

模型実験における断層変位が地盤に与える影響について

木更津高専 学生会員 海保大樹, 西村能和
 木更津高専 正会員 鬼塚信弘, 金井太一
 東大地震研 正会員 堀 宗朗, 小国健二

1. はじめに

近年, 日本各地で地震が発生し, 断層運動が線状地中構造物を横切する場合の耐震性向上対策が重要になってきている¹⁾. 本研究は, アルミ棒状材料を用いた模擬地盤に, 共同溝をモデル化した線状地中構造物(以下, 構造物とする)を縦断方向に挿入し, 基盤の逆断層運動模型実験を行うことにした. 実験は基盤上の応力状態と地盤の動きをロードセルの測定, 画像計測システム²⁾によって明らかにし, 構造物が挿入していない既往の研究結果²⁾と比較したことについて報告する.

2. 実験方法および画像計測方法

構造物は複数のボックスカルバートで連結した一様な線状構造物とした. 構造物の材料は, コンクリート製のボックスカルバートを模型サイズまで縮小するため, 以下の理論式に基づいて決定した.

$$\text{弾性力: } F_e = \sigma l = E \epsilon l \quad (1)$$

$$\text{浮力: } F_b = \Delta \rho l^2 g \quad (3 \text{ 次元で考えると } l^3) \quad (2)$$

$$\text{摩擦力: } F_f = \mu \sigma l \quad (3)$$

(2)式と(3)式は同次元で考えると, 一方が無視できる. そのため, 本研究では(3)式を無視して, 以下の相似則の式を考えた.

$$\frac{F_e}{F_b} = \frac{\sigma l}{\Delta \rho l^2 g} \quad (4)$$

原型と模型は(4)式の比が等しくなればよい. 形状の比率と加速度を同一条件下で考えると, 原型と模型の相似則の式は以下になる.

$$\frac{E}{\rho l} = \frac{E'}{\rho' l'} \quad (5)$$

(5)式に基づいて材料を選定すると, PE(ポリエチレン)が該当した.

構造物の挿入位置を写真-1, 本研究で用いた記号を図-1に示す. 模擬地盤の層厚を H , 基盤の断層変位量(鉛直変位量)を V とした. 1.6mm と 3.0mm の

アルミ棒を重量比 3:2 で混合した地盤を支えるため, 装置両端はL型フレームで覆っているが, 前背面はアルミ棒と構造物が自立するので覆っていない. アルミブロックとロードセルが一体化した部品から構成する基盤は移動可能な上盤と固定した下盤に分けられ, ロードセル番号は実験装置前面の上盤左端から下盤右端に向かって順に付けた.

画像計測・解析過程の詳細は, 参考文献²⁾を参照していただきたい. ここでは, 基盤のずれ先端の角度を 45° にした層厚 $H=400\text{mm}$ の逆断層の実験の画像計測条件について述べる. 撮影時の照明は自然光を用いて測定点のアルミ棒を明確にし, 動画解析ソフトでの追跡を円滑にするために, 測定点のアルミ棒および構造物の前面には白いシールを貼り, その他の前面には黒く塗って解析の精度を上げる工夫をした. 高解像度デジタルカメラの位置は高さ $h=1000\text{mm}$, 焦点距離 $f=2540\text{mm}$ で撮影した. 基盤の断層変位速度は 0.067mm/sec とし, 基盤の断層変位量(鉛直変位量) V を層厚の 10% に相当する $V=40\text{mm}$ で実験を終了した.

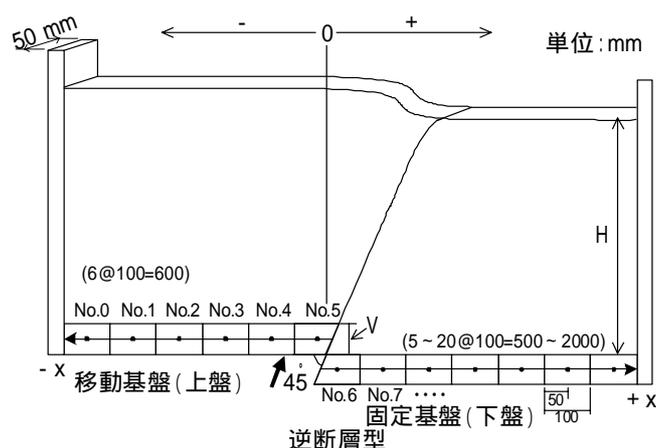


図-1 実験装置模式図

3. 解析結果

構造物を挿入して断層を発生させたケース(case1)と構造物を挿入しないで断層を発生させたケース

キーワード 地盤変形, 基盤上の応力, 画像計測

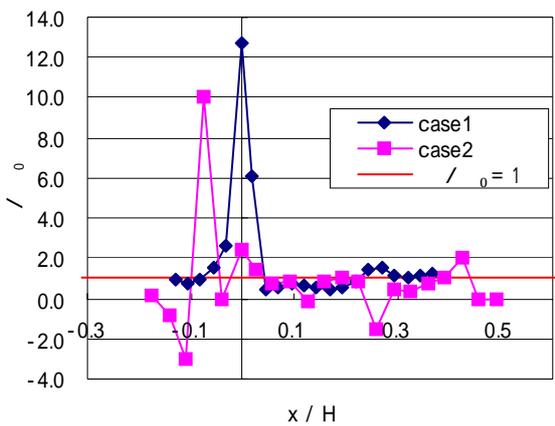


図-2 σ_0 と x/H の関係 ($V/H=10\%$)

