

## 築堤材料土の力学特性に関する基礎的研究

### — 低拘束圧における非排水せん断強度特性 —

#### Basic study on the mechanical property of embankment geomaterial

#### - Undrained strength property under low confining pressure -

○木全 卓\*, 山野千明\*, 工藤庸介\*

KIMATA Takashi\*, YAMANO Chiaki\*, KUDO Yosuke\*

1. はじめに 長期間にわたって供用されるフィルダムやため池などの土構造物においては大地震に備えた対策についても十分に検討しておく必要がある。地震による被害の一つに堤体のクラック発生が挙げられるが、堤体にクラックが生じると水利構造物としての機能や安定性が著しく損なわれるおそれがある。このため、クラックの発生に関わる力学的なメカニズムを解明し、必要な対策を考えていくことが重要となる。一般に、クラックの発生には引張応力が大きく関係すると考えられ、そのような状況は堤体表面など応力が小さい部分で生じやすい。したがって本研究では、低応力状態における土の力学特性に着目し、築堤材料の強度特性について検討することとした。具体的には、通常よりも低い拘束圧で三軸圧縮試験を行い、粘着力や内部摩擦角などの強度定数が一般的な拘束圧の時に比べてどのように変化するかを調べるとともに、飽和状態と不飽和状態における強度定数についても検討した。

2. 供試体, 試験方法 本研究ではフィルダムの改修に使われたランダム材を試料としたが、供試体の寸法(直径 50mm)を考慮して 2mm でふるった結果、粒度組成は砂分 66%, シルト分 18%, 粘土分 16%であった。また、この試料の土粒子密度は  $2.72\text{g/cm}^3$ , 塑性・液性限界はそれぞれ 21.4%, 30.6%であった。供試体は直径 50mm×高さ 100mm の専用の型枠を用い、最適含水比 14.1%, 最大乾燥密度  $1.91\text{g/cm}^3$  になるよう 5 層で締め固めて作製した。低拘束圧における力学特性については JGS 0521「土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験方法」<sup>1)</sup>に準じて試験を行い、拘束圧を通常の 50, 100, 200 kPa に加え、さらに低い 13, 25, 38 kPa についても実施することにより検討した。なお、今後実施する予定の一軸圧縮試験や割裂引張強度試験のことも考慮し、供試体は飽和させずに不飽和状態のまま実験に用いた。供試体初期状態の一覧を **Table 1** の上段に示した。飽和状態との比較については JGS 0523「土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法」<sup>2)</sup>に準じて三軸試験を行うことで検討した。供試体は二重負圧法により飽和させ、背圧は 150 kPa, 間隙水圧係数 B 値はすべて 0.97 以上であった。この状態で有効拘束圧 50, 100, 200 kPa を載荷し、1 時間圧密した後に軸圧縮を行った。供試体初期状態の一覧を **Table 1** の下段に示した。なお、試験時の軸圧縮速度は UU 試験で 1% / min, CU 試験では 0.1% / min とし、軸ひずみが 15% に達するまでせん断した。

**Table 1** Initial condition of specimens

	拘束圧 (kPa)	含水比 (%)	乾燥密度 ( $\text{g/cm}^3$ )
UU	13	14.1	1.91
	25	14.0	1.92
	38	14.0	1.90
UU	50	14.1	1.91
	100	14.3	1.91
	200	13.9	1.92
CU	50	13.9	1.92
	100	14.3	1.90
	200	14.1	1.92

\*大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Pref. Univ.

