

札幌市北部に分布する軟弱粘性土の分布と工学的性質

北海道士質コンサルタント株式会社 ○松本 和正

(地質リスク・エンジニア 登録番号 13)

福嶋 孝太、森田 翔也、五十嵐 美帆

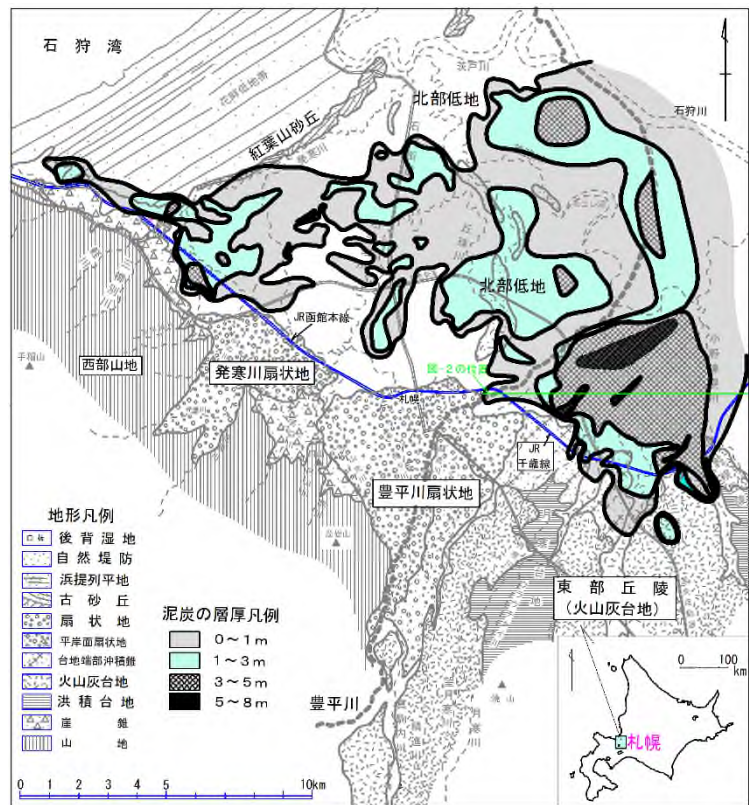
1. はじめに

北海道札幌市の北東部には、「泥炭」と「海成粘土」の2つの軟弱粘性土が分布していることは解っていたが、その分布範囲や層厚の報告は少なかったと思われる。弊社では平成18年11月に「札幌地盤図」を刊行し、その中で泥炭と海成粘土の分布を明らかにした。当報告では、これら2つの粘性土を対象に分布範囲や層厚、物理的特性及び強度特性といった工学的性質について報告する。

