

# 琉球大学学術リポジトリ

## 沖縄における泥灰岩の工学的特性 (III) : 一軸圧縮強度特性について(農業工学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新城, 俊也 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/4466">http://hdl.handle.net/20.500.12000/4466</a>

# 沖縄における泥灰岩の工学的特性 (Ⅲ)

## 一軸圧縮強度特性について

新城 俊也\*

---

Toshiya SHINJO : Engineering properties of mudstones (Shimajiri clay)  
from Okinawa Island, Ryukyus (III)  
On the unconfined compressive strength characteristics of  
mudstones with natural water content

---

### I は し が き

沖縄における泥灰岩の工学的特性としてすでに乾燥と水浸の影響(1)、および沖縄本島の中南部における泥灰岩地山の切取りの現況(2)について報告した。

泥灰岩地山における切取り斜面の安定計算を行なう場合泥灰岩の強度特性を知る必要がある。また、泥灰岩を掘削して盛土材料等に使用する場合レキまじり土の締固めを考える必要があり(1)、そのとき、レキと見なされる泥灰岩片の力学特性を考慮する必要がある。

本報告では泥灰岩地山から採取した自然泥灰岩片について一軸圧縮試験を行ない、それから得られる強度特性について調べた。また、自然泥灰岩を水浸させ吸水させた場合の強度の低下の程度も調べた。

### II 実 験 方 法

#### 1. 試 料

実験に使用した試料は沖縄本島の南風原村における土地造成工事現場において土工機械で掘り起こした泥灰岩の塊を採取したものである。採取した塊は適当な大きさのブロックに成形した後、パラフィンで被覆し、実験室内に保存した。

#### 2. 一軸圧縮強度試験

一軸圧縮試験のための供試体はブロックから必要に応じてストレートエッジで円柱形に成形した。供試体の寸法は Table 1 に示すように、直径は3.5cmと5cmであり、高さは前者が8cm、後者は5cm、7.5cm、10cm、12.5cmと変化させてある。また、直径3.5cm、高さ8cmの供試体の一部は同一ブロック

---

\* 琉球大学農学部農業工学科

琉球大学農学部学術報告 19 : 331~342 (1972)

**Table 1 Dimension of specimens for unconfined compression test**

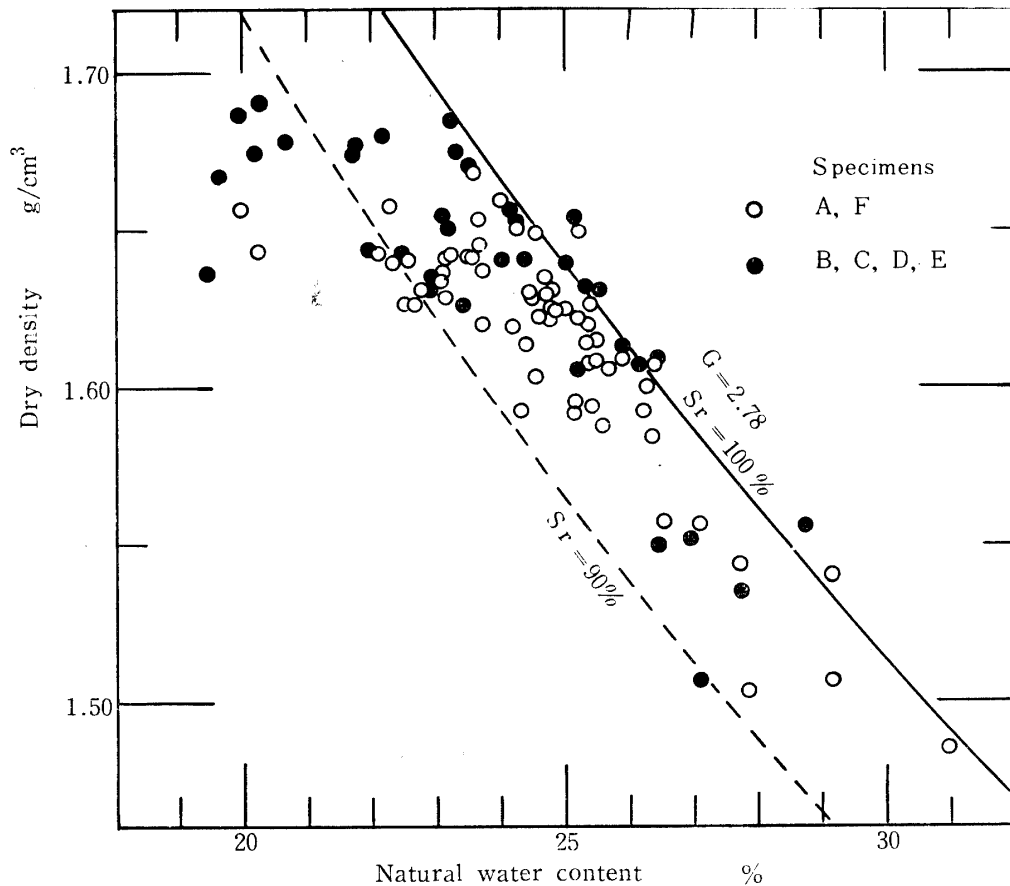
Specimens	Diameter	Height	Number of specimens
	D (cm)	H (cm)	
A	3.5	8.0	50
B	5.0	5.0	10
C	5.0	7.5	11
D	5.0	10.0	10
E	5.0	12.5	8
F*	3.5	8.0	20

