

(82) 低地下水位域におけるルジオンテスト

建設省土木研究所 正会員 ○ 山口嘉一
建設省土木研究所 正会員 松本徳久

Lugeon Test Performed at Low Ground Water Level Sites

Yoshikazu YAMAGUCHI, Public Works Research Institute, MOC
Norihsa MATSUMOTO, Public Works Research Institute, MOC

Abstract

Lugeon test is usually adopted as the method of investigating the permeability of dam foundations and the permeability is evaluated by Lugeon value(Lu). Because this testing method is developed to investigate the permeability of hard rock foundations, it is usually performed by applying high water pressure. If Lugeon tests are performed in the soft rock foundations by the same method for hard rock foundations, soft rock foundations can be fractured by high water pressure because of their low strength. This results in overestimation of permeability of soft rock foundations. This comes to be common because not a few damsites are composed of soft rock foundations recently in Japan. However, this problem has been supposed to take place only in the shallow part of soft rock foundations. According to many investigations the authors found that there was the same problem in the deep part of soft rock foundations where ground water level was very low. That is, at the boring and/or the first step pressure of Lugeon test, comparatively high water pressure was applied to the surrounding foundation of test section and the foundation was broken. This also resulted in overestimation of permeability.

In this paper the above-mentioned case studies and several countermeasures against them are shown.

1. はじめに

ダムの設計において、基礎の透水性を把握することは非常に重要な問題の1つである。ダム基礎の透水性を把握するための原位置透水試験方法としては、従来からボーリング孔内に圧力水を注入し、その際の透水量より透水性を知るルジオンテストが一般に用いられ、透水性はルジオン値により評価されている。

一方、最近の我が国のダムサイトを見ると、従来のように硬岩ではなく新第三紀堆積岩、第四紀低溶結凝灰岩、風化花崗岩といった軟岩（砂礫地盤も同様と考えてよい）を基礎に持つ地点にもダム建設の必要性が高まってきている。この軟岩基礎においても、地盤深部の透水性の調査にはボーリング孔を利用せざるを得ず、かつダム基礎の透水試験法としては従来からルジオンテストが一般に実施されていることもあり、軟岩の透水性もルジオンテストから得られるルジオン値で評価することが適切であると考えられる。しかし、軟岩は硬岩に比べその強度が劣るため、注入圧力と注入流量が比例する限界の圧力である限界圧力が極めて小さいという特徴を持つ。特に、ダムの止水処理上最も重要である基礎の浅い部分は、上載荷重がほとんどないためにこの特徴が顕著に現われる。よって、硬岩地盤において実施するのと同様に、軟岩地盤においても高圧ポンプ注入してルジオンテストを実施すると、最小圧力あるいはポンプ脈動により試験孔周辺地盤が破壊さ

上記のような軟岩基礎浅部におけるルジオンテストの問題点は、現在ではかなり一般的なものとして受け入れられるようになり、かなりの数の現場で上記の対策が施され、かなりのデータが蓄積されてきた。こうした流れの中で、軟岩基礎浅部のみならず軟岩基礎深部においても、地下水位が低い場合には、試験孔口からの静水圧あるいはボーリング時の送水圧により既に地盤が破壊され、透水性を過大に評価していたという事例が現われてきた。こうした事実とそれに用いた対策を明らかにしておくことにより、今後のダムの基礎処理、特にグラウチングの合理的な施工に大いに役立つものと考える。

Sダムの例については一部既報³⁾であるので、結果を要約して示す。

と初期注入圧力を小さく抑えてルジオンテストを実施した。さらに、横坑Rより50～60m 上流部においても、地表面から圧縮空気の流れに微量の界面活性水溶液を霧状に注入して発生した泡により孔掘削時に発生するスライムを除去するボーリング工法（ミストボーリング）を用いて、大きな水压を载荷せずに試験孔Cを掘削した上で、小さい有効注入圧力域はボーリング孔内で水位調整することにより载荷してルジオンテストを実施した（図-2参照）。

[illegible]

