

粘性土地盤の地震後地盤沈下に関する数値解析的検討

環境社会基盤工学専攻 環境防災研究室 藤田 情子
指導教員 大塚 悟

1 はじめに

2007年に起きた新潟県中越沖地震によって、柏崎平野において粘性土地盤の地盤沈下が確認された。新潟県では消雪に用いる地下水の汲み上げにより地盤沈下が継続しているが、地震後の地盤沈下は大きく、地下水位との関連性のないことから地震による地盤沈下であると推測されている。

地震後の地盤沈下については、地盤沈下の分布と地形、地質構成との関連について調査しており、本研究は数値解析による検討を行うことにある。地震後すでに10年が経過しており、地盤沈下は既に収束しているために数値解析による検討は予測から事後解析に目的がある。地震後地盤沈下の要因について解析的考察を実施する。

2 地震後地盤沈下の分析

地震後の地盤沈下挙動は図1に示すように、即時沈下と長期沈下に分類することができる。即時沈下は砂質土の揺すり込み沈下が原因として考えられるが、長期沈下は粘性土で生じる沈下だと考えられる。そこで時間の経過とともに、地盤沈下が初期状態と同様沈下挙動に戻ることを仮定し、沈下挙動を外挿した。各水準点で即時沈下d1と長期沈下d2を計算し、水準点にプロットしたものである(図2:即時沈下分布図、図3:長期沈下分布図)。

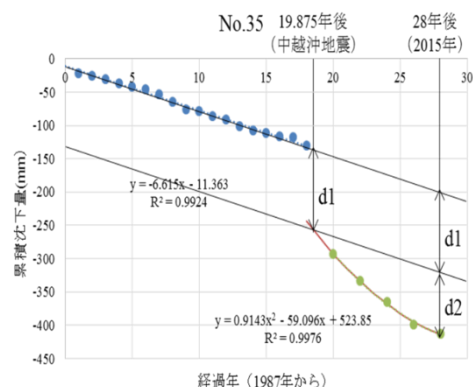


図1 即時沈下 d1 と長期沈下 d2 の算出方法

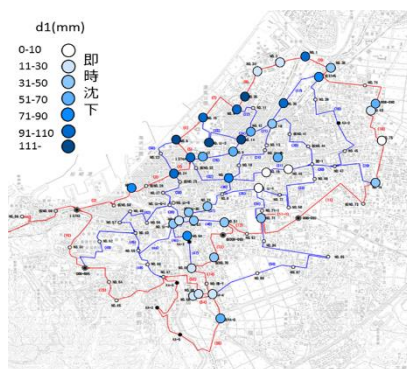


図2 即時沈下平面分布図

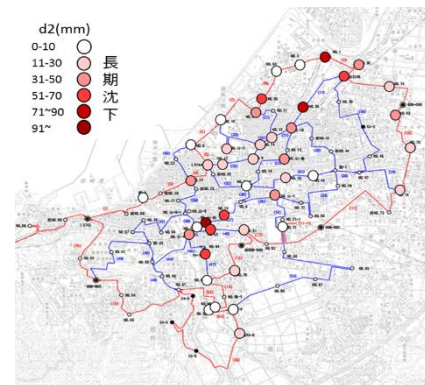


図3 長期沈下平面分布図

2.1 過剰間隙水圧比の現地測定の考察

既往研究では過剰間隙水圧の長期にわたり残留しているとして沈下が長期的なものになったと結論づけている。この結果が正しいのであれば現在においても過剰間隙水圧が残留しているはずである。したがって先行研究の結果が正しいものか検証するために本研究では現地で過剰間隙水圧の測定を行った。計測は研究対象地と同じである、新橋地区である。

3 SYS カムクレイモデルの概要

本研究に取り組むため用いたものがSYSカムクレイモデルである。SYSカムクレイモデルは土の「骨格構造」の働きを記述する弾塑性モデルで、土の「骨格構造」とは構造・過圧密・異方性を示す。構造は土のかさばりを意味していて、高位な構造とは、砂の場合はゆるく詰まった間隙が大きな状態を示し、粘土の場合は自然堆積された状態である。過圧密は過去に受けた荷重から除荷された状態であるが、粘土の場合は過去に荷重履歴がないのにもかかわらず過圧密な状態を示す。異方性は重力に起因する堆積過程や、砂の繰返しせん断に起因するものが考えられている。

図4は柏崎新橋付近の現地より採取した海成粘土とそれ以浅の陸成粘土の標準圧密試験結果である。現地の土をそのまま圧密試験を行った結果として不攪乱が示しており、その土を練返しもう一度圧密試験を行った結果として再構成が示している。この図でわかることは、同じ土であるにもかかわらず繰り返すことで沈下が進んでいる。この沈下の原因を分析するため修正カムクレイモデルを基準に、異方性は回転硬化概念、構造は上負荷面概念、過圧密や繰返し塑性は下負荷面概念を取り入れ表現できるものがSYSカムクレイモデルである。

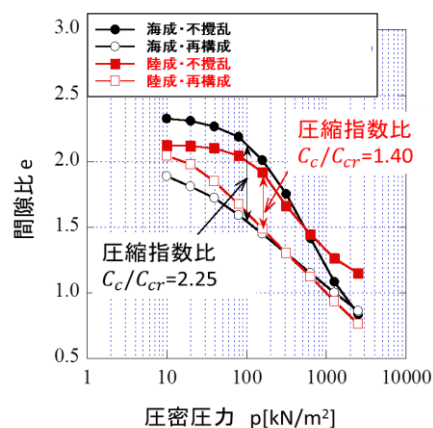


図4 標準圧密試験結果

4 解析を行うため用いた情報と結果

図5は1mごとのメッシュ図であり、表1はSYSカムクレイモデルを構成式に用いた三軸シミュレーションによる結果と採取土から得られた三軸試験結果とのフィッティングにより決定したパラメータである。

