

第1章 総説

1.1 はじめに

2011年（平成23年）3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）では、東北・関東地方で砂地盤の液状化現象によって約2万7千棟もの戸建住宅が被災した。この原因は埋立、埋戻し、盛土、干拓などによる人工改変地に対して適切な地盤改良・補強を施していなかったことにあるが、そもそも戸建住宅の基礎地盤（宅地）に対する地盤調査の重要性や液状化対策の認識が低かったことが素因と考えられる。

国土交通省告示第1113号では、「地震時に液状化する恐れがある地盤の場合、建築物に有害な損傷、変形および沈下が生じないことを確かめなければならない」と規定している。しかし現在、宅地に対する地盤調査法はスウェーデン式サウンディング試験が標準であり、地盤の許容支持力の算定や沈下の可能性の有無の判定を目的に行われるが、この試験結果のみでは液状化判定はできない。一方、土木構造物や中規模以上の建築物に対しては、ボーリング調査（標準貫入試験と採取試料の粒度試験を含む）によって液状化判定を行っているが、これを宅地調査に適用するのはコスト的に無理がある。したがって、これまで宅地に対して地盤調査結果に基づく液状化判定・被害予測は行われていないのが実情であった。しかし、東日本大震災を経て、現在、宅地の液状化判定と対策のための地盤調査法の開発が喫緊の課題となっている。

このような震災後の社会情勢を踏まえて、国土交通省では平成24、25年度建設技術研究開発助成制度〈震災対応型技術開発〉の公募がなされ、『低コスト・高精度な地盤調査法に基づく宅地の液状化被害予測手法の開発、研究代表者：大島昭彦、共同研究者：9名』が採択された。本研究は、この研究助成金を受けて行ったものであり、宅地の標準的な地盤調査法であるスウェーデン式サウンディング試験と最近利用が増えている動的コーン貫入試験を対象に、低コストのまま高精度に地盤強度と土質判定が得られるように試験方法を改良し、それに基づく液状化判定と被害予測手法を開発し、実用化に向けた検討を行うことを目的としている。2年間の研究期間で、9地点・12箇所の現場調査を実施し、各種サウンディング試験の密度の濃い比較結果を得ることができた。本報告書ではその結果を主体にしてまとめている。

なお、本研究では公益社団法人地盤工学会内に産官学からなる「低コスト・高精度な地盤調査法に基づく宅地の液状化被害予測研究委員会」（23名）を設置し、研究推進に対する有益な情報と適切な助言を幅広く収集しながら研究を遂行した。さらに、当学会には、2011年度に新設された「東日本大震災対応調査研究委員会」及びそれに関連する研究委員会も活動中であり、それらと連携することでそれぞれの研究をより推進することができた。本研究委員会の成果は、宅地の液状化検討のための地盤調査費用を従来の手法（ボーリング調査に基づくもの）と比較して大幅なコスト減が期待でき、一般市民に対して安心・安全な社会の形成に寄与できると考えている。

1.2 研究開発の概要

本研究では、まず宅地の液状化判定に必要な地盤特性（地盤強度と土質を表す指標）および液状化被害としての地盤の変形量、沈下量、傾斜角などの評価手法を検討し、宅地の地盤調査法で求めるべき地盤特性の仕様を求める。次に、宅地調査として標準的に使われるスウェーデン式サウンディング試験に加え、最近利用が増えている動的コーン貫入試験を対象とし、高精度に地盤強度と土質判定が得られるように改良し、低コストのまま液状化判定ができる地盤調査法を開発する。なお、液状化判定を目的とする宅地の調査深度は10mまでとする。さらに、この地盤調査法で得られた地盤特性を有効応力原理に基づく数値解析法に取り込んで本研究による液状化判定・被害予測を検証する。同時に、既往および本研究の調査結果を取り入れて液状化判定・被害予測の機能を持たせた「宅地地盤情報データベース」を開発する。これらの研究項目によって、低コスト・高精度な地盤調査法に基づく宅地の液状化被害予測手法の開発を行うのが本研究の目的である。

