

東京電機大学 正会員 安田 進
 東京電機大学大学院 学生会員○出野 智之
 東京電機大学大学院 学生会員 櫻井 裕一

1. はじめに

河川堤防は過去の地震による液状化に起因して、天端の沈下やクラック発生などの被害を受けてきた。そして、これからも地震によって被害を受けることが予想される。レベル2地震動下での耐震設計を行う場合、その沈下量を推定し変形を許した実務的な設計手法の開発が必要である。しかし、沈下量を推定する方法はいまだ確定されていないのが現状である。そこで、本研究では筆者達が検討を行っている残留変形解析方法を用いて、実際に被害を受けた河川堤防および液状化対策を施した遠心載荷実験のモデルに対し解析を行い、実測値と解析値を比較検討した。

2. 解析概要

解析には、液状化に伴う剛性低下と不適応力の解放を考慮できる“ALID/win”を用いた。地盤内の応力やひずみの分布は、盛土や掘削などの改変や液状化の発生を受けるたびに変化してゆく。“ALID/win”では、このようなプロセスの1段階を工程と呼び、工程を連ねていくことで対象とする問題に応じた解析を行える。

以下に今回行った解析方法の概要を示す。

- 1) 自然地盤の応力解析を行う。(工程1)
- 2) 生成する盛土要素をFEMモデルに追加し、その要素自重を作用させる解析を行う。(工程2)
- 3) 液状化層のせん断剛性を低下させ、剛性低下に伴う解放応力を作用させた解析を行う。(工程3)
- 4) 工程3で発生した液状化層の過剰間隙水圧を消散させる解析を行う。(工程4)

解析は表-1に示す北海道南西沖地震および兵庫県南部地震での被害7地点と、表-2に示す建設省土木研究所で行われた法先固化改良工法の遠心載荷実験²⁾11ケースに対して行った。

堤体や液状化層上の非液状化層は、直接は液状化しないとしても、下層の液状化層からの過剰間隙水圧の消散や、地盤全体の大変形に伴うクラックの発生により、せん断剛性が低下する可能性が考えられる。そこで、堤体および液状化層上の非液状化層の適切なせん断剛性低下率を求めるために、堤体と非液状化層の剛性は同じ割合で低下すると仮定して、この剛性低下の割合を1~1/100に変えて解析を行い実測値と解析値の比較を行った。

表-1 被害事例

| 地点No. | 地点 | | 実測値(m) |
|-------|----------|----------|--------|
| | 河川 | 距離 | |
| No.1 | 後志利別川真栄橋 | 左岸4k440 | 2.60 |
| No.2 | | 左岸5k000 | 0.00 |
| No.3 | | 左岸1k700 | 1.30 |
| No.4 | | 右岸2k000 | 0.00 |
| No.5 | 後志利別川兜野橋 | 左岸2k490 | 0.60 |
| No.6 | | 左岸1.4km | 2.70 |
| No.7 | 淀川 | 左岸3.55km | 0.30 |

表-2 実験事例

| ケースNo. | 実験条件 | | | | | 実験値(m) |
|--------|------|-------|-----|-----|-------|--------|
| | 改良体幅 | 地下水位 | 入力波 | 支持層 | 根入れ深さ | |
| case01 | 0m | -1.8m | 大 | 砂 | - | 2.30 |
| case02 | 3m | -1.8m | 大 | 砂 | 2.5m | - |
| case03 | 6m | -1.8m | 大 | 砂 | 2.5m | 1.39 |
| case04 | 10m | -1.8m | 大 | 砂 | 2.5m | 1.28 |
| case05 | 15m | -1.8m | 大 | 砂 | 2.5m | - |
| case06 | 6m | -1.8m | 中 | 砂 | 2.5m | 0.84 |
| case07 | 0m | -1.8m | 中 | 砂 | - | 1.44 |
| case08 | 10m | -1.8m | 大 | 砂 | 0.5m | 1.91 |
| case09 | 10m | -1.8m | 大 | 粘土 | 0.5m | 1.59 |
| case10 | 0m | 0m | 小 | 砂 | - | 1.19 |
| case11 | 6m | 0m | 小 | 砂 | 0.5m | 1.29 |

