

実施工における携帯型貫入抵抗値測定装置を用いた品質管理

一般社団法人 NB 研究所 正会員○成島誠一 大石正行 平野浩一

1. はじめに

放射性廃棄物の隔離層や廃棄物最終処分場などの土質系遮水層を構築する場合、現地で締固められた遮水層の締固め密度試験により品質管理をおこなっている。近年、実績を挙げているベントナイト砕石(最大粒径 26.5mm)の品質管理項目である透水係数の代替特性として、簡易支持力測定器(以下キャスポル)により得られる衝撃加速度(以下 I_a)の下限値をこれまで品質管理指標としてきた。しかし、法面部においてはキャスポルなど既存の測定器での計測が構造上不可であり、法面部や狭隘部での計測が課題となっていた¹⁾。そこで筆者らは携帯型貫入抵抗値測定装置(以下ソイルペッカー)を開発し、得られる貫入抵抗値(以下 P_c)が I_a やコーン指数(以下 q_c)との相関性を室内試験によって確認できたことから、実施工における適用性の検討をおこなったのでこれらについて論ずる。

2. 各測定器の相関性

現在ベントナイト砕石の品質管理は、日本道路協会道路土工指針建設機械(ダンプトラック)の走行に必要なコーン指数 $q_c=1200\text{kN/m}^2$ に相当する I_a を品質管理指標としている。本測定器が実施工において他測定器(ポータブルコーンおよびキャスポル)との相関性を得る目的として室内試験を実施した。含水比および締固め密度を変え計 12 点(含水比 4 種, 締固め密度 3 種)の測定を行った結果、図-1 に示すように I_a と P_c の相関性は決定係数 $R^2=0.908$ (B-Line), I_a と q_c は決定係数 $R^2=0.924$ (A-Line)と高い値を示した。一方、図-2 に示す q_c と P_c の相関性は $R^2=0.800$ (T-Line)と前者に比べ若干のばらつきが見られるが、 $P_c \leq 260$ においては $R^2=0.998$ (S-Line)と非常に高い相関性を示す結果が得られた。このことから、実施工においても本測定器を用いた施工管理が可能であることが確認できた。

3. 原位置試験

室内試験により本測定器の相関性が得られたことから、当該現場において筆者らが開発した NB 工法を用いた実施工における実用性についての検証をおこなった。なお NB 工法は、遮水層を構築する場合にベントナイト砕石を厚さ 50~150mm と任意の厚さで敷き均し、転圧ローラーによって締固めをおこなうことで構築する。本現場における品質管理指標は、室内試験結果から得られた $q_c=1200\text{kN/m}^2$ に相当する $I_a \geq 13$ とし、ソイルペッカーを用いた指標は $P_c \geq 270.5$ と設定した。この設定値は、変化するいずれの含水比条件においても締固め度 $D_c=85\%$ の最大値を満たすことで $D_c \geq 85\%$ を確保し、遮水性能を発揮できるものとして設定した。締固めによる各転圧回数の計測結果(代表値)を表-1 に、各測点における計測位置を図-3 に示す。また、 P_c 、 I_a 、 q_c の相関図を図-4、図-5 に示す。

表-1 各転圧回数における計測結果(代表値)

測点	項目	2 回転圧	4 回転圧	6 回転圧
No.1	P_c	246.1	328.5	380.1
	q_c	394	951	974
	I_a	12.6	14.9	16.8

