

火山灰の特異性を考慮した基礎杭設計の考察

A Study of Substructure Pile Design in Consideration of a Characteristic of Volcanic Ashes Deposit

土質が火山灰（粗粒火山灰）と判定された地盤の、杭の最大周面積摩擦力や支持層とした時の杭先端支持力の算出には基準化されたものではなく、砂質土に準拠して設計されているのが実情である。しかし、最近火山灰質地盤で打込み鋼管杭を採用して、設計計算上の杭先端根入れ深さを確保しても設計支持力を満足せず、さらに打ち込む必要性が生じた例が幾つか報告されている。このような火山灰質地盤において打込み鋼管杭を用いる場合の設計上の留意事項について報告する。

1. はじめに

北海道においてはその面積の3分の1が火山灰層に覆われている。しかしこれまで火山灰土の土質工学的性質、特に力学的性質についての研究は、他の地盤材料に比べて、あまり進められていないかった様に思われる。

その理由として、火山灰土が一般に丘陵地帯に分布していること、単位体積重量が小さくその難凍上性とともに盛土材料として優れた性質を備えていること、またこれまであまり大規模な構造物がそれを支持層として建設されなかつた事などの他に、北海道には極端に軟弱な泥炭層や有機質粘性土層が低地帯に発達しているため、火山灰土はむしろ比較的優位にあるとみられてきた点が挙げられる。

しかし、開発の進展に伴い豪雨時における火山灰斜面の崩壊や土工上の取扱い、杭の支持力特性など特殊土としての火山灰土の問題などが生じてきた。

北海道では全ての火山灰土を一括して火山灰と総称していることが多く、工学的な区分の方法がないのが実状であった。これを受けて土質工学会北海道支部では、1997.10に「火山灰質土の工学的分類委員会」により、北海道の火山灰質土の工学的性状及びその分類法が報告された。それらを踏まえ、ここに打ち込み鋼管杭を用いた基礎の設計上における留意事項を報告する。

今井 彰*



津田 将史**



清水 誠一***



2. 火山灰土の工学的性質

①土の密度が小さい（湿潤密度 $\gamma_t = 1.2 \sim 1.6 \text{ t/m}^3$

乾燥密度 $\gamma_d = 0.4 \sim 1.3 \text{ t/m}^3$

②自然含水比の範囲 ($\omega_n = 15 \sim 240\%$) が広い

③ガラス質で外力による摩耗・破碎が顕著である

④粒子の表面形状が複雑でインターロッキン効果を有するが、粒子間の凝集力は非常に小さい。

⑤閉塞した内部孔隙を持つために土粒子密度が比較的小さい

上記が主な火山灰土の特質であるが、火山の噴火様式や堆積形態の違いなどにより工学的性質は幅が大きいことが火山灰土の特徴とも言える。

上記の③、④から打込み鋼管杭の杭周辺および杭内の火山灰土の締まり具合は砂質土より小さいと判断される。

3. 火山灰土の支持力特性

過去の報告から、火山灰層の支持力特性は下記のとおりである。

*) 橋梁部 課長 (RCCM: 土質及び基礎) Akira IMAI

**) 橋梁部 (測量士補, 丙種危険物取扱者) Masashi TSUDA

***) 地質部 次長 (技術士: 土質及び基礎) Seiichi SHIMIZU

- 杭の周面摩擦力については、火山灰層の最大周面摩擦力度は砂質土とした時の2割程度しか発揮しない場合があり、周面摩擦力度と沈下量の関係では、周面摩擦力度がピークに達した後、急激に低下する傾向がある。
- 杭先端支持力については、支持層が火山灰である時はもちろんのこと、火山灰でなくともその上層が火山灰である時には、標準貫入試験N値の評価を、道示IVの静的力学公式にあてはめて、所定の杭先端根入れ深さを確保しても設計支持力を満足せず、さらに打ち込む必要性が生じる場合がある。

火山灰質地盤においては上記のような支持力特性が報告されていることから、以下の地域において試験の結果を踏まえて設計手法に反映することとした。

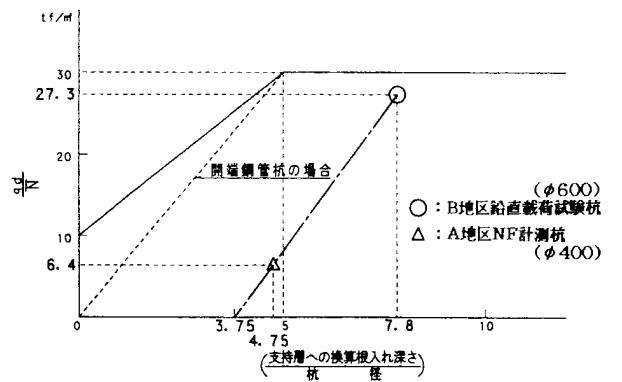
- 高規格幹線道路「A自動車道」A地区：NF計測杭（鋼管杭φ400）
- 高規格幹線道路「B自動車道」B地区：鉛直載荷試験杭（鋼管杭φ600）

