

東京有楽町層のコーン係数

コーン貫入試験	コーン係数	有楽町層	正会員	○	片沼 拓士	1*
			正会員		北條 豊	1*
			正会員		深沢 健	2**

1. はじめに

コーン貫入試験（CPT）は原位置におけるインデックス試験であり、得られる三成分（補正コーン先端抵抗 q_t ・周面摩擦 f_s ・間隙水圧 u_2 ）そのものから、設計で用いる各種地盤定数を直接求めることはできない。そのため、設計定数の評価には、計測値と物理的・力学的特性値を結びつける相関式の適用が前提となる。特に粘性土地盤の非排水せん断強さ s_u を CPT 結果から算定する際には、コーン係数 N_{kt} ($=q_n/s_u$ 、 q_n : 実効コーン貫入抵抗 ($=q_t-\sigma_{v0}$)、 σ_{v0} : 全土被り圧) を介して評価するのが基本である。

従来のボーリング調査から室内試験結果を基にした N_{kt} 算定方法では、試料の乱れ、試料成形時の乱れ、採取深度の非一致、さらには評価者の判断差など、各工程において不可避に生じる誤差が、各種力学特性を高精度に決定するうえで大きな制約となってきた。

こうした課題に対し、深沢ら¹⁾は、CPT のコーン貫入時に発生する過剰間隙水圧 u_e ($=u_2-u_0$ 、 u_0 : 静水圧) と有効土被り圧 σ'_{v0} の関係に着目した。そして、 u_e の勾配から正規圧密状態の強度増加率 s_{un}/σ'_{vc} を算定し、さらに q_n と σ'_{v0} の一次関係から直接 N_{kt} を決定できる手法を提案した。これにより、ボーリング・試料採取・室内試験といった人的誤差を含みやすい工程を排除し、CPT データのみで合理的かつ一義的に N_{kt} を算定できる点が大きな利点である。

本報では、この深沢らの「CPT の結果のみを用いて N_{kt} を直接算定する手法」を、東京低地に広く分布する粘性土地盤（東京有楽町層）に適用し、その適用性と特徴を評価する。

2. CPT からの N_{kt} 直接算定法

深沢ら¹⁾の手法の手順は以下のとおりである。①対象とする粘性土層の u_e を σ'_{v0} に対してプロットし、 u_e の勾配を求める。② u_e の勾配の $1/10$ を対象地盤の正規圧密状態における強度増加率 s_{un}/σ'_{v0} とする。③ q_n を σ'_{v0} に対してプロットし、 $\alpha \cdot q_n$ が s_{un}/σ'_{v0} と平行になるように α を定める。④設定した α の逆数 ($1/\alpha$) を N_{kt} とする。詳細については深沢らの報告を参照願う。

3. 対象地盤

本研究の対象は東京低地（江戸川区、葛飾区、荒川区、足立区、江東区、墨田区、台東区）に分布する有楽町層

の粘性土区間である。評価対象層は均質な粘性土層とし、上位の埋土・沖積砂層、下位層との境界は CPT の三成分および既往柱状図に基づき区分した。

図-1 に本研究で対象とした地盤の CPT 調査結果の一例を示す。粘性土に着目すると、TP-7.5m～9.0m までは埋土・砂層の影響で強度が増加している。本研究では、それ以深の粘性土を解析対象とした。同深度では、間隙水圧比 B_q ($=u_e/q_n$) がほぼ一定値となっていることが分かる。

