

## 自動流量制御機能を備えた低水圧ルジオンテスト装置

太田厚生・村嶋光明

### Lugeon Test System for Low Water Flow Pressure with Function of Automatic Flow Control

Atsuo OHTA and Mitsuaki MURASHIMA

#### Abstract

Lugeon test is an insitu permeability testing method intended for use in hard bedrock. However, many recent dam construction projects are being conducted at locations of soft rock. Consequently, the Lugeon test has often been carried out for soft rocks having a low limit pressure.

The Lugeon test under low water flow pressure is necessary to obtain the correct Lugeon value and the low limit pressure which is common to soft rock. For the test under these circumstances, the following considerations should be taking into account:

- 1) Pressure measurement should not done at the top of the orehole, but should directly be measured in the examining section using a pressure sensor.
- 2) Highly accurate measurement of flow quantity should be conducted because small flow volume is necessary to be determined.

These requirements for measurement are being achieved by using a pressure sensor and an electromagnetic flowmeter. However, the most important problem connected with conducting the Lugeon test under low water flow pressure is how to send off steady flowing quantity. This problem makes it difficult to improve the reliability of test results and work efficiency by improving measurement of pressure and flow alone.

In this regard, for use under low water pressure the authors have developed a Lugeon test system that automatically controls flow volume. The complexity of measurement and test failures due to human error are decreased by automatic control of flow quantity. Moreover, the work efficiency of measurement has been improved.

The characteristics of this system are as follows:

- 1) Pressure can be measured at a level of  $0.01 \text{ kgf/cm}^2$  with the pressure sensor in the examining section.
- 2) Flow volume of  $0.01 \text{ lit/min}$  level can be measured by using an electromagnetic flowmeter.
- 3) Flow can be stabilized at any flow rates by the adjustment valve.
- 4) It is expected that the values of both measurement of flow volume and pressure become steady within 10 minutes after the beginning of measurement, including time of adjustment of flow volume.

1 はじめに

ルジオンテストは、ダム基礎岩盤の透水性を評価し、グラウチングによる地盤の透水性の改良に対する評価等に用いられ、本来、硬質な岩盤を対象とした現場透水試験方法である。この試験に関しては、1977年に建設省河川局の監修による「ルジオンテスト施工指針（案）同解説」が提示され、それ以後は、この指針に従って試験が行われているが、この指針によれば、圧力測定はボーリングの口元で行うことになっている。この場合には、有効圧力の算定において、地下水位から基準面までの水頭の補正および管内抵抗による損失水頭の補正が必要である。

木村ほか（1981）は、硬岩に対するルジオンテストにおいて、注入区間の圧力を直接測定するためのパッカーを使用して圧力測定を実施し、口元で測定した圧力に補正を行って得られた有効圧力との比較を行い、注入区間の圧力の直接測定を推奨している。

近年、軟岩の分布地域において、ダムを建設する計画が増えてきていることから、軟岩を対象としたルジオンテストが行われることが多くなってきた。

軟岩のような限界圧力が低い地盤において、正確なル

ジオン値や限界圧力を求めよとする場合には、限界圧力に達するまでの低い圧力段階において測定を実施しなければならない。したがって、最近では、試験区間内に設置した圧力センサーを用い、試験中の有効圧力を直接測定することによって、低水圧における圧力測定が精度よく行われるようになってきた。しかし、圧力の測定精度は向上したものの、試験区間内に圧力を発生させるものとなる注入水の流量の測定方法や制御方法は改善されないままになっている。

低水圧ルジオンテストにおいては、高精度の圧力測定のみならず、地盤の持つ正確なルジオン値と限界圧力を求めるために、精度の高い流量測定およびその制御が必要であり、また、作業効率を高めるためにも必要であると判断し、圧力測定装置および流量測定装置の改善を行うとともに、自動流量制御機能を備えた低水圧ルジオンテスト装置の開発を試みた。

2 低水圧ルジオンテスト装置

2・1 設計条件

低水圧ルジオンテスト装置の開発を行うに当たっては、今までの試験方法における欠点を明らかにし、それ

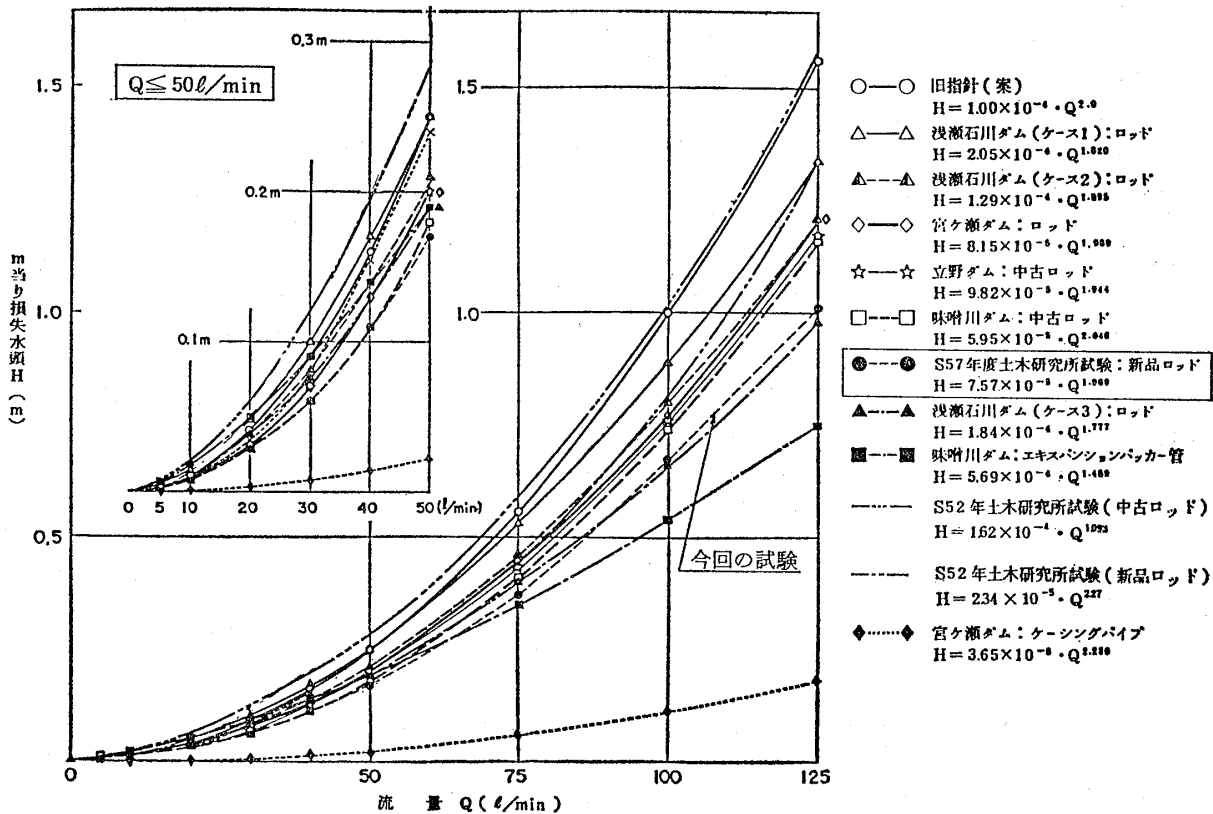
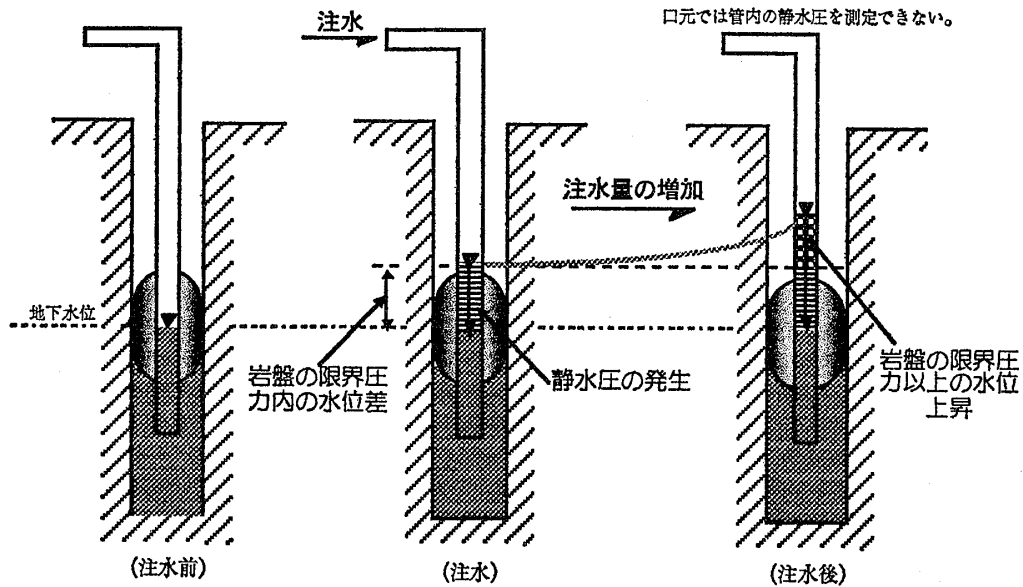