圧倒的に数の多い宅地の液状化問題を対象に、既存の地盤調査法を低コストのまま高精度な地盤特性が得られるものに改良して、それに基づく液状化判定と被害予測手法を開発することを研究目標としている。具体的な研究目標は以下の3点である。

- 1) スウェーデン式サウンディング試験と動的コーン貫入試験を高精度に地盤強度と土質判定が得られるように改良し（実証実験）、液状化判定ができる地盤調査法を開発する。
- 2) 上記地盤調査法で得られた地盤特性を有効応力原理に基づく数値解析法に取り込んで本研究による液状化判定・被害予測を検証する。同時に、既往および本研究の調査結果を取り入れて液状化判定・被害予測の機能を持たせた「宅地地盤情報データベース」を開発する。
- 3) 上記の地盤調査法（宅地地盤情報データベースの有効利用も含む）に基づく宅地の液状化被害予測手法を開発し、実用化を図る。これにより、宅地の液状化検討のための地盤調査費用を従来の手法（ボーリング調査に基づくもの）よりも40%～60%程度削減させる。

なお本研究では、公益社団法人地盤工学会内に産官学からなるテーマ推進委員会を設置するとともに既存の震災関連の特別委員会や研究委員会とも連携する。この連携により、有益な情報と適切な助言が期待でき、これを十分活用して研究を推進する。

