

築堤材料土の力学特性に関する基礎的研究
－ 低拘束圧および割裂引張状態における強度特性 －

Basic study on the mechanical property of embankment geomaterial
 - Strength property under low confining pressure and splitting tensile state -

○木全 卓*, 西村 巧*, 工藤庸介*

KIMATA Takashi*, NISHIMURA Takumi*, 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。よって著者らは、クラックが生じる堤体表面の応力状態に着目し、築堤材料土の引張強度や低拘束圧領域における強度特性についての検討を行ってきた¹⁾。本研究では、飽和させた供試体の圧密非排水三軸圧縮試験を低拘束圧条件でも行い、粘着力や内部摩擦角などの強度定数が通常の拘束圧の場合と比べてどう変化するかを調べた。また、割裂引張強度については、試験時の载荷速度によって発揮される強度も変化し得る可能性があるため、複数の速度で試験を行って得られる引張強度を比較した。

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て用いた。供試体寸法(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%であり、土粒子密度は 2.72g/cm³, 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 の円柱で、最適含水比 14.8%, 最大乾燥密度 1.89g/cm³ を目標に締め固めて作製した。そして、JGS 0523「土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法」¹⁾に準じて試験を行い、有効拘束圧を通常の 50, 100, 200 kPa に加え、さらに低い 13, 25, 38 kPa でも実施してその力学特性を比較した。供試体は二重負圧法により飽和させたが、低拘束圧での圧密も考慮し初期拘束圧は 10 kPa とした。なお、背圧として 150 kPa を载荷し、飽和度を高めるために一晩放置した結果、間隙水圧係数 B 値はすべて 0.90 以上(平均 0.95)となった。この状態で有効拘束圧を载荷して 1 時間圧密した後、0.1% / min のひずみ速度で軸圧縮を行った。供試体初期状態を **Table 1** に示すが、含水比や乾燥密度は概ね目標どおりに作製できている。一方、割裂引張強度試験はコンクリートの試験を参考に、三軸圧縮試験と同様に作製した供試体を横に寝かせて設置し、直径方向に圧縮した。その際、圧縮速度は 0.5, 0.3, 0.1, 0.01mm/min とし、強度に与える影響を調べた。

Table 1 Initial condition of specimens

	拘束圧 (kPa)	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)
三 軸	13	15.3	1.90
	25	15.3	1.88
	38	15.1	1.88
	50	15.0	1.89
	100	14.5	1.89
割 裂	200	15.3	1.89
	载荷速度 (mm/min)	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)
	0.5	14.9	1.85
	0.1	14.7	1.88
	0.01	14.7	1.87

*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、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いることから、低拘束圧領域でも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(全応力)を示す。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(破線)に比べて、低拘束圧条件における破壊時の応力円(実線)は明らかに下方に位置していることがわかる。これまでの検討でも指摘されているが、この結果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、割裂引張強度試験の結果を **Fig.3** に示した(判例の数値は载荷速度)。この図より、载荷速度としては 0.1mm/min 以下が静的な強度を求めるのに適当であると考えられる。そのうえで、この土の引張強度はかなり小さく、三軸試験で求められた粘着力よりもさらに小さな 7~8 kPa 程度であると判断される。

4. おわりに 本研究では、低拘束圧での三軸圧縮試験と割裂引張強度試験を行い、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、飽和土においても低応力域における Mohr の応力円は通常の拘束圧から求めた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が生じる可能性があることが改めて示された。そして、土の引張強度が粘着力よりもさらに小さくなることが示されたことより、今後もクラックの発生に関わる力学特性の検討をさらに進めるつもりである。

参考文献 1) 木全 他(2019)：築堤材料土の力学特性に関する基礎的研究—低応力状態におけるせん断強度特性の考察—, 2019 年度大会講演会要旨集, pp.426-427. 2) 地盤工学会(2009)：第 7 編 第 3 章 土の三軸試験, 地盤材料試験の方法と解説, pp.575-579.

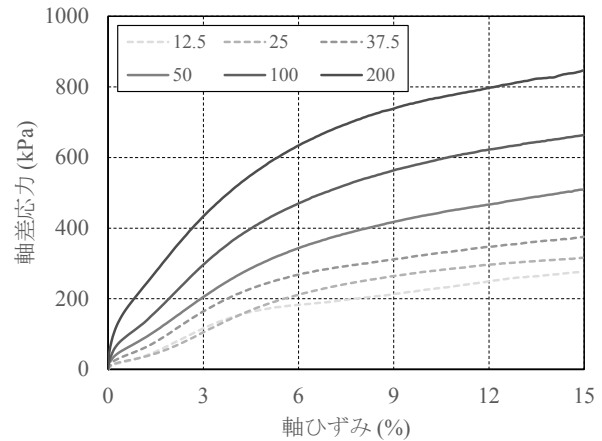


Fig.1 Stress-strain curves (CU)

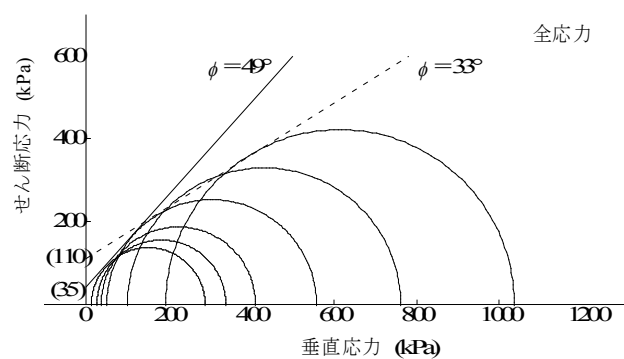


Fig.2 Mohr's stress circles (CU, Total stress)

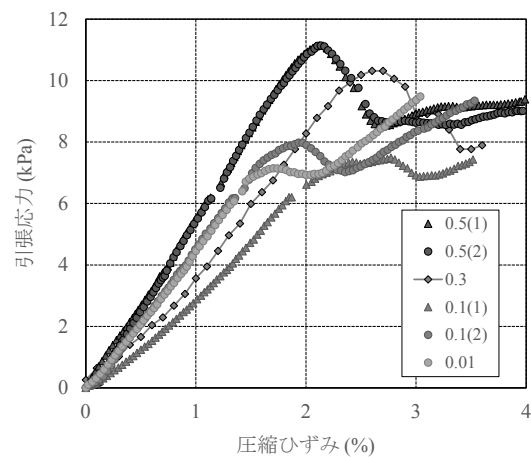


Fig.3 Stress-strain curves (Splitting)