2. 泥炭（P層）の分布と工学的性質

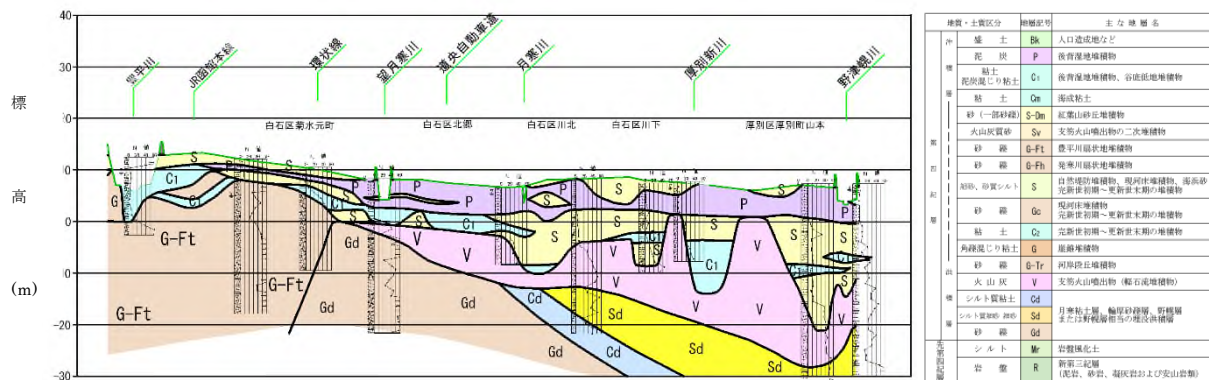
(1) 泥炭（P層）の分布範囲

泥炭は冷涼な気候下で湿地に植物遺体が堆積し、分解よりも堆積作用の方が優勢なときに泥炭が形成される。札幌地区では古石狩湾が砂州で閉塞され沼沢化したのち、5,000～4,000年前の冷涼気候への移行期から泥炭の堆積が始まったとされる（松下ほか，1985）。当報告では有機物含有量が20(%)以上の土砂を泥炭として区分した。札幌市の地形区分と泥炭（P層）の分布を図－1に示す。市内の地形は、大まかにJR函館本線～千歳線を境として、南側の扇状地・丘陵・台地・山地と北側の低地と砂丘地形に大分される。これらの地形は、特徴的な堆積物で構成されているが、P層には以下の特徴がある。



図－1 札幌市の地形と泥炭の分布

- ① P層は、北側を紅葉山砂丘、南側を扇状地地形や火山灰台地に限られた札幌北部低地と呼ばれる沖積低地内に分布する。概ね三角形の範囲であり、南北約15km、東西約20kmの広い範囲に及び、市の東側は隣接する江別市や当別町に連続する。
- ② 分布は標高約15m以下の低所に分布するが、扇状地堆積物の張出し部や砂丘地形には分布していない。
- ③ P層の分布は図－2に示すように連続的である。層厚は3m以下が多いが、西部の西区宮の沢地区、手稲区稲積地区、および東部の東区中沼地区、東米里～厚別区山本地区では3m以上と厚くなる。とりわけ厚別地区は厚く、粘土や砂の薄層を挟在しつつ層厚が8～10mに達することもある。層厚が厚い場所は沖積低地と台地や崖錐地形の境界部に多く見られる傾向がある。



図－２ 泥炭（P層）の分布

④分布範囲の中央部は厚さ3m程であるが、P層の上位に最大で5m程の粘性土(C1層)や砂質土(S層)が覆っている。これらの土層は、豊平川や伏竜川、旧琴似川によってもたらされた北部低地でも最も新しい堆積物である¹⁾。

