

排水特性からみたサンゴ礫混じり土の 強度評価上の区分方法

親泊 正孝¹・善 功企²

¹正会員 前 内閣府沖縄総合事務局平良港湾工事事務所(〒906-0012 平良市字西里 7-21)

現 (財)港湾空港建設技術サービスセンター沖縄支部(〒900-0016 那覇市前島2-21-13)

²正会員 工博 九州大学大学院 教授 工学研究院建設デザイン部門(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

沖縄のいわゆる“サンゴ礫混じり土”は、その多様性のため強度評価上の区分が難しく、より合理的な区分方法の確立が長年の課題であった。この課題を解決するため、土の排水特性に着目して検討を行った。本土の一般の土では、細粒分の50%が粘性土と中間土との境界となっているが、沖縄のサンゴ礫混じり土ではそのような境界が適切と考えられない場合が多い。そこで、本論文では、中城湾港、那覇港、平良港、石垣港のサンゴ礫混じり土について調べた結果、細粒分が、それぞれ70, 80, 75, 80%以上で、かつ塑性指数が、それぞれ35, 20, 20, 20以上の場合に粘性土に区分できることが明らかになった。これらの結果ならびに既往の研究成果をもとに、サンゴ礫混じり土を強度評価上の観点から、砂質土、中間土、粘性土に区分する方法を提示した。

Key Words : classification, coral gravel soil, shear strength, drainage characteristics, intermediate soil

1. はじめに

沖縄は亜熱帯気候下にあり、島々はサンゴ礁で囲まれている。サンゴ礁は台風時の波浪に対して自然の防波堤として有効に働くが、一部は破碎される。波浪により破碎されたりオニヒトデに食されたりして、死骸化したサンゴ片が海岸域に堆積してきた。これらのサンゴの骨骸を含んでいる土が“サンゴ礫混じり土”(写真-1参照)と呼ばれているものである。この土は、地盤工学的には本土における一般の土とは異なる特殊土(unusual soil, special soil, problem soil)であり、強度評価のための地盤の区分やその強度評価方法など未解明な点が多々残されている。

港湾施設的设计実務において、例えば、重力式岸壁の断面を設定すると、供用時の安定問題として円弧すべりの検討を行う。そのさいのせん断強さに関して、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」¹⁾(以降、港湾の基準と称する)により、土を砂質土と粘性土に大別した上で、前者では排水せん断強さを、後者では非排水せん断強さを用いる。具体的には、前者を“φ材”、後者を“c材”として取り扱う。ただし、この場合の砂質土ならびに粘性土という呼称は土の工学的土質分類体系²⁾でいう砂質土ならびに粘性土とは異なっている。工学的土質分類体系においては、粗粒土中で砂分 \geq 礫分の場合の土が砂質土として分類されており、また、粘性土は細粒分が50%以上の細粒土に分類さ

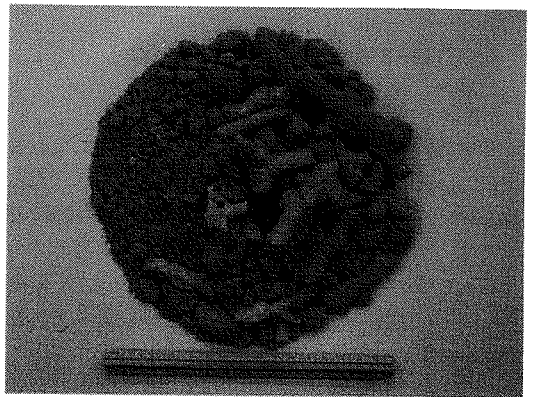


写真-1 サンゴ礫混じり土(乾燥状態)

れている。本論文では、港湾の基準でせん断強度に関する材料の区分として使われている砂質土と粘性土という呼称を用いることとする。

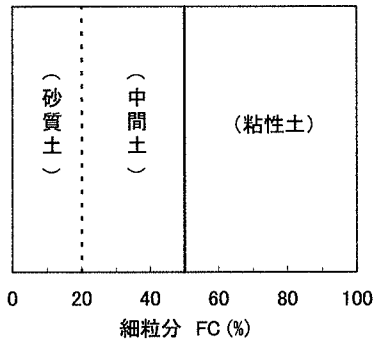


図-1 港湾の基準による区分法

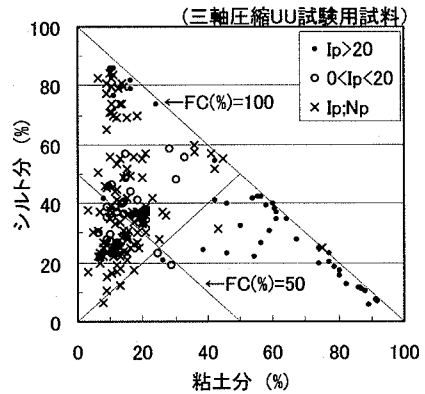


図-2 細粒分含有率と塑性指数(平良港)

