

最適含水比で締固めたベントナイト混合土のせん断特性

山口大学工学部

正 員 安福規之 兵動正幸 村田秀一

山口大学大学院

学生員 ○大原 誠 梶原佳幸

中央復建コンサルタンツ(株) 正 員 中野尊之

1. まえがき

大深度における重要構造物やその支持地盤の長期安定性を評価するためには、構造物と支持地盤との間に充填する土質材料（以後、充填材と称する）の力学挙動を明確にする必要がある。充填材の力学挙動はベントナイト配合率や拘束圧の増加によって異なることが推察される。本報告は、このような観点から充填材としてよく使用されるベントナイト混合材の不飽和状態におけるベントナイト配合率と拘束圧の影響について実験的に検討を行うものである。

2. 試料の調整方法と供試体作製方法

三河珪砂（株）製の珪砂 V5号、V3号、6号、R5.5号および細粒珪砂を重量比で1:2:2:2:3で総重量が1kgになるように混合し、さらに混合した珪砂にベントナイトが所定の重量比 9:1と8:2と7:3（以後、それぞれベントナイト10%, 20%, 30% と称する）になるようにベントナイトを加える。今回これらの試料を用いて各実験を行った。各ベントナイト混合材の物理的性質は、表1に示す通りである。供試体は、供試体作製用モールド（直径5cm, 高さ10cm）中に表1に示す最適含水比になるように水を混ぜて調整した試料を10層に分けてタンパーで突固めて所定の密度（ $0.95 \gamma_{dmax}$ ）になるように作成する。なおモールドには水浸を促進し、かつ供試体中の飽和度の分布ができるだけ少なくなるように、2mm 径の小さな穴を数多くあけている。

表1 ベントナイト混合材（ベントナイト+珪砂）の締固め試験結果と物理的性質

ベントナイト配合率	最大乾燥密度 (kgf/cm ²)	最適含水比 (%)	比重
10%	1.82	11.9	2.655
20%	1.88	11.2	2.655
30%	1.86	12.3	2.653

3. 実験方法

用いた試験機は通常の三軸圧縮試験機であり、所定の拘束圧まで等方圧密した後、側圧一定排水排気条件下でせん断を行う。せん断は、ひずみ制御方式（ひずみ速度 0.05%/min）で軸ひずみが 20%まで行う。供試体の体積変化は、三軸セル中に満たした測液（脱気水）の変化量を計ることによって求める。また、本論文で用いた主要なパラメータは、平均主応力 $p=(\sigma_1+2\sigma_3)/3$ 、軸差応力 $q=\sigma_1-\sigma_3$ 、応力比 $\eta=q/p$ 、軸差ひずみ $\varepsilon=2(\varepsilon_1-\varepsilon_3)/3$ 、体積ひずみ $v=\varepsilon_1+2\varepsilon_3$ である。

4. 実験結果と考察

(1) 拘束圧の違いによる応力ひずみ関係

図1と図2は、それぞれベントナイト配合率10%, 30%の不飽和供試体を用いて拘束圧 1.0, 2.0, 3.0 kgf/cm² でせん断した時の $\eta-\varepsilon$ 関係と $\eta-v$ 関係を示している。図1の $\eta-\varepsilon$ 関係より、ベントナイト配合率10%の場合、拘束圧の増加にともない最終的な応力比が若干下がっていると言える、また図2の $\eta-\varepsilon$ 関係より、ベントナイト配合率30%の場合、その傾向がより顕著に表されていると言える。次に、図1の $\eta-v$ 関係より、ベントナイト配合率10%の供試体では拘束圧が1.0, 2.0 kgf/cm² の時、収縮から膨張に移行する挙動を示すが、図2の $\eta-v$ 関係より、ベントナイト配合率30%の供試体では何れの拘束圧でも収縮挙動しか示していない。以上のことより、軸差ひずみの生じ方については、ベントナイト配合率が多いほど拘束圧の増加による最終的な応力比の低下が顕著に表れていると言える、また体積ひずみの生じ方については、ベントナイト配合率の増加にともない何れの拘束圧においても収縮挙動が顕著になり粘性土的な特性が表れていると言える。

(2) 強度特性

図3は、それぞれ各供試体の最適含水比状態の排水条件下での破壊包絡線をまとめて示したものである。図3に示した $q-p$ 空間における不飽和状態の破壊包絡線を見ると、何れの配合率の供試体においてもその形

