

大阪堆積盆地における深部地盤 構造のモデル化 (その2)

宮腰 研¹・香川敬生¹・越後智雄¹・堀江佳平²・澤田純男³

¹財団法人大阪土質試験所 (〒550 大阪市西区立売堀 4-3-2)

²阪神高速道路公団 (〒541 大阪市中央区久太郎町 4-1-3)

³京都大学防災研究所 (〒611 宇治市五ヶ庄)

大阪湾を含む大阪堆積盆地構造のモデル化は香川ら¹⁾によって行われているが、1995年兵庫県南部地震以降、関西で多くの物理探査が実施され地下構造の新しい知見が蓄積されている。そこで、新しく得られた地下構造データを用いて大阪堆積構造モデルの再構築を行った。また、地下構造探査がほとんど行われていない大阪府周辺部では微動観測結果を用いて基盤岩深度の推定を行った。地下構造の再構築に用いたデータ地点は約1760点であり、香川ら¹⁾と比べてデータ量は約2倍に増えている。新しく得られた大阪堆積盆地構造モデルは重力による基盤岩深度分布とよい一致が得られた。また、新しいモデルでは香川ら¹⁾では難しかった大阪堆積盆地の北東側の地下構造をうまく説明することができる。

Key Words : *Osaka Plain, bi-cubic B-splines, geophysical surveys, 3D-velocity model, microtremors*

1. 基盤岩構造のモデル化

$B_k(r)$ は

$$\begin{aligned} B_1(r) &= \frac{r^3}{6} \\ B_2(r) &= \frac{-3r^3 + 3r^2 + 3r + 1}{6} \\ B_3(r) &= \frac{3r^3 - 6r^2 + 4}{6} \\ B_4(r) &= \frac{-r^3 + 3r^2 - 3r + 1}{6} \end{aligned}$$

で表される3次関数である。

(1) 香川ら¹⁾によるモデル

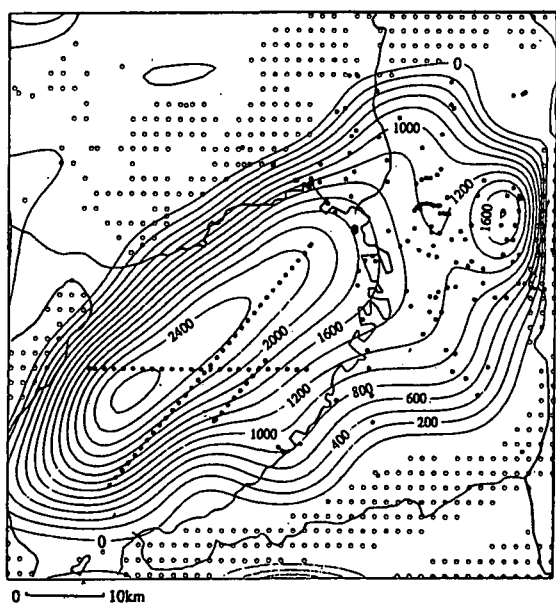
香川ら¹⁾は大阪堆積盆地の基盤岩をモデル化する際、Koketsu and Higashi²⁾に基づき2次元3次Bスプライン関数を用いた。今回も同様の手法を用いて地下構造モデルの再構築を行った。香川ら¹⁾による基盤岩構造モデルを図-1に示す。黒丸は物理探査などによって基盤岩深度が得られている地点(約240地点)、白丸は基盤岩が地表に露頭していると考えられる地点(約600地点)を示している。図中のコンターは0.2km毎の基盤岩深度を示す。このとき、香川ら¹⁾は北港発破点(北緯34度39分37.1秒、東経135度24分4.0秒)を中心に東西-45~27km、南北-44~28kmの領域を12[km]×12[km]に分割してモデル化を行った。用いたスプライン関数は

$$z(x, y) = \sum_{i=1}^{I+3} \sum_{j=1}^{J+3} c_{i,j} B_{4+I-i} \left(\frac{x-x_I}{w_x} \right) \cdot B_{4+J-j} \left(\frac{y-y_J}{w_y} \right)$$

