

地震を受けた軟弱粘性土地盤の沈下挙動に関する研究

日本大学工学部 正会員 ○仙頭 紀明
日本大学工学部 学生会員 鈴木 雄大

1. はじめに

福島県いわき市平地区では、昭和 40~50 年代頃から軟弱地盤地域の都市開発や地下水の汲み上げにより圧密沈下が問題となっている。これらの地区では 2011 年東日本大震災とその余震で数 cm から 10cm 程度の地盤沈下が報告されている¹⁾。そこで本研究では、地盤沈下の推移を調べるために測量調査を行った。さらにボーリング調査とサンプリングした軟弱粘性土(有機質シルト、シルト)の物理・化学試験と力学試験を行い、長期沈下及び地震による沈下の要因について考察を行った。



図-1 調査位置(国土地理院に加筆)

2. 現地調査

調査地点はいわき駅の南西部新川沿いのエリアである。図-1に調査地点を示す。同図にはボーリング地点をあわせて示した。図-2に新川左岸堤防上(No.12)地点の昭和 56 年からの沈下量を示す。長期間(32 年間)にわたって、90cm 近い沈下が発生している。その間に東日本大震災では、10cm(推定値)、震災以降(2011 年 5 月 27 日)で 9.6cm、最近の 1 年間(2016~2017 年)で約 1.5cm 沈下しており、沈下が継続していることがわかった。

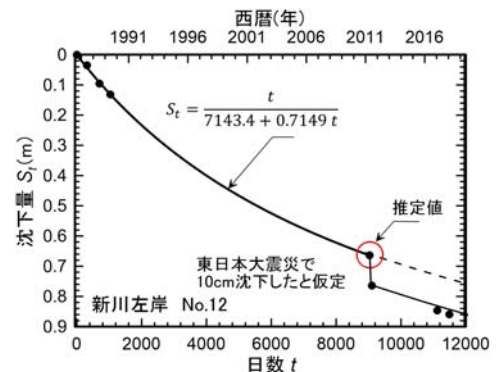


図-2 地盤沈下の推移(堤防上)

3. 室内試験による沈下要因の推定

図-3に土質柱状図を示す。サンプリングした有機質シルトとシルトについて実験を行った。物理・化学試験は、土粒子の密度試験(JIS A 1202), 土の粒度試験(JIS A 1204), 土の液性限界・塑性限界試験(JIS A 1205), 強熱減量試験(JIS A 1226), 土懸濁液の pH 試験(JGS0211), 土懸濁液の電気伝導率試験(JGS0212), 土の水溶性成分試験(塩化物含有量)(JGS0241)を実施した。力学試験は定ひずみ速度載荷による圧密試験(JIS A 1227)を実施した。試験条件は、背圧 100kN/m², ひずみ速度 0.01%/min とした。加えて非排水繰返しせん断試験は中空ねじり試験装置を用いて行った。供試体寸法(外直径, 内直径, 高さ)はそれぞれ 70, 30, 100mm である。背圧は 100kN/m²とし、圧密応力 σ_{e0}' は、有機質シルトおよびシルトでそれぞれ有効土被り圧に相当する 30, 110kN/m²とし、等方圧密した。繰返しせん断は、東日本大震災の揺れの大きさと継続時間を考慮して、応力比 0.3, 周波数 0.1Hz の正弦波を 40 回与えた。その後、再圧密試験を実施した。なお、有機質シルトは、同じ供試体に対し、続けてさらに大きい応力比(0.4)の載荷を行った。

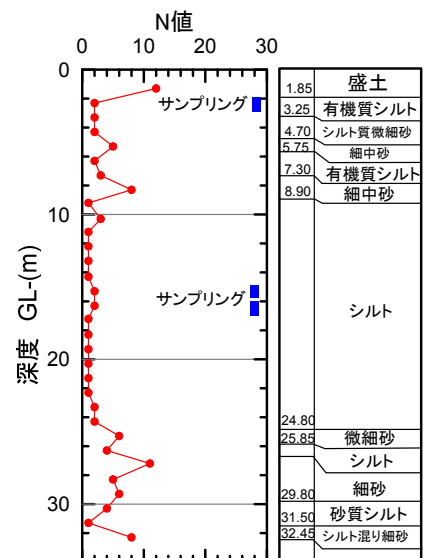


図-3 土質柱状図

表-1に試験結果をまとめて示す。有機質シルトは、土粒子の密度が小さく、自然含水比および強熱減量が大きく、pH が小さいことから Pt 高有機質土と判断した。シルトは CH 粘土(高液性限界)に分類された。また

キーワード 圧密, 沈下, 軟弱粘性土, 非排水繰返しせん断, 過剰間隙水圧, 再圧密

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部土木工学科 TEL: 024-956-8710

シルトは塩化物含有量が高く、貝殻片が多数確認できたことから海成粘性土であることがわかる。なお液性指数は 0.48 と低く、鋭敏ではないことがわかる。

図-4 に非排水繰返しせん断試験の応力-ひずみ関係と有効応力経路を示す。有機質シルトの最大せん断ひずみは約 0.4%，最大過剰間隙水圧比は 0.057 であった。シルトの最大せん断ひずみは約 0.6%，最大過剰間隙水圧比は 0.109 であった。シルトの過剰間隙水圧比が大きくなった要因は圧密条件が影響している。

