

# 二次しらす地盤の力学特性の評価

高田 誠<sup>1</sup>・北村 良介<sup>2</sup>・北田 貴光<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生員 鹿児島大学大学院 工学研究科博士後期課程 (システム情報工学専攻) (中央開発株式会社)  
(〒890 鹿児島市郡元一丁目21-40)

<sup>2</sup>正会員 工博 鹿児島大学教授 工学部海洋土木工学科 (〒890 鹿児島市郡元一丁目21-40)

<sup>3</sup>学生員 鹿児島大学大学院 工学研究科博士前期課程 (海洋土木工学専攻)  
(〒890 鹿児島市郡元一丁目21-40)

鹿児島県内の沖積平野の表層地盤には、背後のしらす台地の浸食・運搬・堆積作用を受けた“二次しらす”が厚く分布している。しらすの力学特性は、通常の砂質土のそれらとは異なっていることが明らかにされてきている。本研究は、二次しらすを主な構成材料とする二次しらす地盤の地盤工学的特性に関する知見をとりまとめたものである。得られた主要な結果は次のとおりである。(1)二次しらす地盤において測定されるN値から、せん断強度パラメータを推定する場合、N値を2倍に評価しうる。(2)せん断波速度の推定においてもN値を2倍に評価しうる。(3)杭の深層載荷試験結果から、二次しらす地盤は周面摩擦が卓越し、通常の砂質土よりも大きな周面摩擦を期待できる。

**Key Words :** alluvial secondary Shirasu, N-value, shear strength, velocity of S-wave, skin friction of pile

## 1. まえがき

鹿児島県内には、始良カルデラを噴出起源とする入戸火砕流堆積物（一般的に‘しらす’と称される）や、阿多・加久藤火砕流堆積物等多くの火砕流堆積物が広く分布し、県本土表層部の約50%以上を火砕流堆積物が占めている。また標高の低い沖積平野や河川・沿岸域には、背後のしらす台地から流下し淘汰された砂質土（一般的に‘二次しらす’と称される）が厚く分布している。このような地盤特性を有する鹿児島県内の沖積平野では、近年九州新幹線や東回り・西回り高規格自動車道、鹿児島湾沿いのウォーターフロント開発、市街地における高層建築工事等が行われている。それに伴い調査ボーリングやサウンディング・原位試験等が数多く行われている。

本論文は、1976年の山内らの報告<sup>1)</sup>後に実施された調査資料を整理し、鹿児島県内に広く分布する二次しらす地盤の地盤工学的問題を明らかにし、各種の地盤調査からせん断強度特性・支持力特性を評価する手法について検討を加えている。

## 2. 沖積平野部の地盤状況

鹿児島市の沖積平野部の地盤状況については、文献<sup>2)</sup>に詳述されているように、沖積層が厚く分布する特徴を有している。またこの沖積層は、砂質土が卓越していることから、地盤調査はN値の測定のみで終わっているケースが殆どである。このN値の深度分布は、「下層に至るまで変化が少なく、その値は10~20程度のものが多い」特徴がある<sup>3)</sup>。図-1は鹿児島市内におけるN値の小さい二次しらす地盤の、調査ボーリングの結果を示している<sup>2)</sup>。図より50~60mの深度までN値が10~20程度であることが判る。このような特徴は鹿児島市内に限らず、二次しらすが厚く分布する鹿児島県内の沖積平野部において、共通に見ることのできる特徴である。図-1に示したように、沖積平野部に分布する二次しらす地盤のN値は、有効拘束圧（土被り圧）に関係なく低い特徴を有している。この原因について、現在のところ次の2つの原因が考えられている。

① しらすは通常の砂質土と比較して液状化しやすいので、N値測定時にも局所的な液状化が発生し、そ

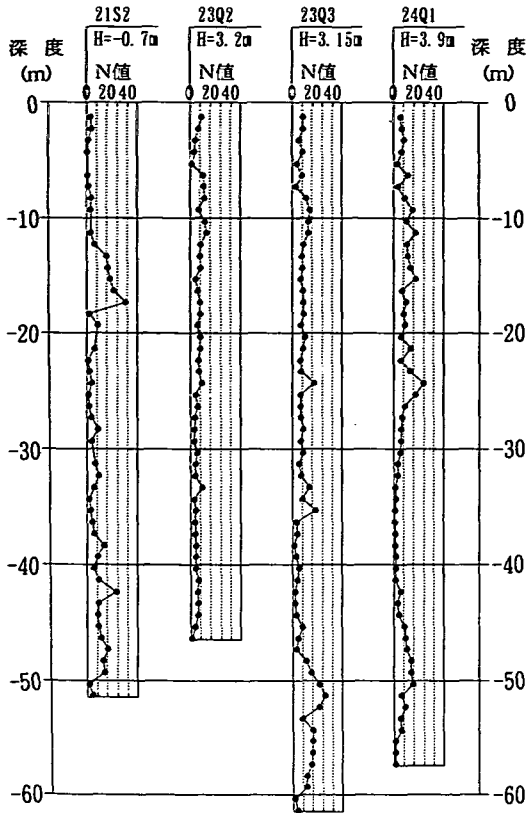


図-1 沖積層N値の深度分布形態<sup>2)</sup>

の結果小さいN値が測定されている<sup>3)</sup>。

② しらす粒子は、その構成粒子の殆どが火山ガラスであることや、粒子自体がポーラスであること等から粒子破碎を起こしやすく、動的荷重による標準貫入試験では、小さいN値が測定されている<sup>4)</sup>。

