

逆断層により強制大変位を受ける粘性土地盤の変形挙動に関する遠心载荷模型実験

八戸工業大学
八戸工業大学
八戸工業大学防災技術社会システム防災センター
八戸工業大学大学院
電源開発(株)

学生会員 〇山口 和樹
学生会員 小山 直輝
正会員 橋詰 豊
正会員 金子 賢治
正会員 森 貴寛

1. はじめに

断層変位が地表面に現れることで地表付近の構造物に被害を与える場合がある。近年活断層の研究が進み重要構造物の直下に活断層が存在する事が問題視され、対応や対策が求められるようになってきた。しかしながら、基盤活断層の位置や角度・変位量が予測されたとしても、基盤断層の運動に伴う表層地盤や盛土などの土構造物の変形挙動の予測は、現状では難しい。このような背景の下、著者らの研究グループでは逆断層による大変位を受ける盛土の変形挙動について数年前から検討を行ってきた。砂質土を用いた実験が多い中で、昨年度より粘性土地盤について遠心载荷模型実験を行って検討し、粘性土の場合には比較的地表面の変位量が小さく地上構造物に対する影響が少ない事などが分かった¹⁾。しかし、土層の厚さの影響等についての詳細な検討は行われていない。したがって本研究では、粘性土を対象とし土層厚を変化させた場合の変形挙動について遠心载荷実験を行い、砂地盤の場合と比較して考察する。

2. 遠心実験概要

本研究では、遠心载荷装置を用いて75°の基盤逆断層を発生させて盛土を模擬した水平地盤に強制大変位を作用させた。層厚の影響を考慮するために遠心加速度100Gおよび30G場での実験を行い比較・検討した。土層模型の概要図を図-1に示す。遠心模型実験により逆断層を再現するためには、小さい装置で大きな力を発生させる必要があり、機構的に難しい。昨年度までの断層発生装置は、ワイヤにより上盤を持ち上げる機構により逆断層を発生させていたが、ワイヤ取り付け部のすべりやワイヤの伸びにより想定した大きさの変位を発生させることが難しかったため、丸鋼を用いる方式に改善した。これにより、各ケースでばらつきが少ない想定した断層変位(ここでは20mm)を発生することが可能となった。また、地盤中の変形を画像解析により取得するためのマーカについては、乾麺を3×5mmに切断し設置した。硅砂の場合には黒の画用紙を使用した。粘性土と硅砂4号を盛土材として使用し、盛土を想定して締固め度約95%を目標値として突き固めて作成した。地盤材

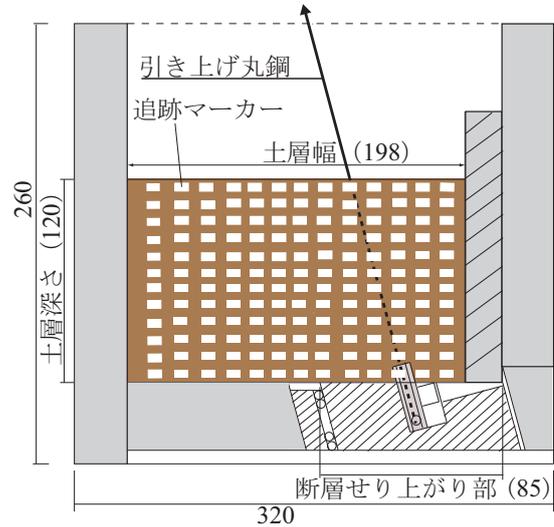


図-1 土層の概要図 (mm)

表-1 実験に用いた地盤材料の基本的性質

地盤材料	粘性盛土材	硅砂4号
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.661	2.648
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.485	1.680
最適含水比 (%)	26.1	0
粘着力 (kN/m ²)	48.5	0
内部摩擦角 (°)	24.1	33.3
変形係数 (kN/m ²)	拘束圧 50kN/m ²	7.1
	拘束圧 100kN/m ²	10.7
	拘束圧 200kN/m ²	26

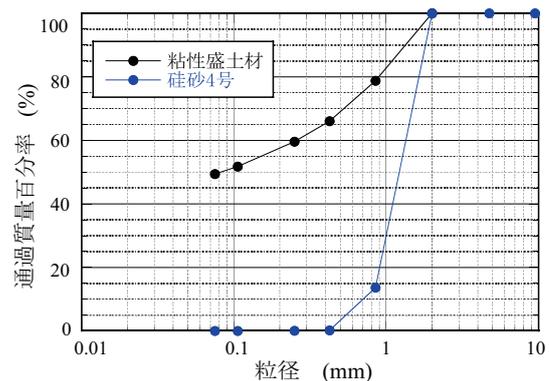


図-2 使用した地盤材料の粒度分布

料の基本的性質を表-1に示す。これらの粘着力、内部摩擦角、変形係数については等圧一面せん断試験で求めた。また粒径加積曲線を図-2に示す。粘性土地盤については、水中に24時間放置して飽和度を高めた上で実験を行い、硅砂の場合には乾燥状態で実験を実施した。