キーワード：液状化，解析，河川堤防，地震

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911(2748) FAX 0492-96-6501

3. 解析結果

剛性低下の割合を変えて解析を行った結果得られた天端の沈下量と実測沈下量の関係を図-1のようにプロットし、原点を通る線を最小二乗法で描いた。ただし、沈下量が極端に大きい実測値については、すべりの被害が生じている可能性もあり、解析では考慮することができないため省いた。そして、最小二乗法の傾きを図-2に示すようにプロットし、傾きが1となるようなせん断剛性低下率を求めたところ、その割合は1/40となった。したがって、盛土層や液状化層上の非せん断剛性低下率は1/40程度が妥当ではないかと考えられる。

そこで、堤体および液状化層上の非液状化層のせん断剛性低下率を1/40とし、全ケースの解析を行ったところ表-3、表-4に示すような結果が得られた。図-3に代表的解析結果としてcase03の変形図を示す。解析を行った結果、被災・無被災箇所での沈下量の違いや法先固化改良工法の幅の影響など被害事例や実験結果とかなりよい一致を示した。しかし、天端の沈下量が2mを超えるような大きな被害での解析では、実測値よりも小さい値を示し、被害が非常に小さな解析では実測値よりも大きい値を示している。このような差は、堤体および液状化層上の非液状化層の剛性低下率を全てのケースで1/40とているが、この低下率は、下部の液状化層厚と非液状化層厚の比や、地盤全体の変形に伴う非液状化層内のひずみ量によって左右されるため生じたと考えられる。沈下量が2mを超えるような被害が非常に大きい箇所や被害が非常に小さい箇所ではこの低下率を変えるか、応力ひずみ関係を非線形として扱う必要があるのではないかと考えられる。

4. まとめ

河川堤防に対して残留変形解析ALIDを適用し、解析を行い液状化に伴う沈下量の推定を行った。その結果、解析結果と実被害や実験結果を比較するとかなり近い傾向をしめした。また、堤体および液状化層上の非液状化層のせん断剛性低下率は1/40程度にしておけばよいと考えられた。

なお、本研究は(財)国土開発技術研究センターの研究の一環として行ったものである。関係者各位に感謝する次第である。

表-3 被害事例解析結果

| 地点No. | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 | No.6 | No.7 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 天端の沈下量 (m) | 2.60 | 0.00 | 1.30 | 0.00 | 0.60 | 2.70 | 0.30 |
| | 1.80 | 0.74 | 1.39 | 0.94 | 1.28 | 0.94 | 0.41 |

表-4 実験事例解析結果

| ケースNo. | case01 | case02 | case03 | case04 | case05 | case06 | case07 | case08 | case09 | case10 | case11 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 天端の沈下量 (m) | 2.30 | - | 1.39 | 1.28 | - | 0.84 | 1.44 | 1.91 | 1.59 | 1.19 | 1.29 |
| | 1.78 | 1.56 | 1.53 | 1.43 | 1.44 | 1.28 | 1.68 | 1.37 | 1.53 | 1.43 | 0.95 |

【参考文献】1) 安田 進, 吉田 望, 安達 健司, 規矩 大義, 五瀬 伸吾, 増田 民夫: 液状化に伴う流動の簡易評価法, 土木学会論文集, No.638, III-49, pp71-89, 1999. 2) 松尾 修, 岡村未対, 堤 達也, 斎藤 由紀子: 法先固化改良による盛土の耐震対策効果に関する動的遠心模型実験報告書, 1999.

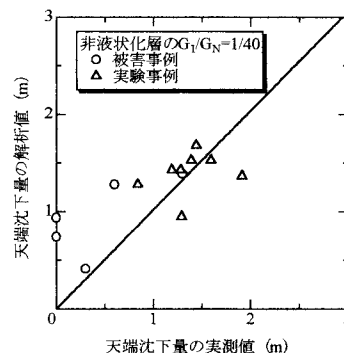


図-1 実測値と解析値の比較

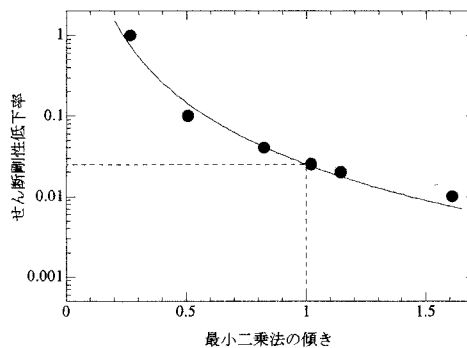


図-2 非液状化層の適切なせん断剛性低下率

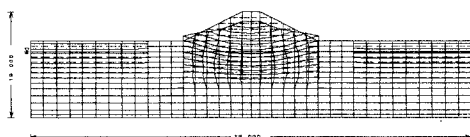


図-3 case03 変形図