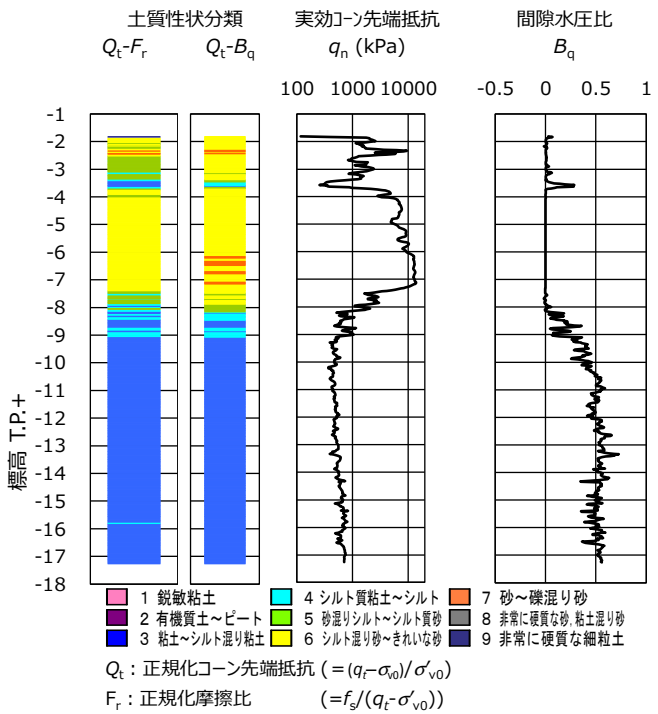


図-1 CPT 試験結果の一例

表-1 調査実施位置と各粘性土の物理・力学特性

調査地	調査数	W_n %	I_p	q_u kN/m ²	OCR
江戸川区	8	28 ~ 85	14 ~ 46	11 ~ 80	0.9 ~ 1.2
葛飾区	4	28 ~ 63	7 ~ 34	13 ~ 130	1.6 ~ 1.7
荒川区	19	34 ~ 88	9 ~ 65	17 ~ 151	1.2 ~ 2.3
足立区	12	21 ~ 92	8 ~ 74	20 ~ 61	1.1 ~ 2
江東区	23	25 ~ 117	10 ~ 55	9 ~ 176	0.8 ~ 2.3
墨田区	13	23 ~ 160	13 ~ 142	5 ~ 156	0.7 ~ 3.1
台東区	11	14 ~ 73	10 ~ 30	13 ~ 101	1.3 ~ 1.9

また、表-1 に本研究で用いるデータの取得地点および代表的な土性値をまとめる。これらの物理・力学特性については、東京都土木技術支援センターの公開データベース「東京の地盤（GIS 版）」²⁾より CPT 調査地点近傍のデータを引用した。対象とした粘土層は、自然含水比 W_n ：14～160%、塑性指数 I_p ：7～142、一軸圧縮強さ q_u ：5～176kN/m²、過圧密比率 OCR：0.7～3.1 であり、概して正規圧密エイジド粘土¹⁾の特徴を有している。

4. 東京有楽町層への適用結果

東京低地 7 区における有楽町層について、CPT の u_e を σ'_{v0} に対して整理した結果を図-2 に示す。いずれも線形的な増加傾向を示し、勾配 (u_e/σ'_{v0}) は 2.20～3.43 の範囲にあった。

