

破碎性砂の一次元圧縮クリープ特性と K_0 値への影響

琉球大学農学部 新城 俊也

1. はじめに

砂は一般に圧縮性が小さく、時間依存性の少ない材料とみなされている。一方、破碎性の砂では粒子破碎に伴って力学挙動が変化し、圧縮性の増大とクリープ変形が著しくなるとされている。

本研究ではさんご礁の石灰質砂について粒子破碎が発生する応力域での一次元圧縮クリープ試験を行い、圧縮性およびクリープ特性と K_0 値の時間依存性について検討した。

2. 試料および実験方法

試料はさんご礁海域から採取した石灰質砂である。土粒子密度は 2.77 g/cm^3 、 CaCO_3 含有量は 90% 以上である。実験には、 0.85 mm ふるいを通し 0.425 mm ふるいに留まる粒度調整試料を用いた。最大間隙比と最小間隙比はそれぞれ $e_{\max}=1.8$ 、 $e_{\min}=1.2$ である。

一次元圧縮試験装置は、内径 60 mm 、高さ 25 mm のリングからなり、リング側面にストレングージを接着し側方応力を測定可能にしてある。

実験はゆる詰め ($e=1.6$) と密詰め ($e=1.3$) について、一次元圧縮試験と降伏圧縮応力を跨ぐ応力増分下でのクリープ試験を行った。

3. 圧縮特性と K_0 値

一次元圧縮試験は、段階载荷による最大上載圧力 14 MPa までの载荷-除荷試験である。各荷重段階における载荷時間は 5 分間とした。

図 1 は圧縮ひずみ ε_1 と鉛直応力 σ_v の関係を $\varepsilon_1 - \log \sigma_v$ 関係で示してある。キャサグラント法で求めた圧縮降伏応力はゆる詰めで $P_y=1.1 \text{ MPa}$ 、密詰めで $P_y=1.9 \text{ MPa}$ である。降伏後、圧縮性が顕著になり、圧縮指数 C_c はゆる詰めと密詰めいずれにおいても 0.6 となっている。図 2 は各荷重段階での側方応力 σ_H と鉛直応力 σ_v の比として求めた K_0 値と鉛直応力の関係を载荷過程について示したものである。ゆる詰めと密詰めの差は明確でないが、 K_0 値は低応力域で $0.4-0.5$ にあるが、圧縮降伏応力に相当する鉛直応力付近から増大し、鉛直応力 5.5 MPa 付近では $K_0=0.6$ 、 11 MPa 付近では $K_0=0.7$ 程度を示している。砂では圧縮降伏応力を境に粒子破碎が顕著になり、 K_0 値は粒子破碎とともに急激に増大する傾向にある。

4. クリープ特性と K_0 値への影響

一次元圧縮クリープ試験は、先行応力 0.5 MPa と 1 MPa から圧縮降伏応力を跨いで鉛直応力をそれぞれ 5.5 MPa と 11 MPa に増大させ、一定応力下で行った。载荷時間は 7 日間である。

図 3 にクリープ試験結果による圧縮ひずみ ε_1 と経過時間 t の関係を $\varepsilon_1 - \log t$ 関係で示した。圧縮ひずみは時間経過とともに増大しており、クリープ変形が認められる。クリープ変形は時間の経過とともに定常クリープに移行するが、 1000 min 経過付近から再び $\varepsilon_1 - \log t$ 関係の勾配が増大する特異な傾向を示している。図 4 はクリープ変形時の K_0 値の変化を経過時間を普通目盛で示したものである。 K_0 値は载荷直後粒子破碎を伴って大きな値を示すが、時間の経過に伴って徐々に減少する傾向にある。しかしながら、応力

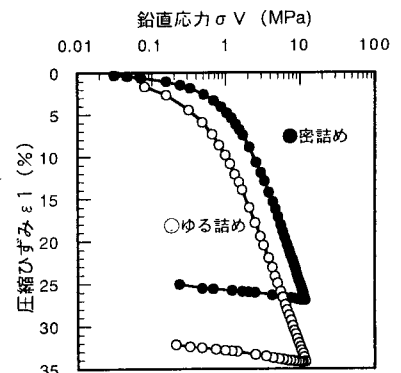


図1 圧縮曲線 ($\varepsilon_1 - \log \sigma_v$)

