

バイブロコーン貫入試験データのコア分析による評価

産業技術総合研究所 ○中島 善人（正会員） 神宮司 元治

1. はじめに

産業技術総合研究所が開発しているタイプのバイブロコーン貫入試験（Vibration Cone Penetration Test: VPT）は、加速度センサーなどを内蔵した先端プローブ（図 1）を内部の振動機構によって強制的に振動させることにより、プローブの近辺で液状化を発生させ、液状化に伴う様々な地盤の応答を各種センサーで計測する試験方法である[1-2]。したがってバイブロコーンは、「その地点のその深度の堆積層が液状化を起こしやすいかどうか」という防災上の重要な問いに対して、原位置で小規模な液状化が起きるかどうかを実際に試すというダイレクトな形で回答を与えてくれる非常に有益なツールである。バイブロコーンの生データはおもに加速度センサーの記録であるが、それをその深度の砂の粒度分布や液状化で流動・変形した堆積構造と直接比較した研究は少ない。そこで、東日本大震災で実際に地盤の液状化が起きたサイト[3-4]に対して、震災後にバイブロコーン貫入試験とオールコアボーリングを実施し加速度センサーの記録とコア分析の対比作業を行ったので、その成果の一部を報告する[2]。

2. バイブロコーン貫入試験結果とコア分析の比較

使用したバイブロコーンは、産業技術総合研究所が今回の調査のために設計・製作したもので、内部に加速度センサー（水平 1 次元・最大検出加速度 3G）を持つ連続的な深度別の計測が可能なシステムである[2]。プローブは、コントローラから最大 12V の電圧をプローブのモーターに給電した場合、何も抵抗がない空气中で約 2000gal の値を記録する（振動の周波数は 80Hz）。調査地点は、利根川下流の沖積低地で、2011 年の東日本大震災で液状化による噴砂が実際に確認された地点である（地下水位面は地表から約 1m の深度）。得られた直径約 6.4cm のコアは、まず非破壊分析という形で産業技術総合研究所地質調査総合センターの医療用 X 線 CT で 3 次元スキャンした[4]。CT 撮影の後にコアを開封し、5cm 間隔で半裁コアから試料を採取し、レーザー回折/散乱式粒子径分布測定装置で粒度分析を湿式で行った。得られたデータの例（深度区間 9-10m）を図 2 にしめす。図中の「CT 数」とは、その深度の CT 画像の輝度の算術平均である（輝度の標準偏差は、緑でエラーバーとして表示）。



図 1 バイブロコーンのプローブ（文献[2]）。

この深度区間は、メジアン粒径および 75 ミクロン以下の細粒成分含有率のプロファイルが示すとおり、砂がちである。この砂がち区間では粒度分布も狭い範囲におさまっており、結果として均等係数も低い傾向がある。これらの結果は、液状化が起きやすい区間であることを示唆している。実際、VPT の加速度プロファイルも 9-10m では、空气中（プローブの動きを拘束する堆積物がない）での加速度値（約 2000 gal）に近い高い値を出しており、バイブロコーンの実施によって液状化が起きたことを示唆している。

