

1. はじめに

沖縄県下における港湾建設ではサンゴ礁海域に構造物を築造することがほとんどであり、それらの区域では大別して硬土盤と沖積軟弱地盤が交互に分布している。設計施工において特に問題となるのが後者の軟弱地盤である。この地盤はリーフの内側において随所でみられ、細粒土や風化物がフィンガーコーラル(枝サンゴ片)の上に堆積し形成されたもので、枝サンゴ片を多量に含み空けき率が高い土性となっている。当然N値も1〜3程度であり、粒度分布をみても中間土の領域にあり扱いにくい土といえる。過去の事例でも原地盤がN=1〜2程度の軟弱層を浚渫して埋立てた後ではN値が20程度と著しく大きくなったという報告がある。従ってこれらの土を扱う場合、地盤強度を過小評価する恐れもあり、十分な対処の仕方について知見を得るため調査手法、試験方法などを改めて考察し、その結果をとりまとめたものが本報告である。

2. 土質調査および土質試験

サンゴ礁混り土における土質調査は随所で行ってきたが、大体的な事例として石垣島の土質データを掲げて説明を加えることにする。

ボーリングは石垣港沖合1200mの水深6〜7mの地点で行った。調査の結果によると海底より4〜5mはシルト混りサンゴ礁層でN=20でやや締った層が分布しており、それより下層の-15m〜-28m値まではN=2〜5のサンゴ礁混りシルト層が続いている。サンプリングは脱落しやすいためコアキャッチャー付サンプラーにより実施した。ボーリング本数は9本で平均して20mほど掘削し、サンプリングは20ヶ所で行った。サンゴ礁混りシルト層では粘土分が20%、シルト分が50%、残分30%が砂・礫分である。粒度分布から判断するとほぼシルトと呼んではよいものである。従来砂と粘土の混合土の場合、粘性土として $\phi_u=0$ 法による安定解析をしており、今回の場合においても粘性土として取り扱いそれに見合う試験を実施した。実施した試験項目は以下のとおりである。

一軸圧縮試験 三軸圧縮試験 単位体積重量試験 含水比試験 比重試験
粒度試験 室内透水試験 圧密試験

各試験の平均値は表-1に示すとおりである。また標準貫入試験結果の例は図-1に示すとおりである。

表-1の結果から考察するとN値が1〜3と低く、沖積世粘性土であるにもかかわらず含水比、単位体積重量が沖積世のものに近い値を示している。また透水係数の値も 10^{-5} のオーダーであり、シルト系の値というよりも粗粒土に近い値といえる。従ってこれらの値だけをみて一般的なシルトと同様な扱い方をすることは出来ないと判断される。

また今回行った三軸圧縮試験のうち非圧密非排水せん断試験(UU試験)はそのまま適用せず、現地盤と同強度で判定することを目的に、サンプリング時と同じ状況下にしてUU試験(以下変則UU試験と呼ぶ)を行った。この変則UU試験とは飽和度を低下させないために、バックプレッシャーをかけた後、予備圧密としてサンプリング深度の土被り荷重($\gamma' \cdot z$)の $\frac{2}{3}$ を側圧として排水しながら圧密を行う。ここで圧密圧力を($\gamma' \cdot z$)の $\frac{2}{3}$ としたのは次のことによ

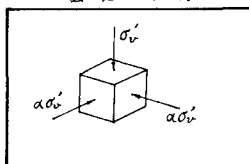
表-1 試験結果	
一軸圧縮試験	$\bar{q}_u = 0.95 \text{ Kg/cm}^2$
三軸圧縮試験	$\bar{c} = 9.9 + 0.47z \text{ t/m}^2$
単位体積重量	$\bar{\gamma}_t = 1.95 \text{ t/m}^3$
含水比試験	$\bar{w} = 25 \%$
比重試験	$\bar{G}_s = 2.8$
粒度試験	粘土分20% シルト分50%
透水試験(凍水性)	$\bar{K}_{fs} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$
圧密試験	$\bar{m}_{v1} = 5 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{kg} \text{ (} P=0.3 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$
	$\bar{m}_{v2} = 7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{kg} \text{ (} P=5.0 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$
	$\bar{C}_v = 0.9 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{min}$

っている。

地盤中の土塊は図-2に示すように $\sigma_v' = \gamma \cdot z$ と $\alpha \sigma_v'$ なる応力を受けている。

α は一般的に0.5程度である。従って三軸試験を行う場合鉛直方向と側面方向の応力を変えた異方性のせん断試験を行わなければならないが、不可能なので鉛直と側面の平均応力を側圧として等方性の応力を考えると、 $\frac{1}{2}(\sigma_v' + 2 \times 0.5 \sigma_v') = \frac{3}{2} \sigma_v' = \frac{3}{2} \gamma \cdot z$ となる。この様にしてから通常のUU試験を実施して強度を測定する方法が変則UU試験である。但し圧縮試験中に負の間げき水圧が発生すると、土粒子間に引付ける応力が作用することになり実際に働く有効応力より過大の有効応力が生ずる可能性があるため、試験では従って間げき水圧を測定して有効応力の補正をすることにした。この試験によるせん断強度は表-1からわかる様に通常のUU試験で考えられる値よりも数倍大きな値となって測定されている。

図-2 地中応力



3、データ解析

変則UU試験データの整理について説明する。

通常のUU試験によるせん断強度の考え方は分布が正規分布すると仮定し、その平均的な値を採用するか、またはその前後の値を主査技術者が総合判断して決めていたのが一般的といえる。ところが、地盤の円弧スベリによる土塊の破壊状態を考えると、それぞれの地点でせん断状態が異なり、圧縮破壊、単純せん断破壊、伸張破壊の3タイプがある。しかもせん断強さは傾向として圧縮>単純せん断>伸張 となる。また伸張強さは圧縮強度の0.5~0.8倍である。変則UU試験で求まる強度は圧縮強度であり、この値をそのまま用いることは上を過大評価することになるので、試験結果の平均値の3/5(0.5~0.8の中間値)を設計強度とする考え方をした。試験値のとり方はモル円の包絡線ではなく、間げき圧係数Bがほぼ1近くであれば、せん断強度は側圧により変化するとは少ないとの判断より各側圧毎のせん断強度を強度として採用した。またここで考えている伸張強さが圧縮強度の0.5~0.8という値は粘性土における値であるので、はたしてサンゴ礫混り土にも同様の傾向があるか確認する必要があるが、今回はそのデータが無いため便宜的にこの様にした。さらに平均化して3/5の値をとることも必ずしも妥当とはいえないので十分な検討を今後も続けていかなければならない。

4、おわりに

以上サンゴ礫混り土の特性及び調査試験方法等について概略を述べてきたが、サンゴ礫が混入しているということは、必ずサンプリング試料が乱れる原因にもなり、且つ力学試験を実施する際にもサンゴ礫が強度にどのような影響を及ぼしているかも明確でない。今回の変則UU試験による方法は多少なりとも過小評価のみであった土質強度を補正する方向での試みの一手法ともいえ、サンプリング試料の大きさによってどのような変化が出るかも今後検討していかなければならない。また一部ではサンゴ礫混り土の設計の考え方として、サンゴ礫を除いた細粒土のみによって、現行のような砂質土、粘性土の判定を行い、せん断強度試験を行うのが良いという提案もなされているので、発想法を変えた新たな調査試験法等を開発していく必要性も感じられる。従って今後各関連試験データの蓄積を行っていく中で各関係者からの有益な助言を切に望む次第である。

図-1 N値