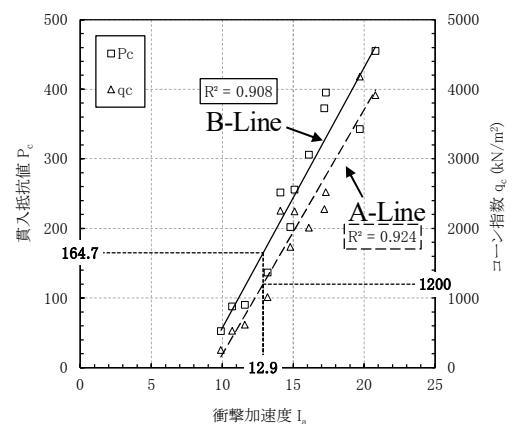


図-1 I_a と P_c 、 q_c の関係

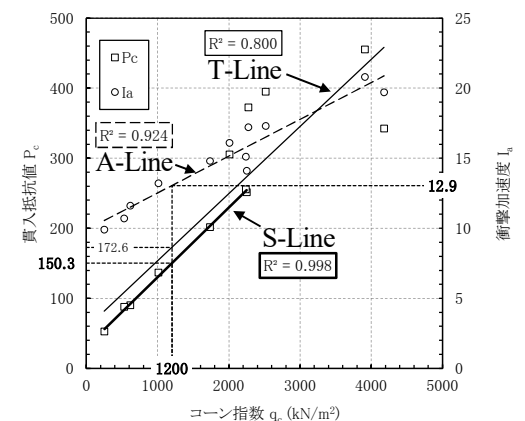


図-2 q_c と P_c 、 I_a の関係

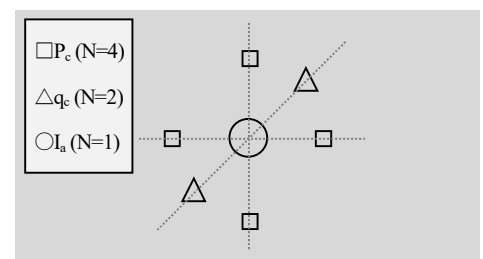


図-3 各測点における計測位置

貫入抵抗値 ベントナイト砕石 コーン指数 密度管理 ソイルペッカー

連絡先 〒251-0035 神奈川県藤沢市片瀬海岸 2-20-12 オハナテラス 2F (株)NAGAKEN 永賢組・一般社団法人 NB 研究所 TEL:0466-96-0245

図4に示す全9点計測結果の P_c と I_a の相関性は、 $R^2=0.631$ とややばらつきが見られるのに対し、図5に示す6回転圧を除く2,4回転圧時の相関性が $R^2=0.917$ と高い値を示した。本測定器は、最大貫入抵抗値 $P_c=350$ を超えると自動停止する。このため、所定の貫入量40mmに到達しない場合は式-1で算出し最大値としている。

$$P_c = L_{40} / L_i \times P_{ci} \quad (\text{式-1})$$

ここに、 L_{40} ：所定の貫入量(mm)

L_i ：停止時の貫入量(mm)

P_{ci} ：停止時の貫入抵抗値

試験施工時に各回転回数における締固め密度の変化に対し、各測定器の相関性が確認できたことから、より多くのデータを得るため別地点にて同様の計測を行った。図6に示す I_a と P_c の相関性は、全12点の計測結果が $R^2=0.118$ と大きくばらつきが見られたが、 $I_a \leq 13$ (全10点)で見ると $R^2=0.760$ と相関性が高くなり、 $I_a \leq 12$ (全6点)では $R^2=0.938$ 、 $I_a \leq 11$ (全3点)では $R^2=0.985$ となる。計測回数が少ないことから、精度は低下するが I_a が低い領域ほど相関性が高くなる傾向を示した。このことは、ソイルペッカーの貫入量が所定の40mmに満たないケースにおいては推定値で評価していることや、貫入抵抗値の上限である $P_c=350$ 付近では反力側の問題が懸念されることから、計測精度の低下が要因であると考えられる。

以上の結果より、NB工法におけるベントナイト砕石を用いた実施工において本測定器での密度管理が可能であると判定できることから、未施工の盛土部(砂礫材料)にて本測定器の課題である法面部の計測を各2点おこなった。その結果、 $P_c=328.5$, 282.9 に対し $q_c=951$, 843kN/m^2 という値を示した。なお、これまでの原位置試験の計測に関するコーン指数 q_c においては、ポータブルコーンの貫入力不足の影響により、計測値の正確性に欠けることから参考値とした。従って、 q_c との相関性を確認できない状況においても、前述した室内試験の相関関係をもとに I_a との相関性を確認できたことで法面部においても計測が可能であるという知見が得られた。

