

第 部門 個別要素解析による礫層基礎を用いた断層ずれ緩和工法に関する研究

関西大学工学部 学生会員 畔上 慧  
 関西大学 正会員 西形 達明  
 関西大学 正会員 西田 一彦

1. 目的

現在、地震災害対策工に関する研究が数多くなされているが、活断層のずれそのものに関する対策法についてはこれといったものはみあたらない。ここで 1999 年に台湾で発生した集集地震では、同一の断層上でも礫層地盤や軟弱な土層上で地震断層の鉛直変位が小さくなっているという興味深い報告がなされている。<sup>1)2)</sup>このような事実から、本研究では地震時の断層による鉛直変位を簡便な方法で緩和することを目的として、礫層地盤を用いた断層ずれの緩和工法を提案し、この工法について個別要素法を用いた解析を行った。

2. 解析モデルと解析方法

解析モデルは、図-1、図-2 に示す 2 つのモデルを想定した。1 つは断層変位モデル(図-1)と称するものであり、これは幅 4m、厚さ t (1m、2m、3m の 3 パターン)の礫層を敷設し、その下部に活断層を設定するものである。この地盤底部の左半分だけを正断層の断層落下を模して (0.5m、1m の 2 パターン) だけ沈下させるものである。2 つ目は加振モデル(図-2)と称するもので、これは断層変位モデルと同様に地盤底部を落下させると同時に、地震運動を

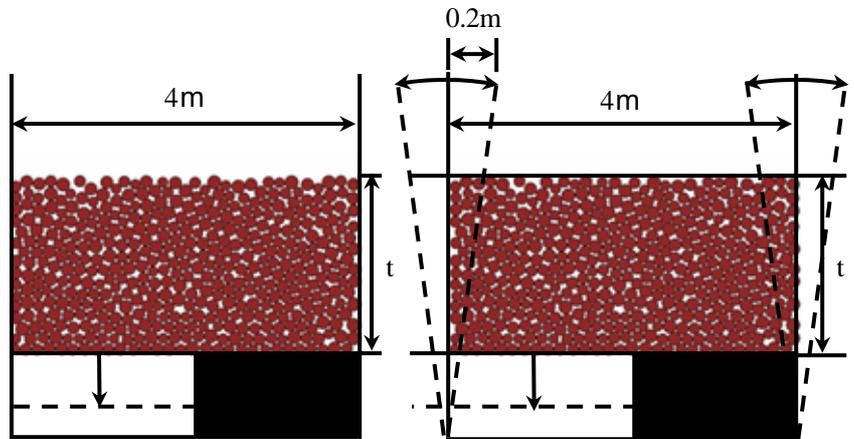


図-1 断層変位モデル図

図-2 加振下での断層変位モデル図

模して、地盤モデルの両側の境界を単純せん断状態で左右に正弦波運動させるものである。なお、地盤の沈下速度は  $v = 0.5m$  のとき  $0.25m/s$ 、 $v = 1m$  のとき  $0.5m/s$  とし、どちらも  $t$  m 落下時間を 2 秒としている。正弦波は最大振幅 0.2m とし、周波数 5Hz(628gal)とした。また、地盤定数は個別要素(土粒子)密度  $2.65g/cm^3$ 、内部摩擦角  $45^\circ$  とし、粘着力は無視している。表-1 に全解析条件を示す。

表-1 全解析条件

| 解析条件 | 平均粒径      | 礫層厚 (t) | 断層ずれ ( ) |
|------|-----------|---------|----------|
| 1    | 3cm (小粒径) | 1m      | 0.5m     |
| 2    |           |         | 1m       |
| 3    |           | 2m      | 0.5m     |
| 4    |           |         | 1m       |
| 5    |           | 3m      | 0.5m     |
| 6    |           |         | 1m       |
| 7    | 7cm (大粒径) | 1m      | 0.5m     |
| 8    |           |         | 1m       |
| 9    |           | 2m      | 0.5m     |
| 10   |           |         | 1m       |
| 11   |           | 3m      | 0.5m     |
| 12   |           |         | 1m       |

3. 解析結果

3.1 断層変位モデル

解析結果を図-3 に示し、図のように断層直上部の礫層表面における傾斜角と、断層直上部の礫層内の間隙率の変化を調べた。図よりこのモデルでは鉛直だった断層ずれが礫層表面において、急勾配ではあるが斜面状となり緩和されたことがわかる。

図-4 は礫層表面の傾斜角  $\theta$  と礫層厚 t の関係を示したものである。

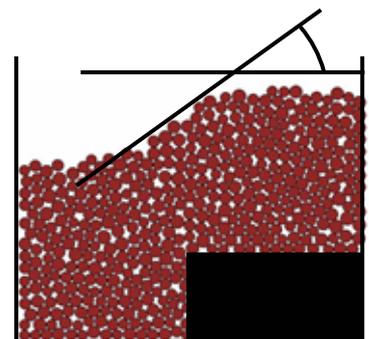


図-3 断層変位モデルの解析例(条件 10)

これより断層ずれが小さいほど、また傾斜角が小さいほど傾斜角が小さくなることは明らかである。さらに、礫層の粒径を大きくするほど、また礫層厚を厚くする

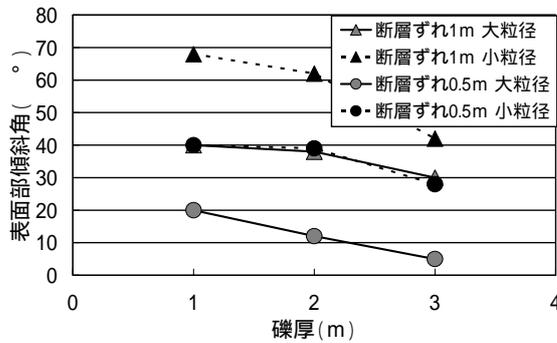


図-4 礫層変位モデルにおける  
礫層表面部傾斜角と礫層厚の関係

ほど断層のずれを緩和していることがわかる。次に間隙率の変化について図-5 に示すが、これよりどの解析条件においても解析前よりも解析後の間隙率が高くなっている。これは、礫層のせん断によるダイランシーによるもので、これが礫層のなかでずれを緩和する要因のひとつであると考えられる。

