

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 (I) : 乾燥と水浸の影響について(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, Shinjo, Toshiya メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4493

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*

新城 俊也**

Toshiya SHINJO : Engineering properties of mudstones (Shimajiri clay)
from Okinawa Island, Ryukyus (I)
On the influence of drying and wetting on mudstones
with natural water content.

I は し が き

沖縄本島の中部から南部にかけて広く分布している泥灰岩は地質学的には第三系に属し、島尻層群中の泥岩層であるが(1, 2), 粘土鉱物等が堆積圧密され、固結した粘土、あるいは、かなりの過圧密粘土とも考えられる。この泥灰岩は自然地山では岩状をなしているが、大気にさらされている部分はげしく風化を受け、降雨時には泥ねい化する粘土になる。

沖縄における泥灰岩は土工機械で簡単に削り取ることができ、土地造成を行ない、十分支持力があるものとしてその上に構造物を設置している。しかし、堀削して乱した状態のものについては大きな塊状を含んでいるので施工管理がむづかしいこと、また風化が激しく泥ねい化するなどの理由で大規模な盛土工事の材料としては敬遠されている。

泥灰岩等の軟岩は土木工事に不安定なものが多く、種々のやっかいな問題をひき起こすことが多いといわれている。地すべり母岩としての泥岩の軟弱化についてはすでに報告があり(3), 沖縄における泥灰岩についても同様なことが予想される。また、盛土材料として使用する場合、泥灰岩の塊は岩片とみなし、礫まじり土としての締固め施工管理を行なう必要がある。さらに堀削から締固めの間、あるいは締固め後、岩片は乾燥したり、水浸されたりすることが考えられる。そこで外的条件の変化による泥灰岩の物性の変化を知ることは重要なことと思われる。

本研究では泥灰岩が乾燥および水浸作用を受けると泥灰岩の特性がどのように変化するかを調べた。

II 試料および実験

試料は第1表に示すように沖縄本島の3ヶ所において土地造成のためにブルドーザーで一度起こした泥灰岩の塊を採取し実験に供した。

-
- * 農業土木学会九州支部 第36回農業土木学会九州支部 沖縄学会講演会にて一部発表
 - ** 琉球大学農学部農業工学科
琉球大学農学部学術報告 18:127~136 (1971)

第1表 試料および成形時の供試体の状態

試料	採取地	比重	実験名	採取時含水比 W (%)	単位体積重量 γ_t (g/cm ³)	飽和度 Sr (%)
A	豊見城村 翁長	2.78	収縮試験	22.0 ~23.5	2.01 ~2.05	90.4 ~96.2
			スレーキング	21.2 ~24.1	2.00 ~2.06	89.8 ~95.5
			吸水膨張	19.5	2.09	92.5
			一軸圧縮試験	20.5 ~23.3	2.01 ~2.08	86.0 ~94.6
B	美里村 泡瀬	2.77	吸水膨張	22.2	2.09	99.2
			一軸圧縮試験	19.2 ~23.1	2.06 ~2.11	94.2 ~100.0
C	南風原村	2.78	吸水膨張	23.8	2.04	100.0
			一軸圧縮試験	23.7 ~25.6	2.02 ~2.06	95.1 ~97.8

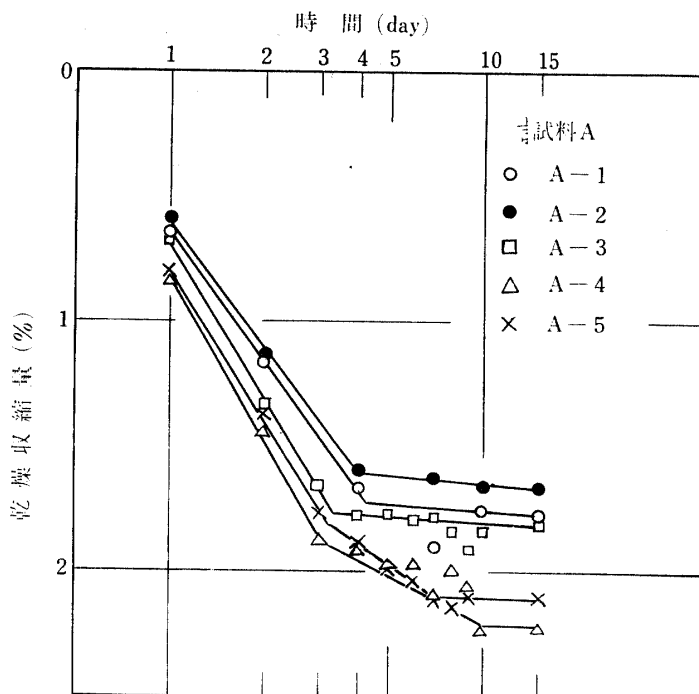
実験は泥灰岩の状態が乾燥および水浸作用によってどのような変化を示すかを調べるために、乾燥収縮、スレーキング、吸水膨張試験を行ない、さらに、これらの状態の変化が強度にどのような影響を及ぼすかを調べるために一軸圧縮試験を行なった。

