

(36) ダム基礎岩盤の地質別透水特性

建設省土木研究所 齊藤 孝三

〃 〇渡辺 和夫

1. はじめに

本論文は、ダム基礎岩盤のグラウチングを合理的に行うための透水特性を把握する目的で行われている現場透水試験資料を収集し、透水特性に影響しているであろうと推定される。①地質、②地表からの深さ、③岩盤等級区分¹⁾との関連性について整理、分析した結果²⁾について若干の考察を加えて取りまとめたものである。

2. 調査方法

2.1 調査対象ダム

ダム基礎岩盤内の透水性の大きさが主として割れ目の状態及び岩石の固結度に影響を受けていると仮定すれば、一般に①地質年代、②岩石の成因によって特徴・相違があると考えられる。

当然のことではあるが、各ダムサイトごとに地質が異なれば透水性状も異なることが予想される。このことから、多くの地質を対象とした透水特性を把握することを目的として、調査対象ダムの選定を行った。しかし、ダムサイトの基礎条件が力学的な要素によって決定されることもあり、地質別には表-1のような結果となり地質別資料数にバラツキがある。

調査の対象としたダムは、建設省所管の重力式コンクリートダムが28、フィルダムが15、重力式コンクリートダムとフィルダムの複合ダムが1の合計44ダム(2345ステージ)である。

2.2 地質分類と透水性の評価

調査資料を用いて基礎岩盤内の透水特性に影響している因子を明らかにする目的で、本分析では与えられた情報因子を組み合わせる方法を採用した。基本的な因子の分類は地質年代と岩石の成因であり表-1に示す7グループとした。またその他の着目因子として岩盤等級区分及び地表からの深さを選定した。

本調査では、ダム基礎岩盤内の透水性の評価をルジオン値によって行うことにした。一般にルジオン値は、ダム基礎岩盤内へのグラウチング施工に先だってボーリングされる透水性調査孔(一般にパイロット孔と称す)において、ルジオンテスト³⁾で求められる。

分析時に用いたルジオン値は、5mの注入区間(1ステージ)での平均値($l/min/m$)である。また、岩盤状態によっては注入圧力を $10^{kgf/cm^2}$ まで昇圧する間において注入圧力Pと注入量Qの関係が比例的関係を示す場合と注入圧が $10^{kgf/cm^2}$ 未満で注入量が急増して比例的に昇圧できない折れ曲がり点(限界圧力点)が現れる場合がある。前者の場合には注入圧力 $10^{kgf/cm^2}$ に対応した実測注入量を後者の場合には、比例区間から注入圧力 $10^{kgf/cm^2}$ に対応した注入量を図式法により外挿した値をルジオン値とした。調査対象ステージの地質分類・岩盤等級区分はパイロット孔から採取したコア観察に基づいて分類・判定された結果資料を用いた。

表-1 地質別の調査対象ステージ数

地質分類	分析対象の岩種	分析対象 ステージ数	
新第三紀以降 火山性堆積岩	凝灰角礫岩	360	467
	火山礫凝灰岩	62	
	凝灰岩	45	
新第三紀以降 水成堆積岩	砂岩・頁岩(互層)	13	79
	凝灰質砂岩	10	
	砂岩・泥岩(互層)	56	
古第三紀以前 火山性堆積岩	凝灰岩	64	102
	輝緑凝灰岩	38	
古第三紀以前 水成堆積岩	粘板岩・チャート(互層)	105	242
	粘板岩	19	
	砂岩	66	
	砂岩・頁岩(互層)	52	
	阿蘇礫岩	5	
火成岩 火山岩類	石英粗面岩	61	620
	流紋岩	163	
	情緒凝灰岩	84	
	安山岩	307	
火成岩 深成岩類	閃緑岩・斑れい岩・ひん岩(互層)	205	531
	花崗岩・ひん岩(互層)	326	
変成岩類	片岩	249	304
	ホルンフェルス	55	

3. 調査結果

3.1 地質別にみた地表からの深度とルジオン値の関係

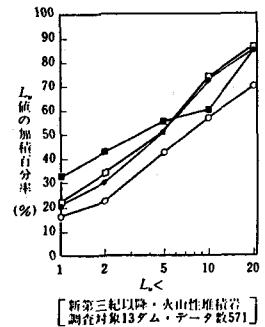
図-1に地質分類別に地表からの深度別ルジオン値とその加積百分率の関係で整理した結果を示す。本調査対象のダム基礎岩盤内の深さ方向に対する透水性状の概略は下記のとおりである。

