



2019.3.18, 第7号

## はじめに

<御挨拶>

昨年は豪雨災害、地震災害、火山災害など多くの災害が発生し、人命や財産が失われました。政府では国土強靱化緊急対策が3か年の計画で実施されることになっているようですが、対策には科学的でかつ迅速な対策が望まれており、何が起こるのか事前予測が不可欠です。今年も徹底的な被害原因究明と効果的な対策のため液状化解析を中心に浸透問題も解析できる解析プログラムの開発を行っていく予定です。本法人では、数値シミュレーション手法による地盤の液状化は解析手法を中心に、国土の強靱化への取り組みに資する活動を継続して行きます。本年も開発してきた有効応力に基づいた液状化解析プログラム LIQCA (Computer Program for Liquefaction Analysis) について、公開のためのセミナーや技術講習会を開催し、プログラムを使用していただけよう努力します。創設から6年目となりましたが、今年もよろしく願っています。

2019年3月

一般社団法人 LIQCA 液状化地盤研究所 会長 岡 二三生

### LIQCA 液状化地盤研究所 住所連絡先

606-8226 京都市左京区田中飛鳥井町 138-1

防災研究協会第3研究室気付

電話&FAX 075-585-4445

e-mail [office@liqca.org](mailto:office@liqca.org)

## LIQCA 液状化地盤研究所について

当社団法人は2013年7月に設立され今年で6年目に入ります。現在正会員が16名、賛助会員が4社、理事は6名、監事2名で構成されています。ほぼ月1回の研究会を行い、最新の情報を取り入れた解析プログラムの開発、より使いやすいプログラム作成、ユーザーのためのサポート事業を行っております。詳しくは<http://liqca.org> を御覧ください。

## 昨年度のセミナーと活動

### 1. LIQCA 液状化プログラム普及事業

平成18年度は、3次元解析に拡張繰返し弾塑性モデルと繰返し弾粘塑性モデルが、さらに要素シミュレーションに排水条件が加わりました。また、不飽和解析プログラムの改良などを行い、平成30年11月30日に中央大学駿河台記念館でLIQCA液状化プログラムセミナーを開催しました。資料は“LIQCA2D18・LIQCA3D18 (2018年公開版) 資料”です。資料は、これまでと同様2018年版のプログラムの説明書とマニュアルに分けて作成しました。2017年度プログラムの追加セミナーは平成30年5月18日に京都キャンパスプラザにて実施しました。

また、平成30年10月12日に京都キャンパスプラザにて、技術講習

会を実施し、実技を含めた説明を行いました。

### 2. 研究開発

3次元解析に拡張繰返し弾塑性モデルと繰返し弾粘塑性モデルが導入され、さらに要素シミュレーションに排水条件が加わりました。また、不飽和解析プログラムの改良などを行いました。また、研究開発結果に基づき2018年版のプログラム及びマニュアルを作成しました。

## 次回のセミナー開催について

昨年11月30日のLIQCA液状化解析プログラムの追加セミナーは5月17日(金)に京都で開催予定です。

## ホームページについて

LIQCA液状化地盤研究所のHOME PAGEでのLIQCA情報のページでセミナーでの追加資料、正誤表やプログラムの保守情報を掲載しています。ただし、閲覧にはパスワードが必要です。

(<http://liqca.org>)

## 関連国内国際会議・研究集会

1. 土木学会 2019年度全国大会 第74回年次学術講演会、期間：2019年9月3日(火)～5日(木) 場所：年次学術講演会：香川大学 幸町キャンパス詳しくは

<http://committees.jsce.or.jp/zenkoku/> を参照ください。

2. 第54回地盤工学会研究発表会は、2019年7月16日(火)～18日(木) 会場：ソニックシティ:さいたま市大宮区桜木町 1-7-5 7月26-29日まで、サンポートホール高松にて。