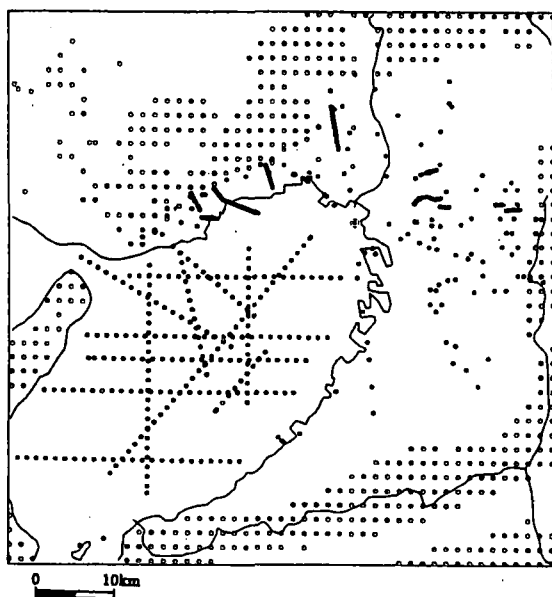
であり、 z は地点 (x, y) における基盤岩深度を示す。

(2) 地下構造モデルの再構築

図-2の黒丸は1995年兵庫県南部地震以降、大阪湾や神戸・大阪市内で行われた地下構造探査地点(約360地点)を示している。図から大阪府周辺部では地下構造探査がほとんど行われていないことが分かる。そこで、若松ら³⁾の微動観測による水平動と上下動のスペクトル比(以下、H/Vスペクトル)の卓越周期変化を利用して大阪府周辺部の基盤岩深度の推定を試みた。ただし、若松ら³⁾が用いた観測システムの特性を考慮し、H/Vスペクトルの卓越周