### 3.2 加振モデル

解析結果の例として解析条件 12 の結果を図-6 に示す。この場合の礫層表面部の傾斜角は断層両側幅 2m 間について調べた。図より加振モデルでは断層変位モデルよりも、傾斜角はかなり小さくなっている。これは断層変位によって発生した表面傾斜が加振によって平滑化されたためである。このように、礫層は免震構造としての役割を果たしているものと考えられる。次に、図-7 に礫層表面の傾斜角と礫層厚  $t$  の関係を示すが、加振した場合においても礫層が厚く、粒径が大きい方が地表面に現れるずれの影響が緩和されている。また、図-8 に礫層内の間隙率の変化を示す。これより加振下のモデルにおいても正のダイランシーが生じた結果、断層のずれが緩和されていることがわかる。ただし、加振しない断層変位モデルに比べると、間隙率は小さくなっているが、これは加振によって粒子構造が再編成されたためであると考えられる。

最後に図-9 に礫層厚を断層ずれで除した値と表面部傾斜角の関係を示す。礫層の粒径が小粒径 (3cm) の場合には、 $t/l$  が約 3 以上になると表面部傾斜角に減少傾向が見られなくなる。すなわち、粒径が 3cm 程度の場合には、断層ずれの 3 倍程度の礫層厚が最適であることを示している。大粒径 (7cm) の場合には、 $t/l$  が 3 以上の礫層厚を使用すれば、表面部傾斜角を大きく低減させることができるものと考えられる。

#### [参考文献]

- 1) 宮島昌克他：1999 年台湾・集集地震における断層運動に伴う建物被害分布 (その 2), 地形・地盤条件、断層変位と建物被害の関係, 第 35 回地盤工学研究発表会, pp.237 ~ 238, 2000.
- 2) 西田一彦：活断層の工学的研究, pp.1 ~ 6, 1999.

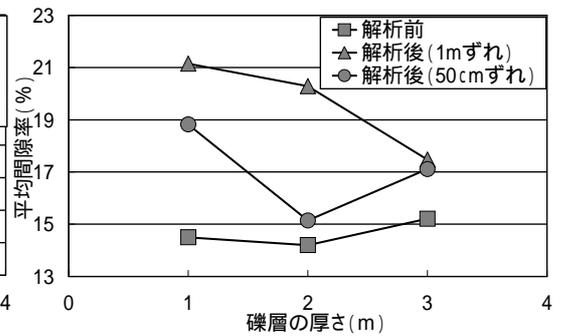


図-5 礫層変位モデルにおける  
解析前後の間隙率の変化(大粒径)

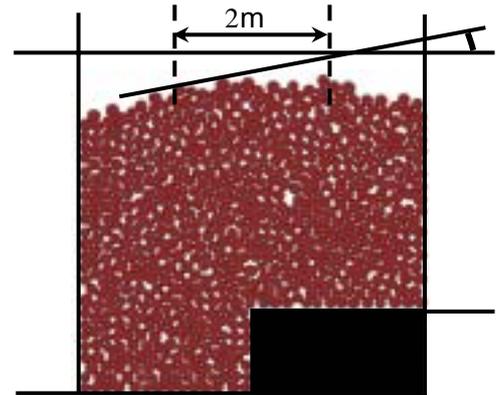


図-6 加振モデルの解析例(条件 12)

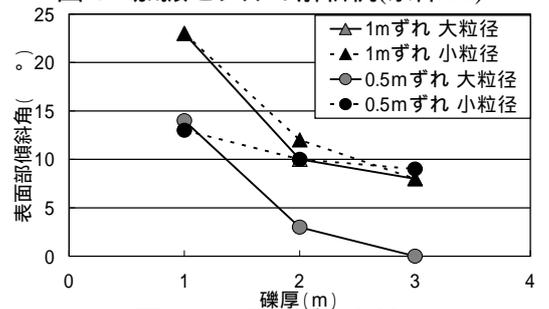


図-7 加振モデルにおける  
礫層表面部傾斜角と礫層厚の関係

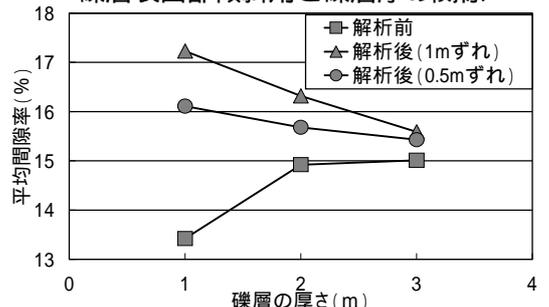


図-8 加振モデルにおける  
解析前後の間隙率の変化(大粒径)

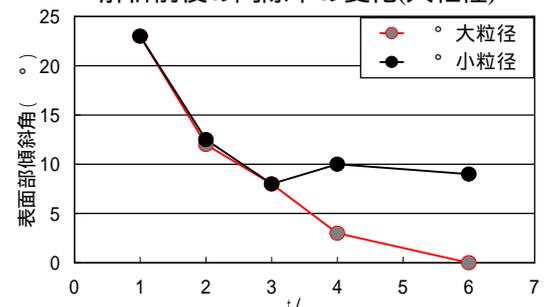


図-9  $t/l$  (礫層厚/断層ずれ)と傾斜角 の関係