3. COUPLED PROBLEMS 2019-8th Int. Con. on Coupled Problems in Science and Engineering, June 3-5, 2019, Barcelona, Spain

4. 16th Asian regional conference on soil mechanics and geotechnical engineering, October 14-18, 2019 ; Taipei International Convention Center, Taipei

5. 材料学会第68期通常総会・学術講演会、室蘭工科大学、5月24日～25日

6. 材料学会；第5回 材料week, 2019年10月15-18日、京都テルサ、京都

7. 日本材料学会塑性工学部門委員会地盤力学分科会、地盤力学セミナー；平成31年3月5日(火) 15:00～17:00 日本材料学会2階 中会議室〒606-8301 京都市左京区吉田泉殿町 講師：岡 二三生(京都大学名誉教授) 3次元モールの円と変形の局所化解析、液状化、木元小百合

## NO.7

(京都大学) 浸透-変形連成解析法による木津川堤防のパイピング現象の解析、会員は資料が閲覧できません。

8. 17WCEE, Sep.13-18, 2020, Sendai Int. Center, Sendai, Japan

9. 2020 年地盤工学研究発表会、7月21-23,2020,京都

**編集後記**

春めいていてきましたが皆様ご健勝のこととお喜び申し上げます。ニューズレ

ターNO.7号です。昨年は火山災害、豪雨災害、地震と自然災害が多発しました。新しい元号の年になり平穏な時代になることを願います。余川先生のコラム論文は昨年北海道の地震でも被害が出た宅地の液状化問題です。担当いただいた余川先生大変お忙しいところありがとうございました。今後も、研究所への皆様のご支援をお願いします。

**コラムー論文****戸建て住宅(4号建物)の液状化対策の現状と今後**

LIQCA 液状化地盤研究所会員

中部大学 余川弘至

## 1. はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震では、関東地方で多くの液状化による戸建て住宅の沈下や傾斜などの被害が生まれました。2016年の熊本地震でも同様に戸建て住宅に沈下や傾斜の被害が生まれました。これは、液状化の恐れのある地盤に対して、液状化対策が未実施であったことが大きな要因であったことはもちろんですが、重要な法令である建築基準法が液状化に対して十分に配慮されていなかったことが原因であると、本機関報で岡先生が指摘されています。

簡単に整理すると、建告1113号では、主に地盤および基礎杭の許容応力度(支持力度)を定める方法が示されるのみであり、液状化の恐れのある地盤に対しては、「建築物の自重による沈下その他の地盤の変形等を考慮して建築物又は建築物の部分に有害な損傷、変形及び沈下が生じないことを確かめなければならない。」と非常に抽象的に示されています。従前のように、地盤を許容応力度法によって設計するためには、基礎構造に杭基礎とするか、液状化の恐れのある地盤を完全に非液状化地盤に変えるような液状化対策を実施したうえで、設計するしかありません。4号特例については、図書の提出が省略されるのみであって、建築士自身が構造規定に適用するか否かを判断し設計する必要があることから、液状化対策の規模や工法については、建築士の判断に大きく依存してしまうという問題が生じてしまいます。特に、戸建て住宅ではスウェーデン式サウンディング試験が行われてきていますが、この試験だけで、液状化の発生の有無を判定することは難しく、建築士に大きな負担を強いているのではと感じています。

ここでは、戸建て住宅の液状化対策の現状が抱える問題点を整理するとともに、著者らのグループで実施している戸建て住宅の液状化対策に関する研究の概要を示し、最後に今後について述べたいと思います。

## 2. 戸建て住宅の液状化対策の現状

戸建て住宅で液状化対策が進まない理由は、いくつかあると考えられますが、費用、対策施工範囲および液状化に対する施主の認識が十分でないことと考えています。液状化対策工法<sup>2)</sup>については、既に多くの工法が提案されており、地盤を密実にして液状化を防止する工法、セメント系固化材で固結する工法、地下水を低下させるなどして飽和度を低下させる工法などがあります。これらを実施した地盤では、実際の地震時においても液状化の発生を防止もしくは抑制しており、いずれも効果が実証されています。しかし、これらの多くは土木の分野で用いられており、広範囲に実施する必要がありますが、戸建て住宅の宅地のみには適用する場合には、費用が比較的高額になることが多く、施工機械が大きいため狭小地での施工が難しいなどの問題があります。特に、すでに建物が建築されている場合には、隣地との境界線など狭小地での施工が求められ、施工性の問題、近隣への騒音問題、振動問題などから既存の液状化対策工法の転用は事実上不可能に近く、いまだ確立されていないのが現状です。