図一 香川ら(1993)による基盤岩構造モデル

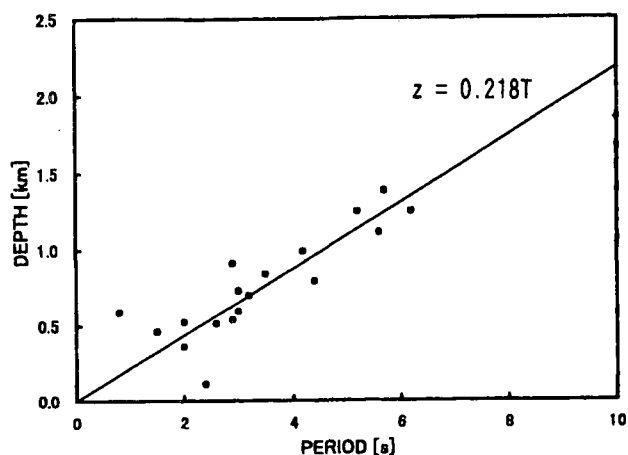


図二 物理探査等によって得られた基盤岩深度のデータ地点

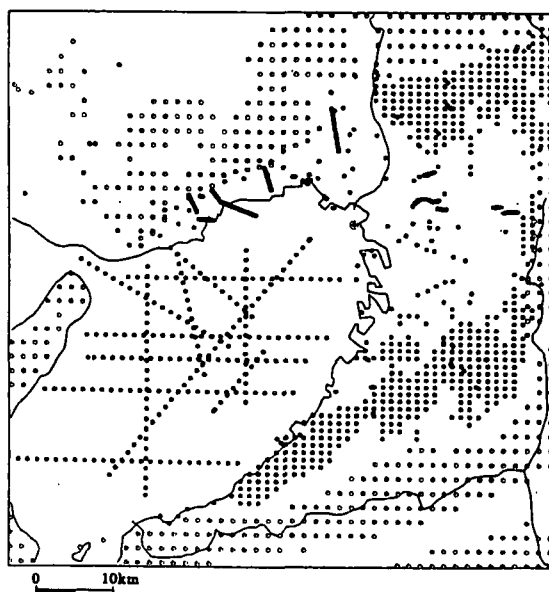
期が1～6秒までの地点(約560地点)を選んだ。

図一3に微動のH/Vスペクトルの卓越周期と微動観測地点近傍の屈折波探査や反射法探査による基盤岩($V_s=3.2\text{km/s}$)深度の関係を示す。両者は非常によい相関を示しており、H/Vスペクトルの卓越周期を $T[\text{s}]$ 、基盤岩深度を $z[\text{km}]$ とすると、両者の関係は最小二乗法を用いて、

$$z = 0.218T \quad (1.0 \leq T \leq 6.0)$$



図一3 H/V スペクトルの卓越周期と基盤岩深度



図一4 用いた基盤岩深度のデータ地点

となる。そこで、この関係を用いて大阪府周辺域の基盤岩深度を推定した。微動のH/Vスペクトルから得られた基盤岩深度分布は井上ら⁴⁾が行った重力異常による基盤岩深度変化と調和的であった。

最終的に基盤岩構造のモデル化に用いた観測点(約1760地点)を図一4に示す。基盤岩構造のモデル化に用いる観測点が増えたことから、香川ら¹⁾が用いた小領域をさらに細かくして、 $9[\text{km}] \times 9[\text{km}]$ に分割してスプライン係数を求めた。得られるスプライン係数は表一1に示すように 11×11 の121個になる。図一5に得られた基盤岩の深度変化を 0.2km 毎のコンターで示す。大阪堆積盆地の外側に

表一 1 基盤岩構造モデルを表すスプライン係数

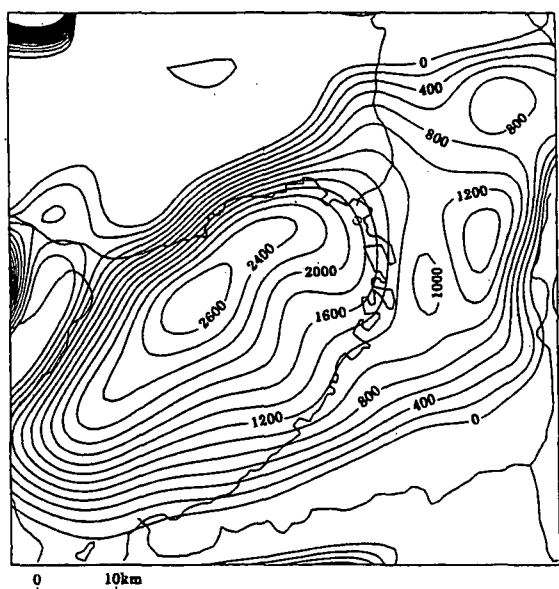
		1										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
J	1	-0.791	1.137	2.565	0.234	4.785	6.863	6.179	-11.099	2.370	-7.697	30.373
	2	-0.205	-0.720	-0.826	-0.227	-1.325	-1.019	0.308	1.391	0.070	-0.950	0.313
	3	-0.647	0.010	1.038	-0.028	0.588	-0.130	-1.223	-1.061	-0.854	0.797	-3.253
	4	-0.591	1.574	2.891	1.860	1.061	1.389	1.159	-0.348	0.389	-2.747	5.661
	5	-1.927	-2.735	2.123	2.658	2.165	2.047	0.525	1.800	0.053	2.264	-19.008
	6	27.254	-1.717	-0.944	3.307	3.391	0.886	2.863	-0.368	3.101	-5.392	30.958
	7	-10.868	1.418	1.315	-2.498	2.797	3.664	1.660	0.998	2.049	1.369	-28.067
	8	0.922	-1.648	-0.454	0.804	-2.461	-0.035	1.399	1.035	0.118	0.683	3.494
	9	-0.774	0.658	0.665	-1.943	2.191	-2.571	1.620	-0.501	2.398	0.068	2.245
	10	1.274	-1.548	-2.345	4.474	-2.919	4.028	-4.230	0.368	-3.412	1.556	-8.352
	11	-60.011	75.682	100.648	-446.163	-10.472	-27.162	26.234	-8.112	14.412	-14.604	84.626

