

## 島尻層群における与那原層の工学的性質

## Engineering properties of the Shimajiri group Yonabaru formation

すな がわ てっ お うえ はら ほう せい  
砂 川 徹 男\* 上 原 方 成\*\*

## 1. ま え が き

島尻層群は沖縄本島中南部に広く分布する新生代第三紀中新世から鮮新世にかけての海成堆積物であり、この層群より若い琉球石灰岩の基盤層となっている。島尻層は上位より新里層、与那原層および那覇層に区分される。福田ら<sup>1)</sup>によるとそれぞれの層厚は約250m, 900mおよび1150mと推定されている。新里層は南部地域の佐敷、知念、玉城および具志頭に於て分布しており、与那原層の上に整合し、緑灰色泥岩を主とした砂岩との互層で、ところにより凝灰岩を挟んでいる。地表でみられる島尻層群の主体をなす与那原層は具志川市から糸満市までの広い範囲に分布し、緑色あるいは青灰色のシルト質泥岩からなり、図-1に示すように上部層(350m厚)、中部層(500m厚)および下部層(50~80m厚)に区分がなされている<sup>1)</sup>。那覇層は大部分が地下に発達しており、わずかに最上部が局所的に露出して小禄砂岩として知られている。主として緑灰色の粘土・シルト質砂岩からなり、しばしば泥岩の薄層を挟んでいる。このようなことから、島尻層泥岩とは新里層と与那原層における泥岩の総称となっているが、主に与那原層における泥岩を指している。泥岩とは言え浅い所では軟質でむしろ固結粘土として表現した方が良いとの意見もあり、島尻粘土あるいは島尻クレイとさえ呼ばれている。

ここでは島尻層群の分布状態(地域)と島尻層群の主体をなす与那原層の工学的性質についてまとめてみた。これらのデータは沖縄本島内でそれぞれ別々に行われた調査深度が地表面から30m以内の調査結果に基づいたものであり、与那原層泥岩のみが対象となっている。地質学関係者によれば<sup>1)</sup>与那原層は堆積履歴によって異なった特性を示すとして図-1に示すよう区分されている。上部層は主として灰色ないし緑灰色のシルト質泥岩からなり、砂岩および凝灰岩を挟み、中・下部層に比較して貝化石が多い。中部層は主として緑あるいは青灰色のシルト質泥岩からなり、浮石片が散在する。下部層は主に緑灰色の泥岩からなり、貝化石や有孔虫化石がみられる。今回の研究においてもそれぞれの層(member)の土質工学的特性をとらえるためこれに準じて分布地域を区分けした。なお、各層の主

な分布地域は次のとおりである。

上部層：大里村、玉城村、東風平町、糸満市等  
中部層：中城村、西原町、南風原町、豊見城村等  
下部層：具志川市、沖縄市、宜野湾市、浦添市、那覇市等

## 2. 物 理 特 性

物理試験は風化・未風化土塊ともによく試料を解きほぐしたのちに行った。物理的性質についてはこれまでに島尻層群全体から得られたデータを整理して報告<sup>2)</sup>したことがあるが、ここでは与那原層を層序によって3区分して示し、各部層ごとの特性をとらえるようまとめた。

## 2.1 粒 度 組 成

粒度分析の結果は日本統一土質分類法の三角座標(図-2)に示してある。上部層と下部層の砂分は0~30%を示しているのに対し、中部層の砂分は0~15%となっており、中部層はほかの2層より砂分が少ない。シルト分はいずれの層においても10~60%の範囲にあり、堆積層序による変化はあまりみられない。粘土分は上部層、中部層および下部層それぞれ50~90%、40~90%および30~90%であり、下限値は下位の層ほど小さくなっているが、上限値は同一値を示している。これらの結果から与那原層は粒度組成においては大きな違いはなく、各層すべて細粒土Fに分類されるが、島尻層群全体を対象にした場合は砂岩も挟み入るので砂質土{SF}に分類されるものもある<sup>2)</sup>。

