

III-255

EPS 模型地盤へのDEMの適用

北海道大学工学部 正会員 三浦 均也
北海道大学工学部 学生員 ○高原 利幸
北海道開発局開発土木研究所 正会員 松田 泰明

1. はじめに 道路の高規格化に伴う高盛土の建設に際して、北海道の泥炭性軟弱地盤では盛土自重の軽減と交通荷重分散に期待して、カルバート構造物の周辺にEPS（発泡スチロール）が用いられるケースが増えている。EPS地盤（または盛土）は、単位体積重量が土の1/50から1/100と超軽量なブロック状のEPSを組み合わせて作成するものである。緊結材が用いられるものの、ブロック個々の自由度は大きく、せん断力の伝達はブロック間の摩擦特性に支配されているようである。

著者らは先に基礎的研究として、EPS模型地盤について荷重伝達機構や変形機構を調べている^{1,2,3}。本研究では、円盤やブロックの集合体の解析には最適と思われる個別要素法（DEM）を適用して解析を行っている。

2. EPS 模型地盤の荷重伝達

・変形実験 模型実験の方法や画像解析を活用した計測については、別報³に詳しいので参照して頂きたい。図1(a-d)に示す、4つのケースについて荷重伝達実験と変形実験を行っている。Case2, 3, 4ではシルエットは全く同じだが、ブロックの組み合わせを変えている。

3. 個別要素法 用いた要素形状は長方形のみで、2次元問題として解いている。個々のEPSを個別要素と考えるが、荷重として用いた鉄板も個別要素としてモデル化した。

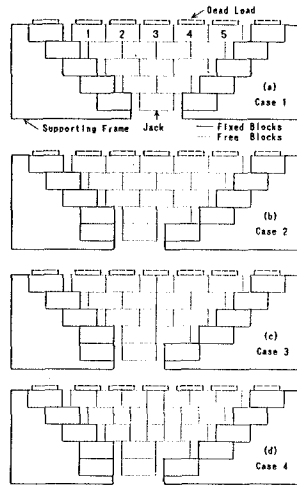


Fig. 1 (a), (b), (c), (d)

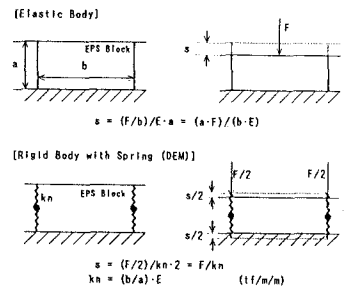


Fig. 2

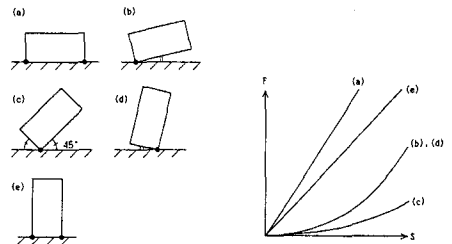


Fig. 3

先に、著者ら⁴⁾はDEM解析における解の安定性と収束性について調べる中で、最も一般的な動的陽解法に加えて動的陰解法、静的解法についても比較・検討している。その結果、本研究で対象とするEPS地盤の荷重伝達挙動および変形挙動に関しては動的な現象を考慮しなくても良いので、静的解析を選択した。計算方法については、全体剛性マトリックスを解く方法と、個々の要素についての剛性マトリックスを解く方法を併用している⁴⁾。

個別要素法ではブロックを剛体とみなし、変形特性を接触点に発生するバネで表現しなければならない。図2には剛体床とEPSブロックの接触点における変位s（個別要素法では要素の重なり量）と荷重Fの関係を模式的に示している。ブロックが床と面で接触する場合（図中のaとe）のみバネは線形で良いが、点で接触する場合には球の場合と同じように本質的に非線形となる。しかし、その非線形性を計算により求める

Table 1

DEM で用いたパラメータ	EPS	荷重用鉄板
単位体積重量 γ (tf/m ³)	0.02	7.65
ヤング率: E (kgf/cm ²)	80.0	2.1×10^4
バネ定数: $kn = (b/a)E$ $kt = kn/10$		
摩擦係数: μ	0.64	0.64

