

大阪市北区中之島での 300 m ボーリング孔における PS 検層および 密度検層結果

PS and density logging in a 300 m borehole at Nakanoshima in Kita Ward, Osaka City

関口春子¹・北田奈緒子²・伊藤浩子³・杉山雄一⁴

Haruko Sekiguchi¹, Naoko Kitada², Hiroko Ito³ and Yuichi Sugiyama⁴

^{1,4} 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, haruko.sekiguchi@aist.go.jp)
^{2,3}(財) 地域地盤環境研究所 (Geo Research Institute)

Abstract: We conducted PS and density logging at an existing borehole (depth: 310m) at Nakanoshima in Kita Ward, Osaka City. P-wave and S-wave velocities were obtained at 1 m intervals in the depth range from 0 to 60 m and at 25 cm intervals in the depth range from 40 to 310 m. Density was obtained at 25 cm intervals in the depth range from 40 to 310 m. The result was reflected to the shallow velocity structure model of the plain inside the Osaka sedimentary basin which was constructed by the cooperative work with AFRC and Geo Research Institute.

キーワード: PS 検層, 密度検層, ボアホール, 大阪市
Keywords: PS logging, density logging, borehole, Osaka City

1. はじめに

大阪市内の上町断層の下盤側で、中之島高速鉄道株式会社によって掘削されたボーリング孔 (310 m) を利用し、PS 検層と密度検層を実施した。その結果は、活断層研究センターと地域地盤環境研究所の共同研究による、浅部地盤構造モデルの構築に反映された。

2. 調査概要

2.1 調査位置

検層を行ったボーリング孔は、大阪市北区中之島 1 丁目中之島公園内の、難波橋 (堺筋) の西側に位置する (第 1 図の KN-3)。世界測地系で、北緯 34° 41' 34.41490", 東経 135° 30' 25.38342" の地点である。推定されている上町断層の地表トレース (国土地理院, 1996 など) から 1 km 以内の位置にある。

2.2 調査項目

深部 PS 検層 (速度検層):

深度 40~310 m. 測定密度 1 点 / 15 cm.

密度検層:

深度 40~310 m. 測定密度 1 点 / 15 cm.

浅部 PS 検層 (速度検層):

深度 60 m 以浅. 測定密度 1 点 / 1 m.

2.3 調査実施日

平成 16 年 4 月 16, 17 日に調査を実施した。

2.4 調査実施機関

深部 PS 検層および密度検層はシュルンベルジェ株式会社 (新潟県長岡市) が、浅部 PS 検層は株式会社ソイルエンジニアリング (大阪市浪速区) が行った。

3. 調査方法

検層作業は、深部 PS 検層、密度検層、浅部 PS 検層に分けて実施した。各データの深度あわせは、各々の検層から取得されたガンマ線データの対比により行った。

3.1 深部 PS 検層

本調査では、孔内起振受振方式の音波検層のうち、DSI (Dipole Shear Sonic Imager) (Schlumberger, 1995) という方法を用いた。この方法では、音波を用いて発振させ、孔壁を伝わって伝播した波を発振器の上方約 3~6 m のところに約 15 cm 間隔で直列された 8 個の受振器で波形として記録する。これらの波形のずれを最もよく説明するスローネス (速度の逆数) を求めることにより、速度を得る。また、DSI は従来の Monopole Source (無指向性発振子) に Dipole Source (指向性発振子) を組み込むことにより、ポ

アホール内の泥水中を伝わる音波を抑えることができ、地盤のS波速度が泥水のP波速度（音波速度）より小さいときにもS波速度を測定することが可能である。

3.2 密度検層

密度検層は、TDL (Three Detector Litho-Density tool) (Eyl *et al.*, 1994) というガンマ線を用いた測定方法により行った。この方法は、ガンマ線が地層中に放出された際、原子核や電子に衝突してそのエネルギーが減衰することを利用したもので、ガンマ線の放射線源と3つの検出器からなる測定器を孔壁に圧着して測定を行う。複数の検出器の測定値を用いることで、ボーリングにより削られて孔壁に付着した泥の影響を差し引くことが出来る。検出器で測定されるガンマ線量を N とすると、岩石の密度は、 $\rho = A + B \log N$ で表される。 A および B は検出器ごとに異なる定数である。

3.3 浅部 PS 検層

ケーシングで孔壁を保護していた40m以浅の部分は、測定直前にケーシングを抜き、サスペンション法により検層を実施した。サスペンション法では、発振器と受振器が組み込まれたゾンデを孔中におろし、それぞれの深さの測定ごとに2つの受振器で測定した波動の走時の差から区間速度を算定する。本測定では、1m間隔の受振器セットを使い、1m間隔で測定を実施した。