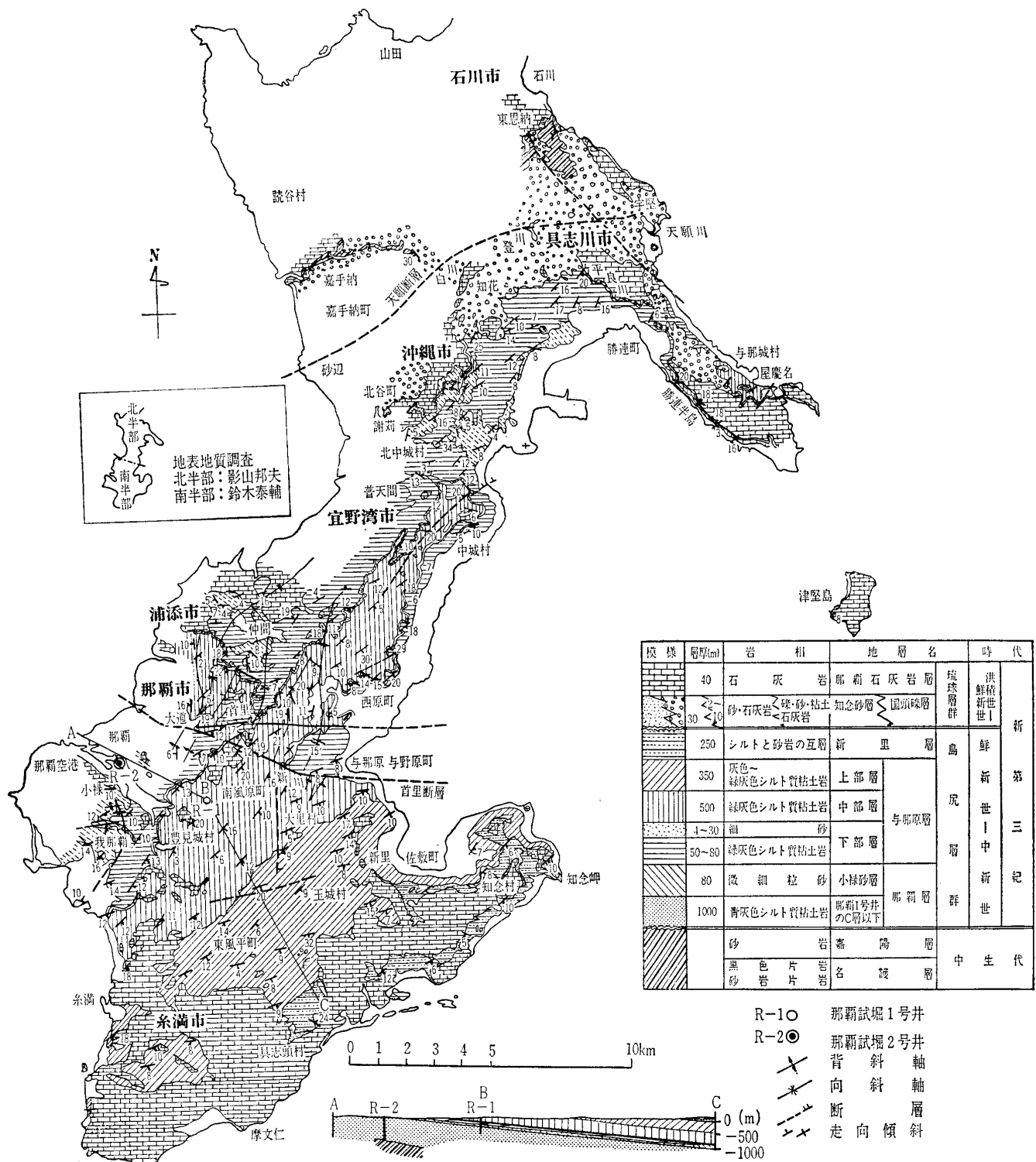
## 2.2 コ ン シ ス テ ン シ ー 界 限

液性限界および塑性限界試験結果を日本統一土質分類法の塑性図にプロットしたものが図-3である。いずれの層においてもほとんどCHとなっているが、CLも若干あり、下部層においてはわずかながらMLおよびC/Hもみられる。ただし、上部層350m厚、中部層500m厚および下部層50~80m厚という調査深度に比較してあまりにも大きい層厚にあつては、その粒度組成その他の性質に変化があるであろうし、したがって、コンシステンシー限界も変化する幅が大きいことは容易に想像される。ゆえに、原位置においては各層においてもMLおよびC/Hに分類されるものも存在するであろうと考えられ、粘土分または砂分の多少および鉱物組成などによっても影響を受けるであろう。

