

逆断層強制大変位を受ける柔らかい層を含む積層地盤の変形解析

八戸工業大学大学院 学生会員
八戸工業大学 正会員
八戸工業大学大学院 正会員

○盛 健太郎
橋詰 豊
金子 賢治

1. はじめに

逆断層においては、地震動のみでなく地表面が大きく変位することによっても、地表面付近の構造物に大きな被害が発生する。基盤断層変位により発生する地表面の変位やその発生位置を予測することも重要であるが、工学的な立場から見ればそれらを人工的に制御し、せん断帯が地表面に発生する位置をずらす等の対策を施すことにより構造物への被害を防止できることが望ましい。しかしながら、そのような研究・検討はあまりされていない。本研究では、対策手法を考える上で参考となる意図的に柔らかい層を砂層に設置した2種類の積層粒状地盤モデルについて粒状要素法¹⁾を用いた数値解析を行い、その変形挙動について検討した。

2. 解析の概要

図-1に粒状要素法を用いた断層シミュレータの模式図を示す。図-1に示すように解析領域を2次元円形粒子によりモデル化し、境界には制御用の境界粒子を配置する。境界粒子の一部に75°の逆断層を想定して強制的に変位を与える。断層部分以外の境界粒子については変位を0として制御する。境界の制御以外の部分はほとんど通常の粒状要素法と同様であるが、断層シミュレータにおいては拘束圧の影響を無視できないため鉛直方向に物体力を導入する。遠心载荷模型実験を模した解析を行うために、鉛直下向きの遠心加速度を入力パラメータとした。

表-1に解析に用いたパラメータを、図-2に表層地盤中に意図的に柔らかい層を導入した解析モデルを示す。柔らかい層のパラメータはバネ剛性のみを1/10とした。100Gの加速度を付与した後に、強制的に変位を増分的に20mmまで加えることで逆断層を発生させる。(a)は柔らかい層を設置しないケース、(b)は表層地盤中央付近に幅20mmの柔らかい層を水平方向に設置したケース、(c)は基盤断層付近に鉛直方向に幅20mmの柔らかい層を設置したケースである。図中グレーでハッチングされている粒子が柔らかい粒子である。柔

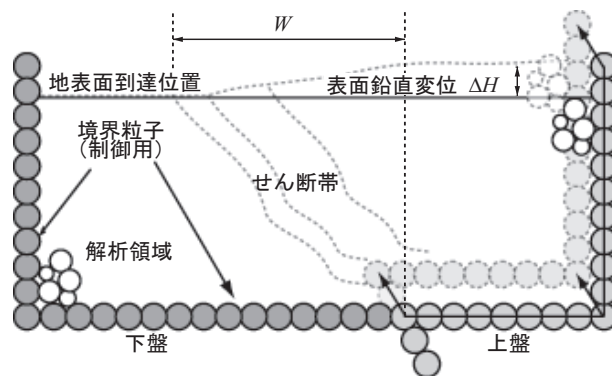


図-1 粒状要素法による断層シミュレータの模式図

表-1 解析に用いたパラメータ

粒子の比重 (g/cm ³)	2.65
法線方向バネ剛性 (kN/m)	80
接線方向バネ剛性 (kN/m)	32
内部摩擦角 (°)	25
粒子数 (境界粒子を除く)	13803 個
遠心加速度	100G
基盤の縦ずれ断層角度 (°)	75

らかい層を鉛直方向に配置したケース(c)の場合には、遠心加速度100Gを作用させると柔らかい層の沈下量が大きく、表層に凹みができてしまうため、柔らかい層の上部に数10粒子を余盛した。

3. 解析の結果

図-3に基盤逆断層20mm発生後の基盤の逆断層変位に伴う表層粒状体の変形の様子を示す。図中の粒子は回転量に応じて着色しており、黒に近いほど回転量が大きく、白に近いほど回転量が小さいことを示している。粒状体の変形においては、せん断ひずみが集中するせん断帯内部の粒子は粒子回転量が大きくなることが知られており、図-3においても同様の傾向が現れている。このことから、粒子回転量が大きくなる部分をせん断帯と見なすことができる。水平方向に柔らか

