

動燃式低水圧制御水理試験装置の改良  
(揚水試験機能の付加)

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1996年12月

大成基礎設計株式会社

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に注意して下さい。

本資料についての問い合わせは下記に願います。

〒509-51

岐阜県土岐市泉町定林寺959-31

動力炉・核燃料開発事業団

東濃地科学センター

技術開発課

動燃式低水圧制御水理試験装置の改良  
(揚水試験機能の付加)

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1996年12月

大成基礎設計株式会社

## 動燃式低水圧制御水理試験装置の改良 (揚水試験機能の付加)

後藤 和幸※, 井原 哲夫※, 小川 賢※

### 要 旨

本業務は、既存の動燃式低水圧制御水理試験装置（以下JFT500とする）に単孔式の揚水試験機能を付加するための改良と揚水試験装置部を新たに製作した。

本試験装置改良の主点は、メインバルブとパッカーバルブの強度の増加および揚水試験用のケーシング・エアーリフト・揚水ポンプ・揚水量自動計測装置等の付加である。

以上の改良および装置を付加することにより、従来の非定常透水試験に加え定常法の透水試験である定圧揚水試験・定流量揚水試験ができる試験装置となった。

---

本報告書は、大成基礎設計株式会社が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契 約 番 号 : 08C 0438

事業団担当部課室および担当者： 東濃地科学センター地質環境研究室 坪田浩二

\*大成基礎設計株式会社 研究開発部

## Improvement of the New PNC Aquifer Tester (Of a Pumping Test additional)

Kazuyuki Goto \*, Tetsuo Ibara \*, Ken Ogawa \*

### Abstract

An object of this work changed a partial design and manufactured this system to a basis for an existing hydraulic measurement system.

A main point of this system improvement cut down pressure fluctuation depend on a temperature inflexion.

- At a back pressure line addendum of a solenoid valve.
- Addendum of a temperature sensor.
- proper layout of a pressure-transducer and a heat point.

As a structure change, by using Fitting with O ring improved pressure-resistant and maintenance.

Result of an improvement, with not to spoil a fundamental performance and compared with an existing system measurement stabilization to this became a superior this system.

---

Work performed by Taisei Kiso Sekkei Co.,LTD under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

PNC Liaison : Kouji Tubota, Geological Environment Research Section, Tono Geoscience Center

\*Taisei Kiso Sekkei Co.,LTD R&D section

## 目 次

1. まえがき	1
2. 試験装置の改良	1
2.1 試験装置の概要	1
2.2 試験装置の基本仕様	5
2.3 試験装置の改良点	5
2.3.1 メインバルブの改良	5
2.3.2 パッカーバルブの改良	5
2.4 揚水試験部の製作	6
2.4.1 孔内部	6
2.4.2 地上部	8
3. 室内性能試験	10
3.1 バルブの作動検査	10
3.1.1 耐圧試験	10
3.1.2 メインバルブの作動検査	11
3.1.3 パッカーバルブの作動検査	13
3.2 パッカー拡張試験	14
3.2.1 試験方法	14
3.2.2 試験結果	15
3.3 揚水試験機能検査	15
3.3.1 揚水ポンプのバルブ制御コントローラー機能の確認	15
3.3.2 揚水量の自動計測システムの機能確認	16
4. 孔内性能試験	17
4.1 一般事項	17
4.2 試験状況	18
4.3 試験結果	18
4.3.1 パッカーの拡張・収縮試験	18
4.3.2 揚水試験機能検査	19
5. 操作マニュアル	24
5.1 概要	24
5.2 装置概略	24
5.3 試験方法	25
5.3.1 孔内部の組み立ておよび設置	25
5.3.2 地上部の設置	28
5.4 計測	33
5.4.1 遮水パッカー拡張・収縮	33
5.4.2 計測システムソフトについて	34
5.4.3 間隙水圧測定	38

5.4.4	定圧揚水試験	38
5.4.5	定流量揚水試験	38
4.4	解析	39
6.	今後の課題	41

巻末袋

設計図面

圧カインジケータ取り扱い説明書

揚水ポンプ取り扱い説明書

## 目 次

図-2.1.1	JFT500の改良概念図	2
図-2.1.2	エアリフト揚水試験装置（地上部）の概念	3
図-2.1.3	ポンプ揚水試験装置（地上部）の概念図	4
図-3.1.1	各バルブピストン部の耐圧検査	10
図-3.1.2	バルブ内部の耐圧検査	11
図-3.1.3	メインバルブ閉鎖検査（試験区間側）	11
図-3.1.4	メインバルブ閉鎖検査（ロッド側）	12
図-3.1.5	メインバルブ開放検査	12
図-3.1.6	パッカーバルブ開放検査	13
図-3.1.7	パッカーバルブ閉鎖検査	13
図-3.2.1	パッカー拡張試験装置概念図	14
図-3.3.1	バルブ制御コントローラー機能実験装置概念図	15
図-4.3.1	パッカー圧力経時変化図	18
図-4.3.2.1	エアリフト揚水試験時の揚水量経時変化	20
図-4.3.2.2	エアリフト揚水試験時の地下水面経時変化	20
図-4.3.2.3	定流量揚水試験（揚水ポンプ）時の揚水量経時変化	22
図-4.3.2.4	定流量揚水試験（揚水ポンプ）時の地下水面経時変化	22
図-4.3.2.5	定圧揚水試験（揚水ポンプ）時の揚水量経時変化	23
図-4.3.2.6	定圧揚水試験（揚水ポンプ）時の地下水面経時変化	23
図-5.2.1	装置の基本概念図	24
図-5.3.1	パッカーバルブ組立図	26
図-5.3.2	エアリフト揚水試験装置（地上部）の概念図	31
図-5.3.3	ポンプ揚水試験装置（地上部）の概念図	32
図-5.4.1	遮水パッカー拡張時の圧力制御装置の状態	33
図-5.4.2	システムメニュー	34
図-5.4.3	水位計測システム初期データ入力画面	35
図-5.4.4	揚水量計測システム初期データ入力画面	35
図-5.4.5	水位観測システムの水位グラフ	36
図-5.4.6	揚水量計測システムの揚水量グラフ	36
図-5.4.7	パッカー圧力計測システム初期データ入力画面	37
図-5.4.8	アラーム設定	38
図-5.5.1	解析システムメニュー	39
図-5.2.2	再表示サブメニュー	39
図-5.2.3	解析グラフ表示	40
図-5.2.4	解析結果図	40

## 表 目 次

表-3.3.1	流量計測水槽の流入量と排水時間の関係	16
表-3.3.2	流量計測水槽の水位と流量の関係	17
表-4.3.2.1	送気ホース内径と揚水量	19

## 1. まえがき

本改良は、地表から深度500mまでの間隙水圧や透水係数などの水理学的データを精度良く取得するために開発された動燃式低水圧制御水理試験装置（以下JFT500とする）を適応深度1,000mまで延ばすために、増加したロッド荷重に耐えられるパッカーバルブとトリップバルブの強度を増す改良を実施した。また、JFT500の非定常法透水試験に加え単孔式揚水試験機能を付加した。

## 2. 試験装置の改良

### 2. 1 試験装置の概要

JFT500（適応深度500m）の適応深度を1,000mに拡張するにあたり、孔内部の制御用圧力チューブおよびパッカー拡張圧力計のケーブルを現状のまま（500m）とし、図2.1.1 JFT500の改良概念図に示すように深度500m以深は孔内の制御計測系（バルブ類）と遮水パッカーの間に現状のJFT500用ロッド用バルブ類から地上部までの区間にJFT1000用ロッドを使用することで対応する。この構成により、パッカーバルブおよびトリップバルブの強度を増す改良を実施した。また、パッカーバルブから遮水パッカー間の4本組パッカー拡張用チューブとJFT1000用ロッド等の材料は、他の装置から流用することとした。また、現有のJFT500装置にエアリフト（定圧揚水）とポンプ揚水（定流量揚水）による単孔式揚水試験機能を付加した。これらの機能を付加するために図2.1.2、2.1.3の各概念図に示す装置を新たに製作した。

以下に主な特長を示す。

#### <エアリフト>

- ・エアリフトによる揚水管を3重管とすることによりエアリフトによる水面の脈動を抑制した。
- ・送気管の挿入深度に応じ定水圧で揚水する。

#### <ポンプ揚水>

- ・ポンプの制御装置により定流量で揚水する。
- ・水位計とリリースバルブを設置することで定水圧で揚水する。

#### <揚水量自動計測装置>

- ・整流用水槽を設けることでエアリフトによる脈流を抑制する。
- ・流量を水槽の水位から換算し、水槽の水位が上限に達した点で大型バルブにより排水して初期水位まで戻す機構としたことにより、長期揚水試験時の流量計測に適している。