⑤開発行為による造成等によって、層厚の薄化傾向が顕著に進行している。

(2) 泥炭（P層）の工学的性質

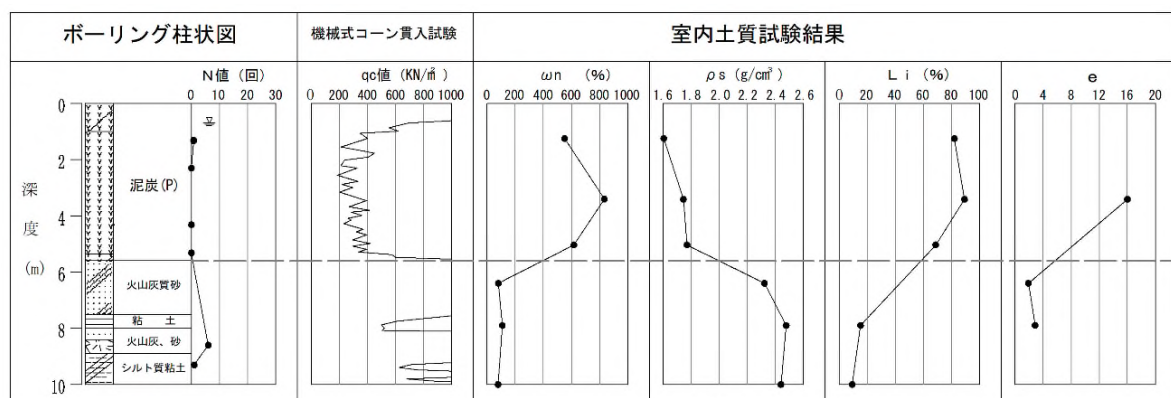
① N値と qc 値

図－3に泥炭を対象として実施した厚別区山本地区の調査結果(ボーリング柱状図, N値, qc値, 土質試験結果)を示した。当地区においては表層から深さ5.5mまでP層が分布する。N値は0～1を示し、非常に軟弱である。機械式コーン貫入試験による静的貫入抵抗 qc は表層の1mを除くと qc = 200～400 (kN/m²)を示しており深度方向に微増している。qc値は強度の変化を敏感に反映しており、泥炭のような軟弱土に対しては機械式コーン貫入試験の様な静的なサウンディングが有効であることを示している。

②室内土質試験結果

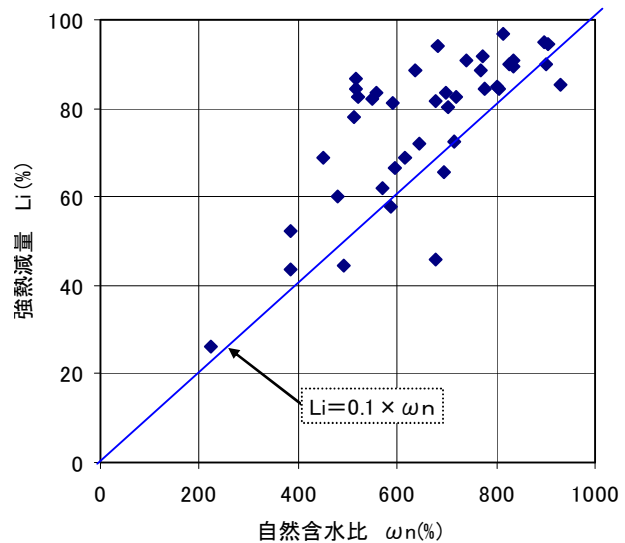
室内土質試験結果の特徴を以下にまとめる。

- ・自然含水比は $\omega_n = 600 \sim 800 (\%)$ と高含水比である。図－4に市内の他地区のデータを示すが、 ω_n が 400～1000 (%)を示すものが多い。
- ・土粒子の密度は $\rho_s \approx 1.6 \sim 1.8 (\text{g/cm}^3)$ の範囲にあり、一般的な土砂に比べて著しく小さくなる。これは、密度の小さい植物繊維(セルロース)を多量に混入しているためである。



図－３ 泥炭（P層）のN値, qc値, 土質試験結果例（厚別区山本地区）

- ・山本地区では強熱減量が $Li = 70 \sim 90(\%)$ と高く，有機物を多量に混入していることを示している。市内に分布する泥炭としては Li が $40(\%)$ 以上を示す場合が多い。自然地盤の ω_n と Li には， $Li = 0.1 \times \omega_n(\%)$ の傾向があるとされるが，図－4の傾向から全体にやや圧密が進行している傾向が認められる。
- ・データでは示していないが， ω_n が 400% 以上を示す泥炭の湿潤密度は， $10(\text{kN}/\text{m}^3)$ 前後と著しく小さくなる。また，間隙比 e は極めて大きくなり，山本地区では $e = 16$ を示している。