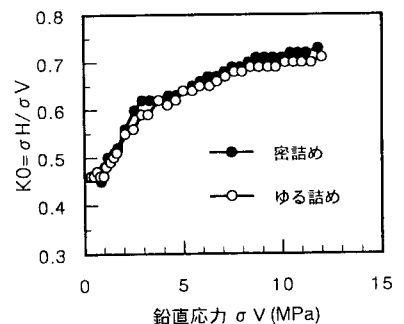


図2 K_0 と鉛直応力の関係

増分 5MPa の応力作用下ではゆる詰めと密詰めともに K_0 値が 1000min オードの時間経過後に増大し、その後再び減少傾向を示している。鉛直応力 σ_v と側方応力 σ_h を主応力とみなすと、 K_0 値の減少は主応力比の増加を意味しており、クリープ変形に伴ってせん断応力がある程度増加すると、再び粒子破碎が発生し、それに伴って K_0 値は増大することが推察される。図 5 はクリープ試験後の粒度変化を示したものであり、応力増分 10MPa 作用の場合に比較して応力増分 5MPa の作用下での粒子破碎の程度は小さくなっている。

図 6 はひずみ速度とクリープ時間の関係を示してある。ひずみ速度は時間の経過とともに減少し、これらの関係は 10min 付近で折れ点を有する線形関係にある。しかも、ひずみ速度は 1000min 以降では一定となっている。

4. まとめ
- 1) 粒子破碎の伴って圧縮性が顕著となり、 K_0 値も増大する。
 - 2) 圧縮降伏応力をまたぐ応力増分下でのクリープ試験ではクリープ変形は定常クリープに至るが、その後再び圧縮ひずみの増加が見られる。
 - 3) クリープ変形時の K_0 値は時間の経過に伴って減少するが、その後クリープ時の粒子破碎に伴って再び増加する。
 - 4) ひずみ速度と経過時間の関係は両対数紙上で折れ点を有する線形関係で示されるが、1000min 以降ではひずみ速度は一定となる。

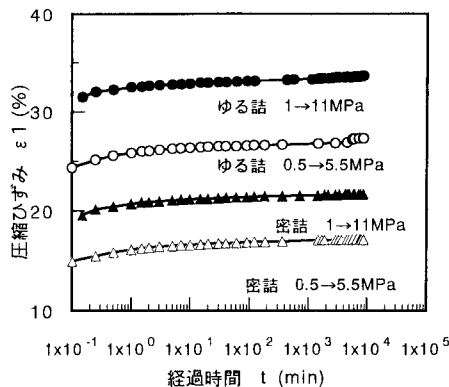


図3 ϵ_1 -log t 関係

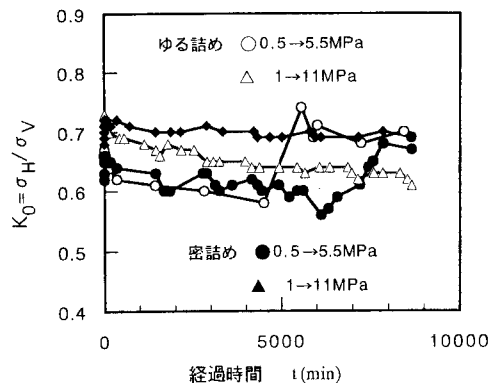


図4 K_0 と時間の関係

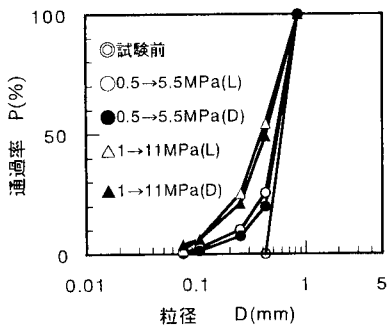


図5 クリープ後の粒度変化

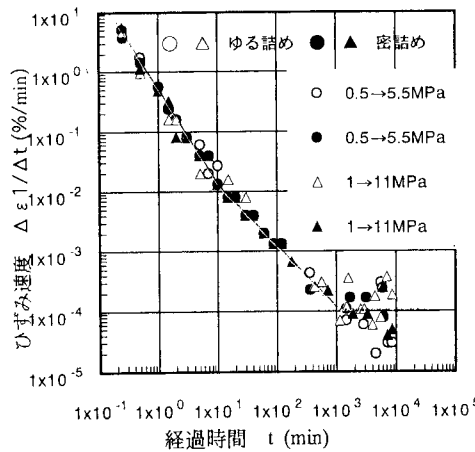


図6 ひずみ速度とクリープ時間の関係