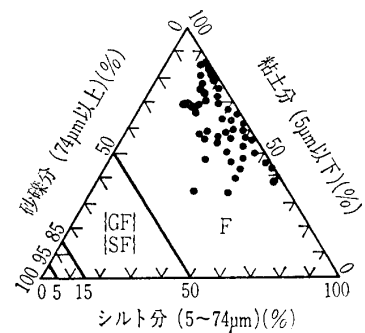
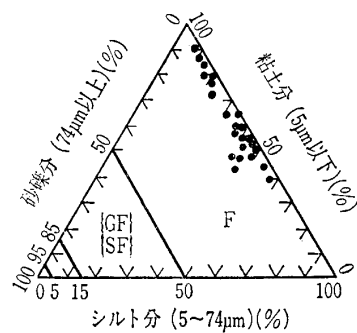
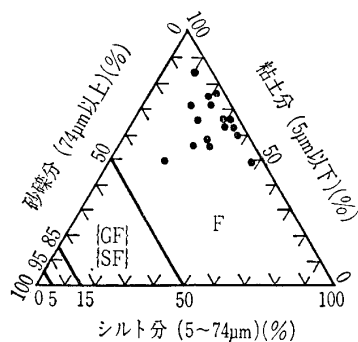
粘土分(5 $\mu$ m以下)と液性限界の関係は図-4に示してある。液性限界は粘土分の増加に伴い増加する傾向を示し

\*株式会社建設コンサルタント 専務取締役

\*\*琉球大学教授 工学部土木工学科



図一 沖縄本島中、南部地質図(福田らによる)