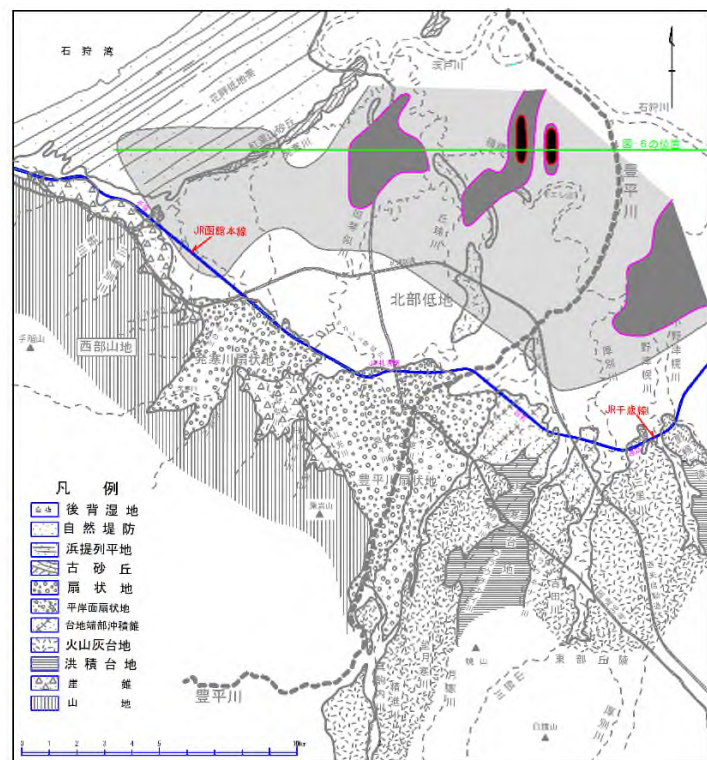
図－4 自然含水比と強熱減量の関係

3. 海成粘土（Cm層）の分布と工学的性質

(1) 海成粘土の分布範囲

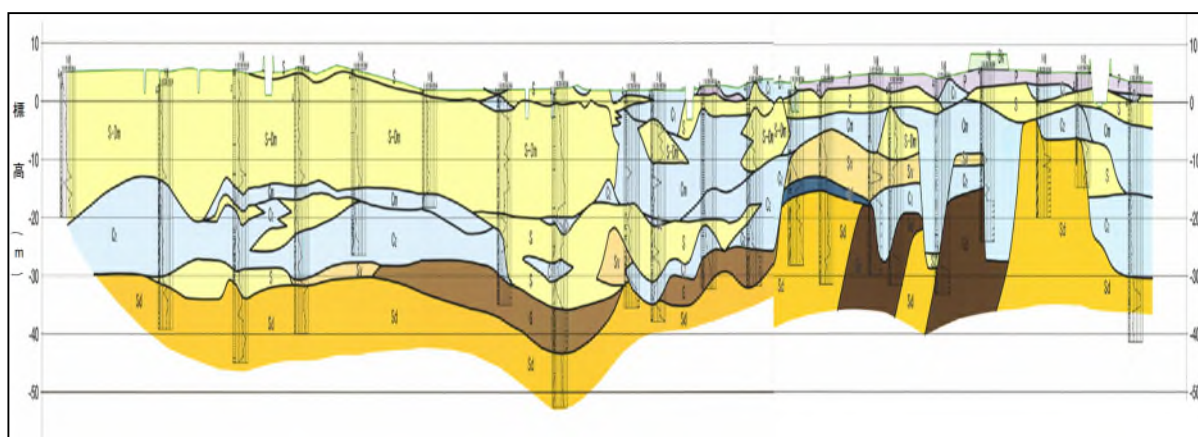
Cm層の平面的な分布を図－5に，同図に示した位置での地盤断面図を図－6に示した。Cm層は縄文海進時の約1～0.7万年前に古石狩湾に堆積したと考えられている。ボーリング試料ではこね返すと容易に泥状化する非常に軟弱な黒色系の粘土で，カキ貝などの貝化石を混入することが多い。分布の特徴は以下のとおりである。

- ①分布範囲は札幌市の北側に広がる沖積低地で，JR函館本線～千歳線以北の南北約10km，東西20kmであり，隣接する石狩市や当別町に及ぶ。



図－5 海成粘土（Cm層）の分布

- ②分布層厚は平均的に10m前後で非常に連続性が良い。北区篠路町では20m以上に達する地域があるが，これは堆積当時の地形を埋積したためであり，層厚が厚い部分は旧河川部のように開析が進んだ地域に相当すると考えられる。Cm層の上部は砂層（S層）に覆われることが多く，上面標高は0～-5mを上限として概ね一定であり，現在の海水面を上回ることがないのも海成の堆積物であることを示す根拠と言える。