\* sucked specimens

から同一方向に2個の供試体を成形し、1個はただちに圧縮試験(供試体A)を、他の1個は58日~72日間水浸した後圧縮試験(供試体F)を行なった。成形直後の供試体は容量1tの圧縮試験機で、水浸供試体に三軸圧縮試験機( $\sigma_3=0$ )を用いて圧縮試験を行なった。すべての供試体はひずみ速度毎分1%のひずみ制御で圧縮され、変位量は上下加圧板の間にダイヤルゲージを取付けて測定した。

### 3. 供試体の状態

この試料の比重は平均2.78であり、成形直後の単位体積重量は $1.93\sim 2.07\text{g/cm}^3$ であった。成形直後の供試体の含水比と乾燥密度の関係を示すとFig. 1のようになる。これによると供試体の含水比

**Fig. 1 Conditions of natural mudstones**

が22%以上ではほとんどの供試体の飽和度は99~100%の間にあるが、含水比の変化によって乾燥密度はかなり変化するようである。同一地点から同時に試料を採取し、パラフィンで被覆して保存したけれども、含水比がかなりばらついているのは保存期間中に含水比が変化したことによるものと考えられる。ここでは含水比の変化があるが、便宜的に成形直後の供試体を自然泥灰岩供試体と呼ぶ。なお、単位体積重量の測定はすべてノギス法によって行なった。

### III 実験結果および考察

#### 1. 破壊の形式

圧縮試験を行なって岩石の試験片を破壊した場合、その破壊の状況の1つにFig.2に示すようにクサビ形の破断面から破壊を起こす破壊の形式があり、そのとき円錐形の薄片を生じたり対角線に沿って破断したりする(4)。実験に使用した泥灰岩の供試体の破壊の状況もこのタイプのものであった。すなわち、供試体が上下加圧板によって圧縮されると、供試体の上下部からコーンが供試体内部に押し込まれ、内部にせん断応力や周辺方向への引張応力が生じ、ついに破壊し、円錐形の薄片を生ずる。これはぜい性破壊に属するものと考えられる。破壊によって生じたすべての供試体の円錐形の底角は50°~60°の間にあった。



Fig. 2 Failure mode

供試体の寸法によって上下部から押し込まれたコーンが供試体の内部で干渉し合う場合と、そうでない場合が考えられる。干渉し合う場合は供試体B、Cであり、Fig. 3に示すように破壊による破断面は図中の①あるいは②に沿って生ずることが観察された。干渉し合わない場合は供試体A、D、Eであり、破壊した後の供試体の外観はFig. 4に示すようなタイプで観察された。

