

水戸市街地の液状化危険度に関する検討 —2011 年 3 月東北地方太平洋沖地震を事例として—

茨城大学 学生会員 ○堤 夏穂
茨城大学 正会員 本田 尚正

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分、岩手県三陸沖から茨城県沖にかけての太平洋近海で、マグニチュード (Mw) 9.0 という巨大な地震が発生した。この東北地方太平洋沖地震は、これまでに日本列島およびその周辺域で発生した最大規模の地震であると認定された。水戸市街地においても各所で地盤の液状化の痕跡が認められ、それらは台地上と比べて千波湖周辺や水戸駅南地区といった低地上で顕著であった。しかし、その“差”は具体的に表されていない。本研究では水戸市街地の地盤を対象として液状化判定を行って、液状化危険度を数値的に示し、土地利用の履歴と液状化危険度との関係について考察する。

2. 検討対象地域の概要

(1) 水戸市街地の地形および地質条件

水戸市は茨城県の県庁所在地であり、首都東京から北東約 100km の距離にある。当市は関東平野の北東部を占める常総台地、なかでも茨城台地北部である茨城県中央部に位置し、東経 140 度 28 分、北緯 36 度 22 分の地点を中心に市街地が形成されている。

地形的には、北部から東部に流れる那珂川を中心とした沖積層の低地地区、茨城台地の北東部をなす洪積層の台地 (通称「水戸台地」、鶏足山塊の外縁部をなす丘陵地区の三つに区分される。市中心部の千波湖周辺の地層は縄文海進 (約 6000~8000 年前) の影響を受けた海底堆積物で構成されている。さらに、水戸駅南地区の市街地の多くは大正期から昭和期にかけて千波湖が埋め立てられて形成された (後出の図-1 参照)。

このように地質的にも土地利用の履歴からも、水戸市街地の地盤は概して軟弱であり、地震災害に対して潜在的に脆弱であったといえる。

(2) 水戸市街地の被災状況¹⁾

「千波湖周辺~水戸台地 (千波湖北側の高台) ~駅南地区」では、千波湖北岸周辺の偕楽園から千波湖畔に下る偕楽橋の南詰で段差が生じ、千波湖周回歩道 (桜川堤防道路) では路面陥没が見られた。同じく西岸周辺では路面損壊、盛土の変形、地盤亀裂、河川法面の崩壊が見られた。液状化現象は沖積地盤で集中的に発生している。なかでも千波湖周辺の液状化はきわめて顕著であり、水戸台地上との差は対照的であった。これは土地の地質的履歴が反映された結果と考えられる。

3. 検討手順および計算条件

本研究では、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」²⁾による液状化の判定法 (F_L 法) と、 F_L 値を深さ方向に積分して求める P_L 値³⁾を用いて液状化危険度を算定した。

計算に必要な条件は次のとおりである。 FC はボーリングデータ⁴⁾に試験値が記載されているものはその値を、記載のない場合は概略値⁵⁾を用いた。 c_w は東北地方太平洋沖地震がレベル 2 地震動 (タイプ I) であることから $c_w=1.0$ を用いた。 k_{ngL} の決定に必要な k_{ngL0} は II 種地盤の値を、 c_z は対象地域である茨城県の値 ($c_z=1.0$) をそれぞれ用いた。

以上の条件を用いてボーリング地点ごとに F_L 値を算出し、それをもとに P_L 値を算定して平面図上にプロットし、液状化確認地点および土地利用の履歴との関係を考察した。

4. 結果および考察

図-1 に P_L 値の算定結果（液状化危険度のランク区分による評価結果）を示す。

同図によれば、液状化確認地点⁹⁾は、今回の検討で「 $5 < P_L \leq 15$ （液状化危険度は高い）」と評価された地点とほぼ一致する。ちなみに、地震動の規模を「レベル 1」として P_L 値を求めると、図-1 中のほぼ全地点で「 $P_L=0$ （液状化危険度はきわめて低い）」と判定された。

