

地震時変形解析へ PDC を適用した事例

応用地質株式会社 正会員 ○豊 嶋 祐 太
 応用地質株式会社 正会員 藤 井 紀 之
 応用地質株式会社 正会員 五十嵐 日菜

1. はじめに

2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震では、沿岸地等で多数の液状化被害が発生した。また、近い将来に南海トラフ巨大地震の発生が懸念されているなか、液状化対策の早期実現に向けて、対象地の液状化評価に必要な地盤情報を迅速かつ経済的に提供することが求められている。このようなニーズに対して、近年、液状化判定に必要な地盤情報を原位置試験のみで簡易に得ることができるピエゾドライブコーン(液状化ポテンシャルサウンディング:Piezo Drive Cone(以降 PDC))が開発され、実用化されている¹⁾。

本論文は、レベル 2 地震動に対して液状化の発生が懸念される埋立地を対象に、液状化発生時の側方流動による変形状況を把握することを目的に、ボーリング調査および PDC 結果を用いて変形解析を実施した事例報告である。

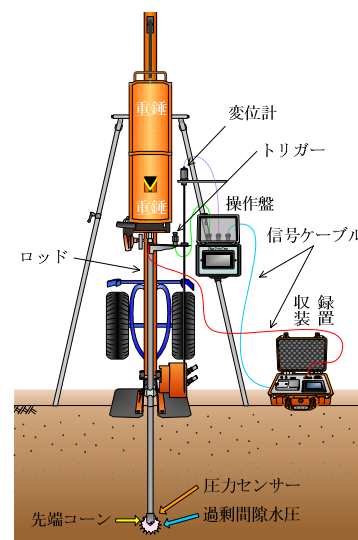
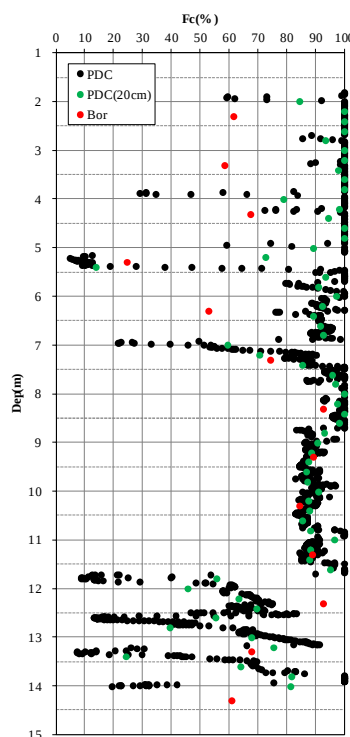


図-1 PDC の概略図

2. 対象地および解析条件

対象地の地層は、地表部を構成する盛土層とその下位に分布する沖積層(粘性土、砂質土)、更に下位に分布する洪積層(粘性土、粘性土)から構成されている。液状化が懸念される沖積層は、全体的に軟質な粘性土層及び緩い砂質土層で構成され、互層状もしくはレンズ状の分布に止まるものからなり、規則性はあまり認められない。また、対象地は約 350m×350m の広大な敷地であるため、従来のボーリング調査結果にもとづく簡易液状化判定法のみで全体を網羅する地点配置は、コストならびに工期といった制約条件から難しく、少ない調査地点での評価に留まった。そこで、ボーリング調査を補完する位置に PDC を概ね 100m 間隔で配置し、調査地点の高密度化を図った。PDC は動的貫入試験機の先端に取り付けた圧力センサーによって、コーン先端で発生する 1 打撃毎の貫入抵抗値(N_d 値)、間隙水圧を測定し、「打撃時に発生する残留間隙水圧比」、「残留間隙水圧比と細粒分含有率の関係」によって F_c を推定することが可能なサウンディング法である(図-1)。このため、この測定で得られる F_c と N_d 値(標準貫入試験で得られる $\simeq N$ 値と同等)を用いて原位置試験の情報のみで液状化判定を行うことができる²⁾。本事例では、代表地点にて調査ボーリングおよび室内土質試験結果を用いて PDC による液状化判定結果による確認を行い、調査ボーリングと PDC の結果は概ね同じような傾向になることを確認した(図-2)。

図-2 室内土質試験 F_c と PDC F_c

ボーリング調査結果および PDC 結果を用いて作成した想定地質断面図を用いて、2 次元有限要素法に基づく静的変形解析の ALID (Analysis for Liquefaction-Induced Deformation)を用いた。設定したメッシュ図と解析パラメータは図-3 および表-1 のとおりである。ボーリング調査および PDC より、レベル 2 地震動に対して液状化

キーワード PDC, 液状化, ALID

連絡先 〒331-8668 埼玉県さいたま市北区土呂町 2-61-5 応用地質(株) 流域・砂防事業部 TEL048-652-3330

化判定の結果、地下水位以深の盛土層（B 層）およびすべての沖積層（As 層、Ac 層）で液状化する判定結果となった。液状化に伴う側方流動の検討には地下水以深の盛土層と沖積層を液状化層として設定し、変形解析を実施した。解析ケースは PDC を考慮した想定地質断面図を用いたケース（PDC 有り）とボーリング調査結果のみを反映させたケース（PDC 無し）の 2 ケースとした。

