

3.8 液状化判定法の高精度化に関する研究②

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 24～平 27

担当チーム：地質・地盤研究グループ（特命事項担当，地質）

研究担当者：阿南修司、佐々木靖人、日外勝仁

【要旨】

東北地方太平洋沖地震により発生した広域的かつ多大な液状化被害は，社会に大きな影響を与えた．次なる大地震による液状化被害の軽減に向け，社会資本の液状化対策を進めていくことが喫緊の課題である．本研究は，我が国における多様な土質，地質構造を有する地盤を対象に，液状化に対する各種構造物の耐震性能をより合理的に評価し，真に危険性の高い構造物の的確な抽出に寄与すべく，液状化判定法の高精度化を図ることを目的として実施するものである．

平成 25 年度は，地盤情報が直接得にくい既往の構造物や面的な地盤の液状化危険度の評価において，既往ボーリング等の地盤情報を用いた地盤モデルを作成し，これに基づく液状化判定を適切に行うための基礎的な検討をおこなった．

キーワード：液状化，ボーリング柱状図，地盤モデル

1. はじめに

これまで，産官学の各方面において液状化対策に関する様々な技術開発がなされてきたものの，一般に多大なコストを要することから，液状化対策はほとんど進んでいない．また，液状化対策の実施が必要とされる箇所について十分な対策効果を得るためには，地中の広い範囲にわたる地盤改良等が必要となることから，対策コストの縮減にも限界がある．

このような状況の下，東北地方太平洋沖地震により発生した広域的かつ多大な液状化被害が，社会に大きな影響を与えた．東北地方太平洋沖地震による液状化被害を踏まえ，国土交通省は「液状化対策技術検討会議」において，液状化被害の実態把握，現行の液状化発生の予測手法（液状化判定法）の検証を行った．その結果，現在の液状化判定法が今回の地震による液状化の発生を見逃した事例は確認されなかった．一方で，実際には噴砂等の液状化の痕跡が確認されないにもかかわらず液状化すると判定される箇所が多く確認されたことから，地震動の継続時間の影響，細粒分の影響，造成年代の影響等の評価について継続的に検討する必要があると結論付けられた．

次なる大地震による液状化被害の軽減に向け，社会資本の液状化対策を進めていくことが喫緊の課題である．そこで，本研究は，我が国における多様な土質，地質構造を有する地盤を対象に，液状化に対する各種構造物の耐震性能をより合理的に評価し，真に危険性の高い構造

物の的確な抽出に寄与すべく，液状化判定法の高精度化を図ることを目的として実施するものである．

平成 25 年度は，地盤情報が直接得にくい既往の構造物や面的な地盤の液状化危険度の評価において，既往ボーリング等の地盤情報を用いた地盤モデルを作成し，これに基づく液状化判定を適切に行うための基礎的な検討をおこなった．

2. ボーリング密度による地盤モデルの精度検証

2.1. 対象地域

地盤モデル作成の対象は，関東地方の河川堤防周辺で，今回の震災による液状化が見られる地域を 4 地点抽出した（表-1）．検討に用いたボーリング柱状図は，主に国土地盤情報公開サイト(KuniJiban)で公開されている深度 10～50m 程度の土質調査ボーリングを用いた．なお，KuniJiban で公開されている地盤情報のほとんどが柱状図であり，土質試験の情報がきわめて限定されている現状を考慮して，地質断面図の作成においては，柱状図の

表-1 地盤モデル作成地点概要

地域（流域）	断面(km)	柱状図数
A1 埼玉県吉見町（荒川）	南北 1.85	10(6)
A2 埼玉県吉見町（荒川）	東西 1.95	10(6)
B1 茨城県常総市（小貝川）	南北 3.44	10(6)
B2 茨城県常総市（小貝川）	東西 2.34	10(6)
C 埼玉県吉川市（江戸川）	南北 4.13	9(5)
D 千葉県柏市（手賀川）	東西 3.62	11(5)

土質区分およびN 値のデータのみを使用した。

これらのボーリング柱状図を用いて地質断面図を作成した。対象となる各断面は、ボーリング調査を 10 地点程度含むものとし、断面ごとに、半分程度の柱状図の情報を元に地質断面図を作成する Case1 と、全ての柱状