実験に供した供試体は自然含水比（採取時含水比）状態の泥灰岩の塊をストレートエッジで削り取りながら成形した。比重および成形時の含水比、単位体積重量、飽和度は第1表に示してある。単位体積重量の測定は円柱供試体についてはノギス法、その他の供試体については水銀による体積置換法によって求めた。

III 実験結果および考察

1. 乾燥収縮について

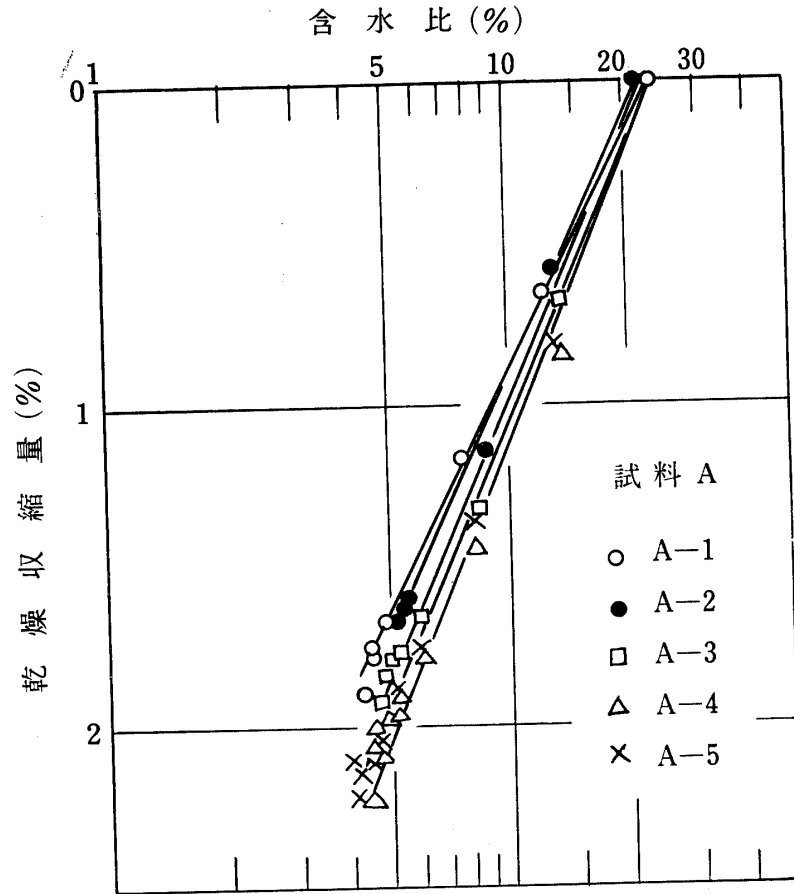
試料Aについて自然含水比状態ではほぼ1辺が4cmの立方体に成形し、室内で空気乾燥させ体積変化を調べた。体積は水銀による体積置換法で求めた。



第1図 収縮量～時間曲線

体積変化量ともとの体積の割合に対して空気乾燥日数を対数でとってプロットすると第1図のようになる。この収縮量～時間曲線によると、3～4日までは急激に体積が変化、それ以後はゆるやかに変化し、ほぼ一定の体積に落ち着く。なお、含水比および重量変化についても同様な傾向がみられ、4日以後の含水比は各供試体とも5%前後であった。これは水分が供試体の表面から蒸発するにつれ、内部の水分も表面に吸い上げられ、それにつれて粒子がお互に接近し、岩塊全体が収縮する。収縮がほぼ落ち着いた後も収縮量の変動するのは空気中の相対湿度の変化に影響されたものと思われる。収縮量～時間曲線は飽和粘土の圧密～時間曲線と類似の形をしている。これは乾燥により含水比が減少し、それに伴い間ゲキ水の張力が増加し、それによって供試体が圧密されたものと考えられる(4)。

