

S波速度とN値の相関について

明治コンサルタント株式会社 ○谷口 愁太、八重樫剛志

1. はじめに

各種構造物の設計にあたり、その重要度に応じて地震時の検討を行うことが一般的である。地震時の検討においては、地盤の弾性波速度S波を求め、工学的基盤の設定及び地震応答解析に用いることがある。S波については、PS検層から求める方法もあるが、N値から推定する方法も各種提案されている。

本報告では、建築物の設計施工に必要な地盤データを得ることを実施した調査結果を用いて、S波速度とN値との相関性について考察を行った。

2. 調査地の地形・地質概要

調査地は、千葉県北西部の下総台地上に位置する。

下総台地の地質は、第四紀更新世に堆積した新期ローム層・下総層群上部層などからなる。下総層群上部層は、常総粘土層、姉崎層・竜ヶ崎層、木下層に細分され、当該地では木下層が分布するものと考えられる¹⁾。

3. 調査結果

(1) 地盤構成

当該地の地盤構成を把握することを目的として、計画建築物の四隅と中央付近においてボーリング調査結果を行った。ボーリング調査は、建築物の支持層及び工学的基盤を確認するため、N値 ≥ 60 が5m以上連続する深度まで行った。図-1に地質断面図を示す。

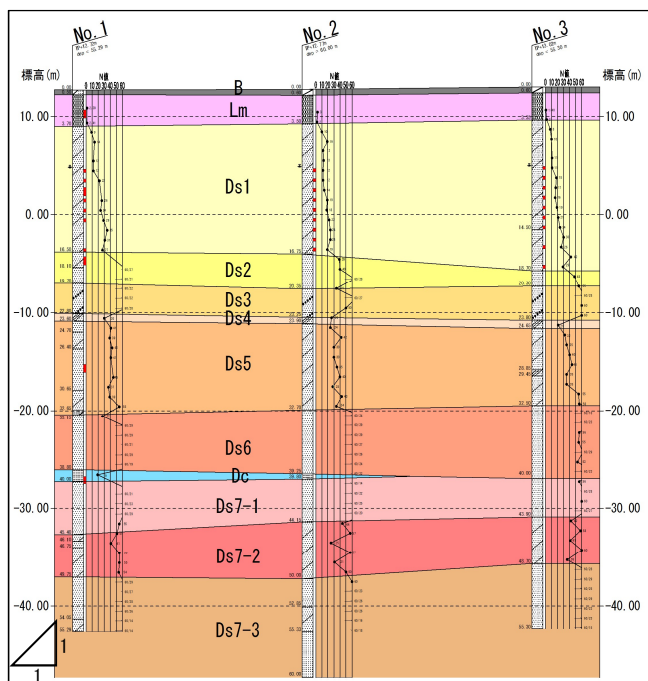


図-1 地質断面図

図-1より、表層にはローム層(Lm)が3~4m程度の層厚で分布し、以深では洪積砂質土層(Ds)となる。一部では層厚1m程度の洪積粘土層(Dc)の介在が認められる。洪積砂質土層(Ds)は、N値の分布や細粒分及び貝殻片の混入状況を加味し、Ds1~Ds7層に区分した。また、Ds6以深ではN値 ≥ 60 を示すものの、Ds7のTP-35m前後においてはN値=20~30程度まで低下する部分が認められることから、Ds7はDs7-1~Ds7-3に細分した。

(2) PS検層結果

PS検層は、ボーリング No. 2において実施した。表-1にPS検層結果を示す。表-1より、S波は、深度方向に増加する傾向を示し、Ds4層以深では $V_s \geq 400$ m/sを示し、Ds6及びDs7-1では $V_s \geq 500$ m/sを示すものの、Ds7-2以深では $V_s < 500$ m/sとなる。図-2よりN値が大きくなるほど V_s も大きくなり、大局的には一般的な傾向を示しているが、N値 > 30 では、N値の上昇に比べ V_s の上昇度合いが大きくなっている。

表-1 PS検層結果(ボーリング No.2)

