

八戸地盤情報DBを利用した液状化リスクマップの Web公開

著者	鈴木 宥将, 小山 直輝, 橋詰 豊, 金子 賢治
著者別名	SUZUKI Yusuke, OYAMA Naoki, HASHIZUME Yutaka, KANEKO Kenji
雑誌名	八戸工業大学地域産業総合研究所紀要
巻	14
ページ	15-21
発行年	2016-03-31
URL	http://id.nii.ac.jp/1078/00003579/



八戸地盤情報 DB を利用した液状化リスクマップの Web 公開

鈴木 宥将*・小山 直輝**・橋詰 豊***・金子 賢治****

論文要約

液状化現象の発生想定では地盤情報が不可欠である。一方で、土木構造物、建築物等の設計の際には、特殊な場合をのぞき地盤調査が標準仕様として求められ、公共工事であれば各自治体の費用負担となり、税金でまかなわれることになる。従来、このような地質調査データは建設物の竣工後数年～十数年の保管期間を経て破棄されるが、基本的には不変な重要データで、住民の貴重な財産である。

八戸地域では 2009 年に地盤情報 DB が構築され、地盤情報を簡易的に入手することが可能となった。本報では、八戸地域地盤情報 DB に収集されているボーリングデータに対し自動で液状化判定計算を実施し、地点毎にプロットされた八戸地域の液状化リスクの空間的分布（マップ）を Web 上で公開した経緯方法について報告する。

キーワード：Web 公開、液状化、リスクマップ、八戸地盤情報データベース

An Act of Releasing the Liquefaction Risk Map using Hachinohe Geotechnical Information Database to the Public on the Web

Yusuke SUZUKI*、Naoki OYAMA**、Yutaka HASHIZUME*** and Kenji KANEKO****

ABSTRACT

The geotechnical information data is required in order to estimate the liquefaction phenomenon risk.

Occurrence prediction of Liquefaction phenomenon is essential to Geotechnical information. On the other hand, generally when The trader planning the structure and building, it is necessary to do ground survey. The public works becomes the expense of local governments, and will be financed by taxes. Conventionally, those geological survey data is discarded within a few decade. However basically this data is unchangeable and important data, but also a valuable property of residents.

Hachinohe Geotechnical information database was constructed in 2009, Geotechnical information became possible to get easily.

In this paper, we report about the way to estimate the liquefaction risk automatically and the Web publishing of risk map as a estimation result.

Keywords : *web publishing, liquefaction, risk map, Hachinohe geotechnical information data base*

平成 28 年 1 月 8 日受理

* 工学部土木建築工学科 4 年

** 大学院社会基盤工学専攻・修士課程 2 年

*** 防災技術社会システム研究センター・研究員

**** 大学院社会基盤工学専攻・教授

1. はじめに

大規模地震の様な地盤振動を起因とする地盤の液状化現象が起こる条件として、外部から作用する地震力の大小とは別に、緩い砂質土である事、地下水位が高い事、粒径がそろっている事の3つが主要素であるとされており、液状化現象の発生想定では地盤情報を把握することが非常に重要である。

一方で、土木構造物、建築物等の設計の際には、特殊な場合をのぞき現地の地盤調査が標準仕様として求められており、必ず調査を行わなければならない。一般的に公共工事であれば各自自治体の費用負担となり、住民の税金でまかなわれることになる。従来、このような地質調査データは建設物の竣工後数年～十数年の保管期間を経て破棄されるが、基本的には不変で重要なデータであり、出資者である住民の貴重な財産である。

八戸地域では、1994年の三陸はるか沖地震や1968年の十勝沖地震をはじめとし過去の地震で液状化被害が報告されており、それらの関心は決して低くはない、また、八戸地域においては八戸工業大学の長谷川、金子を筆頭とする研究グループにより八戸地域地盤情報データベース運営協議会が組織され、2009年に地盤情報データベース（八戸地域地盤情報データベース、以下八戸地域地盤情報DB）が構築され、地盤情報を簡易的に入手することが可能となった。