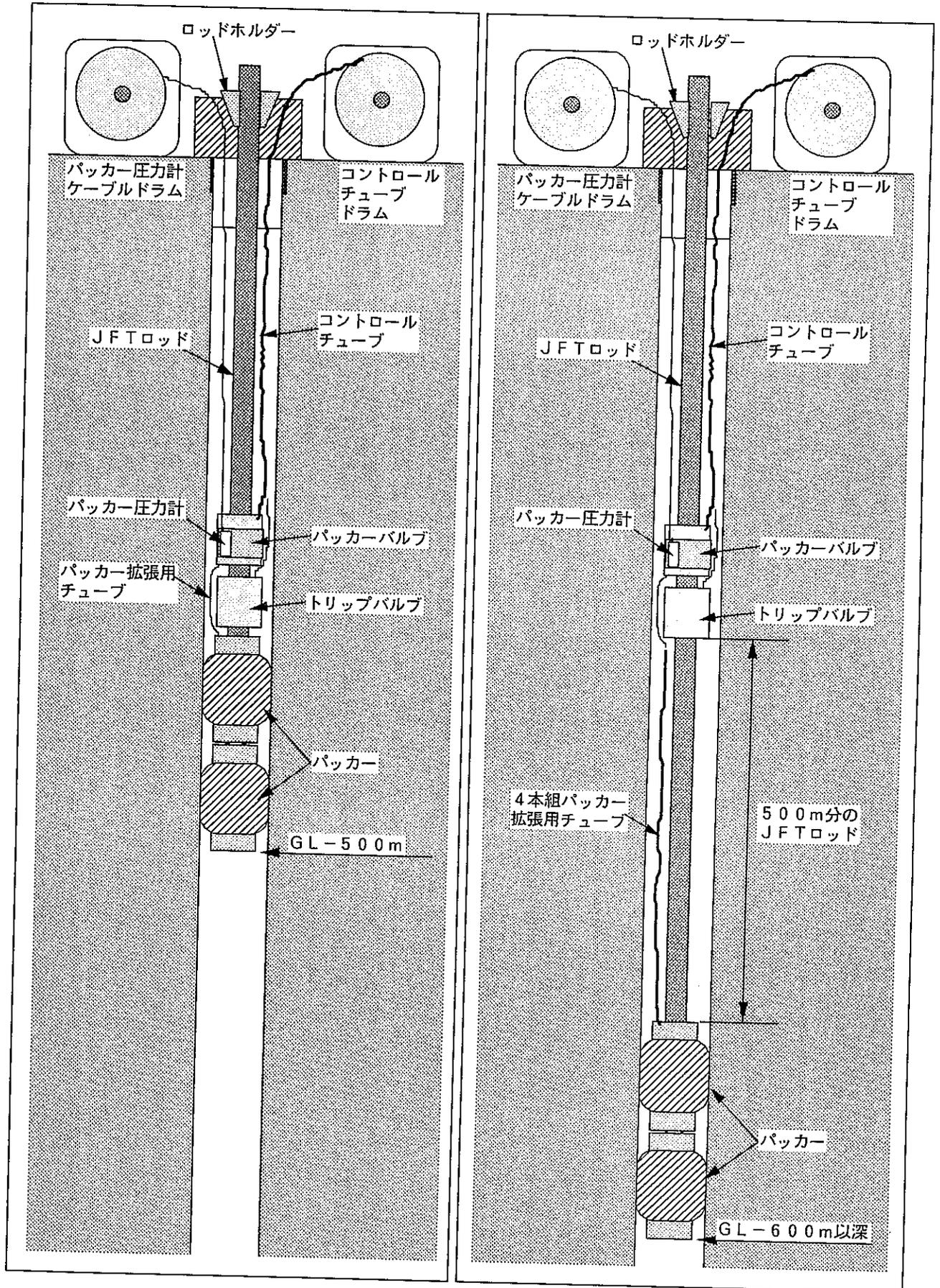


図2.1.1 JFT500の改良概念図

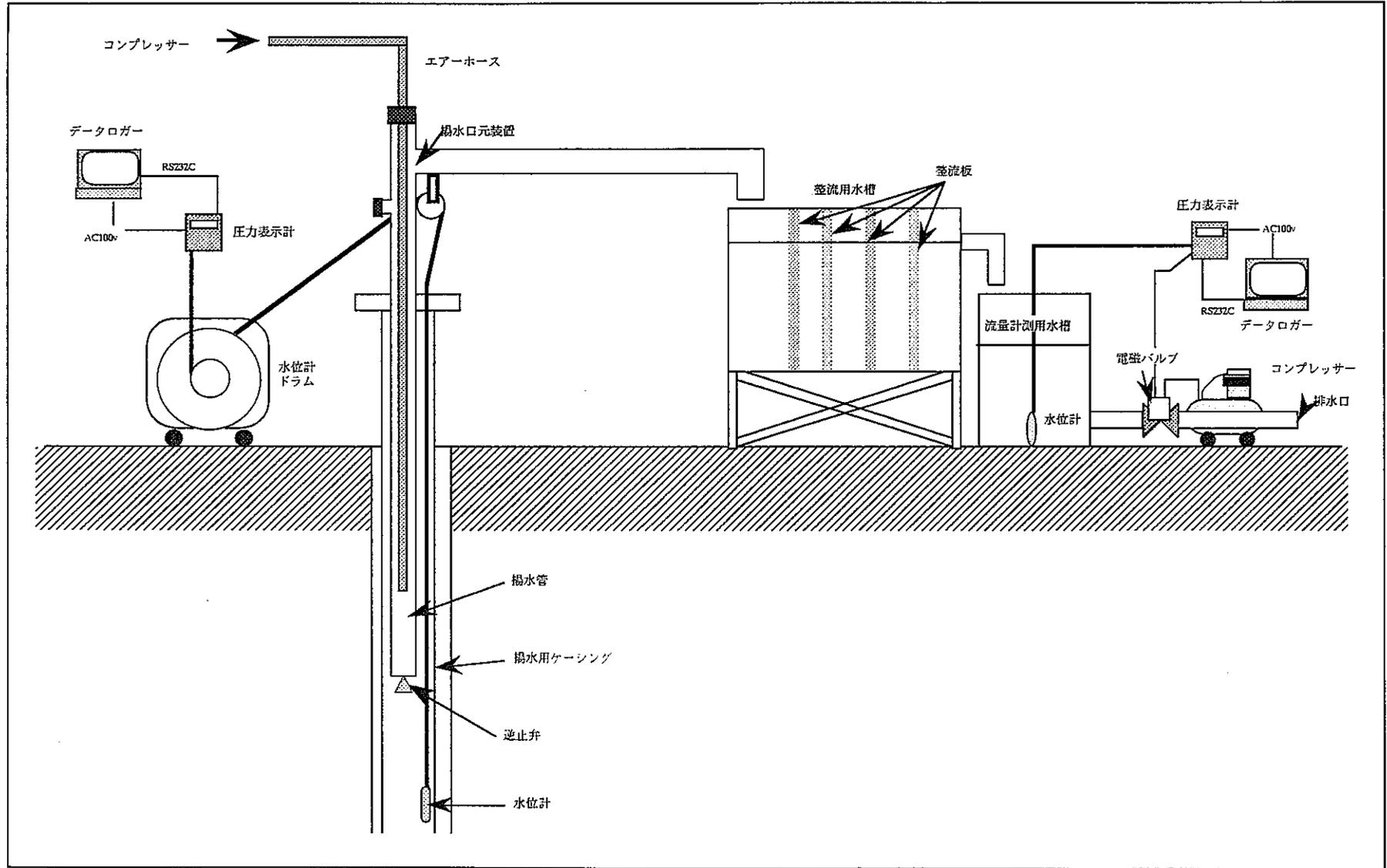


図 2.1.2 エアーリフト揚水試験装置（地上部）の概念図

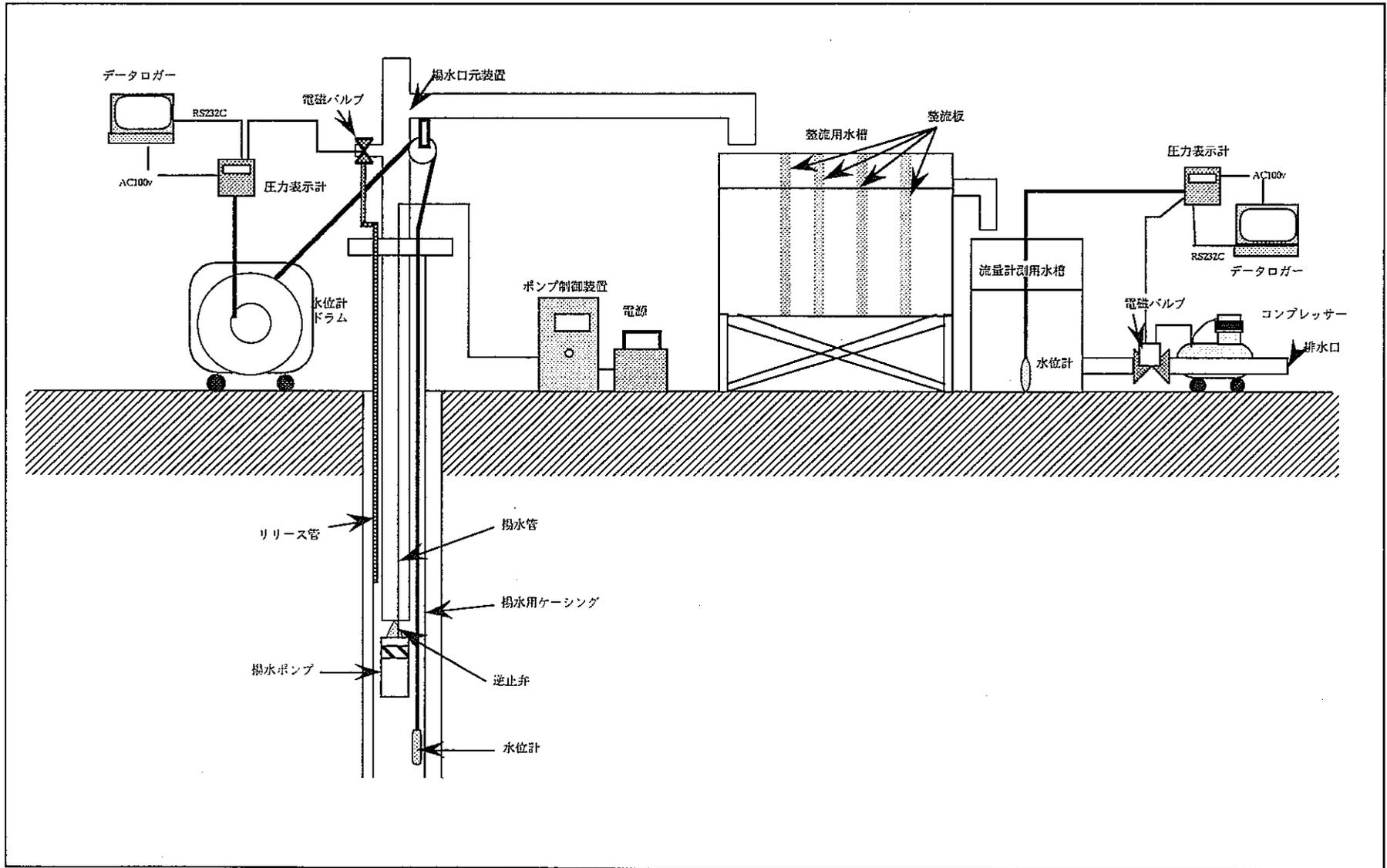


図 2.1.3 ポンプ揚水試験装置（地上部）の概念図

## 2. 2 試験装置の基本仕様

本件の基本仕様を以下に示す。

適応深度	: 深度1,000mまで
適応孔径	: 100mm φまで
挿入方式	: ロッドシステム
試験項目	: 間隙水圧測定、透水試験
透水試験法	: 定常法 (定圧揚水試験, 定流量揚水試験) 非定常法 (水位回復法, パルス法)
透水係数の測定範囲	: 10 <sup>-4</sup> ~10 <sup>-9</sup> cm/sオーダー
測定区間の設定方法	: 定常透水試験 (揚水試験) → シングルパッカーの多段型 非定常透水試験 → シングルとダブルパッカーの併用
遮水パッカーの有効長	: 定常法透水試験 → 3 m以上 非定常法透水試験 → 1.5 m以上
測定区間長	: 定常法透水試験 → 10m ~ 100m 非定常法透水試験 → 0.5 ~ 10 m
地下水位低下限界	: G.L.-30mまで

## 2. 3 試験装置の改良点

### 2. 3. 1 メインバルブの改良

改良項目は、上下端のロッド取り付けネジの材質およびネジ寸法の変更である。

設計荷重は、装置 (下端500m) 重量の1.7 tに加えジャーマニング等の異常事態を考慮し、10 tとした。今回の材質とネジ寸法はJ、実際に引っ張りテストを行い降伏荷重が13~14 tであるJFT1000用ネジを採用した。