次に収縮量と含水比の関係をプロットすると第2図のようになる。ここに横軸は含水比を対数目盛でとってある。この図において収縮量と含水比は直線関係にあるが、室内乾燥以下の含水比において、この直線性は保たれず、収縮量はほぼ一定の値を保つものと考えられる。

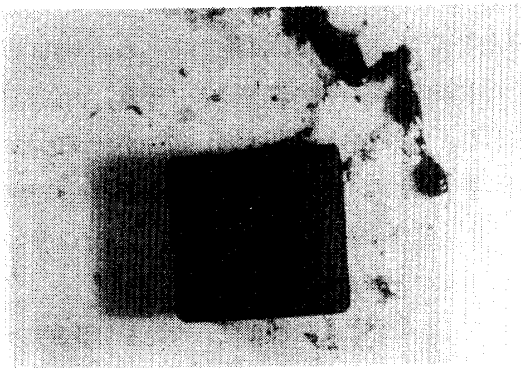


第2図 収縮量と含水比の関係

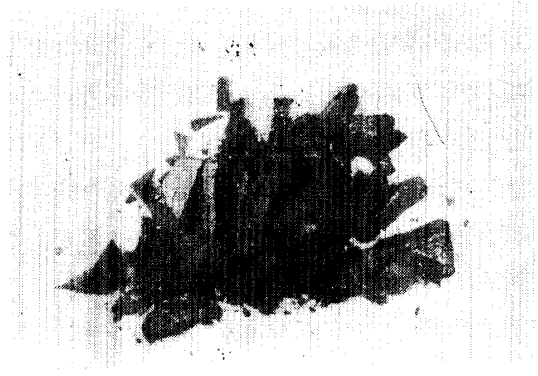
以上のことから、この泥灰岩は乾燥すると含水比が減少し、それにつれて収縮を起こす。

2. スレーキングについて

試料Aについて自然含水比状態で1辺がほぼ4cmの立方体に成形し、自然含水比状態と空気乾燥状態について72hr水浸し、スレーキングを観察した。



第3図 自然含水比状態、水浸72時間後 (試料A)

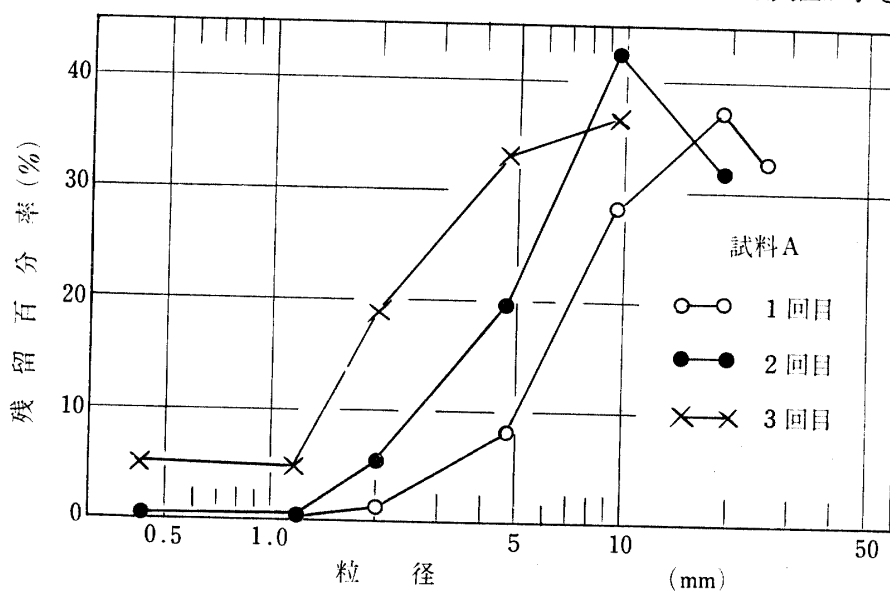


第4図 空気乾燥後、水中でスレーキングした泥灰岩 (試料A)



第5図 空気乾燥後、水浸と乾燥を3回繰返し、スレーキングにより細片化した泥灰岩(試料A)

