

自治体からの3次元地質地盤図への期待

中山 俊雄¹⁾

1. はじめに

産総研で進められている「都市域の地質地盤図(3次元地質地盤図)の作成」は、都市平野部にあるボーリングデータ等をもとに、地下に分布する地層の3次元の分布形態を平面図、断面図、立体図で表示するというもので、すでに千葉県北部地域は完成し、令和3年には東京都区部地域が完成しました。

筆者は、東京都土木技術研究所在籍中、東京の地盤問題と地盤図作成に携わってきましたが、東京の地下地質についてはいまだ未解明部分が多く、気にかかりつつ退職しました。今回、産総研の研究者らにより作成された東京都区部の3次元地質地盤図は、筆者が気にかかっていた、いわゆる東京層群や沖積層の層相変化等について、新たな知見をあたえてくれるものとなりました。これを機に、これまで、東京での地盤図が作成されてきた経緯を振り返り、今後、3次元地質地盤図に対する期待を述べてみたいと思います。

2. 東京での地盤図の歴史

筆者が東京都の土木技術研究所に入所した時、上司であった故青木 茂氏(新潟大学名誉教授)が、地質学にはピュージオロジーとアプライドジオロジーがあり、前者は後者から生まれたこと、英国地質学の父と呼ばれているウィリアム・スミスの「英国地質図」(UK Onshore Geophysical Library, 2021 参照)も、また日本の地質の日設定の由来となったライマンらによる「日本蝦夷地質要略之図」(Lyman, 1876)も、これら地質図が、石炭・鉱物資源探査を目的に作成されたこと然りであると語られたことを今も記憶に残っています。

東京の地形・地質の調査研究は、1875(明治8)年来日したナウマンにより、古地図等を利用し江戸の地形形成史をまとめた「江戸平野について」(ナウマン・山下訳, 1996)が始まりとされています。ナウマンの後任として1879(明治12)年来日したドイツの地質学者ブラウンスは、台地から産出する貝化石をもとに東京・横浜付近の新生界区分

を行い、「東京近傍地質編」(ブラウンス・西沢, 1882)をまとめます。さらに、ブラウンスの弟子であった鈴木 敏(のちの地質調査所第3代目所長)は、このブラウンスの新生界区分に基づき1888(明治21)年に「20万分の1地質図幅「東京」および同説明書」(鈴木, 1888)を刊行しています。

一方、1869(明治2)年に京都御所を発った帝(天皇)が下向、江戸城(皇城)に入ります。東京遷都の年です。この年から東京のまちづくりが始まったとも言えます。当時の江戸城は幕末の1863(文久3)年の火災で本丸、二の丸、西の丸を焼失、さらに1867年(慶応3年:大政奉還)にも再び二の丸を焼失しています。そこで、皇居建設の計画が始まります。宮内省御用係であった榎本武揚はこの計画をお雇い外国人ジョサイヤ・コンドルに依頼します。コンドルは英国の建築家で、1877(明治10)年来日、工部大学校(現 東京大学工学部)造家学(建築科)教授および工部省営繕局顧問でした。コンドルは、建築に先立ち江戸城吹上で地盤調査、地耐力試験を試みています。これは1881(明治14)年の「皇居(明治宮殿)吹上地質実験縮図」(木子, 1881)という図に残されています。建築家であるコンドルが、わが国の地盤調査の先駆者ともいえます。

この東京の地質と地盤に関する2つの流れが合流する契機となったのが1923(大正12)年の関東地震です。帝都復興院建築局長の佐野利器は、この機会を逃しては統一的な地質調査は出来ないとし、調査計画を内務大臣兼帝都復興院総裁であった後藤新平に建議、調査は地質調査所長の井上禧之助に委嘱されました。調査は復興局技師の清野信雄ほか10数名の地質屋が担当します。東京・横浜市内で約800本の鑿井さくせいが行われ、1929(昭和4)年に「東京及横浜地質調査報告」(復興局建築部, 1929)としてまとめられます。これにより、東京市地域(おおよそ山の手台地と下町低地の西半分の地域)の地盤は、台地は洪積層と第三紀層(上・中・下部層)からなり、低地は沖積層(上・中・下部層)と第三紀層からなり、低地の第三紀層には溪谷があることなどが明らかされます。さらに、帯水層、地質と地耐力についてもまとめられており、わが国の地盤図の第一号といえるべきものです。

1) 東京都土木技術支援・人材育成センター

〒136-0075 東京都江東区新砂一丁目9番15号

キーワード: 3次元地質地盤図, 東京都区部, 地盤図, 地盤災害, 研究史

「東京及横浜地質調査報告」はその内容から見て、当然東京の都市計画・建設計画等に利活用されるべきものでしたが、実際は、その利用は限定的であったように思われます。時は、第二次世界大戦前夜、建築の世界では、足元の地盤より空からの防空対策に向かって行ったようでした。しかし、この地盤図の成果は、戦後に継続され発展することになります。