また、メインバルブ下端ネジの変更に伴いパッカー上端のネジ部も同様に変更した。

仕様

材質	: SUS603 (熱処理)
降伏荷重	: 13~14 t f
最大荷重	: 29.4~29.9 t f

設計図面は巻末に記載する。

### 2. 3. 2 パッカーバルブの改良

改良項目は、パッカー拡張圧力計カバー (外筒部) の取り付け方法およびトリップバルブと同様に上下端のネジ部変更した。

設計荷重は、メインバルブと同様に10 tとした。カバーの取り付け方法は、カバーを上下ボディーにネジで固定できない構造のため、上下4枚の剪断プレートを採用した。

## <設計>

剪断プレートは、外形寸法および内部構造による制約から有効剪断面積が720mm<sup>2</sup>となったのでこの剪断プレートの破断荷重を計算した。

材 質 : SUS304

SUS304の剪断力: 46.9kgf/mm<sup>2</sup>

有効剪断面積 : 720mm<sup>2</sup>

破断荷重(t) = (46.9 × 720) / 1000 = 33.7

よって、破断荷重の1/3を降伏荷重とするならば、今回設計した剪断プレートの降伏荷重は約11tであり、設計荷重の10tを満足した。

設計図面は巻末に記載する。

## 2. 4 揚水試験部の製作

### 2. 4. 1 孔内部

揚水試験装置の孔内部は図2. 4. 1の概念図に示す構成である。ただしパッカー、トリップバルブ、パッカーバルブ、ロッドは既存装置を使用する。

以下に今回製作した装置の仕様を示す。

#### <揚水試験用ケーシング>

材質 SUS304

最大外形 82.6mmφ

最小内径 73mmφ

機能 Oリングによる耐圧構造を有する。

本数 L=3m, 23本

L=2m, 2本

L=1m, 2本

#### <ロッドと揚水試験用ケーシングの接続レギュレーサ>

材質 SUS304

最大外形 82.6mmφ

機能 Oリングによる耐圧構造を有する。

#### <定圧揚水試験機能(エアリフト試験)>

##### ・エアリフトによる送気ホース

材質 ナイロン

外形 20mmφ

内径 16mmφ

長さ 100m

<定流量揚水試験機能（ポンプアップによる揚水試験）>

a)揚水ポンプ

ポンプ形式	多段式渦巻きポンプ
最大外形	40mm φ
最大揚程	40m（流量設定20ℓ／分）
揚水量制御	約1ℓ／分～20ℓ／分
材質	SUS
電源	AC100V

b)揚水ポンプ用電源ケーブル

材質	テフロン被覆
長さ	90m

c)リリース管

材質	ナイロン
外形	10mm φ
内径	8mm φ
長さ	50m

<JFTロッド内の水位計測システム>

a)圧力計

圧力レンジ	5kgf/cm <sup>2</sup>
精度	±0.5%FS

b)圧力計ケーブル

外径	5.6mm φ
長さ	100m

c)圧力計用ケーブルドラム

外径	0.7m×0.8m×0.6m（アルミ製）
巻き取り方式	手動
付属機能	キャスター、つり下げフック

d)圧力インジケータおよび通信系

外部電源	AC 100V
精度	±0.5%FS
表示項目	圧力値
通信	RS232C
機能	設定値により電磁バルブを開閉

## 2. 4. 2 地上部

### <揚水試験装置地上部共通>

#### a) ケーシングホルダー

- ・揚水試験用のケーシングを地上で固定するためのホルダー

材質 スチール

固定方法 3分割チャックピースによる固定

#### b) ホルダーテーブル

- ・揚水試験ケーシング上端に取り付けケーシングホルダーを固定するテーブル

材質 SUS

固定方法 4方向固定プレート

#### c) ホルダーアジャスト

- ・ケーシングホルダーとホルダーテーブル間の嵩上げ

材質 スチール

固定方法 ボルト

#### d) ケーシングスイベル

- ・ケーシングを吊り下げるレギュレーター

材質 SUS

#### e) ロッドレギュレーター

- ・JFT500ロッドとJFT1000ロッドを接続するレギュレーター

材質 SUS

#### f) 揚水口元装置

- ・JFT500ロッドに接続し、揚水した地下水を排出する装置

材質 SUS

機能 リリースバルブ、送気ホース取り付け機能

### <定圧揚水試験装置>

#### a) 空圧制御装置(レギュレータ)・ホース取り付け金具

### <定流量揚水試験装置>

#### a) リリースバルブの制御装置

- ・任意の流量を孔内へリリースできるようにリリースバルブを制御できる機能

リリースバルブ 電磁バルブ

電源 AC100V

#### b) 揚水ポンプの制御装置

- ・揚水ポンプの流量を任意に設定するための制御装置。

揚水ポンプ制御装置 0~400Hz

専用電源装置 入力AC100V 出力AC200V

### <揚水量の自動計測装置>

揚水口元装置から排出された地下水量を自動計測する装置

#### a) 整流水槽

- ・脈動する揚水を整流するための水槽

材質 プラスチック  
容量 500リットル  
付属 整流板4枚

#### b) 流量計測用水槽

- ・水槽の水位により流量を換算する。また、水槽が満水になった時点で自動的に排水するバルブを有する。

材質 プラスチック  
容量 200リットル

- ・付属

排水バルブ 空圧駆動型電磁バルブ AC100V、空圧 5kgf/cm<sup>2</sup>  
排水ホース 2本

#### c) 水位計

水位レンジ 0~760mmH<sub>2</sub>O  
精度 ±0.5%FS  
付属 水位計ホルダー

- ・ケーブル

長さ 10m

#### d) 圧力インジケータおよび通信系

外部電源 AC100V  
精度 ±0.5%FS  
表示項目 水位  
通信 RS232C  
機能 設定値により電磁バルブを開閉

- ・揚水試験用のケーシングを地上で固定するためのロッドホルダーを備えること。

材質 スチール  
固定方法 チャックピースによる固定

### <揚水試験データ管理・解析ソフト>

- ・データ管理・解析ソフトは、水理試験、揚水試験データの保存と、効率的な揚水試験結果の解析が可能
- ・NEC PCで対応可能なデータ管理・解析ソフト

### 3. 室内性能試験

#### 3. 1 バルブの作動検査

メインバルブおよびパッカーバルブの耐圧検査および作動検査を実施した。以下に検査方法と結果を示す。

##### 3. 1. 1 耐圧試験

<各バルブピストン部>

以下の4枚の図で示すように各々のピストン駆動側に15 kgf/cm<sup>2</sup>の空圧で加圧し、他の給圧口およびバルブ間の接続箇所からの漏洩を検査した。その結果、全て漏洩しないことを確認した。よって、各バルブピストン部は耐圧検査に合格した。

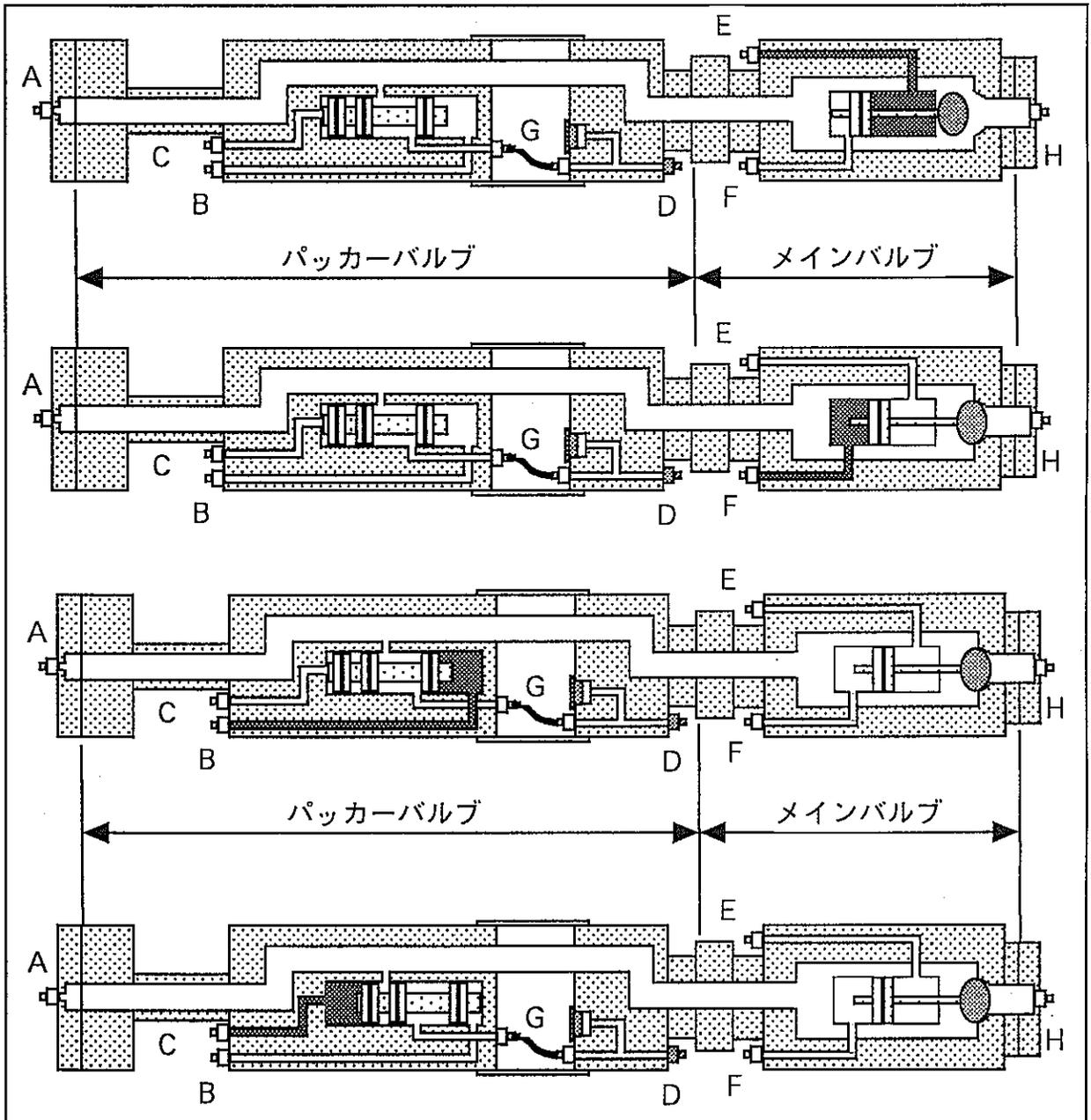


図3. 1. 1 各バルブピストン部の耐圧検査

### <各バルブ内部>

下図で示すように各バルブを開放し、D、H口を閉鎖してAより $15 \text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧し、他の給圧口およびバルブ間の接続箇所からの漏洩を検査した。その結果、全て漏洩しないことを確認した。よって、各バルブ内部は耐圧検査に合格した。