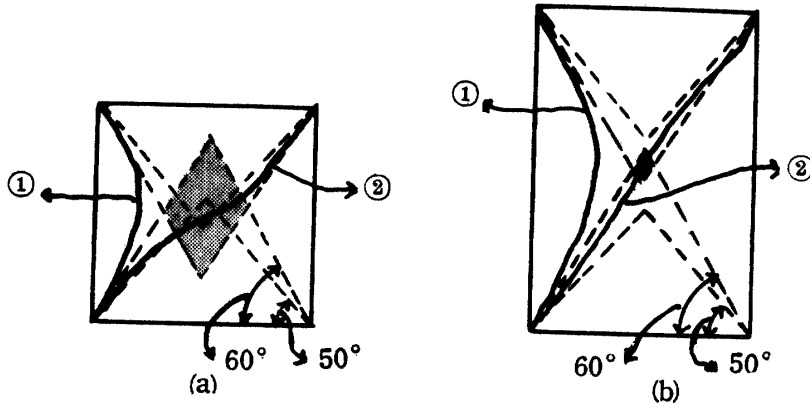


Fig. 3 Type of failure: (a) specimens B (b) specimens C

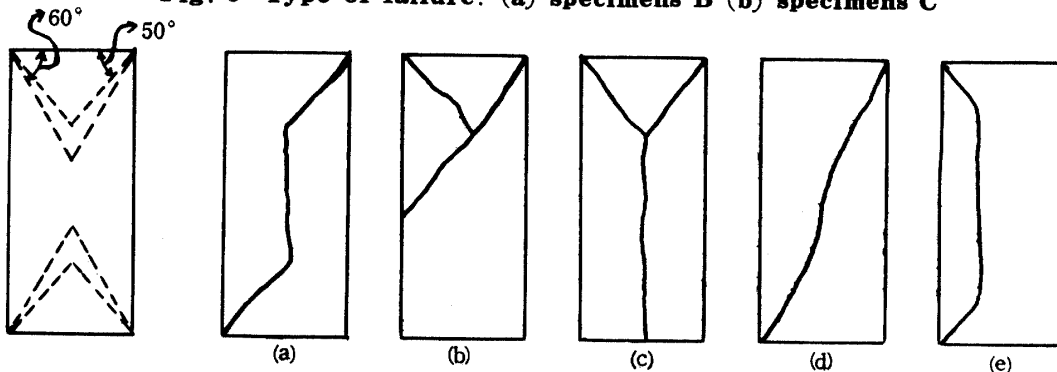


Fig. 4 Type of failure for specimens A, D and E

各供試体の破壊の状況を Fig. 5 に示してある。

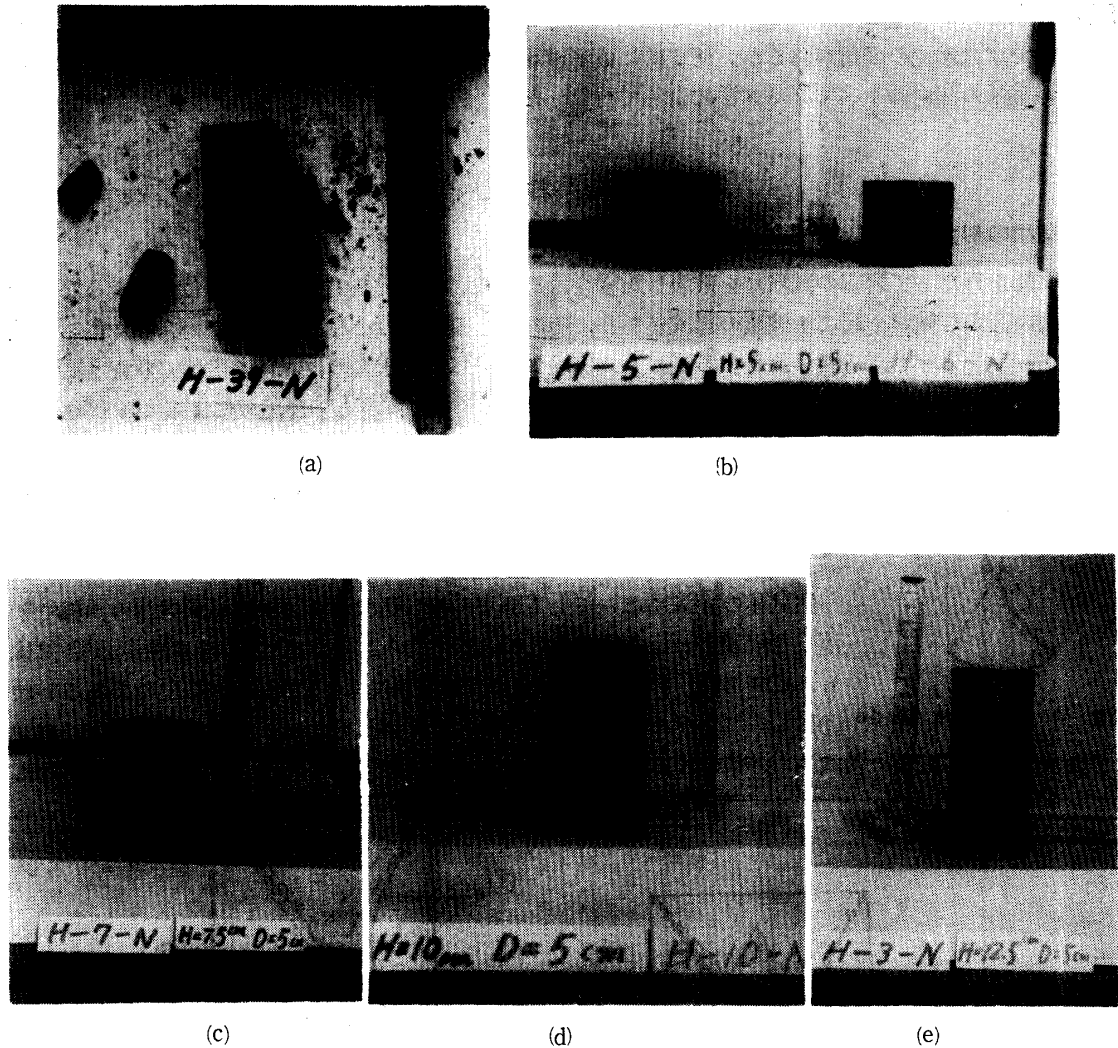


Fig. 5 Natural mudstones broken by unconfined compression test

## 2. 一軸圧縮強度について

### 1) 応力とひずみの関係について

実験に使用した泥灰岩の供試体の応力ひずみ曲線の形は Fig. 6 に示すように3つの形に分けることができる。すなわちその形は1) 応力とひずみの増加に伴い、応力にピークが表われ、その後応力が減少した後破壊する、2) わずかのひずみで応力が増加し、その後ひずみの増加に対し応力がわずかに増加して破壊する、3) わずかのひずみで応力が急激に増加して破壊に至る形である。これらの応力ひずみ関係は各供試体について見られた。

次に各供試体についての最大圧縮ひずみと一軸圧縮強度の関係を示したのが Fig. 7である。最大圧縮ひずみは0.7%から2.2%にまたがっており、一軸圧縮強度は17.40kg/cm<sup>2</sup> から41.56kg/cm<sup>2</sup> にまたがっており供試体の寸法に関係なくかなり散ばっている。