戦後の昭和 25 年頃からは都心部に高層建築が建設されるようになります。1950(昭和 25)年に建築基準法が制定されています。建築に伴い実施された地盤調査ボーリングを収集し、1959(昭和 34)年に東京地盤調査研究会により「東京地盤図」(東京地盤調査研究会, 1959)が刊行されます。ここでは、3,241 本のボーリング記録や地層の土質特性などがまとめられており、その後出版される地盤図の見本となりました。また、関東地震被害調査により、地震動と地盤には関係があることが示唆されたため、1955(昭和 30)年には、東大地震研究所・建設省建築研究所によって、弾性波探査、常時微動、地震、起震機試験などにより都内地盤の振動特性をまとめた「東京都地盤調査報告」(地震研究所地盤研究会, 1955)も出されています。

昭和 40 年代に入ると、さらに地盤調査資料が蓄積されてきたという背景のもと、大阪地盤図(日本建築学会近畿支部・土質工学会関西支部, 1966)や名古屋地盤図(日本建築学会東海支部・土質工学会中部支部・名古屋地盤調査研究会, 1969)など各地で地盤図作成が取り組まれるようになります。東京でも、1969(昭和 44)年に東京都土木技術研究所による「東京都地盤地質図(23 区内)」(東京都土木技術研究所, 1969), 1972(昭和 47)年に港湾局による「東京港地盤図」(東京都港湾局, 1972), 1969(昭和 44)年に建設省による「東京湾周辺地帯の地盤」(建設省計画局, 1969)が刊行されています。その後も「東京都総合地盤図(Ⅰ)」(東京都土木技術研究所, 1977), 「東京都総合地盤図(Ⅱ)」(東京都土木技術研究所, 1990), 「東京都(区部)大深度地下地盤図」(東京都土木技術研究所, 1996), 「東京港地盤図」(東京都港湾局, 2001)が刊行されています。

このうち、「東京都(23 区)地盤地質図」(東京都土木技術研究所, 1969)は他の地盤図と趣が異なるので、少し触れておきたいと思います。作成の背景には、1964(昭和 39)年の新潟地震があります。東京都はこの地震を契機に、地域防災計画の中に「震災編」の策定を始めます。区部の地震被害想定が検討され、区部を 1 km メッシュごとに被害想定を行うことになりました。このため 1 km メッシュごとの地盤構成が求められました。そこで、区部を南北 1 km 間隔で、東西地質断面図(26 断面)が作成されたのが上記地

盤地質図です。疑似パネルダイヤグラムというものです。

また、昭和 40 年代から大型計算機からパーソナル計算機への普及・進展とともに、ボーリングデータのデータベース化が進み、現在みられるようなボーリングデータの一般公開に至っています。

このように地盤図が作成されてきた歴史を振り返ると、当初は構造物の支持層確認を目的として土木・建築分野での利用のために、次に、被害想定などの防災行政での利活用のために、そして、現在は、市民誰もが、地下のデータを見ることができるようになりました。地盤図はその都度、社会的要請に基づき作成されてきたといえます。

3. 東京(区部)での地盤災害対策

地盤災害には、工事等による人為的要因と豪雨・地震など自然的要因によるものがあります。人為的要因の事例としてマスコミにとりあげられた近年の都市地盤災害としては、1) 2015(平成 27)年横浜マンションの不等沈下, 2) 2016(平成 28)年博多駅前道路陥没, 3) 2020(令和 2)年横浜地下鉄トンネル道路陥没, 4) 2020(令和 2)年調布市東京外環トンネル道路陥没があります。

いずれも、都市での高層建物の建築や地下利用化が進む中で起きた事故です。それぞれの事故原因は、事故調査委員会により次のようにまとめられています。1)は基礎杭のいくつかが支持層に達していなかったこと、2)は想定した地盤(地質断面図)が間違っていたこと、3)と 4)は想定外の地盤(?)に遭遇したことが原因の一つとされています。東京都区部においては上記のような事故は起きてはいませんが、今後も起こらないとは言えない問題です。これら事故の背景に、複数のボーリングデータから作成された(2次元)地質断面では、地下の複雑な地質構造は正しく反映されていなかったことを物語っています。

次に、東京都区部での地盤に係る災害とその対策ですが、水害対策、地震対策、急傾斜対策が取り組まれています。それぞれの対策は、過去の災害事例をもとに、中小河川では河川改修や調節池などの対策、ゼロメートル地帯を含む低地部では、高潮護岸、防潮堤の設置とその耐震化、急傾斜危険箇所では擁壁設置などのハード対策が行われています。ソフト対策としては、浸水予測図、地震時における地域危険度予測図(地震の揺れやすさを含む)、液状化予測図、急傾斜地危険箇所分布図などがあります。問題は、これらソフト対策が市民(都民)にどれだけ伝わっているかにあります。

浸水予測図は地形標高を反映しているので、一般には

理解しやすい内容ではあると思えるのですが、2015(平成27)年の常総水害や2018(平成30)年の岡山県倉敷市真備町水害では、浸水予測図は準備されていたにもかかわらず、多くの住民はこの図には無関心であったといわれています。

