

III-424

DEMとFEMのカップリングによるたわみ性壁に作用する土圧

株式会社フジタ 技術研究所 ○小林範之
斉藤悦郎

1. はじめに

DEM解析は破壊現象の解明に有効な手法であり、斜面安定や支持力問題など実際面への応用例が数多く示されている。筆者らは剛な壁に作用する土圧の定量的な評価を試み、土圧問題への適用性を検証した¹⁾。剛な壁に対して、たわみ性壁に作用する土圧は、その変形状態に伴って複雑な挙動を示し、その挙動解明のために数多くの研究²⁾がなされている。

本研究では、DEMを地盤のモデルに、FEMを山留め壁のモデルに使い、DEMとFEMのカップリング解析を行って、たわみ性山留め壁の変形に伴う地盤の挙動と山留め壁に作用する土圧および土圧分布を求めた。

2. DEM部とFEM部との接触機構

山留め壁を構成する要素はDEMブロック要素とFEM弾性体要素の2つの働きをし、接触点において力と変形の伝達を行う。解析手順を以下に示す（図1参照）。

- ①地盤部の円形要素と山留め壁部のブロック要素を用いてDEM解析を行い、円形要素とブロック要素との接触力を求める。
- ②前ステップで計算された接触力を差し引いて増分接触力を求める。
- ③増分接触力をFEM節点に分配する。
- ④分配された節点力を節点荷重とし、FEMにより山留め壁の変形を求める。
- ⑤変形した山留め壁を変位境界として再びDEM解析を行う。
- ⑥①～⑤を指定する計算ステップまで繰り返す。

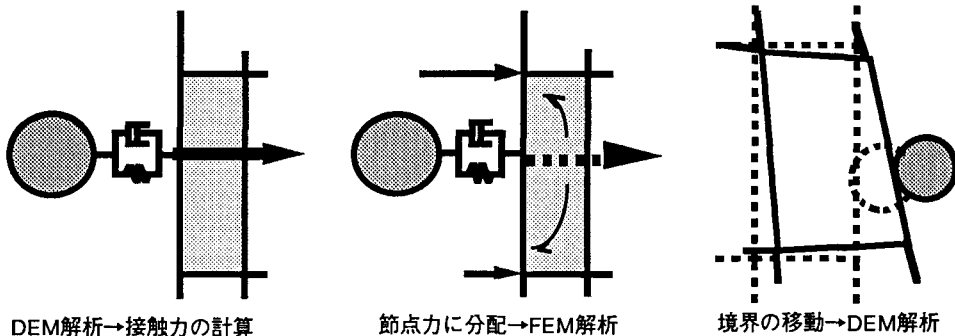


図1 DEMとFEMとの接触機構

3. 解析モデル

解析モデル（図2）は模型実験レベルのもので、幅10.0m、高さ6.0mの地盤領域に粒径20.0cmの円形要素を最密に配列し、左から4.0mの位置に幅20.0cm、高さ4.5mの山留め壁を設置した。

表1に解析に用いた材料物性値を示した。DEMに用いる材料物性値のうち、バネ定数、粘性係数および時間間隔は円形要素を自由落下させて弾まない状態をシミュレートすることによって設定した。また、要素間の摩擦係数は全体系での内部摩擦角が 30° 程度になるよう $\phi-\mu$ 関係³⁾を用いて設定した。また、FEM部の山留め壁は弾性体モデルとし、その物性は鋼材の値を用いた。

4. 掘削解析

ここでは、山留め壁の左側を地表から2m掘削した場合を想定して、掘削に伴う山留め壁の変形、地盤の破壊挙動および山留め壁に作用する土圧・土圧分布を解析した。解析手順を以下に示す。

- ①山留め壁の変形を許さない状態で繰り返し計算を行いモデルの安定状態を求める。
- ②図1の太線部の要素を取り除き、掘削状態を設定する。
- ③2.で示したDEM+FEMカップリング解析を実行する。FEMの境界条件は山留め壁端部に対して(a)下端固定、(b)上端固定、(c)両端固定の3通りで計算した。