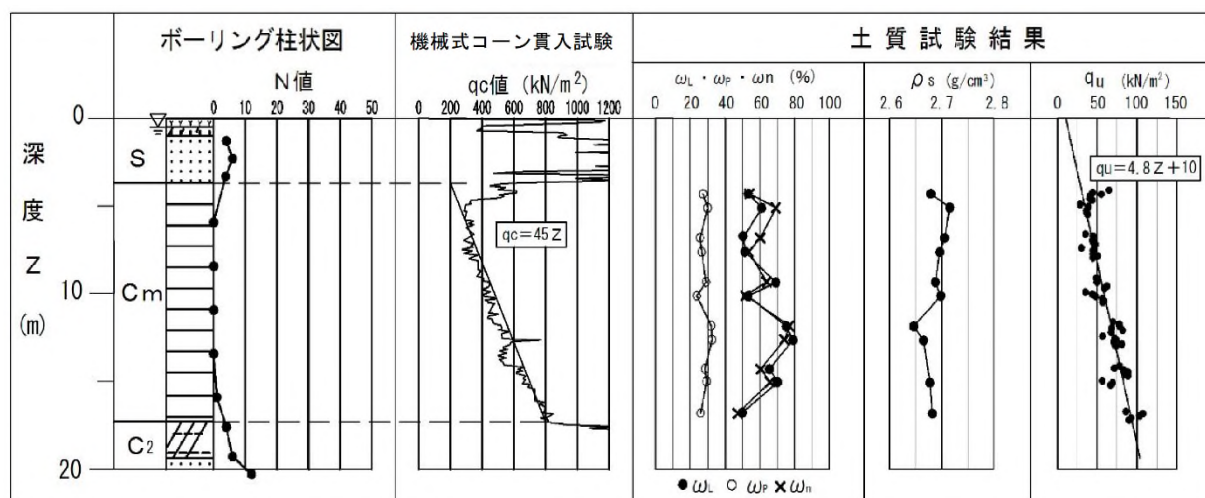


図－6 海成粘土（Cm層）の分布

（２）海成粘土（Cm層）の工学的性質

① N 値と q_c 値

図－7にCm層を対象として行った「あいの里地区」での調査結果（ボーリング柱状図， N 値， q_c 値，土質試験結果）を示した。Cm層の N 値は大半が0～2程度を示し，非常に軟らかい。特に図－7のように N 値が0を示す場合が多く，設計定数の推定で苦慮する場合が多い。機械式コーン貫入試験での q_c 値は， $q_c = 250 \sim 800$ (kN/m²)を示し， $q_c = 45 \times Z$ (kN/m²) (Z :深度)の勾配でほぼ直線的に増加する。 N 値は0と変化しないが， q_c 値は強度の変化を敏感に反映しており，軟弱土に対してはオランダ式二重管コーン貫入試験の様な静的なサウンディングが有効であることを示している。



図－7 Cm層の N 値， q_c 値，土質試験結果例（あいの里地区）

② 室内土質試験結果

札幌市の北部低地に分布するCm層の室内土質試験結果の特徴を以下にまとめる。

- ・自然含水比は $\omega_n = 40 \sim 90$ (%)を示すものが大半であるが100 (%)となることもある。
- ・土粒子の密度は $\rho_s = 2.65 \sim 2.75$ (g/cm³)の範囲にあり，一般的な値を示している。
- ・粒度組成は砂分が10 (%)以下で90 (%)以上はシルト・粘土などの細粒土で構成され，工学的分類はほとんどが(CH)に区分される。
- ・図－7のように自然含水比は液性限界付近に分布し， $\omega_n > \omega_L$ となることも珍しくない。
- ・図－8より，一軸圧縮強度 q_u も q_c 値と同様に深度方向に直線的増加傾向を示す。

- ・ q_u から推定した粘着力 c と、 N 値と q_c 値を対比して図－9, 10 に示した。 N 値の場合は粘着力との関係が不明瞭であるが、 q_c 値とは強い相関性が認められる。図－10 では $c = (0.05 \sim 0.1) \times q_c$ (kN/m^2) の関係が認められる。