本報告では、これらの原因を究明するため、土質試験・原位置試験結果を参照して、二次しらす地盤の測定N値の評価を行うものである。

### 3. 二次しらすの物理・力学特性

#### (1) 土粒子の密度 $\rho_s$

しらすは、その構成粒子の殆ど（重量比で約80%）が密度の小さい火山ガラスであることや、軽石の混在・しらす粒子自体がポーラスであること等に起因して、通常の砂質土よりも小さな土粒子密度を呈する。図-2は鹿児島市内で採取された二次しらすの土粒子密度の頻度分布である<sup>2)</sup>。この図に示すように、二次しらすの土粒子密度は概略2.2~2.8g/cm<sup>3</sup>の範疇にあり、最頻値としては2.4~2.45g/cm<sup>3</sup>程度である。

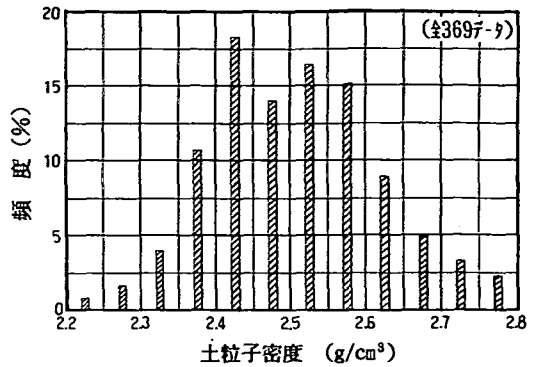


図-2 二次しらすの土粒子密度の頻度分布<sup>2)</sup>

#### (2) 粒度組成

二次しらすの粒度組成は、図-3に示すように、2mm以上の礫分（主に軽石）を含み、かつ0.075mm以下の細粒分を20~30%を含む幅広い粒径から構成されている。但し粒度組成の大部分は砂分からなり、土の判別分類では砂ないしシルト質砂に分類され、均等係数 $U_c$ は2~150（平均値20前後）である。この粒度組成を、港湾構造物等で提唱されている<sup>5)</sup>均等係数の大きい砂（ $U_c \geq 3.5$ ）の“特に液状化の可能性あり”の粒度分布範囲と重ね合わせてみると、二次しらすの粒度組成は液状化の可能性のある粒度分布範囲にあることが判る。また二次しらすに含まれる細粒分は非活性であることから、細粒分を含む全ての粒度成分が液状化を起こしやすくと兵動ら<sup>6)</sup>によって報告されている。

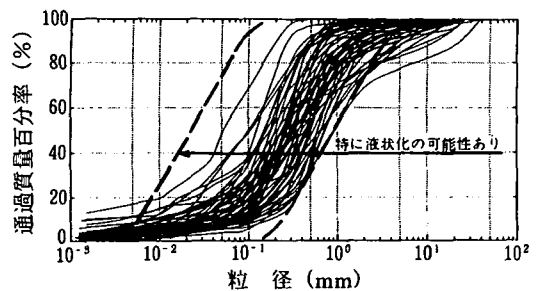


図-3 二次しらすの粒径加積曲線<sup>2)</sup>

(1)、(2)の結果より、しらすは通常の砂質土と比較して有効拘束圧が小さく、液状化しやすい粒度特性を有していることから、N値測定時にも局所的な液状化が発生しているものと考えられる。したがって、測定N値は小さめに評価されていると考えることができる。

### (3) 締固め特性

図-4は、文献7)に示されるしらすの締固め試験結果である。この図において試験方法1.1-aは乾燥法の繰返し法、1.1-bは非繰返し法によるものであり、同じ含水比でも繰返し法で得られる乾燥密度は非繰返し法より大きくなっている。このことは繰返しによって、しらす粒子の粒子破碎が生じていることを意味している<sup>4)</sup>。