以上を含んだ個別研究開発項目とフローを図-1.2.1に示す。

1.3 個別研究の概要

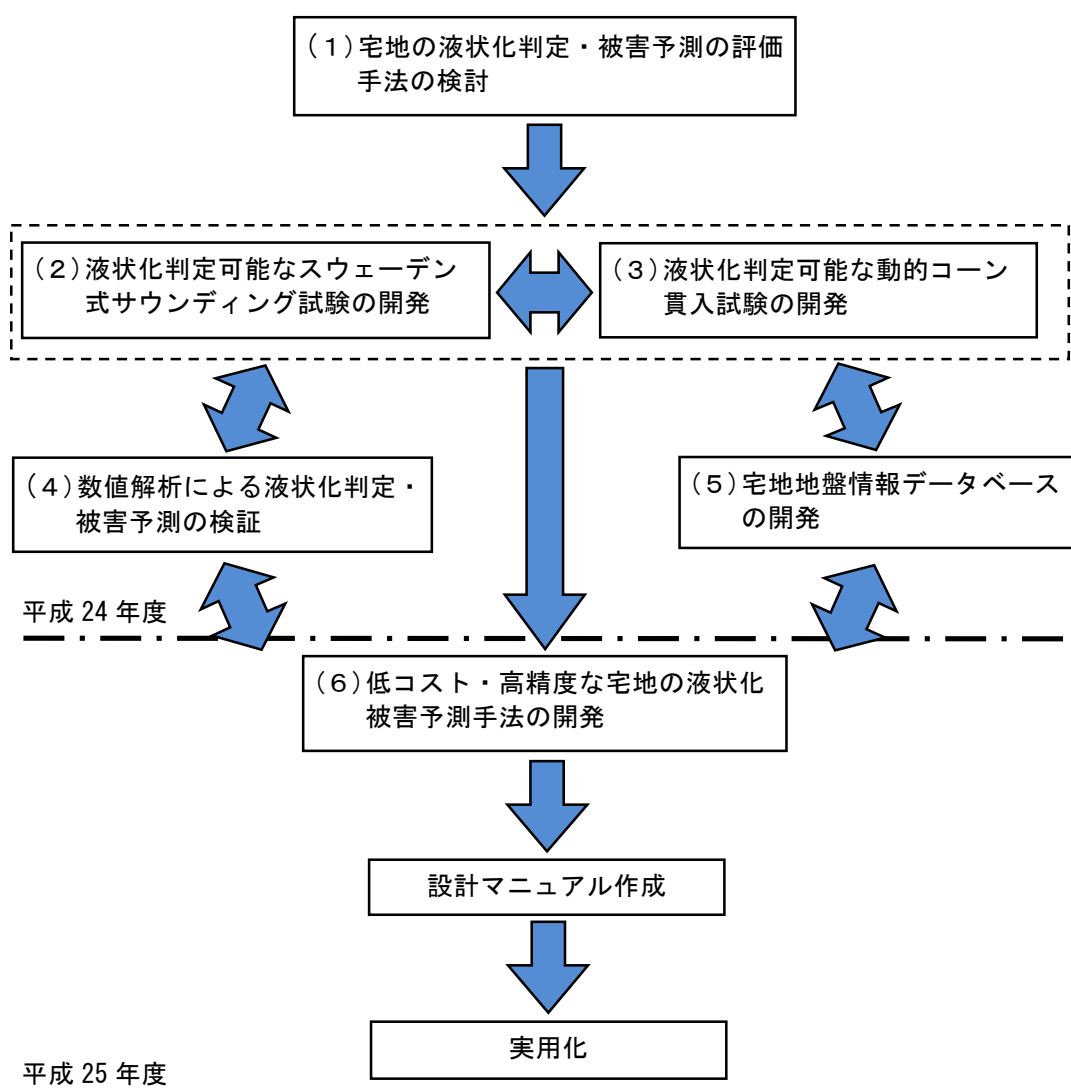
1.3.1 宅地の液状化判定・被害予測の評価手法の検討

本研究開発の目的である低コスト・高精度な地盤調査法に基づく宅地の液状化被害予測手法を開発するために、地震時に戸建住宅が地盤へ要求する性能（変形量、沈下量、傾斜角など）を明確にし、宅地の液状化判定に必要な地盤特性（地盤強度と土質を表す指標）および液状化被害としての地盤の変形量、沈下量、傾斜角などの評価手法を検討する。

1) 研究内容

本研究は、まず阪神・淡路大震災や東日本大震災などの過去の地震による戸建住宅の液状化被災事例から、戸建住宅が地盤へ要求する性能（変形量、沈下量、傾斜角など）を明確にする。次に、宅地の液状化判定に必要な地盤特性（地盤強度と土質を表す指標）および液状化被害としての地盤の変形量、沈下量、傾斜角などの評価手法を検討する。さらに、既存の地盤調査法（静的、動的サウンディング試験）から得られる地盤情報を再検討する。以上から、宅地の地盤調査法で求めるべき地盤特性の仕様を求める。なお、液状化判定を目的とする宅地の調査深度は10mまでとする。

低コスト・高精度な地盤調査法に基づく
宅地の液状化被害予測手法の開発



(ただし、(2)～(5)の研究は平成25年度にもまたがる)

図-1.2.1 個別研究開発項目と研究フロー

2) 研究のフロー

- ① 文献資料の収集（論文、報告書等）
- ② 過去の液状化による被災住宅調査（地盤の変形量、沈下量、傾斜角などを集計）
- ③ 宅地の液状化判定に必要な地盤特性（地盤強度と土質を表す指標）の検討
- ④ 液状化被害としての地盤の変形量、沈下量、傾斜角などの評価手法の検討
- ⑤ 既存の地盤調査法から得られる地盤情報の再検討
- ⑥ 宅地の地盤調査法で求めるべき地盤特性の仕様の検討

3) 調査情報の収集方法

- ① 論文、報告書の検索
- ② 産学官テーマ推進委員会における意見収集
- ③ 大手ハウスメーカーから広く調査情報の提供を依頼、データを入手
- ④ 国・県・市の行政機関の協力により、データを入手

4) 既存の地盤調査法から得られる地盤情報の再検討

- ① 標準貫入試験 (N 値、採取試料の粒度、他)
- ② 電気式コーン貫入試験 (q_t 値、 f_s 値、 u 値、基準化抵抗値、他)
- ③ スウェーデン式サウンディング試験 (W_{sw} 値、 N_{sw} 値、他)
- ④ 大型、中型動的コーン貫入試験 (N_d 値、トルク、他)
- ⑤ その他の地盤調査法

1.3.2 液状化判定可能なスウェーデン式サウンディング試験の開発

宅地調査で標準的に使われるスウェーデン式サウンディング試験を対象とし、高精度に地盤強度と土質判定が得られるように改良し、低コストのまま宅地の液状化判定ができる地盤調査法を開発する。

