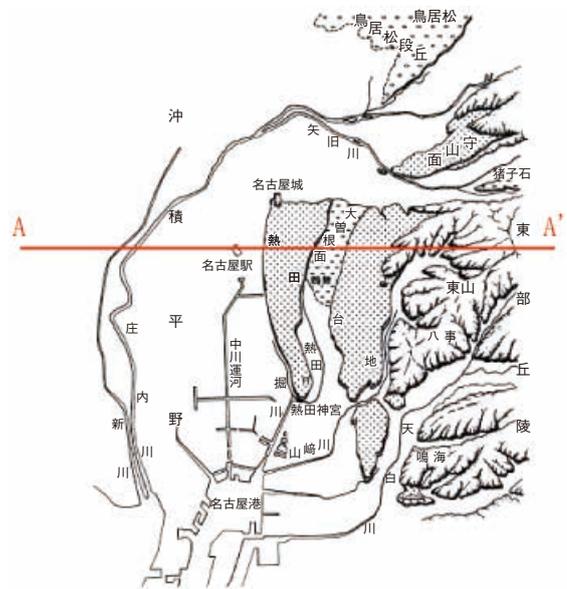


図-5 名古屋市地形概略図⁶⁾

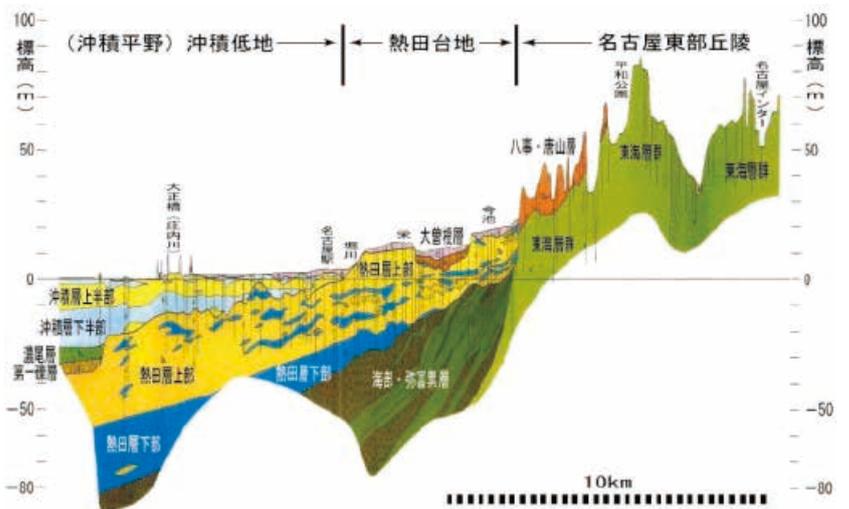


図-6 名古屋市 地形概略図 (断面図)⁶⁾



写真-1 花崗岩とマサ土

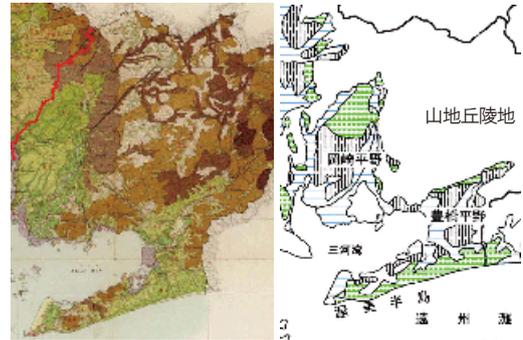


図-7 三河地方地形分類図²⁾と平野概略図⁷⁾

4. 三河地方の主な地形

三河地方は、尾張地方と比較すると山地の占める割合が多くなっている。県東部の大部分を占める山地に対し、豊田市・岡崎市等、矢作川下流域に広がる岡崎平野や、豊橋市を中心として広がる豊橋平野などの平野部が部分的に分布する。(図-7)

4.1 岡崎平野と豊橋平野

岡崎平野は北部より発達する段丘面（高い順に三好面、挙母面、碧海面、越戸面）と下位に続く低地からなる。段丘面は浸食により複雑に入り組んだ谷地形を形成したため地盤性状も同様に複雑である。(図-8)

