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

学生会員	○野添重晃
正会員	金子賢治
正会員	橋詰豊
正会員	江原昌彦
	学生会員 正会員 正会員 正会員

1. はじめに

地震による構造物被害の検討は,主に地震動に対し て行われているが,断層のずれによる地盤の大変形に よっても,地表付近の構造物が被害を受けるとがある. 縦ずれ断層においては,地表面が大きく隆起するなど により被害が発生する.例えば,1999年に発生した中 国集集地震などにおいて,断層のずれによる被害が多 く発生した^{1),2)}.一方,地質学分野等の研究者らによっ て断層の研究が発展し,断層の位置や形態,活動する 確率などの多くの情報が得られるようになってきた. しかしながら,盛土などの土構造物の変形挙動につい ては,拘束圧に依存することや数mオーダーの強制変 位による変形の局所化領域あるいは不連続面が発達・ 分岐すること等複雑な挙動を示すため,未だに明確に 理解されていない.

そこで本研究では,縦ずれ逆断層の上部にあるロッ クフィルダム等の高盛土を対象に,断層が発生した場 合の変形挙動を予測するための基礎的な実験を行う. 特に,縦ずれ断層発生時の地表面の変位量やせん断帯, 不連続面が発展し地表面へ到達する位置などについて 検討する.

2. 実験概要

本研究では、拘束圧が高い状態での実験を行うため に、遠心載荷装置を用いて水平地盤に対して縦ずれ逆 断層が発生した場合を想定した基礎的な模型実験を行っ た.実験装置の模式図を図-1に示す.層厚 90mmの 水平地盤を作成し、100Gの遠心加速度を付与するこ とで、9m 程度の層厚を想定した.幅187mmのうち右 側から 50mmの部分に 75°の角度で強制変位を与え ることで縦ずれ逆断層を再現する.

土層前面は透明なアクリル板で作成し,地盤中に90 個のマーカーを設置した.実験中は動画撮影し,終了 後に各マーカーの変位を画像解析により計測した.ま た,土圧計は図-1のように3つ設置した.



図-1 断層模型の概略図 (mm 表示)

表-1 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
$ ho_{s}(g/cm^{3})$	2.680	2.489
D_{50}	0.55	0.44
U_c	1.31	1.30
U_c'	1.31	0.947
$ ho_{dmin}(g/cm^3)$	1.304	1.450
$ ho_{dmax}(g/cm^3)$	1.601	1.579
$c_d (kN/m^2)$	5	0
$\phi_d(\circ)$	38.9	31.9



本実験で使用した地盤材料はケイ砂5号とガラスビー ズの2種類であり、その性質を表-1に、粒径加積曲線 を図-2に示す。

ガラスビーズは硅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

Key Words: 縦ずれ逆断層,遠心載荷模型実験,内部摩擦角 (〒 031-8501 青森県八戸市妙字大開 88-1 八戸工業大学大学院工学研究科土木工学専攻地盤工学研究室)



図-4 断層発生に伴う地表面の変位

る内部摩擦角の影響を検討するために使用した. 土層 は相対密度 50%になるように, 10mm ずつ密度を調整 しながら作成した.

3. 実験結果

実験中に撮影した動画像から,画像解析によりマー カーの位置座標を取得した。例として,ガラスビーズ の場合の断層発生前と発生後の位置座標を 図-3 に示 す.画像解析により取得した地表面のマーカーの初期 状態と断層発生後(鉛直変位15mm)の位置座標を 図 -4 に示す.逆断層により上盤側の地表面が初期状態に 比べ,約0.9mm 程度鉛直上向きに変位している.ま た,断層変位の地表面への到達位置については,ガラ スビーズのケースの方が75°の角度の延長線上よりも 左側にずれている.これは,内部摩擦角の影響がある のではないかと考えられる.

次に、取得したマーカーを節点と見立て有限要素を 構成し、水平地盤内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、節点におい てひずみを蓄積することで求めた.図-5にガラスビー ズの場合の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、75°の延長線上で断層が 進展するに従ってせん断帯が発達していくが、幅はそ れほど変わず、地表面に近づく程延長線から左側に外



図-5 ひずみ分布 (ガラスビーズ)

れていくことがわかる. せん断帯の進展方向は拘束圧 に依存し,拘束圧の低い領域では横方向へずれていく ものと考えられる. また,上盤側に注目すると若干で はあるが小さいひずみが分岐していく様子も伺える. 体積ひずみについては,せん断帯周辺に一部体積膨張 をしている領域が確認できる. ロックフィルダムなど の止水を目的とした盛土を対象としている場合には, 盛土内部の間隙比が大きくなることで透水係数が上昇 し不具合が発生する可能性がある. 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. 体積ひずみが膨張する領域の付近か ら,せん断帯が左方向に徐々に折れ曲がるような傾向 にある.

4. おわりに

本研究では、逆断層発生に伴う高盛土の変形を想定 し、遠心載荷模型実験を行った.せん断体の進展方向 や体積変化、地表面への到達位置などについていくつ かの知見が得られた地盤内の変位等について、せん断 帯の分岐や不連続面の観察など、より精度の高い計測 手法の検討等が課題である.また、規模の大きい実験 データは過去にも少なく、数mオーダーの層厚を想定 した実験データはほとんどない.したがって、本遠心 載荷装置を用いて種々の要因を変化させた実験を行っ て、実験データの蓄積を図ることも今後の重要な課題 と言える.

参考文献

- 佐藤 比呂志,池田 安隆,李 民,張 徽正:台湾中部で発 生した 1999 年 9 月 21 日集集地震に伴う地表地震断層, 活断層研究, Vol. 2000 No. 19, pp.v-vi, 2000.
- Earthquake Engineering Committee: The 1999 Ji-Ji Earthquake, Tiawan, Japan Society of Civil Engineering, 1999.