

有効応力解析技術 (FLIPの解析例)

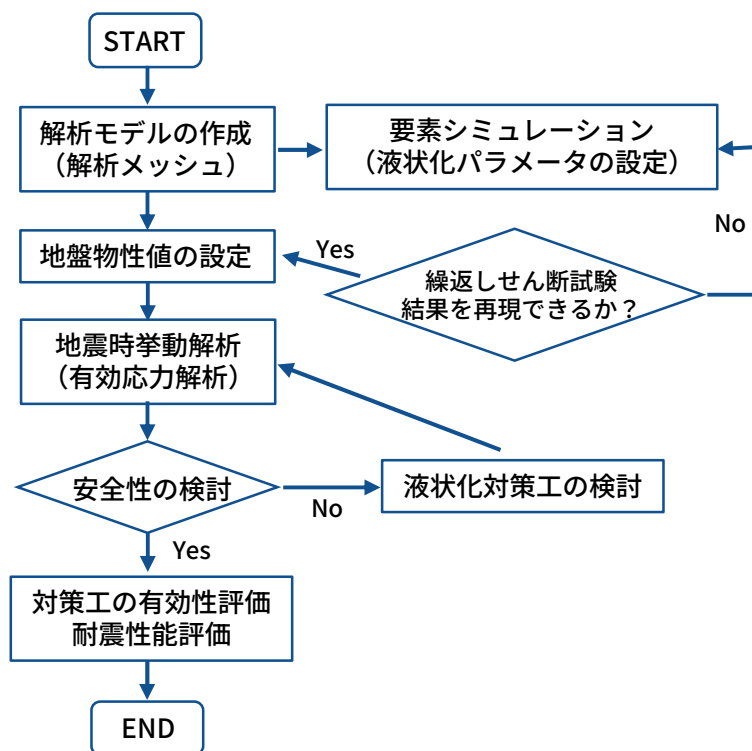
目的

有限要素法に基づく有効応力解析は、地震時に発生する液状化や変形量の評価をすることができ、地盤上に構築された構造物の被害の予測、盛土構造物等の残留変形量の評価や液状化対策工の検討等を目的として実施します。

概要

有効応力解析プログラムはFLIP¹⁾やLIQCA²⁾に代表されます。これらのプログラムは、平面ひずみ状態を対象とする有限要素法に基づく二次元地震応答解析プログラムであり、有効応力解析法により地盤液状化時における過剰間隙水圧上昇に伴う有効応力の減少、土のせん断弾性係数の低下を考慮でき、従来の全応力解析法に比べ液状化の判定のみならず地震後の残留変形や構造物被害等を評価することができます。

解析の手順は、室内土質試験（繰返しせん断試験）結果を再現できる液状化パラメータを設定し、無対策地盤における安全性の検討を実施します。必要に応じて液状化対策工の検討を行い、解析により対策工の有効性や耐震性能照査を実施します。



有効応力解析検討フロー図

得られる結果（主な出力項目）

解析で得られる結果は、以下の主な項目について、静止画や動画で整理することができます。

- ◆ 加速度、速度、変位量、ひずみ量
- ◆ 過剰間隙水圧、過剰間隙水圧比、有効応力減少比
- ◆ 鉛直応力、水平応力、せん断応力
- ◆ はり要素の曲げモーメント、はり要素の曲率

1) FLIPは沿岸技術開発センターで提供されるプログラム

2) LIQCAは液状化解析法LIQCA開発グループで提供されるプログラム

適用例

これまでのFLIPに透水解析機能が実装され、井合ら³⁾により考案された新しい構成則（カクテルグラスモデル）に基づく要素が導入されています。これにより、加振中の間隙水の移動や液状化に伴う体積収縮、地震後の間隙水の消散に伴う沈下予測など排水条件を考慮した地震応答解析が可能となっています。また、解析の精度向上のため、FLIP研究会（事務局：

（財）沿岸技術研究センター、透水WGに当社参加）において各種検討が進められています。

透水解析機能を追加したFLIPを用いて、被災した矢板式岸壁の解析事例⁴⁾を以下に紹介します。

1.被災状況

1983年日本海中部地震における秋田港大浜2号岸壁の被災状況は、背後地盤が液状化し、矢板頭部で最大約2mの水平変位、最大1.5mの鉛直変位が発生、鋼矢板が湾曲し水面下6m付近で広範囲にわたりクラックや折損が発生したといものでした⁵⁾。