自然含水比状態の試料は第3図に示すように、まれに1本ほど亀裂を生ずるものもあったが、ほとんどの供試体についてスレーキングは観察されなかった。しかし、空気乾燥した供試体は第4図に示すように水浸と同時に激しくスレーキングを起こし、崩壊することが観察された。さらに、同一供試体について空気乾燥と水浸(各々72hr)の繰返しを行ない、繰返し3回目の水浸によるスレーキングの状態を第5図に示した。これによると乾燥と水浸の繰返しによって固結した塊が細片化していくことがわかる。この細片化を量的に示すために、同様な供試体について空気乾燥後、水浸と空気乾燥の繰返しを各々72hrずつ3回繰返し、各回とも空気乾燥72hr後にフルイを通し、細片化した塊の粒径分布を調べた。供試体はあらかじめ3個準備し、同一条件で乾燥、水浸の繰返しを行ない、一度フルイを通したものは次のフルイ分けに使用していない。また、フルイに留まる量の重量は空気乾燥状態で測定した。各繰返し回数に対して各フルイに留まる量と塊の径の関係を示したのが第6図である。これによると最初1辺4cmの立方体の供試体は空気乾燥と水浸の繰返し回数が増加するにつれ、塊の最大径が小さくなり、



第6図 乾燥、水浸の繰返しによる泥灰岩の細片化

細かい粒径の量が増加し、細片化が進むことがわかる。このような湿乾の繰返しが続いていくと人工的に乱さなくても最終的には粘土化するものと考えられる。

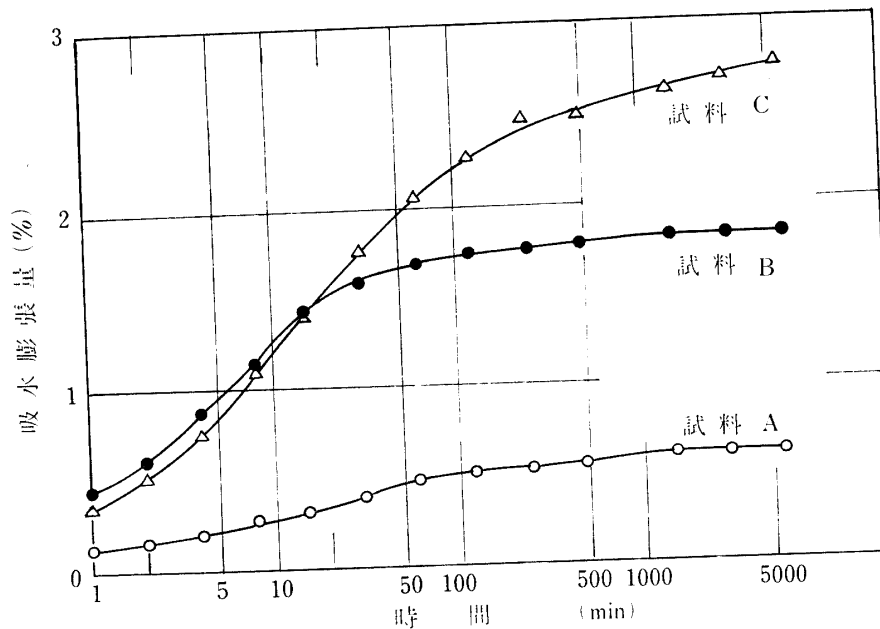
自然地山の泥灰岩層の切取斜面等において表面が大気にさらされると湿乾の影響を受けて、泥灰岩の固結度が低下、粘土化し、力学的な強度を失ない、斜面表層のすべりを起こすものと考えられる。

3. 吸水膨張について

自然含水比状態では水浸してもスレーキングはほとんど観察されなかったが、水浸することによってどの程度その状態が変化するかを調べるために吸水膨張量を測定した。

実験は各試料について自然含水比状態で直径6cm、厚さ2cmの円柱供試体に成形、圧密リングを使用、側方拘束、鉛直方向無載荷の状態の水浸し、鉛直方向への吸水膨張量を測定した。

横軸に対数で時間を、縦軸に膨張量（もとの高さに対する吸水変化量の割合）をとって膨張曲線を示すと第7図のようになる。これによると試料C、B、Aの順に膨張量は大きく、これらの膨張曲線は圧密～時間曲線と類似の形をなしている。



第7図 膨張量～時間曲線

以上のことから自然含水比の泥灰岩は水浸すると、吸水膨張を起し、密度が小さくなる。このことは肉眼で観察されるほどのスレーキングを示さなくても、力学的特性に何らかの影響を与えているものと予想される。