つまり、水戸市街地の地盤条件下では通常規模の地震動で液状化現象が発生する可能性はきわめて低く、それだけに今回の地震がこれまでに経験したことのない規模の巨大地震であったことを示している。さらに駅南地区では P_L 値は比較的高い値を示した。これは同地区が旧千波湖を埋め立てて形成されたという土地利用の履歴に起因している。

図-1 において、概ね現千波湖の北部地域は水戸台地、現千波湖を含む旧千波湖周辺（駅南地区等）は低地と考えてよい。同図によれば、同じ低地でも駅南地区の P_L 値は「 $5 < P_L \leq 15$ （液状化危険度は高い）」と比較的高い傾向を示す一方、現千波湖の北端では「 $0 < P_L \leq 5$ （液状化危険度は低い）」という結果になった。これは千波湖周辺の地層が縄文海進の影響を受けた海底堆積物で構成されており、現千波湖北端のボーリング柱状図上では“有機シルト”と分類されているため、砂層のみを評価対象とした液状化判定では P_L 値が小さく見積もられたことによる。これらのシルト層の評価については今後の課題である。

なお、原稿データ容量の制限により、ここでは図示できないが、図-1 の P_L 値を江戸期の水戸城下の古地図にプロットしてみると、かつて千波湖の北側にあった河川や空堀の跡地で P_L 値が高い値を示した。このことから、液状化危険度には土地利用の履歴が色濃く反映されていることが分かる。

5. おわりに

本研究では、東北地方太平洋沖地震に起因して地盤の液状化現象が発生した水戸市街地を対象に液状化判定を行い、液状化危険度を数値的に示した。その結果、液状化確認地点、液状化危険度 P_L 値および土地利用の履歴の三者に強い相関関係があることを確認した。液状化判定にあたってシルト層の影響をいかに評価するかが今後の課題である。

参考文献

- 1) 茨城大学東日本大震災調査団（2012）東日本大震災調査報告書改定版.
- 2) 日本道路協会（2012）道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編.
- 3) 岩崎ほか（1980）地震時地盤液状化の程度の予測について，土と基礎 28(4)，23-29.
- 4) 茨城県土木部（2010）茨城県地盤情報システム.
- 5) 日本道路協会（2002）道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編.
- 6) 地盤工学会（2011）東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明 報告書.

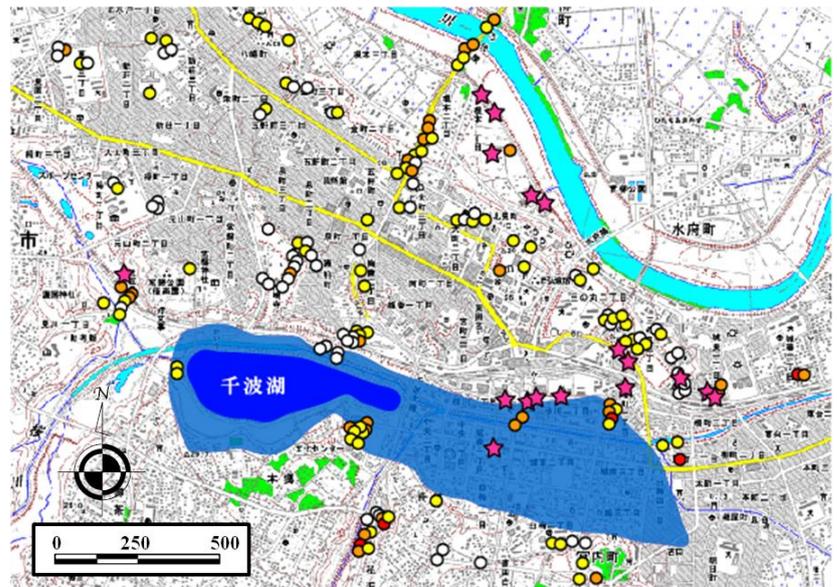


図-1 P_L 値の算定結果

- : $P_L=0$ (液状化の危険度はきわめて低い)
- : $0 < P_L \leq 5$ (液状化の危険度は低い)
- : $5 < P_L \leq 15$ (液状化の危険度は高い)
- : $15 < P_L$ (液状化の危険度はきわめて高い)
- ★ : 液状化確認地点