図の情報を元に地質断面図を作成する Case2 を作成し、これらの比較を行った。

2.2 Case 1 と Case 2 の比較

ここでは断面図の違いが顕著に表れた A1 と A2 および D の 3 地点について、その違いの要因を述べる。

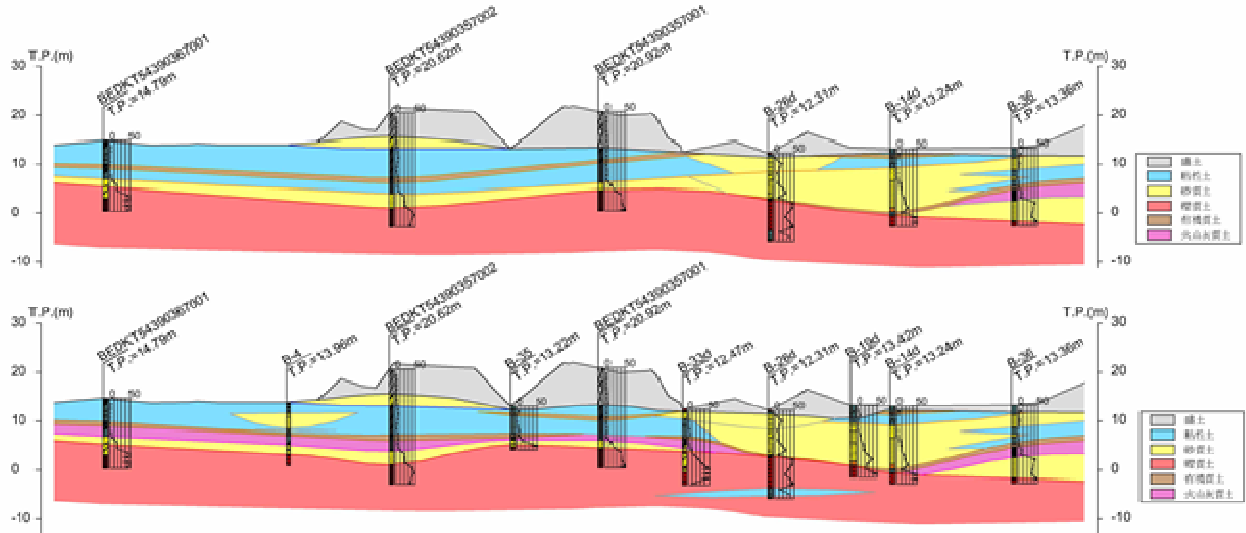


図-1 A1 埼玉県吉見町・南北断面の比較結果

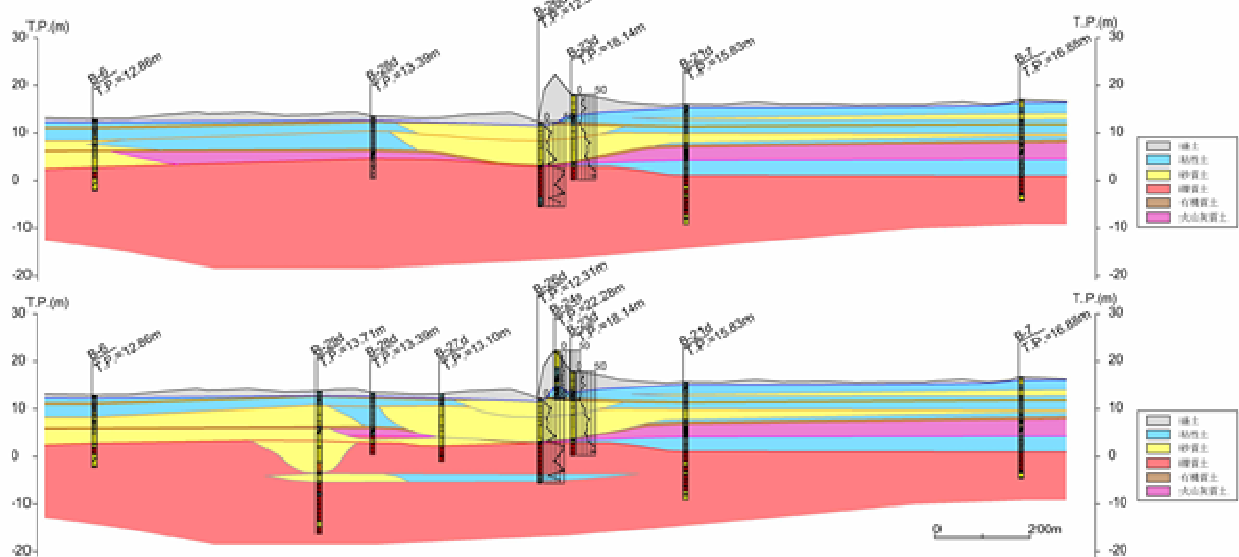


図-2 A2 埼玉県吉見町・東西断面の比較結果

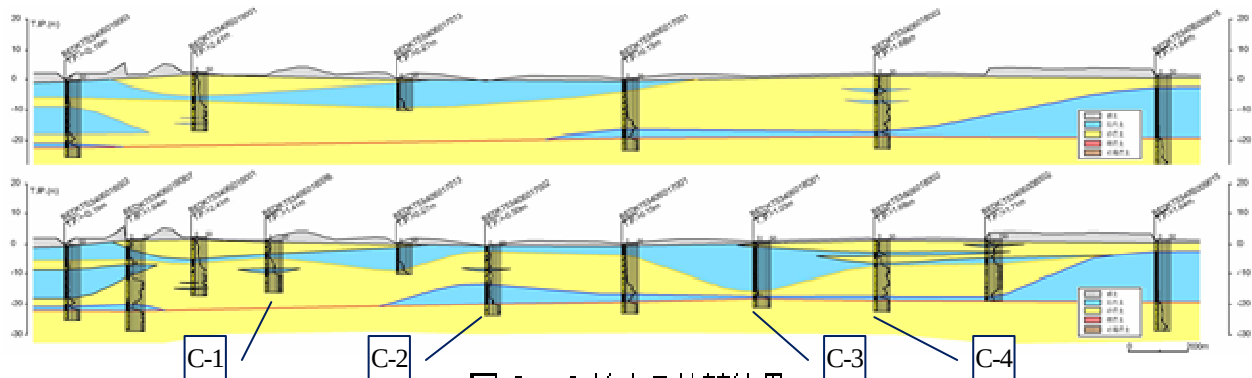


図-3 D 柏市の比較結果

(1) A1 吉見町南北断面 (図-1)

この地点では断面北側から中央にかけての火山灰質土の存在の有無と、有機質土が1層から2層になっている「地層の連続性」「分布形状」についての評価が異なる。この地点では、土質分類の記載が粘性土として一括されているものが、ボーリングが追加されたことにより、火山灰質土と有機質土に区分されることとなり、結果として傾斜して分布すると想定された有機質土が水平に近い上下2層に分けられると推定された。

(2) A2 吉見町東西断面 (図-2)