図-5 に現場の有効土被り圧と圧密降伏応力 p_c の関係を示す。シルトは p_c と有効土被り圧がほぼ等しく、正規圧密状態にある。一方、有機質シルトは、過圧密状態 (OCR=2.0) にある。再圧密試験結果を図-6 に示す。有機質シルトは、圧密終了が早く、圧密量も小さい。それに対しシルトは 2% を超える体積ひずみが長時間かかって生じた。両者の体積ひずみの差にも正規圧密・過圧密の違いが影響している²⁾ものと考えられる。以上の結果から、長期の圧密沈下は、正規圧密状態のシルト層が影響しているものと考えられる。加えて地震後のシルト層の再圧密により、今後も地盤沈下が生じる可能性が示唆されたため、引き続き沈下の推移を注視していく必要がある。

4. まとめ

いわき市平地区の地盤沈下の推移を示すとともに、サンプリングした軟弱粘性土について室内試験を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 2011 年以降も地盤沈下が継続しており、6 年半の累積沈下量は約 10cm であり、最近でも 1.5cm/年の沈下が継続している。
- 2) 東日本大震災を想定した繰返しせん断でシルトの最大過剰間隙水圧比は 0.109 となり、その後の再圧密体積ひずみは 2% を超えることがわかった。
- 3) 長期沈下および地震後の再圧密沈下は正規圧密状態のシルト層が主な原因である。

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費基盤研究(A)16H02362(代表:安原一哉

茨城大学)の助成を受けたものです。堀江工業(株) 松崎忠二氏、西郷丈二氏には測量及び地盤調査には多大なご協力いただきました。ここに感謝の意を表します。

6. 参考文献

- 1) 中村晋:福島県中通り地区およびいわき地区の地盤災害,地盤工学会誌, Vol.59, No.6, No.641, pp.44-47, 2011.
- 2) 鈴木猛康:動的応力履歴を受けた飽和粘性土の沈下挙動,応用地質 25 巻 3 号, pp. 21-31, 1984.

表-1 試験結果一覧

深度 GL-(m)	2.00~2.95	16.0~16.9
土質区分	有機質シルト	シルト
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.178	2.675
自然含水比 (%)	316.7	77.3
砂分 (%)	-	1.9
シルト分 (%)	-	58.1
粘土分 (%)	-	40
液性限界 (%)	-	112.5
塑性限界 (%)	-	44.3
塑性指数 I_p	-	68.2
液性指数 I_L	-	0.48
地盤材料の工学的分類	Pt	CH
湿潤密度 (g/cm^3)	1.048	1.336
乾燥密度 (g/cm^3)	0.234	0.707
飽和度 (%)	91.2	85.5
強熱減量 (%)	43.9	8.0
pH	4.4	8.2
電気伝導率 (EC) (mS/m)	111.6	302.0
塩化物含有量 Cl (mg/g)	0.021	0.578
p_c (kPa)	55	110
C_c	5.06	1.1
c_v (cm^2/d)	4553	38.2
m_v (1/kPa)	0.00253	0.00088

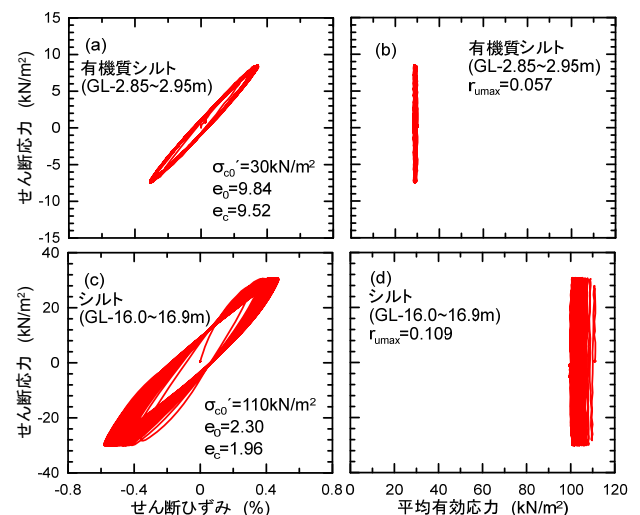


図-4 非排水繰返しせん断試験結果

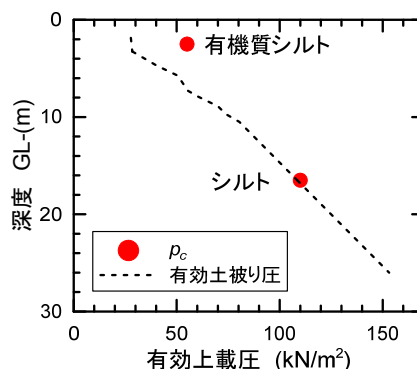


図-5 p_c と有効土被り圧

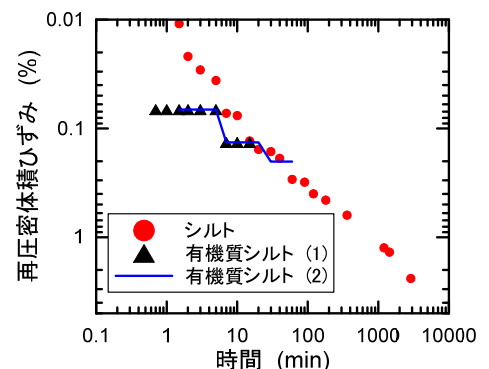


図-6 再圧密体積ひずみの推移