豊橋平野も岡崎平野と同様な地形および地盤が見られる。住宅地盤としては直接基礎で対応可能な場合から、表層改良や柱状改良、さらには小口径鋼管等の地盤補強が必要となる場合もある。



図-8 岡崎平野の地形分類図⁸⁾

4.2 三河地方の山地

三河地方の山地は岡崎平野背後の三河山地、幡豆山地や豊橋平野周辺の弓張山地、蔵王山地等がある。三河山地は県内最高峰、茶臼山（標高1,415m）を頂点に緩やかな山地と樹枝状に発達する河谷が分布する。山地では、前述の花崗岩類を含む岩盤が露頭しており基本的には良好な住宅地盤となるが、河谷の二次堆積物が分布する地域や人工改変地などでは地盤補強を行う事もある。造成宅地では大規模な切盛造成や、岩塊等を盛土材とした造成もみられるため、改良施工においては掘削や施工が困難となる可能性があり、工法選定や施工計画においては十分な調査・検討が求められる。

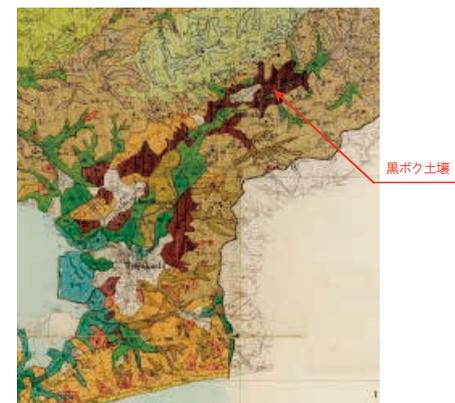


図-9 豊川・新城地域黒ボク土壌分布（表層地質図）²⁾

5. 豊川・新城地域の黒ボク土壌

愛知県特有の土質として三河地方の豊川・新城地域等、山地間の段丘面に分布する黒ボク土壌が上げられる。(図-9)

この地域の黒ボク土壌は畑などに分布し名前の通り黒または黒褐色を呈する。(写真-2) その特徴は腐植に富んだ高含水の軟弱な粘性土であり、セメント系固化材を用いた地盤補強を行った場合、固化不良の発生が起りやすく沈下事故につながる可能性もある。黒ボク土壌が分布する計画地でセメント系固化材による改良計画を検討する場合は、事前の土質サンプリング及び配合試験の実施は必須で



写真-2 豊川・新城地域黒ボク土壌

ある。また、当該黒ボク土壌分布エリアは支持地盤が浅く、小口径鋼管等では杭長確保が困難となる場合もあり、補強工法選定時の課題も多い地域である。

5.1 セメント系固化材の適用

これまで実務において前記地域にて実施した地盤調査の中で、黒ボク土壌の分布が確認された場合は積極的に事前配合試験を実施してきた。当該地域の黒ボク土壌（黒ボク混じり土等も含む）はセメント系固化材による強度発現結果と、色調や所見による推定値が大きく異なる事例が多く確認された。そのため事例を積み重ね傾向を分析した結果、強度発現と土の湿潤密度の間に一定の相関が確認された。ここでは現場にて黒ボク土壌が確認された際の、セメント系固化材を用いた地盤補強の適用の可能性を判断する目安を紹介する。土の湿潤密度については、「乱れの少ない試料」から求めるのが原則ではあるが、コストや工期の関係から現場採取した「乱れた試料」を一軸圧縮試験供試体作成用モールドに詰め、その重量を測定することで簡易湿潤密度を求めた。（写真-3）測定においては試料土の詰め方により結果にバラツキが生じるため、試料土充填の際は隙間無く出来る限り入念に詰めるものとした。

以下に簡易湿潤密度算定例を示す。

$$\rho_t = \frac{(330(\text{g}) : \text{測定重量} - 50(\text{g}) : \text{モールド重量})}{196.3(\text{cm}^3) : \text{モールド容器体積}}$$

$$= 1.42(\text{g/cm}^3) : \text{簡易湿潤密度}$$

表-1 現場重量計測結果と簡易湿潤密度 ρ_t の早見表

測定重量 (g) (モールド含む)	304	324	344	364	384	404
簡易湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8