本研究グループでは、地盤の液状化リスクの予測が今後の液状化対策等に役立つと考え、過去に八戸地域地盤情報DBに収集されている2507本のボーリングデータに対し液状化判定を実施し、地点毎にプロットすることにより八戸地域の液状化リスクの空間的分布の把握を行った（2012年）。本報告では、増え続ける八戸地盤情報データベース中の地盤情報に対して自動的に液状化指数（ P_L 値）の簡易計算を行い、マップ上にプロットし随時更新システムを開発した。また、そのデータ（液状化危険度マップ）を地域住民に還元するために、Web上で一般公開し会員登録等の煩わしい作業をすることなしに誰でも閲覧できるようなシステムを構築したため、それらについて報告する。

2. 運営協議会の設立と産学官の連携

2.1 八戸地盤情報データベースの運営協議会の設立

本研究グループでは過去に継続的な運営に至らなかったボーリング柱状図の収集、整理、保存および活用等の活動の反省から、産学官の連携による継続的な運用を目指して、1) 八戸工業大学、2) 八戸市、3) 特定知識を有する技術者、4) その他協議会の趣旨に賛同する者、を構成員とした八戸地盤情報データベースの運営協議会を2010年7月に発足させ、以後の地域貢献、研究活動に活用することとした。

以下にその趣旨、実施事業を示す。

(a)趣旨

八戸地域の地盤情報の収集および整理をし、地盤情報を簡易に検索出来るようデータベース化することにより同地域の発展に資することを目的とする。

(b)実施事業

- (1)地盤情報の追加
- (2)地盤情報の利用促進及び支援
- (3)地盤情報に関する調査研究
- (4)その他協議会設立の趣旨を達成するために必要な事業

2.2 産学官の連携と各者の役割

図1に産学官連携の概念図を示す。

「産」として地元の設計コンサルタント、地盤調査会社のように地域産業を支える民間企業が業務納品時に地盤情報をデータベースに登録し、データの充実・拡大を担う。

「学」として八戸工業大学をはじめとする大学や研究機関等が研究活動やデータベース運営の調整役として地域への貢献を担う。

「官」として八戸市、青森県をはじめとする地方公共団体が公共事業の発注を通じて地盤情報のデータベースへの登録を義務づけ、データの充実・拡大を担う。

このように、各機関が役割を果たすことにより、地盤情報データベースのデータ充実拡大が継続的に行われ、これらのデータを基に研究機関がより高度で詳細な分析・解析が行えるようになり、それらを公表することにより新たな技術開発や、事業計画の基礎資料として地域および産業へ還元される仕組みであるべきだと考えられる。

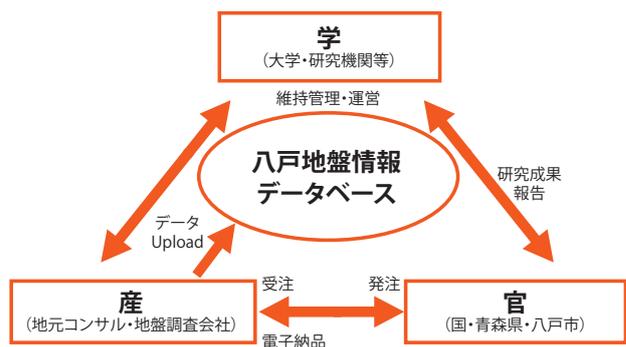


図1 産学官連携の概念図

3. 液状化指数 P_L 値の求め方

液状化危険度の判定を行うにあたって液状化の流動力の計算には液状化指数 P_L が用いられており、 P_L 値の算出には道路橋示方書同解説 V 耐震設計編（平成14年）に基づいて行った。 P_L 値の計算式を下記に示す。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) \times W_z dz \quad (1)$$

ここで、 F_L 値は各土層の液状化安全率を表しており、動的せん断強度比 R と地震時せん断応力比 L により、

$$F_L = R/L \quad (2)$$

と表される。ただし、 $F_L \geq 1$ の場合は $F_L = 1$ とする。また、 $W(z)$ は各層の深さによる重み係数であり、次式で表される。

$$W(z) = 10 - 0.5z \quad (3)$$

ここで、 z は深さ方向の座標である。

3.1 地震時せん断強度比 R の算出法

地震時せん断強度比 R は下式より算出する。

$$R = C_w \times R_L \quad (4)$$

C_w は地震動特性による補正係数、 R_L は繰り返し三軸強度比である。 R_L については、実際に各層の繰り返し三軸試験を実施して決定することが望まれる。ただし、ここでは既存の地盤情報を用いるため、以下の式で算出することとした。