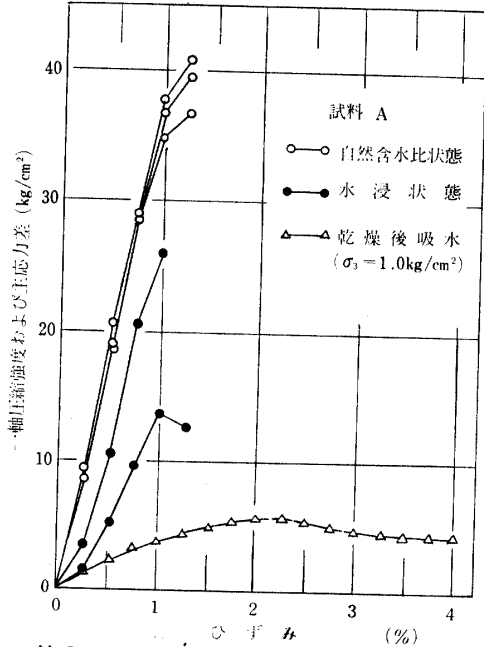
4. 一軸圧縮強度について

自然含水比状態の泥灰岩は水浸すると吸水膨張を起し、その乾燥密度は減少する。また、空気乾燥した泥灰岩は水浸すると激しくスレーキングを起す。このように泥灰岩の状態が変化すると、その物理状態も変わり、力学的特性にも影響を及ぼすものと考えられる。

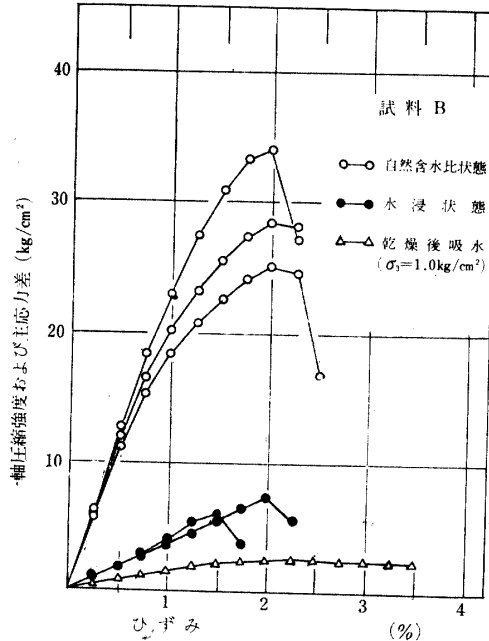
泥灰岩の状態の変化による力学的特性の変化を調べるために一軸圧縮試験を行なった。供試体は各試料について自然含水比状態で直径3.5cm、高さ8cmに成形した。供試体の試験状態としては、1) 自然含水比状態、2) 成形後7日間以上水浸し、吸水自由膨張させた状態、3) 成形後空気乾燥させ、その後、十分吸水させスレーキングさせた状態である。試験状態3)については吸水させた場合、スレーキングを起し、供試体が自立することができない。そこで三軸圧縮試験機を利用し、供試体をメンブレンで包み、三軸セル内に水を満たし、供試体を24hr吸水自由膨張させた。しかし、そのまゝでは強度は

ほとんど期待できなかったので、側圧し 1 kg/cm^2 で24hr圧密し、軸方向力を作用させ、主応力差でもって他の一軸圧縮強度と比較した。また各状態とも軸方向変位毎分1%のひずみ制御で行なった。

