

東北地方太平洋沖地震による浦安市の地盤の物理特性と液状化の関係

中央大学理工学部 学生会員 ○小島 斗輝生
中央大学理工学部 正会員 國生 剛治
中央大学大学院 向井 彩子

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震では千葉県浦安市において広範囲に液状化が発生し、住宅や社会インフラに多大な被害が発生した。特に、江戸川沿いの沖積地盤からなる元町に比べて、1968 年以降に埋め立てた若齢地盤からなる中町や新町に被害が集中した。図-1 には埋立地盤での代表的な地層構成を示す。

液状化判定を行うにあたってはまず、塑性指数 I_p や細粒分含有率 F_c によって液状化判定すべき土質であるか判断することが重要である。今回はボーリングデータより千葉県浦安市における液状化判定対象地盤の F_c 、 I_p や粘土分含有率 C_c とそれらの地震前後での変化をまとめて整理した。

2. 従来の液状化判定法との関係

浦安の各地点でのボーリングデータから、粒度試験、液性、塑性試験が行われているものを抽出して、地震前(1965 年～2011 年)、地震後(2011 年～2012 年)に計測された塑性指数 I_p 、細粒分含有率 F_c 、粘土分含有率 C_c の関係をそれぞれ層区分別にまとめた。図-2 は、地震前、地震後に測定された F_c - I_p の関係を示す。同様に、図-3 は、それぞれ地震前、地震後に測定された C_c - I_p の関係を示している。

現行の液状化判定法¹⁾では、 $I_p \geq 15$ かつ $F_c \geq 35\%$ の層は判定対象外とされている。そのため、この図-2 で赤い枠で囲まれている部分のプロットは、無条件に液状化が発生しないと判定されてしまう。しかし、今回まとめた結果では、液状化が発生したと考えられている浦安市の浚渫土層である F 層でもこの条件を満たしてしまうデータが多く確認された。また、既往の研究では、液状化が発生する土は F_c が高くても C_c が 10%以下であるとされているが、この点でも浦安市内のボーリングデータと液状化履歴は異なっており、F 層でも C_c が 10%を大きく超えているものが多く見られた。この原因として、地震動の継続時間が過去にないほど長かったために従来液状化しないと考えられていた土まで繰り返し軟化現象を生じた可能性、 F_c 、 C_c が小さい部分のみが局所的に液状化した可能性などが考えられるが、今後、液状化判定対象土質条件の再評価が必要である。

3. 地震前後の調査の比較

図-2, 3 から地震前に計測されたデータと地震後に計測されたデータを比較すると、地震後の方が、ばらつきが小さい事がわかる。中町及び新町の B 層、F 層、As 層における C_c - I_p の関係を線形と仮定して回帰分析を行ったところ、地震前の調査からは、 $C_c = 0.6530I_p + 13.08$ 地震後の調査からは $C_c = 0.7117I_p + 5.215$ を得た。サンプル数は地震前が 112、地震後が 115 である。また、決定係数は、地震前が 0.5808、地震後が 0.8152、回帰式からの誤差の標準偏差は地震前の調査が 9.939、地震後の調査が 4.586 となっており、両者のばら

キーワード 液状化、粘土分含有率、塑性指数

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 地盤工学研究室

TEL. 03-3817-1798 E-mail: tokiocolts@yahoo.co.jp

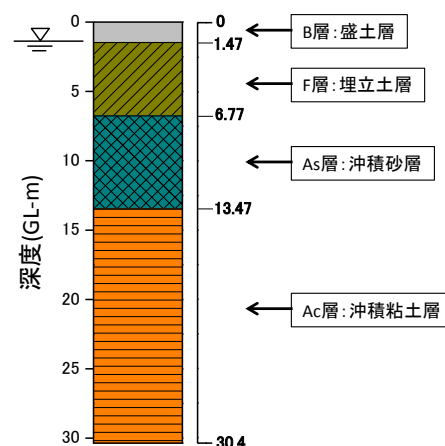


図-1 浦安市の埋立地盤での代表的な土層構成 (高洲小学校)

