

(97) 流量制御機能を有する低水圧ルジオンテスト装置の概要と適用例

応用地質株式会社 ○村嶋光明
板谷英樹

The Development of Lugeon Test System for the Low Hydraulic Pressure and the result of application

Mitsuaki MURASIMA ,OYO Co.,Ltd.

Hideki ITADANI ,OYO Co.,Ltd.

ABSTRACT

In recent years, many Lugeon test with the low hydraulic pressure have been carried out for soft rocks.

Under the low hydraulic pressure, Lugeon test requires elaborately measurements of the hydraulic pressure and flow rate with high precision for accurate control of flow rate and injection pressure.

For this purpose, we developed new Lugeon test system for the low hydraulic pressure which has two functions: one is measuring system of pressure at every test section and the other is self-control flow rate system.

In this paper, the authors describe control system developed, results of application and validity of the system.

1. はじめに

近年、軟岩の分布地域におけるダム建設事例が増えてきており、軟岩を対象としたルジオンテストが多く行われるようになってきた。軟岩は強度が小さいために通常の方法でルジオンテストを実施した場合、岩盤を破壊するおそれもあり岩盤の透水性を正確に把握することが困難となることが多い。

このような場合には、低水圧条件下でのルジオンテストを実施する必要がある、高精度の圧力・流量測定機能を備えた装置が必要である。

筆者らは、これまでに低水圧ルジオンテスト装置として圧力センサーを備えたバッカーを開発し、その試験方法と装置の改良に取り組んできた。しかし、低水圧条件下でのルジオンテストでは、高精度の圧力測定のみでなく、高精度の流量測定および流量の調節が試験精度を大きく左右する。このたび、流量測定部の改良を行い、高精度の流量自動制御機能と有効圧力測定機能をもつ低水圧ルジオンテスト装置を開発し、いくつかの試験結果が得られたので適用例をまじえて報告する。

2. 低水圧ルジオンテスト装置の必要性

低水圧ルジオンテスト装置の開発においては、圧力センサーを備えたバッカー装置に、流量測定機能と流量自動制御機能を備えることとした。これは、低水圧ルジオンテストにおいて圧力測定を行う場合、流量の測定および調節が試験精度を大きく左右するからである。

低水圧ルジオンテストにおける留意点をあげると以下のようにまとめられる。

①限界圧力が低いために、圧力測定精度は 0.1kgf/cm^2 程度の精度が必要である。

②安定した注入圧力を得るには、流量の細かい調節が必要である。

③小さな圧力を得ることはすなわち小流量の測定・制御が必要となる。

④圧力・流量の測定において安定した値を得るには、送水の脈動をおさえることが大切である。

このように、低水圧ルジオンテストの実施にあたっては流量の測定・制御が重要で、信頼度を左右することになる。特に、試験深度が深くかつ、地下水位が低い状況における低水圧ルジオンテストにおいては流量の制御が重要である。このような場合には、測定区間の注入圧力は、注入管内の静水圧を利用する(図-1、(a))。また、注水を行うと圧力センサーで水圧として感知されるまでにある程度の時間がかかり、その間にも地上からの注入は続くことになる(図-1、(b))。したがって、これまでのように地上で設置したバルブで水位調節を行うと試験区間内で圧力を感知してバルブを閉じても、予定の水圧を超えたりすることが多く、注水圧を一定に保つことが困難となる。時には、限界圧力を超えて岩盤を破壊させるおそれもある。また、透水性の小さな岩盤では、いったん超えた水圧が、予定の水圧に戻るには、ある程度の時間がかかり、しかも圧力が落ち着くまで待たねばならず作業能率が悪い。

これらの問題点を解決するには、精度の高い流量測定と流量の制御装置が必要である。また、低水圧ルジオンテストの方法については、単位時間流量を一定に保つことにより、その注水量に対応した圧力を測定する方法を用いることが望ましいと考えられる。

3. 低水圧ルジオンテスト装置の特徴

今回開発した低水圧ルジオンテスト装置は、圧力センサーを設備したバックーシステムに、

- (1) 脈動防止タンク
- (2) 流量検出・調節装置
- (3) 圧力・流量記録および流量制御装置

を新たに備え、システムの一体化を図ったものである。

次に新たに備えた装置の役割について説明する(図-2参照)。

1) 脈動防止タンク

ディーゼルエンジンポンプにおけるエアチャンバーに相当するもので、ポンプから吐出された水がこのタンクを経由することにより、タンク内のエアがエアークッションとなり、ポンプの脈動を軽減する。

2) 流量検出・調節装置

電磁流量計による流量検出部と、流量調節バルブによる流量調節部からなり、流量50ℓ/min未満の範囲で測定および調節が可能である。電磁流量計は、5ℓ/min以下の小流量用のものと4~50ℓ/min未満の