このことを考えると、地域危険度や液状化予測図など、地下の地質・地盤を反映しているこれら図について、市民にどれだけ伝わっているのでしょうか？上記の工事事故例でもわかるように、地盤に関わる技術者ですら間違うのですから、一般市民(都民)にとって、地盤を理解し、地震時の地域危険度や液状化予測図の意味する内容を理解することははなはだ難しいと言わざるを得ません。

4. 3次元地質地盤図への期待

地質図からその地域の地質構造を読み解けるのは、地質学の知識と野外調査訓練を受けた地質屋だけでしょう。土木・建築などの他分野の技術者にとっては難しいことだと思います。まして、市民にとって、地域危険分布図や液状化予測図などのハザードマップがどのような地盤背景にあるかを理解することは極めて難しいことです。

地盤図は社会的ニーズに対応していることが必要です。その意味で、地質学的な基礎知識は前提となりますが、平野地下の地質を誰にもわかりやすい方法として、3次元地質地盤図の果たす役割は大きいと言えますし、今後の市民の利活用に大いに期待したいと思います。

近年、建設業界では、BIM(Building Information Modeling)、CIM(Construction Information Modeling)の取り組みが始まっています。調査・計画・設計段階から、対象とする構造物等の形状の3次元モデルと属性情報(部材(部品)の情報等)を、その後の施工、維持管理の各段階においても活用するというものです。これに合わせて、地盤調査業界でも3次元地盤モデル作成の取り組みが進んでいます。この意味でも、今回の3次元地質地盤図の果たす役割は大きいと思います。

更に、位置に関する情報を持ったデータ(空間データ)を総合的に管理・加工する地理情報システム(GIS: Geographic Information System)の取り組みが、自治体でも始まっています。3次元地質地盤図がこのような流れに加わることで、自治体での防災事業を始め、その利用価値は一層高まることと思います。

最後に、今回の3次元地質地盤図で明らかにされた、山の手台地の地下に埋積谷が分布することや沖積層にみられる層相変化などは、第四紀地質学や堆積学など、ピュアジオロジへの貢献も大きいのではと思います。

文 献

- ブラウンス, D., 西 松二郎訳(1882)東京近傍地質編。理科会粹, 第四帙, 東京大学, 東京, 205p.
- 復興局建築部(1929)東京及横浜地質調査報告。復興局建築部, 144p.
- 地震研究所地盤研究会(1955)東京都地盤調査報告。東京大学地震研究所彙報, 33, 471-545.
- 建設省計画局(1969)東京湾周辺地帯の地盤 解説編・付図。都市地盤調査報告書 第17巻, 大蔵省印刷局, 138p.
- 木子清敬(1881)皇居(明治宮殿)吹上地質実験図—西丸造家師シヨンヤ, コンドル 吹上地質実験縮図—。木子文庫, 東京, 1枚。https://archive.library.metro.tokyo.lg.jp/da/detail?tilcod=0000000016-00056008(閲覧日:2021年5月31日)
- Lyman, B. S. (1876) *A Geological Sketch Map of the Island of Yesso, Japan* (日本蝦夷地質要略之図)。Geological Survey of Hokkaido, 開拓使。
- ナウマン, E., 山下 昇訳(1996)江戸平野について—地理学的-地質学的研究—。日本地質の探究—ナウマン論文集—, 東京大学出版会, 東京, 91-111.
- 日本建築学会近畿支部・土質工学会関西支部(1966)大阪地盤図。コロナ社, 東京, 330p.
- 日本建築学会東海支部・土質工学会中部支部・名古屋地盤調査研究会(1969)名古屋地盤図。コロナ社, 東京。
- 鈴木 敏(1888)20万分の1地質図幅「東京」および同説明書。農商務省地質局, 78p.
- 東京地盤調査研究会(1959)東京地盤図。技報堂, 東京, 23p.
- 東京都土木技術研究所(1969)東京都地盤地質図(23区内)—東京都地質図集2—。東京都土木技術研究所。
- 東京都土木技術研究所(1977)東京都総合地盤図1 東京都地質図集3。技報堂, 東京。
- 東京都土木技術研究所(1990)東京都総合地盤図(II)山の手・北多摩地区—東京都地質図集4—。東京都土木技術研究所。
- 東京都土木技術研究所(1996)東京都(区部)大深度地下地盤図—東京都地質図集6—。東京都土木技術研究所。
- 東京都港湾局(1972)東京港地盤図(I)地質地盤図篇。東京都港湾局。
- 東京都港湾局(2001)新版 東京港地盤図。東京都, 89p.
- UK Onshore Geophysical Library(2021)William Smiths Maps。https://ukog.org.uk/william-smith/(閲覧日:2021年5月31日)

NAKAYAMA Toshio (2021) Expectations from a local government to the 3D geological map.

(受付:2021年6月2日)