

Ⅲ - A 132 更新統である東京層砂層を液状化させた地震動の大きさ

飛鳥建設株式会社 技術研究所 正会員 ○森 伸一郎
 東京都新宿区 新宿歴史博物館 非会員 池田 悦夫

1. はじめに

これまで第四系更新統である「洪積層」の液状化が確認された例はない。設計規準¹⁾でも、事例がないことから、液状化の検討対象から除外されている。東京都新宿区四谷一丁目先で行われた遺跡調査²⁾において、江戸城外堀(そとぼり)の盛土周辺で地震の痕跡が検出され³⁾、地震の痕跡である証左、噴砂脈の供給源が洪積層である東京層砂層にあることの立証、東京層砂層の貫入抵抗分布特性の把握、液状化を発生させた地震の特定について、地質学・地形学・考古学・地盤地震工学・地震学の面から検討した^{4)・5)}。洪積砂層が液状化した初めての事例としては既に報告した⁶⁾ので、ここでは、地震を推定し、東京層を液状化させた地震動の大きさを考察する。

2. 調査地周辺の地形・地質

調査地は現在の JR 四ツ谷駅西側で淀橋台の東端に位置する。淀橋台の平坦な面を形成しているのは、東京層と呼ばれる第四系更新統である海成層で、約 15～13 万年前までの間の下末吉海進により、古東京湾に堆積した浅海・内湾性の堆積物である。調査地点は、大局的には尾根筋の延長に位置するが、今回の遺跡調査により、谷底低地の一部であることが判明している。

3. 地震跡に対応する地震の推定方法

工学的には東京層砂層が液状化したときの地震動の大きさが重要である。考古学的な調査では、遺構面の検出と詳細な土層観察が行われ、出土遺物によって出土層の年代がある幅を持って特定できる。

検出された地震跡の形態は、地滑り、地割れ、噴砂脈である。地滑りでは、変形した部分の最上部の層の形成された時期とその上を覆う土層の時期との間の地震であると判断できる。地割れについても同様である。噴砂脈については、土層断面に現れる遺構面が地震当時の噴砂の堆積面として検出される場合や遺構面で切られたように噴砂脈が途切れる場合には、地震発生は遺構面を形成する時期とその上を覆う土層の形成時期の間であると判断できる。

4. 地震跡に対応する地震と地震動の推定

表-1に9つの地震跡を現地調査からわかった発生順序ごとに、地震跡の形態、考古学的に推定される発生時期、地震起因の根拠に関して整理したものを

示す。推定地震は表-2を根拠に決めた。表-2には宇佐美^{6)・9)}に基づいて、江戸城または江戸の被害の様子に関する記述がある地震の内、考古学的に推定される時期に相当する地震に関して整理した表を示す。表-1には考古学的推定時期から地震工学的な考察に基づいて推定した地震を併せて示した。1703年の元禄地震や1923年関東地震に対応する地震跡は検出されていない。なお、1923年関東地震では、本調査地の僅か南側で地割れが生じている¹⁰⁾。

表-1によれば、四谷御門付近の東京層砂層に液状化を発生させた3つの地震の内2つは、江戸直下の地震であること、その際の江戸の震度はいずれもVI程度であり、家屋の倒壊がかなりあるという程度の地震動であることがわかる。

5. 結論

東京都新宿区四谷において、東京層を液状化させた地震と地震動の大きさを推定した。東京層砂層を液状化させた歴史地震が3つあり、推定された地震はいずれも江戸直下型の地震である。いずれも江戸で震度VI程度と見積もられている。