## 3. 既設住宅の液状化対策普及に向けた取り組み

岐阜大学および中部大学の研究グループでは、既設住宅の液状化対策普及に向けた取り組みを進めています。取り組みの目標は、隣接住宅により隣地間が狭小な場合でも施工可能な低振動・低騒音、そして低コストで施工できる液状化対策工法の開発および性能設計概念に基づく設計法を構築することの2点です。ここではこれらの概要を紹介したいと思います。詳細は、参考文献としてあげますので、そちらを参考にしてください。

### 3. 1 狭小地対応の低振動・低騒音液状化対策工法

研究グループで開発している液状化対策工法は、地盤中に立体網状スパイラル構造からなる高性能排水材(以下、ドレーン材)を幾本か挿入し、地震時に発生する過剰間隙水圧の発生を抑制したり、発生した過剰間隙水圧を速やかに消散させたりすることで、液状化による住宅の沈下や傾斜の被害抑制を期待している工法です。ドレーン材自体が工場で作られる工場製品ため、品質のばらつきが非常に少なく、出来形管理が要求される建築分野での利用に向いています。さらに、本工法に用いるドレーン材は、軽量で剛性があり、形状が安定しているなどの特徴があります。図1に施工までの流れを示します。図1の④に示す通り、施工機械は小型であるため軒下に施工機械を配置し、ドレーン材を打設することが可能となっています。また、鉛直貫入だけでなく45度の傾斜貫入も可能となり、基礎下にドレーンを打設することが可能になっています。施工機械の開発過程は、参考文献3)、4)および5)に示されており、対策効果に関する実証実験結果については、参考文献6)に示されています。



図1 ドレイン敷設の作業手順と施工状況

### 3. 2 性能設計概念に基づく設計法

現在実施されている設計法およびそれぞれの設計における予測精度の概要図を図2に示します。建築基準法およびその他関連法令で要求されている最低限の許容応力度法では、液状化の判定や変形に関する情報を提供することは難しいです。この許容応力度設計法に加えて、液状化判定を加えることを要求している住宅の品質確保の促進等に関する法律(品確法)では、建築基礎構造設計指針等に示される液状化判定法などの実施を要求しています。現在では、国土交通省国土技術総合研究所より、宅地の液状化被害可能性判定計算シート<sup>9)</sup>が無料公開されており、地盤調査結果があればだれでも簡単に液状化による被害程度を定性的に確認することができます。しかし、これらの結果だけでは、住宅の沈下や傾斜などの変形を定量的に知ることはできません。そこでより詳細な情報を住民に提供するために、高精度解析レベルである変形解析を取り入れた検討が必要となってきます。つまり、対策実施の有無による被災程度を数値解析等で定量的に示すことができれば、施主自身が対策費用と効果の関係から、液状化対策実施の有無や対策工法の選定が可能となり、液状化対策の普及につながると考えられます。これらを実現するために、既存の調査技術および解析技術を組み合わせた検討を行ってきました。まず、模型振動台実験を実施し、LIQCA2D16を用いた数値解析および設計用簡易解析<sup>8)</sup>により再現解析を実施し、精度検証を実施しました(図2参照)。その後、茨城県神栖市で東日本大震災時に被災した住宅の沈下・傾斜状況を再現することを試みました。戸建て住宅宅地での利用が前提であるため、地盤調査方法については、スウェーデン式サウンディング試験でできた掘削孔を利用したサンプリング調査<sup>9)</sup>および地下水位調査<sup>10)</sup>など比較的簡便で安価な手法で、液状化判定に必要な物性値の把握に努めるなどの工夫もしています。現状、設計用簡易解析では、時々刻々と変化する挙動を再現することは難しいですが、概ね被害状況を再現できるようになっています。施主の要望に応じて、簡易設計ではなくLIQCAのような詳細な数値解析手法を取り入れた設計もこれからは重要であると考えています。