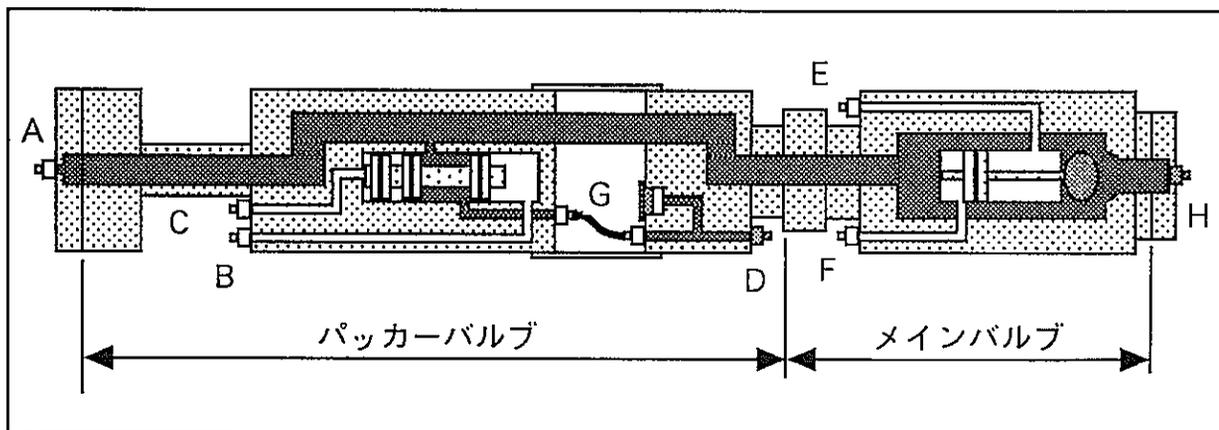


図3. 1. 2 バルブ内部の耐圧検査

### 3. 1. 2 メインバルブの作動検査

両バルブを接続した後、以下の図で示すようにパッカーバルブを保持状態にしロッド内区間を $10 \text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧したままメインバルブの開閉を100回以上繰り返したのち作動検査をした。

#### 検査方法および結果

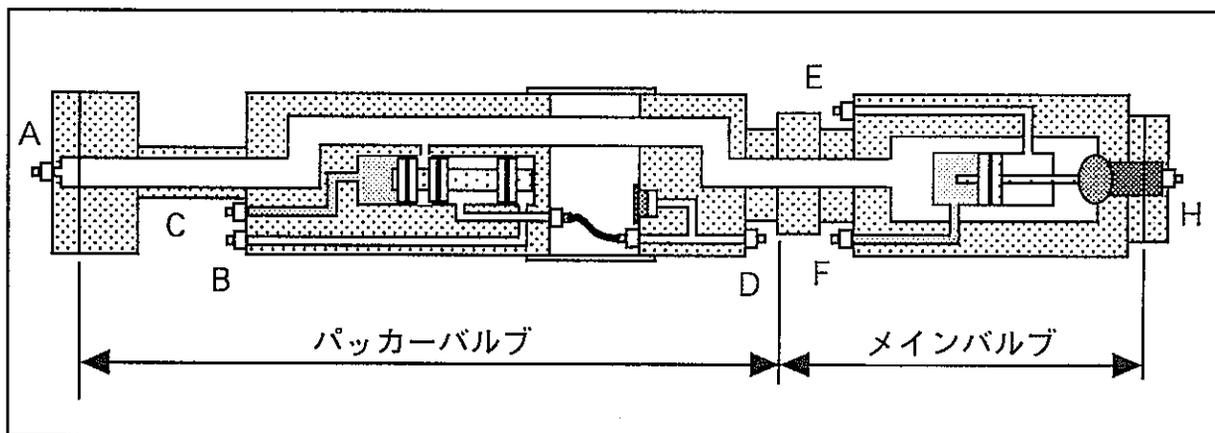


図3. 1. 3 メインバルブ閉鎖検査（試験区間側）

Hから $4.5 \text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧したまま、Fから $10 \text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧しメインバルブを閉鎖させ、Aから漏洩しないことを確認した。よって、メインバルブの試験区間側からの閉鎖検査は合格した。

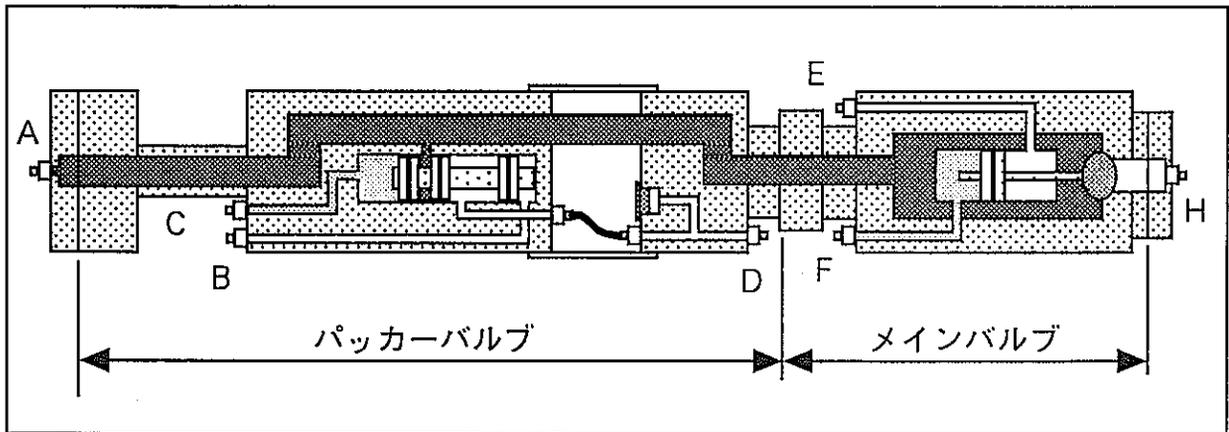


図3. 1. 4 メインバルブ閉鎖検査（ロッド側）

Aから $10 \text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧したまま、Fから $10 \text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧しメインバルブを閉鎖させ、Hから漏洩しないことを確認した。よって、メインバルブのロッド側からの閉鎖検査は合格した。

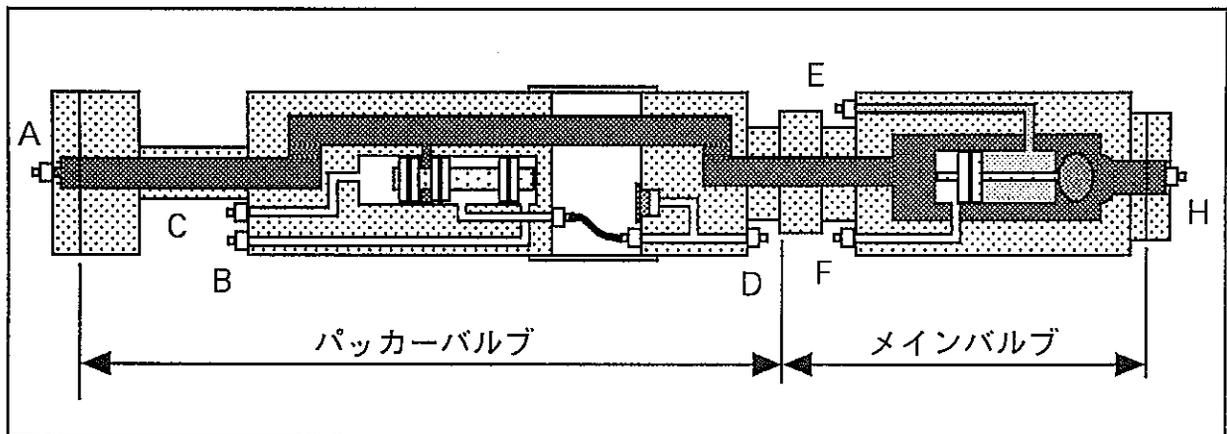


図3. 1. 5 メインバルブ開放検査

Aから $10 \text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧したまま、Eから $10 \text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧しメインバルブを開放させ、Hからエアが噴出することを確認した。また、逆にHから $10 \text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧しメインバルブが開放することを確認した。よって、メインバルブの開放検査は合格した。

### 3. 1. 3 パッカーバルブの作動検査

両バルブを接続した後、以下の図で示すようにメインバルブを閉鎖状態にしロッド内区間を $10\text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧したままパッカーバルブの開閉を100回以上繰り返したのち作動検査をした。

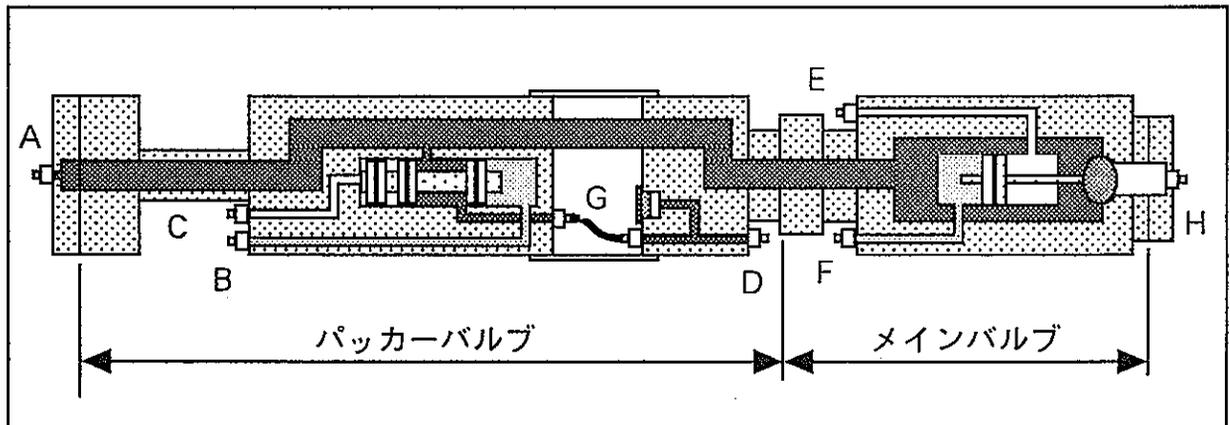


図3. 1. 6 パッカーバルブ開放検査

Aから $10\text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧したまま、Bから $10\text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧しパッカーバルブを開放させ、Dからエアが噴出することを確認した。よって、パッカーバルブの開放検査は合格した。

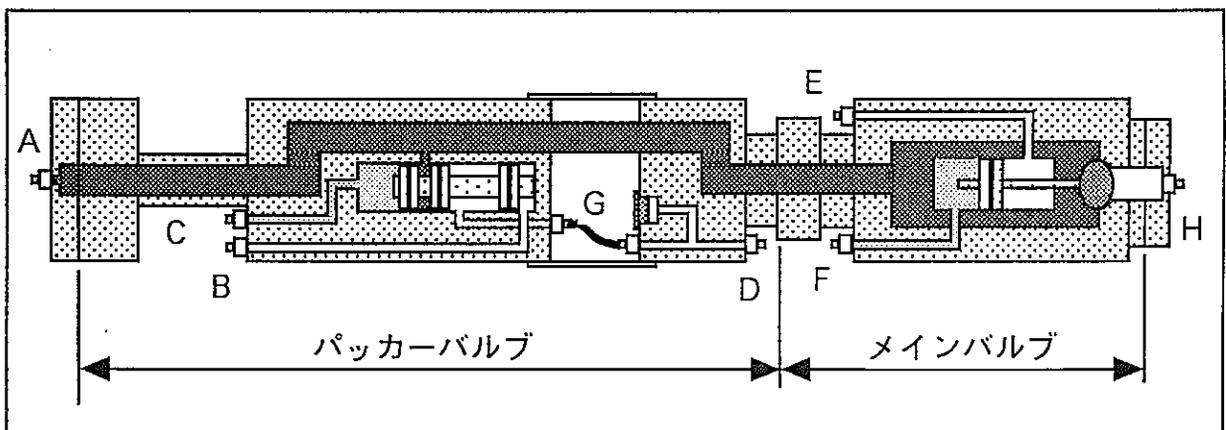


図3. 1. 7 パッカーバルブ閉鎖検査

Aから $10\text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧したまま、Cから $10\text{ kgf/cm}^2$ の空圧で加圧しパッカーバルブを閉鎖させ、Dから漏洩しないことを確認した。よって、パッカーバルブの閉鎖検査は合格した。