表一 2 AB境界面を表すスプライン係数

		1										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
J	1	0.204	0.711	-0.156	0.959	2.262	6.761	14.994	-15.342	4.769	-14.447	75.484
	2	-0.567	-0.644	0.009	-0.441	-0.747	-1.235	-1.053	2.138	-0.312	0.555	-10.633
	3	-0.172	0.022	0.083	0.259	0.179	0.242	-0.461	-1.483	-0.640	-0.438	6.431
	4	-0.321	0.342	0.622	0.162	0.239	0.081	0.401	0.091	0.262	-1.657	-2.843
	5	-0.346	-0.892	0.412	0.866	0.520	0.414	-0.004	0.280	-0.081	1.038	-8.548
	6	5.260	-0.896	-0.159	0.395	0.610	0.370	0.456	0.062	0.616	-1.390	7.217
	7	-1.094	0.224	0.125	-0.512	0.499	0.571	0.214	0.404	-0.050	0.746	-11.240
	8	-0.023	-0.477	-0.135	-0.086	-0.986	-0.077	0.218	-0.037	0.257	-0.229	2.572
	9	-0.207	0.186	0.062	-0.501	-0.163	-1.156	0.476	0.151	0.305	0.260	-0.954
	10	0.214	-0.861	-0.866	1.534	1.641	0.942	-1.290	-1.220	-0.059	-0.442	2.316
	11	-57.715	77.977	91.733	-491.010	-24.293	-9.966	8.742	1.064	-2.254	-2.765	12.154

表一 3 BC境界面を表すスプライン係数

		1										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
J	1	0.412	0.442	-1.076	0.376	2.657	9.482	10.959	-13.631	3.887	-11.695	58.974
	2	-0.600	-0.542	0.235	-0.261	-0.886	-1.567	-0.389	1.839	-0.182	-0.062	-6.121
	3	-0.148	-0.104	-0.157	0.084	0.305	0.340	-0.840	-1.313	-0.710	0.079	2.388
	4	-0.565	0.804	1.797	0.756	0.309	0.391	0.761	-0.064	0.273	-2.074	0.512
	5	-0.753	-1.523	0.781	1.689	1.165	1.001	0.088	0.776	0.032	1.472	-12.456
	6	11.340	-0.821	-0.375	1.244	2.092	0.408	1.500	0.005	1.290	-2.682	15.437
	7	13.770	-2.000	0.756	-1.309	1.357	1.923	0.362	0.593	1.280	0.544	-16.255
	8	-0.356	-0.293	-0.126	0.175	-1.441	-0.333	0.956	0.289	0.080	0.216	2.462
	9	-0.162	0.067	0.075	-0.946	0.637	-1.446	0.649	-0.039	1.113	0.091	0.570
	10	0.180	-0.538	-0.755	2.147	-0.113	1.762	-2.068	-0.665	-1.407	0.492	-2.347
	11	-41.328	55.020	65.211	-359.131	-15.966	-14.910	13.854	-2.317	4.671	-8.390	43.297



図一 5 大阪堆積盆地の基盤岩深度

見られるいくつかのコンターは、その領域内で与えたデータの点数が少なかったことに起因するエラーである。

2. 堆積層のモデル化

堆積層の層分割は反射法探査や微動探査などの結果を参考に A 層（沖積・洪積層）、B 層（大阪層群上部・下部）、C 層（大阪層群最下部）、D 層（基盤岩）に分けた。基盤岩深度しか分かっていない地点では、各層の境界深度は香川ら¹⁾の結果に基づき、

$$Z_{ab}=0.191 \times Z_{base}$$

$$Z_{bc}=0.472 \times Z_{base}$$

を用いた。ただし、 Z_{ab} 、 Z_{bc} はそれぞれ AB 層、BC

層の境界深度, Z_{base} は基盤岩深度である。得られた堆積層境界深度をもとに, 2次元3次Bスプライン関数を適用して堆積層のモデル化を行った。表-3, 4にそれぞれ AB 境界深度, BC 境界深度のスプライン係数を示す。