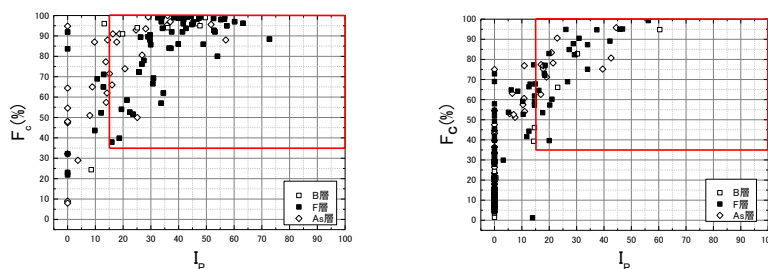


図-2 地震前(左)、地震後(右)にそれぞれ浦安市の中町および新町で計測された F_c - I_p の関係

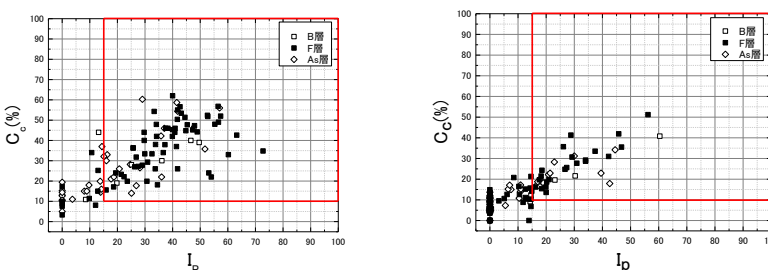


図-3 地震前(左)、地震後(右)にそれぞれ浦安市の中町および新町で計測された C_c - I_p の関係

つきの度合には明らかな違いがみられた。

地震前に行われた調査は構造物の建造などの際に行われた調査であり、地震後に行われた調査は、液状化被害調査のために、震災後に多くの人が関心をもった中で調査が行われている。また、試験を実施した時代の違いが測定法に何らかの影響を及ぼしているのかも知れない。このような背景が、調査の精度に何らかの影響を与えたことが考えられる。

さらに I_p, F_c, C_c のヒストグラムを B 層, F 層, As 層, Ac 層について作成し、地震前後で比較した。地震後に行われたボーリングデータでは概ね 20m 以浅のデータしか存在しない。両者を比較するために地震前の Ac 層についても 20m 以浅のデータのみを対象として作成している。図-4 はそのうちの元町も含めた浦安全体での I_p の頻度分布を層別に地震前後で比較したものである。4 種類の層を比較すると、いずれも地震前と比べると地震後に I_p が小さくなっている傾向にある。また F_c 及び C_c についても同様に地震後に減少する傾向が得られた。特に本来地震による影響を受けにくいと考えられる Ac 層でも類似の変化傾向が表れていることは物理試験法の時代的変遷を反映している可能性もある。しかし、F 層や As 層では、地震後に I_p が減少する傾向が Ac 層よりさらに顕著に表れており、前述の時代の違いによる測定精度の変化だけで、ここまで大幅に測定値が変化するとは考えがたい。したがって、地震によって地盤の物理特性が変化した可能性が排除しきれない。

また、表-1 は地区別、層別に分類して各物理量の地震前後それぞれの平均値と前後での変化割合をまとめたものである。液状化被害のあった中町、新町だけでなく、液状化被害の見られなかった元町でも As 層の I_p, F_c, C_c の各物理量の平均値が地震後に同程度減少していた。このことから、物理量の変化は液状化の有無に関わらず、地震によって変化したか、あるいは試験法の時代的变化に原因があるものと考えられる。また、この表を層別に分けて比較すると、F 層と As 層と元町以外の B 層では各物理量がいずれも半分以下にまで減少している。一方、Ac 層ではいずれも半分に至らない小幅な減少にとどまっている事が分かる。また、B 層と F 層は埋立てから 40 年程度の新しい層であり、As 層、Ac 層は深度が深く、比較的古い層である。物理量の変化は地盤の年代効果とも関係している可能性があるが、詳細については不明であり、これからの検討が必要である。