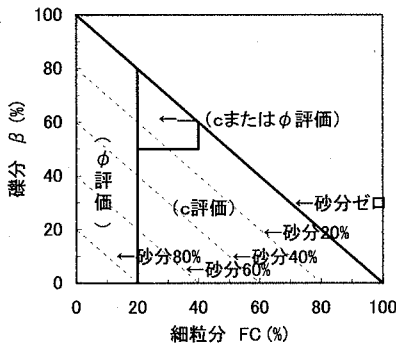


図-3 沖縄のマニュアルによる区分法

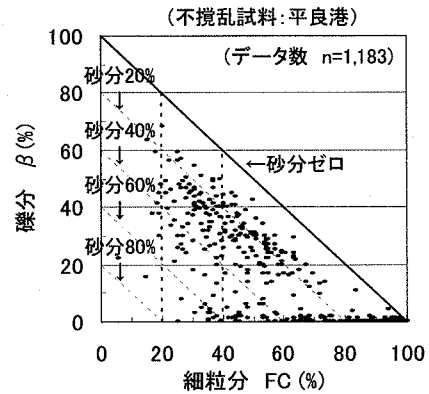


図-4 細粒分と礫分との関係

サンゴ礫混じり土の区分に関し、著者の一人は、これまでに、土の透水性に着目した検討を行った^{3), 4), 5)}。これらにおいて、沖縄の平良港および石垣港のサンゴ礫混じり土では、土の塑性指数(I_p)が区分上の重要な要因の一つであり、 I_p が20以上の土を粘性土として取り扱うことを提案した。一方、両港のサンゴ礫混じり土は、細粒分が50%を超える場合でも、塑性指数が得られない土が多い。このため、NP となる土については砂質土としてせん断抵抗角で評価すべきであるとした。

本論文では、これまでの区分に関する成果を見直し、土の排水特性を考慮して、サンゴ礫混じり土の区分を試みた。本論文の目的は、地盤の排水特性を考慮した強度評価上の区分法を新たに提示することにより、強度定数を求めるさいに、地盤特性に応じて適用すべき試験法を選択するための一助としようというものである。

2. 現行の区分法とその課題

(1) 港湾の基準による区分

港湾の基準では、粘土分とシルト分の含有率(細粒分)が50%以上のものを粘性土としている¹⁾。また、砂質土と粘性土に区分する場合の参考として、砂分が50~80%の範囲の土を中間土としている。したがって、礫分を含まない土の場合には、細粒分が20%以下の土が砂質土ということになる。これらをもとに、港湾の基準による区分を図示すると図-1のようになる。ただし、図-1は横軸を細粒分としているので砂質土と中間土との区切りの細粒分20%は粗粒分80%ということとなり、砂分80%とは異なるので破線で示した。

土を塑性指数(I_p)から区分する場合、通常の粘性土では $I_p=20\sim30$ 以上を満足するのが一般的であろう⁶⁾。しかし、沖縄のサンゴ礫混じり土については、図-2に示す平良港の土のように細粒分が50%以上あっても、シルト分が多い場合には塑性指数が得られない土が数多い。このことは、

表-1 粘性土・砂質土の分類⁷⁾

細粒分の含有率 / 礫分の含有率	細粒分の含有率		
	20%未満	20%以上 40%未満	40%以上
50%未満	砂質土 (φ評価)	粘性土 (c評価)	粘性土 (c評価)
50%以上 80%未満	砂質土 (φ評価)	*1 粘性土(c評価) or 砂質土(φ評価)	粘性土 (c評価)
80%以上	砂質土 (φ評価)	_____	_____

*1:ボーリングと近接した地点で、電気式静的コーン貫入試験を行い、間隙水圧の発生状況に応じて判断する。

注) 表題の分類は本論文で言う区分のことである。

表-2 力学試験方法⁷⁾

乱れの 程度	細粒分の含有率			
	礫分の含有率 / 細粒分の含有率	20%未満	20%以上 40%未満	40%以上
乱れて いる	50%未満	CD (φ評価)	変則 UU (c評価)	変則 UU (c評価)
	50%以上 80%未満	CD (φ評価)	CD (φ評価) or *1変則 UU (c評価)	変則 UU (c評価)
	80%以上	CD (φ評価)	_____	_____
	50%未満	CD (φ評価)	UU (c評価)	一軸圧縮 (c評価)
乱れて いない (もしくは 無視 できる)	50%以上 80%未満	CD (φ評価)	CD (φ評価) or *1 UU (c評価)	UU (c評価)
	80%以上	CD (φ評価)	_____	_____

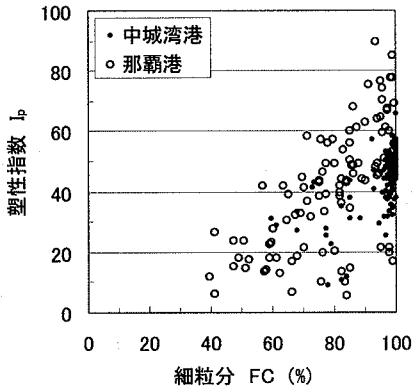
*1:ボーリングと近接した地点で、電気式静的コーン貫入試験を行い、間隙水圧の発生状況に応じて判断する。