キーワード： 液状化ポテンシャル、バイブロコーン貫入試験、コア分析、東日本大震災

連絡先： 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7 産業技術総合研究所 地図資源環境研究部門

URL： <https://unit.aist.go.jp/georesenv/explogeo/>

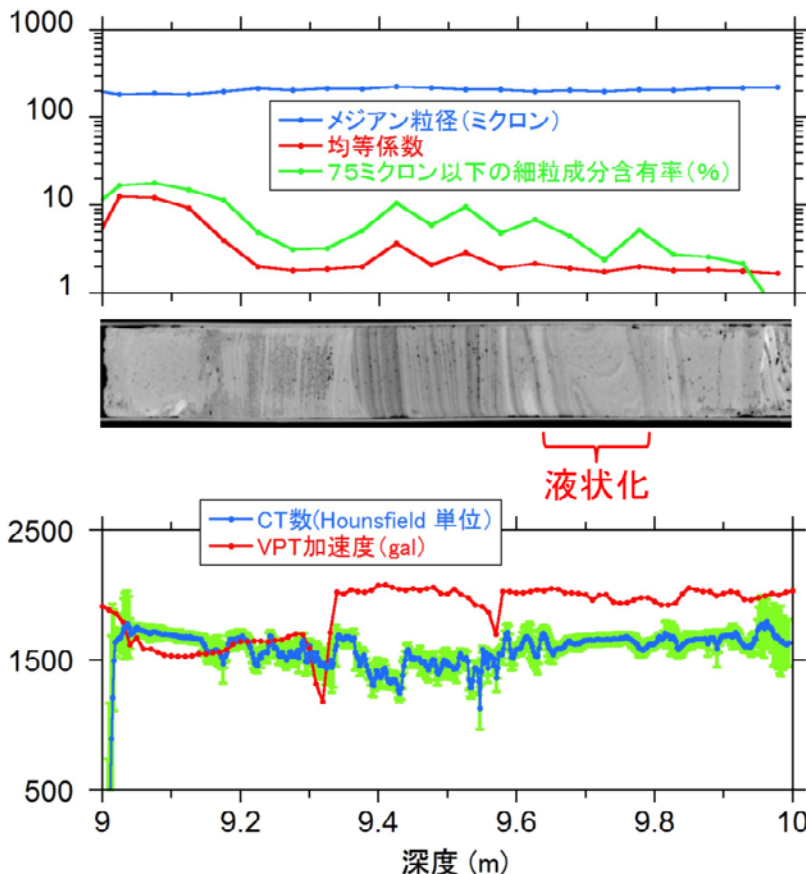


図 2 VPT 加速度データとコア分析結果(粒度やコアの CT 画像)の対比(文献[2])。

また、図 2 に赤字で書き込んであるように、液状化に起因する地層の流動化がもたらした葉理の変形が CT 画像上でも明瞭に確認された。このように、この深度区間は、バイブロコーン、CT、粒度分析の 3 者の結果が調和的である。

3. おわりに

図 2 は、バイブロコーンデータをコア分析で追認できた成功例である。このようにコア分析は原位置貫入試験データを補完するための有望な手段である。ただ、コア分析の注意点として 1 点あげるとすれば、バイブロコーンデータは現在の地盤の液状化ポテンシャルを反映したものであるが、コアデータには過去数

十年～数千年以上の液状化履歴の全記録が保存されているという点である。このせいで、両者が必ずしも一致しないリスクがあることは留意しておく必要がある。たとえば、数百年前の地震活動で液状化はたしかに起きたが現在は地盤が充分しめ固まっているサイトでは、バイブロコーンは液状化を否定するくらい低い加速度値を出すであろうが、コア分析をすれば液状化を示唆する低い均等係数と流動化した葉理構造を発見するであろう。この問題は、磁気共鳴スキャンなどの装置を用いて、コアの締め固め度と密接な関係のある体積含水率を計測ルーチンに追加することで回避できると思われる。

引用文献

- [1] 神宮司元治, 光畑裕司, 横田俊之, 中島善人 (2013): 利根川下流域における液状化被害地域の物理探査・原位置試験調査—液状化調査技術の新展開—. GSJ 地質ニュース, 2(12), 380-384.
https://www.gsj.jp/data/gcn/gsj_cn_vol2.no12_380-384.pdf
- [2] 神宮司元治・中島善人 (2014): 利根川下流域液状化エリアにおける各種液状化ポテンシャル調査とその評価. 巨大地震による複合的地質災害に関する調査・研究報告書(地質調査総合センター速報 No. 66) 319-342.
- [3] Jinguuji, M., and Toprak, S. (2016): A case study of liquefaction risk analysis based on the thickness and depth of the liquefaction layer using CPT and electric resistivity data in the Hinode area, Itako City, Ibaraki Prefecture, Japan. Exploration Geophysics.
<http://dx.doi.org/10.1071/EG16137>
- [4] Nakashima, Y. and Komatsubara, J. (2016): Seismically induced soft-sediment deformation structures revealed by X-ray computed tomography of boring cores. Tectonophysics, 683, 138-147. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2016.05.044>