4. 調査結果

得られたP波速度、S波速度、密度の深度分布を、同ボーリング孔のコア解析により得られた地質柱状図とともに第2図に示す。深部PS検層、密度検層では、15cm間隔で測定を行い良好なデータが25cm間隔で得られた。浅部PS検層では、1m間隔でデータが取得できた。最深部の深さ310m付近では、P波速度が約1800m/s、S波速度が約500m/s、密度が約2g/cm³である。P波速度、S波速度、密度は、全体的には深さにしたがって徐々に増加しているが、砂礫層では局所的に値が大きく粘土・シルト層では局所的に値が小さくなっており、その変動幅は大きい。

計測値を大阪堆積盆地3次元地盤構造モデル(データ：産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2004; 文献：堀川・他, 2003)の同地点の値と比較した。第2図には、大阪堆積盆地3次元地盤構造モデルで調査孔に最も近いグリッドにおけるP波速度、S波速度と密度の値を赤丸で示した。3次元地盤構造モデルの値は、計測値の変動の幅の範囲に収まっており、計測値とよく対応していることがわかる。

本調査結果は、活断層研究センターと地域地盤環

境研究所の共同研究による、浅部地盤構造モデルの構築において、モデルの検証に用いられた。浅層地盤構造モデルは浅層ボーリングを主たるデータとしているが、多くの浅層ボーリングではPS検層が行われておらず、土質とN値の情報だけの場合が多い。そのため、PS検層データのあるボーリングのデータを用いて、土質、N値、深さから、P波速度、S波速度、密度を求める経験式を導き出し、この経験式を使ってP波速度、S波速度、密度の情報の無いボーリング地点でこれらの値を推定するという方法をとった。このようなモデル化の妥当性を検証するため、本ボーリングで測定したS波速度と経験式に基づいて推定されたS波速度とを比較した(第3図)(山本・他, 2005)。計測値には前述の砂礫層と粘土・シルト層の違いによる変動のほか、同一層内でも圧密、分級構造などによると考えられる変動が見られるが、経験式による推定値はこれらの変動もよく再現している。

5. まとめ

大阪市北区中之島1丁目中之島公園内のボーリング孔(310m)を利用し、PS検層と密度検層を実施した。この地点は推定される上町断層の下盤側にあたる。計測は高サンプリングで行われ、良好なデータが高密度で得られた。

この測定結果は、活断層研究センターによる大阪堆積盆地3次元地盤構造モデルと、活断層研究センターと地域地盤環境研究所の共同研究により作成された浅部地盤構造モデルの検証に用いられた。どちらもそれぞれのモデル化の密度の範囲で、PS検層、密度検層の計測値とよく対応していることが確認できた。

なお、本調査の計測値データは、活断層研究センターのホームページで公開している。

<http://unit.aist.go.jp/actfault/activef.html> (産総研内の別のウェブサイトになる可能性もある。)

謝辞 本調査を行うにあたり、中之島高速鉄道株式会社、および、京阪電鉄株式会社には多大なご協力をいただきました。記して感謝いたします。

文 献

Eyl, K. A., Chapellat, H., Chevalier, P., Flaum, C., Whittaker, S. J., Jammes, L., Becker, A. J., and Groves, J. (1994) High resolution density logging using a three detector device, paper SPE-28407, Society of Petroleum Engineers, presented at 69th Annual Technical Conference and Exhibition, 467-480.

堀川晴央・水野清秀・石山達也・佐竹健治・関口春子・加瀬祐子・杉山雄一・横田 裕・末廣匡基・横

倉貴伸・岩淵洋・北田奈緒子・Arben Pitarka (2003)
断層による不連続構造を考慮した大阪堆積盆地
の 3 次元地盤構造モデルの作成. 活断層・古地
震研究報告, No. 3, 225-259.

国土地理院 (1996) 都市圏活断層図「大阪西北部」
国土地理院 (1996) 都市圏活断層図「大阪東北部」
産業技術総合研究所地質調査総合センター (2004)
大阪堆積盆地 3 次元地盤構造モデル CD-ROM.

Schlumberger (1995) DSI--Dipole Shear Sonic Imager:
Schlumberger Wireline and Testing, Sugar Land,
Texas, Document SMP-9200, 36 p.

