

間隙水と土粒子の運動の相互作用についての DEM による検討

豊橋技術科学大学

正員 河邑 眞

豊橋技術科学大学大学院

学生員 藤木 博明

豊橋技術科学大学

○ 学生員 岡村 達人

1. 緒言

1995年1月17日に生じた兵庫県南部地震において、兵庫県、大阪府など、多くの港湾施設で大きな被害が生じた。被害状況としては、岸壁が海側へ移動すると共に前傾し、ケーソンの背後が大きく沈下するものが多く見られた。これは、液状化現象により大変形を生じたものと考えられるが不明確な点が多い。本研究では、液状化現象の微視的機構を解明するために、土粒子・間隙水の2相モデルを考慮した3次元DEMを用いて、境界変位が間隙水圧の変化に与える影響についての検討を行い、液状化現象の微視的機構の把握、及び、側方境界変位による内部粒子の変化と間隙水圧の変化についてDEMによる検討を行った。

2. 解析方法

2-1 解析モデル

解析の対象として図-1に示すようにX方向に長さ12cm、Y方向に幅4cm、Z方向に高さ4cmの解析モデルを考える。この容器内に半径0.5cmの球状要素を図-2に示すような4層の正規配列として隙間なく充填する。要素の総数は192個である。また、要素の間隙は、8個の要素からなる間隙モデルにより表現され、この間隙要素は、計325個配置する。このDEM解析では、土粒子の変位と間隙水の運動との相互作用を考慮している。解析に用いた材料定数を表-1に示す。

2-2 解析過程

解析の順序は図-3に示すように2つの過程からなる。発生過程で空間内に粒子を発生させる。そして、境界要素の変位を拘束し、間隙水圧を5.0N/cm²の大きさにして、その状態で保持する。変位過程では、側方の境界をX方向へ変位させる。この変位過程において、表-2に示すように、2つの条件で4つのケースを作り検討を行った。物体力は粒子の移動状況を比較するために10Gの大きさを与えた。

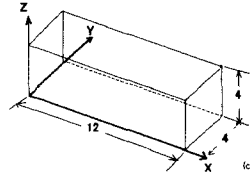


図-1 解析モデル

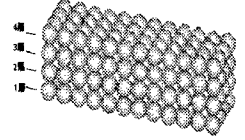


図-2 球状要素

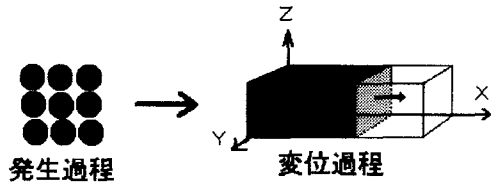


図-3 解析過程

土質	半径	r	0.5 (cm)
	密度	ρ	2.5 (g/cm ³)
	粘着力	c	0.0
	摩擦係数	μ	1.0
	垂直剛性	K _n	1000 (N/cm)
	せん断剛性	K _s	500 (N/cm)
間隙水	体積弾性係数	E_w	2.4×10^6 (N/cm ²)
	粘性	μ_w	10^{-7}

	物体力なし	物体力あり
境界変位自由	CaseA	CaseB
境界変位強制	CaseC	CaseD

表-1 材料定数

表-2 解析ケース

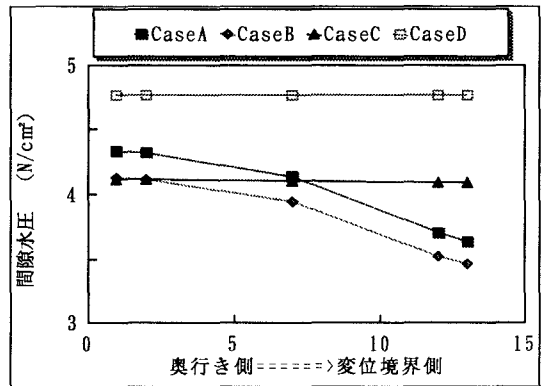


図-4 奥行き側からX方向への間隙水圧変化

3. 解析結果及び考察

3-1 間隙水圧の変化

図-4は、各ケースにおける、奥行き側から変位境界側への間隙水圧の変化を示す。この図をみるとケースD以外では、奥行き側の間隙水圧が高く、変位境界側では

奥行き側と比べ低い値になっている。これは、間隙水圧差による動水勾配を形成していることを表し、間隙水が変位境界側へ移動することを表している。また、微小ではあるが、内部の粒子を変位境界側へ押し出そうとする力が作用していることを表している。図-5は、境界変位に伴う間隙水圧の変化を示す。この図を見ると境界の変位に伴い間隙水圧が減少していること示している。図-6は境界を変位させてからの内部間隙要素中央における間隙水圧変化の時刻歴を示す。この図より時間の経過に伴い間隙水圧の減少する程度がわかる。これより、水圧の減少率は境界の変位速度に依存している。

