

【FE06】

地盤材料の違いによる変形係数 E と N 値の関係

明治コンサルタント(株) ○西尾 和也, 三又 凜太郎, 八重樫 剛志

1. はじめに

変形係数 E は、杭基礎の設計や開削工事等における周辺地盤の挙動を予測する場合など、設計時に必要となる場合が多い。

一般に E を求める方法として、孔内載荷試験での測定、供試体の一軸または三軸圧縮試験から求める、標準貫入試験の N 値から推定するなどが挙げられる。この内、孔内載荷試験から得られる E と標準貫入試験の N 値には、図-1 に示すように $E=670N^{0.986}$ (kN/m²) の相関が認められており、地盤材料に関わらず $E=400\sim 1,000N$ (kN/m²)、平均的には $E=700N$ (kN/m²) という関係が近似的に成立している¹⁾。(以下、変形係数 E の単位は (kN/m²) とし表記を省略する)。

本報告では、孔内載荷試験から得られた E と標準貫入試験の N 値の関係を、地盤材料の違いに着目して考察した。

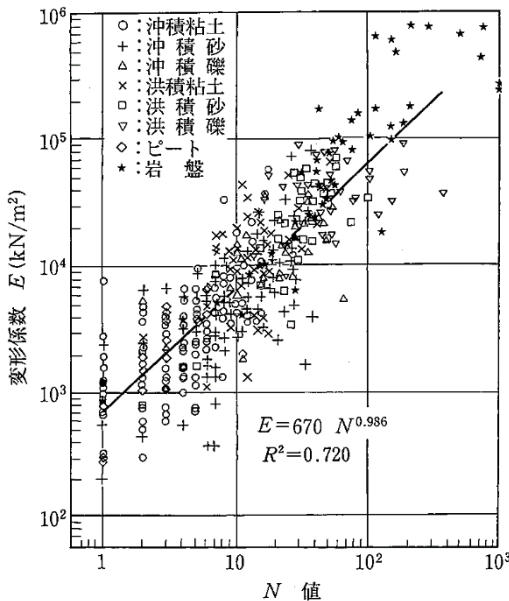


図-1 孔内載荷試験から得た変形係数 E と N 値の関係¹⁾

2. 試験方法

本報告の対象データを取得するのに実施した孔内載荷試験は JGS 1531「地盤の指標値を求めるためのプレッシャーメータ試験方法」に準拠し、試験機は1室型等分布荷重方式を使用した。また、標準貫入試験は JIS A 1219 に準拠し実施した。

3. 対象データおよび分析結果

対象データについて表-1に示す。データは地盤材料によって分けて整理した。また、各データの粗粒含有率 C_c (coarse fraction content から、便宜上 C_c とした)、細粒含有率 F_c による影響を分析するため、粒度分析

の結果からそれぞれを5%未満、5%以上15%未満、15%以上の含有率で分けて地盤材料毎に整理した(表-2参照)。粒度分析を未実施のデータがあることから、表-2のデータ総数は表-1のものより3個少ない。

表-1 対象データ(地盤材料別)

		粘性土	砂質土	礫質土
データ数	計	122	57	44
	最小値	1	1	11
	最大値	100	375	188
N 値	平均値	11	38	61
	最小値	1,413	349	4,102
	最大値	112,700	186,000	107,209
変形係数 E (kN/m ²)	平均値	21,954	31,860	40,103

表-2 対象データ(各地盤材料の粒度別)

C_c : 粗粒含有率 F_c : 細粒含有率 -: データなし	粘性土			砂質土			礫質土			
	$C_c < 5\%$	$5\% \leq C_c < 15\%$	$15\% \leq C_c$	$F_c < 5\%$	$5\% \leq F_c < 15\%$	$15\% \leq F_c$	$F_c < 5\%$	$5\% \leq F_c < 15\%$	$15\% \leq F_c$	
データ数	計 119	12	18	27	1	15	25	0	14	7
N 値	最小値	1	1	1	13	9	1	-	11	29
	最大値	100	43	52	13	136	150	-	188	100
	平均値	15	9	11	13	40	24	-	66	51
変形係数 E (kN/m ²)	最小値	1,413	4,284	1,670	17,469	349	866	-	4,102	12,836
	最大値	112,700	94,620	55,037	17,469	100,146	104,451	-	107,209	50,538
	平均値	18,621	24,225	21,921	17,469	33,807	24,140	-	41,529	37,252

