

N値を用いた名古屋市域の浅部地盤のモデル化

正会員 高橋広人*
同 福和伸夫**

名古屋市 N値 浅部地盤モデル 地震動予測
地盤資料 S波速度構造

1.はじめに

地震動のマイクロゾーニングを行う上で地盤の增幅特性を適切に把握することが重要である。增幅特性を把握する資料としてはPS検層があるが、名古屋市域においては約300地点と市全域を網羅するには至らない。一方で約10000本のボーリングデータに基づき名古屋市域における浅部地盤の地質構造が整理されており^{1),2)}、その後ボーリング調査地点は約40000地点まで増加している。本稿では名古屋市の地震動予測にあたって作成した浅部地盤モデルについて述べる。

2.名古屋市域の浅部地盤の概略

名古屋市は濃尾平野の東部に位置し、濃尾傾動地塊運動^{1),2)}により地層が西に沈み込んでいるため市の西部は低地、東部は丘陵地となっている(図1¹⁾)。浅部地盤を構成する地層はA_o:南陽層・濃尾層、D₄:鳥居松礫層・小牧礫層・大曾根層、D_{3u}:熱田層上部、D_{3l}:熱田層下部、D_m:海部・弥富累層、D₁:八事・唐山層、P_o:矢田川累層であり、主として低地では年代の新しい順にA_o、D₄、D_{3u}、D_{3l}、D_m、P_o、丘陵地ではD₁、P_oの順に層構成をなしている。図2に名古屋市域におけるPS検層データの各地層に含まれる土質の割合およびN値のばらつきを示す。図2より各地層を構成する土質には特徴があり、そのためN値のばらつきや平均値に違いが見られることがわかる。

3.地盤構造のモデル化

3.1 地盤のモデル化の方針

名古屋市浅部地盤の既往のモデル化の例として福和・他³⁾は、

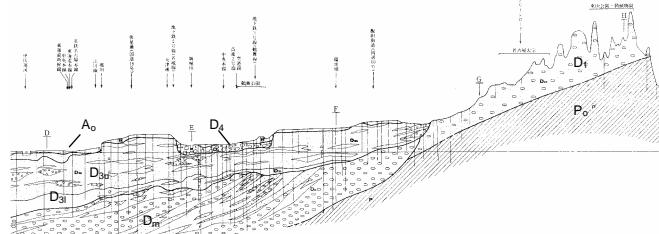


図1 名古屋市浅部地盤の東西断面の一例¹⁾

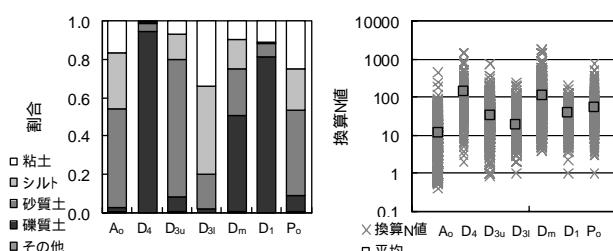


図2 各地層の土質構成とN値のばらつき

S波速度(以下Vs)の境界は文献1)による地層境界を用い、ボーリング調査実施地点では土質・地層年代を考慮したN値とVsの関係を、ボーリング調査のない地点では地層年代を考慮した深度とVsの関係を用いて浅部地盤の速度構造を構築している。しかしながら丘陵地では風化により同一地層内でVsが変化することが考えられるが、この方法はボーリング調査のない地点ではD₁、P_oの2層でしか速度構造を表現することができない問題がある。一方で前述の通りN値のばらつきは各地層で特徴が見られ、また風化の影響はN値に現れるものと考えられる。したがって市西部の地層境界を考慮しつつ市東部の風化の影響を考慮した浅部地盤の速度構造を得るためにN値による層構造を作成し、これに文献1)の地層境界面を組合せ、PS検層データに基づくN値とVsの関係を用いて浅部地盤の速度構造を構築することとした。