5.2 簡易湿潤密度と配合強度の関係

これまでの実績より得られた黒ボク土壌の簡易湿潤密度と室内配合7日強度の関係をグラフに示す。（図-10）事前配合試験の目標値は、室内配合7日強度で設計基準強度の2.5倍を目安とし、設計基準強度（ F_c ）600（kN/m²）に対して、必要強度（ $X7$ ）1500（kN/m²）とした。結果によると、簡易湿潤密度が1.6（g/cm³）以下の採取土において、発現強度が著しく低いことが確認された。また、簡易湿潤密度が1.6（g/cm³）以上の採取土ではバラツキはみられるものの、強度発現が上向き上記目標値を満たす傾向が確認された。

以上より、この地域の黒ボク土壌においては、簡易湿潤密度1.6（g/cm³）をセメント系固化材を用いた地盤補強適用の可能性がある土質の目安と考える。最終的な工法選定については室内配合試験結果を確認する必要があるが、現場確認時に補強工法の仮選定の材料となるものと考えている。今後さらにサンプルを増やし、含水比や腐植物混入割合、pHなどの要因も加味した改良特性の傾向や、固化材の種類や配合量の設定についても検討したい。



写真-3 モールドと現場重量計測状況

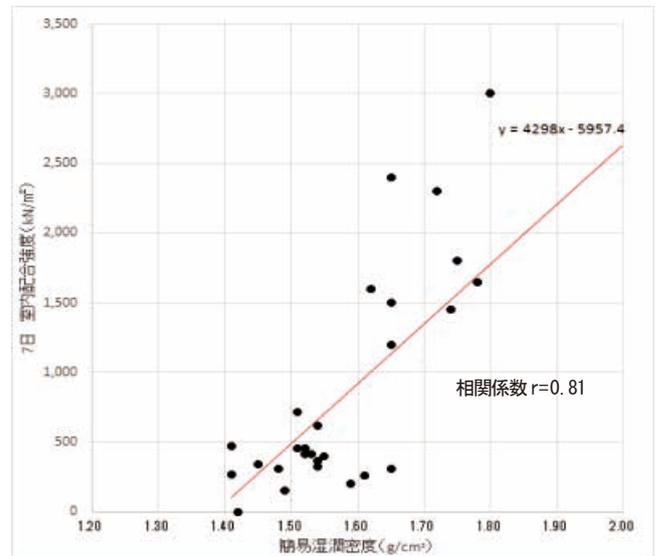


図-10 簡易湿潤密度と7日室内配合強度との関係
(使用固化材：高有機質土用セメント系固化材 400kg/m³ 配合時)

6. おわりに

近年、住宅地盤調査においても土質確認の重要性が認識され事前土質サンプリングの実施が普及してきた。地盤の改良特性や性状を判断するために土質を直接確認することは非常に有効であるが、採取土の試料観察は調査技士の経験値や個人差、土質のバラツキ等により正確な判定が難しいケースも多い。ここで紹介した配合試験実施の際も現場での所見に対して想定外の結果を得ることが多々あり地盤の難しさを再認識した。この取り組みを通して改良特性の指標を把握すると共に土質性状への理解も進んだように思う。経験の浅い調査技士への育成や、地盤の難しさ・面白さを知るためにもこのような取り組みを試されてはと思う。

参考文献

- 1) 名古屋市立西山小学校 HP より
- 2) 土地分類図 23 (愛知県) 国土庁土地局 監修 1974
- 3) 最新名古屋地盤図(社)土質工学会中部支社編著 1988
- 4) 濃尾傾動盆地と濃尾平野 桑原 徹
- 5) 地質図幅「名古屋北部」桑原他 1984
- 6) 名古屋市環境局環境対策課 HP より
- 7) 東海三県の地質と地盤 中部地質調査業協会 2011
- 8) 日本の地形 5 中部 東京大学出版会 2006