サンゴ礫混じり土の特殊性を示す一例であるが、本土の一般の土の区分方法が当てはまらない理由でもある。

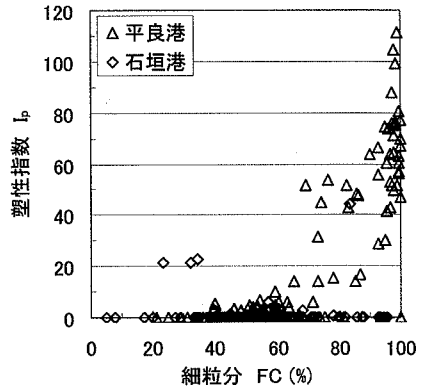
(2) 沖縄における区分

現在、沖縄ではサンゴ礫混じり土に関する調査・設計のための「サンゴ礫混じり土調査・設計マニュアル(案)」⁷⁾(以降、マニュアルと称する)があり、これにより区分を行っている。マニュアルでは表-1に示すように細粒分と礫分の含有量で粘性土と砂質土を区分している。それぞれの土の

礫分と細粒分の含有率のほか乱れの程度も考慮したうえで表-2に示す力学試験方法を推奨している。表-2において変則 UU 試験とは、沖縄独自の三軸圧縮 UU 試験であり、サンプリング時の乱れを修正するため、有効土被り圧の 2/3、すなわち、平均有効応力に相当する圧力で事前に等方圧密を行い、その後、通常の三軸圧縮 UU 試験と同様な試験を行うものである。しかし、当マニュアルはサンゴ礫混じり土を細粒分と礫分の含有率のみで区分しているため、土のコンシステンシーについては考慮されておらず、



(a) 中城湾港と那覇港



(b) 平良港と石垣港

図-5 細粒分と塑性指数

改善の余地が残されていると考えられる。

(3) サンゴ礫混じり土の粒度特性と塑性指数

表-1の内容を図示したのが図-3である。図-3では砂分も分かるように併せて示している。同様の形式で図-4に、平良港で採取した不攪乱試料の細粒分と礫分含有率(β)との関係を示した。図-4から、マニュアルでの礫分の区分値「50%以上」が殆ど意味を持たないことが分かる。また、図-3で示している「c または ϕ 評価」のエリアのサンプルは殆ど無い。

細粒分と塑性指数との関係を見たのが図-5である。沖縄本島に位置する中城湾港と那覇港においてはほとんどの試料は細粒分が40%以上であり、塑性指数もほぼ10以上の値を有している。また、ばらつきはあるが、細粒分が増加すると塑性指数も大きくなる傾向が見られるものの、細粒分と塑性指数の間の相関性はきわめて低い。同様に、先島地方と呼ばれる離島にある平良港と石垣港のサンゴ礫混じり土においても、両者の相関性は低い。また、細粒分が40%以上であっても塑性指数の得られない土が存在することが分かる。例えば、細粒分が100%の土でも塑性指数が0(NP)の土もある。即ち、サンゴ礫混じり土を区分する場合、細粒分とあわせて、細粒分とはあまり相関性のない塑性指数も別途考慮する必要があると考えられる。また、一般に、NPの土から構成される地盤の透水性は大きく、排水状態とみなされることを考慮すると、表-1に示されているように、細粒分が40%以上の土を画一的に粘性土としてc評価することは必ずしも適切ではないことを示唆している。

以上に述べたような理由により、既往の沖縄のマニュアルにおける土の区分法は、さらに改善の余地があると考えられる。本論文では塑性指数も考慮した区分法の見直しを試みた。

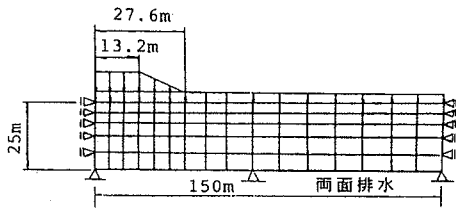
3. 区分に関する検討

(1) 地盤の排水性と粘性土の区分

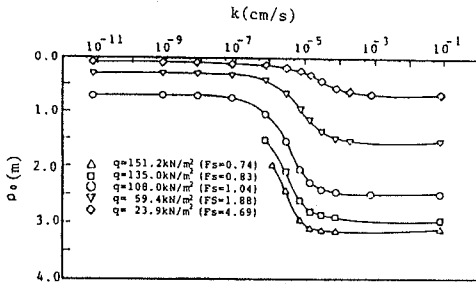
地盤の区分を設計実務における強度定数の設定という観点から考えるとき、破壊時の排水性を念頭に置いて強度定数を定めなければならない。そこで、本節では、地盤の排水性に関するこれまでの研究の中から、排水・非排水を評価するためのいくつかの指標について整理、検討を行った。

テルツァギ・ベック⁸⁾は、いろいろな土の透水性と排水特性について、キャサグランデ・ファダムの研究を引用し、透水係数($k(\text{cm/s})$)が 10^4 以上、 $10^4 \sim 10^7$ 、 10^7 以下の土を、それぞれ、排水性が“良好”、“わずか”、“実用的には不透水性”としている。松尾⁹⁾は、 $10^7 < k(\text{cm/s}) < 10^3$ の範囲内の土を“砂・シルト・粘土の混合物”とし、透水係数がこの範囲より大きい土を、“きれいな砂、砂・砂利の混合物”、また、この範囲より小さい土を“不透水性の土、例えば、風化地帯の下の均等な粘土”と表現した。特に、 $k(\text{cm/s}) < 10^{-6}$ を“実用的には不透水性”としている。