3.2 N値とVsの関係式

ボーリングデータのある地点ではN値、土質、地層年代、ボーリング調査のない地点ではN値、地層年代が情報として得られるため、これらをパラメータとするVsとの関係式をPS検層データより式(1)の形式で求めた。得られた係数を表1、2に示す。

$$Vs = a \cdot N^b \quad (1)$$

図3 N値とVsの関係

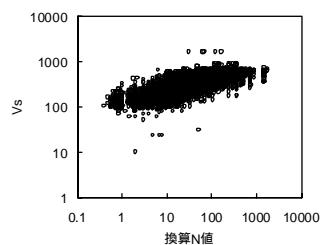


表1 N値・土質・地層年代とVsとの関係式の係数一覧

	a						b
	A _o	D ₄	D _{3u}	D _{3l}	D _m	D ₁	
粘土	92.13	-	143.96	132.86	154.49	198.56	200.80 0.195
シルト	94.55	-	141.27	128.77	148.48	-	199.90 0.192
砂	105.62	179.85	135.13	124.56	148.44	-	182.41 0.224
礫	156.10	232.03	201.76	-	245.45	265.39	247.81 0.170

表2 N値・地層年代とVsとの関係式の係数一覧

	A _o	D ₄	D _{3u}	D _{3l}	D _m	D ₁	P _o
a	127.64	169.43	156.68	200.44	211.84	177.01	155.24
b	0.124	0.164	0.154	0.106	0.156	0.209	0.250

3.3 標準貫入試験データの層構造化

標準貫入試験は通常深さ方向に1m毎に実施される。このためN値の層境界面を作成するためには、各標準貫入試験データにおいてN値に基づく層構造に変換する必要がある。標準貫入試験データを平均N値による層構造とする方法としては土質柱状図に基づき土質毎に平均N値を求める方法がある

が、挟み層などを含む等土質境界が細かくなっているデータに対して、PS 検層の結果は必ずしも速度境界が細かく分割されているわけではない。このため式(2)を満たすように平均 N 値の層を作成した。

$$\log_{10}(-N) / \log_{10}(N) < 0.7 \quad (2)$$

ここで、N:平均 N 値、N:標準偏差である。これは平均 N 値に対して 0.6 から 1.4 倍程度のばらつきを許容するものであるが、このばらつきは Vs と N 値の関係式から得られる Vs のばらつきに換算すると 10% 程度であり速度構造の構築を目的とする上では十分であると考える。市西部及び市東部における PS 検層実施地点において適用した結果得られた平均 N 値の層構造の一例を図 4 に示す。得られた層構造は PS 検層による速度構造と概ね対応し、適用した平均化の方法は妥当なものであると考えられる。

3.4 N 値境界面の作成

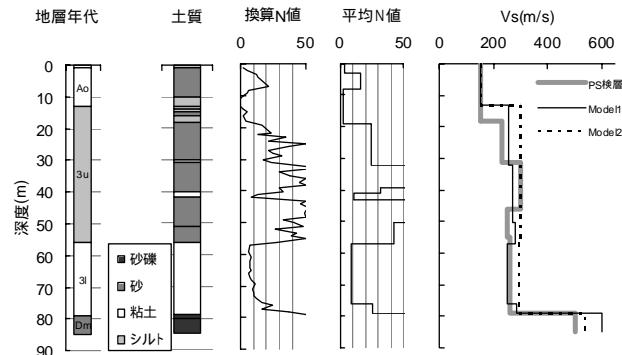
N 値の境界面を作成する上で、各ボーリングについて作成した平均 N 値の層構造から共通の層を抽出する必要がある。N 値のばらつきは各地層で特徴が見られるため、文献 1)、2)による地層境界面の深度分布と N 値を探索条件にして共通の N 値を抽出した。しかしながら市東部は必ずしも地層境界が N 値の境界面と一致しないと考えられるため、PS 検層による速度値に基づき仮の境界面を作成し、これを探索条件とした。表 3 に探索条件の一覧を示す。探索は基準とする境界面から上下 10m 程度の範囲内で最も境界面に近い対象の N 値を探す方法で行った。図 4 には作成した N 値の境界面を文献 1)の地層境界面と組み合わせて表 2 の係数を用いて推定した S 波速度構造を Model1 として PS 検層結果と重ねて示す。また Model2 は福和・他³⁾による文献 1)の地層年代を考慮した深度と Vs の関係による S 波速度構造である。図 4 より市西部の例では Model1、Model2 ともに PS 検層結果と概ねよい対応を示すが、市東部の例において Model2 では深度 50m 付近に現れる Vs500m/s 程度の速度層を表現することができない。一方で Model1 は PS 検層結果と概ねよい対応を示し、本手法による速度構造は概ね妥当と考えられる。図 5 に作成した N 値境界面の一例(第 9 層)を示す。作成した境界面は物性値(N 値)に基づいているため、地層の分布範囲に捕らわれない層構造が得られていることがわかる。