この地点では砂質土の「分布形状」の評価が異なる。この地点では、断面西側の柱状図で砂質土が欠けていることから粘性土が広く分布すると考えられたが、柱状図が追加されることで、厚い砂層が分布することが確認され、南北断面との比較により自然堤防起源の砂質土が分布すると推定された。

(3) D 柏市 (図-3)

この地点では標高-20mより浅い箇所の砂層の「地層の連続性」「分布形状」についての評価が大きく異なる。この違いは、標高-20m付近にN値が50を上回る砂層がほぼ平坦に分布し、その上位に旧河道起源の砂質土が水平に堆積したものと考えたが、柱状図を追加することで砂層の上位に粘性土が分布していることが確認され、その分布から旧河道の谷部に粘性土が堆積したと推定したことによる。

2. 3. 地質構造把握の精度の要因

A1とA2地点は、荒川近傍の後背湿地と旧河道と自然堤防が分布する地域であるが、ボーリングの粗密によって旧河道や自然堤防が見落とされる結果となっており。また、D地点は、手賀川近傍の干拓地であり、比較的均一な地質構成であることが想定された。これに対し、砂質の地盤が厚く分布すると想定された地点で、ボーリングの粗密によって厚い粘性土が分布することが確認され、より複雑な堆積環境であったことが明らかとなった。

これらの事例に見られるように、周辺の微地形や河川の堆積環境についての情報を十分考慮することが、地盤モデルの精度（「地層の分布形状」の評価）に大きく寄与すると思われる。

