

# 針貫入試験によるダム基礎軟岩の掘削仕上げ面管理への適用性検討

Investigation on fine cutting management of soft rock foundation for dams by needle penetration test

(独)土木研究所	正会員	山口嘉一	(Yoshikazu Yamaguchi)
(独)土木研究所	○正会員	中村洋祐	(Yosuke Nakamura)
(独)土木研究所	正会員	中村 真	(Makoto Nakamura)
北海道開発局	正会員	箱石憲昭	(Noriaki Hakoishi)
北海道開発局		山谷政彦	(Masahiko Yamaya)
北海道開発局		加藤康徳	(Yasunori Kato)

## 1. まえがき

フィルダムの基礎岩盤は、軟岩等の強度の小さい岩盤である事例が比較的多い。この種の岩盤を掘削して時間が経過すると表面の風化が進むため、築堤までの間、仕上げ面を吹付けコンクリート等で養生する事例も多い。このようなダムサイトにおける仕上げ掘削面の管理には、従来の目視やハンマー打撃に加えて、敏速で精度の高い管理方法が求められている。

本研究では、原位置で簡易に実施できる針貫入試験から得られる軟岩基礎の一軸圧縮強度とその乱さない試料に対する三軸圧縮試験から得られるせん断強度との相関が比較的良好なことに着目して、針貫入試験結果に基づく設計強度管理の可能性について検討した。

## 2. 調査サイトの地質

調査対象としたダムの基礎岩盤は、新第三紀鮮新世の深川層群に属する細粒砂岩、海緑石砂岩、凝灰岩からなる。そのうち本研究で評価対象とするのはダムサイトの主体を成す  $C_{Lb}$  級の細粒砂岩で、設計で用いた岩盤強度は粘着力  $c=255\text{kN/m}^2$ 、内部摩擦角  $\phi=30^\circ$  である。この設計値は、原位置せん断試験結果に基づき設定したものである。

## 3. 針貫入試験方法の概要

針貫入試験<sup>1)</sup>は、図-1に示すような針貫入試験装置を用いて、太さ 0.84mm の木綿針を地面に圧入し、貫入量 10mm のときの貫入荷重、または貫入荷重 100N 達したときの貫入量を読み取り、針貫入勾配 (=貫入荷重/貫入量) を計算する。得られた針貫入勾配と一軸圧縮強度の相関式は、種々提案されているが、本研究では以下に示す岡田ら<sup>2)</sup>の回帰式を用いた。

$$\log q_u = 0.978 \times \log NP + 2.599 \quad (\text{相関係数 } 0.914) \quad \dots(1)$$

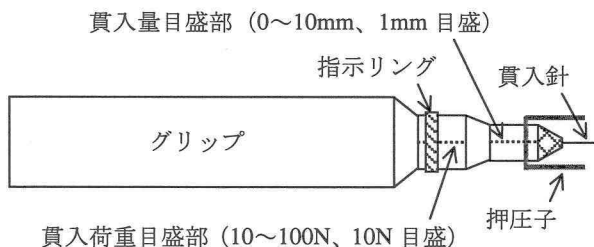


図-1 針貫入試験装置の概要

ここで、 $q_u$  は一軸圧縮強度 ( $\text{kN/m}^2$ )、 $NP$  は針貫入勾配 ( $\text{N/mm}$ ) を示す。針貫入試験は、三軸圧縮試験供試体用の乱さない試料の採取位置と採取した乱さない試料に対して実施し、拘束条件の違いによる差異を評価した。

## 4. コア採取位置における針貫入試験

三軸試験供試体用の乱さない試料は、河床部の半径 5m 程度の領域内 15 箇所、それぞれ直径 116mm のボーリングにより長さ約 20cm のコアを、深度 60cm までの範囲内で十本前後採取した。針貫入試験は、各試料採取位置で 10 回実施した。各試料採取位置の 10 点での針貫入勾配から求めた一軸圧縮強度  $q_{uF}$  の最小値、最大値および平均値を図-2に示す。また、各試料採取位置の平均値の頻度分布を図-3に示す。これらの図より、試料採取位置の平均値は約  $3,800\text{kN/m}^2$  であり、若干強度が他より高い点が 2 点 (No.8, 13) あるが、概ね均質な岩盤であるといえる。

