

(2) ボーリングコア調査のための岩盤等級分級基準の検討 —ダム基礎岩盤の耐荷性評価を目的とした岩盤等級区分基準—

菊地宏吉(東電設計株式会社) 〇竹下良美(梶谷調査工事株式会社)

藤枝 誠(") 清水國夫(日本工営株式会社)

小林隆志(") 小野剛稔(早稲田大学 教育学部)

1 ま え が き

ダム基礎岩盤を評価・判定することは、ダムの建設にあたって安全性および経済性の両面からの基本的重要な項目の一つである。岩盤等級区分はダム基礎としての岩盤の安定性の評価を目的とするものであり、ダムの安定性に影響を及ぼす範囲の基礎岩盤について、岩盤を物理的・力学的な面からの良否を分けることである。

今日までに提案され、利用されている岩盤等級区分基準としては、世界的にはミューラーの基準が知られ、日本におけるものとしては、田中の分類、岡本・安江の分類基準が一般的に知られているが、ここ数年筆者の一人である菊地らが提案している分類基準もかなり普及してきている。菊地らの分類基準は田中の分類を発展させたものであり、硬質岩盤についての各岩盤等級区分の範囲については、田中の分類と同じである。

これらの区分基準は、適用する調査対象岩盤の範囲を明確に定めていないが、区分基準の内容から実際には調査横坑や切取面等の露出岩盤を主な調査対象とした基準となっている。そのため、ボーリングコア鑑定に用いる区分基準としては必ずしも適切な内容となっていないが、ボーリングコア鑑定のための岩盤等級区分基準がないことから、上記の区分基準を準用しているのが現状であり、その結果判定に混乱を招いたり、また鑑定結果に違いを生ずることがしばしば見受けられる。

このような現況から、筆者らはボーリングコア鑑定のための岩盤等級区分基準の策定を目的として、岩盤等級とその岩盤特性を支配する地質諸要素との関係について各種の解析・検討ならびに定量的分級方法の検討を行ってきた¹⁾、塊状岩盤についてある程度まとまったのでその結果を報告する。

なお、ここに提案するボーリングコア鑑定のための岩盤等級区分基準は菊地らの基準に対応するものである。

2 ボーリングコア調査のための岩盤等級区分基準

岩盤等級区分基準の考え方の基本は「耐荷力を対象とした岩盤分類基準の提案(菊地・斉藤1975)」に述べてある通りで、区分基準の基本として⑧区分基準が客観的であり、かつ簡便であること ⑨設計に必要な岩盤の物性値との対応付けがなされていること ⑩すべての岩盤に適用できることがあげられ、特に⑧⑨⑩に関して不可欠である。さらにダム基礎岩盤の安定性を支配する地質要因⑪岩石それ自体の強度 ⑫岩盤中に分布する割れ目密度・方向性・連続性・開口度・挟在物質の性状が区分基準の要素になっており、かつ同時に以上の要素が岩盤の物性値に及ぼす度合が考慮されていなければならない。

筆者らが提案している「ボーリングコア鑑定による岩盤等級区分基準(塊状硬質岩盤を対象)」を表-1に示した。

この区分基準は現在までに筆者らが実施した全国電力各社のダムサイト調査における横坑調査結果とボーリング調査結果を対比した結果に基づいて、基準化したものであり、さらに横坑内において岩盤等級区分を行った箇所直接ボーリングを行いその得られたコアについて、各岩盤等級を支配する地質諸要素を抽出検討し、それぞれ整理して各岩盤等級毎に対応させた。

1) 昭和57年度日本応用地質学会研究発表会(菊地・竹下・清水他)

3. 岩盤等級区分の定量的評価方法の検討

岩盤等級区分の評価判定にあたって、個人差を防ぐためにできるだけ客観的な手法を併用するのが適切である。

岩盤の耐荷性を支配する地質要素の内、割れ目の分布性状が主なものとしてあげられ、これに着目した評価手法がいくつか提案されている。RQDは岩盤の定量的な評価手法の一つとして、最近かなり一般化しているが、今回は岩盤等級区分の定量的評価という観点からRQDと岩盤等級との関連性の検討を行った。

また、新たに岩盤等級区分の評価指数として、RQD_(N)およびRCIを考案し、さらにその適用性についても検討を行いその結果も合わせて報告する。

3.1 RQDおよびRQD_(N)と岩盤等級との対応性

岩盤等級区分の定量的評価の観点から、RQDと岩盤等級との関連性を検討した(図-1b参照)。その結果によれば岩盤が良くなる程、RQD値は大きくなり、B級では加重相加平均値が93.0%、C_H級では77.9%、C_M級では21.2%、C_L級では3.4%を示している。