	深度(GL-m)	土質区分	記号	平均N値	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ポアソン比
1	0.00 ~ 3.50	埋土/ローム	Lm	2.5	528	133	0.466
2	3.50 ~ 16.75	シルト混じり細砂	Ds1	16.8	1153	243	0.477
3	16.75 ~ 20.35	細砂	Ds2	44.3	1653	330	0.479
4	20.35 ~ 23.25	貝殻混じり細砂	Ds3	44.8	1717	373	0.475
5	23.25 ~ 32.70	シルト質細砂/ シルト混じり細砂	Ds4/ Ds5	33.9	1778	408	0.472
6	32.70 ~ 39.25	細砂	Ds6	70.3	1877	523	0.458
7	39.25 ~ 44.15	固結シルト/ 細砂	Dc/ Ds7-1	101.6	1939	536	0.459
8	44.15 ~ 50.00	シルト混じり細砂	Ds7-2	44.0	1827	449	0.468
9	50.00 ~ 55.00	細砂/ シルト混じり細砂	Ds7-3	81.5	1830	435	0.470

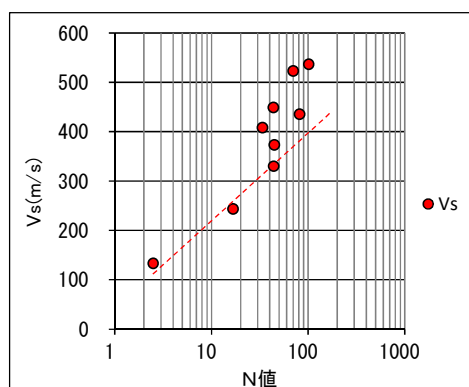


図-2 N値とVsの関係

4. 考察

(1) N 値と S 波の比較

N 値から S 波速度を求める推定式が複数提案されている。一般に用いられる推定式を以下に示す。

$$V_s = 97.0 N^{0.314} \dots \text{今井の式}^{2)}$$

$$V_s = 68.79 N^{0.171} \cdot H^{0.199} \cdot Y_g \cdot St \dots \text{太田・後藤の式}^{3)}$$

$$V_s = 80 N^{1/3} \text{ (砂質土) } (1 \leq N \leq 50) \dots \text{道路橋の式}^{4)}$$

$$V_s = 100 N^{1/3} \text{ (粘性土) } (1 \leq N \leq 25) \dots \text{道路橋の式}^{4)}$$

ここに、

V_s : せん断波速度= S 波速度 (m/s)

N : 層の平均 N 値

H : 地表面から層の中心までの深度 (m)

Y_g : 地質年代係数 (沖積層 1.000、洪積層 1.303)

St : 土質に応じた係数 (粘土 1.000、細砂 1.086、中砂 1.066、粗砂 1.135、砂礫 1.153、礫 1.448)

※本報告では係数は下線の値を使用

図-3に、PS 検層による実測 S 波と上記推定式から求めた S 波 (推定 S 波) の深度分布図を示す。なお、推定 S 波の算定に用いた平均 N 値は、表-1中の値を用いた。

図-3より、 L_m から $Ds2$ 付近までは実測 S 波と推定 S 波は同程度であるが、 $Ds3$ 以深では実測 S 波の方が大きく推定 S 波との乖離が見られ、 $Ds6$ では特に乖離が大きい。また、推定 S 波は、道路橋→今井→太田・後藤の順に大きく算出され、 $Ds7-2$ 及び $Ds7-3$ では太田・後藤の式による推定 S 波は実測値に比較的近似している。