以上2地域による試験結果は次のとおりである。

- 火山灰層の周面摩擦力不足
- NF（ネガティブ フリクション）
これらにより、実際の支持力は設計時の許容支持力より小さくなり、かつ先端支持力の分担率が大きくなる。
- 先端支持力が不足
A地区で実施されたNF計測杭試験結果とB地区で実施された鉛直載荷試験杭結果を道示IVの杭先端地盤の極限支持力算定図で比較したものを図-1に示す。

4. 設計手法のまとめ

- 支笏火山灰の特性は、標準貫入試験N値の評価を道示IVの静力学公式にあてはめた場合には、先端N値と根入れ効果に対し、支持力不足となることが多い。



*参考文献2)

図-1 杭先端極限支持力と先端根入れ

- 杭周辺の摩擦力評価として、火山灰は、砂質土の分類に属するとして道示IVの表一解10.44の値(0.2N)を採用して支持力を算定している。この場合、砂および細砂は締まる傾向にあるが、火山灰では固結された状態にあって打込まれた杭周辺は、マトリックスは破壊され充分な摩擦を期待することが難しいものと判断される。(道示0.2Nは0.1Nもしくはそれ以下)
- 2地域による試験結果における火山灰での支持力算定では、杭先端の閉塞効果は $3.75 \times \text{杭径}$ まで認められない。
- 許容支持力算定は道示の支持力公式により算出し、杭長は閉塞効果が見込めない長さ $3.75 \times \text{杭径分}$ (杭径0.8mゆえに $L = 3.75 \times 0.8 = 3.0\text{m}$)長くし、その分の周面摩擦および支持層への換算根入れ深さを見込まないものとし、安定計算、断面計算は、実杭長とする。

5. 動的支持力式による現場確認

本検討では、先端支持力が不足することから火山灰層の杭の打止め管理には、道示の管理基準より長い試験杭を用い貫入量、リバウンド量（動的支持力）などから動的支持力算定式を用いて支持力を推定し打止めを決定することとした。よって、試験杭の打込み結果から、道示IVの支持力公式により算出した杭長位置では、貫入量とリバウンド量を用いて動的支持力式にて算出した許容支持力は、設計許容支持力の85%

程度となり支持力不足となり、設計杭長+2.0mで設計許容支持力 ($P_a=150\text{tf}$) を上回り、設計杭長+3.0mで貫入量も4~5mmとなり許容支持力も設計値の130%程度となり打止めとした。

上記の結果より、杭長を閉塞効果が見込めない長さ $3.75 \times \text{杭径分}$ ($L=3.75 \times 0.80=3.0\text{m}$) を長くすることにより、許容支持力と杭長を設計と現場が一致することが明らかになった。

6. おわりに

本手法の根拠となる道央近郊の地形は、支笏火山の東麓に広く発達するこの火山の影響等による軽石・火山灰からなる台地である。地層構成は上位より第四期完新世の樽前火山噴出物、恵庭降下軽石層、更新世の支笏火山噴出物等よりなる。

本報告は、上記の火山灰層と図-3に示す杭径0.8m、杭長L=22~23mの限られた条件である。これらの報告により、火山灰土の特異性をもつ地盤の基礎設計に際し、当面火山灰土における支持力特性が明らかになる過程段階では、鋼管杭の打込み工法を用いる一設計手法として設計担当者の参考になればと願うものである。

表-1 試験杭の打込み結果

貫入深度 m	リバウンド量 mm	貫入量 mm	許容支持力 tf
19.5	7.6	20.6	128
20.0	8.2	17.8	130
20.5	9.9	14.7	139
21.0	11.5	13.4	146
21.5	14.0	10.3	158
22.0	18.4	5.1	179
22.5	21.9	4.4	196

