

鉄道構造物がせん断帯の発達過程に及ぼす影響に関する一考察

ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 ○日野 篤志
埼玉大学 正会員 谷山 尚

1. はじめに

断層近傍に存在する構造物は、地震時に地表断層変位による被害が想定される。断層変位は、堆積層の影響を強く受けることから変位量や影響範囲の予測は容易ではない。そのため、避けるように構造物を建設することが望ましいが、鉄道構造物のような線状構造物の場合には避けられない場合も少なくない¹⁾。

著者らのグループでは、これまでに模型実験²⁾や個別要素法³⁾を用いて鉄道構造物に縦ずれによる地表断層変位が作用した際の挙動の評価を行ってきた。その中で地表面に構造物が存在した場合には、構造物を避けるようにせん断帯が発達していく現象を確認している。本稿では、この現象に対して定量的な評価を行うために地盤内に断層変位が作用し始めた瞬間の挙動を評価することを目的として、微小な変位量を対象に FEM 解析による検討を実施した。

2. 解析条件と解析モデルの構築

検討では、地盤上に橋脚に見立てたフーチング模型を設置した状態で地表断層変位を模擬した強制変位を入力した際の地盤内の応力状態の変化について確認を行う。

検討モデルの概念図を図-1 に示す。既往の模型実験²⁾を参考に幅 4m、深さ 1m の 2 次元の地盤モデルを対して検討を実施することとした。地盤の条件は、N 値 10 相当の砂質土とした単位体積重量は 20kN/m³、内部摩擦角は 36 度とした。地盤は、メッシュ間隔 0.1m の平面ひずみ要素としてモデル化を行った。本検討では、よりシンプルな条件での検討を目的としているため、地盤の非線形性や拘束圧依存の影響については考慮していない。構造物を模擬したフーチング模型を地表面の中心に設定する。フーチング模型は剛な梁部材としてモデル化を行い、地盤との接合は鉛直方向には引張に抵抗しないジョイント、水平には、自重による摩擦力を上限値とした剛なばねで一体化させた。

境界条件は、自重状態に対して底面固定、側面を鉛直ローラーとした。断層変位を模擬した強制変位を入力する際には、模型の中心を境にモデルの左半分の底面に一様に変位を入力することとした。入力する強制変位の値は最大 1mm とした。

3. 応力状態の評価

2 章で構築したモデルを用いて表-1 に示す構造物の有無および重量を変更したモデルに対して強制変位を入力した静的非線形解析による応力状態の確認を行う。なお、ケース 2 の地盤上に模型を設置した際には 0.1mm 程度の沈下が生じる。

(1) 変形状態の確認

各モデルに対して強制変位を入力した際の変形の状態について確認を行った。紙面の都合から 0.1mm の強制変位を入力した際の変形の状態のみを図-3 に示すが、構造物の有無による違いは少なく、強制変位を入力したことで変位を入力した左側の地盤が垂直に上昇し、変位の入力位置を境に傾斜していることがわかる。これ以降の変位においても分布の形状は異なることなく、変位の値が徐々に大きくなる結果となった。

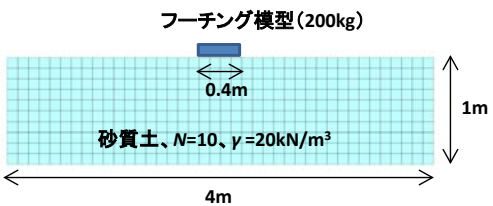


図-1 対象構造物の概念図

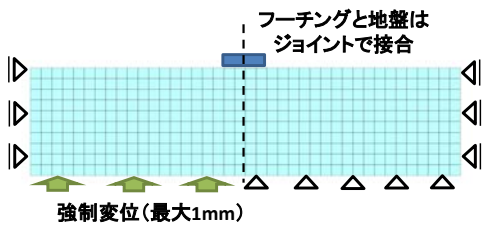


図-2 境界条件と断層変位の作用

表-1 境界条件と断層変位の作用

ケース 1	地盤のみ
ケース 2	地盤＋模型
ケース 3	地盤＋模型重量 2 倍

キーワード 地表断層変位, FEM 解析, 最大主応力

連絡先 〒186-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (株) ジェイアール総研エンジニアリング 構造技術部