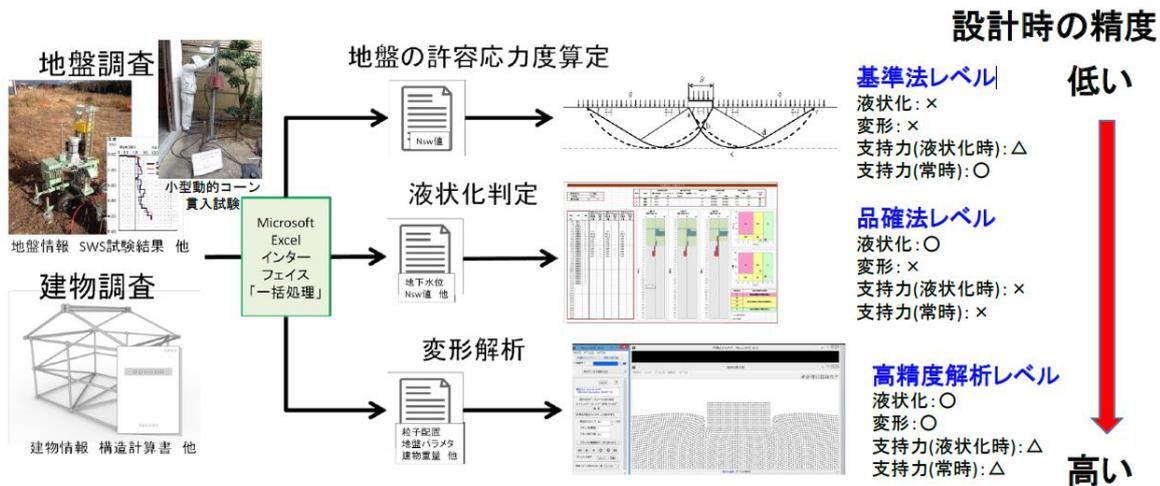


図2 設計における予測精度の概要図

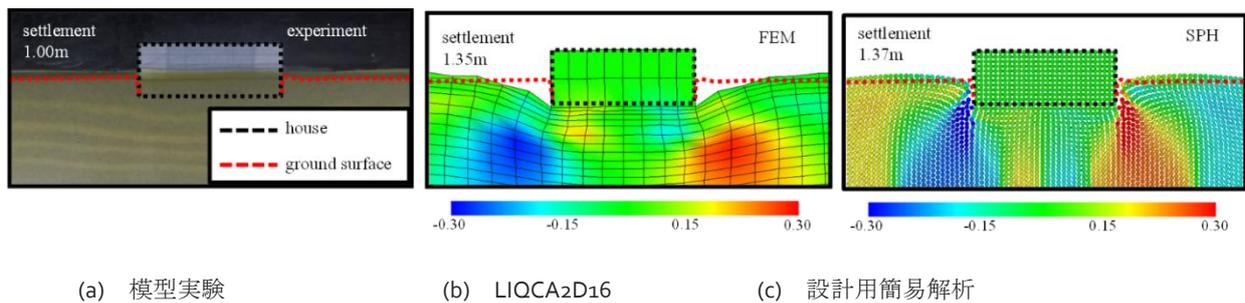


図3 シミュレーションと実験結果の比較(コンター:せん断ひずみの分布)