1) 新第三紀以降の火山性堆積岩

調査の対象となった岩種の大半は凝灰角礫岩である。

地表からの深さ h_z が L_u 値に与える影響は顕著に認められず、 $L_u < 5$ の加積百分率は $h_z < 100\text{m}$ で41~55%程度の比較的狭い範囲に分布している。

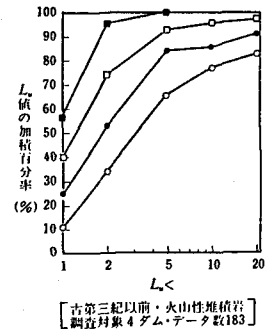
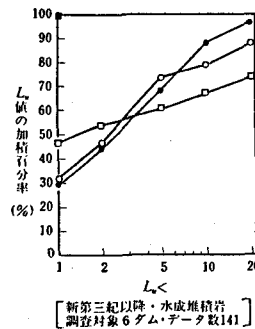
○	$h_z < 20\text{m}$
●	$20 \leq h_z < 40$
□	$40 \leq h_z < 70$
■	$70 \leq h_z < 100$
△	$100 \leq h_z$



2) 新第三紀以降の水成堆積岩

調査の対象となった岩種の大半は砂岩・泥岩である。

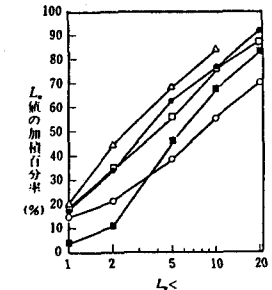
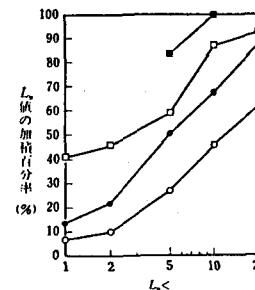
地表からの深さが L_u 値に与える影響は認められず、 $L_u < 5$ の加積百分率は、 $h_z < 70\text{m}$ で60~75%程度の比較的狭い範囲に分布している。また、同地質年代の火山性堆積岩と比較してみると若干ではあるが透水性が低い傾向が認められる。



3) 古第三紀以前の火山性堆積岩

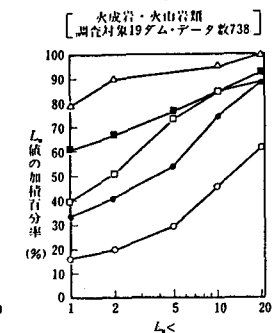
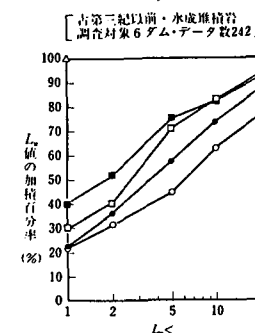
調査の対象となった岩種は、凝灰岩と輝緑凝灰岩の二種類である。

地表からの深度が増加するに従って透水性が低くなる傾向が顕著に現れている。 $L_u < 5$ の加積百分率は地表からの深度が20m以上では85~100%と大きな値を示している。新第三紀以降のものに比較して深度の影響を大きく受けていることが推察される。



4) 古第三紀以前の水成堆積岩

調査対象となった岩種の大半は粘板岩・砂岩であるが、地表からの深度が大きくなると透水性が低くなる傾向が現れている。



5) 火山岩類及び深成岩類

両者とも、地表からの深さと透水性の大きさ関係は類似しているとともに地表からの深さと L_u 値の関連性は明確でない。

6) 変成岩類

調査対象となった岩種の大半は片岩である。地表からの深さが L_u 値に与える影響が顕著に現れており、 L_u 値の加積百分率の分布傾向は古第三紀以前の水成堆積岩の場合と類似している。