RQDの岩盤等級区分の定量的評価指数としての適用性について考察すると、C_H級とC_M級の間には明瞭な差異が認められるが、他の等級間では重複部分が多いことにより、RQDのみでは定量的評価指数としての適用性は不十分である。

このような状況から、筆者らは各岩盤等級の岩盤特性を考慮したRQD_(N)を考案し、その適用性を検討した。

なお、RQD_(N)は次式によって定義されるが、今回は評価基準長Nを5, 20, 30 cmの場合について検討した。

$$RQD_{(N)} = \frac{L(N)}{\ell} \times 100$$

L(N) : 単位区間長におけるN cm以上のコアの合計長

ℓ : 単位区間長(通常100 cm)

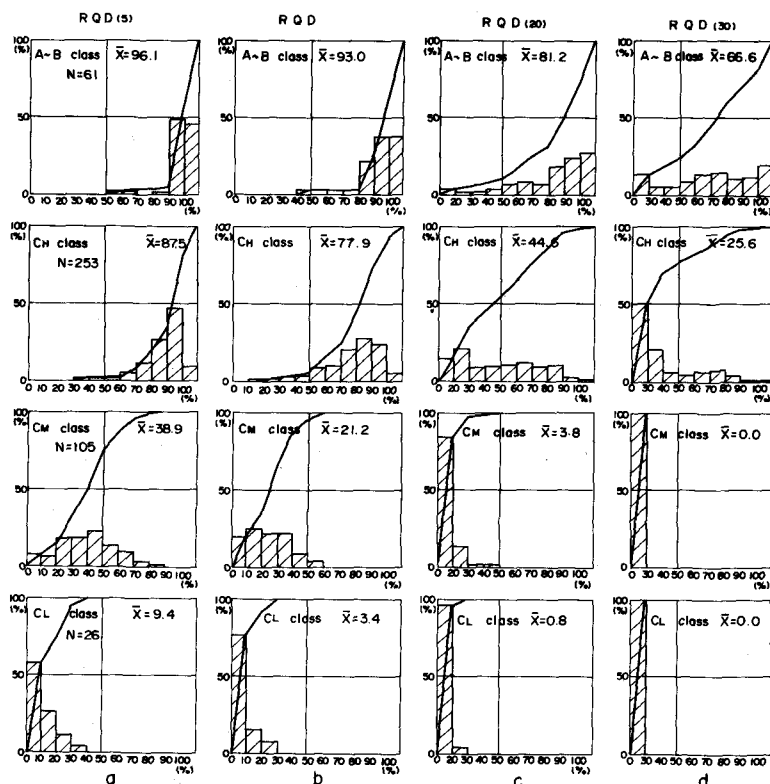


図-1 RQDおよびRQD_(N)と岩盤等級との関係(火山岩の例)

検討結果は図-1a.

c. dに示す通りであり、RQD₍₅₎ではC_L級とC_M級との間に、RQD₍₃₀₎ではB級とC_H級との間にそれぞれ明瞭な差が認められる。したがって、岩盤等級区分の定量的評価にあたっては、RQDおよびRQD_(N)を単独に適用するのではなく、RQD₍₅₎、RQDおよびRQD₍₃₀₎を一組として用いることにより、定量的評価指数としての適用が可能であると考えられる。

3.2 岩盤分級指数 RCI と岩盤等級との対応性

岩盤の劣化の過程から考えると、岩盤の耐荷性の良否は割れ目の分布性状に密接な関係をもち、岩盤が良くなるに従って最長コア長や平均コア長が大きな値を示すということは一般的にいえることである。

筆者らはこの点に着目して、下式に示すような岩盤分級指数 (Rock classification Index) RCI を定義し、この指数による岩盤等級区分評価について検討した。

$$RCI = \frac{\text{単位区間長}^* \text{における最長コアから順次三番目までのコア長の合計 (cm)}}{3^{*2}}$$

*1: 通常 100 cm *2: 2 番目までに単位区間長に達した場合はその数

検討結果によれば RCI と岩盤等級との間には明瞭な相関が認められ、特に各等級における頻度分布の重複部分が少ないことが明らかになった。(図-2 参照)

したがって、RCI は岩盤等級区分における定量的評価指数として適用性が高いものと考えられる。

3.3 岩盤の物性値と RCI の関連性

土木構造物の設計に必要な岩盤の物性値 (変形係数 D および接線弾性係数 E_t) と RCI との相関性が把握できれば、これらの物性値の敏速な把握が必要となる建設時等において、ボーリングコアから算出される RCI はかなり有力な岩盤評価方法になると考えられる。