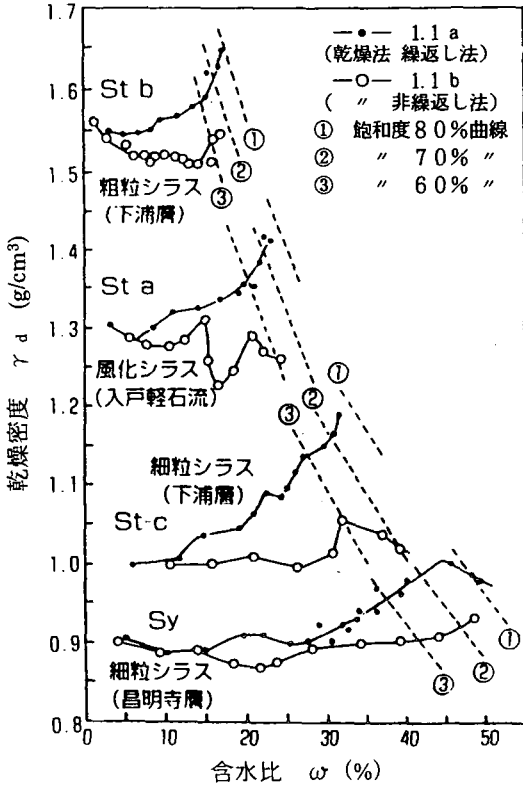


図-4 しらすの締固め試験結果<sup>7)</sup>

### (4) 圧縮特性

図-5は、三軸装置を用いた等方圧縮過程での乱した一次しらすと豊浦砂の  $e - \log p$  関係<sup>8)</sup>を示している。この図よりしらすでは、折れ曲がり点(粘土の圧密降伏応力に相当)が  $10 \text{ kgf/cm}^2$  付近においてみられるのに対し、豊浦砂では折れ曲がり点が  $100 \text{ kgf/cm}^2$  を越えている。この折れ曲がり点は粒子破碎が顕著になる点と対応しており<sup>9)</sup>、しらすが豊浦砂に比べると粒子破碎を起こしやすいくことを示している。

(3), (4)の結果より、しらすは通常の砂質土と比較して粒子破碎を起こしやすく、動的荷重による標準貫入試験において、小さいN値が測定されているものと判断される。

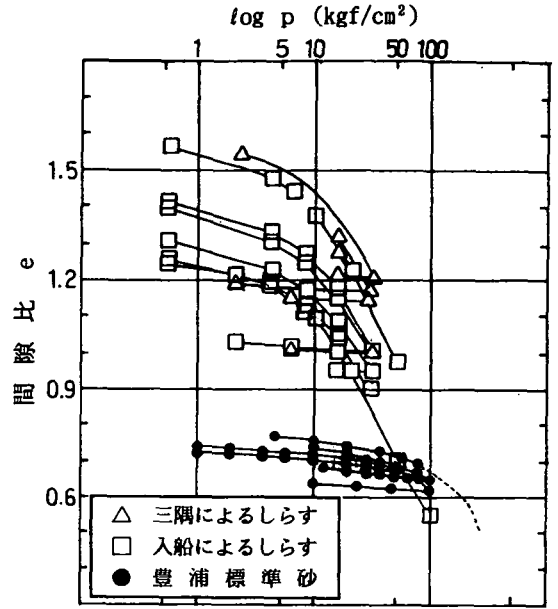


図-5 しらすと豊浦砂の圧縮特性<sup>8)</sup>

## 4. 静的・動的貫入試験の関係

しらすは地盤工学の分野では特殊土に分類され、その力学特性は通常の砂質土材料とは異なる点が多くある。しかし、しらす地盤を対象とする調査においても、標準貫入試験をはじめとする一般的な調査方法が採用されている。ここでは、動的貫入である標準貫入試験のN値と、静的コーン貫入試験であるオランダ式二重管コーン貫入試験の貫入値との関係を検討した。

図-6は二次しらす地盤を対象に実施されたN値と静的コーン貫入値  $q_c$  の関係をまとめて示したものである<sup>10)~13)</sup>。この図に示すように  $q_c$  とN値の関係は非常にばらつきのある結果となる。これは二次しらす

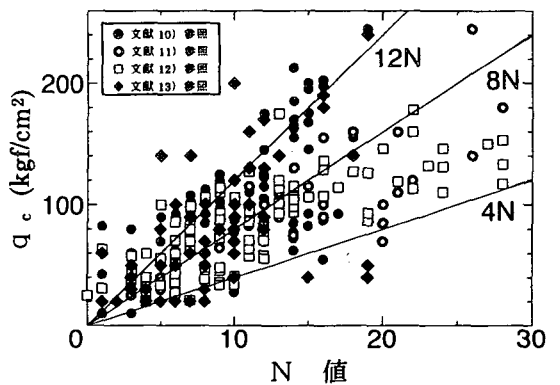


図-6 N値とコーン貫入値の関係

らず地盤の層相の変化の激しさや、図-1にも示したように二次しらす地盤が上載圧（土被り圧）に関係なく、N値が低い状態が続く結果を反映したものと見える。なお図-6より、次のことが考察される。

- ① 二次しらす地盤のN値と $q_c$ 値の関係は、 $q_c = (4 \sim 12) N$ の範囲に概ね入り、通常の砂質土で提唱されている $q_c = 4 N$ の関係とは異なる。
- ② 二次しらす地盤においては、動的貫入により局部的な液状化や粒子破碎等が生じ、通常の砂質土と比較してN値が小さめに測定されているものと考えられる。
- ③ ②より二次しらす地盤は、同じN値を有する通常の砂質土地盤よりも、静的支持力が大きいものと判断される。
- ④ よって静的支持力公式の採用においては、通常の砂質土地盤よりも大きな支持力係数の導入が可能といえる。