3. 結論

今回得られた基盤岩構造モデルと物理探査などによる実測基盤岩深度データの比較を行った。図-6の実線は基盤岩構造モデル, 黒丸は実測深度データである。両者は非常によく一致している。ただし, 六甲断層や大阪湾断層のような基盤岩深度が急変する地帯では両者のよい一致が得られなかった。用いた2次元3次Bスプライン関数は滑らかな地下構造を与えるため, 断層のような地下構造の急変部を表現するのは困難と考える。

1995年兵庫県南部地震以降, 関西で多くの物理探査が実施され地下構造の新しい知見が蓄積されている。そのため, 新しく得られた地下構造データを用いて大阪堆積構造モデルの再構築を行った。物理探査や微動観測から得られた地下構造データは約1760点であり, 香川らと比べてそのデータ量は約2倍に増えた。得られた地下構造モデルは重力による地下構造と調和的であり, 香川らでは難しかった大阪堆積盆地の北東部分や上町台地の地下構造をうまく説明することができた。

謝辞: (株)大林組・技術研究所の若松邦夫氏には微動データを提供して頂きました。記して感謝します。

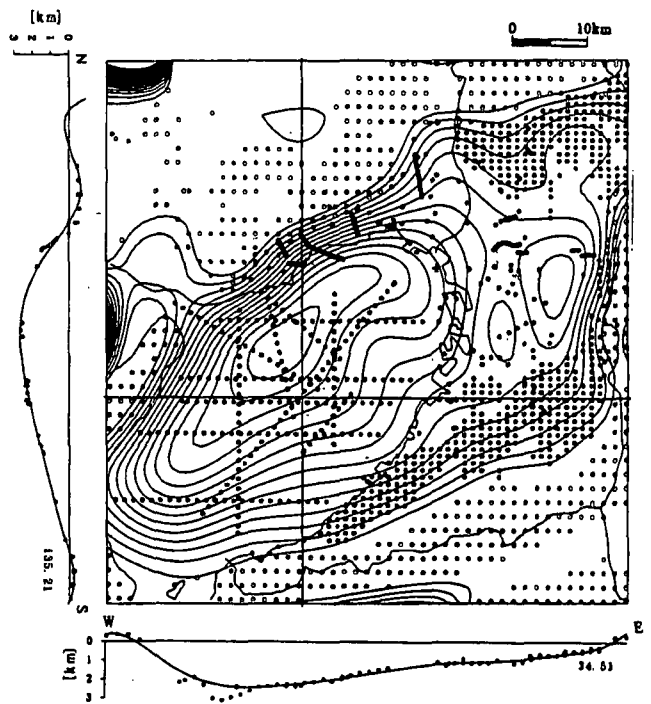


図-6 基盤岩モデルと物理探査等による実測基盤岩深度

参考文献

- 1) 香川敬生, 澤田純男, 岩崎好規, 南荘 淳: 大阪堆積盆地における深部地下構造のモデル化, 第22回地震工学研究発表会講演概要, pp.199-202, 1993.
- 2) Koketsu, K. and S. Higashi: Three-dimensional topography of the sediment/basement interface in the Tokyo metropolitan area, Central Japan, B.S.S.A, 82, pp.2328 - 2349, 1992.
- 3) 若松邦夫, 澤田純男, 大堀道広, 入倉孝次郎: 微動からみた大阪平野の地盤震動特性, 第24回地盤振動シンポジウム, pp.21-34, 1996.
- 4) 井上直人, 中川康一, 千田智志, 領木邦浩, 志知竜一: 重力からみた大阪湾堆積盆地の基盤構造, 地球惑星科学関連学会, 1996年合同大会, D41-10, 1996.