1) 研究内容

スウェーデン式サウンディング (SWS) 試験は、地盤の許容支持力の算定や沈下の可能性の有無の判定を目的に行われ、地盤強度としては 0.25m ピッチで連続的に測定される W_{sw} (載荷重) と N_{sw} (半回転数) から稲田式¹⁾によって N 値換算する手法が通常使われている。しかし、SWS 試験ではこれまで土質判定ができなかったため、液状化判定もできなかった。

本研究では、宅地の地盤調査として標準的な試験である SWS 試験をベースにして、深度 10m までの地盤強度の測定値の精度を高め、かつ土質判定を行う機構を開発する研究を行う。

まず、地盤強度の測定値の精度を高める研究を行う。先に述べた N 値換算に用いる稲田式は、50 年以上も前に高速道路に沿う軟弱地盤を対象に測定されたデータ (おそらくコーンブリー法による N 値と手動式試験機による W_{sw} 、 N_{sw} と考えられる) に基づくものであり、現在の試験結果に適用できる保証はない。そこで、最近実施された数多くのデータを集約して N 値換算式の再検討を行う。また、SWS 試験のロッドは単管であるため、深度が深くなるとロッドの周面摩擦の影響を受け、試験値が過大になる問題がある。そこで、通常のロッドの外側に外管を取り付け、二重管方式にすることによって周面摩擦の影響を除いた試験機を開発し、周面摩擦の影響度合いを把握する。さらに、ロッドの回転トルクを測定する試験機も既に開発されているので、トルクから周面摩擦を補正する方法も検討する。

次に、SWS 試験で土質判定を行う機構を開発する研究を行う。従来から回転貫入時の音から簡易な土質判定が行われてきたが、これを定量的に行うために、ロッドに AE (アコースティックエミッション) センサーを取り付け、回転貫入時に測定される電気信号 (超音波波形) から連続的に土質 (粒度と密度) を判定する方法を新たに開発する。また、孔内地下水位を中空ロッドと比抵抗電極を用いて測定する装置が既に開発されているので、これを導入する。一方、ロッドに土採取の機構 (既に数種類の装置が開発済み) を組み込んで、任意深度の土試料を直接採取する方法も同時に検討し、先の連続的な土質判定手法の信頼性を確認する。

以上を開発するために現場で実証実験を行い、地盤強度と土質判定を最も精度良く測定できる方法を見出し、低コストのまま宅地の液状化判定ができる地盤調査法を開発する

なお、東日本大震災での浦安市の液状化原因を究明するために、2011 年 11 月に申請者のグループによって液状化が激しく起きた敷地で地盤調査の一斉試験を行ったが、液状化した土層を特定することができなかった。そこで、同敷地で再調査を行い、連続サンプリングした土層の分析・観察から液状化層を特定し、本試験による液状化判定の信頼性を確認する。

2) 研究のフロー

- ① 既存のデータ収集（SWS 試験と標準貫入試験）による N 値換算式の再検討
- ② 二重管 SWS 試験の開発と周面摩擦の影響度合いの把握
- ③ トルク測定による周面摩擦補正方法の検討
- ④ AE センサー付き SWS 試験による波形性状と土質の検討
- ⑤ SWS 試験による孔内地下水位測定方法の確立
- ⑥ SWS 試験における土試料採取方法の検討

3) 現場での実証実験の予定

- ① 浦安市での再調査（土層のサンプリングも含む、H24、H25 年度）
- ② 滋賀県守山市（地盤調査一斉試験、H24 年度）
- ③ 関西地区、他で 3～4 箇所現場（H24、H25 年度）

1.3.3 液状化判定可能な動的コーン貫入試験の開発

最近宅地調査で使われるようになった大型、中型動的コーン貫入試験を対象とし、両試験で高精度に地盤強度と土質判定が得られるように改良し、低コストのまま宅地の液状化判定ができる地盤調査法を開発する。