今後、更なるデータの収集・整理によって上記のことを、より確かなものとしたい。

## 5. せん断強度特性

しらす地盤中には軽石が多く混入し、乱さない試料の採取が困難とされている。仮に乱さない試料の採取が出来たととしても、供試体作成時に軽石の混入によりトリミング出来ない場合がある。またトリミングが出来、高品質の供試体が作成されたとしても、非排水試験を行う場合には、粒子がポーラスであるため、供試体の飽和度を高めることが困難である等の問題がある。したがって、しらす地盤の静的せん断強度パラメータである粘着力 $c$ や内部摩擦角 $\phi$ 、動的せん断強度パラメータの1つである液状化ポテンシャルを室内土質試験から求めることは、通常の砂質土と比較して難しいとされる。よって飽和した二次しらすの静的せん断強度パラメータは、N値から日本道路協会「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」<sup>14)</sup>で示される式( $\phi(\text{deg.}) = \sqrt{15N} + 15$ )で求めたり、粒子形状が角張っている等の理由からダナムの式<sup>15)</sup>( $\phi(\text{deg.}) = \sqrt{12N} + 20$ )を用いる場合が多い。

本節では、先の標準貫入試験によるN値とコーン貫入試験による $q_c$ の関係から、しらす地盤のせん断強度について検討する。

通常の砂質土の標準貫入試験によるN値を $N_{sta}$ 、静的コーン貫入値を $q_c$ 、しらす地盤の標準貫入試験によるN値を $N_{sl}$ 、静的コーン貫入値を $q_{c,sl}$ とする。既

往のデータ（例えば文献16）によると、 $N_{sta}$ と $q_c$ の関係は $q_c = 4 N_{sta}$ とされている。一方 $N_{sl}$ と $q_{c,sl}$ の関係は、図-6に示したように $q_{c,sl} = (4 \sim 12) N_{sl}$ の範囲に入り、平均的には $q_{c,sl} = 8 N_{sl}$ の関係にあるといえる。ここで静的な貫入の場合、局部的な液状化が発生しにくく、かつ拘束圧が小さい場合には粒子破碎が比較的生じにくいと判断すると、 $q_c = q_{c,sl}$ と考えることができる。したがって $4 N_{sta} = 8 N_{sl}$ の式が成り立つことから、しらす地盤で測定されたN値の2倍が、通常の砂質土のN値に相当すると考えることができる。よってせん断強度（内部摩擦角）をN値から推定する場合、日本道路協会「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」<sup>14)</sup>で表される式を参照すると、 $\phi(\text{deg.}) = \sqrt{30N} + 15$ （但し通常の砂質土では $\phi(\text{deg.}) < 45^\circ$ であることを考慮すると $N < 30$ )の式が適用できるものと考えられる。

## 6. せん断試験結果との対比

§ 5において、しらす地盤のせん断強度（内部摩擦角）をN値から推定する場合、N値を2倍に評価して求める式を提案した。本節では、この式の妥当性について検証するため、既往のせん断試験の結果を参照した。表-1は、文献1)で示される二次しらすの乱さない試料に対する三軸圧縮試験結果及び原位置せん断試験結果の抜粋を示したものである。同表にはN値を2倍に評価して求めた内部摩擦角を併せて示した。

表-1 N値とせん断試験結果の対比

	三軸圧縮試験(CD)結果				原位置せん断試験結果					
	34.5	31.0	40.0	36.0	29.0	31.0	32.0	28.5	34.0	34.0
内部摩擦角(deg.)	34.5	31.0	40.0	36.0	29.0	31.0	32.0	28.5	34.0	34.0
粘着力(kgf/cm <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0.04	0.12	0.14	0.12	0	0
N 値	8	8	13	12	8	8	9	10	9	9
$\phi = \sqrt{30N} + 15$	30.5	30.5	34.7	34.0	30.5	30.5	31.4	32.3	31.4	31.4

(文献1)より抜粋し、一部修正・加筆した)

この表に示すように、N値を2倍に評価して求めた内部摩擦角は、せん断試験により求めた内部摩擦角と、概ね同様の結果を呈するといえる。

なお、文献2)を参照すると、しらすの $\phi_s$ の値はN値に関係なくほぼ一定(40°前後)であるとしている。また文献17)を参照すると、二次しらすはせん断中の圧縮が大きく、有効拘束圧(上載圧)を考慮したN値からの推定内部摩擦角より5~12°程大きい値になるとしている。この文献17)中で示される落合の式を、三軸圧縮試験結果に符合させるよう変形す

ると次のようになる。

$$\phi = 20 + 19.4 \times \sqrt{\frac{2N}{0.1\sigma_v + 7}} \quad (\text{但し } N < 20) \quad (1)$$

$$\phi = \sqrt{30N} + 15 \quad (\text{但し } 20 < N < 30) \quad (2)$$

ここに  $\sigma_v$  : 有効上載圧 (kPa)

