

針貫入試験を用いた風化区分の評価について

明治コンサルタント株式会社 ○大場 悠希, 鶴見 昌法

1. はじめに

岩盤における調査ボーリングではしばしば風化の程度の差を「弱風化～中風化～強風化」等と区分し評価する。しかし、コア観察における風化区分は、コア鑑定者ごとの熟練度等の違いからしばしば判定が異なる場合がある。風化の程度を区分する際の1つの目安として、N値や室内試験結果、速度検層結果を用いる場合もあるが、水平ボーリングではN値が得られない、室内試験は試料長さの十分確保できる各層の代表的な箇所にはしか実施できないなどの理由により、風化区分をコア観察のみでおこなう場合がある。

そこで、針貫入試験をコア全体 10cm 毎に行い強度の違いを求めることで、岩盤の風化区分の再評価を試みた。

2. 本事例の条件

(1)地質

本事例では、新第三紀中新世の砂岩礫岩互層を対象とし、岩質を砂岩・含礫砂岩・礫岩の3区分、風化の程度を強風化・中風化・弱風化の3区分に分け評価した。



写真-1 強風化部

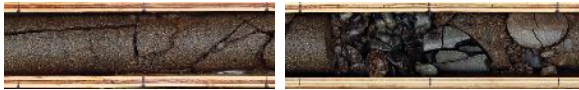


写真-2 中風化部(左:砂岩部 右:礫岩部)



写真-3 弱風化部(左:砂岩部 右:礫岩部)

このうち、針貫入試験は送水掘削で短柱状～に採取された中風化・弱風化部に対して実施した。

(2)調査本数・掘削方向

距離の近い2つの岩体に対して水平ボーリングを2本(A-1, A-2)行っており、ボーリングの掘削方向と斜面の傾斜の関係より、中風化部を2回確認している。

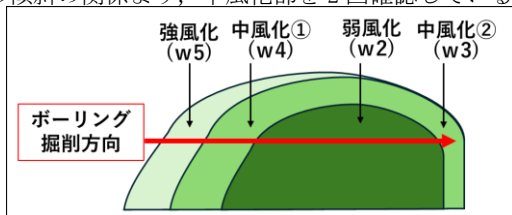
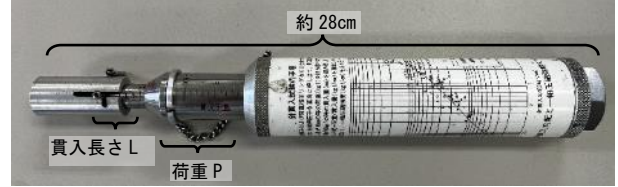


図-1 地質断面のイメージ

3. 針貫入試験について

針貫入試験は、土・岩の貫入抵抗を測定するものである。試料に針を貫入したときの貫入長さLとその時の荷重Pから針貫入勾配が得られ、そこから一軸圧縮強度を

換算することができる。今回用いた携帯型針貫入試験機は長さ28cm程度とコンパクトであり、簡易的に試験を



行うことができることが特徴の1つである。

写真-4 針貫入試験器

4. 調査方法

①針貫入試験の実施

地盤工学会基準(JGS3432)に示されている方法に沿って、中風化・弱風化のコアに対し10cm毎に試験を行い、針貫入勾配(Np)および換算一軸圧縮強度(qu)を求めた。ただし、破壊できない室内岩石試験試料箇所や一部土砂状に採取された箇所等は省いた。

<換算一軸圧縮強度の換算式>

$$y = 0.978x + 2.621 \quad \dots \text{式1}$$

ここでy=換算一軸圧縮強度

x=針貫入勾配(NP=貫入力(N)/貫入量(mm))

②風化区分の再評価

針貫入試験より求めた換算一軸圧縮強度を整理し、コア判定による風化区分と比較した。

5. 結果と考察

(1)風化区分の再評価について

試験対象コア計32m分に対して、風化区分、岩質区分と一軸圧縮強度値の比較を行った。

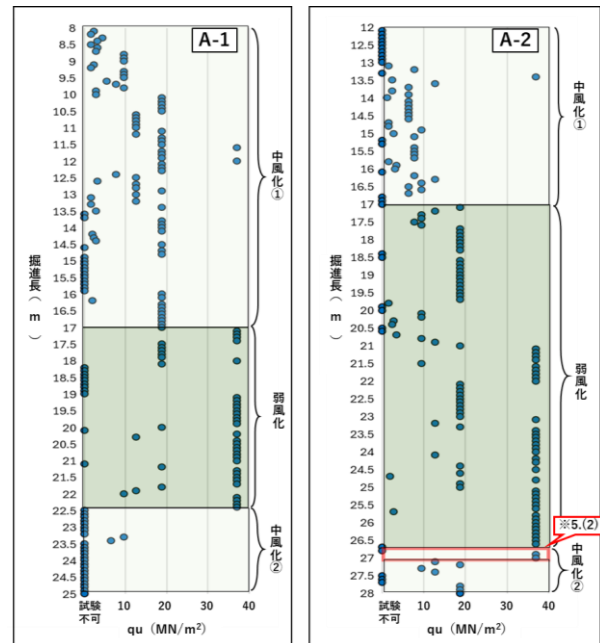


図-2 コア観察時の風化区分と換算一軸圧縮強度

表-1 岩質・風化区分毎の圧縮強度平均(MN/m²)と試験数

全体	砂岩		含礫砂岩		礫岩		合計	
	qu平均	試験数	qu平均	試験数	qu平均	試験数	qu平均	試験数
中風化①	12.2	65	9.7	24	9.6	20	11.2	109
弱風化	25.7	35	24.0	20	27.4	80	26.5	135
中風化②	17.6	5	8.0	2	11.1	2	14.0	9
A-1	砂岩		含礫砂岩		礫岩		合計	
	qu平均	試験数	qu平均	試験数	qu平均	試験数	qu平均	試験数
中風化①	14.0	50	10.3	14	11.8	12	13.0	76
弱風化	31.7	15	29.2	7	31.9	21	31.4	43
中風化②			8.0	2			8.0	2
A-2	砂岩		含礫砂岩		礫岩		合計	
	qu平均	試験数	qu平均	試験数	qu平均	試験数	qu平均	試験数
中風化①	6.1	15	8.9	10	6.3	8	7.0	33
弱風化	21.2	20	21.3	13	25.8	59	24.2	92
風化②	17.6	5			11.1	2	15.7	7