図6に2種類のパラメータのみ考慮した既往研究、図7に本研究によるコンター図を示す。両者とも地震によるせん断力を受け、過剰間隙水圧が発生していることが把握できる。過剰間隙水圧の発生元は海成粘土からであることが把握できるが、これは陸成粘土と海成粘土の過圧密比の違いが影響していると考えられる。

この結果から考えられる原因は、メッシュの排水境界を地表面のみ設定を行ったため、過剰間隙水圧が地表面に向けて消散する過程から水圧が供給されたと見られる。それに対する結論は、過剰間隙水圧は地下水位の変動により地震が原因である。そのため陸成では発生していない。しかし、解析結果では過剰間隙水圧の発生が陸成でも確認されたので修正が必要である。そのため砂層を考慮し、排水境界を設定し解析を行った。

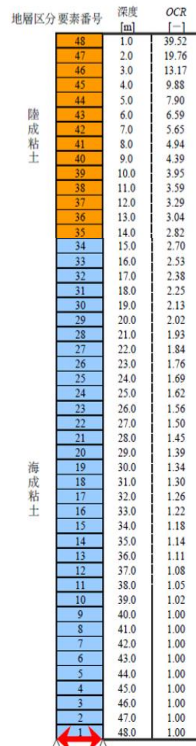


図5 地盤メッシュ図

表1 入力パラメータ

非線形パラメータ	陸成	海成
正規圧密線の勾配 λ	0.07	0.06
圧密除荷線の勾配 κ	0.033	0.02
限界状態定数 M_r	2.0	2.1
拘束圧 98kPa 時の非体積 N	1.98	1.98
下負荷面の膨張係 m	0.5	0.12
回転硬化指数 br	0.07	1.5
回転硬化限界指数 mb	1.5	0.5
上負荷面の膨張速度係数 a	2.2	2.2
上負荷面の膨張速度係数 b	1.0	1.0
上負荷面の膨張速度係数 c	1.0	1.0
σ_v の計算方法 k_{grav}	1	1
ITABL	1001	1001
初期過圧密 $1/R_0$	5.5	5.5
初期構造の程度 $1/R^*0$	10.0	10.0
初期 K_0	1.0	1.0
初期の異方性 ζ_0	0.25	0.175
初期比体積 V_0	1.78	1.78

4.1 砂層を考慮した解析結果

図8に砂層を考慮したメッシュ図、図9にその結果を示すコンター図を示す。この図から読み取れることは上層部では1年ではほぼ完全に消散した。数値的に見てもこのように現地計測の結果と同じであるので整合性が取れたと考えられる。その結果が表2である。しかし深層部に関しては完全に消散されずある程度長期的に残留している。

5 まとめ

- ・地盤の構造を考慮できる構成式を用いて解析を行ったため、上載圧に耐えられなくなった深層部の粘性土が圧密を起し沈下した。そのため砂層を考慮した結果、上層部と下層部で別の沈下挙動を起こす
- ・解析結果から基盤部の沈下量、地震以前から続く線形増加傾向の沈下を考慮するとさらに被害拡大する可能性がある。

表2 現地間隙水圧測定との比較

対象地点	既往研究	砂層を考慮しない	砂層を考慮する	現地計測結果
4m 地点	0.215	0.281	0.00	0.00
15m 地点	0.27	0.321	0.00	0.00

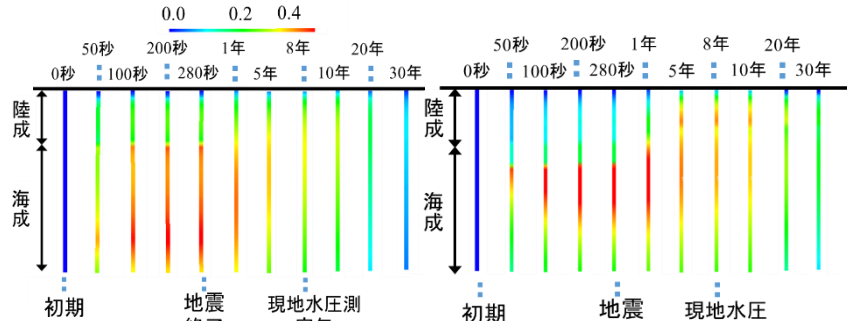


図6 既往研究によるコンター図

図7 本研究によるコンター図

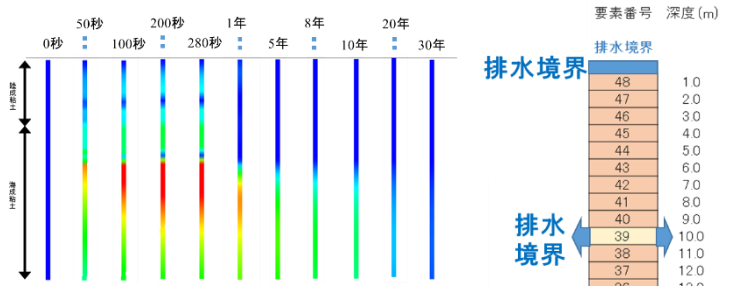


図9 砂層を考慮したコンター図

図8 砂層を考慮したメッシュ図