表-2には、鹿児島県内で広く活用されている春山によるしらすの土質定数一覧<sup>18)</sup>の内、二次しらす地盤の土質定数を示した。この表によると二次しらすの中位に締まった状態での内部摩擦角が38~41度、緩いものが35~38度と提案している。緩い状態のN値を10、中位に締まった状態のN値を20と考えて、先に示した $\phi = \sqrt{30N} + 15$ に代入して計算すると、緩い状態で $\phi = 32.3^\circ$ 、中位の状態で $\phi = 39.5^\circ$ となり、比較的良好な相関を示す。

表-2 二次しらすの土質定数<sup>18)</sup>

状態	粘着力 (tf/m <sup>2</sup> )	せん断抵抗角	単位体積重量 (tf/m <sup>3</sup> )		
			飽和時	水中	常時(湿潤)
締まったもの	0	40~43	1.60~1.70	0.60~0.70	1.25~1.35
中位	0	38~41	1.55~1.65	0.55~0.65	1.20~1.30
緩いもの	0	35~38	1.50~1.60	0.50~0.60	1.15~1.25

## 7. しらす地盤のせん断波速度

地盤あるいは構造物の地震応答解析を行う際に、地盤の弾性波速度は重要となる。特に、S波速度は軟弱地盤の力学的性質(土の強度や変形特性、相対密度)をより直接的に反映することや、粒子の大きさ・形状に関係するため重要とされる。この弾性波速度は、原位置において弾性波探査(PS検層)を実施することにより、直接的に求めることができる。図-7は、二次しらす地盤を対象に実施されたPS検層結果の一例<sup>13)</sup>である。高田らは鹿児島市内において実施されたPS検層とボーリングの資料を収集し、沖積(二次)しらす層・洪積しらす層等について、S波速度とN値の関係式を次のように提案<sup>19)</sup>している。

$$\text{沖積しらす層: } V_s (\text{m/s}) = 100N^{1/3} \quad (3)$$

$$\text{沖積粘性土層: } V_s (\text{m/s}) = 160N^{1/3} \quad (4)$$

$$\text{洪積しらす層: } V_s (\text{m/s}) = 120N^{1/3} \quad (5)$$

日本道路協会「道路橋示方書・同解説 V耐震設

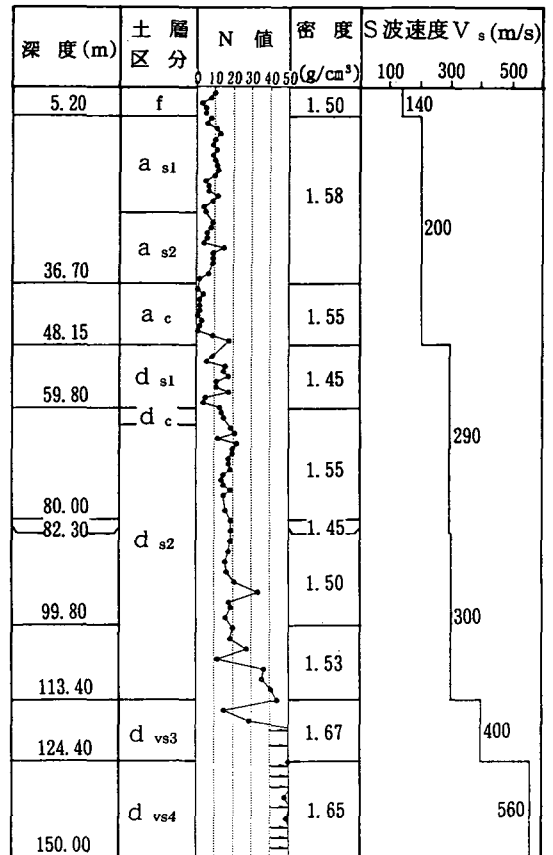


図-7 PS検層結果の一例<sup>13)</sup>

計編<sup>20)</sup>では、砂質土のS波速度 $V_s$ は、N値から $V_s = 80N^{1/3}$ により求めることができるとしている。ここで、二次しらす地盤のN値の2倍が、通常の砂質土のN値に相当すると考えた場合、道路橋示方書で提示される式から二次しらす地盤のS波速度 $V_s$ を求めると次のようになる。

$$V_s = 80 \times (2N)^{1/3} \approx 100N^{1/3} \quad (6)$$

この結果は、(3)式と符合する。したがって、二次しらす地盤の測定N値の2倍が、通常の砂質土で考慮されるN値と同等と評価できるものと判断される。

## 8. 三成分コーン貫入試験結果

静的コーン貫入試験の内、三成分コーン貫入試験機はコーン貫入中の先端抵抗 $q_c$ 、周面摩擦 $f_s$ 、間隙水圧 $u_d$ の三成分を同時に、かつ連続的に測定できるサウンディング機械である。この三成分コーン貫入試験は、近年調査ボーリングを補完する手段とし