繰り返し三軸強度比 R_L の算出

$$R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{N_a/1.7} \\ 0.0882\sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} (N_a - 14^{4.5}) \end{cases} \quad (5)$$

$N_a < 14$ の時、上段式
 $N_a \geq 14$ の時、下段式

ここで、 N_a は砂質土の場合には次式を用いる。

$$N_a = C_1 \times N_1 + C_2 \quad (6)$$

$$N_1 = 1.7N / (\sigma'_v + 0.7) \quad (7)$$

$$C_1 = \begin{cases} 1 & (0\% \leq F_C < 10\%) \\ (F_C + 40)/50 & (10\% \leq F_C < 60\%) \\ F_C/20 - 1 & (F_C \leq 60\%) \end{cases} \quad (8)$$

$$C_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \leq F_C < 10\%) \\ (F_C - 10)/18 & (10\% \leq F_C) \end{cases} \quad (9)$$

また、礫質土の場合には次式を用いる。

$$N_a = \{1 - 0.36 \times \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1 \quad (10)$$

N は標準貫入試験から得られる N 値、 N_1 は有効上載圧 1.0 kgf/cm^2 相当に換算した N 値、 N_a は粒度の影響を考慮した補正 N 値、 C_1 および C_2 は細粒分含有率による N 値の補正係数、 F_C は細粒分含有率 (%)、 D_{50} は平均粒径 (mm) である。

3.2 地震時せん断応力比 L の算出法

地震時せん断応力比 L は以下の式より算出する。

$$L = d \times k_{hc} \times \sigma_v / \sigma'_v \quad (11)$$

ここで、 k_{hc} は設計水平震度であり、次式で表される。

$$k_{hc} = C_z \times k_{hc0} \quad (12)$$

$$d = 1.0 - 0.015z \quad (13)$$

ここで、 k_{hc0} は標準設計震度であり、地震動タイプと地盤種により 0.40 を用いる。 d は地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数である。

$$\sigma_v = \gamma_{t1} \times h_w + \gamma_{t2} (z - h_w) \quad (14)$$

$$\sigma'_v = \gamma'_{t1} \times h_w + \gamma'_{t2} (z - h_w) \quad (15)$$

K_{hc} は地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度、 σ_v は全上載圧、 σ'_v は有効上載圧、 z は地表面からの深さ (m)、 γ_{t1} は地下水面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m^3)、 γ_{t2} は地下水面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m^3)、 γ'_{t2} は地下水面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m^3)、 h_w は地下水位までの深さ (m) となる。

また、計算に用いた土の単位体積重量、平均粒径、細粒分含有率の概略値をを表 1 に示す。計算の判定は前述した通りだが、計算地盤のモデル化は、岩もしくは固結シルトが出たらその直上層までとし、本来なら、砂礫層は非液状化層と判断されていたが、入力地震波次第では液状化することや、1994 年の三陸はるか沖地震での噴砂後で、礫分が多く見られていることも報告されているため、本報では液状化の対象層として取り扱っている。

表1 土質分類と単位体積重量、平均粒径、細粒分含有率の概略値

土質分類	地下水位面下の単位体積重量 γ_{L2} (kN/m ³)	地下水位面上の単位体積重量 γ_{L1} (kN/m ³)	平均粒径 D50(mm)	細粒分含有率 FC(%)
表土	17.0	15.0	0.02	80
シルト	17.5	15.5	0.025	75
砂質シルト	18.0	16.0	0.04	65
シルト質細砂	18.0	16.0	0.07	50
微細砂	18.5	16.5	0.1	40
細砂	19.5	17.5	0.15	30
中砂	20.0	18.0	0.35	10
粗砂	20.0	18.0	0.6	0
砂礫	21.0	19.0	2.0	0