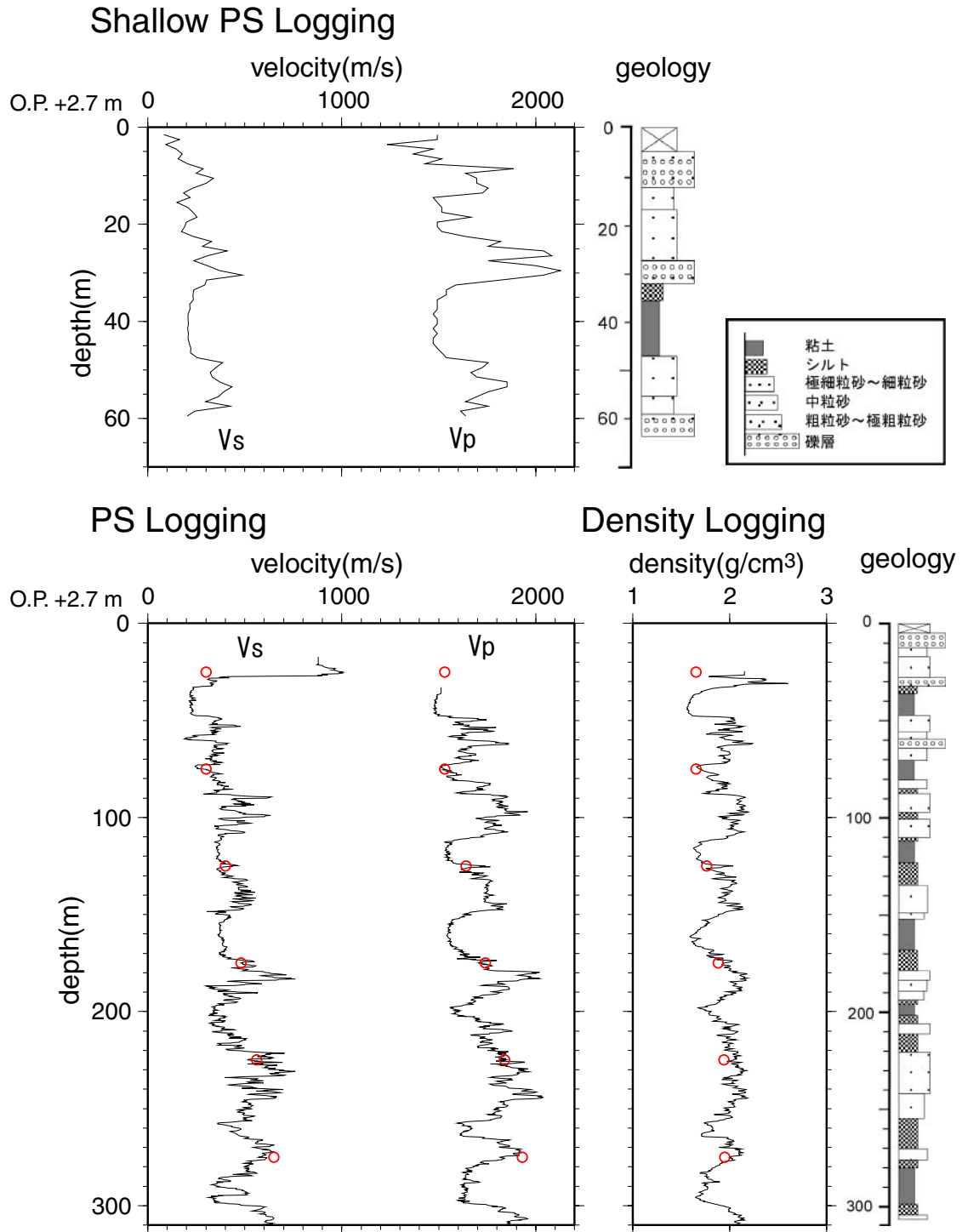
山本浩司・田中礼司・関口春子・吉田邦一 (2005)
地盤情報データベースによる大阪堆積盆地の Vs
推定式と浅層地盤モデル, 第 40 回地盤工学研
究発表会.

(受付: 2005 年 9 月 4 日, 受理: 2005 年 10 月 31 日)