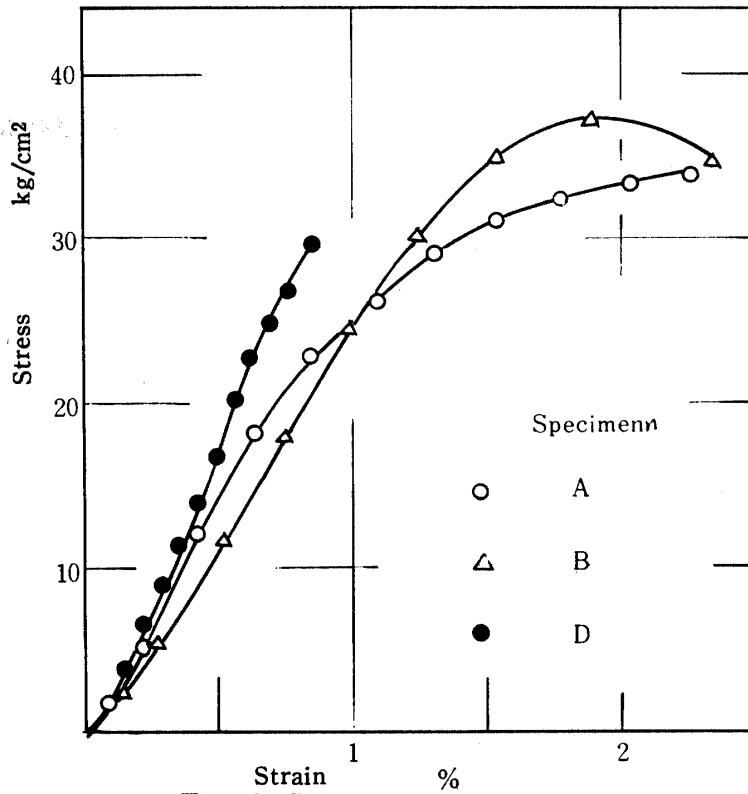


Fig. 6 Stress strain relation

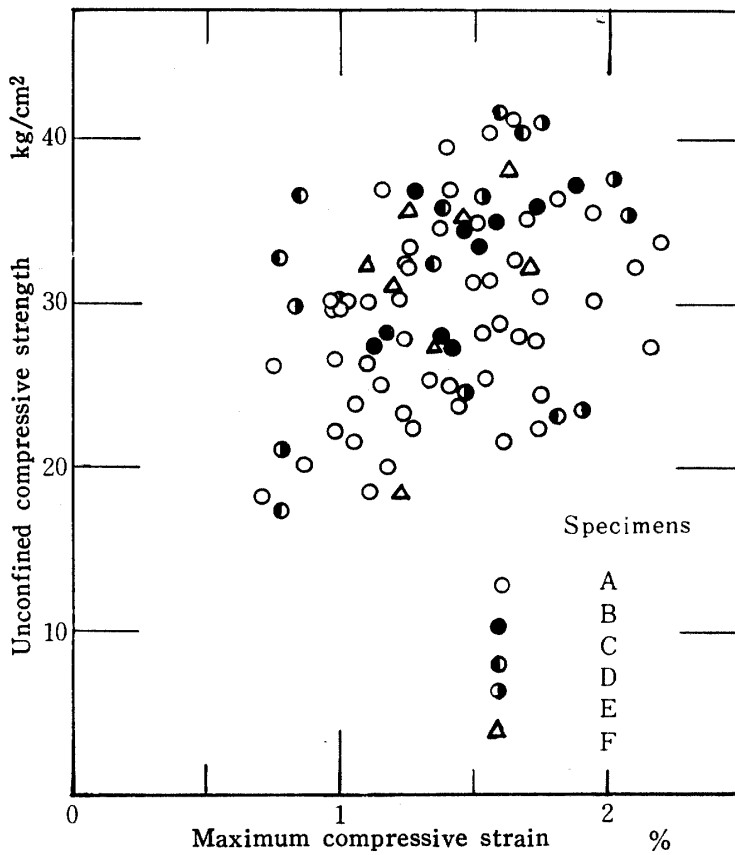


Fig. 7 Relation of unconfined compressive strength and maximum compressive strain

## 2) 一軸圧縮強度と供試体の寸法の関係について

Fig. 8 は泥灰岩の円柱供試体の直径Dおよび高さHを変化させた場合の一軸圧縮強度の変化を示したものである。各供試体とも強度にかなりのばらつきがあるが、平均値を比較すると、供試体DおよびAでほぼ最小値を示している。一般に岩石等の圧縮試験を行なう場合、円柱供試体の縦横比2の付近で測定値が最も安定すると言われており(4)、この泥灰岩の圧縮試験についても縦横比が2あるいはそれより大きめの供試体について行なう必要があるらう。

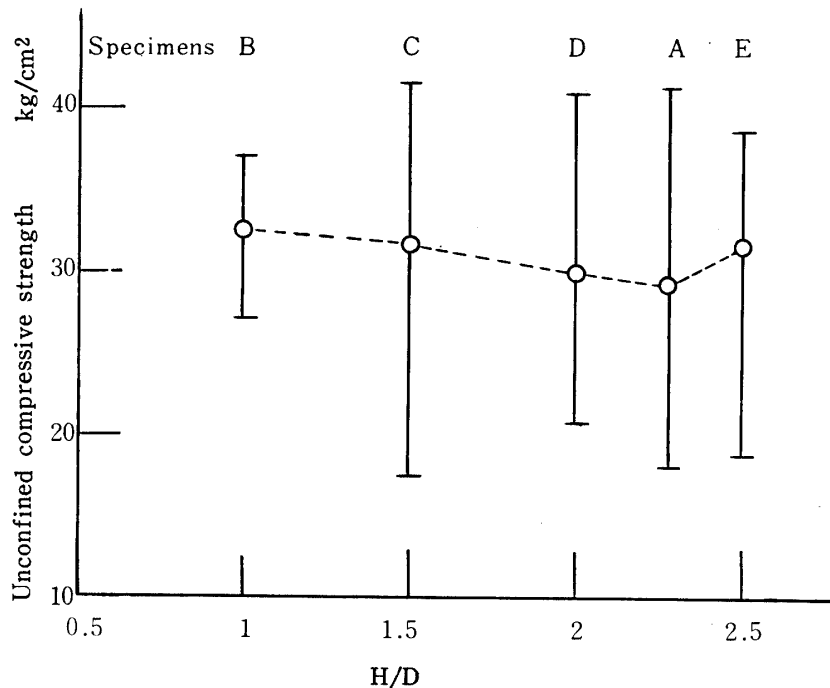
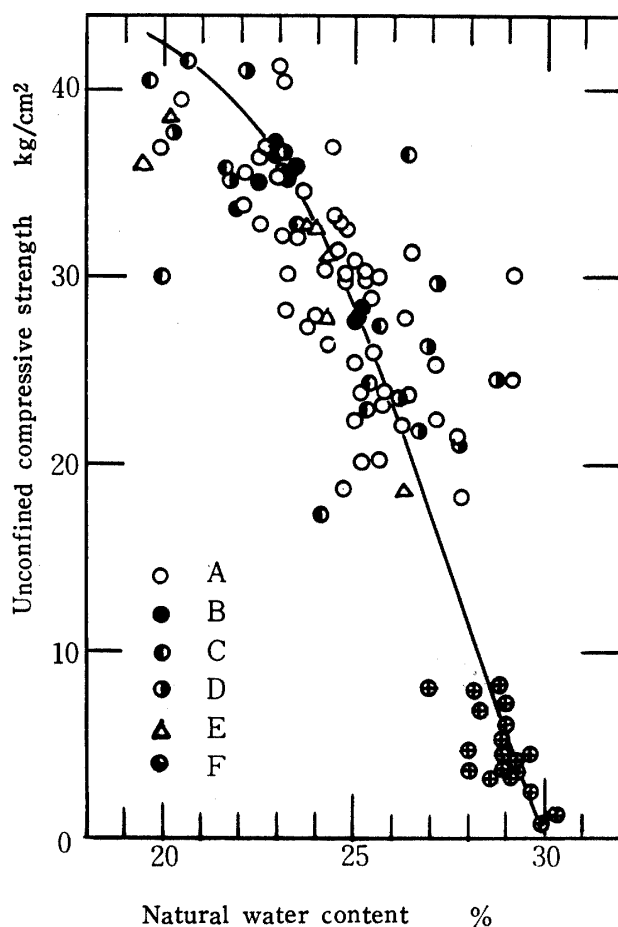