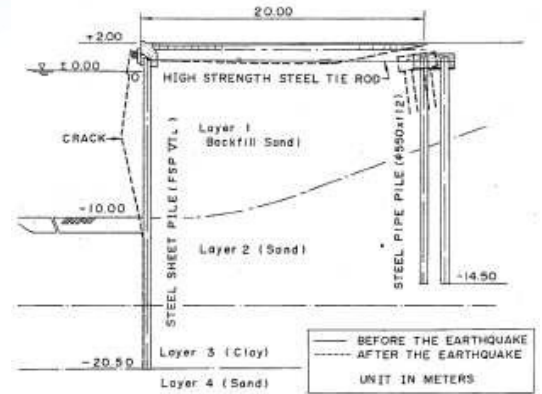


図1 被災状況

2.解析結果

排水条件を考慮することで、過剰間隙水圧の消散が再現（図2,3）でき、鋼材の曲げモーメントが全塑性モーメントを一部超えていることから、被災事例と整合します（図4）。

また、地震終了後の過剰間隙水圧の消散に伴い、矢板前面の水平変位が増大し、被災事例とほぼ同程度の変形量を示します。

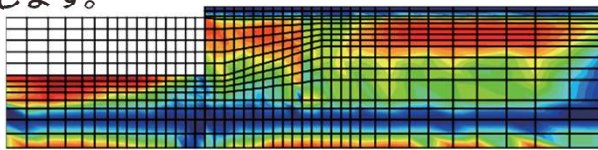


図2 過剰間隙水圧比（地震中、最大）

水圧消散

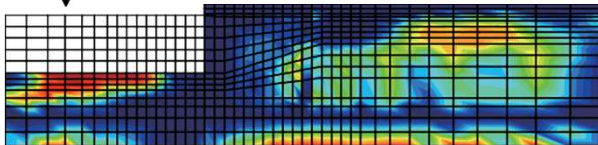


図3 過剰間隙水圧比（地震終了時）

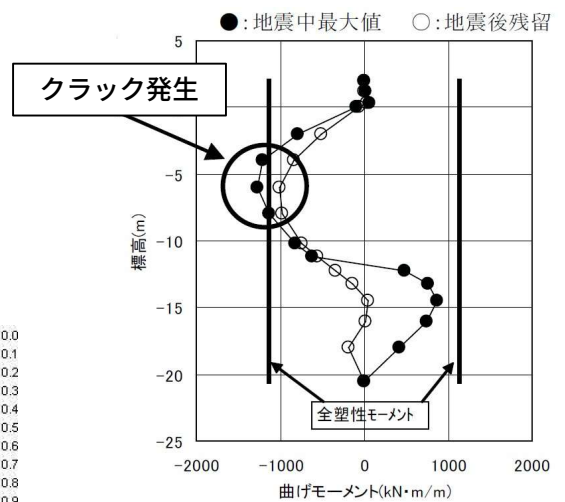
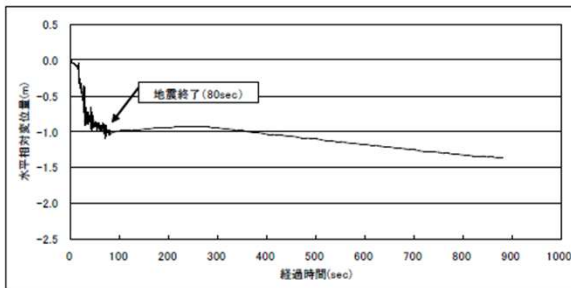


図4 護岸前面矢板の曲げモーメント分布



地震後に変形増加

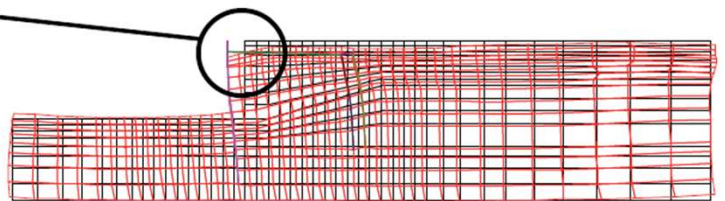


図5 矢板の水平変位

（引用文献）

- 3)井合進・飛田哲男・小堤治：砂の繰返し載荷時の挙動モデルとしてのひずみ空間多重モデルにおけるストレスダイレイタンスー関係,京大防災研年報, 2008
- 4)森安俊介, 森島直樹, 井合進, 小堤治, 関谷千尋：「FLIP解析による透水を考慮した矢板式岸壁の耐震性評価」, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010
- 5)土田肇・野田節男・稲富隆昌他：1983年日本海中部地震港湾被害報告, 港湾技研試料, No.511, 1985

