

累積損傷度を考慮した簡易液状化解析手法

その3 - 反復法による精度向上 -

正会員 塩見 忠彦\*3 同 土方勝一郎\*1  
 同 貫井 泰\*1 同 土田 剛 \*1  
 同 柳下 文雄\*2 同 小山 桂介\*2

1. はじめに

その1およびその2<sup>1)</sup>で、地震時応答半波ごとに定義される累積損傷度を利用した簡易液状化解析手法を提案した。この手法は、半波ごとにひずみと液状化を考慮した等価な割線剛性を求め、これを用いて次の半波の応答を求める方法である。この方法では応答が急に変化したときに、その剛性が半波の応答振幅に対応しないために、誤差が生じる可能性があった。この点を反復法により解決した。

2. 反復法の提案

図1に反復法のフローを示している。この図に示すように、従来法による計算した応答結果(ひずみの時刻歴および累積損傷度)を用いて、もう一度時刻歴応答解析を行う。この解析によって得られた応答結果が、先ほど用いた前の解析の応答結果と同じであれば、収束とする。差が大きい場合は、再度新しい応答結果を用いて、時刻歴応答計算をする。

図2には、そのフローをさらに詳細に示している。前回の応答値は、「第1回目の計算結果」に示すように、半波ごとの簡易液状化解析を行うとともに、各層の半波ごとのひずみの最大値と半波ごとの累積損傷度を求める。次にもう一度時刻歴応答計算を行う。この時、ゼロ線交差ごとに時刻歴応答から、これから計算する半波の最大ひずみとその時点の累積損傷度を求める。これから、動的変形試験からひずみによる剛性低下率と減衰、液状化強度曲線から液状化による $G_0$ と $g_{50}$ の低下率を求め、これらをあわせて最終剛性を求める。