一方、土の要素ではなく地盤としての排水特性についても調べられている。浅岡ら¹⁰⁾は、地盤に盛土を建設する場合の漸増載荷時および放置期間における地盤の挙動の弾塑性圧密変形解析を行っている(図-6参照)。これによれば、載荷速度が $0.9\text{kN/m}^2/\text{day}$ のときの例であるが、透水係数が $10^{-6} < k(\text{cm/s}) < 10^{-4}$ の範囲で盛土施工終了時の沈下量が激変している。その度合いは載荷重が大きいほど著しいことも示されているが、この範囲以外の透水係数では、沈下量は透水係数の影響をほとんど受けていない。すなわち、 $k(\text{cm/s}) < 10^{-6}$ の場合、地盤は完全に非排水状態にあるので透水係数の影響を受けないと考えられる。また、



(a) 盛土地盤の解析モデル



(b) 盛土終了時の沈下量

図-6 各載荷重および地盤透水係数における盛土沈下量¹⁰⁾

$k(\text{cm/s}) > 10^{-4}$ の場合には、完全に排水状態にあることから透水係数の影響が現れないと解釈される。さらに、同様な解析から、盛土完了時の支持力と透水係数の関係を求めると、沈下量と同様に透水係数が $10^{-6} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ の範囲の両側で支持力が大きく異なることを示している。これらのことから、一般的には、透水係数が $10^{-7} \sim 10^{-6} \text{cm/s}$ より小さい地盤を粘性地盤、 10^{-4}cm/s より大きい地盤を砂質地盤とみなして良いと考えられる。なお、この間の透水係数を有する土は、いわゆる中間土からなる地盤あるいは部分排水状態の地盤とみなされる。

地盤のせん断時の排水特性は、透水係数とあわせて圧縮性にも依存する。そこで、透水性と圧縮性を表す指標である圧密係数について調べてみた。これまでの研究をまとめた結果¹¹⁾によると、砂、粘土、中間土の工学的な区分は表-3のようになっている。実際の設計においては、圧密係数 c_v が $c_v < 10^1 \text{cm}^2/\text{min}$ なら圧密層、 $c_v > 10 \text{cm}^2/\text{min}$ なら非圧密層と区分されている。この間の土は中間土ということになる。栗津ら⁹⁾も圧密係数(c_v)について、中間土を $10^1 < c_v (\text{cm}^2/\text{min}) < 10$ の範囲とし、この範囲より大きい c_v を有する土は砂であり、小さい土は粘土と区分している。土田は文献¹²⁾の中で、サンゴ礫混じり土を粒度組成から2つのタイプに分類し、シルトおよび細砂からなるグループのサンゴ混じり土のいわゆる標準圧密試験結果から図-7を示し、沖縄地方のサンゴ礫混じり土は典型的な中間土であると

表-3 中間土の判断基準¹¹⁾

	砂	粘土	中間土
砂含有量 (%)	80 以上	50 以下	50~80
塑性指数 I_p	NP	25 以上	NP~25
透水係数 k (cm/s)	10^{-4} 以上	10^{-7} 以下	$10^{-7} \sim 10^{-4}$
圧密係数 c_v (cm^2/min)	10^1 以上	10^{-1} 以下	$10^{-1} \sim 10^1$

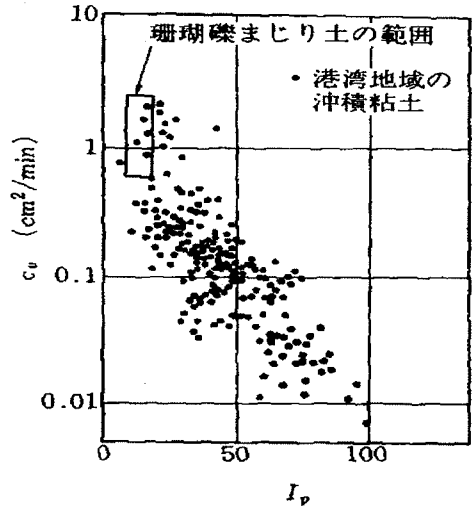


図-7 サンゴ礫混じり土の塑性指数と圧密係数の範囲

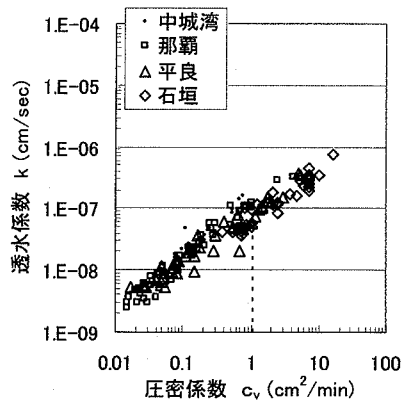


図-8 沖縄の土の圧密係数と透水係数との関係

ている。また、図-7の枠組みで示したサンゴ礫混じり土の圧密係数 $0.6 \sim 2.0 \text{cm}^2/\text{min}$ は標準圧密試験で求めることのできる最大値といってよく、実際の地盤の圧密係数はさらに大きい可能性があること、上記圧密係数に対応する透水係数は 10^{-5}cm/s のオーダーとなることを述べている。ただし、図-7の枠組みは一部の地点における土を観察したため、