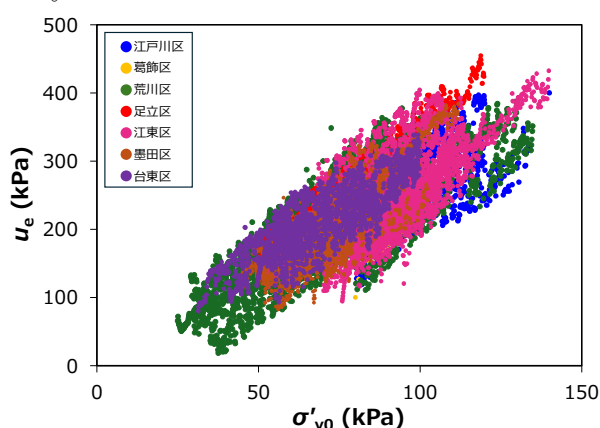


図-2 東京低地の u_e - σ'_{v0}

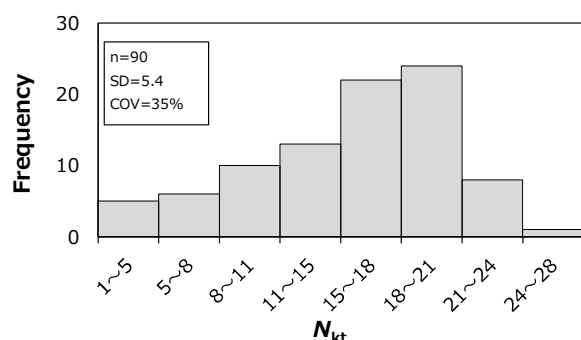


図-3 算定した N_{kt} の頻度分布

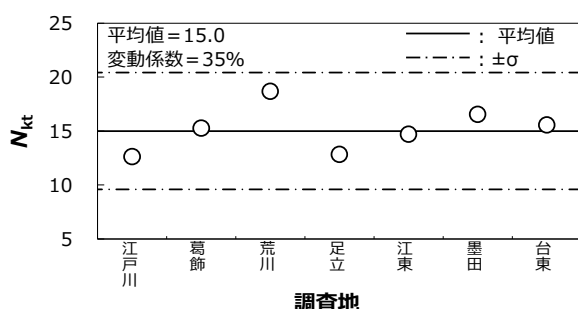


図-4 東京低地の N_{kt} の関係(各区)

以上の結果に基づき、前述の手法を用いて N_{kt} を算定した(図-3、図-4)。有楽町層における N_{kt} の平均は 15.0 ($N=90$ 、 $SD=5.4$ 、 $COV=35\%$) であった。各区の平均値 (12.6～18.7) は全体の標準偏差 (σ) の範囲内に収まっており、本地域における有楽町層の N_{kt} は実務上一定とみなせることが示唆される。

5. 考察

u_e と σ'_{v0} の間に認められた明瞭な線形関係は、有楽町層の粘性土が深沢ら¹⁾の手法を適用可能な正規圧密エイジド粘土の強度発現特性と整合することを示している。特に u_e の勾配が 2.20～3.43 ($s_{um}/\sigma'_{v0}=0.22\sim0.34$) という比較的限定された範囲に収まっている。このことから、 u_e の発現が安定しており、CPT 結果のみによる強度評価に適した地盤であると考えられる。有楽町層の N_{kt} は地域差が小さく、地点間で多少の差異は認められるものの、変動係数が 35%程度に抑制されていることは、従来手法で得られる N_{kt} よりも統一的に扱いやすい可能性を示唆している。さらに大田区の有楽町層では $N_{kt}=13.5\sim14.0$ と報告されている事例³⁾と比較しても、本研究で得られた平均値 (15.0) と大きな乖離はなく、ばらつきの範囲内であるといえる。

6. まとめ

①東京低地 7 区の有楽町層を対象に、CPT から得られた u_e と σ'_{v0} の関係を整理した。その結果、いずれも線形的な増加傾向を示し、 $s_{um}/\sigma'_{v0}=0.22\sim0.34$ の範囲となった。②深沢ら¹⁾の方法に基づき N_{kt} を直接算定したところ、全データ ($N=90$) の平均値は 15.0、標準偏差 5.4、変動係数 35%であった。③各区の平均値 (12.6～18.7) は全体の標準偏差 (σ) の範囲内に収まっており、当該地域の有楽町層の N_{kt} は実務上一定値として扱うことが可能である。

以上の検討より、CPT のみから N_{kt} を直接算定する本手法は有楽町層において、従来法に内在していた人的誤差を排除できる有効な手段であるといえる。

参考文献

- 1) 深沢健・平林弘・山根信幸：CPT 結果から粘性土の設計用非排水せん断強さを求めるための新たな手法，地盤工学ジャーナル，Vol.18，No.1，pp.59-66，2023.
- 2) 東京都土木技術支援センター．“東京の地盤（GIS 版）”．東京都．<https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/jimusho/tech/geo-web>，（参照 2026-03-01）．
- 3) 深沢健・野口孝俊：軟弱地盤上における空港島築造工事への CPT の適用（その 2），土木学会第 62 回年次学術講演会，3-224，2007.

*1 株式会社 地盤試験所

**2 中央大学

*1 Jibanshikenjo Co. Ltd.,

**2 Chuo University