(1) 地盤材料別の分析結果

全データを粘性土、砂質土、礫質土に分けて分析した結果を図-2に示す。

粘性土では、多くのデータが $E=1,000N$ を超えており、2,000~6,000 N の範囲内(平均 $E=2,720N$) に分布する。

砂質土では、多くのデータが $E=400\sim 2,000N$ の範囲内(平均 $E=1,211N$) に分布する。

礫質土では、多くのデータが $E=400\sim 1,000N$ の範囲内(平均 $E=753N$) に分布する。

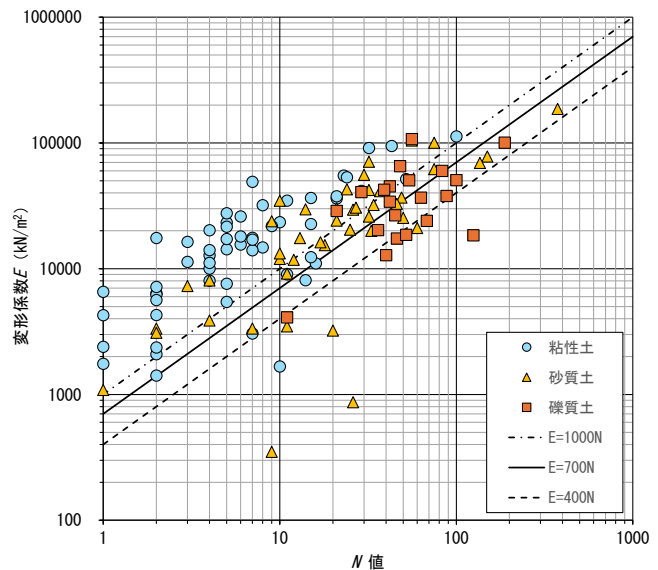


図-2 変形係数 E と N 値の関係(地盤材料別)

(2) 各地盤材料の粒度別分析結果

粘性土では C_c を、砂質土、礫質土では F_c をそれぞれ 5%未満、5%以上15%未満、15%以上の含有率で分けて分析した結果を図-3に示す。また、各データのばらつきの大さを比較するため、変形係数 E と N の関係について、標準偏差 σ 、変動係数 CV について整理した(表-3参照)。

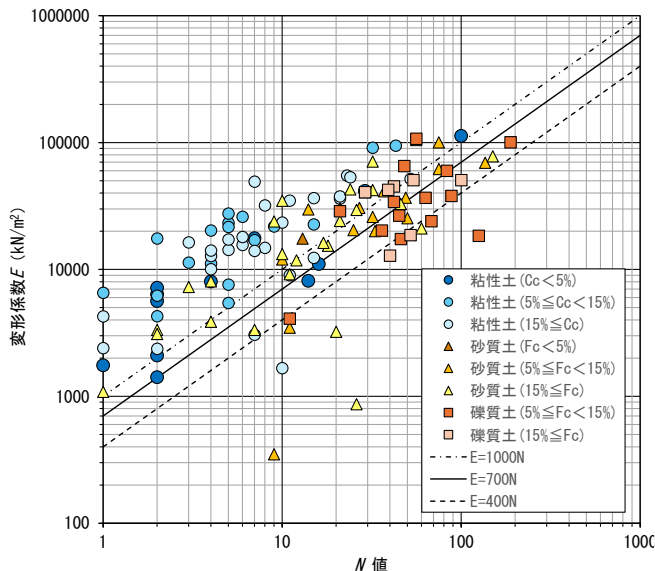


図-3 変形係数 E と N 値の関係(各地盤材料の粒度別)

表-3 各地盤材料の粒度別の変形係数 E と N 値の関係

データ数	計117	粘性土			砂質土			礫質土		
		$C_c < 5\%$	$5\% \leq C_c < 15\%$	$15\% \leq C_c$	$F_c < 5\%$	$5\% \leq F_c < 15\%$	$15\% \leq F_c$	$F_c < 5\%$	$5\% \leq F_c < 15\%$	$15\% \leq F_c$
変形係数 E (kN/m ²)										
最小値	579	1,088	167	1,344	316	161	147	321		
最大値	3,578	8,764	7,018	1,344	2,118	3,469		1,914	1,400	
平均値	1,786	3,612	2,540	1,344	962	1,351		724	812	
標準偏差 σ	1,033	1,980	1,505	-	470	794		492	418	
変動係数 CV (%)	0.58	0.55	0.59	-	0.49	0.59		0.68	0.51	

