

q_c/N 値の利用と品質評価

ジオテック 名誉会員 ○藤田 圭一
ハザマ 正会員 大野 睦雄
ハザマ 正会員 三反畑 勇
ハザマ 正会員 松本 江基

1. まえがき

地盤調査のためのサウンディングにはさまざまな方法があるが、わが国では標準貫入試験(SPT)で N 値を求めるのが主流であって、コーン貫入試験(CPT)で q_c 値を求めることがこれに次ぐ。CPT の q_c 値は液状化の判定に利用されているが、基礎の設計基準などの設計定数に採用されたのを見たことがない。SPT は 1951～2 年ごろ、CPT は 1956～7 年ごろにわが国に導入されたが、この時期の差が普及程度の影響したかどうか確かでない。

本稿のタイトル中の q_c/N 値は、Kruizinga(1982)¹⁾と Robertson ら(1983)²⁾がいずれも「SPT と CPT の相互関係」という論文を発行しているが、その中に取上げられている。前者は土の分類、後者は土粒子の平均粒径と q_c/N 値(MN/m²)との関係を与えているが、Meyerhof(1956)を始め併せて 17 名の提案が含まれている。最も古いのが、Meyerhof の $q_c/N=0.4$ (MN/m²)である。いずれにせよ、両論文の意図は明らかに異なっている。

2. Kruizinga と Robertson らの考え方

(1)Kruizinga の場合：Kruizinga は、CPT 結果の解釈に習熟している技術者を対象にしており、手元に SPT- N 値しかない場合に、これを CPT- q_c 値に換算して地盤の状況を判断するために q_c/N 値を用意したのである。そのため、Meyerhof を含む 6 名の提案者が 7 種類の地盤、290 以上の比較試験で求めたデータを表にまとめている。本稿のために書き直したのが表-1 である。

表-1 地盤の種類と q_c/N

地盤の種類	q_c/N (MN/m ²)
粘土質、シルト質	0.2～0.5
砂質	0.2～1.0
砂質砂利、砂利質	0.2～1.8

(2)Robertson らの場合：Robertson らは、北米における慣例的な基礎の設計は SPT- N 値に頼っていると述べているが、一方で CPT の 4 大効用の一つとして、精度が優れていることを評価している。さらに、Meyerhof や Kruizinga らを含む 16 名の提案データに基づいて、土の平均粒径 $D_{50}=0.001\sim1.0$ mm と q_c/N (MN/m²)の関係を示す図を与えている。両者は片対数目盛上で曲線状になっているが、これを近似式で与えてないので、表の形式で整理したのが表-2 である。

表-2 D_{50} と q_c/N

平均粒径 D_{50} (mm)	q_c/N (MN/m ²)
0.001	0.10
0.005	0.15～0.18
0.01	0.20～0.24
0.05	0.30～0.35
0.1	0.36～0.40
0.5	0.50～0.60
1.0	0.70～0.80

3. SPT の打撃効率と N 値の精度について

前述の論文で Robertson らは、SPT 時に打撃効率を計測した 2 つの事例を取上げているが、それは CPT の q_c 値の精度が優れていると述べたことに対比する目的であったと思われる。

(1)ドーナツ型のハンマーの打撃効率について：砂地盤でドーナツ型ハンマーを使用した SPT において、27 測点で N 値を求めているが、ハンマーの打撃ごとに打撃効率を計測しており、その全計測回数は 1000 回以上であった。砂の平均粒径 $D_{50}=0.25$ mm（豊浦砂は 0.16～0.18mm）でハンマーは 2 回巻きのコーンブリー方法で操作している。このテストでは、サンプラーを 30cm 貫入させるために必要な打撃数を N 値と呼んだので、 N 値は 14～91、各打ごとの打撃は図-1 に示すように 19%～88%、全平均は 47%であった。なお、打撃効率が 19%の場合のハンマーの落下高=76×0.19 14cm、平均 47%の場合の落下高=76×0.47 36cm になる。

キーワード：品質評価、品質保証、品質管理、標準貫入試験、 N 値、コーン貫入試験、 q_c 値

連絡先：(株)ジオテック 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 3-6-5 TEL：03-3340-3100 FAX：03-3340-3105

表-3 測点の N 値の打撃効率のばらつき

測点	N 値	打撃効率 (%)			測点	N 値	打撃効率 (%)			測点	N 値	打撃効率 (%)		
		最小	平均	最大			最小	平均	最大			最小	平均	最大
1	88	36	52	65	10	39	43	47	63	19	29	40	42	44
2	72	24	38	55	11	38	32	58	89	20	28	39	44	54
3	60	29	38	51	12	35	44	53	67	21	25	40	49	58
4	51	21	32	53	13	35	45	51	59	22	25	40	51	60
5	50	19	29	35	14	33	37	47	57	23	23	39	46	53
6	50	39	52	62	15	32	30	42	53	24	22	39	50	60
7	43	39	47	58	16	32	33	49	53	25	17	33	45	51
8	43	58	60	71	17	31	30	44	58	26	17	52	55	67
9	39	37	45	58	18	31	40	48	57	27	14	28	45	58