#### 4. 戸建て住宅の液状化対策の今後

これまで、戸建て住宅の液状化対策の現状および研究グループでの取り組みについて述べてきました。今後、液状化対策を普及するために必要なことは、施主自身で対策の要否を判断することができるように、建築士のような技術者が情報を提供することであると思います。特にこれまで地盤を許容応力度設計法のみで設計されていたものに、数値解析を導入し変形という情報を提供することの意義は大きいように感じます。建築基準法上の取り扱いが難しいかもしれませんが、液状化による被害を許容し、住宅の沈下や傾斜を簡単に修復できる仕組みを取り入れた住宅基礎<sup>21)</sup>や、あらかじめ地震保険等<sup>22),23)</sup>に加入しておくという選択肢も選択できることも対策の1つとして取り入れられるかもしれません。

#### 参考文献

1) 岡二三生：東日本大震災時の液状化による住宅被害について、一般社団法人 LIQCA 液状化地盤研究所 News letter, No.1, pp.3-4, 2014 (アクセス日 2019 年 03 月 03 日)。

- 2) 地盤工学会液状化対策工法編集委員会：液状化対策工法, 地盤工学・実務シリーズ 18, 地盤工学会, 513P, 2004.
- 3) 渡邊将成, 須田楓可, 村田芳信, 八嶋厚, 吉原孝保, 余川弘至, 津田裕也, 吉川達也: 地盤中に排水材を打設するための低振動低騒音型加型回転圧入装置の開発, 第 52 回地盤工学研究発表会概要集, No.847, pp.1691-1692, 2017.
- 4) 村田芳信, 八嶋厚, 荻谷敬三, 岩田和之, 吉原孝保, 余川弘至: 既設宅地の液状化対策における高性能排水材を用いた間隙水圧消散工法の実験施工, 第 53 回地盤工学研究発表会概要集, No.0950, pp.1897-1898, 2018.
- 5) 八嶋厚, 荻谷敬三, 村田芳信, 余川弘至, 吉原孝保, 渡邊将成, 伊藤孝芳: 高性能排水材を用いた既設宅地の液状化対策工法の開発, 第 73 回土木学会年次学術講演会概要集, No.VI-962, p1923-1924, 2018.
- 6) 八嶋厚, 村田芳信, 荻谷敬三, 余川弘至, 吉原孝保: 既設宅地の液状化対策における高性能排水材を用いた間隙水圧消散工法の実証試験, 第 53 回地盤工学研究発表会概要集, No.0949, pp.1895-1896, 2018.
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 宅地の液状化被害可能性判定シート, URL: <http://www.nilim.go.jp/lab/jbg/takuti/takuti.html>(アクセス日 2019 年 3 月 3 日).
- 8) 余川弘至, 野々山栄人, 八嶋厚, 吉原孝保: 液状化による戸建て住宅沈下を定量的に予測するための垂簡易解析, 日本建築学会構造系論文集, 第 82 巻, 第 733 号, pp423-432, 2017.
- 9) 高田徹・長坂充泰・徳山義孝・須々田幸治: SWS 孔を用いた開口型土質採取器の開発と原位 置試験, 第 49 回地盤工学研究発表会論文集, No.124, pp.247-248, 2014.
- 10) 金哲鎬・松下克也・岡野泰三・安達俊夫・藤井衛: スウェーデン式サウンディング試験孔を利用した有孔パイプによる地下水位の測定法, 日本建築学会大会(東北)学術講演会ポスターセッション, 講演番号 20318, 2009.
- 11) WASC 基礎地盤研究所: ~傾いた住宅を容易に修復できる~ 液状化対策用アンカーボルト, URL: <http://www.wasc-lab.jp/modecell/index.html>, (2019 年 3 月 3 日アクセス).
- 12) 損保ジャパン興和損保:住宅金融支援機構特約火災保険 特約地震保険 割引制度, URL: <https://www.sjnk.co.jp/kinsurance/fireinsurance/jyukou/earthquake/cost/>, (2019 年 3 月 3 日アクセス).
- 13) 一般財団法人ベターリビング:地盤の液状化対策審査・保証, URL:<http://www.cbl.or.jp/tbtl/-ekijouka/file/pamph.pdf>, (2019 年 3 月 3 日アクセス).