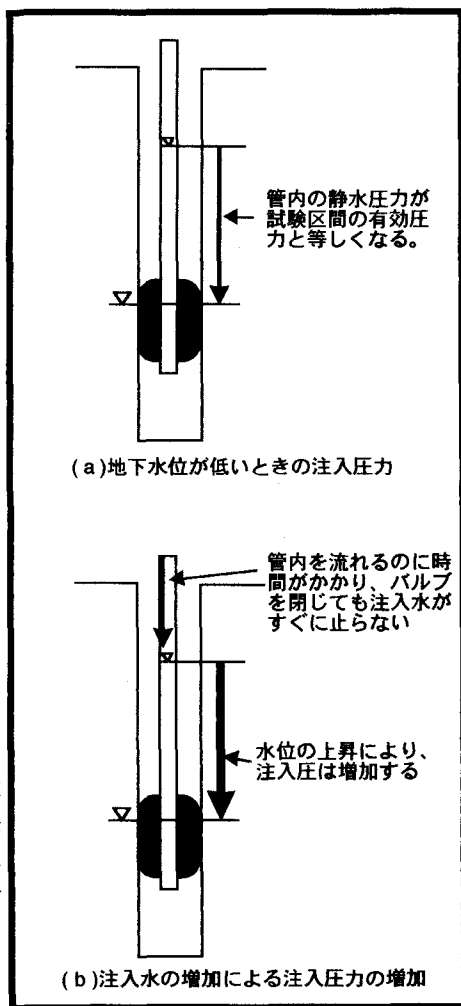


図-1 低水圧ルジオンテストにおける注入圧力の問題点

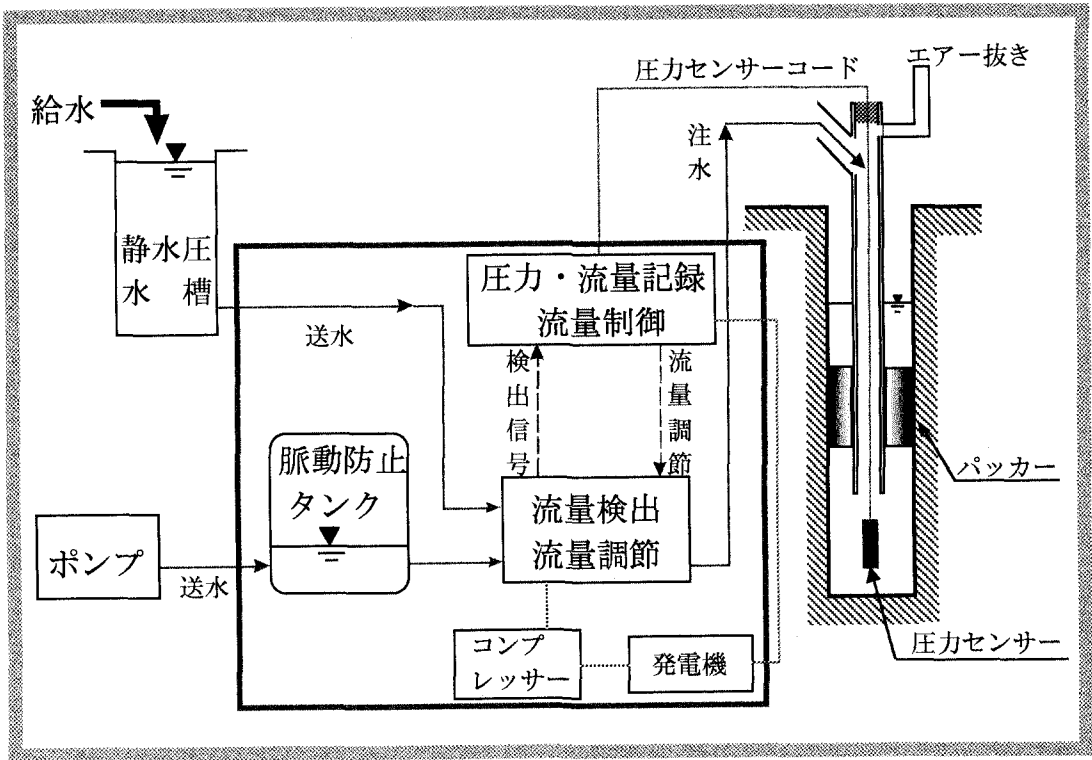


図-2 低水圧ルジオンテスト装置の概要図

中流量用のものを備えている。

3) 圧力・流量記録および流量制御装置

この装置は、ボーリング孔内への注水量を設定し、かつ、流量検出部からの信号を受け、これを流量値に変換し、表示・記録を行い、流量調節部に設定注水量の指令を行う。また、同時に圧力センサーからの有効圧力を表示・記録する。