て、比較的良好に利用されるようになってきている。

図-8は、鹿児島市内において実施された三成分コーン貫入試験結果の一例を示したものである。

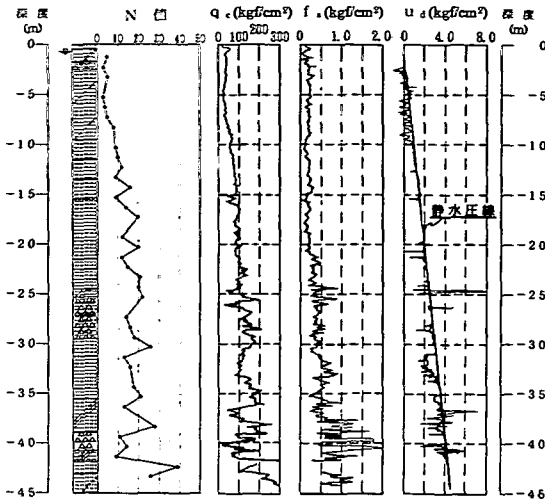


図-8 三成分コーン貫入試験結果の一例<sup>11)</sup>

この図をはじめとし、文献10)、12)で示される摩擦比  $f_s/q_c$  と先端抵抗  $q_c$  を、Robertsonら<sup>21)</sup>によって開発された土質分類図にまとめると、図-9に示すようである。

データ数は少ないものの、この図から二次しらす地盤は、砂～砂質シルトに分類され、粒度組成から判断される土質分類と符合する。したがって三成分コーン貫入試験は、層相の変化の激しい二次しらす地盤においても、地盤状況を適切に把握できる調査手法といえる。

なお、しらす地盤はしらすの粒子形状が角張っているということから、インターロッキング効果が大

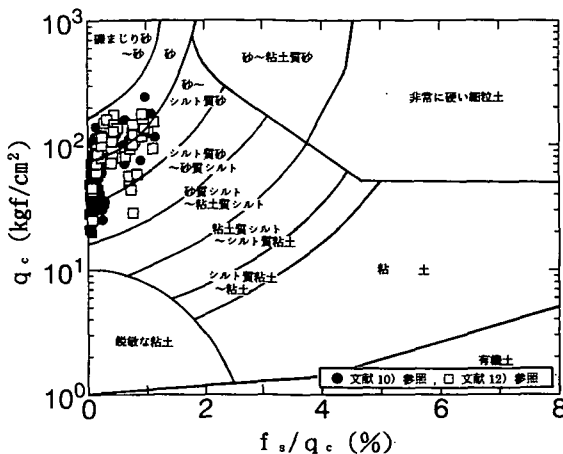


図-9 摩擦比と先端抵抗の関係

きいとされる。よって、通常の砂質土地盤と比べると、しらす地盤は周面摩擦が大きく期待できると考えられる。また二次しらす地盤は、50～60mの深度に到っても明確な支持層が存在しないことから、杭の深層載荷試験結果をみると、杭の先端支持力  $R_p$  よりも周面摩擦成分  $R_f$  が卓越する ( $R_f$  が支持力の9割前後を占める) という事例 (例えば文献22)参照) を多くみることができる。したがって、二次しらす地盤の支持力を静力学的支持力公式から求める場合、通常の砂質土で適用されている公式の修正が必要と考えられる。

### 9. 杭の深層載荷試験

地盤の支持力を求める方法としては、一般に静力学的支持力公式から求める方法、載荷試験から求める方法がある。この内、支持力を静力学的支持力公式から求める方法は、通常の砂質土地盤に対しては、多くの載荷試験データが蓄積され、その結果から支持力式が作成されているため、その適用性は高いとされる。その一方で、載荷試験が実施されているのは、重要構造物が計画されている場合や地盤が特殊 (圧密沈下を生じうる粘性土や特殊土とされている地盤等) である場合、地盤の支持力を直接的かつ精度良く把握できるためである。

本節では、鹿児島市内の沖積平野部で実施された杭の深層載荷試験結果について事例を紹介し、支持力機構の特徴についてまとめた。

図-10は、文献22)で報告されている杭の深層載荷試験結果の内、軸力分布および軸力分担を示したものである。

表-3は、文献13)、22)～24)で報告されている深層載荷試験結果の内、杭長・杭径・極限支持力等につ

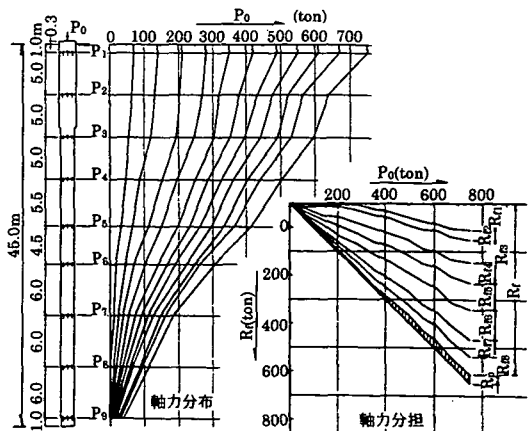


図-10 杭の軸力分布及び軸力分担<sup>22)</sup>

表-3 深層載荷試験結果一覧

杭種	杭径 φ (mm)	杭長 (m)	周面摩擦係数 f <sub>s</sub> (tf)	先端支持力 R <sub>p</sub> (tf)	極限支持力 (tf)	参考文献
場所打ち コンクリート杭	1,200	62	1,460	40	1,500	13)
	1,000	45	>720	>30	>750	22)
	1,000	29	657	43	700	23)
	1,200	43.5	1,200	300	1,500	24)