4.まとめ

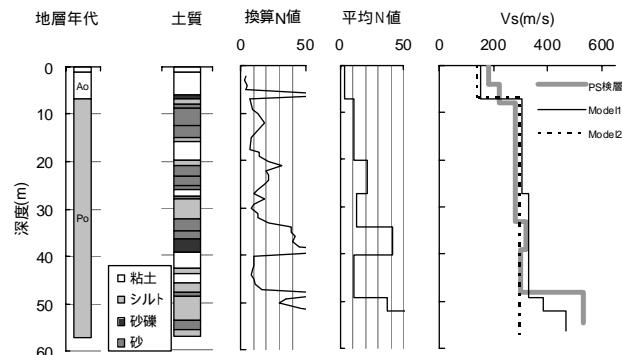
名古屋市の地震動予測にあたって N 値による層構造を作成し、これに文献 1)の地層境界面を組合せ、浅部地盤の速度構造を構築した。PS 検層地点における検証の結果本手法は名古屋市内全域に対して適用できるものと考えられる。ただし本手法は、ボーリングデータが多数蓄積された上地盤資料もそろった場合に適用が限られ、全国的に適用するためにはさらなる検討が必要である。

謝辞

本稿は名古屋市東海地震等震度分布予測調査において実施したものです。検討にあたっては応用地質株式会社、辻岡氏の貴重な意見をいただきました。ここに謝意を表します。



(a)名古屋市西部の一例



(b)名古屋市東部の一例

図 4 PS 検層地点におけるモデル化の適用例

表 3 N 値の探索条件一覧

	市西部(丘陵地)	市東部(丘陵地)
1	N 値 10 以上	N 値 10 以上・Vs200m/s 以上
2	N 値 30 以上	N 値 30 以上・Vs300m/s 以上
3	N 値 40 以上・D _{3u} 層	N 値 40 以上・Vs400m/s 程度
4	N 値 40 未満・D _{3l} 层	-
5	N 値 50 以上・D _m 层	N 値 50 以上・Vs400m/s 以上
6	N 値 50 未満・海部累層	-
7	N 値 50 以上・海部累層	N 値 50 以上・Vs450m/s 以上
8	N 値 50 未満・海部累層	-
9	N 値 50 以上・第 3 碼層	N 値 50 以上・Vs500m/s 以上

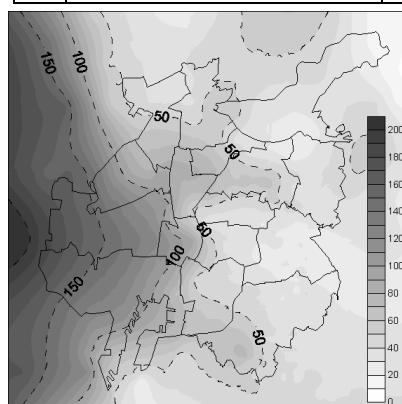


図 5 作成した N 値境界面の深度分布(m)の一例

参考文献

- 1) 土質工学会中部支部:最新名古屋地盤図,名古屋地盤図出版会,1988.
- 2) 東海三県地盤沈下調査会:濃尾平野の地盤沈下と地下水,名古屋大学出版会,1985.
- 3) 福和・他:GIS を用いた既存地盤資料を活用した都市域の動的地盤モデル構築,日本建築学会技術報告集,第 9 号,pp249-254, 1999.