流量制御は、まず、ボーリング孔内へ注入する流量を流量設定ダイヤルで任意に設定する。これを受けて流量調節装置が設定流量を維持するために、流量調節バルブの開閉を行って流量の調節を行う。また、流量測定は、電磁流量計からの信号を流量変換器で流量値に変換し、デジタルパネルに表示するとともにプリンターで打ち出される。この、電磁流量計からの信号は、流量調節計にもフィードバックされ、すみやかに流量制御が行われるようになっている。

圧力・流量の記録は、1分毎に測定時間と測定値がプリントアウトされる。

4. 適用例

現在、本装置を使用したルジオンテストは、第四紀の火砕流堆積物を主体とする火砕岩類やシラス、あるいは白亜紀の花崗岩の強風化部などの岩盤状況下で実施している。これらの地質は、未固結あるいは半固結状態であり限界圧力が低い状態にある。

このような状況下で実施したルジオンテストの1例を図-3に示す。この例は、シラスでのルジオンテストであるが、低水圧ルジオンテスト装置を用いたことにより、注水量は最小約0.2ℓ/分で制御され、有効圧力も約0.1kgf/cm²の精度で測定することが可能であった。

したがって限界圧力が1kgf/cm²未満と低いにもかかわらず、低水圧での有効圧力と単位注水量の関係を

精度よく測定することが可能となり（図－４参照）、信頼性の高い換算ルジオン値を求めることができた。
 なお、本装置においては有効圧力、注水量ともに1/100 単位で測定値が得られ、個々のデータ精度も高いものである。

また、図－５には流量制御における注入圧力の経時変化を示した。これは、流量調節を一定流量にセットした時点から注入圧力がどのように安定化するかを示したものである。図－５に見られるように、本装置で注水量をセットしてからおよそ6~7 分後に注入圧力が安定化しており、注水量と注入圧力との関係を読み取ることができる。注入圧力の測定値のばらつきはほぼ10%以内に収まっており、精度の高い測定値を得ることができる。

なお、測定初期における圧力の増加は、設定流量に速く収束させるために流量調節バルブがわずかに過流量を流すためであり、その場合でも圧力の増加分は0.1 ～0.2kgf/cm²程度と低い。さらに、過流量となることに問題があれば、収束時間が長くなるものの設定流量を超えないで収束させる設定も可能である。

また、本装置を使用した場合の特長としては、次のような点があげられる。

- ①流量・圧力が同時にプリント出力され、データの保守・管理が容易である。
- ②流量の調節がダイヤル方式で簡単に行え、また、デジタル表示により高精度で流量管理が可能である。
- ③低水压条件でない場合には、流量調節バルブを開放し、圧力管理による通常のルジオンテストも可能である。

***** 透 水 試 験 デ ー タ シ ー ト *****

調 査 名 :

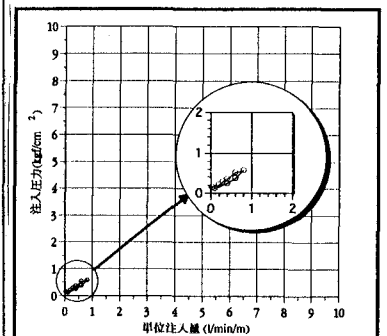
孔 番 号 : K 試験番号 : 2 試験年月日 : 1992
 測定深度 : 80.00m - 85.00m 測定区間長 : 5.00m
 注入管長 : 81.00m 計器高 : 1.00m 孔内水位 : GL- 56.60m
 ロッド残尺 : 1.00m 静水压補正 : h1= 83.50m h2= 25.90m
 孔の半径 : r= 33mm 傾斜角 : 90 パッカー種類 : エア-ハッカー
 注入管種 : A Q ロッド 管内抵抗 α : 0.00 (センサー)

ルジオン値 : Lu'= 16.2
 限界圧力 : Pc > 0.6

P0	Q1					Q	q	h3	P	
	1	2	3	4	5					
	8	7	8	9	10					
0.14	0.14	0.16	0.16	0.18	0.18	0.16	0.03	0.00	0.14	*
0.20	0.20	1.03	1.01	1.01	1.00	1.01	0.20	0.00	0.20	*
0.28	1.60	1.60	1.60	1.60	1.48	1.60	0.30	0.00	0.28	*
0.36	2.01	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	0.40	0.00	0.36	*
0.51	2.98	3.00	2.99	2.99	3.00	2.99	0.60	0.00	0.51	*
0.60	4.03	4.01	3.99	4.02	4.00	4.01	0.80	0.00	0.60	*
0.38	3.01	3.02	3.00	2.95	3.01	3.00	0.60	0.00	0.38	
0.23	1.84	1.99	2.01	1.99	2.02	1.99	0.40	0.00	0.23	
0.11	0.60	0.60	0.60	0.61	0.60	0.60	0.10	0.00	0.11	

