

## 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粘土の強度特性 —

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

#### - Strength property of clay under low confining pressure and splitting tensile state -

○木全 卓\*, 安藤彰悟\*, 工藤庸介\*

KIMATA Takashi\*, ANDO Shogo\*, KUDO Yosuke\*

1. はじめに 長い年月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、地震や豪雨に備えた対策を十分に検討しておく必要がある。地震による被害として堤体のクラック発生が挙げられるが、これは、水利構造物としての機能や安定性を著しく損なう原因になりかねない。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になる。このような観点から、築堤材料土の力学試験を行って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<sup>1)</sup>。これまでの研究では堤体の改修に使われるランダム材を対象にしてきたが、コア部分に使われる粘土に対する検討も必要であると考えられる。よって本研究では、強度よりも遮水性が重視される粘土を対象に、同様の検討を行って結果をランダム材などの場合と比較することを目的とした。

2. 供試体、試験方法 本研究で用いた試料は自然材料のローム質粘土である。主な物理試験の結果は、自然含水比が約 60%、粒度組成は粘土分とシルト分がともに約 50%、土粒子密度 2.76 g/cm<sup>3</sup>、液性限界 98%、塑性限界 48%である。このローム質粘土は炉乾燥すると非常に強く団粒化して粉碎が困難であったため、湿潤状態のまま調製して試験を行った。実施した力学試験は三軸圧縮試験と割裂引張強度試験で、いずれも直径 5cm×高さ 10cm の供試体を専用のモールドで最適含水比&最大乾燥密度に締め固めて作製した。最適含水比と最大乾燥密度は JIS A 1210 の「突固めによる土の締固め試験方法」<sup>2)</sup>の呼び名 A-c 法に準じて求め (49.9%, 1.10g/cm<sup>3</sup>となった)、これを供試体作製時の目標値とした。

三軸圧縮試験は通常の拘束圧 (今回は 100, 200, 300, 400kPa) に加えて低拘束圧条件 (0, 13, 25, 28, 50kPa) でも行い、軸圧縮速度は 0.05 %/min とした。また、割裂引張強度との比較も考慮し、供試体は飽和させずゴムスリーブを被せただけで試験を行った。一方、割裂引張強度試験はコンクリートの試験方法に準じたが、圧縮速度の影響を考慮するため 0.01, 0.05, 0.1 mm/min の 3 種類で行った。

3. 試験結果と考察 Fig.1 に試験で得られた応力-ひずみ関係を示した。この図より、拘束圧の増加とともに供試体の初期剛性や最大主応力差も大きくなっていることが確認できる。拘束圧が小さいと最大主応力差はピー