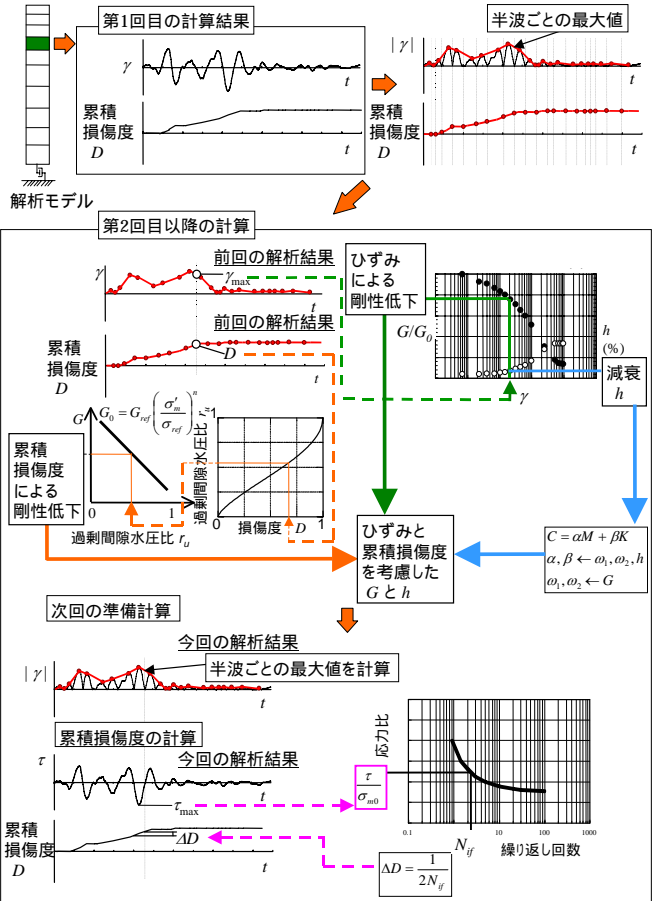


図2 アルゴリズム

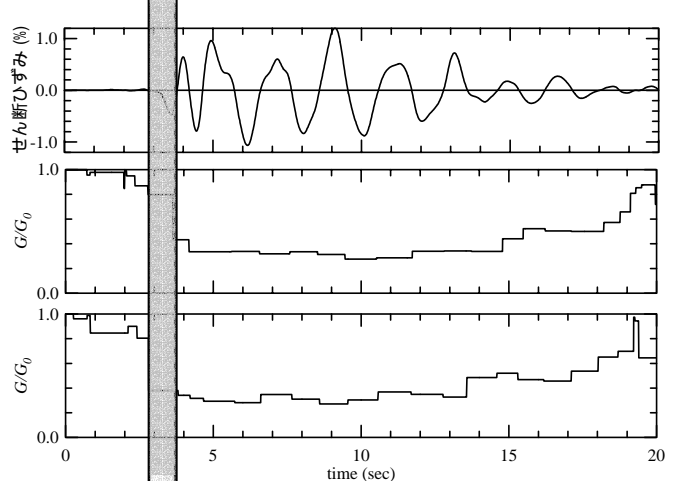


図3 ひずみに対応した剛性

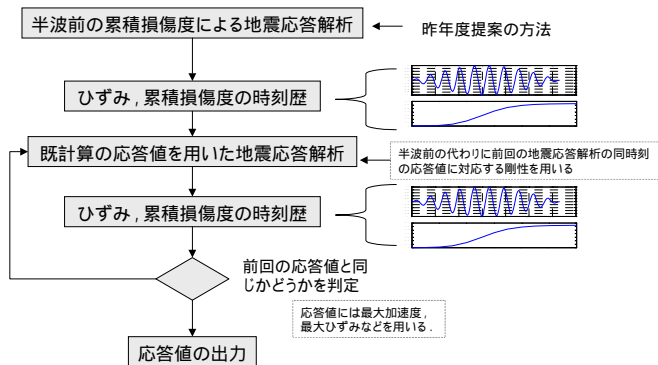


図1 フローチャート

この反復法でひずみと剛性の対応が改善された令を  
図3に示す。

### 3. 非線形解析との比較による検証

まずポートアイランド地盤<sup>3)</sup>を用いて、反復法の検証としてひずみ依存の場合について、Ramberg-Osgood モデルを用いた非線形解析法と比較した。応力ひずみ関係とG-g 曲線は対応させた(図4)。

図5に非線形解析結果と反復なしと反復を用いた場合の応答の比較を示す。最大ひずみの深度分布は反復法の結果が非線形解析と良い対応を示している。

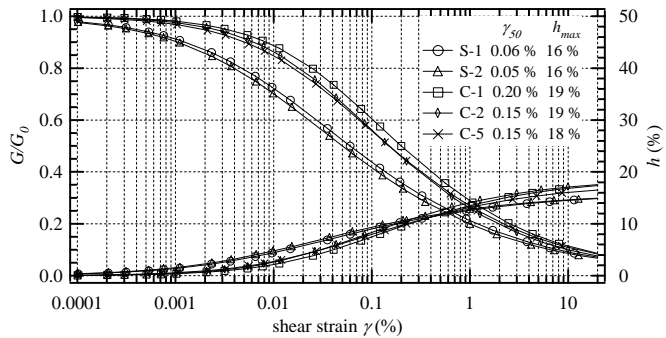


図4 G-γ 曲線

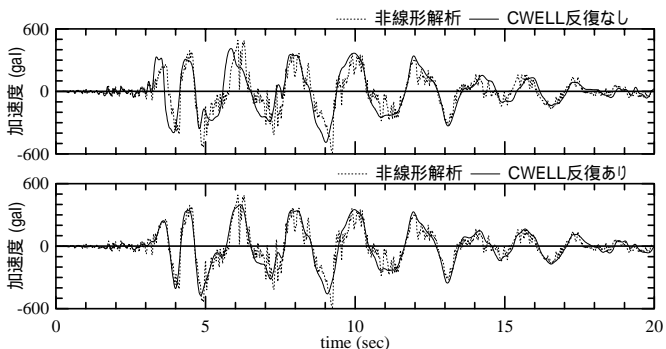
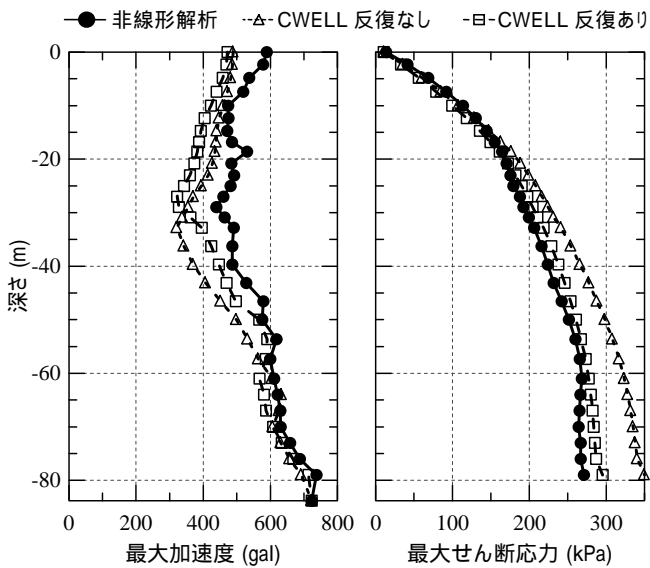