図-1 Sダム右岸の地質および試験位置図

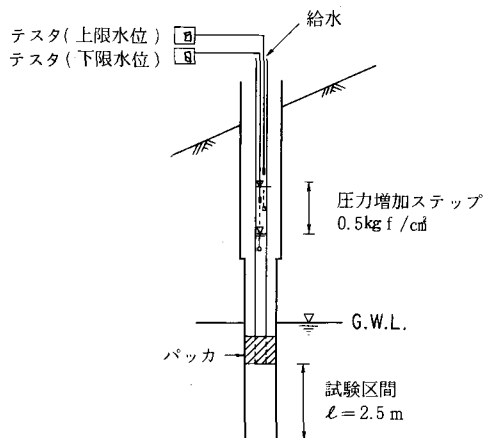


図-2 孔内水位調整による水圧載荷

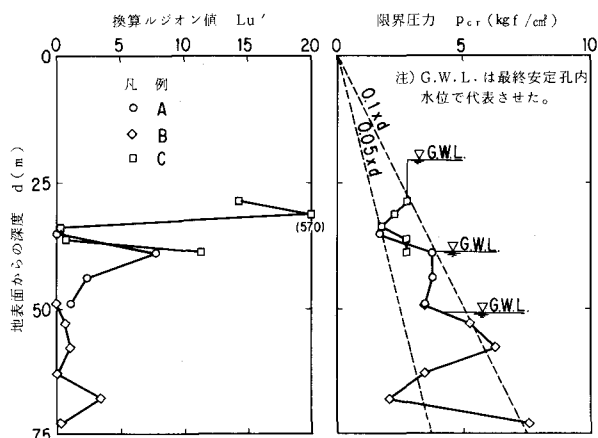


図-3 Sダムのルジオンテストの結果

3. Oダムの例

3.1 地質および実測概要

試験対象となるOダム左岸地山は、第三紀中新世の泥岩、凝灰角礫岩、凝灰岩を主体に構成されており、洪水吐アバットメント部に軽石質凝灰岩を挟んでいる。ここでは、この左岸地山の4本のボーリング孔において実施されたルジオンテストの結果について報告する。左岸地山のダム軸地質断面図とボーリング孔の位置を図-4に示す。

なお、B-62-24孔以外のボーリング孔におけるルジオンテストは初期注入圧力を口元圧力計で0.5, 1.0, 2.0 kgf/cm² のいずれかの値で設定して行った（以下、この試験を従来法と称す）。ただし、後述するようにこの地域の地下水位が低く、このルジオンテストの初期の有効注入圧力はかなり大きい。一方、B-62-24孔は地下水位の低い地域で孔掘削時の送水圧による孔周辺岩盤の破壊を防ぐ意味で掘削水を通常よりも少なくして孔掘削を実施した。さらに、ルジオンテストの初期注入圧力を口元圧力計で0kgf/cm² に設定するか、孔内水位を調節して載荷することにより、他の試験孔よりも低圧力域から試験を実施した（以下、この試験を厳密法と称す）。