1) 研究内容

本研究では、最近、宅地調査で使われるようになってきた大型動的コーン貫入試験（通称：オートマチックラムサウンディング：SRS）と中型動的コーン貫入試験（通称：ミニラムサウンディング：MRS）を対象とする。両試験による地盤強度は打撃回数 N_d 値として 0.2m ピッチで連続的に精度よく測定でき、SRS は標準貫入試験と換算打撃エネルギーが同じであるため、 $N_{dR} \doteq N$ の関係が、MRS の換算打撃エネルギーは SRS の 1/2 であるため、 $N_{dR} \doteq N_{dM}/2$ の関係が成立する（ N_{dR} 、 N_{dM} はそれぞれ SRS、MRS の N_d 値）と言われており、いずれも N 値換算が可能である。また、両試験は単管ロッドの周面摩擦の影響をロッドの回転トルクを測定することによって補正することができ、ロッドの継ぎ足し以外は自動で打撃が（SRS では計測も自動で）行われるため、作業効率が非常に高く、低コストな調査法である（現在、地盤工学会で試験方法の基準化作業が行われている）。しかし、両試験ともにこれまで土質判定ができなかったため、液状化判定もできなかった。

本研究では、大型、中型動的コーン貫入試験による深度 10m までの地盤強度の測定値の精度を高め、かつ土質判定を行う機構を開発する研究を行う。

まず、大型、中型動的コーン貫入試験による N_{dS} 値、 N_{dM} 値と標準貫入試験の N 値のデータを収集し、各値の対応関係を再確認する。また、 N_{dM} 値のエネルギー補正、周面摩擦補正の妥当性も検証する。以上から、両試験による地盤強度の測定値の精度を高める研究を行う。

次に、動的コーン貫入試験で土質判定を行う機構を開発する研究を行う。既に、大型または中型動的コーン貫入試験のコーン先端に間隙水圧計を設置し、打撃時の間隙水圧の大きさと消散速度から連続的に土質（細粒分含有率 F_c ）を判定し、地下水位も判定できる試験（ピエゾドライブコーン：PDC）が開発中であるので、その精度をさらに高める。また、ロッドに AE（アコースティックエミッション）センサーを取り付け、打撃後にコーン（回収型コーン）を引き上げる際に測定される電気信号（超音波波形）から連続的に土質（粒度と密度）を判定する方法を新たに開発する。さらに、周面摩擦補正のために測定するトルク値は土質とも相関性があるので、これを他の測定値と組み合わせて土質判定する方法も検討する。一方、先端コーンをサンプラーに切り替える、またはロ

ッドに土採取の機構を組み込んで、任意深度の土試料を直接採取する方法および孔内地下水位を直接測定する方法も同時に検討し、先の連続的な土質判定手法の信頼性を確認する。

以上を開発するために現場で実証実験を行い、種々の手法を相互に比較して、地盤強度と土質判定を最も精度良く測定できる方法を見出し、低コストのまま宅地の液状化判定ができる地盤調査法を開発する。

なお、1.3.2と同様に、一斉試験を行った浦安市で再調査を行い、連続サンプリングした土層の分析・観察から液状化層を特定し、本試験による液状化判定の信頼性を確認する。

2) 研究のフロー

- ① 既存データの収集（大型、中型動的コーン貫入試験と標準貫入試験の比較）
- ② PDC 試験による間隙水圧性状と土質の検討
- ③ AE センサー付き動的コーン貫入試験による波形性状と土質の検討
- ④ 動的コーン貫入試験によるトルク値・他と土質の検討
- ⑤ 動的コーン貫入試験における土試料採取方法と地下水位測定方法の検討

3) 現場での実証実験の予定

- ① 浦安市での再調査（土層のサンプリングも含む、H24、H25 年度）
- ② 滋賀県守山市（地盤調査一斉試験、H24 年度）
- ③ 関西地区、他で3～4箇所の現場（H24、H25 年度）

1.3.4 数値解析による液状化判定・被害予測の検証

1.3.2、1.3.3の地盤調査法で得られた地盤特性を有効応力原理に基づく既往の数値解析法に取り込んで、液状化時の地盤の変形量と沈下量を定量的に推定する方法を開発し、本研究による液状化判定・被害予測を検証する。