図-1 ルジオンテストにおける管内抵抗試験  
Fig.1 Records of pipe resistance in Lugeon testing



図一2 注入水による静水圧の増加

Fig. 2 Increase in hydrostatic pressure by water injection

らの欠点を解消することが前提となる。そこで、装置の設計においては、以下の3点について検討し、それぞれにおける欠点を除くことができるように設計条件を定めることにした。

- ① 圧力測定：圧力の測定方法および測定精度
- ② 流量測定：流量の測定方法および測定精度
- ③ 流量制御：流量の制御調節方法

### 2・1・1 圧力測定

(財)国土開発技術研究センター(1984)の「ルジオンテスト技術指針(案)・同解説」によれば、圧力測定はボーリングの口元で行うことになっている。この場合には、有効圧力を算定するにあたって、地下水水位から基準面までの水頭の補正と管内抵抗による損失水頭の補正が必要である。また、同書には、管内抵抗による損失水頭の状況を示してあるが(図-1参照)、個々の注入管によって損失水頭が異なり、現場で使用する注入管の状況によって損失水頭が変わることから有効圧力の正確な算定は難しいと言わざるを得ない。

また、圧力測定を口元で行う場合、試験区間水位が低いときには、注入水が注入管内に充填するまでは圧力の測定が出来ない。このことは、図-2に示すように、限界圧力の低い地盤においては、注入水が注入管内に充填するまでの間に、管内に発生する静水圧によって地盤を破壊させてしまう恐れがある。

これらの欠点を解決し、信頼性の高い有効圧力を測定するためには、木村ほか(1981)が述べているように、試験区間内に圧力センサーを設置して、有効圧力を直接測定することがもっともよい方法であると判断した。

この方法を採用することによって、個々の注入管における管内抵抗を考慮する必要がないばかりか、注入管内に生じる静水圧をも正確に測定することが可能である。

なお、ルジオンテストにおいて、口元で圧力を測定する場合、あるいは、圧力センサーを試験区間に設置して測定する場合のいずれの場合においても、試験区間の水位を事前に正確に測定することは、有効圧力を算定する上で重要である。特に、図-3に示すように、被圧水の有無によって、孔内水位と試験区間水位とが大きく異なることがある。このような水位差がある場合、従来の方法では、注入管内の水位をマスターなどで測定するしかなく、試験区間水位が安定するまでの時間と作業の手間がかかっていた。しかしながら、圧力センサーを用いる場合には、注入管内に小型パッカーを挿入することが可能であり、これによって、注入管内において試験区間を閉じることができ、注入管内に生じている水頭圧を遮断し、試験区間水位の測定時間を短縮することができるという利点を持っている。

次に、圧力測定においては、限界圧力に達するまでに少なくとも4~5点のデータを得ることが必要であると考えた。そして、測定精度に関しては、対象としている軟岩における限界圧力の範囲が1~2 kgf/cm<sup>2</sup>であると仮定すると、この場合、各測定値としては0.1 kgf/cm<sup>2</sup> 単位のものとなることから、圧力センサーから得られるデータの読み取り値としては、0.01 kgf/cm<sup>2</sup> 単位のものが必要であると判断した。

以上のことから、圧力測定的设计条件として、次の2つの条件を定めた。

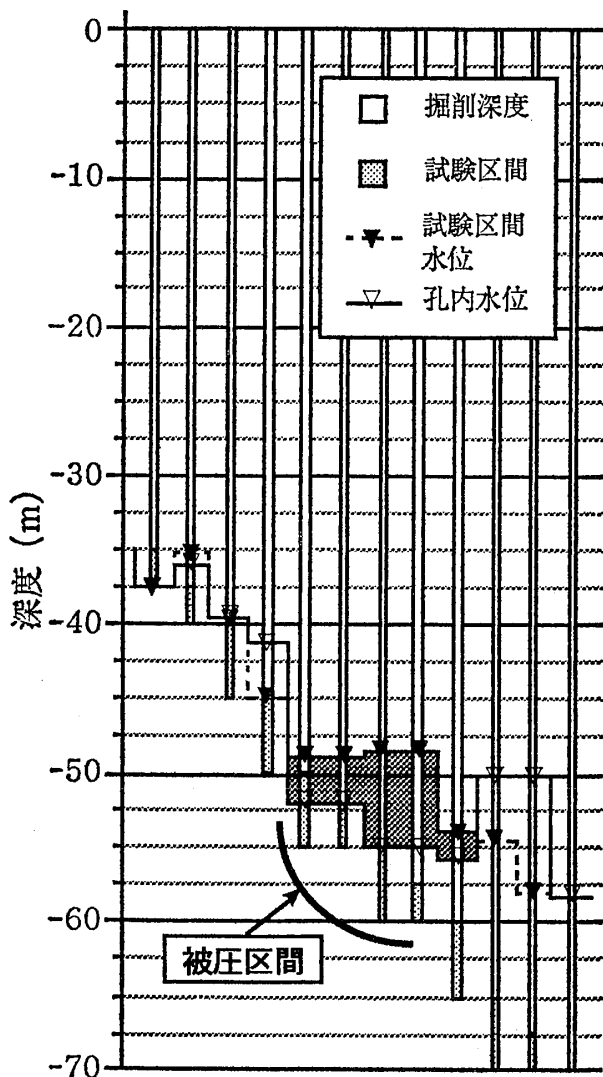


図-3 孔内水位と試験区間水位との食違い  
 Fig. 3 Differences in water level between borehole and measuring section

- ① 試験区間内に圧力センサーを設置し、有効圧力を直接測定するようにする。
- ② 低水圧ルジオンテストとしての圧力センサーは、0.01kgf/cm<sup>2</sup> 単位の読み取りが可能なものとする。

