

愛知工業大学工学部 正会員 正木和明

同 上 谷口仁士

同 上 飯田淑事

1. はじめに

地盤の地震時応答を計算する際、地盤のせん断波速度、単位体積重量、減衰を表わすQ値の3つの量は重要であるにもかかわらず、これら諸量の測定は困難であるため、一般の地盤調査においては通常測定されない。しかしその重要性は日増しに高まっている。幸い、地層年代、土質正分、N値の測定は通常の地盤調査では実施される事実、名古屋市の例をとっても、報告は数十例に達している。したがって、もし、これらの土質指標を用いて上記3つの諸量を推定できるならば大変有効な手段となる。著者等は名古屋地盤35地英において上記3つの諸量を測定した。本報告は35地英の測定結果をもとに、せん断波速度、単位体積重量、Q値とN値、深度、地層年代、土質正分の4つの土質指標を用いて推定する経験式を提案するものである。

2. せん断波速度の推定式

せん断波速度とN値の関係については多くの報告がある。この関係を更に詳細に調べたのが図1である。土質を粘土、シルト、砂、砂礫の4つに区分した上で、更に、沖積層、洪積層、第三紀層の地層年代別に示してある。図1よりせん断波速度は土質、地層年代、N値と関係していることは明らかである。また、同じN値、土質、地層年代であっても深度の深いところではせん断波は速いと考えられる。

以上の考察にもとづき、せん断波速度 V_s はN値(N)、深度(H)、地層年代(CE)、土質(CF)の関数であると仮定する。ただし、地層年代CEと土質CFは本来定性的指標であり、このままでは量的扱いができない。そこで林の数量化理論工類を適用しCEとCFを数値化する。Item CEは3つのCategory(沖積層、洪積層、第三紀層)に、CFは4つのCategory(粘土、シルト、砂、砂礫)に区分し、それぞれに数値を与え、各数値は目的変数(せん断波速度)を最も近似するように決められる。35ボーリング地英の約470個のせん断波速度と4つの指標との組合せから得られた経験式は次のとおりである。

$$V_s \text{ (m/sec)} = 98.0 N^{0.170} H^{0.104} \left[\begin{array}{l} 1.00 \text{ (沖積層)} \\ 1.29 \text{ (洪積層)} \\ 1.66 \text{ (第三紀層)} \end{array} \right]_{CE} \left[\begin{array}{l} 1.00 \text{ (粘土)} \\ 0.87 \text{ (シルト)} \\ 0.84 \text{ (砂)} \\ 0.98 \text{ (砂礫)} \end{array} \right]_{CF} \quad \text{---(1)}$$

実測せん断波速度 V_s と推定せん断波速度 V'_s との相関を図3に示す。相関係数は0.89である。

3. 単位体積重量の推定式

N値測定時にサンプラー内に採取されるコア単体の体積と重量を求め単位体積重量を算出した。図2に単位体

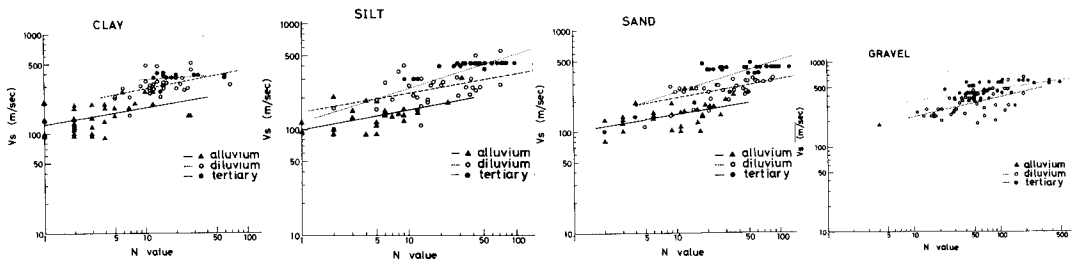


図1 土質区分別、地層年代区分別にみたせん断波速度 V_s とN値との関係

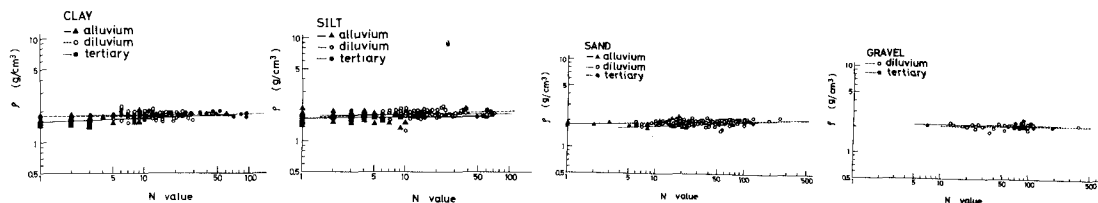


図2 土質区分別、地層年代区分別にみた単位体積重量 γ とN値との関係
 積重量 γ (g/cm^3)とN値の関係を地層年代、土質別に示す。単位体積重量について次の経験式が得られた。

$$\gamma' (\text{g}/\text{cm}^3) = 1.70 N^{0.027} H^{-0.018} \begin{matrix} \left[\begin{matrix} 1.00 (\text{沖積層}) \\ 1.04 (\text{洪積層}) \\ 1.03 (\text{第三紀層}) \end{matrix} \right]_{CF} \left[\begin{matrix} 1.00 (\text{粘土}) \\ 1.01 (\text{シルト}) \\ 1.06 (\text{砂}) \\ 1.12 (\text{砂礫}) \end{matrix} \right]_{CF} \end{matrix} \quad (2)$$