1) 研究内容

有効応力原理に基づく2次元有限要素解析法 FLIP²⁾は、1995年兵庫県南部地震により発生した神戸港周辺における港湾構造物の被害を高い精度で再現することに成功し、以来我が国における港湾構造物等の設計において広く使われている数値解析法の一つである。本手法の特徴としては、土の構成則として液状化による主応力の回転効果を容易に考慮できる多重せん断ばねモデルを用いていることが挙げられる。また、地震時の過剰間隙水圧の上昇過程（液状化過程）から、地震後長時間にわたる過剰間隙水圧の消散過程に至る一連の地盤の挙動を再現できるため、地震時の地盤変形だけでなく、液状化後の地盤沈下量の推定も可能な数値計算手法である。

本研究では、1.3.2と1.3.3で検討される地盤調査法による液状化判定の高精度化に資するべく、原位置の地盤特性を反映した動的解析を行う。1.3.2と1.3.3で実施される地盤調査法の高度化により、宅地における高精度の液状化判定が可能となる。本研究では、上述の数値解析法を援用し、液状化時の地盤の変形量と沈下量を定量的に推定する方法を開発し、本研究による液状化判定・被害予測を検証する。

数値解析に当たり、まず1.3.2と1.3.3の地盤調査法により、深度情報（土質判定による液状化層厚、地下水位）と地盤強度（換算 N 値）に関する情報を得る。次に、実証実験を行う現場でサンプリングした原位置試料を用いて室内試験（非排水繰返し三軸試験あるいは中空ねじりせん断試験を想定）を行い、液状化特性に関する詳細なデータを取得する。これらの試験結果（液状化強度曲線）より、数値解析における地盤物性パラメータを決定する。得られた材料パラメータを用いて、

対象とする現場ごとに地震応答解析を実施する。

数値解析では、地震動の強度（例えば加速度振幅）を数パターン変化させたときの地盤の変形量・沈下量を求める。このようにして、例えば、液状化層厚、地下水位、換算 N 値、加速度振幅最大値をパラメータとして、次式で示す地盤の変形量・沈下量を求めるための回帰式を求めることができる。

(変形量・沈下量) = f (液状化層厚、地下水位、換算 N 値、加速度振幅最大値)

東日本大震災で被災した浦安市の地盤（申請者らによる地盤調査一斉試験によって詳細な地盤特性が得られている）を対象に、得られた回帰式の精度を検証する。

2) 研究のフロー

- ① 室内要素試験：実証実験を行う現場の原位置サンプリング試料の室内要素試験（非排水繰返し三軸試験あるいは中空ねじりせん断試験）により、液状化強度曲線を求め、解析パラメータを決定する。
- ② 数値解析：実証実験を行う現場の地盤柱状図を元に 1 次元地盤モデルを作成し、動的解析を行う。この時入力する地震動は、正弦波、直下型および海溝型地震動とし、振幅の大きさを変化させる。
- ③ 回帰分析：数値解析結果（変形量・沈下量）と、地盤調査法により得られる地盤強度（換算 N 値）と深度情報（液状化層厚、地下水位）をパラメータとして、非線形回帰分析を行う。
- ④ 回帰式の検証：浦安市の被災事例に対して得られた回帰式を適用し、精度を検証する。

1.3.5 宅地地盤情報データベースの開発

浅層地盤を対象に行われた既存および本研究による宅地の地盤調査データを集約し、宅地地盤情報の共有化のための「宅地地盤情報データベース」を開発する。さらに浅層よりやや深い地盤情報ともリンクし、これを有効利用して総合的に宅地の液状化判定・被害予測を行う機能も付加する。

1) 研究内容

地震時の液状化発生の素因となる地盤条件は多様である。本研究が対象とする宅地においても、宅地を形成する浅層の埋立土、盛土といった人工地盤と、その下位の自然地盤に対する深度方向の地盤情報、さらに旧河道や旧ため池等の脆弱箇所の面的な情報など、実務的には総合的な視点から地盤調査と液状化評価を行う必要がある。そのために、地盤情報データベースは当該地の地盤情報を不足なく入手するための手段として有効な基礎技術である。