Fig. 8 Relation of unconfined compressive strength and height/diameter ratio in natural mudstones

## 3) 一軸圧縮強度と含水比の関係について

圧縮試験時の泥灰岩の含水比と一軸圧縮強度の関係を示したのがFig. 9である。これによると自然泥灰岩の一軸圧縮強度は含水比によって非常に影響を受けることがわかる。いま含水比約22%以上について調べてみると、含水比の増加につれ強度はかなり減少し、ほぼ同じ割合で水浸供試体の強度まで低下している。Fig. 1において含水比が約22%以上の供試体の状態は飽和度90%以上で変わらないが乾燥密度は変化していた。さらに供試体は保存中に採取時の含水比より減少したと考えられ、その場合、含水比の減少につれ飽和度はあまり変化しないが、体積は収縮を起し、乾燥密度が大きくなったと考えられる。それによって一軸圧縮強度は含水比の減少に伴い増加するものと思われる。含水比約22%以下20%まではFig. 1において乾燥密度はあまり増大せず、Fig. 9における一軸圧縮強度も同様にそれほど増大していない。また、水浸供試体は吸水膨張により含水比が増加し強度が低下する(1)。

以上のようにこの泥灰岩の強度は含水比によって変化する。含水比の増加は泥灰岩の粘土化と考えられ、一方含水比の減少は特に含水比約22%を境に泥灰岩の状態変化(収縮限界等)をもたらすものと思われる。



**Fig. 9 Relation of unconfined compressive strength and natural water content**

4) 一軸圧縮強度とヤング率の関係について

自然泥灰岩の変形特性の目安として、供試体の応力ひずみ関係においてひずみが0.50%以内の直線部分から静的弾性係数 $E_s$ および一軸圧縮強度の $1/2$ に相当する応力とひずみの比である変形係数  $E_{50}$ を算出した。

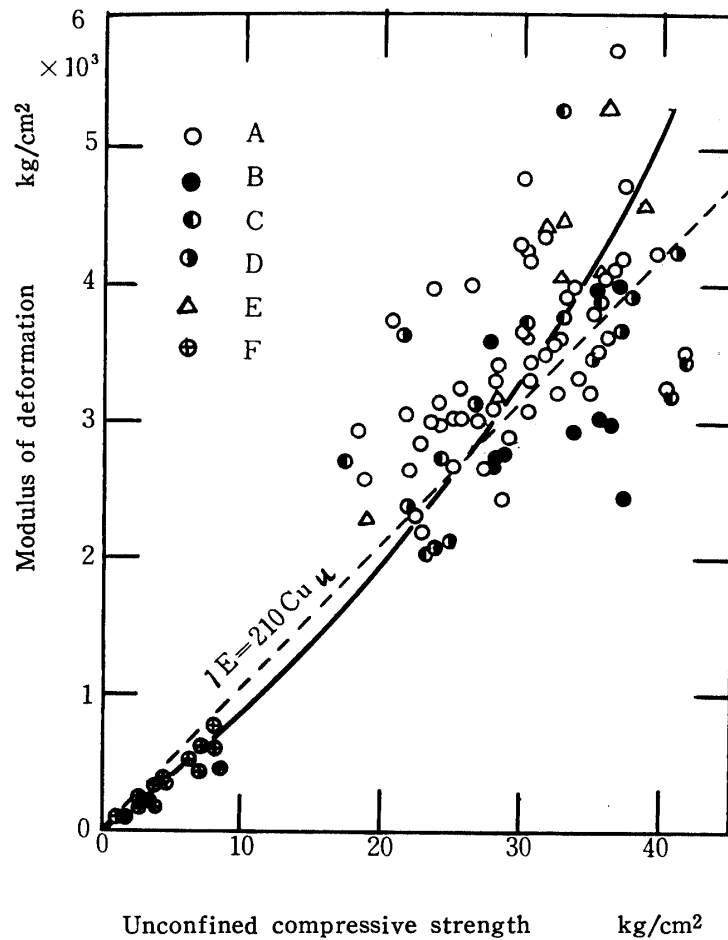
一軸圧縮強度と変形係数の関係を示すとFig. 10のようになる。自然泥灰岩では両者の間はかなり散らばっているが、水浸泥灰岩を含めて考えると一軸圧縮強度の増加に伴い変形係数は大きくなる傾向にある。高塑性の粘土に対して $E = 210 C_u = 210 \times q_u / 2$ なる一次関係が存在すると言われている(3)が、この関係と比較すると水浸泥灰岩では変形係数が低めに、また自然泥灰岩では全体的に高めにあらわれており、一軸圧縮強度と変形係数の間には一次関係は認めがたい。