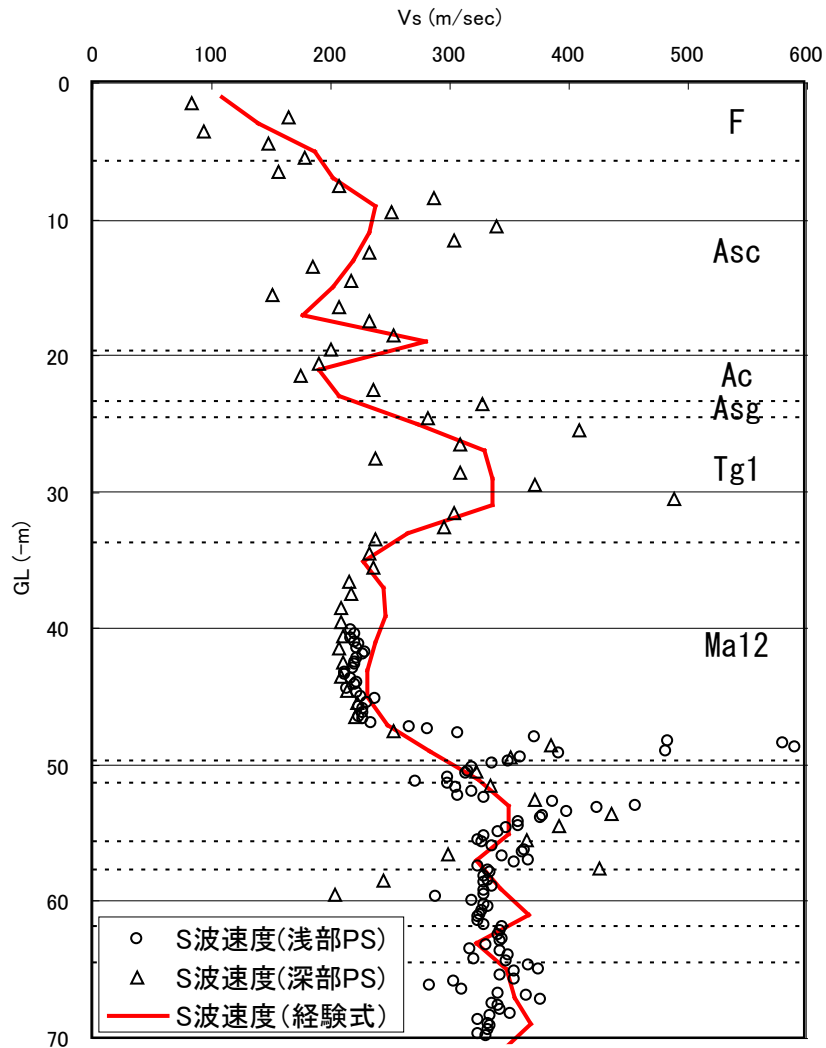
第 1 図. PS 検層調査位置. 上町断層のトレース (橙の点線) は都市圏活断層図「大阪東北部」
「大阪西北部」(国土地理院, 1996).

Fig. 1. Location of PS and density logging. The fault trace of the Uemachi fault system (dashed orange line) is from Active Fault Map in Urban Area, “Osaka Tohoku-bu” and “Osaka Seihoku-bu” (Geographical Survey Institute, 1996).



第2図. 上) 浅部 PS 検層によって求められた深さ 60 m までの P 波, S 波速度の分布, および, 地質柱状図. 下) PS 検層, 密度検層により求められた深さ 40~310 m の P 波, S 波速度, 密度の分布, および, 地質柱状図. 赤丸は, 大阪堆積盆地 3 次元地盤構造モデル (データ: 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2004; 文献: 堀川・他, 2003) で調査孔に最も近いグリッドにおける P 波, S 波速度と密度の値. 3 次元地盤構造モデルのグリッド間隔は, 水平方向 100 m, 深さ方向 50 m である. 「OP」とは, 「大阪湾平均干潮位」.

Fig. 2. Upper) Depth profile of P-wave and S-wave velocities from the shallow PS logging measurement and geologic column. Lower) Depth profile of P-wave, S-wave velocities and density from PS logging and density logging measurements and geologic column. The red circles indicate the values modeled in the three-dimensional subsurface structure model of the Osaka sedimentary basin (Data: Geological Survey of Japan, AIST, 2004, reference: Horikawa *et al.*, 2003) for the area of the logging site. The grid intervals of the three-dimensional structure model are 100 m in horizontal directions and 50 m in depth direction. O.P. means mean low water level in Osaka Bay.



第3図. PS 検層 (浅部, および, 深部) による S 波速度の測定値 (△印および○印) と, 大阪堆積盆地浅層地下構造のモデル化のために構築した経験式による推定 S 波速度 (赤線) との対比. 推定 S 波速度は, 地層を 2m 単位で細分化した各部分の土質, 深さ, N 値について, 土質毎に構築された経験式を使用して推定したもの (山本・他, 2005).

Fig. 3. Comparison of S-wave velocity measured by the (shallow and deep) PS logging (triangles and circles) and that estimated based on the empirical relation constructed for modeling shallow basement structure in Osaka sedimentary basin (red line). Estimated values are obtained from soil condition, depth and N-value with the empirical formula constructed for each soil conditions (Yamamoto *et al.*, 2005).