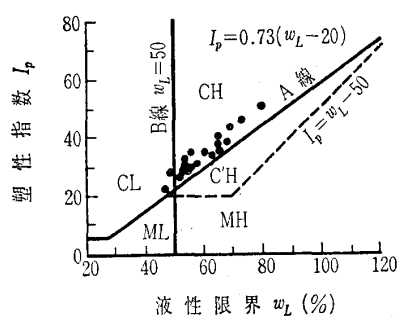


図-3(a) 上部層

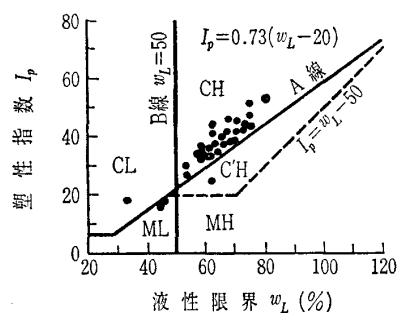


図-3(b) 中部層

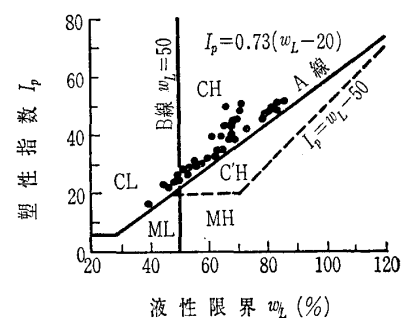


図-3(c) 下部層

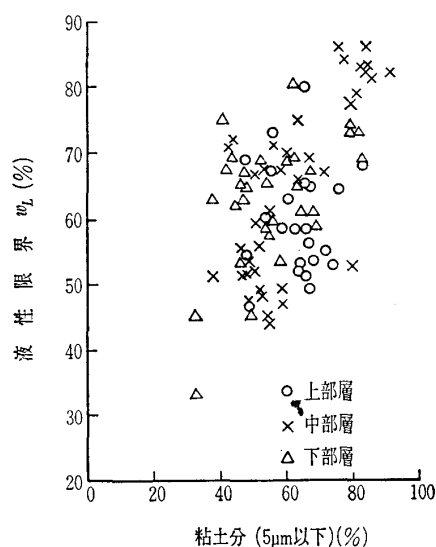


図-4 粘土分と液性限界の関係

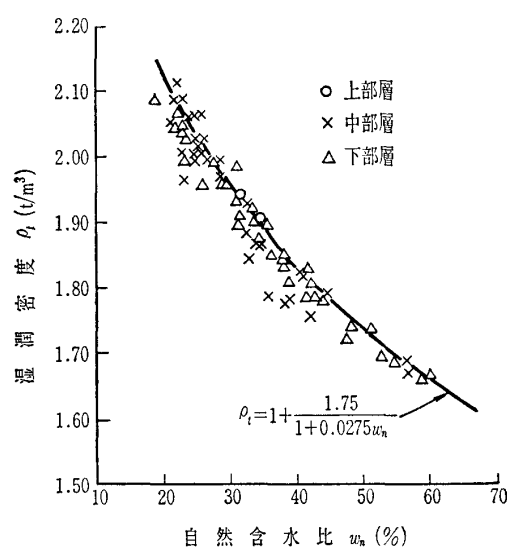


図-6 自然含水比と湿潤密度の関係

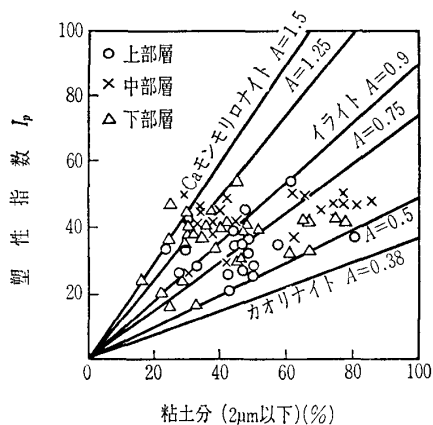


図-5 粘土分と塑性指数の関係

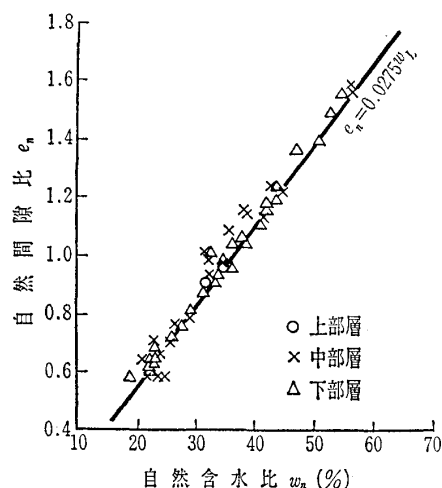


図-7 自然含水比と自然間隙比の関係

ているが、ばらつきが大きく、各層による特徴はみられず、ほぼ類似した傾向を示している。

### 2.3 活性度

島尻層泥岩の活性度( $A$ )を示したものが図-5である。活性度はばらつきが大きく0.5~1.5を示し、不活性粘土から活性粘土の範囲にある。それぞれの層の特徴はみられず、また、粘土分が多いから活性度が必ずしも大きいとは限らないようだ。更に、三角座標や塑性図で同一グループに分類されても、活性度では異なったグループに分類されるものもある。

### 3. 地盤特性

ここでは乱さない試料についての物理的、力学的性質に関する室内試験結果や原位置で実測した $N$ 値等のデータについて、地盤条件の比較検討を行うべく整理してみた。

#### 3.1 自然含水比、湿潤密度、自然間隙比

風化した層も含め、島尻層泥岩の地山における自然含水比と湿潤密度の関係を示したものが図-6である。自然含水比が20~60%に対し、湿潤密度は2.10~1.65 t/m³の範

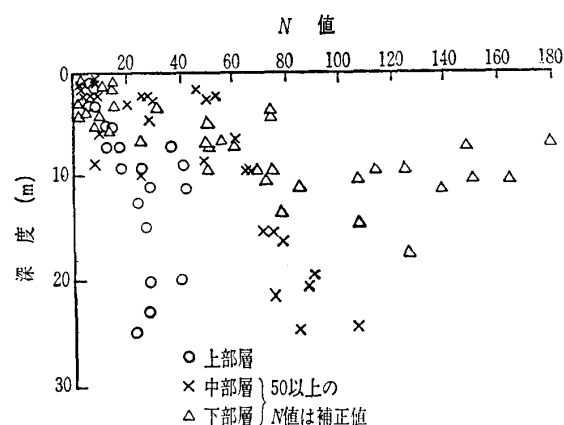
囲にある。したがって、乾燥密度は  $1.75 \sim 1.03 \text{ t/m}^3$  の範囲となる。湿潤密度は自然含水比の変化に伴い大きく変化することを示しているが、各層による特徴はみられない。一般に島尻層泥岩の比重は  $2.65 \sim 2.85$  の範囲にある<sup>2)</sup> ので、図—6においては、土粒子の比重が  $2.75$  で飽和度が  $100\%$  の場合の関係式を示してある。

図—7は自然含水比と自然間隙比の関係を示している。自然含水比が  $20 \sim 60\%$  に対し、自然間隙比は  $0.6 \sim 1.6$  の範囲にある。湿潤密度同様各層による特徴はみられない。ここでは土粒子の比重が  $2.75$  で飽和度が  $100\%$  の場合の関係式を示してある。