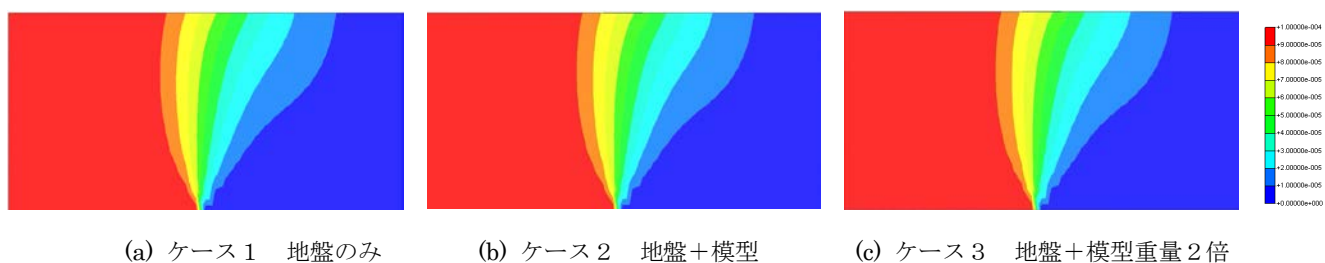


図-3 強制変位 0.1mm 時の変形図

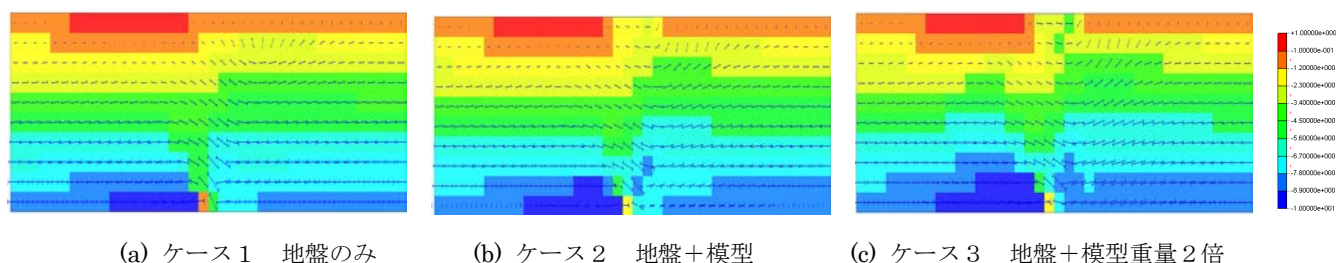


図-4 強制変位 0.1mm 時の最大主応力図

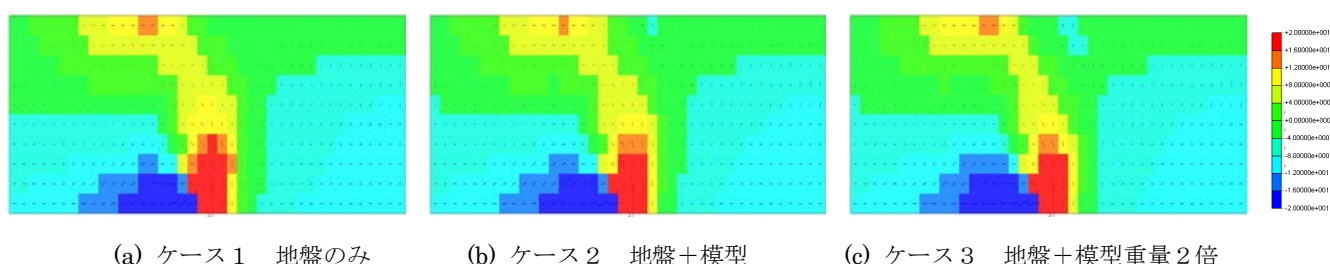


図-5 強制変位 1mm 時の最大主応力図

(2) 最大主応力の確認

各モデルに対して最大主応力の値と方向について確認を行った。図-4 では強制変位 0.1mm 時の結果、図-5 では強制変位 1.0mm 時の結果を示している。0.1mm 時において、強制変位を入力した際に、地盤のみの場合には他のケースと比較すると主応力の方向が直上を向いていることがわかる。ケース 2 の模型を設置したモデルでは、地表面付近において左向きに変化し、模型を避ける向きに主応力方向が向いていることがわかる。これは、ケース 3 の重量を 2 倍にしたモデルではより顕著に確認することができる。

一方で、強制変位が 1.0mm になると、構造物の条件による違いは小さくなり、いずれも変位を入力した境界部から左側に主応力方向が向いていることがわかる。これは、ケース 2 の模型の重量による沈下量が 0.1mm だったのに対して、それ以上の大きな強制変位を入力した場合には、模型が周辺の地盤に追従して持ち上がる挙動を示すことから、条件ごとの違いが小さくなったと考えられる。

この結果から、断層変位が地盤内に作用した際には模型底面では、地盤のみの場合より最大主応力の値が高くなり、微小な変位の場合にはそれを避けるようにせん断帯が発達することとなる。

4. まとめ

本稿では、構造物が存在した場合のせん断帯の発達過程を評価するために、微小な変位を対象に FEM 解析による検討を実施した。その結果、限定的な条件の下ではあるが、構造物直下においては最大主応力が高くなることからせん断帯が構造物を避けるように進展する現象を確認することができた。今後は、大規模な変位を対象に個別要素法による同様の評価を実施する予定である。

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），2012. 2) 押田 直之，月岡 桂吾，川西 智浩，日野 篤志，室野 剛隆，谷山 尚：鉄道構造物基礎の影響を受ける縦ずれ断層変位に関する模型実験、構造工学論文集65A 巻 p.154-163、2019. 3) 日野篤志，室野剛隆，押田直之，月岡佳吾，谷山尚：個別要素法による縦ずれ断層変位実験のシミュレーション、土木学会論文集A1（構造・地震工学），Vol.75，No.4（地震工学論文集第38巻），I_562-I_568，2019.