ことは困難であるし、非線形性を取り入れた個別要素法はその複雑さ故に実用的ではない。したがって、本研究では図3に示したように接触モードを設定して、EPSの弾性定数から法線方向のバネ定数 k_n を算出した。また、予備的な解析の結果に基づいて計算の収束性を考慮すると、接線方向のバネ定数 k_t は k_n の10分の1が適当であると判断した。計算で用いたパラメータは表1に示したようである。

4. 解析結果および考察 4.1. 荷重伝達実験 図4(a-c)では、荷重の載荷点を横軸に最下部のブロックへのジャッキによる反力を縦軸にとって影響線に相当する整理をしている。図には比較のためにFEMによる解析結果も示している。

模型台の剛性が不足していたために、実験値が若干高めの値となっている³⁾。そこで影響線の形状比較を試みる。Case2-4は盛土のシルエットが同じであるのでFEM解析結果は全く同じであり、ブロックの組み合わせ構造の相違を考慮できていないのに対して、DEMでは実測値と良い対応にあることが分かる。

4.2. 変位実験 図5には紙幅の関係で一例として、Case2の最下部のブロックが最も変位したときの状態を実測値と解析値を比較して示している。画像処理によって得た実測値と解析値はパソコン画面上でアニメーションとして比較することが可能であり、発表会場ではパソコン画面をお見せすることができる。

図6(a, b)にはCase1, 2の変位-反力関係を示している。初期においては鉛直変位とともに反力が急激に増加するが、ある程度変位が進むと隣合うブロック間には隙間が発生して一体性が失われて反力はほぼ一定となる。その後、新しいモードで台との間にアーチ構造が出来上がると後半部で荷重が再度増加するといった挙動が実験によって観察される（図5参照）。

FEMでは連続体として解析するためにブロック構造の変化を考慮できず、変位と荷重の関係は線形となり、実験結果とはかけ離れた結果になってしまう。一方、DEMはブロック構造の変化を説明できるので、図示のように変位-反力関係も実験結果に極めて類似したものとなっている。

5. あとがき 本研究を進める機会を与えて下さり、支援して頂きました北海道開発局開発土木研究所の能登繁幸氏、西川純一氏には、末筆ながら記して感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 松田、能登、西川、三浦(1992)：EPSを用いた...、第27回土質工学研究発表会
- 2) 三浦、高原、松田(1992)：EPS模型地盤の変形...、第27回土質工学研究発表会
- 3) 三浦、高原、松田(1992)：EPS模型地盤のFEM...、第27回土質工学研究発表会
- 4) 三浦均也(1991)：第26回土質工学研究発表会、pp. 200-203.

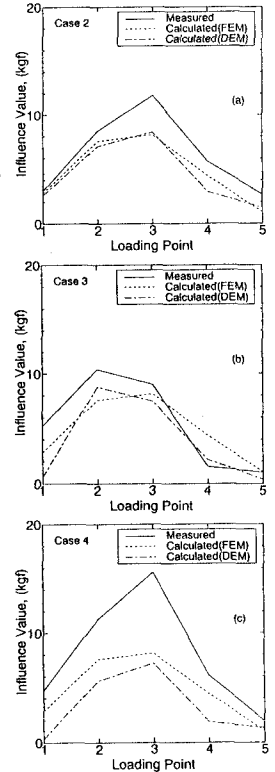


Fig. 4 (a), (b), (c)

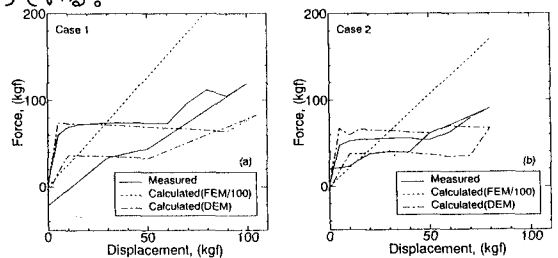


Fig. 8 (a), (b)

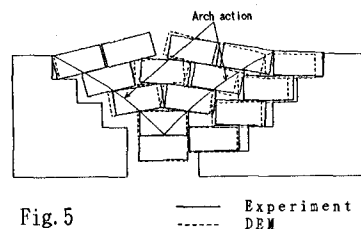


Fig. 5