### 3.2 N 値，一軸圧縮強さ

自然含水比とN値の関係については既に那覇市内の調査結果に基づいて一部報告<sup>3)</sup> してあるが、ここでは層序による違いをみるため与那原層を更に細区分して図—8に示してある。ここで示した50以下のN値は実測値であるが、標準貫入試験時の打撃数が50で貫入量が30cm未満の場合は貫入量30cmに対する補正值で評価した。N値の最大値は上部層より下部層程大きくなっており、堆積年代の古い地層ほど安定した地盤であることを示している。ただし、いずれの層もN値に大きな幅があり、地表面下30m以内においては分布地域によって地盤支持力に違いを生ずると見てよいだろう。自然含水比が25%以下の場合のN値はいずれの層でも50以上を示し、非常に固結した状態にあり、地山としての未風化島尻層泥岩の自然含水比は20~25%とみて間違いのないであろう。自然含水比が30%以上になると同一N値に対しても自然含水比の範囲が広く、各層ごとの特性をとらえることは困難である。

地表面からの深度とN値の関係を示したものは図—9である。与那原層全体では大きなばらつきを示して特性はみ



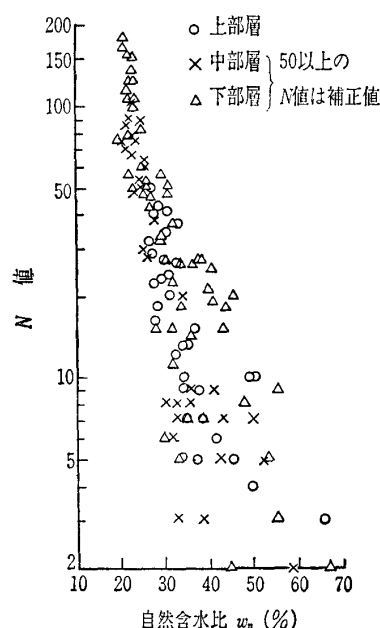
図—9 深度とN値の関係

られないが、各層に細区分した場合、N値はある範囲内で深度の増加に伴いその増加がみられる。N値は各層の堆積履歴、原位置における土かぶり圧、風化の進行度合い等による影響を受けていると考える。

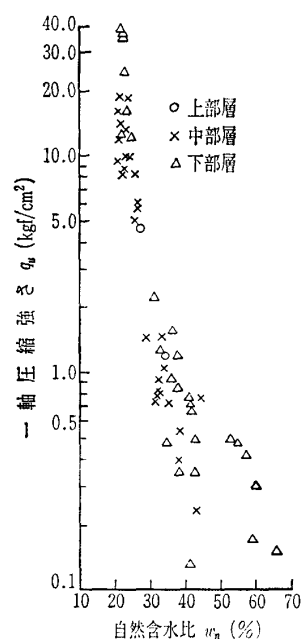
原位置から得られた乱さない試料に関する自然含水比と一軸圧縮強さの関係を示したものが図—10である。一軸圧縮強さの最大値はN値同様下位の層程大きくなっている。自然含水比が20~25%の範囲内においては一軸圧縮強さは少なくとも  $5 \text{ kgf/cm}^2$  を示している。塊状泥岩の乱さない試料を得ることと、供試体作製が困難なため、自然含水比が25~30%付近のデータが少ないので今後その補充を進めていきたい。一軸圧縮強さはN値同様堆積履歴、原位置における土かぶり圧、風化の進行度合い等の影響を受けていることが考えられ、自然含水比と一軸圧縮強さの関係においてはばらつきが大きい。