2・1・2 流量測定

従来行われている流量測定においては、最小読取り単位が 1 l/min の積算流量計や自記記録可能な電磁流量計が用いられている。

ルジオンテストは、測定地盤における注入圧力と注入流量の関係を明らかにするものであり、流量測定は圧力測定と同様の測定精度を持つことが必要である。そこで、ルジオンテストにおける注入圧力と注入流量の関係を、注入管内に生じる静水圧（水頭）と仮定して、以下のように考えた。

表-1 静水圧時の流量と圧力との関係  
 Table 1 Relation of flow volume and hydrostatic pressure

流量Q (ℓ/min)	圧力P (kgf/cm <sup>2</sup> /min)
0.01	0.001
0.1	0.01
1	0.1

注)ただし、注入水が試験区間外へ浸透しないものとする。

現在、ルジオンテストにおいては、管内抵抗を少なくするため、通常のボーリングロッドではなく、ロッド接続部における内径変化の少ないAQロッドあるいはガス管が用いられている。このAQロッドの場合は、ロッドの内径が 34.9mm であり、ロッドの断面積は約10cm<sup>2</sup>となる。静水圧はロッド内に生じる水頭であることから、静水圧の変化は、水頭を満たすために必要な流量によって定められることになる。

静水圧条件下における流量と圧力の関係は、表-1に示すようになる。

さきに述べたように、圧力測定においては、読み取り値が 0.01kgf/cm<sup>2</sup> 単位である圧力センサーを使用することになっているのであるから、流量については少なくとも 0.1l/min 単位の測定を行うことが必要となる。

一方、ボーリング孔において、試験区間全体より地盤に浸透する水の量をQとすれば、

$$Q = A \times k$$

ここで、 A : 試験区間内の浸透面積

k : 透水係数

そこで、直径 66mm のボーリング孔において、試験区間長を 5 m としたときの浸透面積は、試験区間の周壁の面積と底面の面積の和であるので、A=10401cm<sup>2</sup> となり、さらに、ルジオン値が 1 Lu 程度の難透水性地盤の透水係数は 1 × 10<sup>-5</sup>cm/sec 程度であるといわれている。したがって、この場合の浸透水の量Qは、

$$Q = 10401\text{cm}^2 \times 1 \times 10^{-5}\text{cm/sec} = 0.006\text{l/min}$$

となる。このように、難透水性（1 Lu 程度）地盤への水の浸透を考えた場合にも、0.01l/min 単位の測定が望まれることになる。

次に、流量測定の測定時間については、圧力と流量の関係を同じ時間スケールで評価することが望まれることから、流量測定には積算流量よりも瞬間流量を測定することが必要であろう。瞬間流量を測定することによっ

表一2 流量測定の方法の比較

Table 2 Comparison of measuring methods of flow volume

測定装置	測定方式	測定精度	記録方式
積算流量計	積算流量	1 ℓ/min	読みとり
ドリップメーター	積算流量	0.001 ℓ/min	読みとり
電磁流量計	積算流量 瞬間流量	0.01 ℓ/min (2 ℓ/min未満の時)	読みとり 印刷ディスク

て、流量の読み間違えなどが防止できるものと期待される。

以上のように、流量の測定精度や測定方法を考慮するとき、表一2に示す流量計のうち、高精度の電磁流量計を用いることが最も良策であると考えられる。

以上のことから、流量測定的设计条件としては、次の2つの条件を定めた。

- ① 流量測定は電磁流量計を用い、瞬間流量を測定する。
- ② 電磁流量計は、圧力センサーと同様の測定精度を確保するため、小流量時には0.01ℓ/min単位の測定が可能なものとする。

2・1・3 流量制御

低水圧ルジオンテストの場合には、測定する流量が小流量であることが多い。この場合に、流量測定を高精度に行うことができるとしても、測定時において、安定した流量を送り続けることが必要であり、これによって、最終的には、測定結果の信頼性や作業効率を上げることになる。

この流量を制御する点に関して、今日まで特に改善されることもなく、低水圧ルジオンテストにおいてネックとなっていた。すなわち、多くの場合、流量の調節は手動バルブによって行われており、人為的操作のために、安定した流量を得ることが難しく、適切な流量を素早く調節できないとか、流量の調節に時間がかかるというようなことが起こっていた。

そこで、流量測定に用いることにした電磁流量計と連動して動く流量調節バルブを組み込み、流量の制御を自

動的に行う装置を考案した。

これは、図一4に示すように、電磁流量計の先に自動流量調節バルブを挿入して、注水量が常に一定になるようにしたもので、電磁流量計からの信号を受け、流量調節計に定めてある流量になるように、流量調節バルブを開閉して、流量を調節するものである。

この流量調節バルブ的设计条件としては、反応が早いこと、ルジオンテスト時にかかる水圧に十分耐え得るものとし、複動形空気圧シリンダーを用いている空動調節バルブを選んだ。

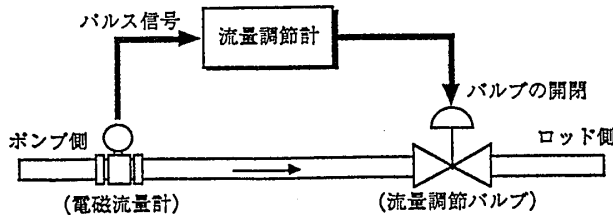
2・2 装置概要

自動流量制御機能を備えた低水圧ルジオンテスト装置は、図一5に示すように、大きく3つの部分に分かれている。

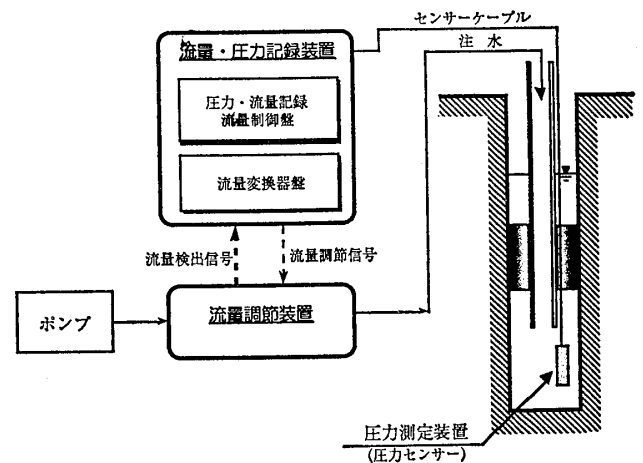
- 1) 流量制御装置
- 2) 圧力測定装置 (パッカー)
- 3) 流量・圧力記録装置

2・2・1 流量制御装置

流量制御装置は、図一6に示すように、装置の心臓部ともいべき電磁流量計と流量調節のための“空動バルブ”からなる。本装置では、小流量用と中流量用の2台



図一4 流量調節システム  
Fig. 4 Flow control system



図一5 低水圧ルジオンテスト装置の概要図  
Fig. 5 Scheme of the Lugion test system at low water flow pressure

表-3 電磁流量計の仕様

Table 3 Specifications of the electromagnetic flowmeter

電磁流量計	測定範囲 (ℓ/min)	測定精度	口径 (m/m)
小流量用	0.4~5.0	2ℓ/min未満で0.01ℓ/min、2ℓ/min以上で0.1ℓ/min(表示は0.01ℓ/min単位)	5.0
中流量用	4.0~50	20ℓ/min未満で0.1ℓ/min、20ℓ/min以上で1ℓ/min(表示は0.01ℓ/min単位)	15