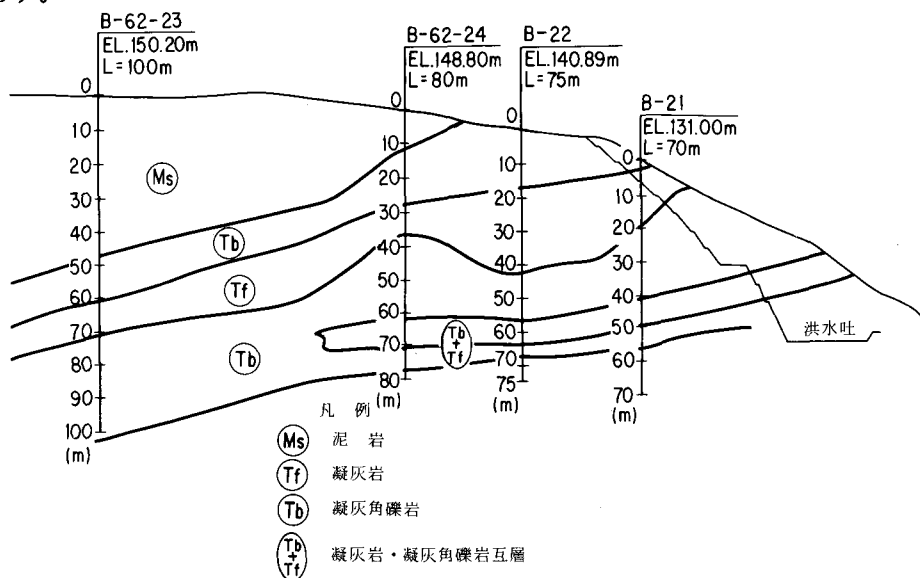


図-4 Oダム左岸の地質およびボーリング孔位置図

3. 2 実測結果

従来法および厳密法により実施したルジオンテストの結果をまとめたものを図-5に示す。これらの図面から以下のことが言える。

- ① 孔内水位は、ボーリング孔掘進に伴い低下する傾向にある。最終安定孔内水位は地表面からかなり低いところに位置している。B-21, B-62-23の孔内水位のデータを見ると、これらの周辺の地下水層は2枚存在していると考えられる。ただ他の2孔では地下水層は1枚しか確認できず、このダムサイトの地下水分布の複雑さが読み取れる。
- ② 従来法により得られたルジオン値は、60~70m以深の地下深部を除いて非常に大きい値を示している。また、限界圧力についても上記深度程度でない明確に得られない。
- ③ 一方、厳密法により得られたルジオン値は、1か所を除きかなり小さい値を示している。さらに、従来法よりも載荷水压を小さい値 (kgf/cm^2 単位で全て $0.1 \times d(\text{m})$ 以下) から試験を開始できたためか全てのステージで限界圧力 (kgf/cm^2 単位で全て $(0.05 \sim 0.2) \times d(\text{m})$ の範囲) が認められている。なお、同程度の深度であれば、従来法より求めることのできた限界圧力と厳密法によるそれとは大きな差はない (図-6参照)。

以上の結果から推察するに、Oダム左岸地山の地下水位は地表面からかなり深いところに位置するため、従来法に従ってルジオンテストを実施すると第一段階の注入圧力がかなり大きくなり、その時点で孔周辺岩盤が破壊され透水性を過大評価してしまっていたようである。この際、厳密法より得られた透水性がOダム左岸地山の正確な透水性であると言える。また、この結果は、ボーリングコアの状況や種々の室内試験結果から受ける左岸地山の透水性に対する印象とも一致する。さらに、Oダムにおいては現在(論文投稿時)カーテングラウチングを施工中であるが、パイロット孔においては周辺地下水位を考慮しながら従来法と厳密

