遠心載荷模型実験による逆断層強制大変位を受ける地盤の変形と地盤特性の関係

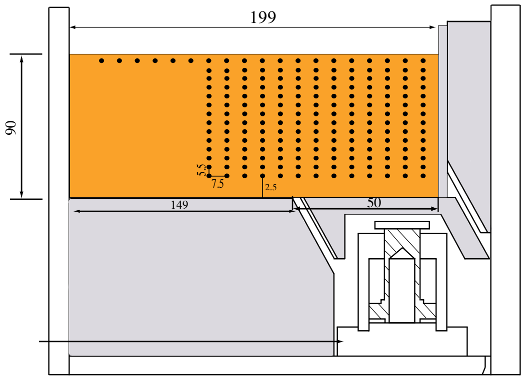
八戸工業大学 正会員 ○橋詰 豊
八戸工業大学大学院 学生会員 小山 直輝
八戸工業大学大学院 正会員 金子 賢治
電源開発（株） 正会員 佐々 和樹

1. はじめに

直下型地震時の基盤断層の大変位により地表面が大きく隆起し，付近の構造物が致命的な被害を受ける可能性がある．近年，活断層の研究が進み既設の重要構造物の直下に活断層が存在することが問題視され．これらの対応や対策を考える上では，地表面の変位や地表面への到達位置，地盤内部のせん断帯の進展についての知見が必要である．著者らのグループでは，逆断層発生時の地表面のずれや表層地盤や高盛土中のせん断帯を予測するために遠心載荷装置を用いた実験的研究を行ってきた[1)2)]が，多くの要因があるため未だ精度よく予測できていない．本研究では，逆断層による強制的な大変位を受ける水平地盤の変形について遠心載荷装置を用いて実験的に検討する．特に，盛土などの地盤構造物や表層地盤中の変形を予測するための基礎的な検討として，地盤材料の力学特性や層厚が変形性状に与える影響について検討を行う．

2. 実験概要

本研究では，拘束圧の条件を考慮し，遠心載荷装置を用いて水平地盤に対して逆断層が発生した場合を想定した遠心載荷模型実験を行った．実験装置の模式図を**図–1** に示す．幅１９９ mm のうち右側から約 50mm 付近から 45° と 75° の角度で強制変位（最大 15mm）を与えることで基盤の逆断層を再現する．断層角 75° の場合には層厚 90mm，断層角 45° の場合には層厚 75mm の水平地盤を作成し，100G の遠心加速度を付与することで実験を行った．土層の前面は透明なアクリル板で作成し，地盤中にマーカーを設置した．実験中は土層を動画撮影し，動画を連番画像に変換して PTV 画像解析によりマーカーの変位を計測した．実験で使用した地盤材料はケイ砂５号とガラスビーズであり，その性質を**表–1** に示す．地盤は各層の密度が一定となるように締固め (落下法) て作成した．ガラスビーズはケイ砂に比べて内部摩擦角が小さいため，縦ずれ逆断層による地盤中のせん断帯形成に対する内部摩擦角の影響を検討するために使用した．



図–1 断層試験における 75° の土層の概要図（mm 表示）

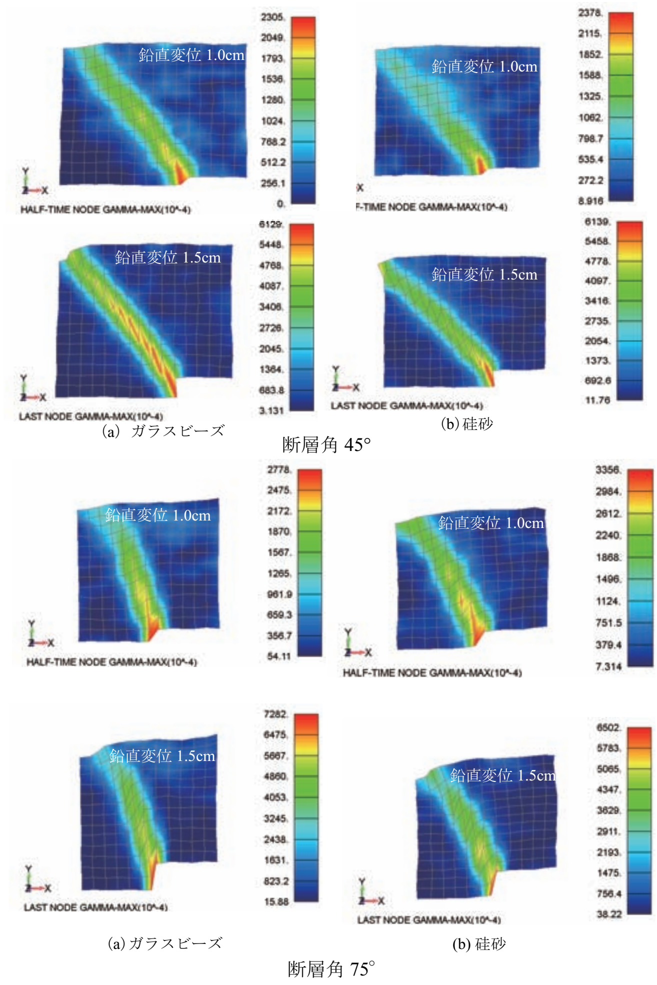
表–1 実験に用いた地盤材料の基本的性質

地盤材料	ケイ砂５号	ガラスビーズ
ρ_s (g/cm^3)	2.680	2.489
D_{50}	0.46	0.44
U_c	1.31	1.30
U'_c	1.31	0.947
ρ_{dmin} (g/cm^3)	1.304	1.450
ρ_{dmax} (g/cm^3)	1.601	1.579
c_d(kN/m^2)	5	0
ϕ_d(°)	38.9	31.9