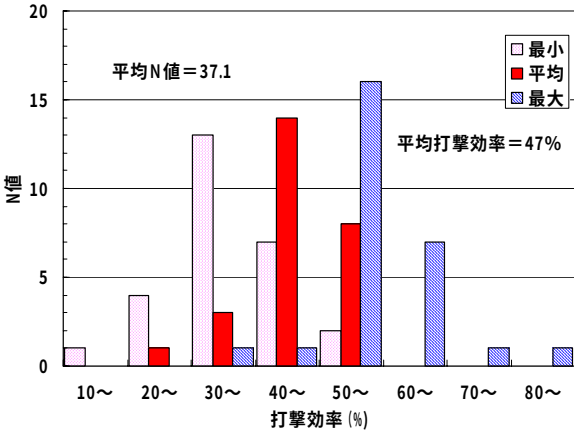


図-1 打撃効率の計測値のヒストグラム

表-4 ハンマーの型式と打撃効率 (Robertson ら-1983)

ハンマー	打撃効率 (%)								平均
ドーナツ型	34	45	40	41	41	39	47	56	43
セーフティ型	55	50	56	63	63	63	64	69	62

(2) ドーナツ型のハンマーとセーフティ型のハンマーの比較試験：SPT 時に一打ごとにドーナツ型ハンマーとセーフティ型ハンマーを取換えて打撃効率を計測したところ、ドーナツ型ハンマーの打撃効率は 34～56%，平均 43%，セーフティ型ハンマーでは 55～69%，平均 62%であった。いずれの場合も Kovacs ら（1982）が発表した数字より小さい。

4. 打撃効率が q_c/N 値に及ぼす影響

打撃効率が 100% の場合には、 q_c/N 値は全く影響を受けない。100% より小さい場合には N 値が大きくなる。打撃効率が小さい場合には、3(1) で述べたようにハンマーの落下高が小さいことと同じであるから、サンプリャーを 30cm 貫入させるにはハンマーの打撃回数が増加する。すなわち N 値が大きくなるのである。

大きくなる程度については 2 つの説、すなわち、国際式（打撃効率に反比例）と藤田式（打撃効率の平方根に反比例）、ただし、打撃効率は 1 以下で表す。国際式はハンマーが剛体、ロッド長が無限大など不合理な仮定で解析し、ハンマー形状やロッド径に無関係などの結果が導かれる。

3(1) に示した打撃効率の全平均 47% の場合には、 N 値は $1/\sqrt{0.47}$ すなわち約 1.46 倍になるので q_c/N 値は約 0.69 倍と小さくなる。同様に 3(2) で示したドーナツ型ハンマーでは q_c/N 値が約 0.66 倍、セーフティ型ハンマーでは q_c/N 値が約 0.79 倍になる。以上によって q_c/N 値を指標にすることは好ましくない。SPT 時に打撃効率を計測して、打撃効率が 100% である N_{100} を求めて、 q_c/N_{100} 値を使用するのが正しい方法である。

5. あとがき

オランダ地盤工学会(1991)では、土のせん断強さ $0.1q_c$ であるとし、カナダ地盤工学会基礎工学マニュアル(1985)では、Meyerhof & Fellenius は根入れ 1m の浅い基礎の場合、許容支持力 $q_a=0.1q_c$ で与えられると述べている。以上によって q_c 値は単独で活用すべきであり、これによって Kruizinga が目的としたことも達成できる。CPT の欠陥は q_c 値を求めた位置の土のサンプルが目視できないことである。

【参考文献】

1) Kruizinga, J.:SPT-CPT correlations, ESOPT- I ,pp.91-94, 1982.
2) Robertson, P.K.,Campanella, R.G. et al.:SPT-CPT Correlations, J. GE. ASCE. 107-11, pp.1499-,1983.
3) Kammer Motense, n, et al.:Correlation of CPT and Field Vane Tests for Clay Tills, DGS.1991.
4) Canadian Foundation Engineering Manual, Canadian Geotechnical Society, pp.147-178, 1985.
5) 藤田圭一:品質管理された SPT とそのメカニズム,品質保証された N 値とその解釈, 基礎工, pp.2-6, 2003.2.
6) Ohno, M & Fujita, K. :Application of the stress wave theory to the assessment of the SPT N -values, Proc. Insitu2001(Bali), pp.615-621, 2001.