応力ひずみ曲線における直線部分から静的弾性係数を求めることはわずらわしい。そこで静的弾性係数と変形係数の関係を示すとFig. 11のようになる。この泥灰岩に対して、これらの関係は

$$E_s = (1 \sim 1.25) E_{50} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

で表わすことができる。ただし、静的弾性係数は常に変形係数より大きいか、または等しいと仮定して算出した。





**Fig. 10 Plots of unconfined compressive strength to modulus of deformation**

自然泥灰岩の静的弾性係数および変形係数は一軸圧縮強度同様各供試体ともかなりばらつきがあるが、供試体の寸法による変形係数の変化を示すと Fig. 12 のようになる。これによると、縦横比が2より大きくなると変形係数は増加する傾向にあるようである。静的弾性係数も同様な傾向を示していた。

### 3. 吸水による一軸圧縮強度の低下

自然泥灰岩を水浸すると吸水膨張を起し一軸圧縮強度および静的弾性係数が低下することをすでに第1報で報告した(1)。また今回の実験でもすでに水浸泥灰岩の一軸圧縮強度をFig. 9に、変形係数をFig. 10に示した。第1報では3ヶ所の地点から採取した試料について水浸による強度の低下は吸水膨張量に影響されることを示したが、今回の実験では同一地点から採取した供試体の水浸一軸圧縮強度は $1.05\text{kg/cm}^2$ から $8.48\text{kg/cm}^2$ にまたがっている。いま自然泥灰岩の一軸圧縮強度に対して水浸泥灰岩と

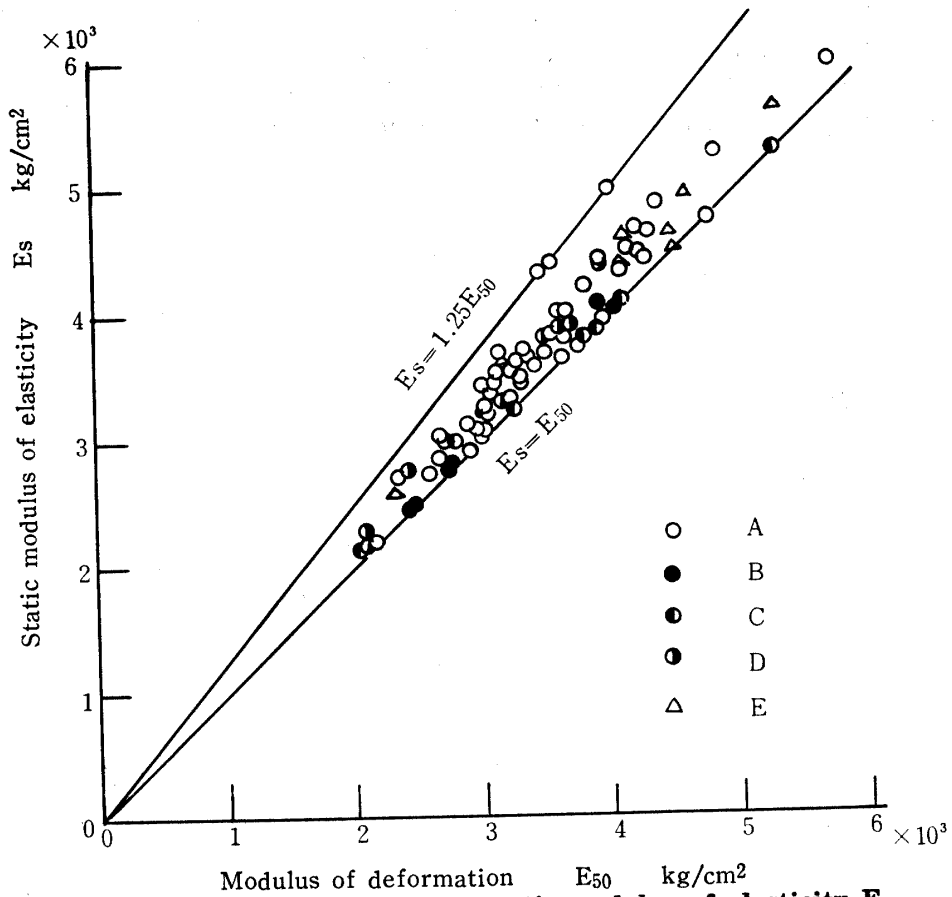


Fig. 11 Relation between static modulus of elasticity  $E_s$  and modulus of deformation  $E_{50}$