表-4 パッカーの特徴

Table 4 Comparison features of two types of packers

パッカーの型式	圧力センサーの設置方式	特徴
I型	ロッド内挿入型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・センサーコードと孔壁との接触がない。</li> <li>・パッカーの挿入が容易。</li> <li>・パッカー取り付け部での管内抵抗は小さい。</li> <li>・トリップバルブなどの他の装置の取り付けが困難。</li> </ul>
II型	パッカー取り付け型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・センサーコードはロッドの外側にある。</li> <li>・パッカー取り付け部での管内抵抗は大きい。</li> <li>・ロッド内での試験区間閉塞が容易。</li> <li>・トリップバルブなどの他の装置の取り付けが可能。</li> </ul>

の電磁流量計と流量調節バルブを備えており、表-3に示すような性能を有する。また、50 l/min以上の流量については積算流量計にて代用させている。

この流量制御装置の特徴としては、次に述べる流量・

圧力記録装置から送られる信号にしたがって、設定された流量になるように流量調節バルブが開閉し、一定流量になるように、流量をコントロールするものである。この場合、設定された流量を超えないように流量調節バルブが働いて流量を調節するため、誤って過大な流量を試験区間に流してしまう恐れはない。したがって、同一レベルの圧力段階で過大な注入圧力が生じることがなく、低水圧ルジオンテストを安全に実施することができる。

2・2・2 圧力測定装置 (パッカー)

圧力測定装置としては、圧力センサーを備えたエアーパーカーを用いている。このエアーパーカーは、表-4に示すように、2種類のものを用いている。1つは、ロッドの上端よりロッド内部に圧力センサーを挿入するタイプのもので、他の1つは、センサーコードがロッドの外側にあり、センサーがパッカー直上部より試験区間内

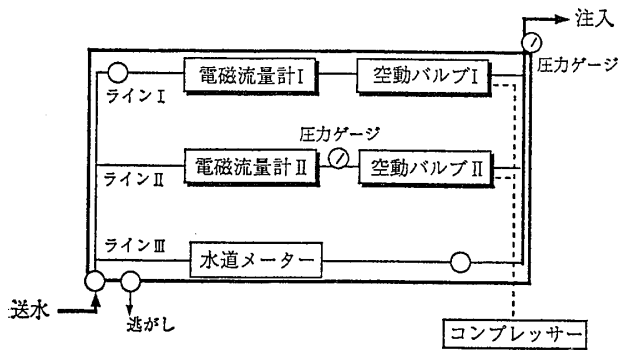


図-6 流量制御装置

Fig.6 Scheme of automatic flow control system

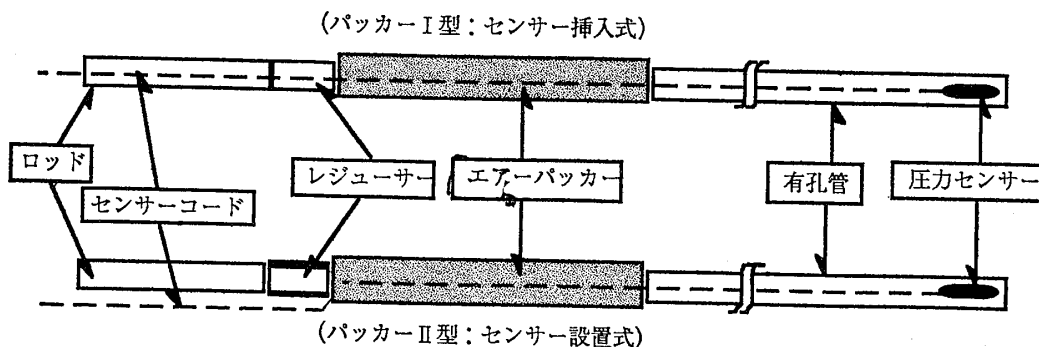


図-7 パッカーの概要図

Fig.7 Scheme of two types of packers

表-5 圧力センサーの仕様

Table 5 Specifications of the pressure sensor

圧力レンジ*	精度	動作温度	大きさ
200psis, 500psis	±0.25% F. S.以下	-57~93°	φ23.75mm

\* psis:pound/inches<sup>2</sup>≒0.07kgf/cm<sup>2</sup>

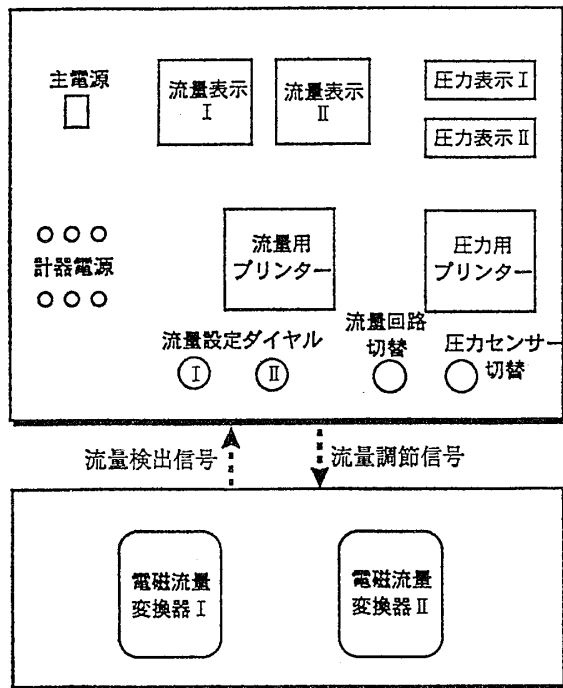


図-8 流量および圧力記録装置  
Fig. 8 Scheme of flow and pressure recording system

操作パネル

変換器

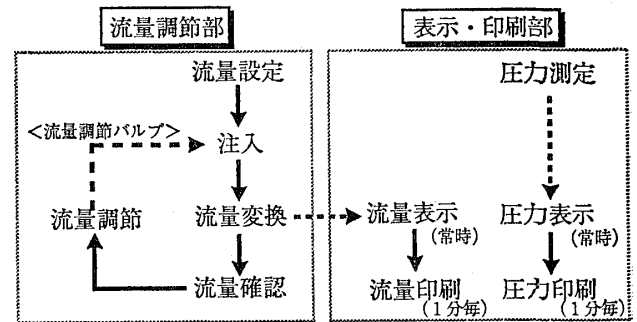


図-9 装置における流れ図  
Fig. 9 Flow chart of measurement and recording in the system

ルジオンテストにおいて必要とされる 0.01kgf/cm<sup>2</sup> 単位の読み取りが可能である。

2・2・3 流量・圧力記録装置

流量・圧力記録装置は、図-8に示すように、電磁流量計からのアナログ信号をデジタル信号に変える流量変換器盤と圧力・流量を記録し流量の調節を行う操作パネルからなる。図に示すように、流量表示および流量設定ダイヤル等は、各電磁流量計にあわせて2つ設けてあり、また、圧力センサーもセンサーの種類にあわせて2つの表示部を備えている。