### 3. 2 パッカー拡張試験

#### 3. 2. 1 試験方法

パッカー拡張試験は、下図に示すように装置を設置して今回改良を施したメインバルブ、パッカーバルブを操作してパッカーの拡張・保持・収縮が行えること確認した。

試験手順および確認項目を以下に示す。

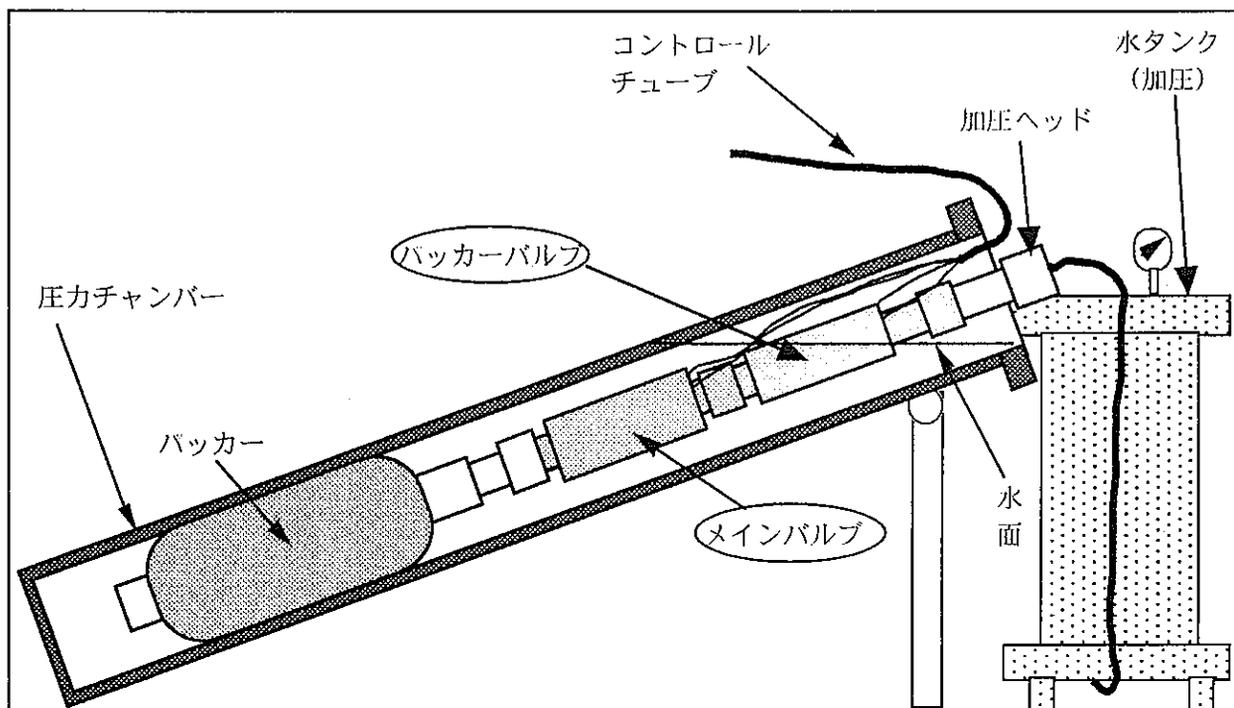


図 3. 2. 1 パッカー拡張試験装置概念図

#### <試験手順>

- ・メインバルブ閉鎖
- ・ロッド内に注水
- ・パッカーバルブ開放によるパッカーの拡張
- ・パッカーバルブ閉鎖
- ・ロッド内を開放
- ・メインバルブの開放
- ・パッカーの拡張保持
- ・パッカーバルブ開放によるパッカーの収縮

#### <確認項目>

- ・ロッド内注水時にメインバルブ、パッカーバルブが閉鎖していること
- ・パッカーバルブ開放時にパッカーが拡張すること
- ・パッカーバルブ閉鎖時にパッカー圧力が維持すること
- ・パッカーバルブ開放時にパッカーが収縮すること

### 3. 2. 2 試験結果

パッカー拡張圧力10kgf/cm<sup>2</sup>で試験手順で示した動作試験を実施した結果を以下に示す。

- ・メインバルブ、パッカーバルブを閉鎖してロッド内に注水圧10kgf/cm<sup>2</sup>で加圧し、加圧した圧力が維持していたことから、漏洩しないことを確認した。
- ・上記状態からパッカーバルブ開放してパッカーが拡張することを確認した。
- ・充分パッカーを拡張した後にパッカーバルブ閉鎖し、8時間10kgf/cm<sup>2</sup>でパッカー圧力が維持したことを確認した。
- ・上記状態からパッカーバルブ開放しパッカーが収縮することを確認した。

よって、パッカーの拡張検査は全ての項目に対し合格した。

### 3. 3 揚水試験機能検査

#### 3. 3. 1 揚水ポンプのバルブ制御コントローラー機能の確認

揚水ポンプを使用して定圧揚水試験を行う場合は、水位低下量を一定に保つ必要がある。よって、本装置は水位計と連動して揚水時に設定された地下水位になるよう自動的にポンプが汲み過ぎた（設定地下水位より水位が低く成り過ぎた）場合に、揚水管の途中から揚水された地下水を孔内に戻すための電磁バルブとリリース管を装備している。この節の機能確認は、水位計のインジケーター（上限値と下限値を設定して内部スイッチを作動可能）を電磁バルブの制御コントローラーとして使用した場合の電磁バルブ駆動確認と水位調整時間を求めるために実施した。

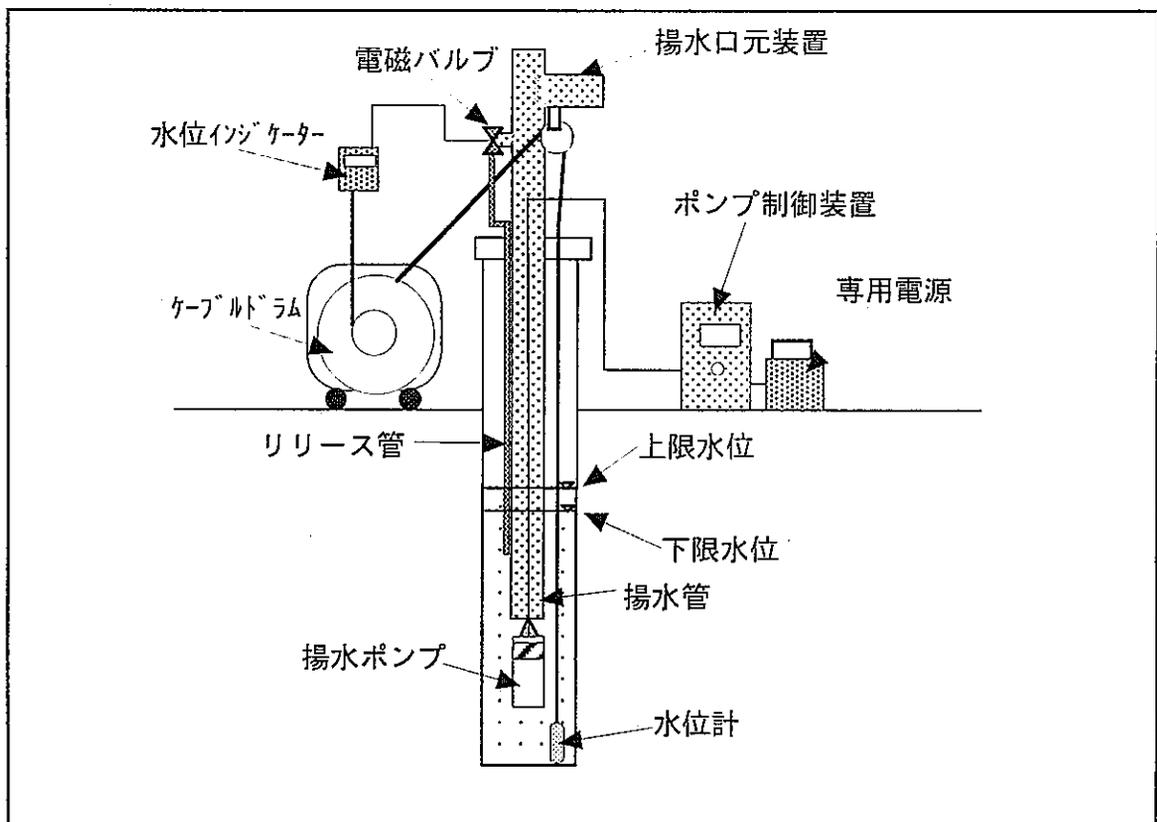


図 3. 3. 1 バルブ制御コントローラー機能実験装置概念図

図3. 3. 1の概念図に示す実験装置で検査を行った。今回採用したドラック社製の圧力インジケーター（DP1265）に内蔵されているリレースイッチ1、2に各々水位の上限値と下限値を設定（設定方法は第5章取扱い説明書参照）し、CKD社製ダイヤフラムキック式2ポート電磁バルブ（選定理由は第2章参照）をインジケーターのリレーで直接作動させた。作動は、良好であり、リリース管側からの負圧に対しても電磁バルブの漏洩は無かった。また、電磁バルブの作動タイミングはほぼ瞬時であった。

リリース管（内径8mm）20mを通過して孔内に余剰水が戻るまでの時間（水位調整時間）は、以下の結果となった。

<CASE1>

水位の上限-下限を10cm設定し、揚水量20ℓ/分の条件

水位調整時間=3秒

<CASE2>

水位の上限-下限を10cm設定し、揚水量500cc/分の条件

水位調整時間=2秒

検査の結果から本装置構成は、揚水ポンプを使用して定圧揚水試験ための自動水位調整装置として機能することが確認された。

### 3. 3. 2 揚水量の自動計測システムの機能確認

流量計測水槽は200リットル（高さ70cm）の樽状であり、側面下端に2インチのホースを介して排水用電磁バルブに接続されている。流量計測方法は、この水槽内に設置した水位計の水位上昇分を時間で割ることで求める。このため、約200リットル（水位65cm）が水槽に溜まる毎に自動で電磁バルブを開放し排水させる。よって、この水槽に流入する流量に対する排水能力が上回っていなければならない。また、この水槽が樽状で下端面積より上端面積が大きいいため、水位に対する流量換算が必要である。このため、揚水量の自動計測システムの機能確認として以下の実験を実施した。