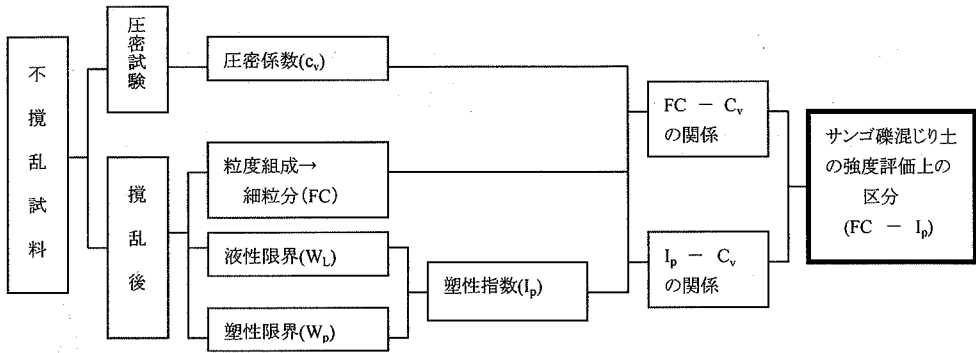
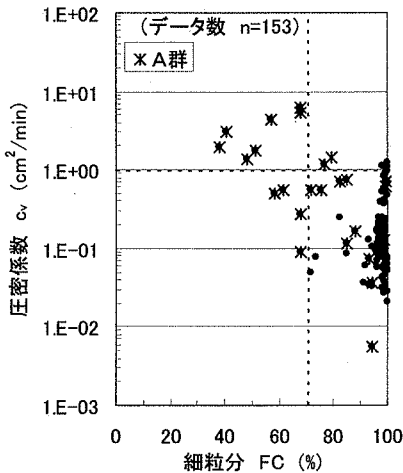
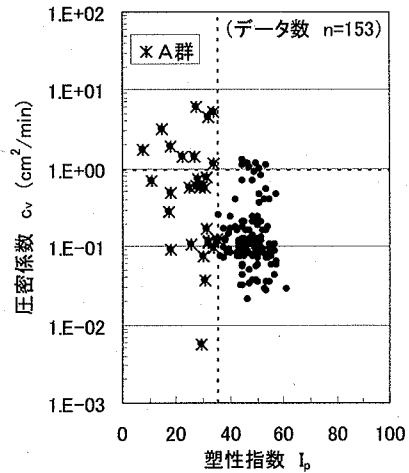


図-9 区分の検討フロー



(a) 細粒分と正規圧密状態での圧密係数



(b) 塑性指数と正規圧密状態での圧密係数

図-10 中城湾港の土の排水特性

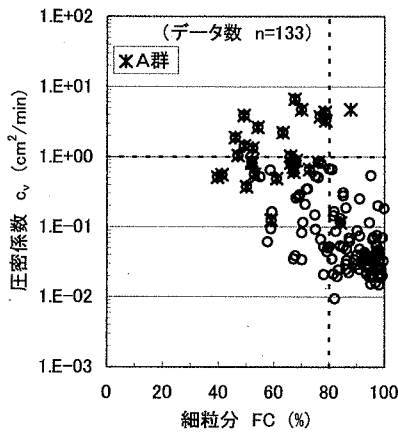
塑性指数が狭い範囲に止まっている。

以上の既往の研究成果をもとに、ここでは、サンゴ礫混じり土の区分の指標として、透水係数 10^{-7} cm/s 以下、圧密係数 $1 \text{ cm}^2/\text{min}$ 以下を粘性土、すなわち強度的には「c 評価」すべき土とみなすことにした。なお、圧密係数については、表-3に示された値よりも1オーダー大きくなっていることに留意する必要がある。サンゴ混じり土の圧縮性(例えば、圧縮指数)は、普通の粘性土に比較して1オーダー程度小さい¹²⁾。したがって、圧密係数と透水係数の関係が、普通の粘性土における関係と異なるものと考えられる。図-8は、参考までに、圧密圧力が 1 kgf/cm^2 (98 kN/m^2) の場合、沖縄地方の4港におけるサンゴ混じり土の圧密係数と透水係

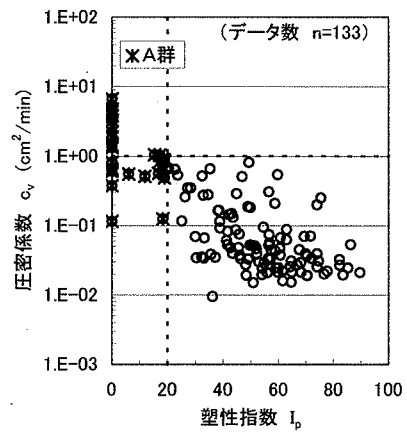
数の関係を示したものであるが、透水係数 10^{-7} cm/s は圧密係数 $1 \text{ cm}^2/\text{min}$ に対応していることが分かる。圧縮性の小さい理由については、サンゴ混じり土の鉱物組成、粒子特性、堆積環境等の特殊性に起因すると考えられるが、この点については今後の課題である。