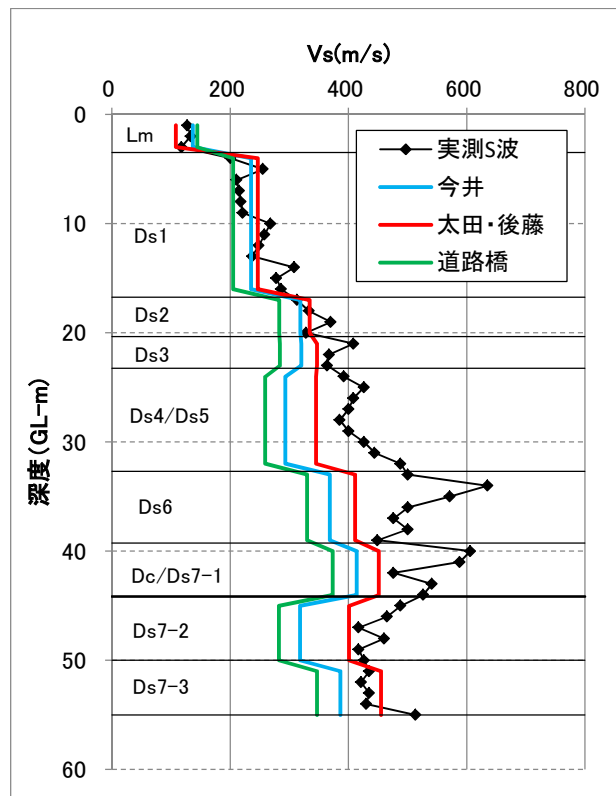


図-3 実測 S 波(1mピッチ)と推定 S 波との比較

図-4には、 N 値と S 波の関係を示す。同図の太田・後藤の式による推定 S 波は、深度 H を 5m、20m、50m とし

た場合を図示した。

今井の式及び道路橋の式による推定 S 波は、実測 S 波の下限値程度を示しており、特に今井の式では、 L_m 、 $Ds1$ 、 $Ds2$ において相関性が高い。

深度補正を行う太田・後藤の式は、深度 20m までに分布する $Ds1$ 及び $Ds2$ 、また、深度 50m 前後に分布する $Ds7-2$ 及び $Ds7-3$ などでは相関性が高い。

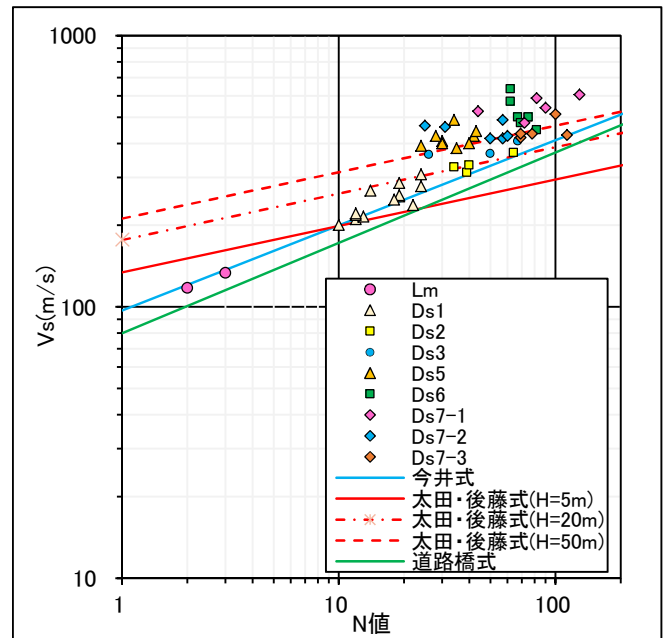


図-4 N 値と S 波の関係(プロットは実測値、線分は推定値)

(2) 実測 S 波と推定 S 波の乖離について

深度 20m 以深では推定 S 波よりも実測 S 波の方が大きな値を示しているが、これは、続成作用の影響によるものと考えられる。しかし、深度補正を行う太田・後藤の式では、乖離は小さくなる。

5. おわりに

深度 20m 付近までは PS 検層による S 波と推定式の S 波の相関性が高いが、深度 20m 以深では相関性が低くなり、 N 値により推定した S 波は、実測値よりも低い結果となった。本報告は洪積地上の地盤を対象とした調査であるが、今後は沖積低地上の地盤なども含め、各種地盤条件での相関性を検討したい。

《引用・参考文献》

- 1) 日本の地質「関東地方」編集委員会編:「日本の地質3「関東地方」」, 共立出版社。
- 2) 今井恒夫、殿内啓司: N 値と S 波速度の関係およびその利用例、基礎工、Vol.16、No.6、pp.70~76、1982
- 3) 太田裕、後藤典俊: S 波速度を他の土質諸指標から推定する試み、物理探査、第29巻、第4号、pp.31~41、1976
- 4) 公益社団法人 日本道路協会:道路橋示方書・同解説、V 耐震設計編、pp.69、2017