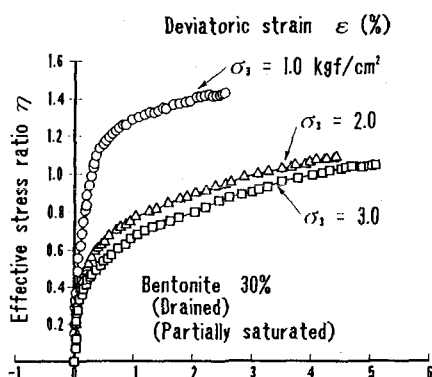
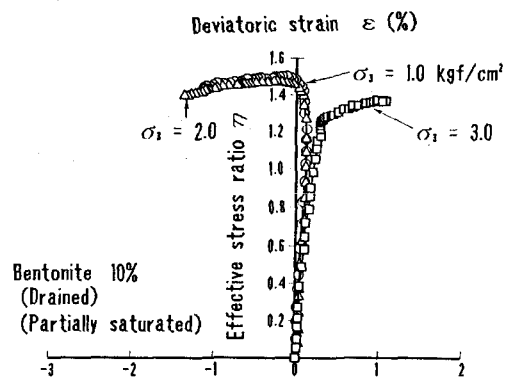
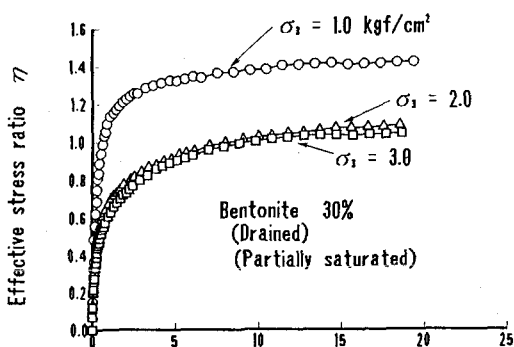
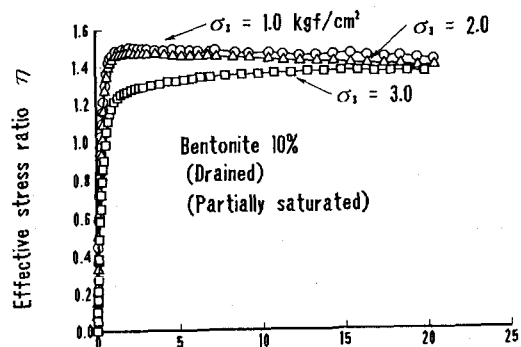


図1 応力ひずみ関係

(ベントナイト配合率 10%)

図2 応力ひずみ関係

(ベントナイト配合率 30%)

状は若干上に凸な曲線となつて拘束圧依存性を示している。また、ベントナイト含有率の増加は、強度を小さくする傾向にあると言える。図4は、それぞれ各供試体の最適含水比状態の排水条件下での側圧とセカントアングルの関係で整理したものである。この図よりベントナイト含有率、拘束圧の増加によって ϕ_s は低下していることがわかる。

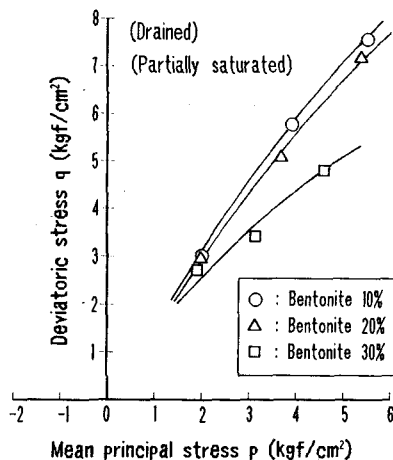


図3 ベントナイト配合率 10, 20, 30% で不飽和状態の破壊線 (排水)

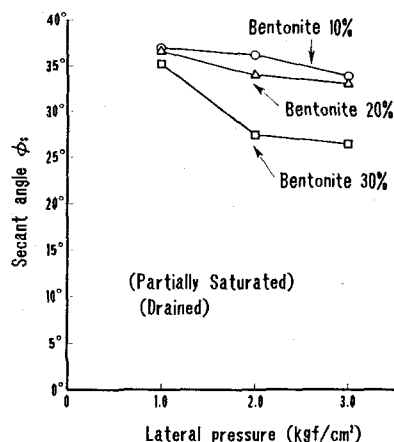


図4 側圧とセカントアングルの関係

5. まとめ

限られた実験条件での結果であるが、本研究で得られた知見をまとめると次のようである。

- (1) ベントナイト配合率や拘束圧の増加にともない、最終的な応力比は低下すると言える。
- (2) 最適含水比状態の時、ベントナイト配合率10, 20, 30%の破壊包絡線は、上に凸の曲線となり拘束圧依存性を示す。また、ベントナイト配合率が多いほど拘束圧の増加にともなうセカントアングルの低下の割合は大きくなっている。