(2) 砂質土、中間土の区分

砂質土の区分については、本論文では、港湾の基準による区分法、および、沖縄のマニュアルによる区分法を参考にした。礫分の取り扱いに違いはあるが、排水性の観点から礫分と砂分を一緒に考えている。具体的には、細粒分20%以下の土を砂質土すなわち「 ϕ 評価」の土としている。

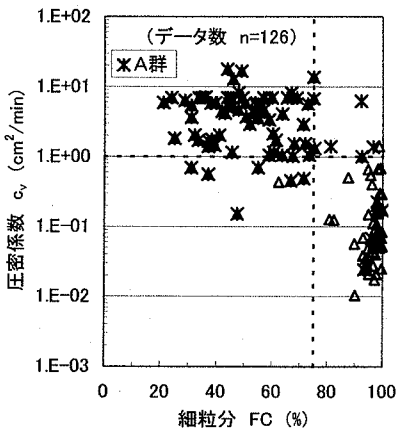


(a) 細粒分と正規圧密状態での圧密係数

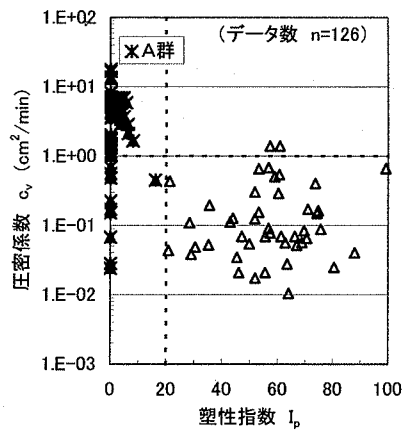


(b) 塑性指数と正規圧密状態での圧密係数

図-11 那覇港の土の排水特性



(a) 細粒分と正規圧密状態での圧密係数



(b) 塑性指数と正規圧密状態での圧密係数

図-12 平良港の土の排水特性

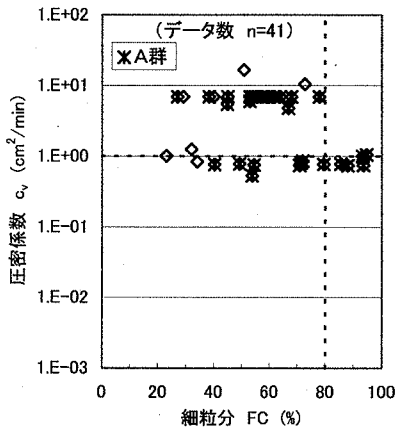
なお、砂質土、粘性土のどちらにも属さないサンゴ礫混じり土を中間土すなわち「c または ϕ 評価」すべき土としている。

(3) 検討方法

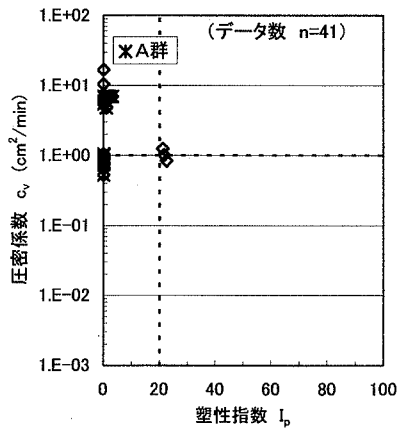
サンゴ礫混じり土の区分の検討方法をフローで示したのが図-9である。不攪乱試料を用いて圧密試験を行った結果と攪乱後の粒度組成やコンシステンシー限界の試験を行った結果を用いる。圧密係数を中心として区分方法を規定するのが本意であるが、全ての施設設計で圧密試験

が行われる訳ではないこと、また、基本的な物理試験は必ず行われることを踏まえ、圧密係数と細粒分、塑性指数とをそれぞれ関連付け、最終的には細粒分と塑性指数との関係で簡便に区分ができるようにする。

これらの2つのパラメータを用いる理由は、既に述べたように、細粒分と塑性指数の間に明確な相関関係が見られないことから、どちらか一方で代表することができないとの考えに基づいている。



(a) 細粒分と正規圧密状態での圧密係数



(b) 塑性指数と正規圧密状態での圧密係数

図-13 石垣港の土の排水特性

表-4 区分法の提案(まとめ)

中城	FC(<20	20 ≤ FC(<70	FC(>=70
那覇	FC(<20	20 ≤ FC(<80	FC(>=80
平良	FC(<20	20 ≤ FC(<75	FC(>=75
石垣	FC(<20	20 ≤ FC(<80	FC(>=80
I _p :N _p	φ 評価	c または φ 評価	c または φ 評価
0 < I _p < 35	φ 評価	c または φ 評価	c または φ 評価
0 < I _p < 20			
0 < I _p < 20			
35 ≤ I _p	—	c または φ 評価	c 評価
20 ≤ I _p			
20 ≤ I _p			