3-2 粒子の移動

図-7は各ケースにおける境界変位終了時の粒子移動量を示す。図-8は各ケースにおける境界変位終了時の境界移動量を示す。この図を見ると2層目と3層目の粒子の移動が大きく境界変位による影響を最も受けていると考えられる。また、物体力を加えることにより、粒子の水平方向への移動は大きくなる。ケースB、ケースDにおいて、内部粒子の移動を比較すると、奥行き側の粒子の移動量が変位境界側の移動量より大きく、変位境界側の粒子を押しだそうとしていると考えられる。また、物体力を加えることにより粒子の移動が大きくなったことから、粒子の移動に影響を及ぼすのは物体力による影響が大きいと考えられる。物体力がない場合には、境界変位に伴う粒子の移動は、今回の解析においてほとんど見られなかった。

4. まとめ

以上の解析より、次のようなことが考えられる。

- (1)境界変位に伴い土粒子内部の間隙水が、変位境界方向へ移動し間隙水圧は減少する。
- (2)微小ではあるが奥行き側から変位境界側へ動水勾配を形成していることにより、間隙水圧差による作用力が粒子に作用し粒子の移動が生じる。
- (3)土粒子の移動は地震力による影響が大きい。

今回の解析では、正規配列での解析を行ったが、実際の地盤に近づけるためランダム配列での検討を行い、実証実験との比較を行う予定である。

参考文献：羽上田 裕章：“間隙水の運動を考慮した

DEMによる粒状体のせん断挙動の解析”，土木学会第48回学術講演会，III-571，平成5年9月

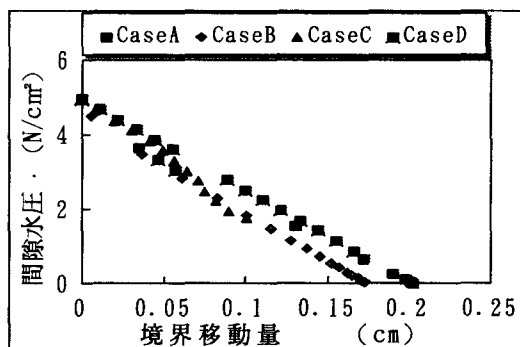


図-5 境界の移動に伴う間隙水圧変化

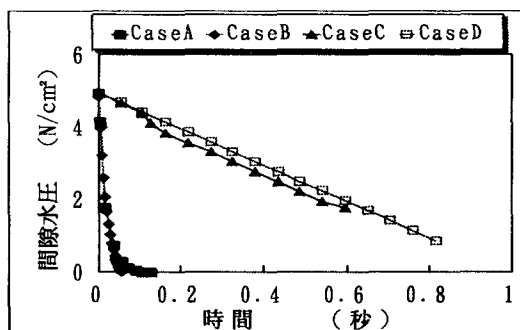


図-6 間隙水圧変化の時刻歴

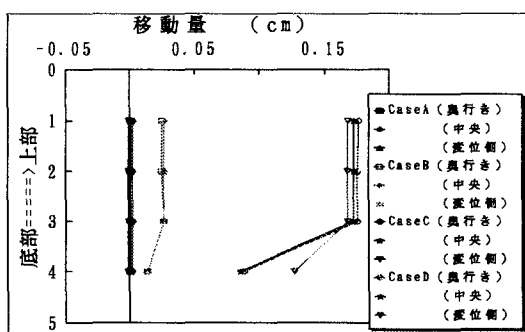


図-7 各ケースにおける粒子移動量

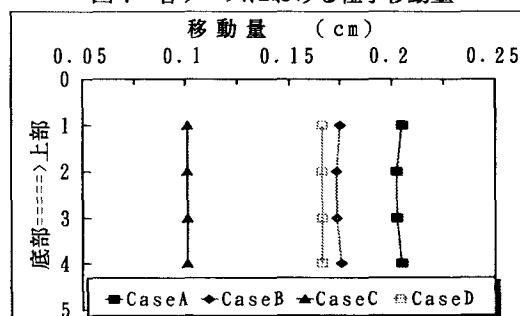


図-8 各ケースにおける境界移動量