<流量計測水槽の流入量と排水時間の関係>

最大揚水量の設定は20リットル/分である。よって、実験は流量計測用水槽の上端から20・40・60リットル/分の3段階で注水しながら、水槽が満水になった時点でバルブを開放し各注水量時の排水時間を求めた。

表3. 3. 1 流量計測水槽の流入量と排水時間の関係

注水量 (L/分)	満水になるまでの時間 (分)	排水するまでの時間 (分)	排水に係るロス (%)
20	9	0.5	5.3
40	4.5	1.0	18.2
60	3	1.5	33.3

実験の結果、今回設定された最大流量20リットル/分において、排水に係るロス時間は、約5.3%であり計測に影響が少ないことが確認できた。

< 流量計測水槽の水位と流量の関係 >

実験方法は、流量計測水槽に50リットルづつ水を張りその時の水位計の表示を読みとり水槽の形状係数を求めた。

表3. 3. 2 流量計測水槽の水位と流量の関係

水量 (リットル)	水位 (mm)	補正係数
50	175	285.71
100	336	310.56
150	492	320.51
200	634	352.11

4. 孔内性能試験

4. 1 一般事項

今回改良および揚水試験機能を付加した動燃式低水圧制御水理試験装置を実際の試錐孔内で検査した。以下に試験概要を記す。

- ・試験年月日 : 平成8年9月30日～12月19日の内21日間
- ・試験場所 : 大成基礎設計(株)上野原原位置試験場(山梨県)
- ・試錐孔 : 200m検査孔
- ・試験深度 : GL-160m～185m
- ・地下水位 : GL-2m付近
- ・試験担当者 : 大成基礎設計株式会社 研究開発部  
井上勝好、後藤和幸、井原哲夫、柰子一郎
- ・立会日 : 平成8年10月14～15日、12月19日
- ・立会者 : 動燃事業団 東濃地科学センター  
地層科学地層科学研究開発室  
尾方氏

## 4. 2 試験状況

孔内性能試験は、エアリフト揚水試験、ポンプ揚水試験、パッカー拡張・収縮試験、立会検査の3つに分けて実施した。

## 4. 3 試験結果

### 4. 3. 1 パッカーの拡張・収縮試験

孔内装置（上部パッカー、メインバルブ、パッカーバルブ、パッカー圧力監視用水圧計）は、地上で組み立て中継部のコントロールチューブを接続して作動検査を実施した。作動および圧力表示共に良好であった。また、各バルブの作動に要する時間は、制御圧力  $8 \text{ kgf/cm}^2$  の場合に約30秒である。

パッカーは、ロッド内に地下水が充分満たされたことを確認後2度に分けて拡張させた。最初は、コンプレッサーで加圧（ $9.8 \text{ kgf/cm}^2$ ）し、次に窒素ガス圧（ $13 \text{ kgf/cm}^2$ ）で加圧した。パッカーの拡張時間は約40分であった。パッカー拡張後のパッカー圧力は、安定している。また、パッカー収縮も良好であることが確認できた。以上のパッカー拡張試験の過程は、パッカー圧力グラフによって示す。

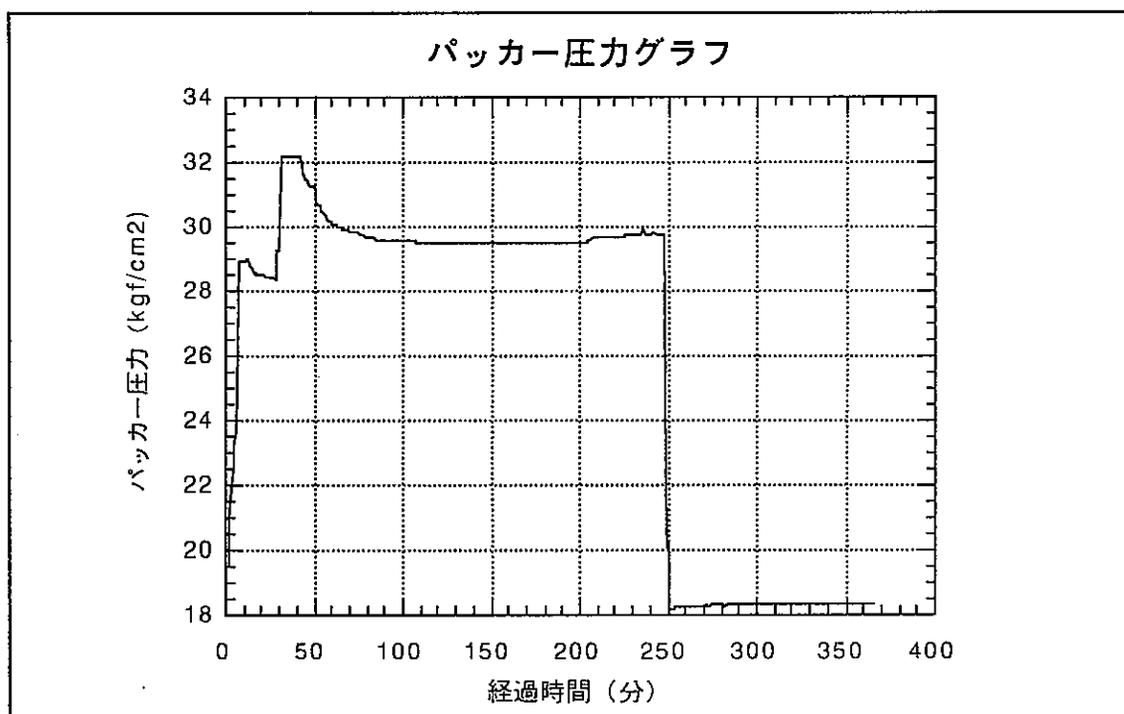


図4. 3. 1 パッカー圧力経時変化図

#### 4. 3. 2 揚水試験機能検査

##### (1) エアーリフト

エアーリフトの試験は、初めに内径の異なる送気用のホースを用い揚水量への影響試験を実施した。送気用ホースは、外形20mm、内径16mmと外形10mm、内径8mmで共に100mの長さのものを使用した。実験の結果は以下の表に示すが、若干ではあるが内径16mmのホースの方が効率よく揚水できた。よって、外形20mm、内径16mmの送気ホースを採用した。また、コンプレッサーを全開にして送気するより流量を調整することで最大な揚水量を得ることができると判明した。

表4. 3. 2. 1 送気ホース内径と揚水量

送気ホース	最大揚水量 (L/分)
外形20mm、内径16mm	40
外形10mm、内径8mm	35

エアーリフトによる揚水試験結果は、次頁に揚水量の経時変化グラフと孔内の地下水面の経時変化グラフで示す。双方の図のほぼ中央で送気量の調整を行っているが結果から解るように適正の送気量に調整することで揚水量の脈動を押さえられ、地下水面も低下させることができる。また、図4. 3. 2. 1から揚水量の自動計測システムは、揚水量の計測試験に合格した。