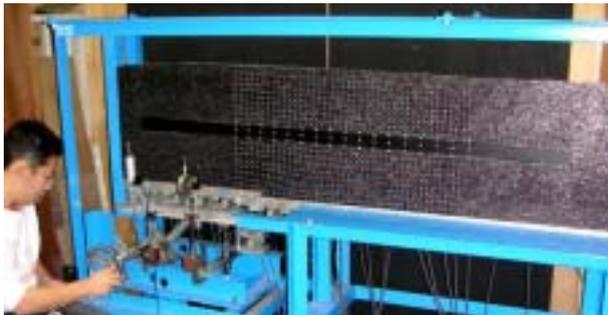


写真-1 構造物挿入状態

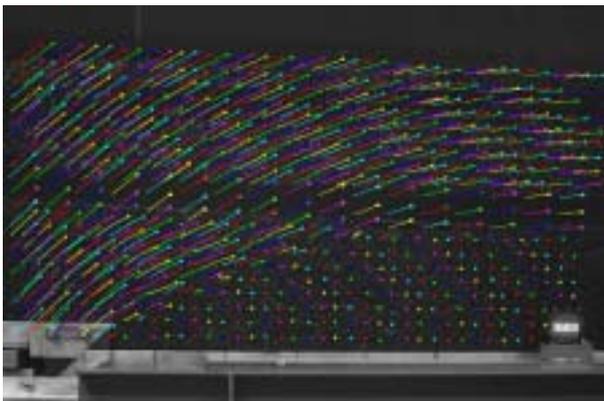


写真-2 case 1 (逆断層 45°型 H=400mm)

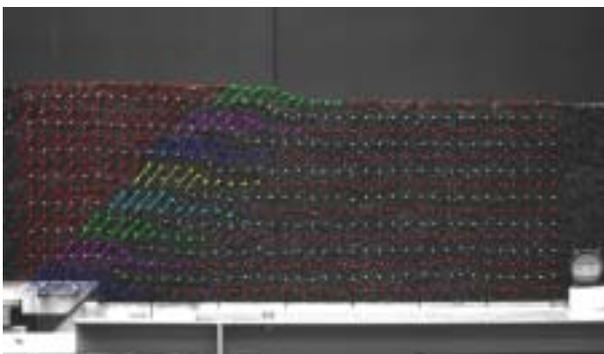


写真-3 case 2 (逆断層 45°型 H=300mm)

(case2)の基盤上の応力状態、地盤の動きについて解析する。

基盤上の応力 (σ_0) と固定・移動基盤境界線を0とした水平距離(x/H)との関係を図-2に示す。

縦軸は基盤上に作用する平均直応力を初期応力で除し、横軸は縦軸と同様に層厚の変化による寸法効果を検討するために、固定・移動基盤境界線(0線)から平均直応力測定点までの水平距離(x)を層厚(H)で除している。 σ_0 の値が1より大きい領域を圧縮領域と言い、それに対して1より小さい領域を膨張領域と言う。図-2をみると、0線に近い上盤側では、case1, case2ともに圧縮領域になり、case1の方がより0線に近づき、 σ_0 の値が大きい。

断層変位量(V/H)が10%時のcase1, case2の画像を写真-2, 3に示す。この2枚の写真をもとに地盤の動きを定性的に解析してみると、断層の上盤の動きが異なっていることがわかる。構造物を挿入していない写真-3では、上盤のアルミ棒は、ほぼ直線に近い動きとなっている。これに対し、構造物を挿入した写真-2では、主に構造物の下の部分で、直線ではなく曲線を描いている。写真-3では、全体がほぼ直線的な動きとなっているため、上盤にある全てのアルミ棒が平行に同じ動きをたどっているが、写真-2では、上盤にある全てのアルミ棒が同じような曲線を描いているのではなく、はっきり曲線となっている部分と、ほぼ直線になっている部分とに分けられる。また、写真-2からは構造物が右方向に移動していることがわかる。基盤の断層変位によって構造物が移動することによって、構造物上にある下盤のアルミ棒も全体的に右に移動していることがわかる。構造物を挿入していないときは、下盤のアルミ棒が大きく移動していないので、これは構造物を挿入した影響が大きく現れたと考えられる。

4. おわりに

本論文では、構造物を挿入したときと挿入していないときの違いについて、基盤上に作用する応力が異なることや地盤の変形形態が異なることがわかった。今後は、構造物の挿入位置などを変えて、基盤上の応力や、地盤変形、構造物変形の定量的解析を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 土木学会地震工学委員会：土木構造物の耐震設計入門，土木学会，pp.161～231，2000.
- 2) 鬼塚信弘，堀 宗朗，佐藤恒明，金井太一：逆断層運動模型実験における地盤変動の定量的解析，土木学会応用力学論文集，Vol.6，pp.685～692，2003.