この装置は、ボーリング孔内への注水量を任意に設定し、流量調節バルブへ信号を送る機能と流量検出部および圧力検出部からの信号を受けてこれを流量値、圧力値

に挿入されるものである。これらのパッカーの構造の概要を図-7に示してある。

圧力センサーの仕様は、表-5に示すとおりで、低水

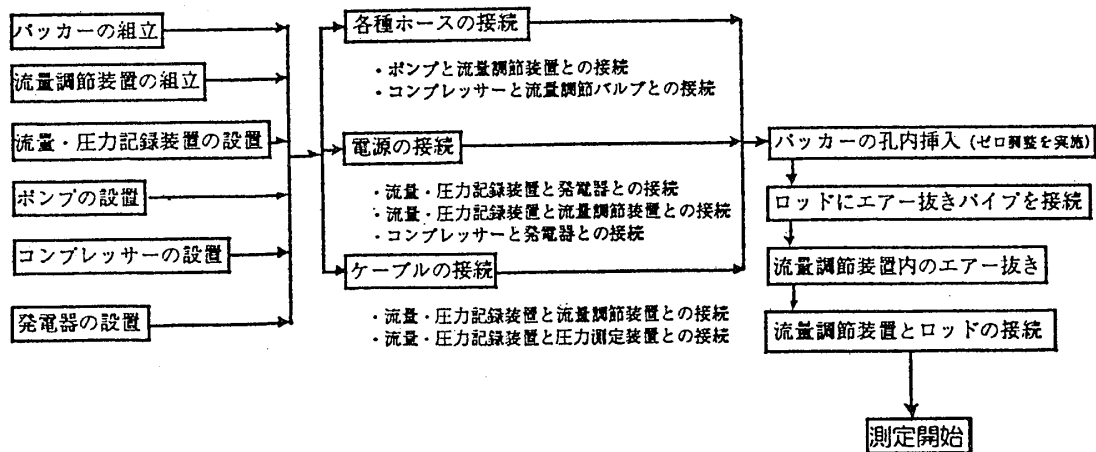


図-10 装置設置の流れ図  
Fig. 10 Flow chart of installation of the Lugion test system

に変換・表示・印刷する機能を持っている。この装置の流れ図を図一9に示す。この図に示すように、流量調節部は流量変換後にその流量を確認し、設定流量と一致しているかどうかを判断して、異なっているときには、流量の調節を流量調節バルブで行うように信号を出す仕組みになっている。

このようにして、注入量は設定された流量になるように流量調節バルブで常に調節され、表示パネルには設定流量とともにリアルタイムで測定値が表示され、1分毎に圧力値と同時に印刷される。

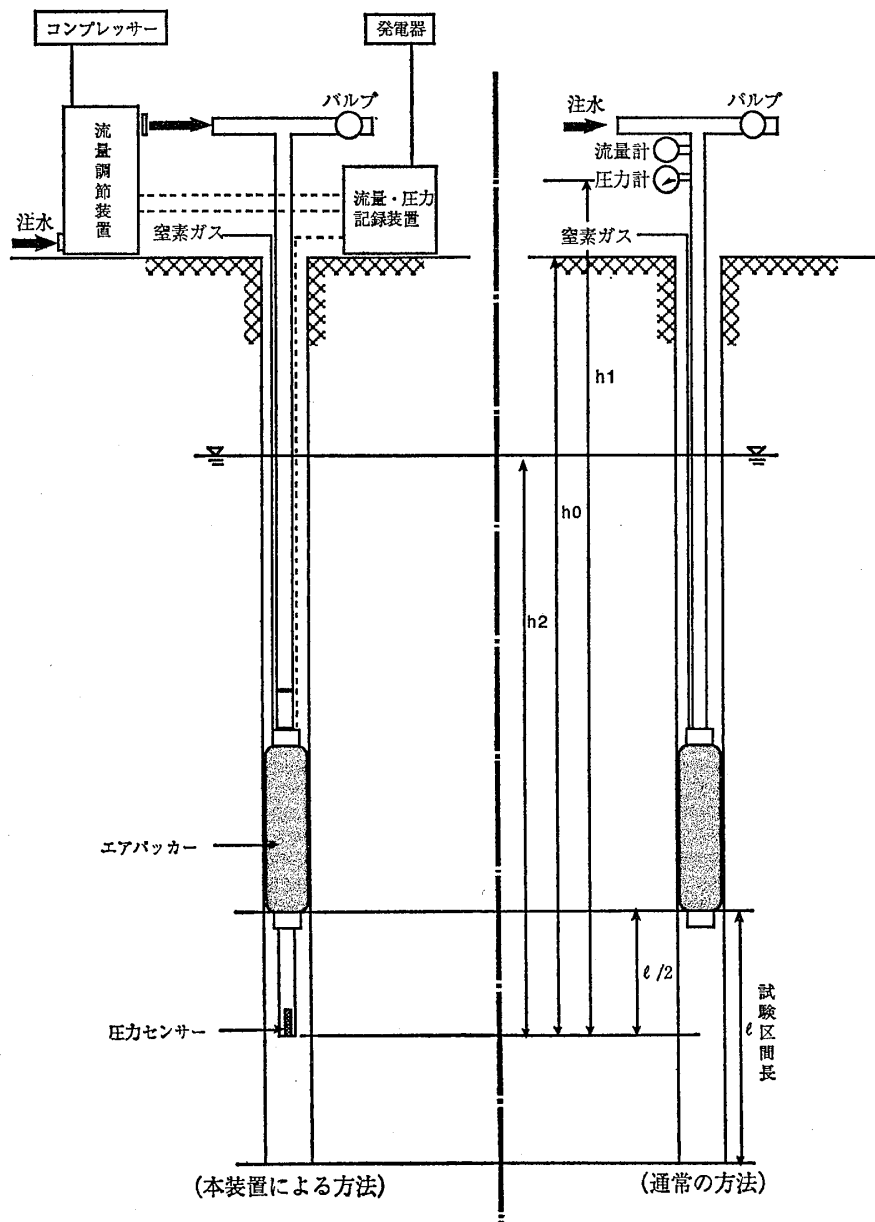
2・3 試験方法

2・3・1 装置の配置

試験装置は、図一5に示したように、流量調節装置、圧力測定装置、流量・圧力記録装置からなり、これらを図一10の流れ図にしたがって配置する。

このとき、電磁流量計による測定を正確に行うためには、センサー部にエアが残らないようにしなければならない。このためには、流量調節装置を水平な状態に設置することが必要である。また、装置を稼働させるためには、100Vの電源、エアーコンプレッサー、窒素ボンベなどの機材を必要とする。

図一11は、本装置における機材の配置と通常のリジオンテストにおける機材の配置とを比較したものである。



図一11 試験装置の比較

Fig. 11 Comparison of Lugiion test systems



図に示すように、本装置においては、試験区間内への注入水は流量調節装置を介して送るので、口元での流量計と圧力計は必要としない。

2・3・2 測定方法（流量管理）

本装置における測定方法は、あらかじめ流量を設定して行うものであるので、流量管理方法と呼ぶことができる。したがって、試験においては流量調節装置より送り出される一定流量に対する注入圧力を測定することになる。

本装置による測定手順は、次のとおりである。

- 1) 装置の電源を入れ、圧力および流量のゼロ調整を行う。
- 2) パッカーの孔内挿入に伴って、パッカー加圧前の圧力を静水圧として記録する。
- 3) パッカーに窒素ガスを送り込み、膨張させて孔壁に密着させる。
- 4) パッカーの膨張終了後、圧力の安定を確認し、この圧力を試験区間における湧水圧として記録する。
- 5) 小流量用の流量設定ダイヤルによって流量値を設定すると、流量調節バルブが開き、設定した流量が流れる。
- 6) 注入管内に注入水が充填させるまでは、エア-