図4. 3. 2. 2から3重管のエアーリフト構造は、地下水面を脈動させることなく揚水できることが判明し、定圧揚水試験の揚水方法として合格した。

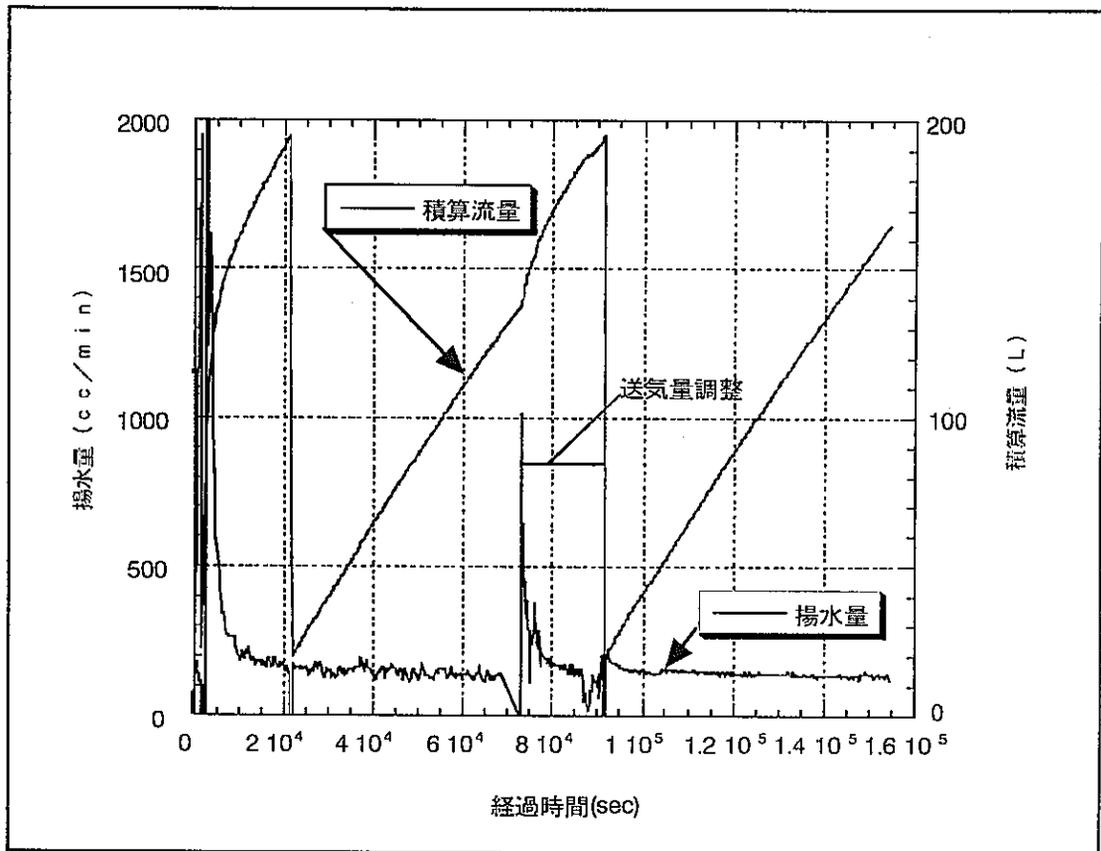


図4. 3. 2. 1 エアーリフト揚水試験時の揚水量経時変化

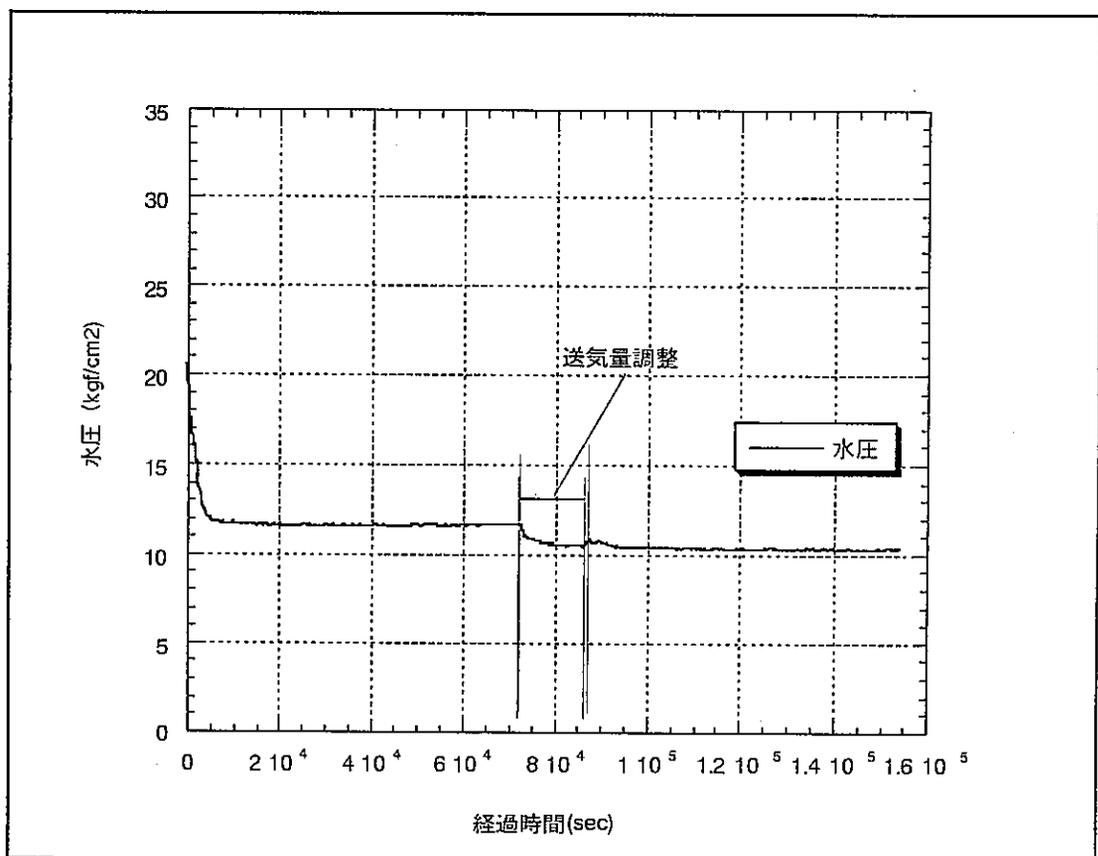


図4. 3. 2. 2 エアーリフト揚水試験時の地下水面経時変化

## (2) ポンプ揚水

### (i) 定流量揚水試験

定流量揚水試験は、揚水ポンプのモーター回転を地上の制御装置で調整しながら一定流量を保ちながら揚水する方法である。図4. 3. 2. 3は、揚水量を自動計測装置で測定した値をグラフ化したものである。開始から75分まで検査孔の孔内貯留の影響で揚水量を制御不可能であったが、以後揚水量を監視しながら揚水ポンプを制御した。

図4. 3. 2. 4はその時の揚水ケーシング内の水圧を示したものである。

双方の図から判断したところ揚水ポンプが制御可能な領域は、水位変化量がほぼ落ちついた領域であり、実際の試験において孔内貯留の排水量を事前に把握することが困難なことから、ポンプ制御のタイミングを逸し無いよう注意する必要がある。

### (ii) 定圧揚水試験

定圧揚水試験は、揚水ポンプのモーター回転を一定にして揚水ケーシング内に設置した水圧計で地下水面が一定に成るよう電磁バルブを制御し、汲み過ぎた地下水をリリース管を通しケーシング内に戻しながら試験区間の水位低下量を一定圧に保ちながら揚水する方法である。弊社の200m検査孔は、自然に滲み出す地下水量が少ない

(約500cc/分)ため、試験時は揚水ケーシングの外側から水道水を注入しながら検査した。図4. 3. 2. 5は、揚水量を自動計測装置で測定した値をグラフ化したものである。開始から60分まで検査孔の孔内貯留の影響が見られるがその後、緩やかに定常状態に以降している。

図4. 3. 2. 6はその時の揚水ケーシング内の水圧を示したものであり、15分以降はリリースバルブの自動制御により設置値10kgf/cm<sup>2</sup>を保っている。