謝辞：今回の調査では、帝都高速度交通営団と地下鉄7号線溜池・駒込間遺跡調査会(調査団長：早稲田大学人間科学部 谷川 章雄 教授)をはじめ関係機関の方々に多大な御協力を戴いた。通産省地質調査所の寒川 旭 主任研究員、日本大学文理学部の遠藤 邦彦 教授、千葉県風岡 修氏、飛鳥建設の沼田淳紀研究員に、ご意見を戴いた。最後に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：3.7.2 液状化する砂質土層、道路標示方書・解説V耐震設計、丸善、pp.38-42、1990.2.
- 2) 帝都高速度交通営団 地下鉄7号線溜池・駒込間遺跡調査会：江戸城外堀跡 四谷御門外橋跡・御堀端通・町屋跡、地下鉄7号線溜池・駒込間遺跡調査報告書 4-1、1996.3.および同報告書 4-2、1996.3.
- 3) 池田 悦夫：江戸城外堀跡四谷御門外西詰・四谷御門外町屋跡における地震跡について、江戸遺跡研究会第8回大会、pp.48-71、1995.1.
- 4) 森 伸一郎、池田 悦夫：第2節東京層砂層の液状化の痕跡調査と一考察、江戸城外堀跡 四谷御門外橋跡・御堀端通・町屋跡(考察編)、地下鉄7号線溜池・駒込間遺跡調査報告書 4-3、1997。(印刷中)
- 5) 森 伸一郎、池田 悦夫：東京層砂層の液状化の痕跡調査と一考察、土木学会論文集第3部門、1997.2 (投稿中)
- 6) 森 伸一郎、池田 悦夫：更新統である東京層砂層の液状化事例、第32回地盤工学会研究発表会、1997.6 (投稿中)
- 7) 若松 加寿江：日本の地盤液状化履歴図、東海大学出版会、1991.
- 8) 宇佐美 龍夫：東京地震地図、新潮選書、1983.
- 9) 宇佐美 龍夫：新編 日本地震被害総覧、東京大学出版会 1996.8
- 10) 佐藤 戈止：東京西部地震調査報文、関東地震調査報告第一、地質調査所、pp.111-139、1924.8.

表-1 考古学的に推定される地震の時期と地震史料に基づく地震の推定

順序 *1	根拠地震跡	地震跡 の形態	考古学的推定による 地震跡の形成時期 *2	地震起因の根拠	地震工学的推定 *3		
					推定地震	震度	被害等級
I	地震跡-7 地震跡-1 地震跡-8	噴砂 噴砂 地割れ	6c末～1636年 17c前葉～1636年 17c前葉～1636年	噴砂脈の確認 噴砂脈の確認 地割れの延長上に噴砂	1615. 6.26	VI	3-
II	地震跡-2 地震跡-3	地滑り 噴砂	1636年～1655年頃 1636年～1655年頃	噴砂脈の近傍である 噴砂脈の確認	1647. 6.16	IV～V	2+
III	地震跡-4	地割れ	1636年～1655年頃	変状形態が地震起因	1649. 7.30	≤VI	2
IV	地震跡-5	地割れ	1636年～1655年頃	変状形態が地震起因	1649. 9. 1	--	--
V	地震跡-6 地震跡-9	噴砂 噴砂	19c中葉 17c末葉～19c中葉	噴砂脈の確認 噴砂脈の確認	1855.11.11 *4	VI	4

- *1 地震順序：地震跡の検出された層や砂脈の切り合い関係(上下関係など)によって順序が確定できる。
 *2 時期の考古学的推定根拠 (各検出地点での根拠に基づく。表中、cは世紀を意味する。)
 6c末：須恵器のかけらを含む土層を噴砂脈が貫通している。
 17c前葉：江戸城外堀より前の盛土を噴砂脈が貫通、もしくは地割れ。志野・唐津など17c前葉の様相の遺物検出。
 1636年(寛永13年)：1635年から始まった江戸城外堀普請の完成が文献より知られる。
 1655年頃：江戸城外堀の修築に伴い、1655年(明暦元年)に玉川上水が敷設された(「敵有院殿御実」)。
 外堀の修築に当たり1656年(明暦2年)に大下水が構築されたという説がある(「御府内備考」)
 19c中葉：19c中葉の遺物を含む覆土層を噴砂脈が貫通するが、明治26年工部省による旧国鉄四谷駅構築の際の盛土下面で噴砂は切れる。
 *3 地震の推定根拠：宇佐美(1983)、宇佐美(1996)を参照して作成した表-2に基づき、著者らが推定した。
 *4：地震跡-9については1855.11.11安政江戸地震と推定されるが、1703.12.31元禄地震の可能性も残されている。