また、A1で見られるように柱状図として記載されている土質区分だけでは、火山灰質土の存在が不明確であり、個々の地質情報の精度が地盤モデルの精度（「地層の連続性」）に直接影響を与える例が見られた。

このようなCase1とCase2のモデル間の差の要因を各断面でみると

- ・ボーリングの粗密による地層の急変箇所の見落とし

(A2)

- ・ボーリング増加による地層堆積過程の解釈の変化 (A1, D)

- ・ボーリングの増加による砂層分布の変化

(B1, B2, C)

といった項目にまとめることができ、ボーリングの有無による地層の厚みや地層構成自体の違いが生じるケースに加え、ボーリング柱状図の空間的な配置に基づく地層形成過程の解釈の違いが生じるケースもみられる。これは、単純に地盤情報としてボーリング柱状図のみでは判断ができない堆積環境や微地形などの情報が地盤モデル作成上重要であることにほかならず、地質構造の空間的把握においては、地盤から直接得られる情報以外の微地形や堆積物の特性から判断される堆積環境の情報が重要であることを示している。

3. 液状化層の分布推定精度の検証

3. 1. 地盤モデルによる推定とボーリングの比較

前述のボーリング密度による地盤モデルの精度検証は、大局的な地質構造の推定精度について検討したが、ここでは既存柱状図に基づく液状化層の推定のための柱状図レベルでの推定精度の検証をおこなった。

図-4は、図-3に示した柏市の断面の4地点（図-3中のC-1～C-4断面）において、case1で地層分布を内挿した柱状図を推定し、実際の柱状図（case2）とFL値、PL値の比較を行ったものである。各断面の推定と実際の柱状図の比較、および液状化判定の違いは以下のとおり

C-1：地層構成やN値分布は比較的類似するが、PL値の違いが大きく、液状化層の分布範囲も大きく食い違う。

C-2：地層構成とN値分布が大きく異なるがPL値は同程度と判定され、液状化層が厚く分布する傾向は同一。ただし、下部で分布が異なる。

C-3：地層構成とN値分布の違いが大きく、PL値の違いも大きい（ただし両者とも15を上回る）。中間部の液状化層の分布の有無が大きく食い違う。

C-4：地層構成とN値分布が全く異なり、PL値の違いも大きく推定ではPL値が15を上回るが、実際には15以下。液状化層の分布範囲が大きく食い違う。

この結果をみると、推定精度は、地層の分布形状だけではなく、どの砂層（液状化層）がどちらから連続する（あるいはレンズ状）と推定するかによって大きく異なることが明らかとなった。これは既存ボーリングの情報（土質区分とN値のみ）であり、その地点の液状化判定としては十分かもしれないが、周辺の液状化判定には情報