既往の地盤情報データベースは、主として自然地盤を対象としたボーリングデータを中心に構築されており、地震時の地盤振動、自然地盤の液状化評価については高い評価と実績を有している。一方、浅層の埋立土、盛土といった人工地盤については、物性値が得られていないことが多く、宅地の液状化評価には必ずしも十分なものではない。

また、この 5 年間に、日本全国で既存の地盤情報データベースを連携し、地盤情報資産（ボーリングデータ）を利活用するための表層地盤情報データベースの構築と統合の動きが急速に進展している。全国的に各地域で進められている広域的な地盤情報データベースの構築体制の創設や全国電子地盤図の構築は、その一端である。それらは主に自然地盤を対象とするデータベースなので、その上に宅地の地盤情報が加わることで、人々の生活圏の地盤情報システムが完結される。

本研究では、次の 3 つの視点から「宅地地盤情報データベース」を定義し、その開発に取り組む。

- 1) 宅地の既往および新規の地盤情報を統合・保存するためのデータベース

- 2) 宅地の地盤調査と液状化評価にあたって地盤条件を把握するためのデータベース
- 3) 本研究の調査データ等による宅地の液状化判定・被害予測のためのデータベース

まず、本研究に参画する各組織が保有している宅地の地盤情報および地盤調査法による調査データを統合化するためのデータベース機能を開発する。これより、従来の地盤情報データベースに不足していた埋立土、盛土といった人工地盤の情報が統合・保存され、調査者に提供される。本研究で開発する地盤調査技術の適用に関する実績の集積という役割も果たす。次に、既往の自然地盤情報のデータベースや地図情報等とのリンクを図り、宅地の地盤調査と液状化評価にあたって地盤条件を把握するためのデータベースに発展させる。そして、本研究の調査データ等によって総合的に宅地の液状化判定・被害予測するための機能をデータベースに付加する。

2) 研究のフロー

- ① 既存の宅地の地盤調査情報（大手ハウスメーカー所有）の調査・整理
- ② 本研究で開発する地盤調査法も含めたデータベース構造の設計
- ③ 既往の地盤情報データベースとのリンク方法の開発
- ④ 宅地の液状化判定・被害予測のシステム機能の開発
- ⑤ 開発システムの検証構築（現場調査箇所に適用）

3) 宅地の地盤調査情報のデータベース化

- ① 標準貫入試験（ N 値、採取試料の粒度、他）
- ② 大型、中型動的コーン貫入試験（ N_d 値、トルク、他）
- ③ スウェーデン式サウンディング試験（ W_{sw} 値、 N_{sw} 値、他）

1.3.6 低コスト・高精度な宅地の液状化被害予測手法の開発

本研究で改良・開発する低コスト・高精度なスウェーデン式サウンディング試験と動的コーン貫入試験の調査結果に基づく宅地の液状化被害予測手法を具現化する。液状化判定は建築基礎構造設計指針（日本建築学会）の方法をベースとし、被害予測は地盤の変形量、沈下量、傾斜角を定量的に示す。

1) 研究内容

本研究は、実用化への展開に際して、低コスト・高精度の地盤調査法による調査結果から、宅地の液状化被害予測を行う手法を具現化するものである。

本研究で改良・開発するスウェーデン式サウンディング（SWS）試験と大型、中型動的コーン貫入試験（SRS、MRS）から、宅地の深度 10m までの地盤強度を表す指標として換算 N 値、土質を表す指標として細粒分含有率 F_c と密度 ρ （単位体積重量 γ ）が、SWS では 0.25m、SRS・MRS では 0.2m ピッチで得られ、同時に地下水位の値も得られる。両試験の使い分けは、SWS 試験の簡便さ・迅速性、SRS・MRS 試験の貫入能力の高さを考慮し、敷地状態や地盤性状に応じて行うことを想定している。