表2 土質の分類

表土	高有機質土、高有機質土（腐植土）、腐植土、礫混り腐植土、砂混り腐植土、シルト混り腐植土、有機質土混り腐植土、火山灰混り腐植土、シルト質高有機質土（腐植土）、粘土質腐植土、泥炭、黒泥、表土
砂質シルト	砂混りシルト、砂質シルト、玉石混り砂質シルト、礫混り砂質シルト、砂混り砂質シルト、有機質土混り砂質シルト、貝殻混り砂質シルト、粘土質シルト、礫混り砂質シルト、砂混り火山灰質シルト、砂混り火山灰質シルト、砂混り粘土、砂質粘土、砂利混り砂質粘土、礫混り砂質粘土、有機質土混り砂質粘土、火山灰混り砂質粘土、砂混りシルト質粘土、礫混り砂質シルト、砂混り火山灰、砂質火山灰、礫混り砂質火山灰、砂混りローム、砂質ローム
砂質シルト	砂混りシルト、砂質シルト、玉石混り砂質シルト、礫混り砂質シルト、砂混り砂質シルト、有機質土混り砂質シルト、貝殻混り砂質シルト、粘土質シルト、礫混り砂質シルト、砂混り火山灰質シルト、砂混り火山灰質シルト、砂混り粘土、砂質粘土、砂利混り砂質粘土、礫混り砂質粘土、有機質土混り砂質粘土、火山灰混り砂質粘土、砂混りシルト質粘土、礫混り砂質シルト、砂混り火山灰、砂質火山灰、礫混り砂質火山灰、砂混りローム、砂質ローム
シルト質細砂	砂質土、礫混り砂質土、シルト混り砂質土、シルト質砂質土、礫混りシルト質砂質土、火山灰質砂質土、シルト混り砂、粘土混り砂、有機質土混り砂、火山灰混り砂、シルト質砂、礫混りシルト質砂、シルト混りシルト質砂、有機質土混りシルト質砂、火山灰混りシルト質砂、貝殻混りシルト質砂、粘土質砂、礫混り粘土質砂、有機質砂、火山灰質砂、礫混り火山灰質砂、シルト混り火山灰質砂、粘土混り火山灰質砂、シルト混り細砂、粘土混り細砂、有機質土混り細砂、火山灰混り細砂、シルト質細砂、礫混りシルト質細砂、貝殻混りシルト質細砂、有機質細砂、火山灰質細砂、シルト混り火山灰質細砂
微細砂	微細砂
細砂	砂、細砂、砂利・礫混り細砂、砂利混り細砂、礫混り細砂、砂混り細砂、貝殻混り細砂、
中砂	中砂、砂利・礫混り中砂、砂利混り中砂、礫混り中砂、砂混り中砂、シルト混り中砂、粘土混り中砂、有機質土混り中砂、貝殻混り中砂、シルト質中砂、粘土質中砂、有機質中砂、火山灰質中砂、盛土、埋土
粗砂	貝殻混り砂、礫質砂、粗砂、礫混り粗砂、砂混り粗砂、シルト混り粗砂、粘土混り粗砂、有機質土混り粗砂、火山灰質混り粗砂、貝殻混り粗砂、シルト質粗砂、粘土質粗砂、有機質粗砂、火山灰質粗砂、礫混り火山灰質粗砂
砂礫	礫質土、礫、玉石混り礫、砂混り礫、シルト混り礫、粘土混り礫、火山灰混り礫、砂質礫、シルト質礫、玉石混りシルト質礫、粗礫、中礫、細礫、砂礫、玉石混り砂礫、礫混り砂礫、砂混り砂礫、シルト混り砂礫、粘土混り砂礫、火山灰混り砂礫、シルト質砂礫、粘土質砂礫、有機質砂礫、火山灰質砂礫、玉石混り砂、礫混り砂、玉石、礫混り玉石、砂混り玉石、軽石、浮石、浮石（軽石）、礫混り浮石、砂混り軽石、砂混り浮石、シルト混り軽石、シルト混り浮石、粘土混り軽石、火山灰混り浮石、シルト質軽石、火山灰質軽石、火山灰質浮石、火山灰質浮石（軽石）

3.3 土質の分類

八戸地盤情報データベースに登録されている土質は多種多様であるため、道路橋示方書・同解説耐震設計編（平成 14 年）²⁾ に従い、一般的に表 1 に分類されたものを用いる。細砂から砂礫の計 9 種類に分類分けしたものを表 2 に示す。八戸地盤情報データベース中に存在する土質を表 2 に基づいて分類分けし、単位体積重量や細粒分含有率等のパラメータを定め、計算で用いることとした。