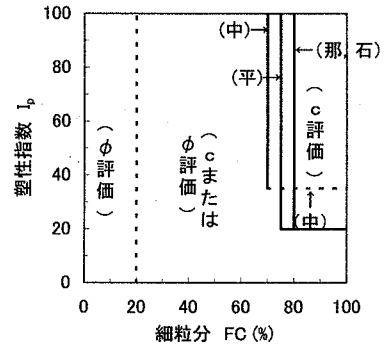


図-14 区分法の提案(まとめ)

(4) 沖縄のサンゴ礫混じり土の区分

手順としては、まず、粘性土の区分を行うために、サンゴ礫混じり土の排水性、すなわち圧密係数(正規圧密領域における値)と細粒分および塑性指数の関係を整理する。これらの関係を、図-10から図-13に示す。前述したとおり、「c評価」すべき粘性土を、圧密係数 $c_v=1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下とし、そのラインを横軸に沿って引く。次に、細粒分と圧密係数ならびに塑性指数と圧密係数の関係図のそれぞれについて、圧密係数が $1\text{cm}^2/\text{min}$ を越える点群と越えない点群の境界となる縦のラインを描く。2つの縦横の破線で囲まれた右下の点群は、圧密係数が $1\text{cm}^2/\text{min}$ を越えることはない。また、縦の破線より左側の点群は圧密係数が $1\text{cm}^2/\text{min}$ を越える場合と越えない場合がある。したがって、細粒分および塑性指数というパラメータだけでは判断できないということで粘性土の区分から除外した。なお、平良港、石垣港の塑性指数 I_p は、通常の粘性土の値20を満足するよう区分した。

a) 中城湾港

図-10(a)を見ると、細粒分が70%以上では、ほぼすべての土が、圧密係数 $c_v=1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下である。また、図-10(b)においても塑性指数が35以上になれば、ほぼすべての土が、圧密係数 $c_v=1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下である。図-10(a)(b)において、A群の点はともに同じ試料を用いた結果であるが、図-10(a)においては縦線の左右に分かれており、図-10(b)においては縦線の左側に分布している。しかも、圧密係数は $1\text{cm}^2/\text{min}$ の上下にかなり幅の広い範囲にある。したがって、このケースでは、細粒分が70%以上であっても、塑性指数が35以下の場合、圧密係数 $1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下を担保できないことになる。細粒分と塑性指数の両者がそれぞれ70%以上、35以上を満たした場合のみ粘性土とする必要がある。これは、細粒分が70%以上であっても塑

性指数が 35 以下であれば粘性土とはみなさないという一種のスクリーニングの例である。以降的那覇港、平良港、石垣港においても同様に考える。

b) 那覇港

図-11(a)を見ると、細粒分が80%以上では、ほぼすべての土が、圧密係数 $c_v=1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下である。また、図-11(b)においても塑性指数が20以上になれば、ほぼすべての土が、圧密係数 $c_v=1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下である。

c) 平良港

図-12(a)を見ると、細粒分が75%以上では、ほぼすべての土が、圧密係数 $c_v=1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下である。また、図-12(b)においても塑性指数が20以上になれば、ほぼすべての土が、圧密係数 $c_v=1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下である。

d) 石垣港

図-13(a)を見ると、細粒分が80%以上では、少ないながらもほぼすべての土が、圧密係数 $c_v=1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下である。また、図-13(b)においても同様、塑性指数が20以上になれば、圧密係数は $c_v=1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下である。

以上4港のサンゴ礫混じり土において、細粒分が20%以下では圧密係数のデータが存在しない。これは、①圧密試験用の供試体の作成が困難であった、②圧密試験を実施する必要性を認識しなかった、③試験を実施したがデータが得られなかった等の理由が考えられる。いずれにしても、細粒分が20%以下のサンゴ礫混じり土については、排水性ならびに強度定数の評価という観点からは砂質土として区分できるものと考えられる。一方、塑性指数が0のサンゴ礫混じり土でも圧密係数が得られており、圧密係数 $1\text{cm}^2/\text{min}$ の上下に分散している。このことは、サンゴ礫混じり土の有する特殊性の一つと考えられ、塑性指数が0のサンゴ礫混じり土でも必ずしも砂質土とは判断できないことを意味する。

4. 細粒分、塑性指数からみたサンゴ礫混じり土の区分

サンゴ礫混じり土の排水性に関する検討を踏まえ、その区分を「c評価」すべき粘性土に絞ってまとめると次のようになる。なお、図-10から図-13において破線で示した区分線より左側にもプロット点があることから、細粒分と塑性指数の両方を満足するような区分値をもって下記のように規定する。

- ① 中城湾港;細粒分70%以上,かつ,塑性指数35以上
- ② 那覇港;細粒分80%以上,かつ,塑性指数20以上
- ③ 平良港;細粒分75%以上,かつ,塑性指数20以上
- ④ 石垣港;細粒分80%以上,かつ,塑性指数20以上