東日本大震災での宅地の液状化被害の大きさから、従来の宅地に対する簡易な液状化判定法（深度 5m までの飽和した砂層の層厚の大きさから液状化の影響が地表面に及ぶ程度を判定するもの）では不十分と考えられる。また、東日本大震災の戸建住宅の被災から、宅地の液状化検討深度は 10m 程度まで、細粒分含有率 F_c が高い埋立層の液状化検討も必要と考えられる。したがって、今後は土木構造物や中規模以上の建築物の基礎地盤で使われている FL 法を宅地にも導入する必要がある。FL 法では、液状化安全率 $F_L = R/L$ （ R は地盤のせん断抵抗比、 L は地震によるせん断応力比）を算

定し、 $F_L < 1$ なら液状化する、 $F_L > 1$ なら液状化しないと判定する。本研究では、 R と L の算定方法は建築基礎構造設計指針（日本建築学会）をベースとする。 R の算定に換算 N 値、 F_c 値、地盤の単位体積重量 γ を、 L の算定（全応力、有効応力の算定）に地盤の単位体積重量 γ を用いることができる。ただし、 R の算定には東日本大震災のような海溝型地震の特徴である継続時間の長さによる効果を考慮する。

一方、液状化被害予測は F_L 値を次式のように深さ方向に積分した液状化指数 P_L 値を用い、

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) \cdot w(z) dz \quad (1.3.1)$$

ここに、 $F_L > 1$ の場合には、 $(1 - F_L) = 0$ 、 $w(z)$ は深さ z に対する重み関数で、 $w(z) = 10 - 0.5z$ である。

P_L 値の範囲ごとに液状化被害の程度をランク付け、それぞれに対して地盤の変形量、沈下量、傾斜角を定量的に示す。

なお、上記の液状化判定・被害予測には、1.3.5 で開発する宅地地盤情報データベースによる方法も取り入れ、既往および新規の地盤情報を有効利用する。

以上の手法に基づく設計マニュアルを作成し、実用化を図る。また、液状化被害予測手法の検討に際しては、地盤工学会会員により構成される産学官テーマ推進委員会（23 名）を開催し、本研究による地盤調査法による調査結果を踏まえた意見を集約し、設計マニュアルに反映させる。

2) 研究のフロー

- ① 液状化判定：地盤のせん断抵抗比 R の算定方法の検討
- ② 液状化判定：地震によるせん断応力比 L の算定方法の検討
- ③ 液状化被害予測：液状化指数 P_L 値と地盤の変形量、沈下量、傾斜角の関係の検討
- ④ 宅地地盤情報データベースによる液状化判定・被害予測の検討

3) 情報の収集方法

- ① 論文、基準、指針の調査
- ② 産学官テーマ推進委員会における意見収集
- ③ 大手ハウスメーカーからの情報収集

1.4 研究開発実施体制

本研究を実施したコアメンバーと執筆担当を表-1.4.1に示す。

表-1.4.1 本研究のコアメンバーと執筆担当

代表者	氏名	所属	執筆担当
研究代表者	大島 昭彦	大阪市立大学大学院・教授	下記以外
共同研究者	三村 衛	京都大学大学院・教授	第5章
共同研究者	田中 洋行	北海道大学大学院・教授	4.4
共同研究者	平田 茂良	大和ハウス工業(株)総合技術研究所・副所長	3.3.5
共同研究者	深井 公	積水ハウス(株)品質管理室・課長	3.3.5, 4.2.2
共同研究者	利藤 房男	応用地質(株)エンジニアリング本部技師長室・室長	3.3.3
共同研究者	下平 祐司	(一財)日本建築総合試験所建築確認評定センター・部長	4.3
共同研究者	金 哲鎬	報国エンジニアリング(株)技術本部・技術統括部長	4.2.2
共同研究者	飛田 哲男	京都大学防災研究所・准教授	第5章
共同研究者	山本 浩司	(一財)地域地盤環境研究所・主席研究員	第6章
委員	松本 樹典	金沢大学大学院自然科学研究科・教授	3.4
委員	山田 卓	大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻・講師	3.3.6

参考文献

- 1) 稲田倍穂：スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について，土と基礎，Vol.8，No.1，pp.13～18，1960.
- 2) Iai, S. Matsunaga, Y. and Kameoka, T. : Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol. 29, No. 4, pp. 27-56, 1990.