3.4 計算の自動化

本研究で作成した液状化リスクマップは八戸地盤情報データベースとリンクしており、新たに登録された地盤情報に対して、イレギュラーな記述をなるべく排除するなどの一定のルールの下で自動的に P_L 値を計算し、Web-GIS 上にプロットし公開するシステムになっている。開発した液状化リスクマップの Web 上の画面を図 1 に示す。（<http://geo-gis.civil.hi-tech.ac.jp/pl/>）。なお、八戸地盤情報データベースには主に八戸市発注業務が収録されており、青森県や国土交通省などのデータは含まれていない。したがって、現状では液状化の危険度が高い港湾地域にはほとんどデータが無い。

4. 八戸地域の液状化危険度予測の結果・比較検討

本研究で作成した液状化リスクマップ（図 2）と既存研究での液状化リスクマップ（図 3）を比較したものである。新井田川、馬淵川それぞれの河川付近では比較的地下水位が高く、砂質土優勢な地層が多く存在するため P_L 値が高く算出されている。一方、新井田川右岸の丘陵地帯ではローム等の非液状化層が厚く堆積していることや基盤が浅い位置にあるといった地点が多く P_L が低く算出されている。以上のことから本研究で作成したマップは相対的に見て、比較的妥当な結果を示しているといえる。 P_L 値の割合を図 4 に示す。図 3 より液状化の危険度が極めて低いと考えられる地点⁹⁾ は 32%、液