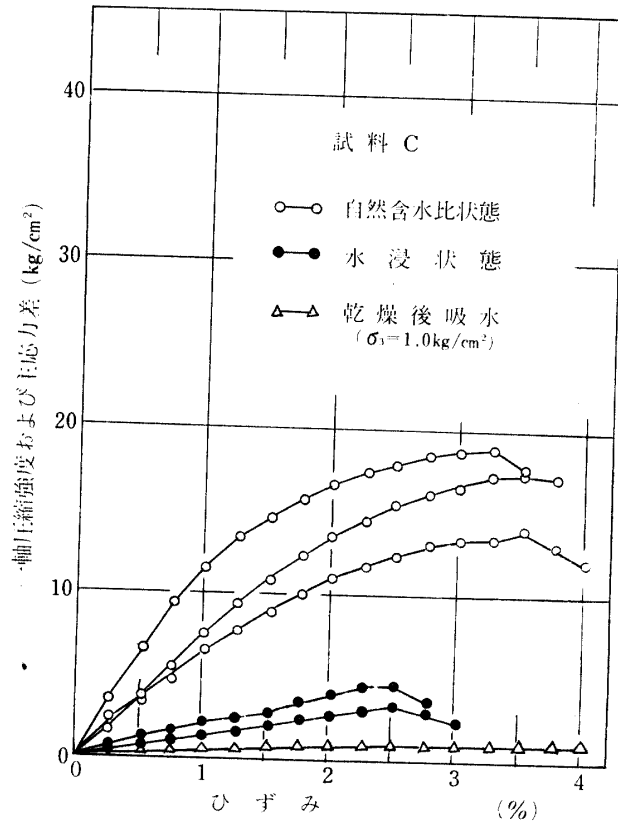
各試料の各状態についての応力～ひずみ曲線は第8図、第9図および第10図に示してある。これによ



第8図 応力～ひずみ曲線 (試料A)



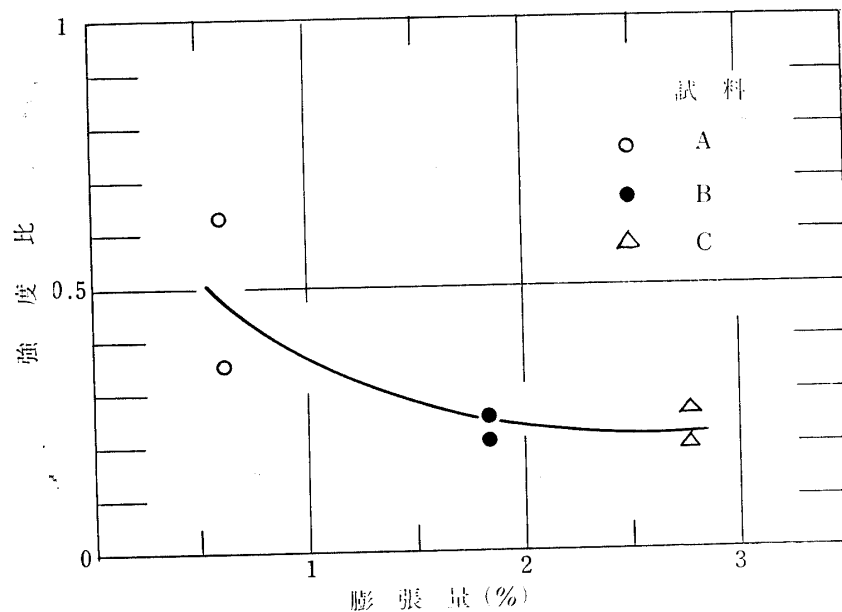
第9図 応力～ひずみ曲線 (試料B)



第10図 応力～ひずみ曲線 (試料C)

ると各試料とも自然含水比状態および水浸状態の強度にはバラッキがあるが、最大強度はほぼ同ひずみのところで生じている。また試料が異なるとその応力～ひずみ曲線も異なっている。

自然含水比状態に比べて水浸状態の一軸圧縮強度はかなり低下しており、かつ最大強度の生ずるひずみは水浸状態の方が自然含水比状態より小さい。いま各試料の吸水膨張量に対して自然含水比状態と水浸状態の強度比の関係を示すと第11図のようになる。ここに強度比は自然含水比状態の強度の平均値に



第11図 吸水膨張による強度の低下

対して水浸状態の各供試体の強度の比でもって表わした。これによると水浸した場合、吸水膨張量の大きいものほどその強度は低下することがわかる。これは水浸すると粒子のまわりに十分水が供給され、粒子間の結合力が低下、岩塊の体積も増加し、強度も低下するものと考えられる。

また各試料とも強度にバラッキがあったり、水浸状態の方が小さなひずみで破壊するのは、試料の掘削から成形の間に何らかの衝撃を受け、潜在的なクラック面の結合力が弱くなり、水浸するとそのクラックに水が入り、一層結合力が弱まったことに原因するものと思われる（水浸試料の一軸圧縮試験において、ひずみ0.50%ですべった供試体もあった）。