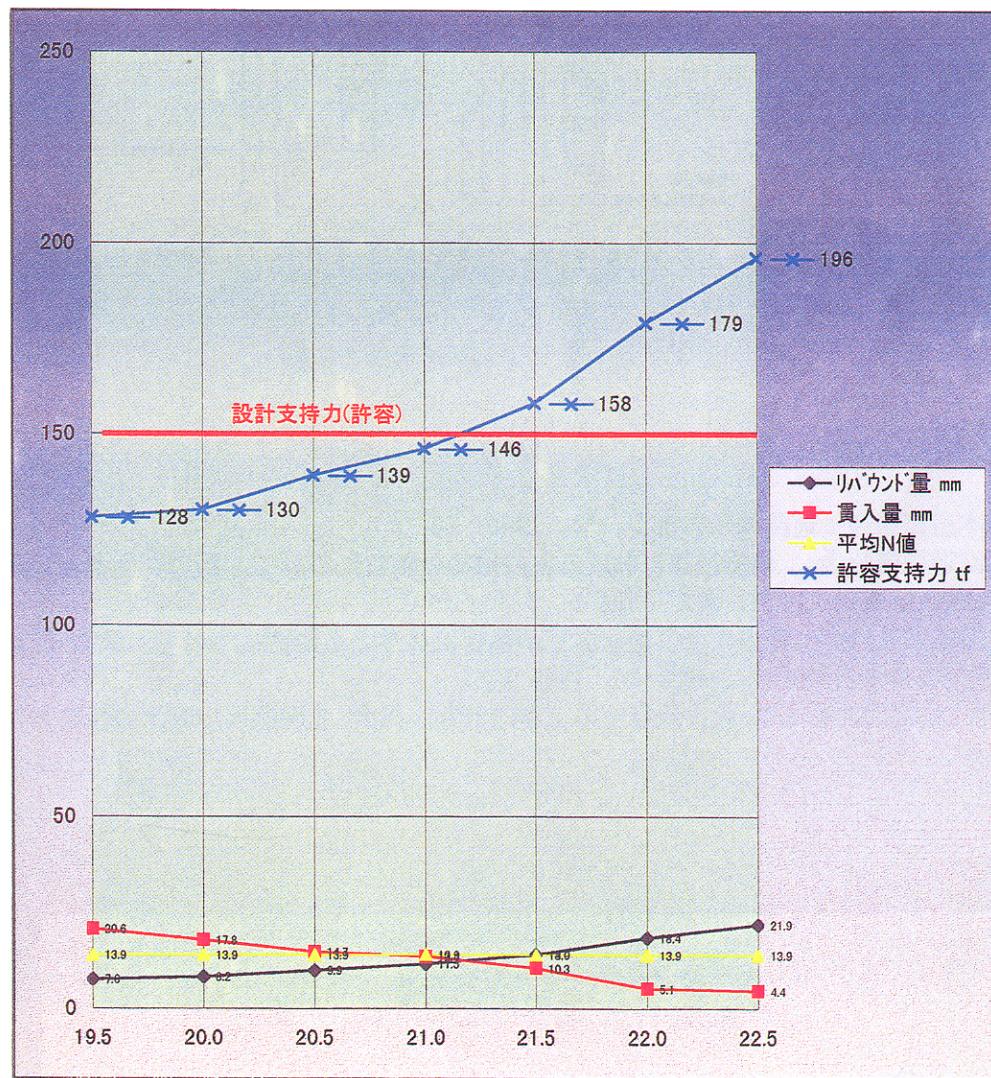


図-2 試験杭の打込み結果

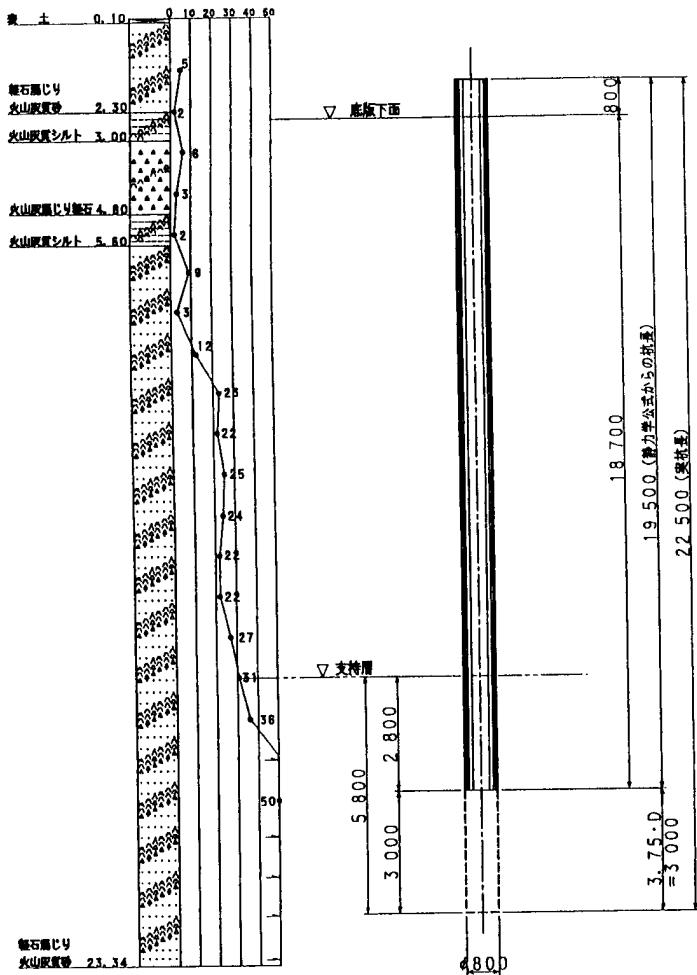


図-3 ポーリング柱状図と杭長

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会 : 道路橋示方書IV、V, 1996. 12
- 2) (財) 北海道開発協会 : 軟弱地盤における支持機構の解析について, 第 37 回北海道開発局技術研究発表会発表概要集, PP217-222, 1994. 2
- 3) (財) 北海道開発協会 : 盛土に伴う地盤沈下が鋼管杭に与える影響について, 第 38 回北海道開発局技術研究発表会発表概要集 , PP31-36, 1995. 2
- 4) (社) 地盤工学会北海道支部・火山灰質土の工学的分類委員会: 北海道火山灰土の性質と利用, 1997. 10