3. PDC の適用

ボーリング調査のみの結果では、図-3 赤線のように As 層の分布を Ac 層として推定していたが、ボーリング調査を補完する位置に PDC を配置した結果、As 層の分布を確認することができた。今回検討に使用したデータ数を図-4 に示す。PDC を実施することによりデータ数が増え、データの信頼度が向上したといえる。なお、解析パラメータとして設定した R_L は PDC 無しの場合 As 層： $R_L=0.274$ 、PDC 有りの場合 As 層： $R_L=0.228$ となった。変形解析の結果、PDC 有り（図-5）と PDC 無し（図-6）を比較すると変位が最大で 2 倍程度変わった。PDC を用いてボーリング調査の補完手法として適用することで、As 層の分布やデータ数の違いにより、変形解析結果に大きな影響を及ぼす結果となった。

4. おわりに

以上の結果より、PDC の調査を実施したことで、調査地点の高密度化によってパラメータを設定するためのデータ量が多くなり、詳細に液状化層の評価を反映させて解析結果の精度向上を図ることができたと考える。今後は、動変形解析等の地盤モデル作成時に PDC を適用した場合の液状化に伴う変形解析結果の妥当性についても確認することを検討したい。

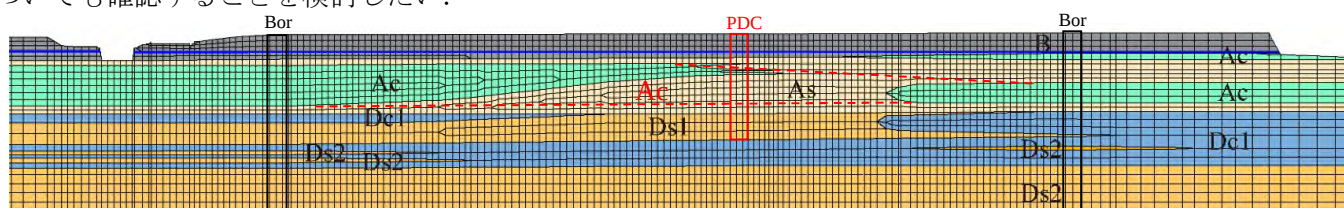


図-3 解析断面

表-1 解析パラメータ（PDC 無し）

記号	液状化層/ 非液状化層	単位体積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G_0 (kN/m ²)	繰返し三軸強度比 R_L H29道路橋	細粒分補正 相対密度 D_r (%)
B_u	非液状化層	18.0	8	31	0.33	7300	-	78.6
B_d	液状化層	18.0	0	31	0.33	7300	0.272	76.5
Ac	液状化層	14.0	0	30	0.33	3800	0.297	65.7
As	液状化層	17.0	0	32	0.33	9500	0.274	62.0
Ag	液状化層	18.0	0	34	0.33	11600	0.337	72.5
Dc1	非液状化層	18.0	0	30	0.33	10800	-	-
Ds1	非液状化層	18.0	0	32	0.33	11300	-	-
Dg1	非液状化層	19.0	0	35	0.33	24800	-	-

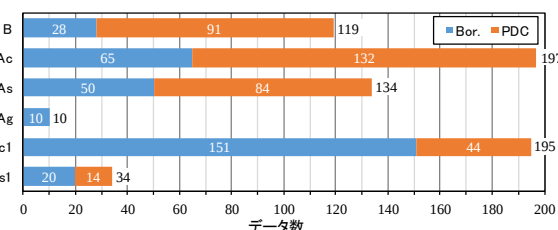


図-4 各層のデータ数

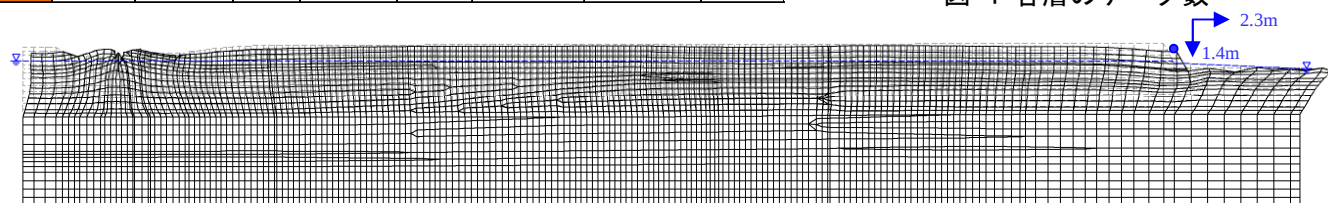


図-5 変形解析結果（PDC 無し）

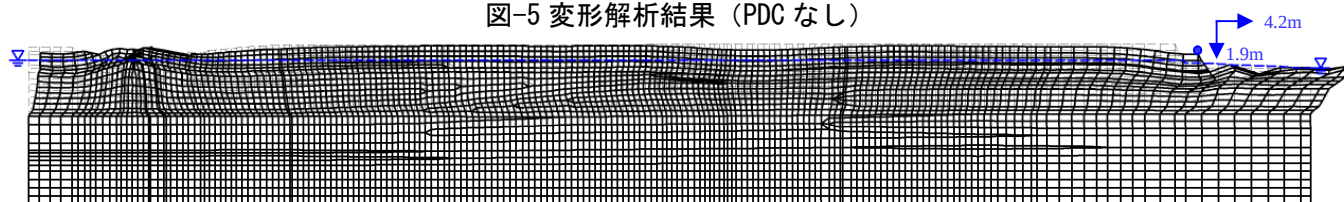


図-6 変形解析結果（PDC 有り）

参考文献

- 1) PDC コンソーシアム, <http://www.pdc-cons.jp/>
- 2) 澤田俊一, 塚本良道, 石原研而: 間隙水圧測定を伴う動的貫入試験法—その 1 試験方法・装置—, 第 39 回地盤工学研究発表会, pp.1927-1928, 2004.