試験の結果、A-1孔では掘進長17.0m、22.0~23.4m付近、A-2孔では17.0m、21.0m、27.0m付近で換算一軸圧縮強度の変化が確認された。このうち、A-2孔の21.0mを除く4つの変化点は、コア観察時の風化区分の境界と一致したことから、「コア観察の風化区分は概ね妥当であった」と判断した(図-2;参照)。また、集計結果によると、岩質に関わらず中風化部と弱風化部で約10MN/m²の強度の違いがみられた(表-1;参照)。

当初の風化区分の境界と換算一軸圧縮強度の変化の場所がずれていたA-2孔の掘進長26.8~27.0m区間については、針貫入試験結果をもとに微修正した(下記)。

(2)A-2孔の弱風化~中風化②境界について

A-2孔の26~28mは、マトリックスや亀裂面に変化があまり見られず、風化の程度の違いがやや不明瞭であった。コア観察時は26.85mの角礫状の亀裂をきっかけに26.8mを弱風化~中風化②の境界としたが、針貫入試験の結果27mと27.1mに明瞭な強度の違いが確認されたことから、境界を27.0mと修正し、評価した。

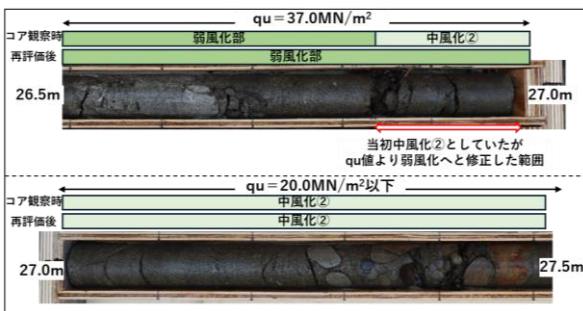
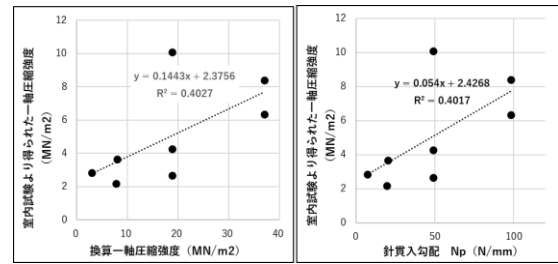


図-3 Br-2孔コア写真(26.5~27.5m)

6. 換算一軸圧縮強度の留意点

本事例では換算一軸圧縮強度をもとに再評価をおこなったが、この換算一軸圧縮強度と別途行った室内試験で得られた一軸圧縮強度には離れが生じた(図-4;参照)。

換算一軸圧縮試験quと針貫入勾配Npの関係について整理している文献はまだ少なく、本事例のように代表的な関係式と実測値が一致しない場合がある¹⁾ため、針貫入試験より求めた換算一軸圧縮強度を数値として用いる際には十分なキャリブレーションをおこなうことが重要である²⁾。



※室内試験試料のすぐ側でおこなった針貫入試験結果(換算一軸圧縮強度)を比較した。

図-4 一軸圧縮強度と換算一軸圧縮強度

図-5 一軸圧縮強度と針貫入勾配

7. まとめ

(1)風化区分の再評価について

今回の試みの題材とした堆積岩は非常に不均質だったが、針貫入試験結果を用いた再評価は非常に有効であった。風化区分の確認だけでなく、違いを定量的に示すことができた。

ただし、試験箇所を細かくみていくと弱風化部と中風化部で強度が逆転してる箇所が多々見られた。これは針貫入試験が点による試験であることや、コア表層からしか試験位置を選択できず、内部の礫にまで配慮できないこと等が理由と考えられる。そのため、針貫入試験を用いた岩の評価は、一点一点の結果ではなく多点の結果を整理し考えることが重要である³⁾。

(2)換算一軸圧縮強度を用いる際の留意点

針貫入試験結果による換算一軸圧縮強度を数値として用いる際には、室内試験より得られる一軸圧縮強度と値が異なる場合があることに留意し、十分なキャリブレーションを行うことが必要である²⁾。

8. おわりに

本事例では針貫入試験による風化区分の再評価が非常に有効であった。しかし、岩種によっては新たな課題や傾向がみられることが考えられる。今回は新第三紀の堆積岩を対象としたが、今後様々な岩盤に対して試験を実施し、検証を行っていきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 宗村知明, 北村晴夫 (2009): 針貫入試験により一軸圧縮強度の推定例, 全地連技術フォーラム2009論文集, 論文No. 59.
- 2) 地盤調査の方法と解説 (2013): 公益社団法人地盤工学会, pp. 429-431
- 3) 山口嘉一, 中村洋祐, 中村真, 箱石憲昭, 山谷政彦, 加藤康徳 (2005): 針貫入試験によるダムソフト基礎の設計強度検討, 応用地質第46巻第1号, pp20-27