いてまとめて示したものである。杭種はいずれも場所打ちコンクリート杭であるが、杭の支持機構についてみると、先端支持力が極めて小さく、周面摩擦力が全体の9割以上を占めているのが明らかである。これは先述したように、二次しらす地盤においては50~60mの深度に到っても明確な支持層が存在しないことに起因している。なお文献24)は、他の地点に比べると先端支持力が大きい傾向があるが、これは杭先端のN値が30以上で、他地点よりも良質な支持層に根入れしているためと判断される。

また二次しらす地盤において杭を施工した場合、周面摩擦力が卓越する傾向が伺える原因として、文献23)では杭体のコンクリートの固結により、周辺地盤が強化され、周面摩擦力が増大した可能性があるとして指摘している。しかしながら、通常の砂質土でも同様の施工が行われていることを考えると、周面摩擦力が卓越している現象の説明は、しらす地盤特有のインターロッキング効果等に起因した結果であると考えらるべきであろう。

表-4は、杭の支持力(周面摩擦成分)を支持力公式から求めたものである。データ数は非常に少ないが、この表に示すように、杭の周面摩擦成分はN値を2倍に評価することにより、深層載荷試験結果に近い支持力が得られることが判る。よって、静的支持力公式に測定N値をそのまま採用して杭の周面摩擦を求めることは、二次しらす地盤においては、かなり安全側の結果を呈するといえる。なお計算ケース②については、深層載荷試験結果とN値を2倍に評価して計算した結果で異なる支持力を呈している。これは深層載荷試験が地盤の極限支持力を確認する以前の、設計当初の耐力を確認できた段階で、載荷を中止しているためである。

表-4 杭の支持力計算書

CASE	杭径 (m)	杭長 (m)	N <sub>o</sub>	N <sub>c</sub>	L <sub>o</sub>	L <sub>c</sub>	φ	支持力公式 による周面 摩擦力 *	N値2倍 評価時の 支持力(tf)	載荷試験結果 の内周面摩擦 成分 (tf)
① <sup>13)</sup>	1,200	62	13	4	31	16	3.77	627	1,254	1,460
② <sup>22)</sup>	1,000	45	14	0	44	0	3.14	645	1,289	>720
③ <sup>23)</sup>	1,000	29	12	0	28	0	3.14	352	703	657
④ <sup>24)</sup>	1,200	43.5	13	0	40	0	3.77	662	1,323	1,200

N<sub>o</sub>, N<sub>c</sub>: 杭周地盤中の砂質土・粘性土の平均N値 φ: 杭の周長 (m)  
 L<sub>o</sub>, L<sub>c</sub>: 砂質土・粘性土部分の杭の長さ (m)  
 q<sub>o</sub>: 杭周地盤中、粘性土の一軸圧縮強度の平均でq<sub>o</sub>=N<sub>c</sub>とした  
 \*: 支持力公式による周面摩擦力は、R<sub>p</sub>=L<sub>c</sub>・φ・N<sub>o</sub>/3+L<sub>o</sub>・φ・N<sub>c</sub>/2により求めた

10. まとめ

鹿児島県内の沖積平野に分布する“二次しらす”の地盤工学的特性を把握するために、既往資料を収集し解析を行った。その結果、以下のような結論を得た。

- ① しらす地盤の場合、標準貫入試験により得られるN値は、貫入時に局部的な液化や粒子破砕等の影響を受け、小さめに測定されていると判断される。
- ② 静的コーン貫入値q<sub>c</sub>と標準貫入試験によるN値との対比から、しらす地盤では測定N値を2倍に評価しうる。
- ③ ②から、せん断強度(内部摩擦角φ)をN値より推定する場合、 $\phi = \sqrt{30N} + 15$  (但しN<30)の式が適用可能と提案した。
- ④ 二次しらす地盤のせん断波速度は、原位置試験結果との対比から、測定N値を2倍に評価してV<sub>s</sub>=80×(2N)<sup>1/3</sup>より推定したものと符合する。
- ⑤ 三成分コーン貫入試験結果から、二次しらす地盤の土質分類を行うと、粒度組成と符合した結果となり、その適用性の高さが明らかとされた。
- ⑥ 杭の深層載荷試験結果より、明確な支持層が深い二次しらす地盤においては、周面摩擦成分が卓越することが明らかとなった。
- ⑦ また二次しらす地盤の周面摩擦力を、支持力公式から推定する場合、N値を2倍に評価すれば、杭の深層載荷試験結果とほぼ同等の結果が得られる。
- ⑧ ⑦より静的支持力公式に測定N値をそのまま採用して杭の周面摩擦を求めることは、二次しらす地盤においては、かなり安全側の結果を呈する。