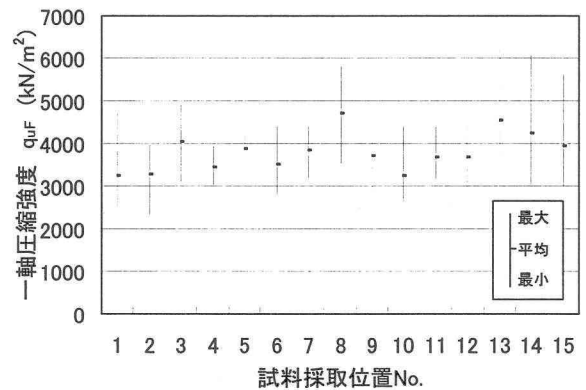


図-2 試料採取位置での一軸圧縮強度分布

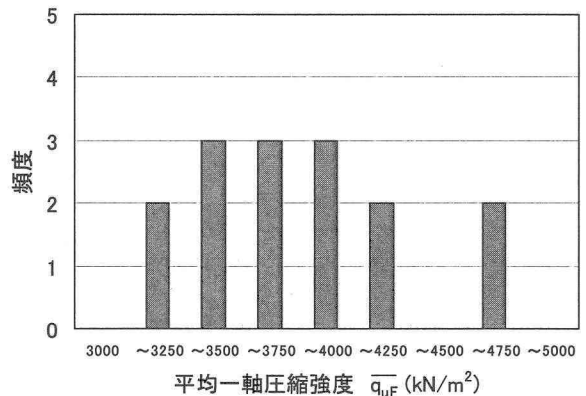


図-3 試料採取位置の平均一軸圧縮強度の頻度分布

### 5. 乱さない試料に対する針貫入試験

現場で採取した乱さない試料は、乾燥やゆるみを防ぐためにパラフィンとラップで梱包して実験室に持ち込んだ。実験室ではまず、ごく薄い試料表面のゆるみ部を除去し、試料の両端面および側面において合計十数点の針貫入試験を実施した後、直径50mm、高さ100mmの円柱供試体に整形した。各試料採取位置において、現地で実施した針貫入試験による一軸圧縮強度 $q_{uF}$ と実験室で乱さない試料に対して実施した針貫入試験による一軸圧縮強度 $q_{uL}$ の関係を図-4に示す。併せて実施した物理試験の結果、供試体の乾燥密度 $\rho_d$ が $1.5\text{g/cm}^3$ を境に2つのグループに分けられることがわかったため、図では2グループに分けて表示した。同図より、ばらつきはあるが、室内で算定した一軸圧縮強度の方が、現地で算定した強度より概して小さく、また乾燥密度が小さいグループの方がその減少率は大きいことがわかる。この原因としては、採取試料には原位置における周面拘束がないことが考えられる。

### 6. 三軸試験による強度評価

三軸圧縮試験は、別途実施した圧密透水試験結果も踏まえて、圧密排水(CD)条件で実施した。拘束圧は98および $394\text{kN/m}^2$ を中心に、49、196、 $588\text{kN/m}^2$ でも実施した。三軸圧縮試験から得られた、軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ と拘束圧 $\sigma_3$ の関係を $q_{uL}$ で分類した結果を図-5に示す。さらに、同関係を $q_{uF}$ で分類した結果を図-6に示す。図中の一点鎖線は、設計強度の関係を示したものである。同図より、針貫入試験から求めた一軸圧縮強度が小さいほど三軸圧縮試験の破壊時の軸差応力が小さく、その相関も比較的良い。また、原位置における針貫入試験によって、一軸圧縮強度 $q_{uF}$ が $3,000\text{kN/m}^2$ 以上あれば、設計で用いたせん断強度を確保できることがわかる。

さらに、図-7は、三軸圧縮試験に用いた供試体の乾燥密度 $\rho_d$ と同供試体に対する、あるいは採取位置における針貫入試験により得られた一軸圧縮強度 $q_{uL}$ 、 $q_{uF}$ の関係を示す。特に $q_{uL}$ については両者に比例増加の関係が見受けられる。また現場管理の観点では、乾燥密度が $1.45\text{g/cm}^3$ 以上あれば一軸圧縮強度 $q_{uF}$ は $3,000\text{kN/m}^2$ を確保できていることがわかる。