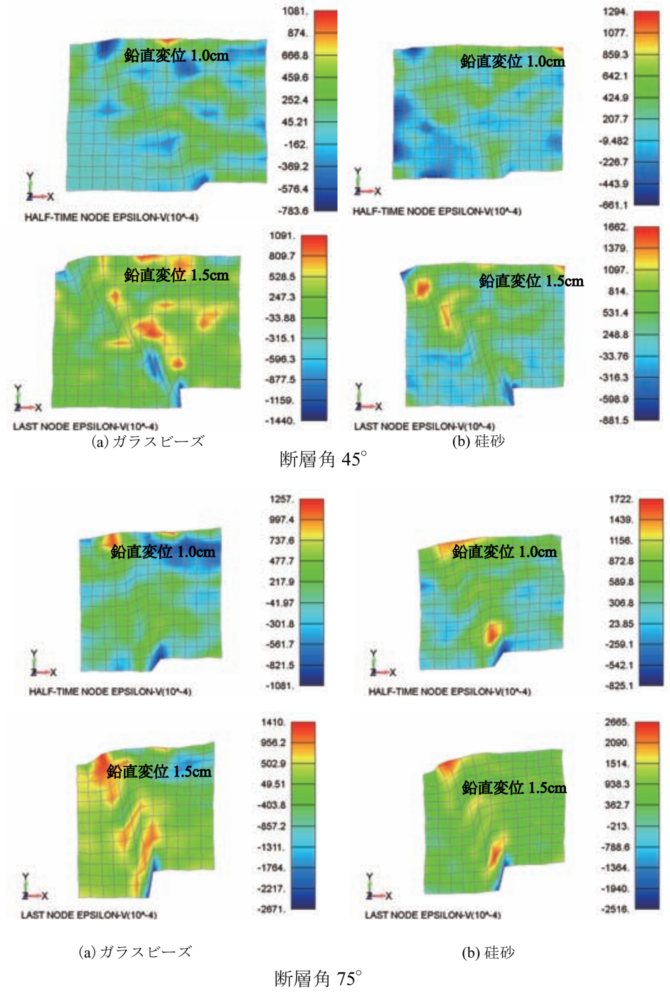
3. 実験結果

取得したマーカーを節点と見立てて有限要素を構成し，断層上部の水平地盤中のひずみを算出した．ただし，断層変位に伴い変形が局所化し要素が不適切な形状となる可能性があるため，ステップ毎に要素を再構成することとし画像ステップ間でのひずみ増分を算出することとした．ひずみ増分を節点に振り分けることで，節点においてひずみを蓄積することで求めた．**図–2**, **図–3** に最大せん断ひずみおよび体積ひずみ分布を示す．最大せん断ひずみは，断層角度 45° の場合，硅砂は，地表面に近づくにつれて断層角の延長線の左側に進展していく．断層角度 75° の場合は，硅砂，ガラスビーズともに断層角の延長線から左側に進展していることが分かる．しかし，硅砂の場合は表層地盤の

Key Words: 逆断層，遠心載荷模型実験，地表面変位，ひずみ分布
〒 031-8501 青森県八戸市妙字大開 88-1 八戸工業大学 社会連携学術推進室 TEL: 0178-25-3111(内 2657)



図–2 最大せん断ひずみ分布



図–3 体積ひずみ分布

45mm の部分から左側にずれて進展していることが分かる．せん断帯の進展方向は拘束圧に依存し，断層角度，地盤材料特性によって違いが現れると思われる．体積ひずみについては，断層角度の違いによらず，ガラスビーズの方が体積膨張している領域が多く確認できる．断層角度 45° の場合は，上盤部分に体積膨張している領域が見られ，断層角度 75° の場合には，せん断帯周辺に体積膨張をしている領域が確認できる．硅砂の場合は，断層角によらずせん断帯周辺に体積膨張している領域を確認できる．体積ひずみは，断層角度，地盤材料特性の内部摩擦角，粘着力等によって違いが現れると思われる．実際の場合，体積膨張によって，盛土が隆起し盛土上に建てられている構造物に被害を与える．したがって，断層変位に伴う盛土内部の体積膨張については，注意が必要と考えられる．

4. おわりに

本研究では，逆断層により大変位を受ける表層地盤の変形を予測するための基礎的な検討として地盤材料特性や拘束圧の影響について遠心載荷模型実験を行い検討した．実験の結果より，逆断層発生に伴いせん断帯が発生・進展するが，その方向は拘束圧に依存し，地表に近づく程水平方向に進展することがわかった．その結果として，地表面への到達位置は断層境界の延長線上から下盤側にずれる．また，地盤材料によるせん断面の進展方向の違いや地表面への到達位置，最大鉛直変位量などを調べ，いくつかの知見が得られた．しかし，実験で行った地盤材料の種類が少ないため，より多くの材料を用いて実験することにより多くのデータを蓄積し，さらに深く検討していく必要がある．また，変形の予測手法の確立に向けてさらに研究を進め，せん断面進展やそれに与える要因・その影響度を検討する必要がある．

参考文献

1) 山本温・野添重晃・橋詰豊・金子賢治・江原昌彦：遠心載荷模型実験による逆断層強制大変位を受ける表層地盤の変形と地盤材料特性の関係の検討，平成 25 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，III － 42，2014.
2) 野添重晃・金子賢治・橋詰豊・江原昌彦：縦ずれ逆断層による高盛土の力学的挙動に関する基礎的な遠心載荷模型実験，土木学会第 68 年次学術講演会講演概要集，III-052，201 3 .