なお、今後の鹿児島県における地盤工学の発展のために肝要なことは、精度のよい数多くの調査の実施と、データの収集・管理であろう。またデータの収集・管理には情報の公開と管理のためのデータベースの作成も必要と考えられる。

謝辞: 本研究を進めるにあたり、鹿児島市建設局・日本道路公団福岡建設局・運輸省第四港湾建設局・運輸省下関調査設計事務所ならびに鹿児島県から貴重なデータを提供して頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山内豊聡、是枝慶一、阪口 理: 鹿児島におけるチュウ積シラス地盤“特にその地盤工学的特性”について、土と基礎、Vol.24, No.7, pp.25-32, 1976.
- 2) 鹿児島市地盤図編集委員会: 鹿児島市地盤図、徳田屋

- 書店, 1995.
- 3) 日本住宅公団建築部調査研究課：特殊土壌地（シラス地帯）における高層住棟の基礎工法に関する開発研究, 昭和49年度技術開発研究, 1974.
  - 4) 北村良介：地盤材料としての「しらす」, 平成4年度鹿児島県育英財団研究助成金 研究成果報告書, 1993.
  - 5) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説, p.204, 1989.
  - 6) 兵動正幸, 山内豊聡, 坂井 晃：しらすの液状化におよぼす粒度分布の影響, 第15回土質工学研究発表会講演概要集, pp.581-584, 1980.
  - 7) 春山元寿：えびの・吉松地域に分布するシラスのせん断特性について, 土と基礎, Vol.20, No.2, pp.41-47, 1972
  - 8) 北村良介, 中村淳子, 春山元寿, 富田信之, 森園 隆：地盤材料の圧縮・せん断特性に関する一考察, 第21回土質工学研究発表会, pp.363-366, 1986.
  - 9) 三浦哲彦, 山内豊聡：砂のせん断特性に及ぼす粒子破碎の影響, 土木学会論文集, No.260, pp.109-118, 1977.
  - 10) 鹿児島市建設局：小川町21番街区再開発事業に伴う地盤調査, 1992.
  - 11) 日本道路公団福岡建設局：天降川橋基礎工工事, 1995.
  - 12) 運輸省第四港湾建設局：鹿児島港（新港区）橋梁土質調査（第2次）, 1995.
  - 13) 鹿児島県：グリーンセンター敷地調査詳細調査, 1992.
  - 14) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編, p.199, 1990.
  - 15) Dunham, J.W.: Pile Foundations for Buildings, *Proc. of the ASCE*, Vol.80, SM. 1, pp.1-21, 1954.
  - 16) 土質工学会編：土質調査試験結果の解釈と適用例, 土質基礎工学ライブラリー4, p.100, 1988.
  - 17) 宮崎恒輔, 中馬健太郎, 落合英俊, 安福規之, 大嶺 聖, 大野司郎, 前田良刀：不攪乱二次堆積しらすのせん断特性, 平成7年度土木学会西部支部研究発表会, pp.518-519, 1996.
  - 18) 春山元寿：Cとφを考える 7.シラス, 土と基礎, Vol.23, No.6, pp.67-74, 1975.
  - 19) 高田 誠, 北村良介, 北田貴光：しらす地盤における動的変形特性の検討, 平成7年度土木学会西部支部研究発表会, pp.578-581, 1996.
  - 20) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, p.34, 1990.
  - 21) Robertson, P.K., Campanella, R.G., Gillespie, D. and Grieg, J.: Use of Piezometer Cone Data, *Proc. of In-situ '86, ASCE, Speciality Conference*, Blacksburg, Virginia, 1986.
  - 22) 寺井希代詞, 山田登喜雄, 林 昌弘, 井手元高行：シラス地盤における基礎施工例—鹿児島市鴨池市街地住宅新築工事—, 基礎工, Vol.9, No.12, pp.116-128, 1981.
  - 23) 運輸省下関調査設計事務所：鹿児島港（中央港区）橋梁載荷試験工事, 1991.
  - 24) 日本道路公団福岡建設局：東九州自動車道地盤工学に関する技術検討業務, 1996.

(1996. 6. 10受付)

## ESTIMATION OF GEOTECHNICAL PROPERTIES OF ALLUVIAL SECONDARY SHIRASU GROUND

Makoto TAKADA, Ryosuke KITAMURA and Takamitsu KITADA

The surface layers of alluvial plains in Kagoshima are almost covered with the alluvial secondary Shirasu which is eroded by the rainfall, transported from the Shirasu plateaus and deposited on the alluvial plain. Shirasu is classified into sandy soil, but its mechanical properties is different from usual sandy soil. In this paper the geotechnical properties of alluvial secondary Shirasu ground are investigated from various in-situ test results, which are summarized that (1) twice of N-value might be used to estimate the internal friction angle, (2) twice of N-value might be used to estimate the velocity of S-wave and (3) more resistance due to skin friction for piles might be expected for the alluvial secondary Shirasu ground than usual sandy ground.