抜きパイプを開放しておき、注入水で管内が充填されてから閉じる。なお、測定終了時には再び開放する。

- 7) 流量と圧力を1分毎に記録し、設定流量に対し圧力が安定するまで続ける。
- 8) 昇圧段階において、流量が小流量用の範囲以上になる場合には、まず、小流量の設定をゼロにし、中流量用の設定ダイヤルを所定の流量値に設定する。流量設定ダイヤルでは、流量の設定値をゼロにすると自動的に流量調節バルブが閉じられ、水が流れないようにしている。
- 9) 各圧力段階における流量・圧力を記録し、測定は終了する。
- 10) 装置の電源を切り、パッカーを引き上げる。

以上の手順による測定によって、1分毎の流量値・圧力値を得ることができ、P-Q曲線による解析でルジオン値および限界圧力を求めることができる。

2・3・3 出力結果

本装置においては、プリンターによって、圧力および流量の値が、1分毎に自動的に印刷されて出力される。

図-12は出力の一例である。この図に示すように、圧力および流量の測定値は、1/100単位まで記録され、同時に測定時刻も印刷されるようになっている。

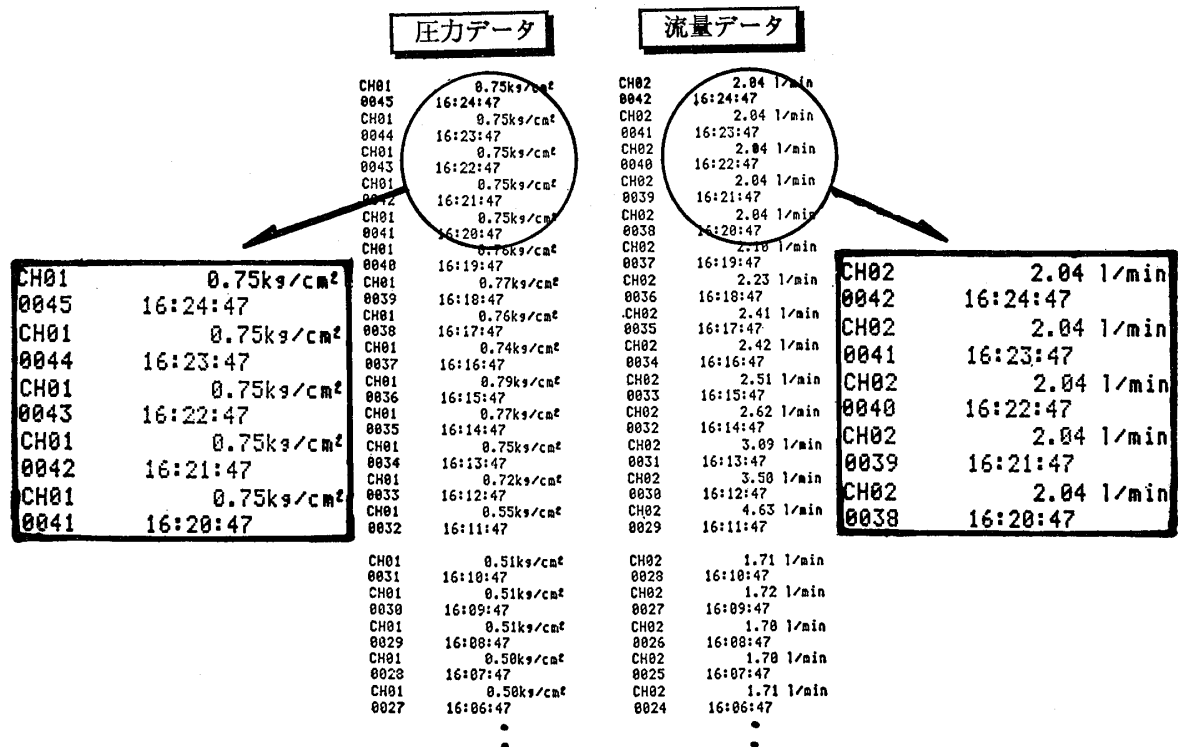


図-12 出力結果例  
Fig. 12 Example of printout of measurements

### 3 試験事例

#### 3.1 試験結果

本装置を用いて実施した試験結果例を、図-13~16に示す。各試験実施地点の地質は、花崗岩の風北部、溶結凝灰岩およびシラスで、いずれも軟質な地盤である。また、いずれの試験においても、試験区間水位が低く、注入管内の静水圧状態において限界圧力に達している。したがって、口元での圧力測定による通常の方法では、ルジオン値や限界圧力が求められない状況であった。

このように、本装置は軟岩のような限界圧力が低い地盤で、地下水位が低い条件下においても、精度よい測定を行うことができるものである。

#### 3.2 測定時間

一般に、低水圧ルジオンテストにおいては、精度の高い測定が要求されるとともに、流量の調節が難しいことから、測定時間が長くなるという面を持っている。この測定時間は、流量の安定化に左右されるものであり、本装置開発の着眼点もそこにあった。

図-17は、本装置で得られた測定時間と有効圧力の変化を示したものである。この図によれば、各圧力段階において、経過時間とともに測定圧力の変動が少なくなり、曲線の傾きが水平に近くなっていく。この測定圧力

がほぼ水平になっている部分が圧力の安定している部分で、ルジオンテストにおける圧力値として採用されるものである。

そこで、測定経過時間毎の圧力の実測値と最終的に採用した有効圧力との差を百分率で表したものを図-18に示す。これによれば、大半の試験結果においては、測定開始後10分程度で実測値が安定することを示している。また、経過時間毎の実測値と採用値との差分を、各経過時間毎に頻度割合で示すと、図-19のようになる。これらの結果をみると、本装置で試験を実施する場合には、7~8分程度の調整時間を設ければ、80%以上のデータにおいて、圧力の実測値の変化は10%以下の差となっており、その後の実測値は、採用値を決定するためのデータとしてよいと評価される。したがって、流量の調整時間を含めた1ステージにかかる全測定時間は12~13分程度（「ルジオンテスト技術指針（案）」に基づき実測時間を5分間とした場合）になることが期待される。

### 4 本試験装置に対する改善方策

本試験装置は、低水圧ルジオンテストにおいて流量の自動制御機能を備えたことによって、全体のシステムがやや大きくなっている。その他に、本試験装置に対して改善すべき点として、つぎのような事項が挙げられる。

試験区間地質名 風化花崗岩	試験深度 5.00~10.00				試験区間水位 G.L. 5.60				ルジオン値 Lu 17.0				限界圧力 $P_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) 2.0	
単位注入量 $q$ (l/min/m)	0.60	0.72	1.19	1.67	1.95	2.1	2.49	3.51	5.29	8.94	6.57	4.38	0.42	
有効注入圧力 $P$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.20	0.42	0.58	0.81	1.02	1.20	1.54	2.01	2.46	1.97	1.52	1.01	0.18	