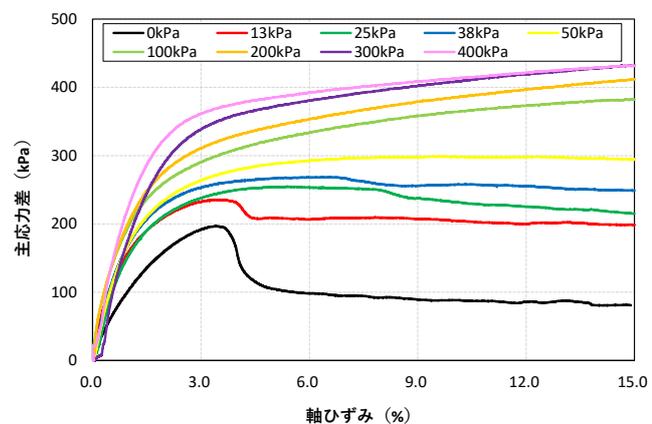


Fig.1 Stress-strain relationships

\*大阪公立大学大学院 農学研究科, Osaka Metropolitan University, キーワード: 粘土, 低拘束圧, 強度特性

ク後に減少するが、主応力差がゼロにならないのはせん断面の発生による供試体の体積膨張で有効拘束圧が増加したためと推測される。**Fig.2**は試験結果をもとに描いたモールの応力円である。図には通常と低拘束圧に分けて破壊規準線を書き込んだが、これらは大きく異なることがわかる。これまでに実施したランダム材の結果と同様に、低拘束圧条件での破壊応力円は通常の拘束圧で求められる破壊規準線よりかなり下にくることから、堤体のクラックを考える場合には注意すべきポイントになると考えている。次に、割裂引張強度試験の結果を**Fig.3**に示した(判例の数値は圧縮速度)。この図より、圧縮速度による違いはそれほど見られないが、最も遅い 0.01 mm/min の結果である 22 kPa を割裂引張強度と見なすこととした。最後に、垂直応力がゼロ付近のモールの応力円を描き、この引張強度が三軸圧縮試験で求められる破壊規準とどのような関係があるのかを調べた。**Fig.4**がそれであり、破壊線をどうとるかの議論はあるが、引張強度はせん断強度よりも遙かに小さいことがわかる。粘着力との比は 22/63 (=0.35)であり、ランダム材の 9.5/43 (=0.22)よりは大きいものの、かなり小さな引張応力が作用しただけでクラックが発生する可能性があると言える。

4. おわりに 本研究では、粘土を対象とした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、ランダム材と同様に、粘土でも低応力域におけるモール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や、割裂引張強度も粘着力よりかなり小さくなることが示された。今後は飽和状態についてもこれらの特性を確認するなど、クラックの発生に関わる力学特性の検討をさらに進めたいと考えている。

参考文献 1) 木全 他(2021)：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－，2021年度大会講演会要旨集，pp.266-267。 2) 地盤工学会(2009)：突固めによる土の締固め試験，地盤材料試験の方法と解説，pp.373-385。

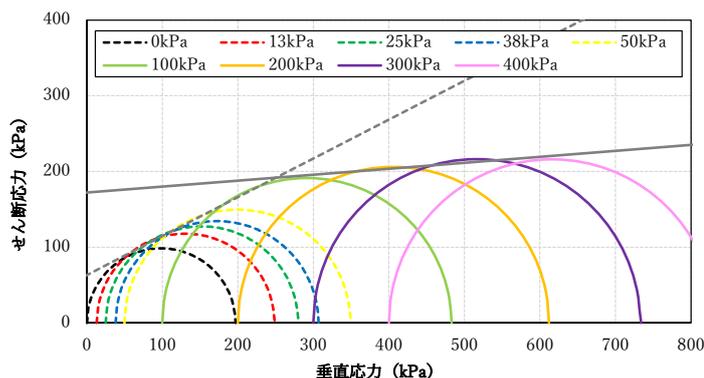


Fig.2 Mohr's stress circles and failure lines

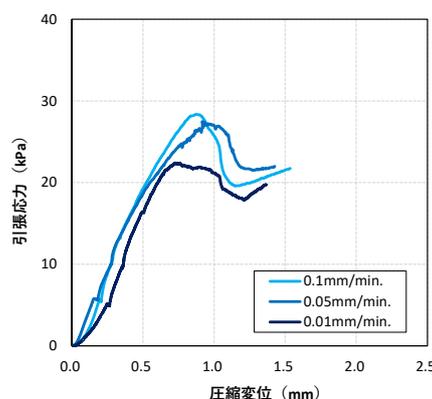


Fig.3 Stress-strain relationships (Splitting)

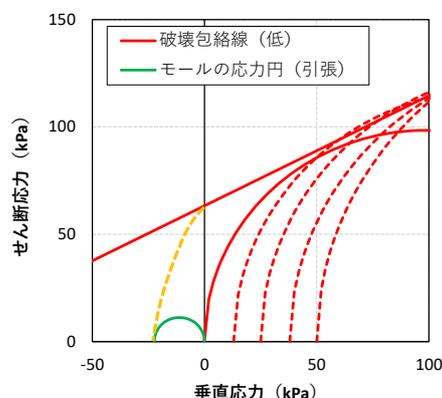


Fig.4 Strength property under low stress state