

## 基盤の断層変位に伴う未固結被覆層の変形 - 模型実験による検討 -

## Deformation of unconsolidated sediments caused by bedrock fault movements in model experiments

# 上田 圭一[1]

# Keiichi Ueta[1]

[1] 電中研

[1] CRIEPI

基盤の断層変位に伴う第四紀層などの未固結被覆層及び地表面の変形状況が、基盤の断層型、断層傾斜角、断層変位量、未固結被覆層の層厚及び物性等の違いにより、どのように変化するのかを解明するため、断層模型実験を行った。土槽の大型化により、正、逆断層における剪断層の雁行状発達過程や、断層変位量が大きな横ずれ断層に特有の溝状の地形と同様な変形構造を観察することができた。また断層群の地表到達位置とその分布幅、及び地表に断層が到達するかどうかを予察するための基礎データを取得することができた。さらにX線CTスキャナーの導入により、横ずれ断層における剪断層の3次元発達過程を解明した。

基盤の断層変位に伴う第四紀層などの未固結被覆層及び地表面の変形状況が、基盤の断層型、断層傾斜角、断層変位量、未固結被覆層の層厚及び物性等の違いにより、どのように変化するのかを解明するため、大型土槽、小型土槽及び医療用X線CTスキャナーを用いた断層模型実験を行った。今回の実験では、特に砂礫層を対象とし、断層及び地盤表面の変形形態とその発達過程、断層群の地表到達位置とその分布幅、地表に断層が到達するのに必要な条件等を解明することを目的とした。

正、逆断層模型実験においては、高さ200cm、幅40cm、長さ332.5cmの土槽を用い、底盤の断層型、断層傾斜角(15~90°)、模型地盤の層厚(5~200cm)及び地盤材料(豊浦標準砂、相馬珪砂3号等)の条件を変え、各ケースにおいて模型地盤の変形状況を解析した。横ずれ断層模型実験においては、長さ600cm、高さ60cm、幅250cmの土槽を用い、豊浦標準砂地盤の層厚(5~40cm)及び密度の条件を変え、各ケースにおいて模型地盤表面の変形状況を解析した。さらに小型の横ずれ断層模型実験装置(土槽の長さ170cm、高さ15cm、幅25cm)を用い、医療用X線CTスキャナーを導入して、豊浦標準砂地盤(層厚5~10cm)内部における剪断層の3次元発達過程を解析した。以上の実験結果を地震断層、活断層と比較するため、深溝断層、サンアンドレアス断層系等を対象としたトレンチ調査等の現地調査を実施した。

本研究の主な成果は下記のとおりである。

(1) 正、逆断層模型実験の変位初期段階において、底盤の断層から1条の剪断層が上方に伸び地盤表面に到達するのではなく、複数の剪断層が雁行状に発達しながら地盤表面に到達する。このような剪断層の雁行状配列は、地盤が厚く地盤材料が細粒なほど顕著に発達する。正、逆断層型の地震断層においても、同様な剪断層の雁行状配列が認められ、礫層よりも砂層に顕著に発達する。このような正、逆断層における剪断層の雁行状配列は、実験土槽の大型化により、その発達過程を詳細に観察することが可能となった。

(2) 横ずれ断層模型実験においても、土槽の大型化により、大変位を模型地盤に与えることが可能となり、サンアンドレアス断層等、断層変位量が大きな断層に特有の溝状の地形(Linear valley or trough)と同様な変形構造を観察することができた。この変形構造は、底盤の断層変位量/模型地盤の層厚が大きい段階で認められ、狭長なゾーンに地盤の変形が集中し(剪断層集合帯)、横ずれ断層の発達過程における最終段階としてとらえることができる。

(3) 断層が模型地盤表面に到達する位置は、基盤の断層が逆断層の場合、基盤の断層傾斜角に大きく依存するが、正断層の場合、基盤の断層傾斜角によらず基盤の直上付近となる。また基盤の断層が横ずれ断層の場合、密な地盤ほど、地表における断層分布帯の幅が広がる。本実験における断層の地盤表面到達位置/地盤の層厚(W/H)の値は基盤の断層型及びその断層傾斜角が同じ場合、地盤の層厚や粒度により大きく変化しない。またこの値は地震断層におけるW/Hと良く一致する。従って、本実験結果は、沖積層等の未固結被覆層が分布する地域において、基盤の断層変位に伴い地震断層が地表に出現する位置を予察する際の基礎データとして有効であると考えられる。

(4) 剪断層が模型地盤表面に出現した時の底盤の断層変位量(D)をとって、地盤の層厚(H)との関係を見ると、D/Hは基盤の断層が逆断層の場合、断層傾斜が緩い程大きく、0.02~0.10、正断層の場合、断層の傾斜の影響は小さく、0.01~0.02の値を示す。また横ずれ断層の場合、0.03~0.05の値を示す。すなわち正断層の場合、断層が地表に達しやすい傾向にあることを示す。このD/Hの値は模型地盤の層厚が厚くなるほど小さくなるが、層厚400mm以上になると、ある値に収束し、地震断層におけるD/Hと良く一致する。従って、本実験結果は、沖積層等の未固結被覆層が分布する地域において、基盤の断層変位に伴い地表に地震断層が出現するかどうかを判断する際の基礎

データとして有効であると考えられる。

(5) 医療用 X 線 CT スキャナーを用いた横ずれ断層模型実験により、リーデル剪断および Lower-angle shear の 3 次元発達過程が解明された。すなわち、変位初期の段階では、底盤の断層の両側に雁行状の剪断層群が発達し、これらが互いに、底盤の断層の直上付近で連結することにより、螺旋曲面状のリーデル剪断が形成される。さらに底盤の断層変位量が増大すると、リーデル剪断間に、より曲率の小さい螺旋曲面状の Lower-angle shear が形成される。これらの構造は横ずれ型の地震断層の 3 次元形状と整合的である。