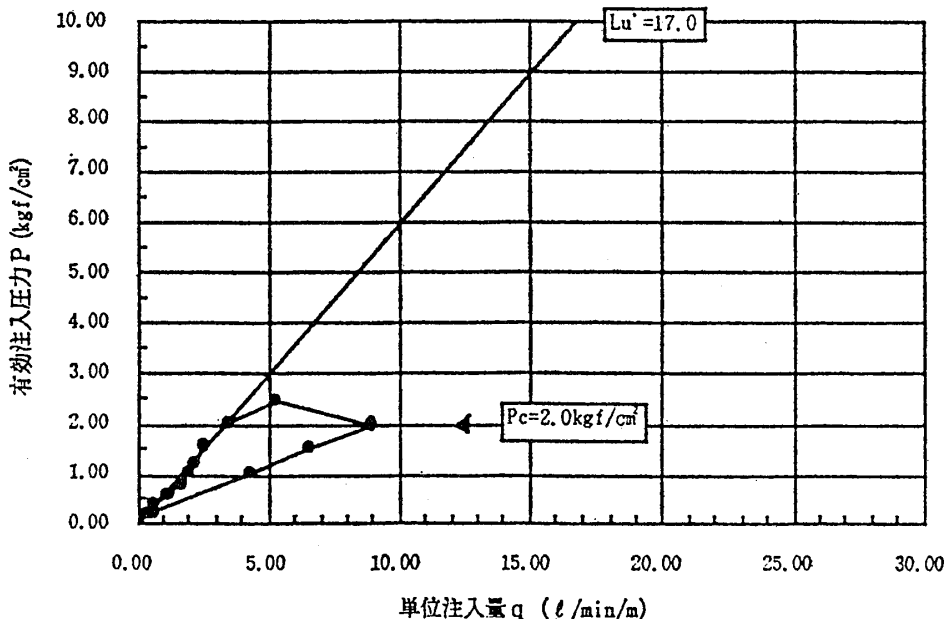


図-13 風化花崗岩における試験結果例

Fig. 13 Example of Lugion test on weatherd granite

試験区間地質名 溶結凝灰岩	試験深度 51.00~55.00	試験区間水位 G.L.51.00	ルジオン値 Lu 15.6	限界圧力 $P_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) 2.7								
単位注入量 q (ℓ/min/m)	0.30	0.62	0.93	1.30	1.60	2.40	3.17	5.37	8.52	6.50	4.46	2.51
有効注入圧力 P (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.19	0.39	0.59	0.82	1.01	1.53	2.03	3.03	3.99	3.20	2.07	0.96

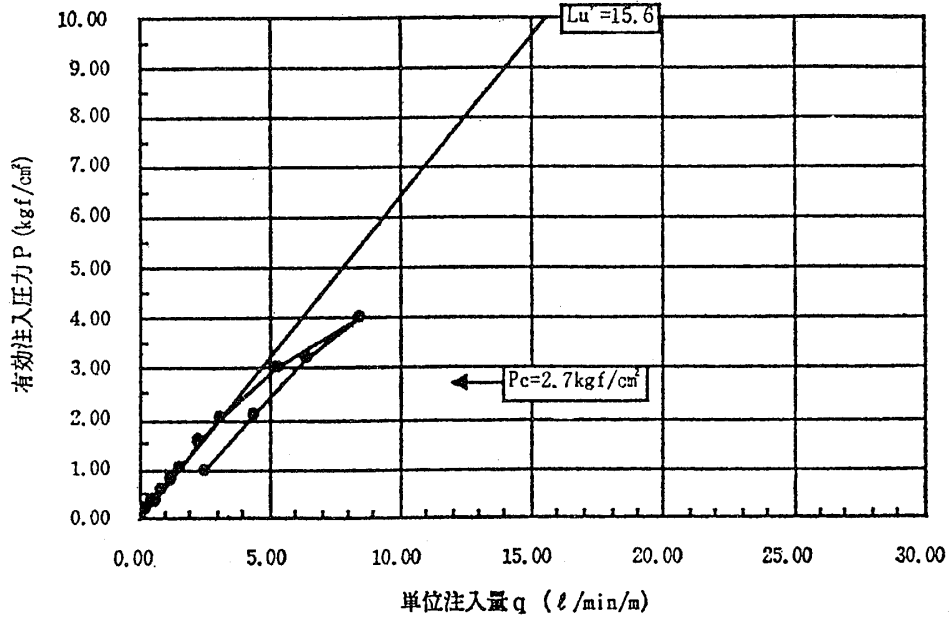


図-14 溶結凝灰岩における試験結果例 (1)

Fig. 14 Example of Lugion test on welded tuff (1)

試験区間地質名 溶結凝灰岩	試験深度 55.00~60.00	試験区間水位 G.L.51.00	ルジオン値 Lu 4.9	限界圧力 $P_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) 2.1								
単位注入量 q (ℓ/min/m)	0.20	0.36	0.62	0.83	1.00	1.74	2.59	3.61	2.61	2.00	1.30	1.03
有効注入圧力 P (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.21	0.50	1.02	1.49	2.05	3.03	4.02	4.25	3.03	1.96	1.31	1.06

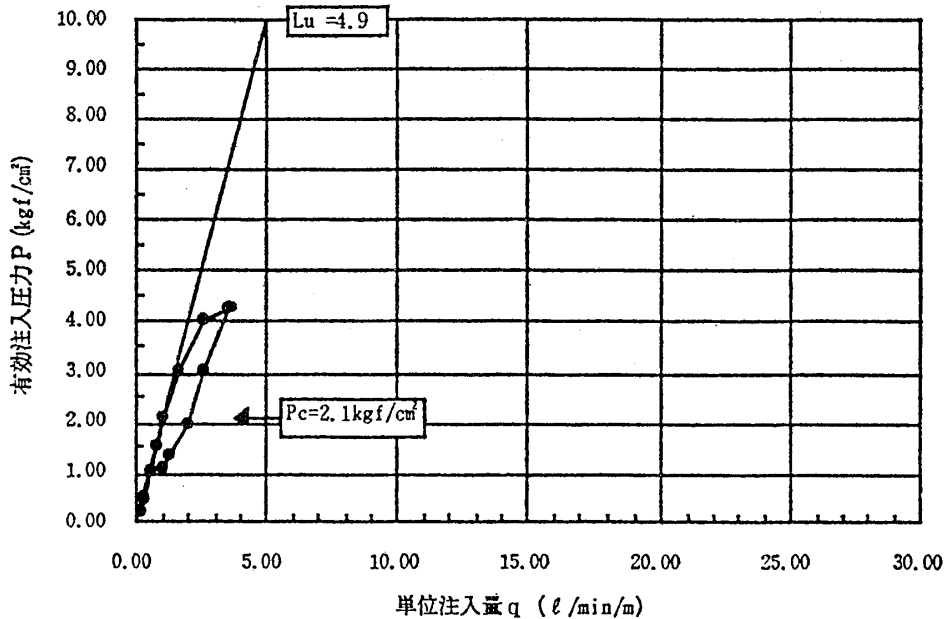


図-15 溶結凝灰岩における試験結果例 (2)

Fig. 15 Example of Lugion test on welded tuff (2)

試験区間地質名 シラス	試験深度 80.00~85.00				試験区間水位 G.L.56.60				ルジオン値 $L_u$ 16.2				限界圧力 $P_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) >0.6			
単位注入量 $q$ (ℓ/min/m)	0.03	0.20	0.30	0.40	0.60	0.80	0.60	0.40	0.10							
有効注入圧力 $P$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.14	0.20	0.28	0.35	0.51	0.58	0.36	0.23	0.11							