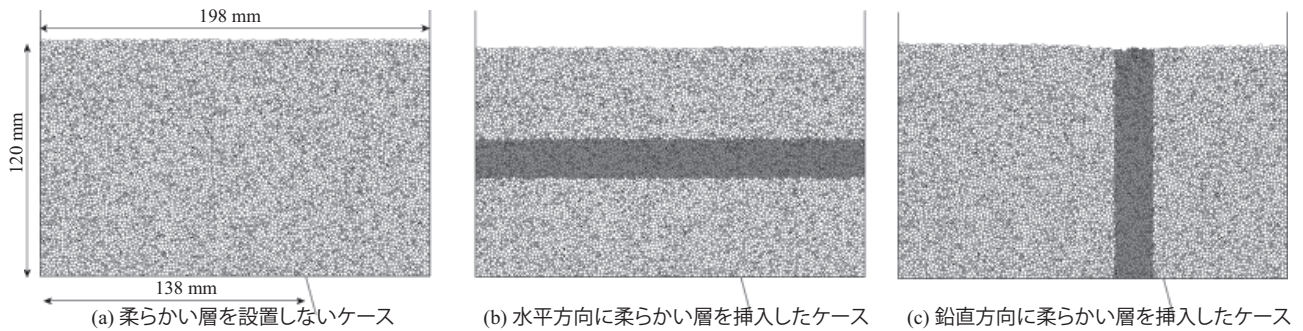


図-2 解析モデル

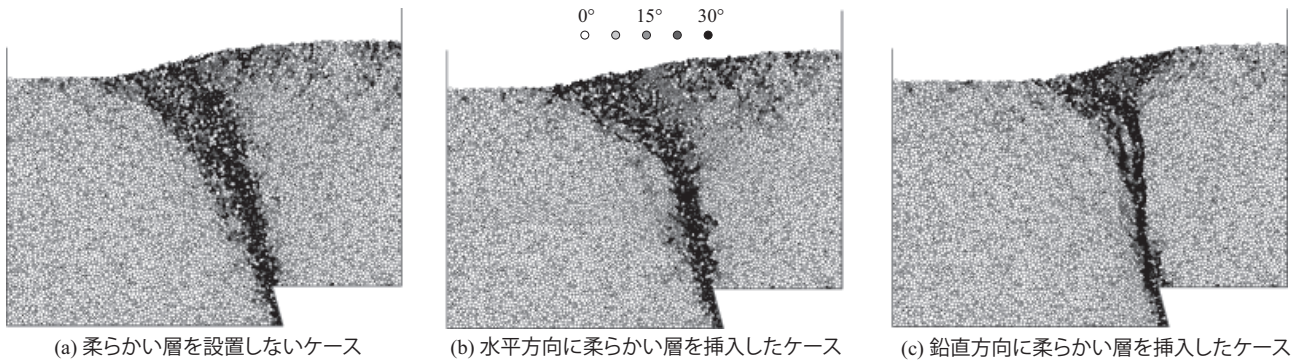


図-3 解析結果（粒子配置と粒子回転量）

い層を設置した場合には、柔らかい層を設置しない場合との大きな違いは見られず、基盤に近い拘束圧が大きい領域ではほぼ断層角に沿った方向にせん断帯が進展し、地表面に近づくにつれて下盤側にずれていく様子が確認できる。鉛直方向に柔らかい層を設置した場合には、表層地盤内部のせん断変形が大きく粒子回転量が大きい領域が、明らかに柔らかい層に沿って鉛直方向に進展していることが確認できる。このことから、人為的に鉛直方向に柔らかい層を設置することによって、せん断領域の進展方向を制御できる可能性があると考えられる。

表-2 に上盤側の平均鉛直変位 ΔH と、せん断面が地表面に到達する点と基盤逆断層の上盤・下盤境界点との水平距離 W を示す。水平方向に柔らかい層を設置した場合には鉛直変位が小さくなる一方で、 W が大きくなる。鉛直方向に柔らかい層を設置した場合には W が大幅に小さくなり、地表面の鉛直変位が発生する位置は上盤側となる。柔らかい層内でせん断帯が高角に形成されるため、これに連動して上盤側の鉛直変位が増加しているためであると考えられる。

これらの結果から、表層地盤の物性を意図的に変えることにより、せん断領域の進展方向や地表面の変位を制御できることが示唆された。簡単な2ケースにつ

表-2 ΔH と W の関係

No.	ΔH (mm)	W (mm)
(a)	17.92	74.8
(b)	17.21	82
(c)	18.60	60.4

いての数値実験であり、実際にどのような材料をどのように施工するかなどについては未検討ではあるが、今後、そのような検討の一助になると思われる。

4. おわりに

本研究では、仮想的に表層地盤に柔らかい層を設置した数値実験を行い、人為的に表層地盤の物性を変えることにより、せん断領域の進展方向や地表面変位を制御できる可能性が示唆された。本研究における検討は、2次元解析であることや逆断層角度 75° に限定していることなど、非常に限定的である。解析手法の3次元化、断層角度の影響、せん断帯内部の詳細な観察、柔らかい層の位置や厚さの影響、副断層の進展など多くの今後の課題が残されている。

参考文献

- 1) 岸野佑次：新しいシミュレーション法を用いた粒状体の準静的挙動の解析，土木学会論文集，No.406/III-11，pp. 97-116，1989.