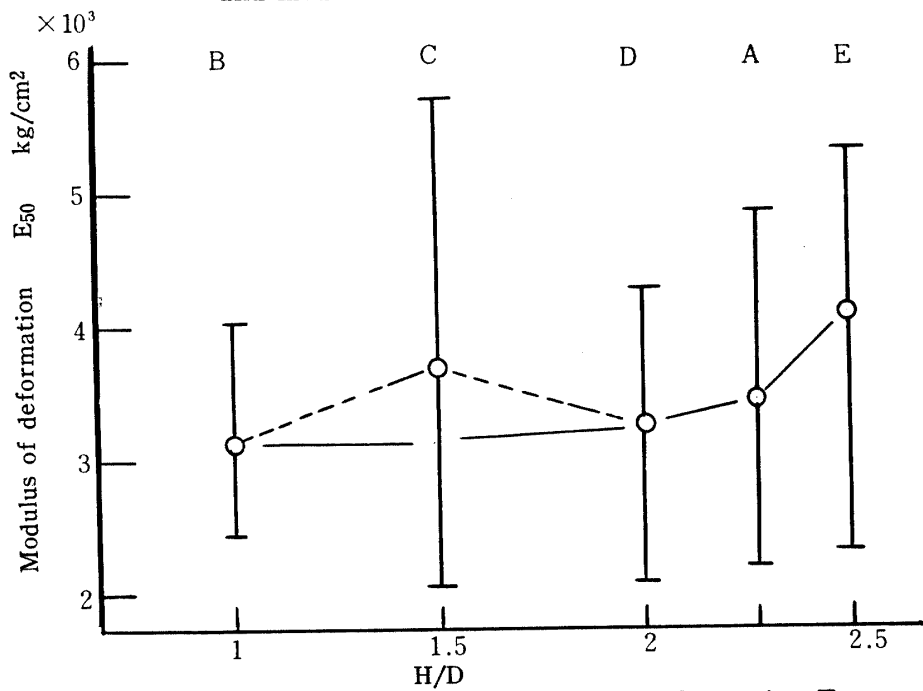
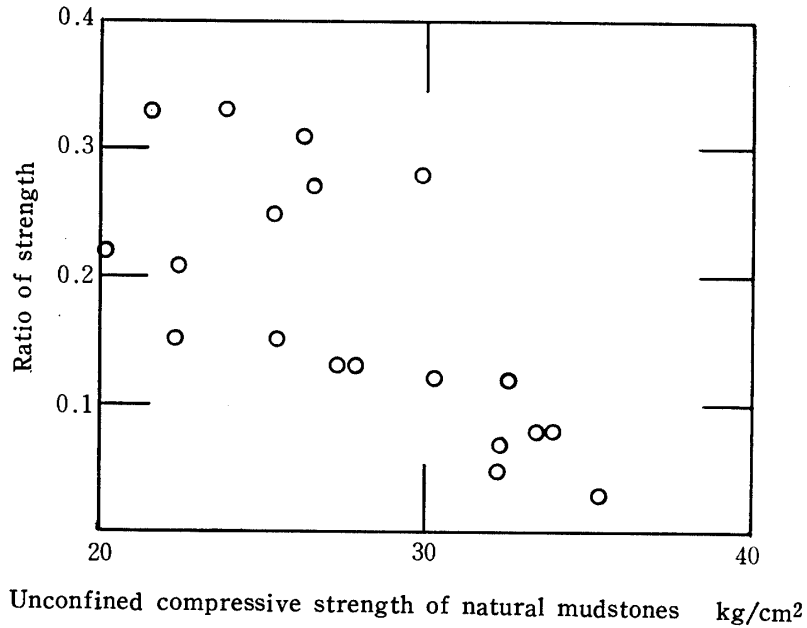
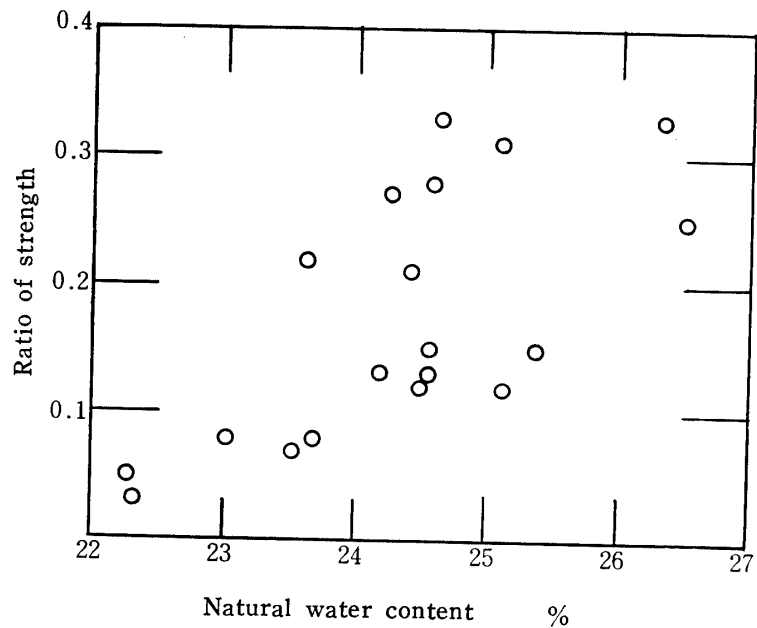


Fig. 12 Relation between modulus of deformation  $E_{50}$  and height/diameter ratio