状化の危険度が高いと考えられる地点は 38%、液状化の危険度が極めて高いと考えられる地点は 30% となり、

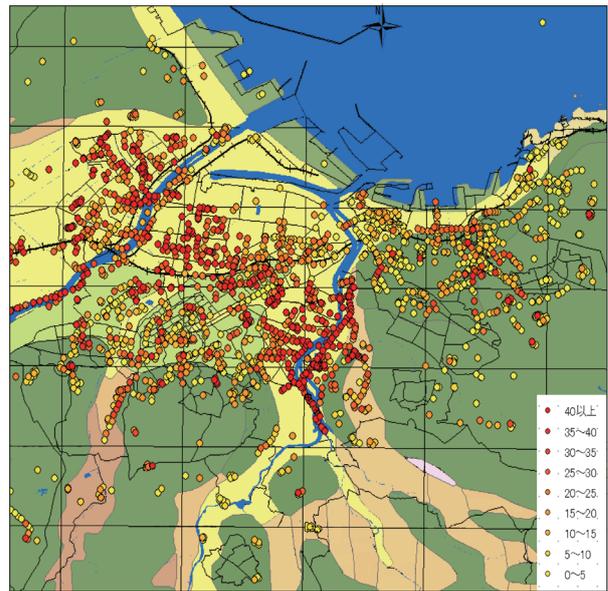


図 3 既存研究で作成した液状化リスクマップ

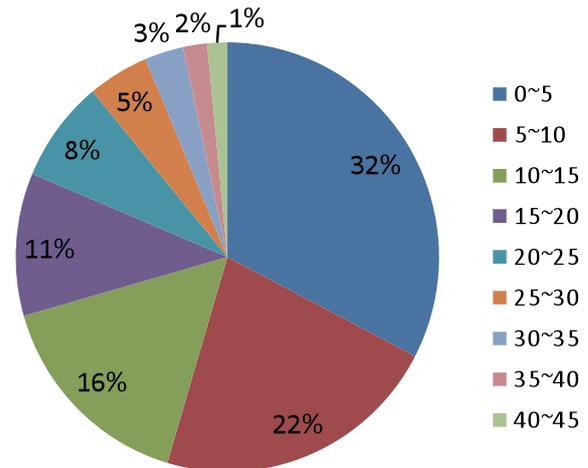


図 4 P_L 値の割合

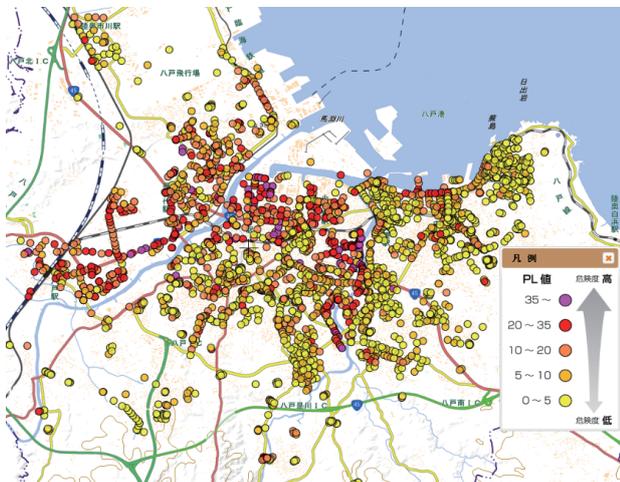


図 2 本研究で作成した液状化リスクマップ

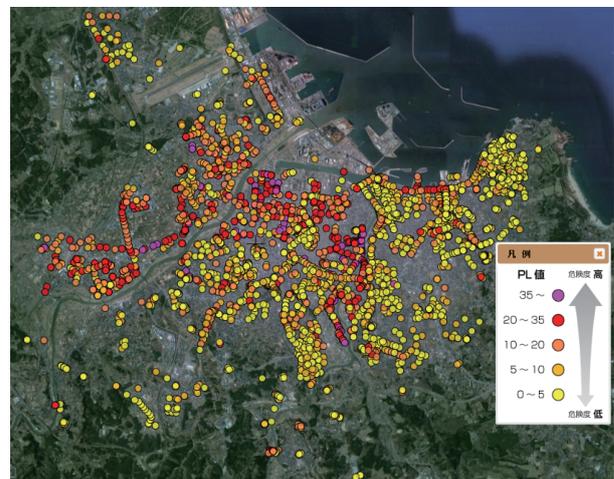


図 5 航空写真上に乗せた液状化リスクマップ

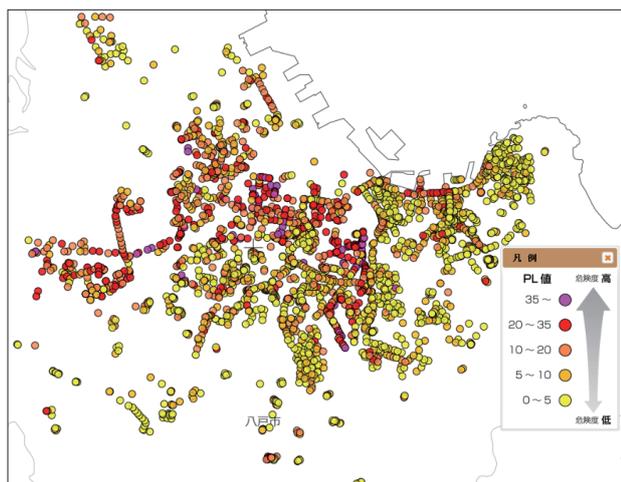


図6 白地図上に載せた液状化リスクマップ

八戸地域は液状化危険度が比較的高い地域であると推測できる。

しかし、液状化の簡易計算において300Gal～400Gal程度が一様に作用することを想定しており、実際の P_L 値より危険側に計算されている。今後、簡易計算を行う上で計算に必要な地盤種別等の各パラメータの見直し・詳細な検討が必要である。図4や図5のように作成したマップは航空写真上や、白地図上にも載せることが可能となり、様々な用途に対応できるようにした。

5. おわりに

本報では八戸地盤情報データベース中の3000点を越える土質情報を利用して液状化の簡易判定の自動計算を行い、その結果を液状化リスクマップとしてWeb上で一般公開をした。地盤調査データが登録されるたび自動計算を行い毎月危険度マップが更新される様に工夫をした。今後、地盤調査を伴ったが公共事業の発注・受注が繰り返していく中で、データベースのデータ数が増加し、より広域的で緻密なマップになっていく。このような取り組みが全国的に行われていくことで各地域の市民の防災に対する意識がより強くなるのではないかと考えられる。

本報で求めている液状化リスクとしての P_L 値は、あくまでも簡易的な計算として求めた値であるため、揺れやすい地点、揺れにくい地点等の地盤深部層までの影響や、周期、振幅等の入力地震波の特性を考慮せず一様に計算している。そのため絶対に液状化する・しないと断言や保証ができるものではないが、相対的に見て液状化し易いもしくはし難いの程度を言うことができ、液状化現象に対する注意喚起することができる。