＜記号凡例＞

右端の*印はルジオン値算出に用いた区間を示す
 P0 : 注入圧力 (kgf/cm²) Q1 : 毎分注水量 (l/min)
 Q : 平均透水量 (l/min) q : 単位透水量 (l/min/m)
 h3 : 損失水頭 (m) P : 有効注入圧力 (kgf/cm²)



図－４ P－Q曲線

図－３ 試験結果の一例

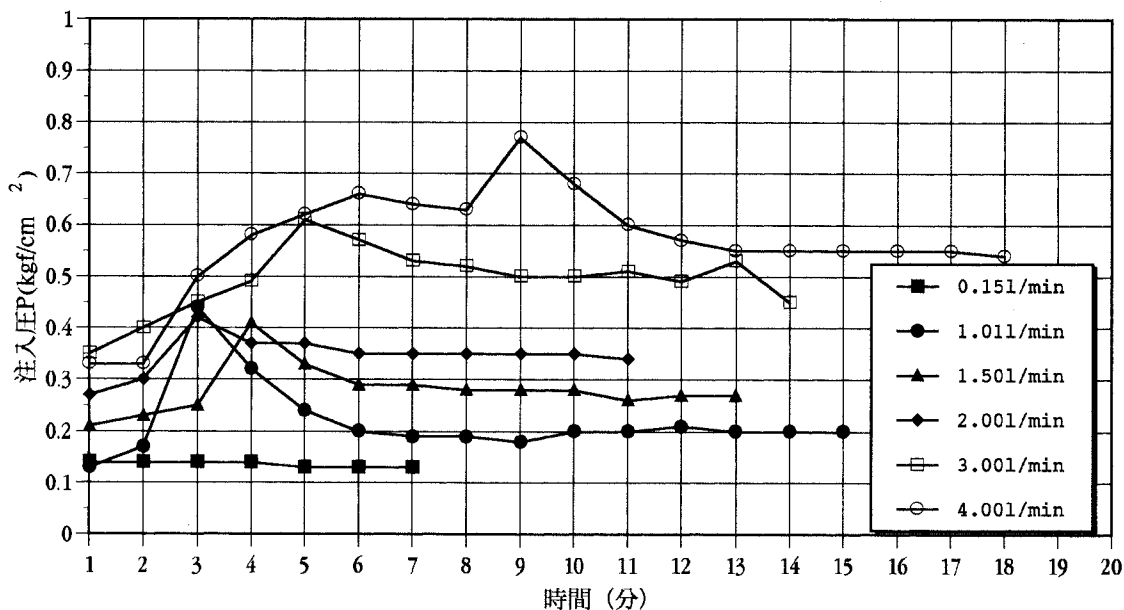


図-5 注入圧力の経時変化

④湧水圧の自動測定やボーリング掘進中の間隙水圧の測定記録なども容易に出来る。

⑤ルジオンテストの作業内容が簡素化されている。

5. あとがき

本装置には、これまでの試験装置と異なり自動流量制御機能が加わった。このことにより、圧力・流量管理が簡単に行なえるようになった。

現在、現場での試験を行ない新しく制作した流量制御システム等の装置は有効であることが実証されたが、操作性や測定機材の大きさ等に改善すべき点があった。

そこで、今後の主な改良方針として以下の様な点があげられる。

- 1) 圧力と流量測定のプリンターを1台にまとめ、圧力・流量変化のグラフ化とともに測定値を出力させ、現場での操作性をいっそう向上させる。
- 2) 今回開発した出力装置は大型で運搬しにくい面があるため、現在の流量制御装置、圧力・流量記録装置を1/3程度の大きさにしコンパクト化し、ボックスに一体化する。
- 3) フロッピーディスクへのデータ収録を行い、データ解析の迅速・省力化を測る。また、低水圧ルジオンテスト装置の出力結果に合わせたデータ解析プログラムを作成する。

参考文献

- 1) 太田厚生・村嶋光明・板谷英樹(1992)：低水圧現場透水試験装置の開発，全地連「技術フォーラム'92」講演集，pp.311-314.
- 2) 村嶋光明(1992)：流量制御機能を持つ低水圧ルジオンテスト装置の開発と試験例，日本応用地質学会九州支部第九回研究発表会予稿集，pp.27-30.