

## 断層変位による構造物への影響評価のための実験及び解析（その2 解析編）

(株) 安藤・間 正会員 ○船津 貴弘

(株) 安藤・間 正会員 室山 拓生

(一財) エンジニアリング協会 フェロー会員 塩崎 功

## 1. はじめに

構造物の近傍で副断層による変位が生じた場合に、構造物に対してどの程度の影響が生じるかを事前に把握した上で、必要に応じて発生する影響に対する対策を検討しておくことが重要になる。

本研究では室内実験<sup>1)</sup>および数値解析により、断層の変位が構造物に与える影響について検討した。検討対象としたパラメータは、①副断層の発生位置と構造物の位置関係、②基盤岩の力学特性（硬・軟）、③表層土の力学特性である。断層の変位は大変形であり不連続的な現象であるため、そのような現象を取り扱うことが可能な数値解析手法として個別要素法を適用した（Itasca社製のPFC<sup>2D</sup>ver4.0）。本報では、実験結果で確認された現象を数値解析で再現することを試みた結果を報告する。

## 2. 模型実験の個別要素法によるモデル化

図-1に模型実験の状況を示す。実験概要は別途報告<sup>1)</sup>に記しているが、基盤岩の上部に表層土があり、断層の直上に構造物が存在する配置になっている。図中の赤の破線の領域をモデル化した。図-2に個別要素法によるモデルを示す。図-2(a)は構造物が無い場合のモデル、図-2(b)は構造物がある場合のモデルである。図中の黄色の粒子は基盤岩、青色の粒子は表層土、グレーの粒子は構造物を表している。また、副断層（厚さ5mm）は水色の粒子で示している。基盤岩と表層土の両端と底面は壁要素で作成し、断層の変位は実験と同様に右側の壁および右下の赤色で示した部分の壁を60度で強制的に変位させた。

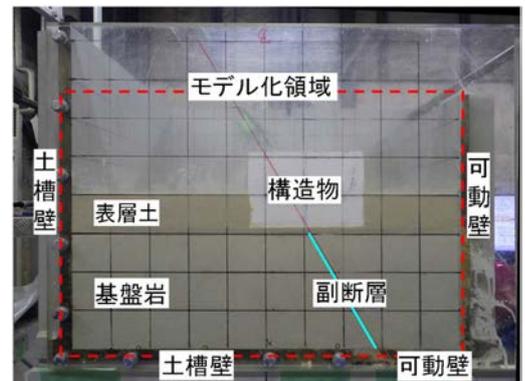


図-1 模型実験状況

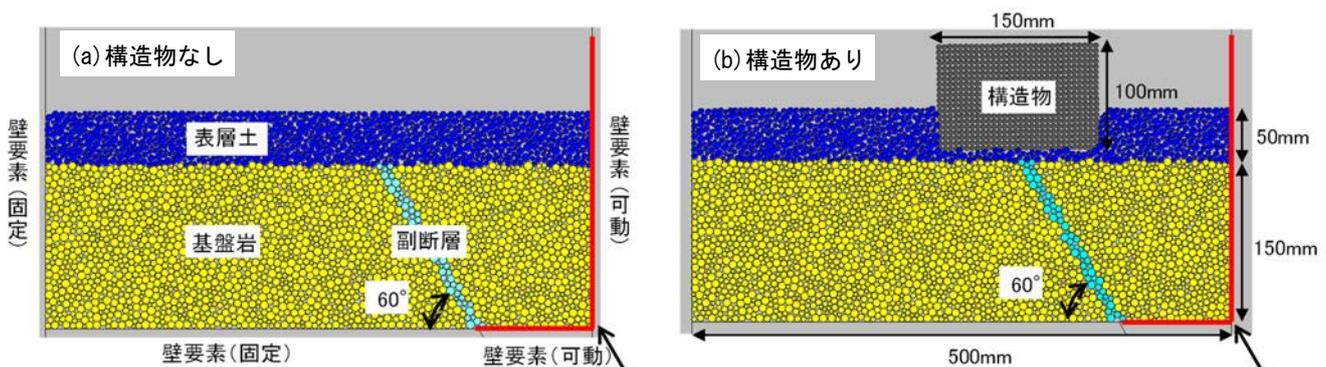


図-2 個別要素法モデル

個別要素法における入力パラメータを設定するために基盤岩（硬）の一軸圧縮試験等の要素試験を実施し、実験結果と個別要素法による解析結果を比較した。図-3に一軸圧縮試験の解析結果による応力-ひずみ曲線を示す。同解析結果から一軸圧縮強度は207 kN/m<sup>2</sup>、変形係数は75.5 MN/m<sup>2</sup>となる。この結果は、実際に用いた試験体の力学特性（一軸圧縮強度100 kN/m<sup>2</sup>、変形係数40 MN/m<sup>2</sup>）と同程度であることから、表-1に示す数値を基盤岩が硬い場合（100 kN/m<sup>2</sup>）の入力パラメータとして設定した。その他、基盤岩（軟）、副断層、表層土の入力パラメータはこの値を参考にパラメトリックスタディにより設定した。

キーワード 個別要素法, 断層変位, 模型実験, 構造物への影響

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 建設本部 技術研究所 TEL 029-858-8813