キーワード：築堤材料, 低拘束圧, 強度特性

### 3. 試験結果と考察 **Fig.1** に試験

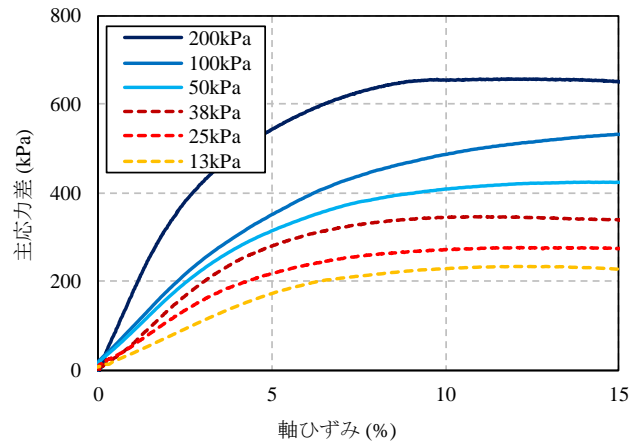
で得られた応力-ひずみ関係を、通常の拘束圧のものを実線で、低拘束圧のものを破線でそれぞれ示した(凡例の数値は拘束圧)。この図より、拘束圧が大きくなるにつれて初期剛性や発揮される最大軸差応力も大きくなっていくことが確認できる。また、応力-ひずみ曲線は拘束圧によらずほぼ同じ形状をしており、低拘束圧になったからといって力学特性が大きく変わることはないと考えられる。次に、**Fig.2**にはこの試験結果をもとに描いた Mohr の応力円を示す(**Fig.1**の結果に対応しており凡例や線の色なども同じ)。この図より、通常の拘束圧の試験をもとに得られた破壊規準線(実線)に比べて、低拘束圧条件における破壊時の応力円(破線)は明らかに下方に位置していることがわかる。昨年度の検討でも指摘されたが、これは、想定よりも小さな応力で破壊やクラックを生じさせる可能性を示すものであり、留意すべき問題と考える。最後に、Mohr の応力円を飽和供試体の CU 試験の結果と比較したものが **Fig.3**である(実線が **Fig.2**の結果に相当)。この図より、強度定数としての粘着力はほぼ同じであるが、内部摩擦角については  $27^{\circ} \rightarrow 39^{\circ}$ と大きくなっていることがわかる。これは、圧密による強度増加の効果を表すものであり、 $\tan\phi$  の大きさで比較すると約 1.6 倍の違いになる。

### 4. おわりに

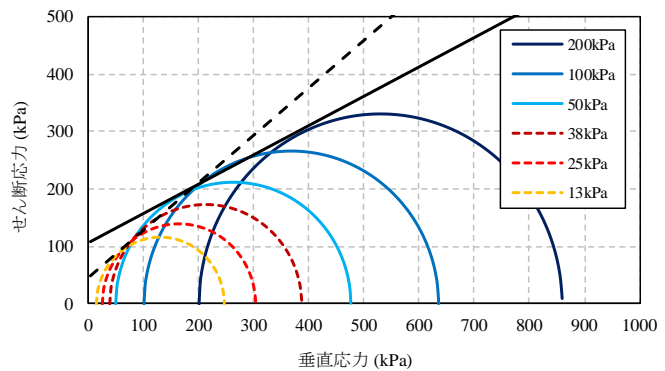
本研究では、低拘束圧での三軸圧縮試験を行い、クラックの発生に関わる堤体材料土の力学特性について検討した。その結果、低応力域における Mohr の応力円は通常の拘束圧の試験で得られる破壊規準線の下方に位置し、想定よりも小さな応力で破壊やクラックが生じる可能性があることが改めて示された。今後は引張応力が作用した場合の力学特性についても検討を加え、クラックの発生についてさらに検討を進めたい。

#### 参考文献

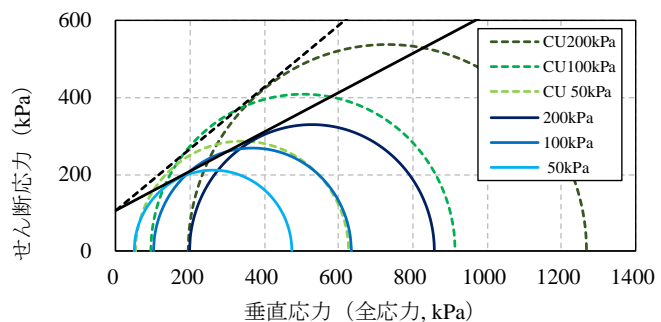
- 1) 地盤工学会(2009): 土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験方法, 地盤材料試験の方法と解説, 第7編 第3章, pp.570-572.
- 2) 地盤工学会(2009): 土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法, 地盤材料試験の方法と解説, 第7編 第3章, pp.575-579.



**Fig.1** Stress-strain curves (UU)



**Fig.2** Mohr's stress circles (UU)



**Fig.3** Mohr's stress circles (UU, CU)