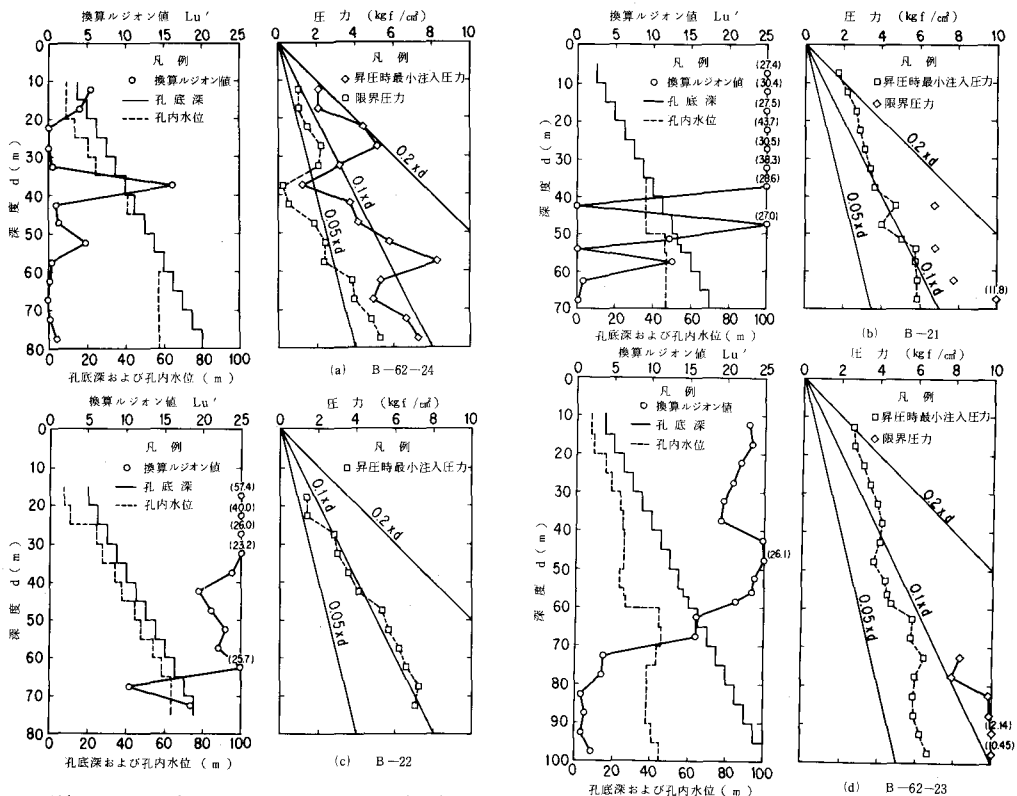


図-5 Oダムのルジオンテストの結果

法を使い分けて左岸地山の透水性が調査されている。その結果からも、Oダム左岸地山の透水性は全体に渡りさほど大きくないことが判明している。

4. おわりに

本論文をまとめると以下の通りである。

- ① 軟岩地盤においては、基礎深部においてもその地点の地下水位が低い場合は、ボーリング時の送水圧やルジオンテストの第一段階の圧力がかかなり大きくなり孔周辺岩盤が破壊され、透水性を過大に評価していたという例を2つ紹介した。
- ② この場合の対策としては、(a) 横坑内から試験を実施する、(b) ミストボーリングを用いたりボーリング送水量を減らして試験孔を掘削するとともに、孔内水位を調節することにより小さい注入圧力域から試験を実施すること、等が挙げられる。
- ③ なお、ビット法等の原位置透水試験を併せて実施しておくことも上記の試験結果を解釈する上で非常に有用である。

最後に、現場計測にあつたては、建設省九州地方建設局および石川県の関係各位には並々ならぬ御協力を賜った。また、土木研究所部外研究員の渋谷秀雄氏には実測データの解釈にあたり貴重な御助言を頂いた。末筆ながら記して謝意を表する次第である。

<参考文献>

- 1) 松本徳久・山口嘉一：軟岩基礎の原位置透水試験方法に関する研究、第17回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、土木学会、pp.201～205、1985年2月。
- 2) 松本徳久・山口嘉一：軟岩基礎の原位置透水試験方法に関する考察、土木技術資料、Vol.27、No.10、pp.3～8、1985年10月。
- 3) 松本徳久・山口嘉一：地下深部の軟岩地盤に対するルジオンテスト、第7回岩の力学国内シンポジウム講演論文集、pp.223～228、1987年12月。

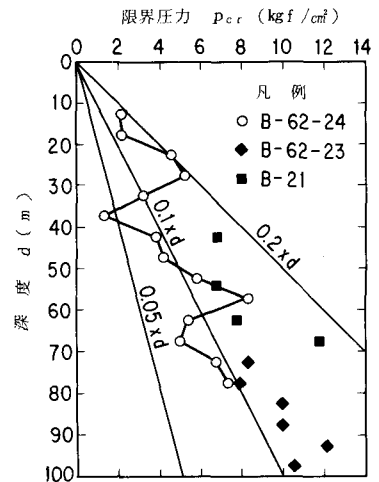


図-6 限界圧力と深度の関係