以上の結果より、乾燥密度 $\rho_d$ が $1.45\text{g/cm}^3$ 以上、原位置での針貫入試験で得られた一軸圧縮強度 $q_{uF}$ が $3,000\text{kN/m}^2$ 以上あれば、設計で用いた強度が確保できているものと考えられる。

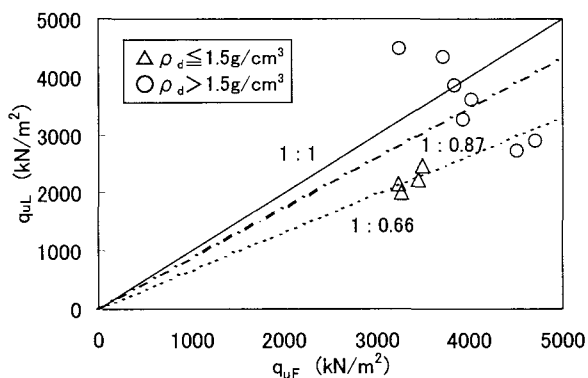


図-4 現場と実験室で算定した一軸圧縮強度の比較

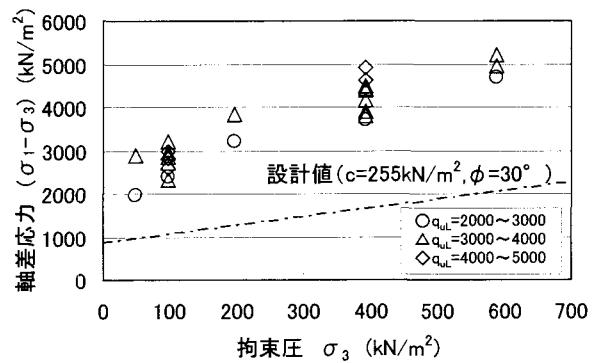


図-5 三軸圧縮試験から求めた強度( $q_{uL}$ による分類)

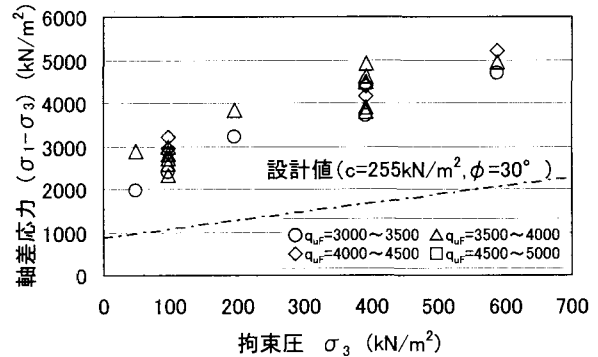


図-6 三軸圧縮試験から求めた強度( $q_{uF}$ による分類)

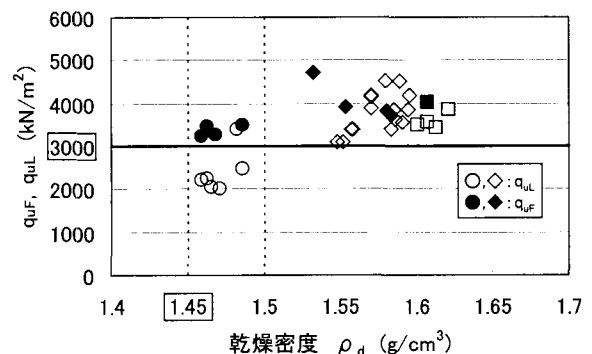


図-7 乾燥密度と一軸圧縮強度の関係

### 7. おわりに

本研究では、 $C_{Lh}$ 級の細粒砂岩について、針貫入試験から求めた一軸圧縮強度を用いて、設計で必要とされるせん断強度の管理を管理を行うことが可能であることを示した。今後は、このことを基礎掘削仕上げ面での検証を試みるとともに、より強度が低い $C_{Ll}$ 級の海緑石砂岩について同様の検討を実施する予定である。

### 参考文献

- 1) 小島圭二、斎藤保祐、稲生道裕：千葉県下における泥質軟岩の軟弱化の要因、第9回土質工学研究発表会講演論文集、pp.737-740、1974。
- 2) 岡田滋、泉谷泰志、飯塚友之助、堀内澄夫：針貫入試験による軟岩地山強度の推定、土と基礎、Vol.32、No.2、pp.35-38、1985。