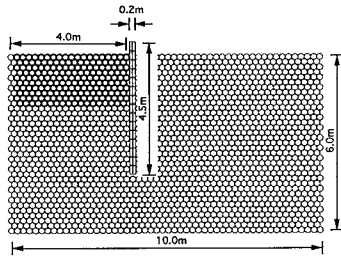


図2 解析モデル

5. 解析結果

図3(a)～(c)に山留め壁変形モード、図4(a)～(c)に地盤のせん断ひずみ分布を示した。これより破壊の形態は壁の変形性状に影響することがわかる。(a)の場合、背面側地盤の破壊は、山留め壁の変形に伴い、表層の局所的な領域で生ずる。一方、掘削側は掘削面付近で広範囲にわたり破壊領域が現われる。(b)の場合、山留め壁下部が掘削側に変形するため、背面側・掘削側とも山留め壁下端に破壊領域が広がる。特に、掘削側は下から上への変形になり引張力を受けるため(a)と比較して破壊領域が大きくなる。(c)の場合、山留め壁は中央部が掘削側に変形するが、変形量自体が小さいため大きなひずみは生じない。破壊領域は、山留め壁中心部および背面側地盤の上端に生じる。

図5(a)～(c)に山留め壁に作用する水平土圧分布を示した。(a)の場合、背面側は山留め壁上部において小さな値を示すが、ほぼ三角形分布となる。一方、掘削側は掘削面付近でランキン土圧を上回る値を示すが、深くなるに伴い小さくなる。このことから掘削面付近では破壊が進んでいるが、深いところでは弾性的な挙動を示していることがわかる。(b)の場合、背面側上部においてランキンの主働土圧より大きな値となるが、深くなるに従い小さくなる。また、掘削側は、三角形分布を示すがランキンの受働土圧に比べ過小となる。これは、変形が小さく破壊が十分進んでいないことを示している。(c)の場合、背面側・掘削側いずれもランキンの土圧に比べて小さい値を示す。山留め壁の変形量が大きい中央部において背面側の土圧が減少し、アーチ作用の効果が見られる。

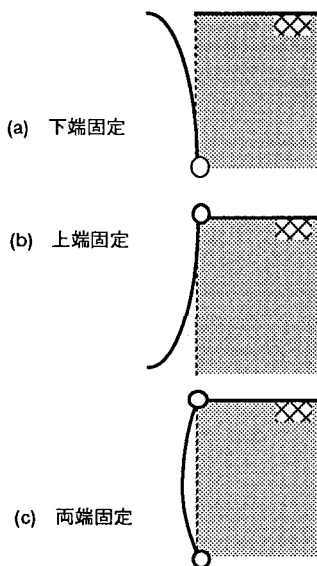


図3 山留め変形モード

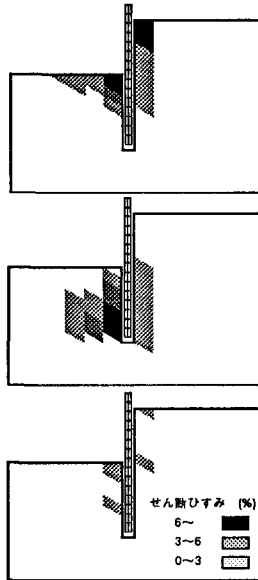


図4 せん断ひずみ分布

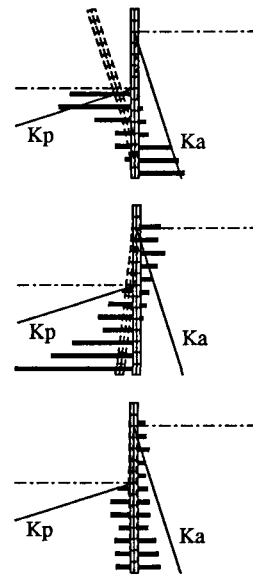


図5 土圧分布

6. おわりに

DEMとFEMのカップリング解析は、たわみ性山留め壁に作用する土圧・土圧分布および山留め壁の変形に伴う地盤の挙動予測に有効であることが明らかになった。

参考文献：1)小林ら(1993)：個別要素法を用いた擁壁の土圧解析，土木学会第48回年次学術講演会，III-573. 2)例えば，T. Nakai (1985)：Finite element computations for active and passive earth pressure problems of retaining wall, S & F, Vol. 25, No. 3, pp.98-112.