砂質土は、2. 現行の区分法とその課題(1)港湾の基準による区分で述べた図-1に示しているのと同様、細粒分20%未満の土とする。したがって、サンゴ礫混じり土の中間土は、上の規定の①~④と砂質土の規定以外の範囲の土となる。これらの提案をまとめて表-4、図-14に示す。図-14中、表記(中)は中城湾港、(那)は那覇港、(平)は平良港、(石)は石垣港への適用をそれぞれ示す。

5. まとめ

サンゴ礫混じり土のせん断強度の評価の前提となる試験方法の選定を簡便に行うため、既存の試験データならびに既往の研究結果をもとに、排水特性からみた砂質土、中間土、粘性土の区分方法を提示した。区分にあたっては、比較的容易に求めることができる細粒分と塑性指数を指標とした。本研究で得られた結果をまとめると以下のようになる。

- ① 細粒分はサンゴ礫混じり土の区分上重要な指標であるが、細粒分だけでは区分上、十分ではない。
- ② 塑性指数はサンゴ礫混じり土の区分上もう一つの重要な指標である。また、塑性指数が0であっても、圧密係数が $1\text{cm}^2/\text{min}$ を下回る場合がかなりあることが明らかとなった。
- ③ サンゴ礫混じり土の細粒分と塑性指数の間の相関関係はきわめて低く、区分にあたっては両者をそれぞれあわせて考慮する必要がある。
- ④ 排水性を表す指標として、透水係数と圧密係数に着目し、これらがそれぞれ 10^{-7}cm/s 、 $1\text{cm}^2/\text{min}$ 以下のサンゴ礫混じり土を粘性土とすることを提案した。ただし、圧密係数については、普通の沖積粘性土の圧密係数よりも1オーダー大きいことに留意する必要がある。
- ⑤ 沖縄の4港湾地域のサンゴ礫混じり土について、細粒分と塑性指数を組み合わせた一つの区分法を示した。この区分法によると、従来のマニュアルによる方法に比較して、粘性土として強度を「c評価」する範囲が狭まり、中間土として「cまたは ϕ 評価」する範囲が広がった。

本研究の成果に基づき、今後、強度特性を解明していくことになる。特に、中間土に関して、 ϕ 材、c材のどちらで取り扱うか、あるいは、混在で評価するかなどの課題解決に取り組むことにしている。

参考文献

- 1) 社団法人 日本港湾協会, 運輸省港湾局編集: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, pp.241~245, 1999.
- 2) 地盤工学会; 改正地盤工学会基準・同解説, 地盤材料の工学的分類法(日本統一土質分類法), 1996.
- 3) Oyadomari, M. and Uehara, H.: Classification and strength properties of coral gravelly soils - Case studies of the port and coastal ground in Okinawa Islands -, Coastal Geotechnical Engineering in Practice, Vol.1, pp.135~140, 2000.
- 4) 親泊正孝: シルト分を多く含むサンゴ礫混じり土のセメントイション効果, 第13回 沖縄地盤工学研究発表会講演概要集, 沖縄地盤工学研究会, pp.14~17, 2000.
- 5) 親泊正孝: サンゴ礫混じり土に適用された強度試験とその結果に関する幾つかの考察, 土と基礎, Vol.49, No.3, Ser.No.518, 地盤工学会, pp.8~11, 2001.
- 6) 粟津清蔵, 安川郁夫, 今西清志, 立石義孝: 絵とき 土質力学, オーム社, p.140~p.141, 1999.
- 7) 沖縄総合事務局港湾計画課: サンゴ礫混じり土調査・設計マニュアル(案), pp.27~28, pp.58~61, 1995.
- 8) 星埜 和, 加藤 渉, 三木五三郎, 榎並 昭 共訳: テルツァギ・ペック 土質力学, 丸善, 1969.
- 9) 松尾新一郎: 新稿 土質工学, 山海堂, p.75, 1996.
- 10) 浅岡顕, 伊原茂, 松尾稔: 粘土地盤の部分排水挙動に及ぼす透水係数の影響, 第24回土質工学研究発表会, pp.1121~1122, 1989.
- 11) 社団法人 土質工学会: ジオテクノート 2 中間土 砂か粘土か, pp. 12~18, pp. 55~59, p.89, 1992.
- 12) 11) 参照, pp. 67~80.

(2002. 3. 11 受付)

DIFFERENTIATION OF CORAL GRAVEL SOILS BY DRAINAGE CHARACTERISTICS

Masataka OYADOMARI and Kouki ZEN

It has long been difficult to differentiate the coral gravel soils when evaluating their strength because of the large variation and it has been required to resolve this issue. This has been done by means of a study focused on the drainage characteristic. As for the general soils of mainland Japan, the content of fine fraction at 50 % is considered adequate for the separate point between cohesive soil and intermediate soil. However, the necessary content of the cohesive soil with "c" evaluation of coral gravel soils were found to be 70, 80, 75 and 80 % for the ports of Nakagusku, Naha, Hirara, and Ishigaki. Additionally, the Plasticity Index for the same cohesive soils were found to be 35, 20, 20 and 20 for each of the four ports. Based on the research and its result in this paper and on other research in the past, the way how to differentiate the coral gravel soil that should be sandy, intermediate, or cohesive, was proposed.