図5 最大加速度、加速度時刻歴

加速度については、深いところで良い対応を示すが、浅いところで差が大きい。図5の表層の時刻歴応答を見ると加速度の波の形が良い対応していることが分かる。特に振幅の変化が大きい4秒付近の精度が良い。

### 4. 液状化解析例

液状化解析について、兵庫県南部地震 1995, ポートアイランドにおける観測のシミュレーションを行った。液状化強度試験結果( , , )<sup>3)</sup>を図6に示す曲線のように近似して用いた。この結果より応答値の変化が大きい4秒付近の周期が良い対応を示した。5秒以降は液状化し振幅もほぼ同じであるため、従来法と反復法の違いは小さい。

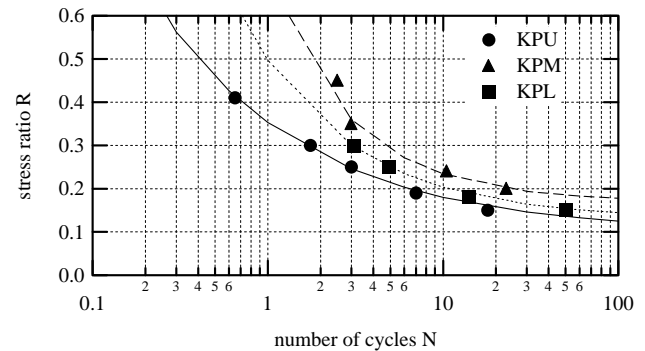


図6 液状化強度曲線

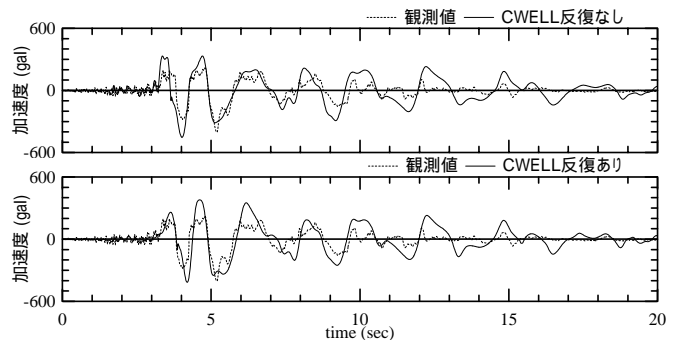


図7 地表面加速度の時刻歴(観測値との比較)

### 5. まとめ

地震応答の急な変化に対応した反復法を用いた簡易液状化解析手法を提案し、その精度を検討した。その結果、反復法により急な変化に対応でき、精度良い時刻歴応答を求められることが確認できた。

#### 【参考文献】

- 1) 塩見, 土方, 貫井, 横山, 柳下, 小山, 累積尊書度を考慮した簡易液状化解析手法 その1 解析手法, 日本建築学会大会, 1999
- 2) 貫井, 土方, 土田, 柳下, 小山, 塩見, 累積尊書度を考慮した簡易液状化解析手法 その2, 日本建築学会大会, 1999
- 3) 畑中, ポートアイランドの応答解析

Tokyo Electric Power Company  
Tokyo Electric Power Services Co. Ltd.  
Takenaka Corporation

\*1 東京電力(株)  
\*2 東電設計(株)  
\*3 (株)竹中工務店