図-1 地質別の地表からの深度と L_u 値の加積百分率

以上のように、本調査対象範囲では古第三紀以前の火山性堆積岩と水成堆積岩及び変成岩類が地表からの深さが深くなるとルジオン値が小さくなる傾向が認められた。

3.2 地質別および岩盤等級区分とルジオン値の関係

ダム基礎岩盤は、地質年代・岩石の成因が同じ場合でもダムサイトの広い範囲において力学的性質や透水性が均一なことは極めて少ない。このような複雑な状態にあるダム基礎岩盤を力学的な諸性質との対応で巨視的に分類評価（ここでは岩盤等級区分を差す。）することが行われている。図-2に岩盤等級別・地質分類別に整理したLu値の加積百分率の分布を示す。

○	新第三紀以降・火山性堆積岩
●	新第三紀以降・水成堆積岩
□	古第三紀以前・火山性堆積岩
■	古第三紀以前・水成堆積岩
△	火成岩・火山岩類
▲	火成岩・深成岩類
▽	変成岩類

1) B級岩盤

岩盤は割れ目や節理間隔が大きく、風化・変質のほとんどない岩盤を対象にしていることから、岩盤内の透水性は割れ目の開口性が支配するものと考えられ、地質年代・岩石の成因による影響は認められない。また、全体に安定して透水性は低い。

2) C_H級岩盤

岩盤は割れ目が新鮮または多少風化作用を受けているが岩石は比較的硬質なものを対象としている。Lu<5での地質分類別の透水性の大小は、新第三紀以降の水成堆積岩と古第三紀以前の火山性堆積岩が他の地質分類に比較して若干、透水性が小さい傾向が認められる。

3) C_M級岩盤

岩盤は風化作用を受けて岩石も多少軟質化しており割れ目の間には粘土を含んでいるか、多少のゆるみを有する。透水性はC_H級岩盤に比較して全体に大きな傾向を示しているが、地質分類別の透水性についてはC_H級岩盤に類似している。

4) C_L級岩盤

透水性の大きさは地質分類別の差が小さく、全体に大きい傾向を示している。この主な原因は風化作用による岩石強度の低下及び割れ目に挟在する粘土物質等の影響が大きく関係しているため、地質分類別の本来の岩盤特性が失われていることによるものと考えられる。

以上の調査結果からは、地質分類別に大きな差異は認められなかったが、新第三紀以降の水成堆積岩（軟岩）は他の地質に比較して透水性が低い傾向を示している。岩盤等級区分との対応は巨視的には図-3に示すような関係が得られ、B・C_H・C_M級の順で透水性が高くなる傾向が顕著に現れている。

しかし、図-3は本調査で得られたデータを用いて統計的に処理した結果であり、全ての岩種・岩盤等級区分に対して等価なものではない。図-4に安山岩（10ダムの資料）の例を示すがこのように岩種によっては、岩盤等級区分と透水性状の間には必ずしも相関性を有しないものも存在することに留意しなければならない。

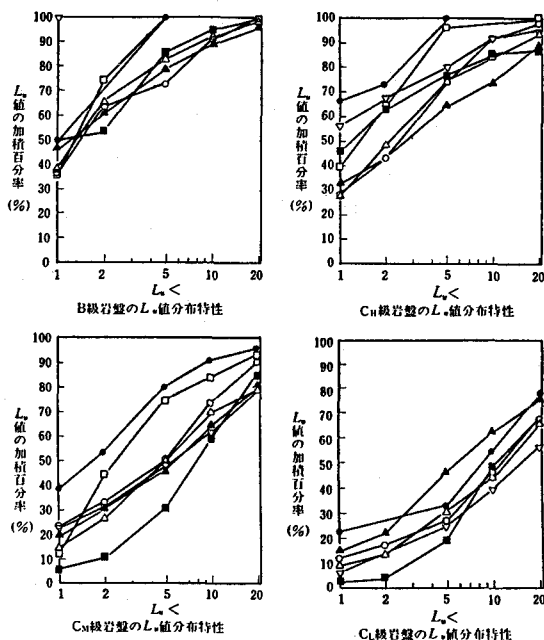


図-2 岩盤等級区分と地質別の Lu 値の加積百分率

4. まとめと考察

ダム基礎岩盤の透水特性に関して、本調査段階で得られた概略の知見は下記の通りである。

4.1 地質別にみた地表からの深度とルジオン値の関係

古第三紀以前の火山性堆積岩及び水成堆積岩と変成岩類は地表からの深さが深くなると小さな L_n 値を示す傾向が顕著である。

これは、地質の構造的な影響（貫入・褶曲・断層など）が少ない場合には、地質年代の古い堆積岩は硬く、深部ほど上載荷重により割れ目が密着しているものと考えられる。また、変成岩類の場合にも、その成因から判断して岩石は硬く、深部では岩盤内の割れ目が一般に密着しているものと考えられる。