使用したデータは約500である。実測単位体積重量 γ と(2)式による推定単位体積重量との相関を図4に示す。相関係数は0.67である。

4. Q値の推定式

PS検層の際、板叩き法によって発生させたS波波形が深度 z mごとに得られる。この波形記録から各深度での最大速度振中を求めた。最大速度振中 r は次の式で近似される。

$$r = r_0 \cdot \exp(-\alpha x) \quad (3)$$

$$r = r_0 \cdot f(x) \cdot \exp(-\alpha x) \quad (4)$$

x は深度であるが、ほぼ震源からピックまでの距離に等しい。したがって α は減衰係数である。(3)式は平面波の場合に成立する式であり、(4)式は波が *diverge* する場合に成立する式である。*divergence function* $f(x)$ の形についてはいろいろ議論があるが、本報告では $f(x) = x^{-1}$ とする。

5地裏クボーリング孔での測定から得られた減衰係数 α を表1に示す。Q値はせん断波速度 V_s 、波の振動数 f (本報告ではピックの固有振動数28Hzとする)を用いて

$$Q = \pi f / \alpha \cdot V_s \quad (5)$$

で表わされる。得られたQ値を表1に並記する。

Q値と各深度範囲における平均せん断波速度 V_s 、平均N値との関係を図5.6に示す。最小自乗法により求められた関係式は

$$(3)(5) \text{式から求めたQ値の場合} \quad \ln Q = -0.74 + 0.0088 \cdot V_s \quad (6)$$

$$\ln Q = 1.17 + 0.011 \cdot N \quad (7)$$

$$(4)(5) \text{式から求めたQ値の場合} \quad \ln Q = 0.25 + 0.0093 \cdot V_s \quad (8)$$

$$\ln Q = 1.52 + 0.029 \cdot N \quad (9)$$

となる。これらの式を用いてQ値が推定されよう。

6. 謝辞

終りにのぞみ測定、解析を手伝って頂いた本学研究生坪井利弘、大学院生宮永良一の両君に感謝の意を表します。

表1

測定地所	深度	α	平均S波速度	平均N値	Q値
		(3)式(4)式			(3)式(4)式
高木小	16~85m	0.037/0.015	304%	61	7.8/9.3
千音寺小	27~46	0.052/0.007	315	56	8.6/39.9
津賀田中	2~32	0.160/0.034	215	40	2.6/14.0
十四山公園	50~100	0.220/0.008	356	測定なし	12.4/30.9
港北公園A	16~50	0.072/0.033	245	32	5.0/10.9
B	14~48	0.069/0.026	274	28	4.7/12.4
C	22~50	0.056/0.027	254	31	6.2/11.9

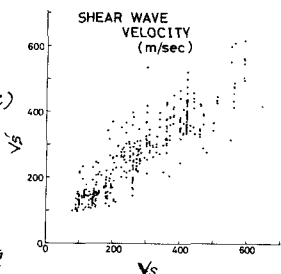


図3 実測せん断波速度 V_s と推定せん断波速度 V_s の関係

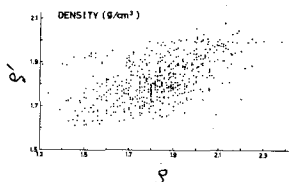


図4 実測単位体積重量 γ と推定単位体積重量 γ との関係

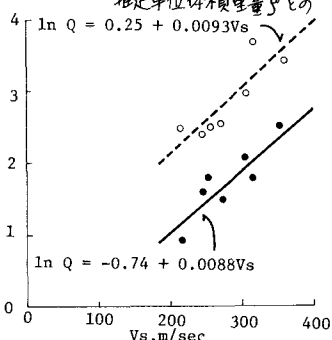


図5 Q値とせん断波速度 V_s との関係

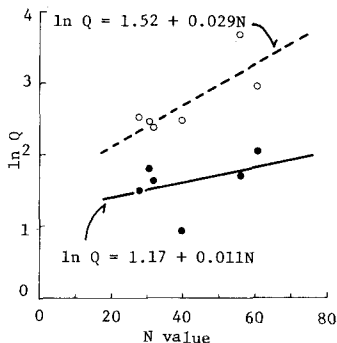


図6 Q値とN値との関係