このような理由から、ボーリング孔を利用した孔内載荷試験から得られた変形係数 D および接線弾性係数 E_t と同試験区間の RCI との関連性を検討した。

この結果によると、各試験値と RCI との間には著しい相関性が存在することが明らかになった。(図-3 参照)

4. ま と め

従来、明確にされていなかったダム基礎岩盤のボーリングコア調査のための岩盤等級区分基準を新しく提案した。さらに岩盤等級の判定にあたって客観的評価という観点から割れ目頻度に着目した指数 RQD、および新たに定義した RQD_(N)、RCI を用いて岩盤等級との相関性を検討し、さらにその適用性に

ついても述べた。

又、RCI と岩盤の物性値との対応性について検討したところ非常に高い相関性のあることが判明した。

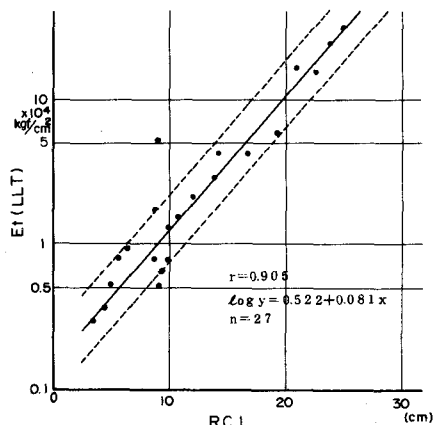
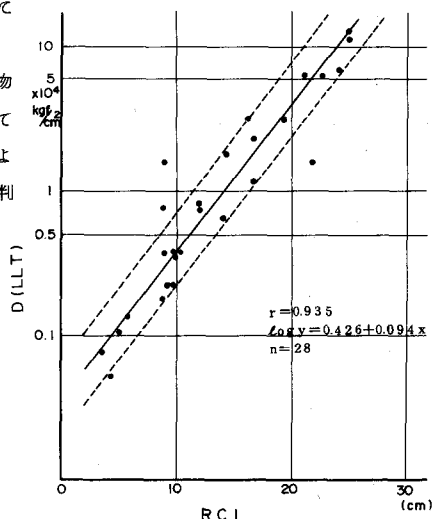


図-3 RCI と変形係数 D および接線弾性係数 E_t の関係 (火山岩・火山砕屑岩)

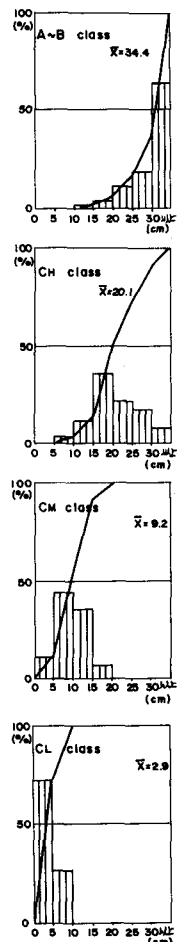


図-2 RCI と岩盤等級の関係 (火山岩)

(2) A Method to Classify the Rock Conditions by Means of Drilling Cores

— Rock Grade Classification for Engineering Purpose of Dam Foundations —

Kokiti Kikuchi *1 Yoshimi Takeshita *2

Makoto Fujieda *1 Kunio Shimizu *3

Takashi Kobayashi *1 Masatoshi Ono *4

This paper presents a new system of rock grade classification to be used for dam foundation engineerings. Paying attention to the conditions of rock cores obtained by drilling, two indices defined as below were used to study their relations to the rock grade classification.

$$RQD_{(N)} = \frac{L_N}{L} \quad RCI = \frac{L_n}{n}$$

where $RQD_{(N)}$ = modified rock quality designation

L_N = total length of cores longer than N cm in L cm

N = optional length (cm)

L = unit length of core drilling; generally 100 cm

RCI = rock classification index

L_n = total length of cores from the longest core to the n th length core in L cm

n = optional number but 3 or less

The result of the study indicate that there are good correlations between these indices and rock grade classification developed by visual inspection of rocks.

The relationship between RCI and elastic properties of rock mass obtained by borehole deformability test was also studied and a good correlation was obtained in this case too.

In the last analysis, the rock grade classification by means of drilling cores was summarized in the form of table for hard massive rocks.

*1 Tokyo Electric Power Services Co., Ltd.

*2 Kajitani Engineering Co., Ltd.

*3 Nippon Koei Co., Ltd.

*4 Faculty of Education Waseda University