4.2 地質別および岩盤等級区分とルジオン値の関係

本来、力学的性状との対応で岩盤の評価に用いている岩盤等級区分と透水性の評価に用いられているルジオン値の間に相関性が認められた。このことは、当初予想したように岩盤等級区分に透水性を支配する割れ目間隙、割れ目性状、岩石の固さ等の要素が含まれているといえる。しかし、岩種によっては岩盤等級区分とルジオン値の相関性が高いものとそうでないものも存在する。これは、岩盤等級区分要素の中で各要素の支配する割合が多少異なることも考えられる。地質別に考察すると新第三紀の堆積岩は割れ目が少なくコンクリートダム基礎となる程度の固結度を有すれば透水性が低く、火成岩・火山岩類は冷却節理の発達状態によって透水性が異なる。また、変成岩類の深部では割れ目が密着していて透水性が低いものと推察される。

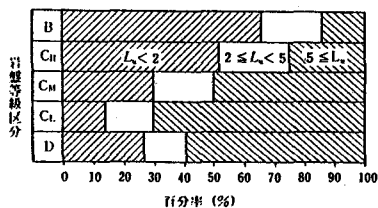
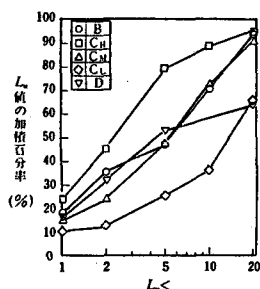


図-3 岩盤等級区分別のルジオン値特性



安山岩（火成岩・火山岩類）

図-4 岩種と L_n 値加積百分率分布の例

5. おわりに

本調査では、得られた透水性に関する情報因子に着目することによって第一段階の成果として、地質年代・岩石の成因・地表からの深さ・岩盤等級区分と透水性との関連性を知ることができた。しかし、さらにダム基礎岩盤内の透水性状を詳細に把握するためには、現場調査試験資料の蓄積と他の因子、例えば地形・地質構造・地下水位等にも着目した整理・分析が必要であると考えている。

参考文献

- 1) 土木学会編：ダムの地質調査、pp.96～106, 1977, 9.
- 2) 藤沢侃彦・斉藤孝三・渡辺和夫・宮崎一義：ダム基礎岩盤の透水性に関する調査、土木研究所資料第2299号, 1986, 3.
- 3) 建設省河川局開発課監修：ルジオンテスト技術指針－同解説－1984, 6.

(36) Permeability Characteristics
of Dam Foundation Rock by Geology

Kozou Saito and
Kazuo Watanabe

Dam Structure Division, Dam Department,
Public Works Research Institute,
Ministry of Construction

In the construction of dams, it is first necessary to find the mechanical properties and permeability of the foundation rock. Permeability is an important property related to grouting work to stop the seepage water through the foundation rock of dams in filling the reservoirs.

To restrict the seepage water through the foundation rock of dams, curtain grouting work is generally carried out, which is normally vertically done near the dam axis in the river bed, and the right and left abutments. The grouting work must be taken under the proper grouting pressures and the proper water-cement ratios for grout mixes, taking account of the permeability characteristics of the foundation rock. Therefore, for the rational execution of grouting into the foundation rock, it is basically important to find the permeability characteristics of the foundation rock accurately.

This paper presents the results of the analysis and arrangement of data obtained from Lugeon tests and a geological survey conducted on 44 dams with the aim of finding the permeability characteristics of foundation rock of dams. The summary of the results obtained in this survey are :

- 1) Volcanic and aqueous sedimentary rock before palaeogene and metamorphic rock significantly tend to show smaller Lugeon values as the depth from the ground surface increases.
- 2) Certain correlations have been recognized between the Lugeon values used for permeability evaluation and the base rock rank classification used for base rock evaluation based on mechanical properties. But the degree of correlation between the Lugeon values and base rock rank classification varies depending on the rock type.