表-2 江戸城開關から19世紀にわたる江戸被害地震と江戸城付近の被害の様子

地震発生年月日		地震の 場所	地震の 規模 M	江戸の 震度	江戸 被害 等級	江戸城または江戸の被害の様子	江戸等 液状化
西暦	和暦						
1615. 6.26	元和 1. 6. 1	江戸直下	6.4	VI	3-	家屋損壊多し、死傷多し*、地割れ	---
1628. 8.10	寛永 5. 7.11	江戸*	6.0*	V	1	江戸城石垣少々崩れる	---
1630. 8. 2	寛永 7. 6.24	江戸*	6-1/4*	V	1	江戸城石垣多少崩れる	---
1635.3.12*	寛永 12.1.23*	江戸*	6.0*			長屋の崩破損、増上寺石灯籠倒れる	---
1643. 7. 7*	寛永 20.10.26*	江戸*	6.2*			屋根落ち、壁崩れる	---
1647. 6.16	正保 4. 5.14	武蔵相模	6.5*	IV～V	2+	江戸城石垣破損多し、大名屋敷・御城破損*、死者少なからず*	---
1649. 7.30	慶安 2. 6.21	川越*	7.1	≤VI	2	江戸城石垣・石塀10ヶ所余破損	---
1649. 9. 1*	慶安 2. 7.25*	江戸川崎	6.4			江戸城平川口腰掛、御春屋破損	---
1683. 6.18	天和 3. 5.24	日光*	6.5-7.0	V-	1	江戸城内築屋少々倒れる	---
1697.11.25	元禄 10.10.12	相模武蔵	6.5*	≤V	1	江戸城平川口梅林坂多門石垣崩れる*	---
1703.12.31	元禄 16.11.23	房総南方	7.9-8.2	VI	3	32御門で被害。四谷御門で渡櫓ひずむ	2ヶ所
1706.10.21	宝永 3. 9.15	江戸*	5-3/4*	V	1	江戸城石垣多少破損*	---
1767.10.22*	明和 4. 4. 7*	江戸*	6.0*			江戸で瓦落ち14-15軒潰れ*	---
1782. 8.23	天明 2. 7.15	相・武甲斐	7.0*	V-	2	江戸で瓦落ち壁破損、地裂け・潰家*	小田原
1784.8.29*	天明 4. 7.14*	江戸*	6.1*			江戸で傾いた家、瓦落ちた家多し	---
1791. 1. 1*	寛政 2.11.27*	川越・蔵	6.0-6.5			江戸で土蔵に小損*	---
1794.11.25*	寛政 6.11.3*	江戸*				鳥取藩土屋敷土蔵崩れ、書物蔵破損*	---
1812.12. 7	文化 9.11. 4	川崎付近	6-1/4*	V	1+	江戸では僅かな被害、書物蔵破損	---
1854.12.23	安政 1.11. 4	東海	8.4	V	1+	江戸で家屋に小被害	静岡
1855.11.11	安政 2.10. 2	江戸直下	6.9	VI	4	死者1万余、江戸城内石垣・見附被害四谷で玉川上水の樋が崩れて破損*	9ヶ所

宇佐美龍夫：東京地震地図、新潮選書、1983を参照して作成。ただし、地震の場所と被害概要は若干表現を修正。
 *の付いたものは、宇佐美龍夫：新編 日本地震被害総覧、1996に基づき修正した。ただし、「疑わしきか」の地震は除く。
 被害等級：1:破損、倒壊なし、2:小被害、倒壊まれ、3:中被害、倒壊かなり、死者あり、4:大被害、倒壊・死者多い
 江戸の震度と江戸の被害等級は宇佐美による。江戸等液状化：江戸または周辺の低地での液状化の発生事例²⁾