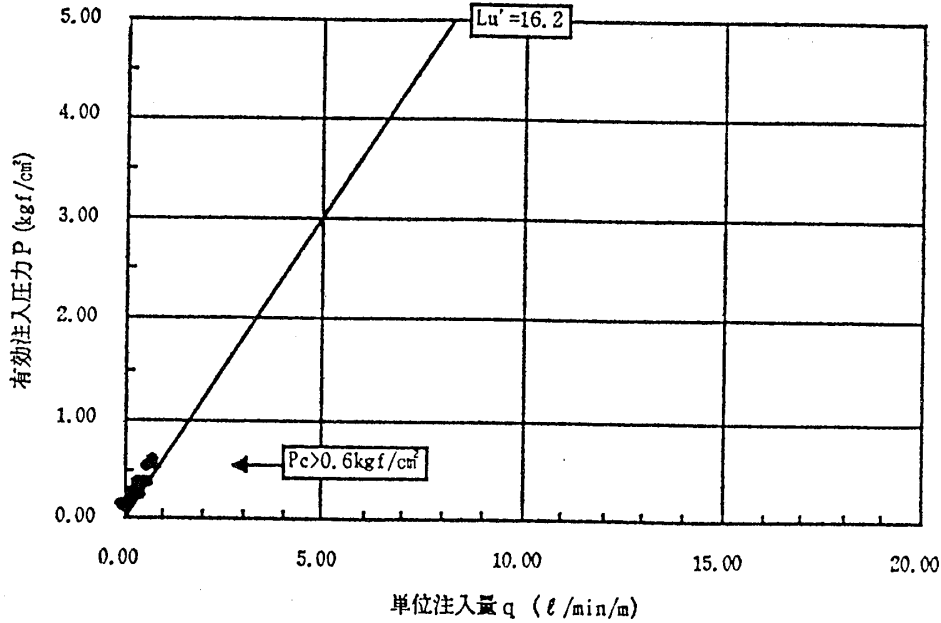


図-16 シラスにおける試験結果例  
Fig. 16 Example of Lugion test on Shirasu

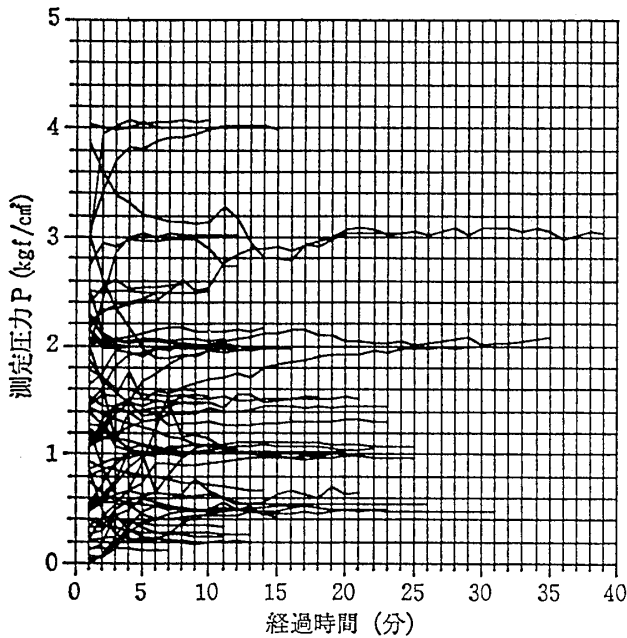


図-17 測定圧力の安定化  
Fig. 17 Stabilization of pressure fluctuation

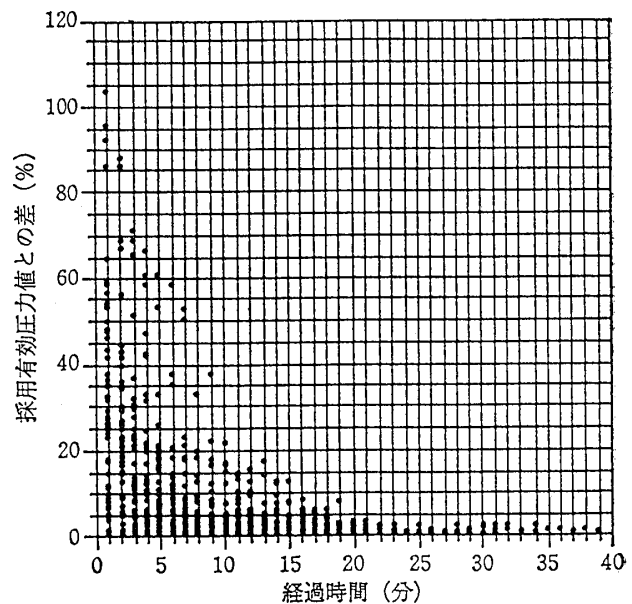


図-18 経過時間に対する圧力測定値の収斂  
Fig. 18 Convergence of pressure over time intervals

(1) 流量調節装置は縦0.7m×横1.2mのアルミ板上に配置されており、電磁流量計が水平に設置されることが条件となるため、流量調節装置を設置するために、狭いボーリング足場において、比較的広いスペースを必要とする。また、流量・圧力記録装置は縦

0.5m×横0.7m×高さ0.5mの鋼製ボックス2個に収納されており、この記録装置を安定した状態に設置するスペースを必要とする。したがって、ボーリング作業スペースの他に、各装置を設置するための十分なスペースを必要とする。

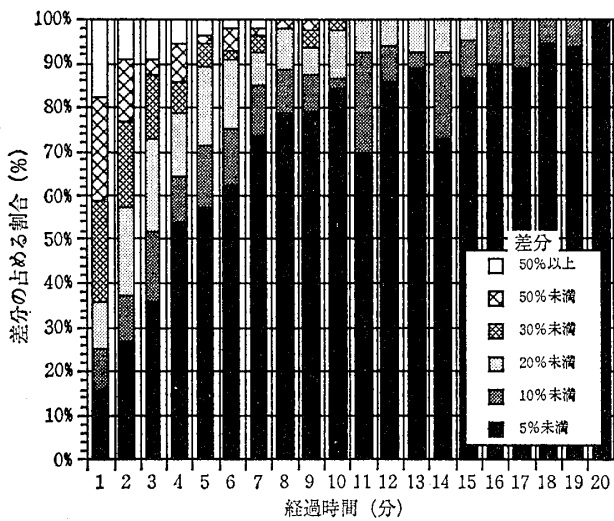


図-19 経過時間毎に占める差分の割合

Fig. 19 Diminution of time difference between measured and adopted pressure with time

- (2) 電磁流量計の流量測定範囲は、最大 50l/min あり、地盤の透水性が高く、多くの注入量が必要なときには、積算流量計に切り換えねばならず、これはよる読み取り式となる。
- (3) 測定結果の出力はプリンターによる印刷結果のみであり、データの保存、試験結果の解析などにおいて煩雑さ、保守・管理の不安が残っている。
- (4) 流量調節バルブには空気圧が必要であり、コンプレッサーや窒素ポンプなどの資材を別途用意する必

要がある。

これらの問題は使用している機械の問題であり、新しいコンパクトな機械や性能の向上した機械を使用することによって解決できるものが多い。

現在、新しく開発を進めている新型の装置では、流量調節装置における流量調節バルブ本体に、より小型のものを使用し、さらに、バルブの操作を電磁式としている。これによって、コンプレッサーを必要とせず、大変コンパクトになっている。さらに、最大 100l/min までの測定範囲の電磁流量計が開発されたことによって、印刷されて出力される測定範囲が広くなり、精度の向上が期待できるようになった。

一方、流量・圧力記録装置としてコンピューターを導入することによって、データのフロッピーディスクへの保存、モニター画面での圧力・流量測定値のグラフ化、P-Q曲線のグラフ化等を実現できるものと期待している。

#### 参 考 文 献

- 木村秀雄・寺杣正行 (1981) : 岩盤透水試験 (ルジオンテスト) における注入区間の実効圧力について, 応用地質調査事務所年報 No.3, pp.107~137.
- (財) 国土開発技術研究センター (1984) : ルジオンテスト技術指針 (案) 同解説