4.まとめ

本論では、ソイルペッカーの開発にあたり、室内試験で他測定器との相関性が得られたことから、実施工においての実用性について検証結果を報告した。室内試験では、最大粒径26.5mmの材料に対し計測結果にばらつきが見られたことで粒度分布の影響が懸念されたが、同材料での実施工時の計測にはその影響が見られなかった。このことは、主に表面部のベントナイト砕石は締固めによって均一地盤に造成されるため、貫入時の粗粒材への接触による P_c のばらつきが小さくなったと推察される。従って、粗粒材接触時の貫入抵抗値増加による計測エラーも考慮した上で、より多くのデータを得るために計測回数を増やすことでさらに精度の高い計測ができるものと考えられる。また、今回実施工においても計測が容易にできたことで、本測定器での法面および狭隘部における密度管理も可能であると考えられるが、これまで懸念されてきた反力については予め室内試験で各測定器とのキャリブレーションをおこない、平坦部でのキャスポル同様の密度管理方法で対応できることがわかった。今後は、本測定器の実用化に向けより多くのデータを集積し、試行を繰り返しながら改良を重ねることで軟弱地盤やトラフィックビリティなどの現地踏査の定量化など多様な用途に応じたデバイスを提供したい。

【参考文献】1) 成島誠一 土質系遮水におけるピュアベントナイトに着目した遮水構造の提案 第27回廃棄物資源循環学会研究発表会 PP389-390 2016

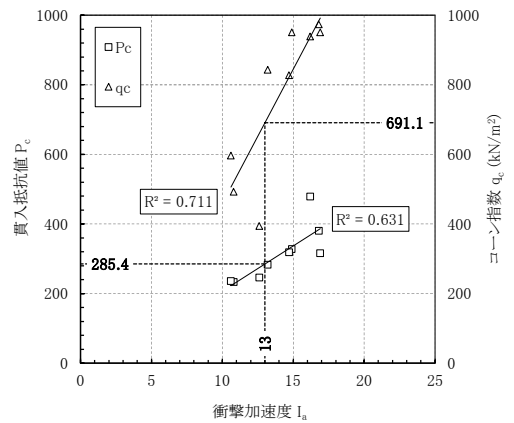


図4 I_a と P_c , q_c の関係(回転回数: 2,4,6回)

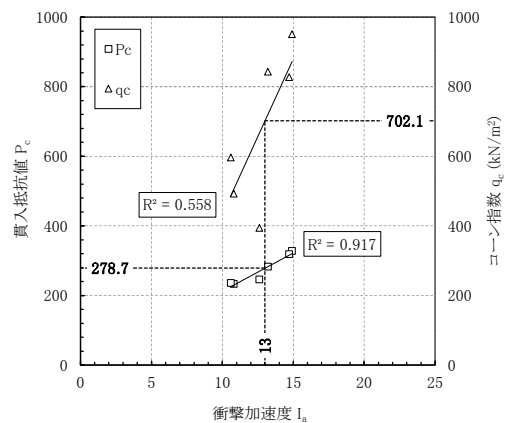


図5 I_a と P_c , q_c の関係(回転回数: 2,4回)

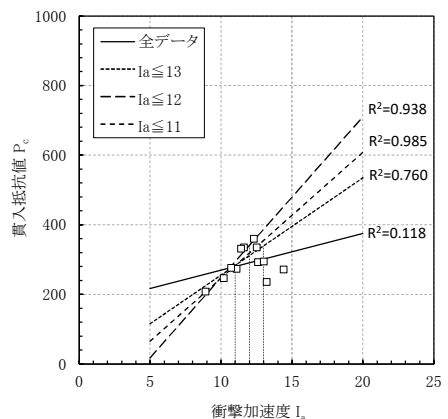


図6 I_a に対する P_c の相関性