(※1) 変形係数 $E=A*N$ (kN/m²)

(※2) 係数 A が 100 未満は特異値と判断し棄却して統計処理をした

① 粘性土の変形係数 E と N 値の関係

粘性土のデータで $C_c < 5\%$ のものでは、 $E=579 \sim 3,578N$ を示し、 $E=1,000N$ を超えるものが多い。

$5\% \leq C_c \leq 15\%$ のものでは、 $E=1,088 \sim 8,764N$ を示し、多くが $E=2,000 \sim 6,000N$ の範囲内に分布する。

$15\% \leq C_c$ のものでは、 $E=167 \sim 7,018N$ を示し、多くが $E=2000 \sim 4000N$ の範囲内に分布する。

変動係数 CV は、0.55~0.59であり、粘性土のデータにおける粒度の違いによるばらつきは小さい。

② 砂質土の変形係数 E と細粒分含有率 F_c の関係

砂質土のデータで $F_c < 5\%$ のものは1個のみのため分析できず、 $5\% \leq F_c$ のものと比較しても特筆すべき点は認められなかった。

$5\% \leq F_c \leq 15\%$ のものでは、 $E=316 \sim 2,118N$ を示し、多くが $E=400 \sim 1,000N$ の範囲内に分布する。

$15\% \leq F_c$ のものでは、 $E=161 \sim 3,449N$ を示し、多くが $E=700 \sim 2,000N$ の範囲内に分布する。

変動係数 CV は、0.49~0.59であり、砂質土のデータに

おける粒度の違いによるばらつきは小さい。

③ 礫質土の変形係数 E と細粒分含有率 F_c の関係

礫質土のデータで $F_c < 5\%$ のものは得られなかった。

$5\% \leq F_c \leq 15\%$ のものでは、 $E=147 \sim 1,914N$ を示し、多くが $E=400 \sim 1000N$ の範囲内に分布する。

$15\% \leq F_c$ のものでは、 $E=321 \sim 1,400N$ を示し、多くが $E=400 \sim 1,000N$ の範囲内に分布する。

変動係数 CV は、0.51~0.68であり、 $5\% \leq F_c \leq 15\%$ のものが0.68を示し、礫質土の $15\% \leq F_c$ のものや、砂質土及び粘性土と比較すると、ばらつきが大きい。

4. 考察

(1) 地盤材料別分析結果の考察

地盤材料の違いのみで分析した場合、粘性土については概ね $E=2,000 \sim 6,000N$ の範囲内(平均 $E=2,720N$) で分布する傾向にあった。砂質土については概ね $E=400 \sim 2,000N$ (平均 $E=1,211N$) の範囲内に分布する傾向にあった。礫質土については概ね $E=400 \sim 1,000N$ の範囲内(平均 $E=753N$) に分布する傾向にあった。

以上のことから、変形係数 E を N 値から推定する場合、礫質土、砂質土、粘性土の順で精度が悪くなり、一般的な関係式($E=700N$) と比べると、礫質土は同程度であるが、砂質土は2倍程度、粘性土は4倍程度、孔内載荷試験結果の方が高い値を示している。

(2) 各地盤材料の粒度別分析結果の考察

地盤材料に加えて粒度も考慮し分析した場合、どの地盤材料でも C_c 、 F_c によって E のばらつき範囲に差が認められた。砂質土では $5\% \leq F_c \leq 15\%$ のものが、礫質土では $15\% \leq F_c$ のものが比較的ばらつきが小さい。

また、細粒分が多くなるほど、また、地盤材料の平均的な粒径が小さくなるほど変形係数 E と N 値の関係の係数 A が大きくなる傾向が見られ(粘性土の $C_c < 5\%$ 、砂質土の $F_c < 5\%$ は除く)、粒度別に細分しても(1)に示した大局的な傾向(礫質土、砂質土、粘性土の順に係数 A が大きくなる)と同様の傾向であった。

5. 今後の課題

本報告では各地盤材料でそれぞれ相関が認められたものの、データ総数は122と多くはなく、地盤材料ごとのデータ数に差があるものとなった。粘性土のデータ数は相対的には多いが、変形係数 E が一般的な関係式によるものよりも孔内載荷試験結果によるものの方が4倍程度高い値となっており、その妥当性を検証するためにも、より多くのデータを収集し、再検討する必要がある。

《引用・参考文献》

1) 地盤調査の方法と解説 (2013) : 公益社団法人地盤工学会, p. 687