4. むすび

- ①泥炭の分布と工学的特徴は以下のとおりである。

- ・分布は、南北約 15km, 東西約 20km の広い範囲に及び、標高 15m までの低地部に認められる。層厚は 3m までが大半であるが、西部や東部の一部では層厚 5m 以上と厚くなる。
- ・ N 値は 0 ～ 1, $q_c = 200 \sim 400$ (kN/m^2) と軟弱である。
- ・強熱減量 Li は 40(%) 以上を示すことが多く、自然含水比は $\omega_n = 400 \sim 1000$ (%) と非常に高い。

- ②海成粘土の分布と工学的特徴は以下のとおりである。

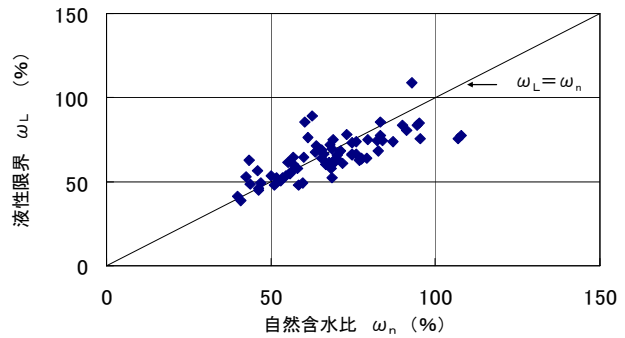
- ・分布範囲は札幌市の北部の南北約 10km, 東西 20km であり、隣接する石狩市や当別町に及ぶ。層厚は平均的に 10m 前後で最大層厚は 20m 以上である。
- ・自然含水比は $\omega_n = 40 \sim 90$ (%) を示すものが大半で、液性限界 ω_L に近く、 $\omega_n > \omega_L$ となることも珍しくない。
- ・粘着力 c の推定は次式が有効である。

$$c = (0.05 \sim 0.1) \times q_c \quad (\text{kN/m}^2)$$

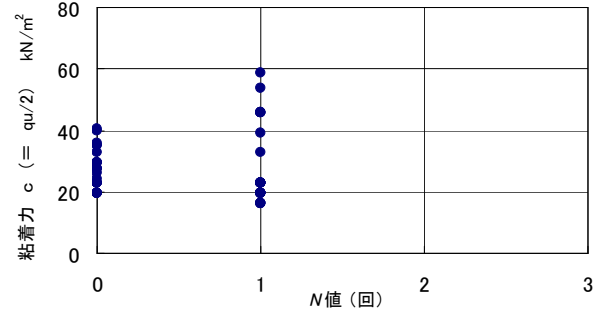
- ③泥炭と海成粘土の分布や工学的性質を報告したが、今後も調査データを蓄積して、さらに詳細な分布を明らかにしていきたいと考えている。

《引用・参考文献》

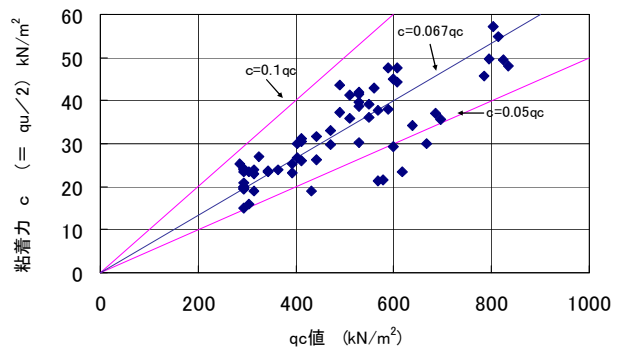
- 1) 加藤誠・二ッ川健二・菊池純・松本和正：札幌市の表層地盤と沖積層の構造，土質工学会北海道支部技術報告集第35号 pp82～89, 1995. 2



図－8 自然含水比と液性限界の関係



図－9 N 値と粘着力 c の関係



図－10 q_c 値と粘着力 c の関係