N値と一軸圧縮強さの関係を示したものが図—11である。

Terzaghi-Peck(テルツァーギ-ペック)<sup>4)</sup> によると粘土の



図—8 自然含水比とN値の関係



図—10 自然含水比と一軸圧縮強さの関係

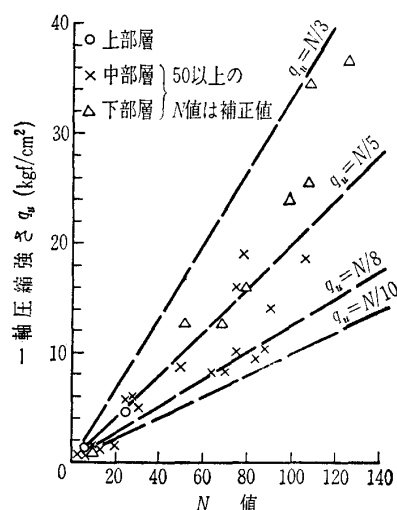


図-11 N値と一軸圧縮強さの関係

N値と一軸圧縮強さの関係は(1)式で示される。

$$q_u = N/8 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(1)$$

島尻層泥岩については松井ら<sup>5)</sup>の(2)式や筆者ら<sup>6)</sup>の(3)式などが提案されている。

$$q_u = N/4 \sim N/5 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2)$$

$$q_u = N/6 \sim N/15 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(3)$$

これらの式は、島尻層泥岩の風化と未風化の状態を念頭においての提案であるが、図-11においては堆積年代を細区分した各層ごとに考察してみる。上部層に関するデータは少ないので中部層と下部層についてのみ30以上のN値と一軸圧縮強さの関係を示すと次のようになる。

$$\text{中部層: } q_u = N/4 \sim N/9 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{下部層: } q_u = N/3 \sim N/6 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(5)$$

これらの式は風化、未風化の状態を一括したものであり、その適用においては、適切な判断を必要とする。これらの関係式から中部層と下部層の最大一軸圧縮強さを推定すると、最大N値をそれぞれ110および180とした場合、27.5 kgf/cm<sup>2</sup>および60.0 kgf/cm<sup>2</sup>となる。また、図-11で30以下のN値に関する各層ごとの関係を見いだすにはデータが乏しいが、与那原層全体としては次のようになる。

$$q_u = N/5 \sim N/12 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(6)$$

#### 4. あとがき

島尻層群の特に与那原層について、風化して粘土化したものから未風化の泥岩までの基本的性質のいくつかについて調べた。物理的性質については、分布地域によって、その堆積事情に基づく著しい違いはみられないが、N値や一

軸圧縮強さに関してはそれぞれの部層の違いが現れているようである。ここに、狭小な地域にあっても地盤堆積の歴史を知ること、したがって、そのlocalityを常に考える地盤工学のあり方を強調して、以下に、与那原層の工学的性質についてまとめる。

① 泥岩は日本統一土質分類法の三角座標ではすべて細粒土Fに分類され、塑性図では主にCHに分類されるが、C'H, CLおよびMLに分類されることもある。各層間における工学的分類上の相違は極めて少ないが、層序に基づく工学的特性の違いは考慮に入れる必要がある。

② 活性度は0.5～1.5の範囲にあり、いずれの層の粘土も不活性～活性の幅を示す。この原因については不明だが地質的要因を考えたい。

③ 自然含水比は20～60%の範囲にあり、湿潤密度と自然間隙比はそれぞれ2.10～1.65 t/m<sup>3</sup>および0.6～1.6である。これは地表面下30m以内の位置にあつて、風化、準風化、未風化のケースがあることによるものである。

④ 自然含水比が20～25%で深度が30mまでのN値は50以上を示し、未風化層の最大N値は上部層、中部層および下部層それぞれ50、110および180と算出されるが、自然含水比が30%以上になると同一N値に対しても自然含水比の範囲が広い。したがって、各層ごとの地質特性を考慮に入れるとともに、分布地域に即した適切な判断が必要であろう。

⑤ 30以上のN値を示す泥岩のN値と一軸圧縮強さの関係は次のように推定でき

$$\text{中部層: } q_u = N/4 \sim N/9 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$\text{下部層: } q_u = N/3 \sim N/6 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

分布地域あるいは堆積履歴による地域地盤の特性を示している。

#### 参 考 文 献

- 1) 福田理ほか：第5次沖縄天然ガス資源調査・研究概報，地質調査所月報，Vol. 21, No. 11, pp. 627-672, 1970.
- 2) 砂川徹男・上原方成：沖縄地方の細粒土の物理的性質について(I)，琉球大学理工学部紀要工学篇，第7号，pp. 119-125, 1974.
- 3) 砂川徹男・上原方成：那覇市の地盤について，琉球大学理工学部紀要工学編，第6号，pp. 101-162, 1973.
- 4) Terzaghi, K. and Peck, R.B.: Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons, pp. 299-304, 1948.
- 5) 松井 彰・横山莞泰：沖縄の地盤，土木学会誌，Vol. 58, No. 9, pp. 59-67, 1973.
- 6) 上原方成：沖縄における地盤災害とその対策に関する研究，pp. 295-315, 1977.

(原稿受理 1982.8.9)