空気乾燥後水浸した供試体の応力～ひずみ曲線は他の二つの状態に比べて明確なピークが現われず平らであり、普通の塑性的な粘土と同じ曲線を示している。これは空気乾燥後吸水することにより供試体がスレーキングを起こし、細片化、さらにその一部が粘土化したことによるものと考えられる。しかし、これは 1 kg/cm^2 で等方圧密した状態であり、スレーキングさせ圧密を行なわないままだと強度はほとんど失われる。

一軸圧縮試験結果から求めた静的弾性係数を示すと第2表のようになる。ここに静的弾性係数は最大

第2表 静的弾性係数

kg/cm²

試料 状態	A	B	C
自然含水比状態	3.74×10 ³ ~4.14×10 ³	1.90×10 ³ ~2.30×10 ³	5.93×10 ² ~9.60×10 ²
水浸状態	1.36×10 ³ ~2.77×10 ³	3.50×10 ² ~3.86×10 ²	1.36×10 ² ~2.04×10 ²

強度を生ずるひずみの50%ひずみのところまでを直線におきかえて求めた。これによると泥灰岩の状態が変化し、軟弱化すると静的弾性係数も小さくなる。

以上のように自然含水比状態の泥灰岩は水浸あるいは乾燥と水浸の繰返しの影響によって軟弱化し、強度も低下する。

IV 結 論

本研究では沖縄に分布している泥灰岩が乾燥や水浸作用を受けた場合の泥灰岩の状態の変化、またその状態の変化が一軸圧縮強度にどのような影響を与えるかを調べた。行なった実験から沖縄に分布している泥灰岩の特性について次のことが言える。

- 1) 泥灰岩は乾燥すると含水比の減少に伴い収縮を起こす。
- 2) 自然含水比状態の泥灰岩は水浸すると吸水膨張を生ずるが、スレーキングによる破壊はみられない。
- 3) 空気乾燥した泥灰岩は水浸すると激しくスレーキングを起こし崩壊する。
- 4) 泥灰岩は湿乾の繰返しによって塊が細片化し、粘土化が進むと推定される。
- 5) 水浸した泥灰岩の強度は自然含水比状態の強度よりかなり低く、かつ吸水膨張量の大きい試料ほど強度の低下は大きい。
- 6) 自然含水比状態の泥灰岩は水浸すると静的弾性係数も小さくなる。

泥灰岩の自然状態における性質は乾燥や吸水によって変化する。仲野(2)は泥岩について上述の状態の変化が地すべりの原因であるとし、その防止対策を立案しており、沖縄本島の泥岩増についても同様な対策が必要であろう。また、この泥灰岩を盛土材料として取扱う場合、自然状態ではかなりの強度を示すので、レキまじり土として施工管理をする必要があり、さらにこの泥岩レキは外的条件によって軟弱化していくので、軟弱化の過程をも考慮して締固めの施工管理を行なっていく必要がある。

終りに本研究を行なっていくに当たり、実験に協力下さった本学農業工学科卒業生中村一幸、山城義雄両君に感謝の意を表わします。

参 考 文 献

- 1) 福田 理 其他 1957 第3次沖繩天然ガス鉱床調査の記録, 地質ニュース, **157**:14~31
- 2) ————— 1957, 第3次沖繩天然ガス鉱床調査の記録, 地質ニュース **158**:16~22
- 3) 仲野良紀 1965 第三紀層地すべり母岩(泥岩)の軟弱化と物性の変化について, 農業土木試験場報告 **4**:143~169
- 4) テルツアギ, ペック 1967 土質力学(基礎編), 丸善 p122~126

Summary

This study was carried out to investigate the influence of drying and wetting on mudstones (Shimajiri clay) with natural water content, which were sampled from Okinawa Island, Ryukyus.

Tests done in this study were shrinkage, slaking, swelling and unconfined compression tests. The unconfined compression tests were done on specimens (diameter 3.5cm, height 8cm) of mudstones with natural water content and that immersed in water more than seven days.

The conclusions are summarized as follows:

- 1) Mudstones shrink as their water content decreases.
- 2) Those mudstones with natural water content swell in water, but they do not disintegrate.
- 3) After air-drying, they rapidly slake in water.
- 4) They are disintegrated by repetition of drying and wetting, and it seems that they gradually turn into clay.
- 5) Unconfined compressive strength q_{us} of water-immersed mudstones is smaller than the q_{un} of natural mudstones, and the more the mudstones swell, the more the ratio of q_{us} to q_{un} decrease.
- 6) When mudstones with natural water content are immersed in water, their static modulus of elasticity fall.