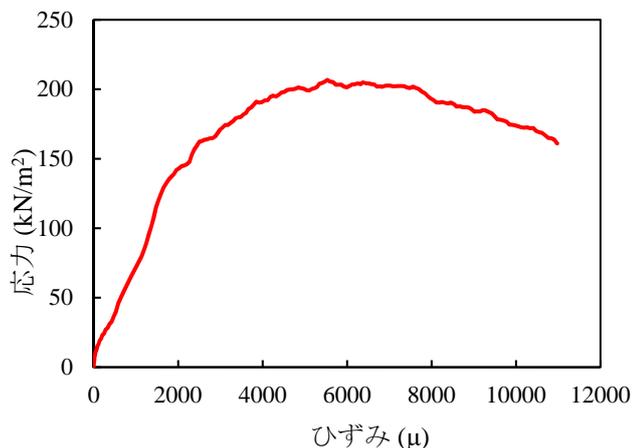


図-3 解析による基盤岩（硬）の一軸圧縮試験結果

表-1 入力パラメータ一覧（基盤岩（硬））

マイクロパラメータ	単位	値
最大粒子半径と最小粒子半径の比	-	2
最小粒子半径	m	$2 \times 10^{-3}$
粒子の密度	kg/m <sup>3</sup>	3169
粒子の接触係数	N/m <sup>2</sup>	$55 \times 10^6$
粒子の垂直方向とせん断方向の剛性の比	-	2.5
粒子間の摩擦係数	-	0.2
パラレルボンドの接触係数	N/m <sup>2</sup>	$55 \times 10^6$
パラレルボンドの垂直方向とせん断方向の剛性の比	-	2.5
垂直方向強度の平均値	N/m <sup>2</sup>	$170 \times 10^3$
垂直方向強度の標準偏差	N/m <sup>2</sup>	0
せん断方向強度の平均値	N/m <sup>2</sup>	$50 \times 10^3$
せん断方向強度の標準偏差	N/m <sup>2</sup>	0

### 3. 解析結果

基盤岩が硬く構造物を有しないケースの実験結果と解析結果を図-4に示す。実験と解析の結果を比較すると、断層に沿った滑りが生じている点、および表層土のすべり面の位置や表層土に鉛直のひび割れが生じた点で両者は良く一致していることが分かる。

基盤岩が硬く構造物を有するケースの実験結果と解析結果を図-5に示す。構造物が存在する場合には、断層のせり上がりにより、構造物が表層土を押し出して崩壊が生じている。図-5(b)の赤の破線で示す領域に示すように、大変形時には構造物が傾斜して底面と地盤が点で接触する状態になっていることが分かる。構造物と周辺地盤との接触力の分布を図-6に示す。接触力は黒の実線で示されており、線の太さが作用する力の大きさを表している。同図からも構造物の底面に大きな力が生じることが確認された。しかしながら、香川（1978）による相似則<sup>2)</sup>に基づいて換算した構造物に作用する力は、想定した実構造物のコンクリートの設計基準強度より小さなものであった。したがって、本解析条件では、断層変位の構造物へ与える影響は限定的であると思われる。

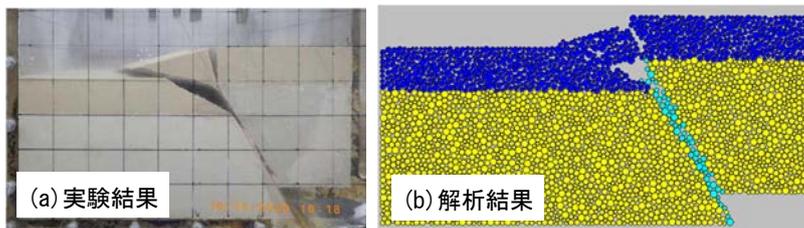


図-4 構造物を有しないケースの実験結果と解析結果

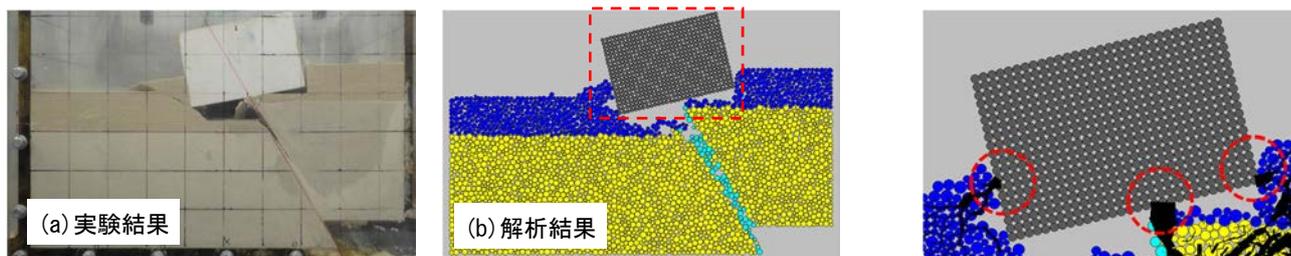


図-5 構造物を有するケースの実験結果と解析結果

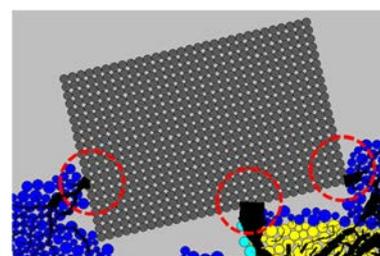


図-6 同左ケースの構造物周辺の接触力分布

### 4. まとめ

地上に建設された重要構造物に及ぼす副断層の変位の影響を検討するために、個別要素法により断層および構造物をモデル化し、実験結果と比較するための解析を実施した。作成したモデルによる解析結果は、断層変位を与えた模型実験結果をほぼ再現できた。今後、本モデルおよびパラメータを基本として諸条件を変更させた解析を実施する予定である。本研究は（一財）エンジニアリング協会「エネルギー関連施設に関する活断層の工学的研究会」の活動の一環で実施したものである。

### 参考文献

- 1) 室山ほか：断層変位による構造物への影響評価のための実験及び解析(その1 実験編), 土木学会全国大会, 2021.
- 2) 香川：土構造物の模型振動実験における相似則, 土木学会論文報告集, 第275号, pp.69-77, 1978.