現時点での地盤調査を伴う公共事業の状況や既存のDB中のデータ数の状況を鑑みると、下水道整備事業のものが多く、その地盤調査の特性として、一般的に地盤

調査深が浅いことが言える。従ってその際の調査ボーリングデータは数m（深くても十数メートル程度）までしかなく、その深さまでしか計算が行えない。そのため、 P_L 値がより低く算出される場合もあることが否定できない。今後、深い深度までの地盤調査データが増えていくことに期待する。

一方で P_L 値の精度を高めるために、地域特有の砂や粘性土の動的変形特性を把握することや、簡易的な計算ではない詳細な液状化計算において地盤特性を考慮した計算が求められる。また、技術者ごとの表記の改善や土質情報を詳細に示すことが必要であると考えられる。

最後に、自動計算される液状化危険度マップのWeb公開にあたり、正しく利用して頂くため、免責や一般的に勘違いされ易い事項をとりまとめた「利用上の注意」を閲覧ページの前段に折り込み、注意事項を確認したうえで液状化危険度マップを閲覧出来るように工夫をした。以下にWeb上に掲載している注意事項を記載順に列記する。

- (1) 液状化危険度の判定には、 P_L 値を用いています。 P_L 値とはその地点の液状化の危険度を簡易的に算出した値です。
- (2) マップで液状化の可能性を判定している箇所は、八戸地域地盤情報データベースにボーリングデータが収録されている箇所のみです。
- (3) 一定の条件・仮定のもとで作成したものであり、「絶対に液状化する・しない」と断定・保証するものではありません。実際に地震が発生した状況とは異なる場合があります。
- (4) 「液状化しやすい」と「揺れやすい」あるいは「建物を安全に支持できない」とは、同義では無いことをご注意下さい。
- (5) 地図上で表示する情報については、その情報の更新に努めていますが、データ作成時及び更新の時期により現状と異なる場合があります。
- (6) 著作権法上認められた行為（個人利用など）を除き、掲載されている内容を無断で複製転用・転載等はできません。また、引用を行う際は適宜の方法により、必ず出所を明示してください。
- (7) 地図情報はシステムの都合上、予告なく全部または一部の利用を休止、または制限する場合があります。
- (8) 八戸地域地盤情報データベース運営協議会および関係機関は、本マップの利用によって発生する直接または間接の損失、損害等について、一切の責任を負いません。

参考文献

- 1) 佐藤雄太・佐藤 崇・中山裕貴・金子賢治・熊谷浩二：三陸はるか沖地震時の配水管被害と液状化危険度に

- 関する研究、第 46 回地盤工学研究発表会講演概要、906、CD-ROM、2011.
- 2) 道路橋示方書・同解説耐震設計編 (平成 14 年)
 - 3) 岩崎敏男、龍岡文夫、常田賢一、安田進、地震時液状化の程度の子測について：土と基礎、No.1164、pp.23-29 April、1980.
 - 4) 安田進、吉川洋一、牛島和子、石川利明、1993、SI 値を用いた液状化子測手法：第 28 回土質工学研究発表会、pp.1325-1328.
 - 5) 市川裕一郎：八戸地域地盤データベースを用いた地震動及び液状化子測、2012 年 3 月、八戸工業大学大学院工学研究科修士学位論文
 - 6) 国土地盤情報検索サイト “Kunijiban” (<http://www.kunijiban.pwri.go.jp/>)
 - 7) 諸戸靖史、長谷川明：コンパクトな地盤情報システムの開発と利用例、土と基礎、37 - 1 (372)、pp.41-46、1989.
 - 8) 長谷川明、鈴木久美子、金子賢治、熊谷浩二：第 54 回地盤工学シンポジウム、pp.189-192、東京 (2009)
 - 9) 橋詰豊、野添重晃、金子賢治、葛西祥男：八戸工業大学紀要第 32 卷、pp.21-29、2013 年 3 月
 - 10) 野添重晃、橋詰豊、金子賢治、葛西祥男：八戸工業大学紀要第 32 卷、pp.31-39、2013 年 3 月