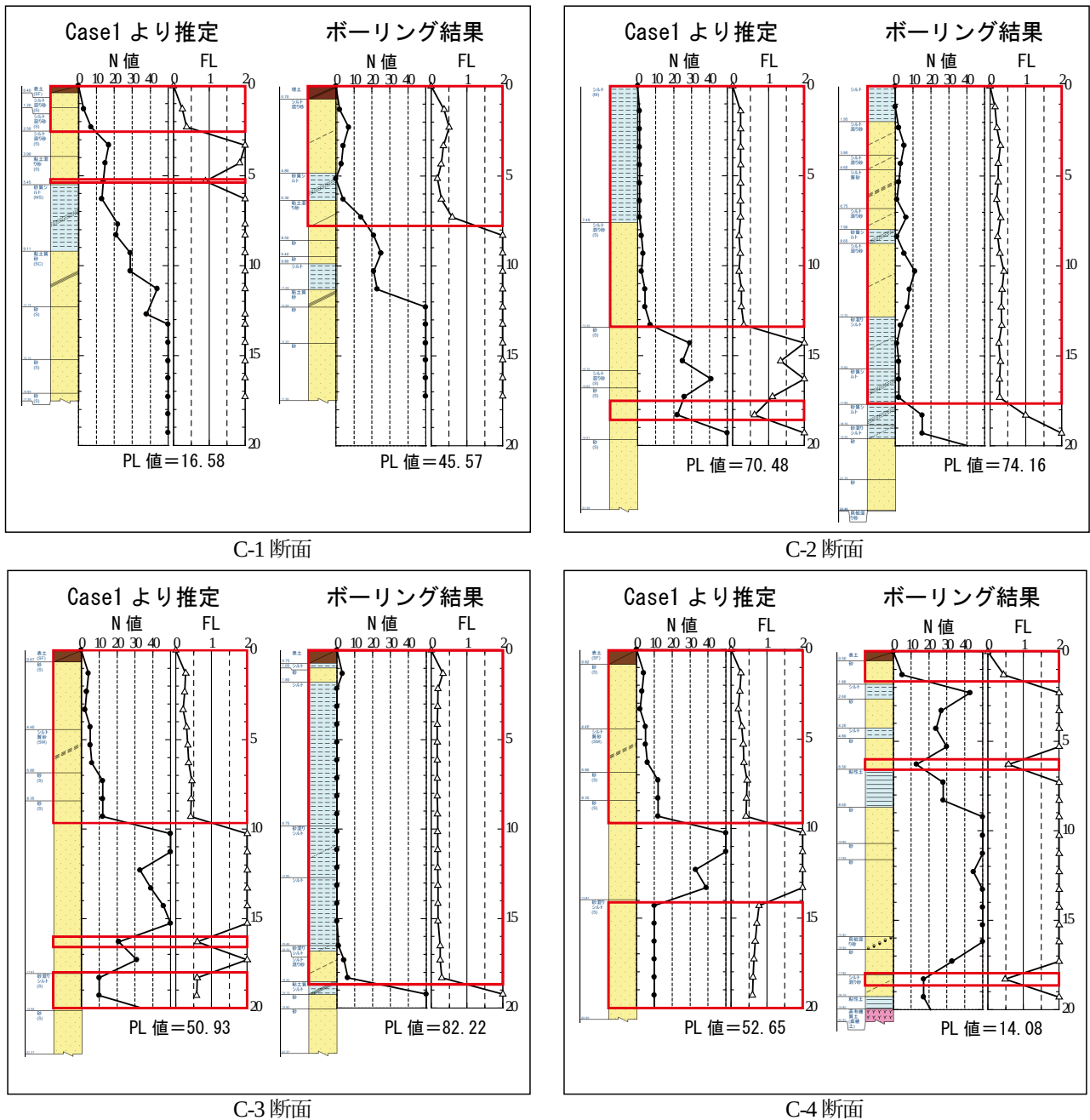


図4 推定した断面の地層構成 (case-1) とボーリング結果 (case-2) の比較

不足であることに起因する。

2.3でも述べたように、通常のボーリング柱状図の情報量には限界がありことから、柱状図レベルでの液状化層の推定は困難である。

4. まとめ

平成 25 年度は、ボーリング密度の差による地層分布の推定精度、ボーリング孔間の液状化層分布の推定精度の検証を行った。

その結果、大局的な地層構成の把握においては、ボーリング柱状図の空間的な配置に基づく地層形成過程の解

釈の違いが生じるケースもみられ、地質構造の空間的把握においては、地盤から直接得られる情報以外の微地形や堆積物の特性から判断される堆積環境の情報が重要であること、地質断面図による推定では個々の液状化層の推定精度に限界があることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 阿南修司：地盤情報の精度が液状化判定に与える影響について、平成 25 年度日本応用地質学会研究発表会，2013.10.

RESEARCH ON A HIGH-PRECISION ASSESSMENT METHOD OF SOIL LIQUEFACTION

Budgeted : Grants for operating expenses General account

Research Period : FY2012-2016

Research Team : Geology and Geotechnical Engineering
Research Group (Chief Researcher, Geology Research Team)

Abstract : In The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Great liquefaction damage occurred over a very wide area, and had large influence on society. It is the urgent subject to advance the countermeasure of infrastructures against liquefaction for mitigation of the damage caused by next large earthquake. The purpose of this study is to establish a high-precision assessment method of soil liquefaction for the ground which has various soil properties and geological structure in Japan. In FY 2013 we tried to evaluate an accuracy of subsurface model by using borehole logs for liquefaction potential assessment.

Key Words : Liquefaction, assessment of soil liquefaction, borehole logs