4. まとめ

- 浦安市内の地盤の物理量を整理した結果、液状化が発生した可能性のある F 層では C_c や I_p の計測値の幅が従来液状化可能と考えられていた範囲を大きく越えていることがわかった。
- 地震前に比べて、地震後の物理試験データのばらつきが減少し精度向上が見られた。
- 地震後に、全ての層で I_p, F_c, C_c の低下が起きた。そして液状化しにくい、あるいはしていないと考えられる層まで物理量が変化していることが分かった。この原因は現時点では不明であり、地震が物理特性に及ぼす影響や試験法の時代的変遷について今後検討が必要である。

なお末筆ながら、本研究に用いた土質データをご提供いただいた浦安市役所に謝意を表する。

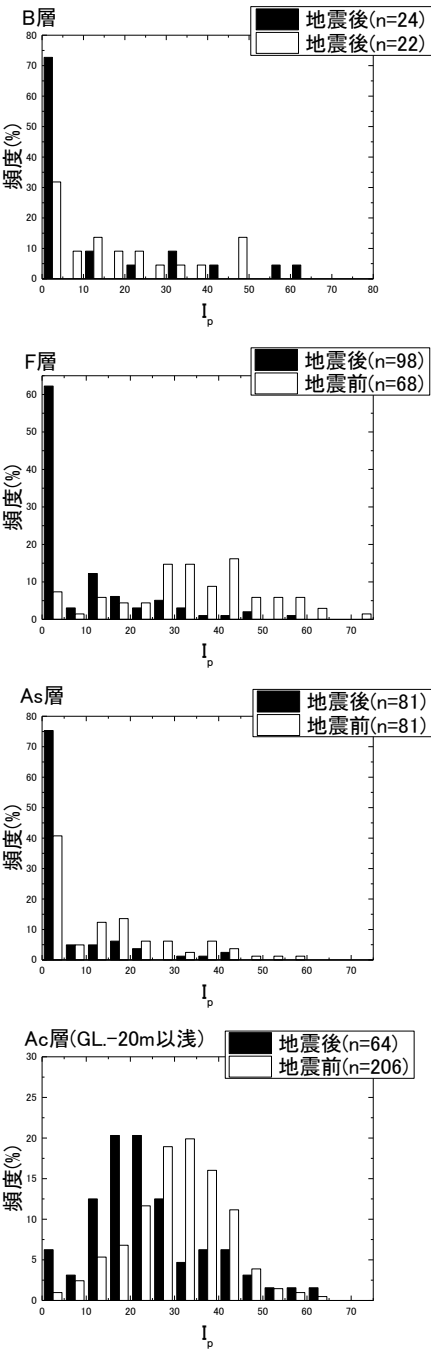


図-4 F 層, As 層, Ac 層での地震前後の I_p 頻度分布の比較

表-1 地震前後での地区別層別の平均値

層 地区		サンプル数		C_c (%)		F_c (%)		I_p		後/前
		地震前	地震後	地震前	地震後	地震前	地震後	地震前	地震後	
B	元町	14	7	11.4	19.5	1.71	46.3	59.1	1.28	2.08
B	中町	7	12	32.4	11.4	0.35	85.1	39.2	0.46	0.40
B	新町	1	5	30.0	3.8	0.13	94.0	12.4	0.13	0.00
F	中町	16	51	38.2	10.5	0.28	82.8	40.4	0.49	0.25
F	新町	52	47	34.2	12.5	0.37	81.1	40.3	0.50	0.27
As	元町	45	12	17.6	4.3	0.24	47.8	18.0	0.38	0.00
As	中町	14	37	26.1	8.0	0.30	67.0	32.7	0.49	0.31
As	新町	22	32	23.9	9.8	0.41	73.3	36.3	0.50	0.33
Ac	元町	105	12	39.4	27.8	0.71	92.2	89.0	0.96	0.77
Ac	中町	55	31	41.1	24.6	0.60	94.8	80.0	0.84	0.80
Ac	新町	44	21	34.4	25.3	0.74	93.2	84.5	0.91	0.96

<参考文献>

- 1) 公益社団法人日本道路橋協会(2012)：道路橋示方書・同解説