自然泥灰岩の一軸圧縮強度の強度比をプロットするとFig. 13 のようになる。これによると自然泥灰岩の一軸圧縮強度が大きいほど強度比は小さくなる傾向にある。さらに自然泥灰岩の含水比に対して強度比をプロットすると Fig.14 に示すようになり、初期含水比が低いほど強度比は小さくなる。Fig.13 と Fig. 14 の関係は Fig. 9 に示したように含水比が低いほど強度が大きくなることから推定される。



**Fig. 13 Plots of strength of sucked mudstones/strength of natural mudstones ratio to unconfined strength of natural mudstones**



**Fig. 14 Plots of strength ratio in Fig.13 to initial water content of natural mudstones**

また自然泥灰岩を水浸すると吸水膨張を起こしその乾燥密度は水浸前より低くなる。そこで水浸泥灰岩の乾燥密度と自然泥灰岩の乾燥密度比を自然泥灰岩の含水比に対してプロットするとFig. 15 のようになる。このことは初期含水比が低いほど吸水膨張が大きくなり、乾燥密度が低くなることを示している。この乾燥密度の低下によって強度も小さくなることがわかるが、さらにその乾燥密度の減少が大きいほど強度比も小さくなる。

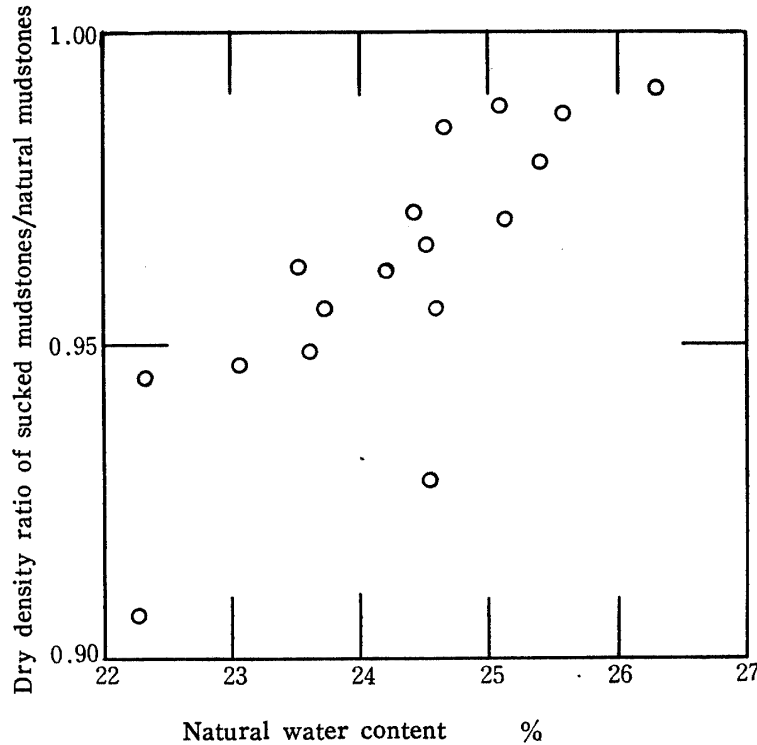


Fig. 15 Decrease of dry density due to sucking of water

#### IV 結 論

本報告では沖縄の南風原村の1地点から採取した泥灰岩についての一軸圧縮強度を調べた。自然泥灰岩の一軸圧縮強度特性として次のことがわかった。

- 1) 泥灰岩円柱供試体の破壊形式はくさび形の破断面から破壊を起こす。
- 2) 一軸圧縮強度は17.40kg/cm<sup>2</sup> から41.56kg/cm<sup>2</sup> にまたがっている。
- 3) 自然泥灰岩の一軸圧縮強度は自然含水比によって変化し、自然含水比の低いものほど強度は大きくなる。
- 4) 一軸圧縮強度と変形係数の間には一次関係を見出すことはできないが、Fig. 10 に示すような傾向にある。
- 5) 自然泥灰岩を水浸すると強度が低下するが、自然含水比の低いものほど強度の低下が著しい。これは自然含水比の低いものほど水浸すると吸水膨張を起こし、乾燥密度が低下するからである。

終りに実験を行なうに当たり、実験の便宜を計っていただいた本学理工学部土木工学科に感謝の意を表わします。

### 参 考 文 献

1. 新城俊也 1971 沖縄における泥灰岩の工学的特性 (I) 乾燥と水浸の影響について, 琉球大学農学部学術報告, 18: 127~136
2. \_\_\_\_\_ 1972 沖縄における泥灰岩の工学的特性 (II) 泥炭岩地山の切取について, 沖縄農業 (投稿中), 10:
3. 竹中準之介 1968 一軸圧縮試験, 土質調査試験結果の解釈と適用例, P178, 東京, 土質工学会
4. 山口梅太郎, 西松裕一 1967 岩石学入門, 東京, 東京大学出版会

### Summary

This study was carried out to investigate unconfined compressive strength characteristics of mudstones (Shimajiri clay) with natural water content, which were sampled from Haebaru, Okinawa Island, Ryukyus. Compression tests were done on cylindrical specimens.

The conclusions are summarized as follows:

- 1) The type of failure is brittle failure in most cases.
- 2) Unconfined compressive strength ranges from 17.40 kg/cm<sup>2</sup> to 41.56 kg/cm<sup>2</sup>.
- 3) Unconfined compressive strength is affected by natural water content and its strength is high as natural water content decreases.
- 4) Relation between unconfined compressive strength and modulus of deformation is shown in Fig. 10, but there does not exist linear relation.
- 5) When natural mudstones are inundated, their strength fall due to sucking of water. Strength of natural mudstones which have low water content decreases especially, because amount of decrease in their dry density due to sucking of water is large.