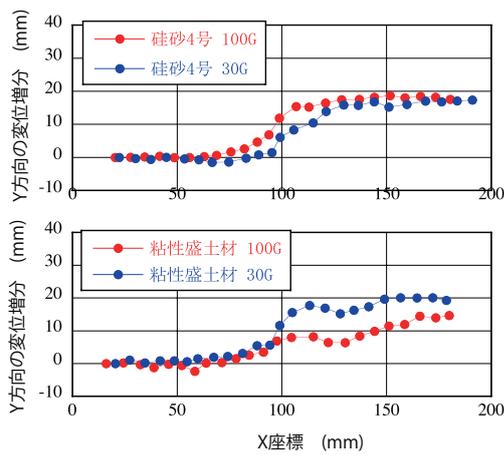


図-3 地表面の変位

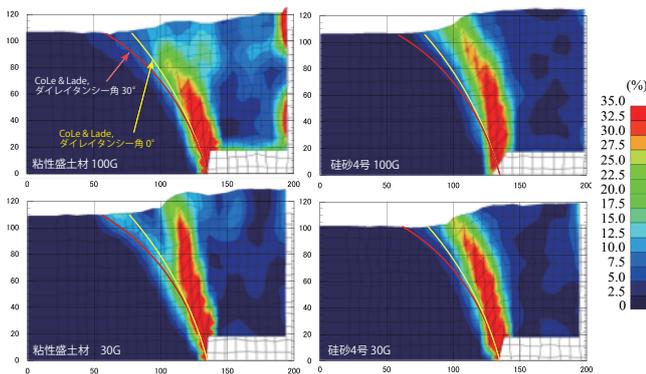


図-4 最大せん断ひずみ

3. 実験結果

図-3に地表面の鉛直方向の変位増分を示す。基盤逆断層発生後の y 座標と逆断層発生前の y 座標との差を逆断層発生後の x 座標と共に示している。遠心加速度を変化させることで、盛土の層厚を変化させているが、珪砂の場合には層厚に関わらずほぼ同様の地表面の変位を示している。一方で、粘性盛土材を用いた場合には、層厚の小さい30Gのケースにおいて地表面の変位が大きく珪砂の場合とほぼ等しい変位が表れており、珪砂の場合と同様に明確な段差が見られる。層厚が大きい100Gの場合には半分程度の変位となっており、層厚の違いにより変形が大きく異なる。

次に、図-4には、画像解析により取得したマーカーを三角形有限要素法の節点と見立ててひずみを算出し、基盤逆断層発生後の最大せん断ひずみおよび体積ひずみ分布を示した。逆断層発生時の地盤中のせん断面を予測するために、Cole & Ladeは1G場における実験結果を基にダイレイタンス角を変数とする対数螺旋線を仮定した解析解を提案している²⁾。本研究においては、一面せん断試験により力学特性を把握したが、ダイレイタンス角は拘束圧に依存した結果となった。したがって、図-4中にはダイレイタンス角 0° の場合と 30° の場合を示している。同図より、いずれのケースにおいても実験結果はColeらの解析解よりも上盤側にせん断帯の進展が見られる。粘性盛土材30Gの場

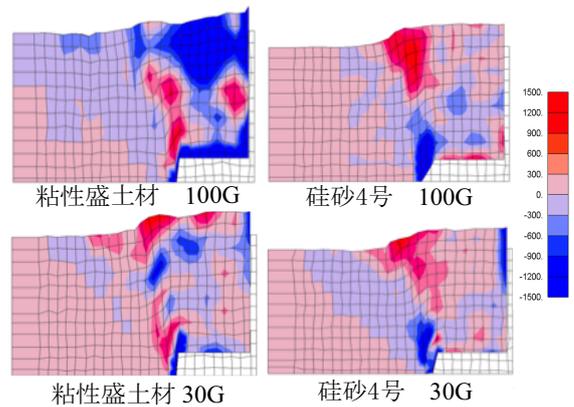


図-5 体積ひずみ

合にはせん断帯の分岐が観察され、より小さい方は解析解に近い結果を示しているが、主たるせん断帯はより鉛直方向に進展している。これらの結果は、層厚が厚くなると、特に基盤近くで拘束圧が大きくなり、1G場での実験結果を基にした解析解に比べてより剛体的な変形を示すと考えられる。Coleらの解析解には拘束圧の影響は考慮されておらず、実物大の現象を予測するためには拘束圧を考慮する必要があると思われる。粘性土を用いた場合は層厚の影響が大きく現れており、層厚が大きい場合にはせん断帯が地表面まで到達していない。地表面の変位も小さく表れており、変形が広い範囲に分散されて地表面まで大きな変形が到達しないといえる。また、砂の場合には全く観察されないが、粘性土の場合にはせん断帯が分岐するような傾向が強い。

最大せん断ひずみと同様にして体積ひずみを算出し、図-5にその分布を示している。粘性土の場合100G場では、大きいせん断ひずみが集中している部分においては膨張傾向を示しており、地表面付近は圧縮傾向である。珪砂の場合には地表面付近が膨張で基盤付近は圧縮となっており、粘性土の場合と逆の傾向を示している。粘性土の30G場においては、膨張と圧縮が交互に表れるような傾向を示している。珪砂の場合は100G・30G場では大きな違いは見られず、層厚や拘束圧の影響は比較的小さいものと考えられる。

4. おわりに

本研究では、逆断層により強制大変位を受ける粘性土地盤の変形挙動について遠心実験を行い、主に層厚の影響について検討した。その結果、粘性土地盤の場合には、基盤逆断層による強制大変位を受けた場合の変形挙動は、拘束圧に依存しやすく拘束圧が小さい場合には地表面への影響も大きく現れることがわかった。

参考文献

- 久保田正志ほか：粘性土地盤の遠心載荷逆断層模型実験，第70回土木学会年次学術講演会概要集，pp. 761-762，2015.
- Cole, D. Jr. and Lade P.: Influence Zones Alluvium Over Dip-Slip Faults, *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 110(5), 599-615, 1984.