以上の結果から、定流量揚水試験におけるポンプの制御に経験を有するが、揚水ポンプを用いた揚水性能は合格した。

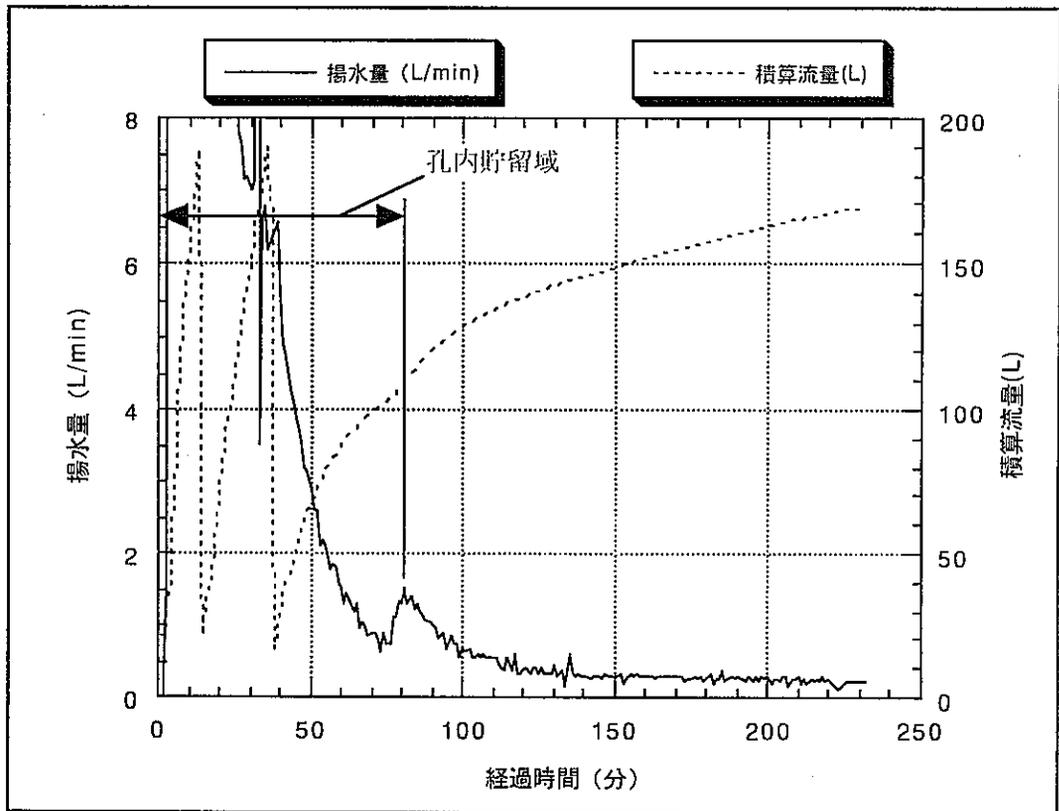


図4. 3. 2. 3 定流量揚水試験（揚水ポンプ）時の揚水量経時変化

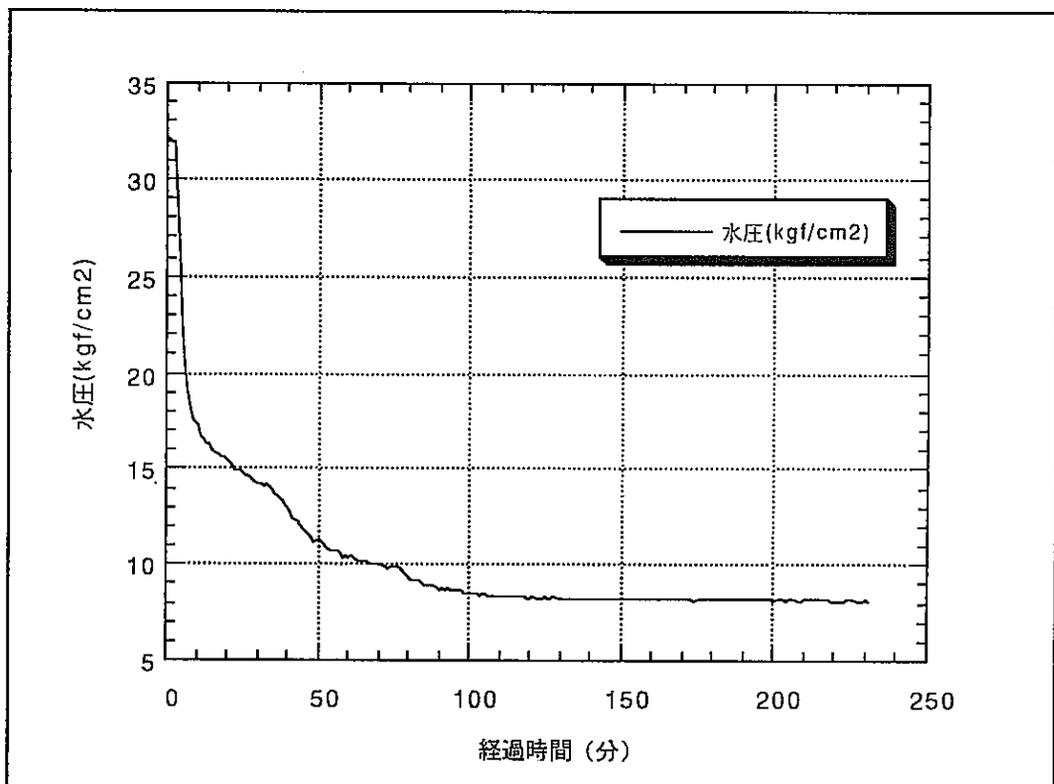


図4. 3. 2. 4 定流量揚水試験（揚水ポンプ）時の地下水面経時変化

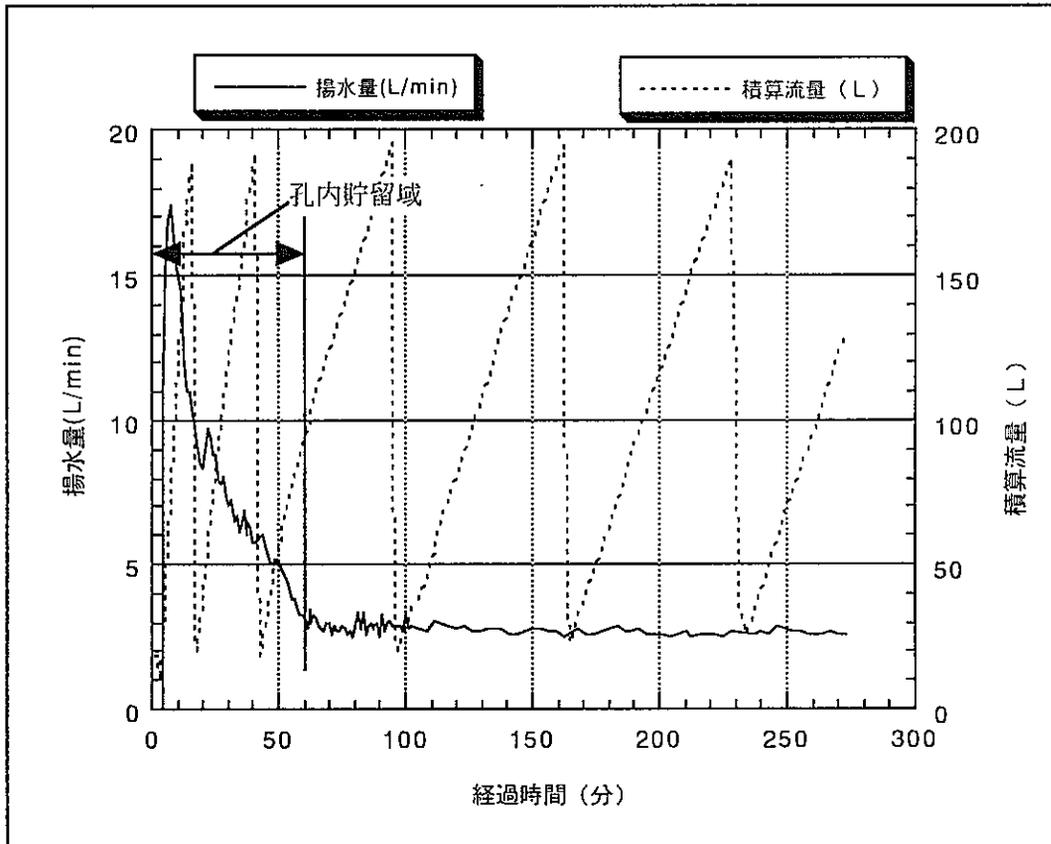


図4. 3. 2. 5 定圧揚水試験（揚水ポンプ）時の揚水量経時変化

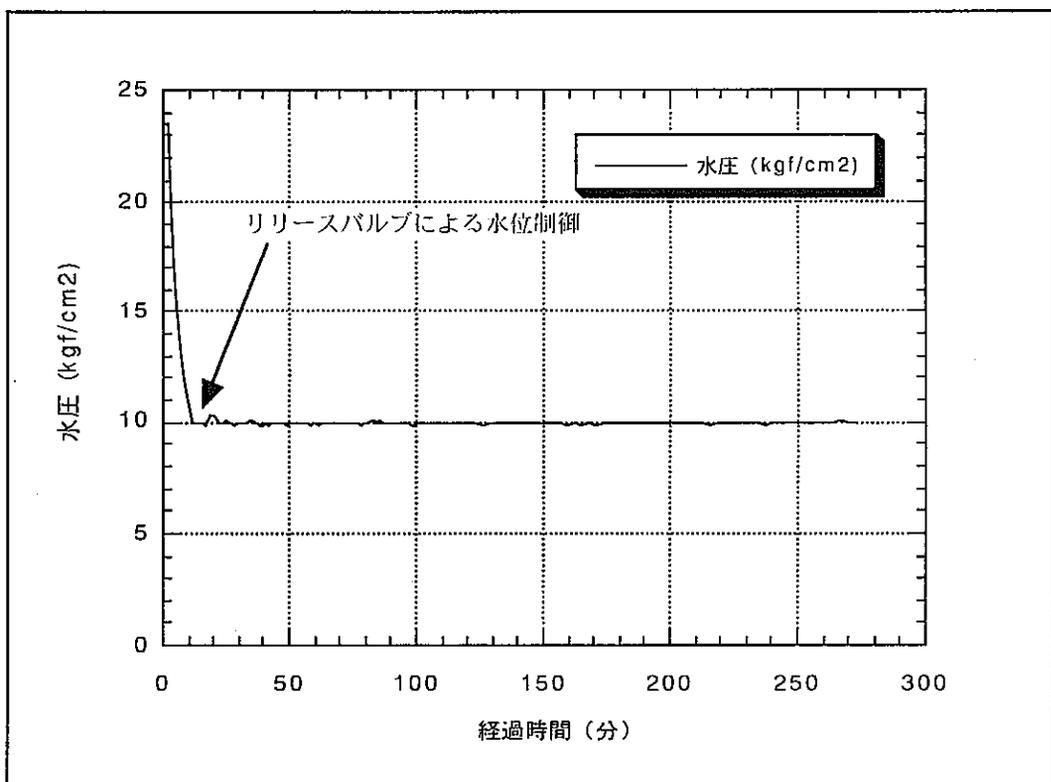


図4. 3. 2. 6 定圧揚水試験（揚水ポンプ）時の地下水面経時変化

## 5. 操作マニュアル

### 5. 1 概要

本装置は、従来の500m対応低水圧制御水理試験装置(PNC-JFT500)に揚水試験機能を付加したものである。本稿では、本装置を用いた揚水試験について述べる。

### 5. 2 装置概略

本装置の基本概念図を、図5.2.1に示す。本装置は、従来のPNC-JFT500のロッドの浅部をφ75mmのケーシングとすることにより地下水の揚水を可能としており、ケーシングに揚水管(JFTロッド)を挿入することにより、揚水による水位の脈動を押さえる構造となっている。揚水量および地下水位は自動観測され、コンピュータにより経時的に記録される。

本装置では、エアリフトによる揚水とポンプによる揚水との2つの方法で揚水試験をおこなう。ポンプによる揚水の場合は、水位の変化で揚水量が変化するため、電磁バルブとリリース管により水位を調整する。

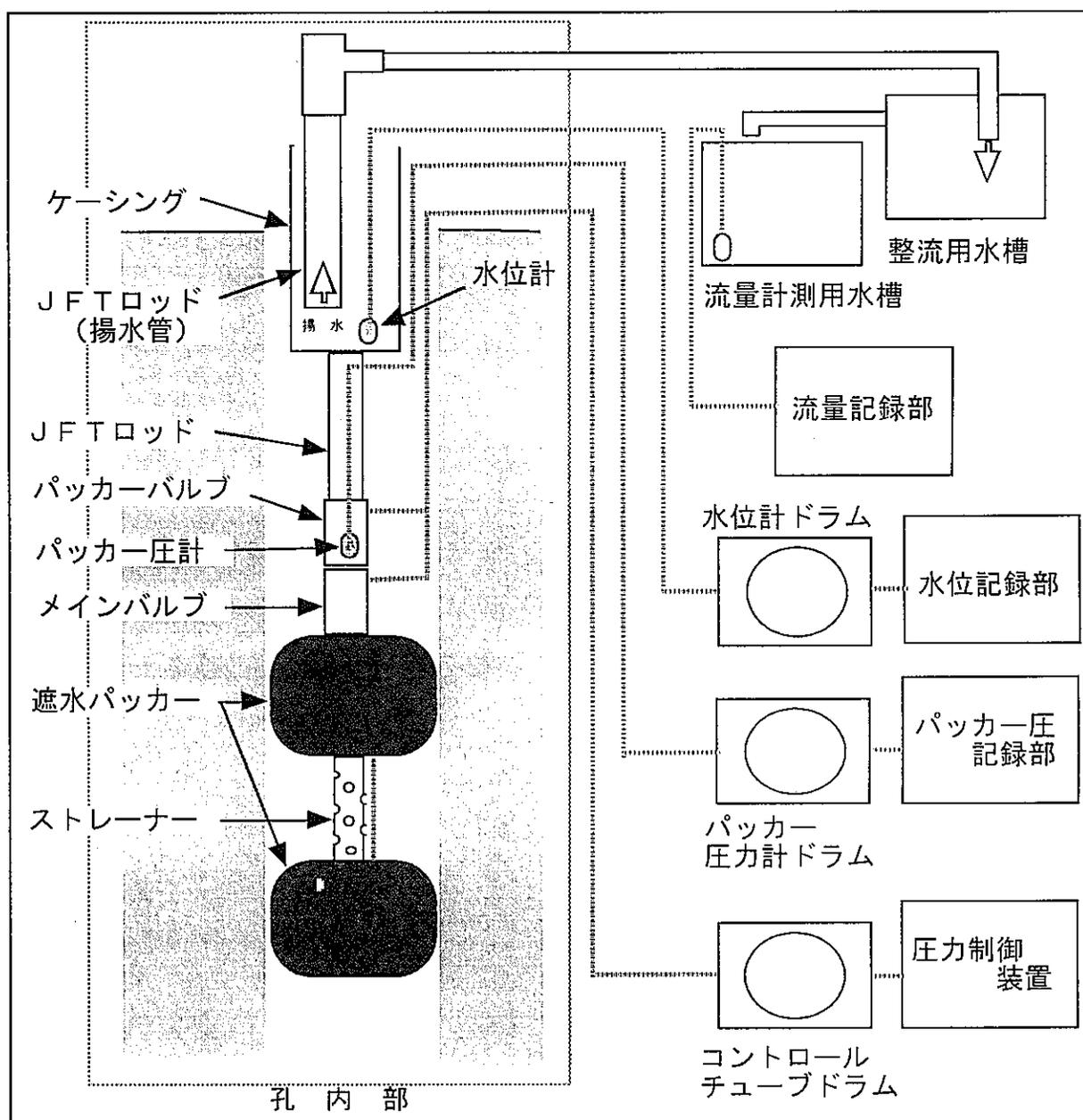


図5.2.1 装置の基本概念図

## 5. 3 試験方法

### 5. 3. 1 孔内部の組立および設置

孔内部の組立は、基本的には従来のPNC-JFT500に準ずる。ここでは、揚水試験機能の付加に伴い改良したパッカーバルブの組立と、孔内部の挿入手順について述べる。

#### (1)パッカーバルブの組立

パッカーバルブは、揚水試験機能の付加に伴い、改良したものである。図5.3.1に、パッカーバルブ組立図を示し、以下に組立の手順を述べる。

##### ①パッカー圧計の接続

パッカー圧計はあらかじめ外筒に通しておく。ロアボディーのパッカー圧計接続部(メスネジ)に皮パッキンを入れ、パッカー圧計のねじ込みは、ロアボディーを回転させることによりおこなう。締め込みは、手締めにておこなうこと。

##### ②チューブ(遮水パッカー用)およびステンレスパイプの接続

チューブおよびステンレスパイプはあらかじめ外筒に通しておく。チューブは、ロアボディー側のチューブニップル(2)に確実に接続する。ステンレスパイプは、両端のリングを確認し、ロアボディー側のステンレスパイプ接続部に押し込む。

##### ③外筒の接続

ロアボディーに外筒を通し、セン断プレートを取り付ける。セン断プレートは、刻印された数字がセン断プレートみぞの数字と同じものを使用し、ビスで確実に固定する。

##### ④アッパーボディーの接続

アッパーボディーには、あらかじめリングを通しておく。アッパーボディーは、チューブニップル(1)にチューブを接続してから外筒にはめ込む。この際、パッカー圧計のケーブルを切り込みから逃がしておき、ステンレスパイプを接続部に押し込む。ボディーに通したリングを外筒に入れてセン断プレートを取り付ける。セン断プレートは、(3)の場合と同様に固定する。

以上でパッカーバルブの組立ては完了である。

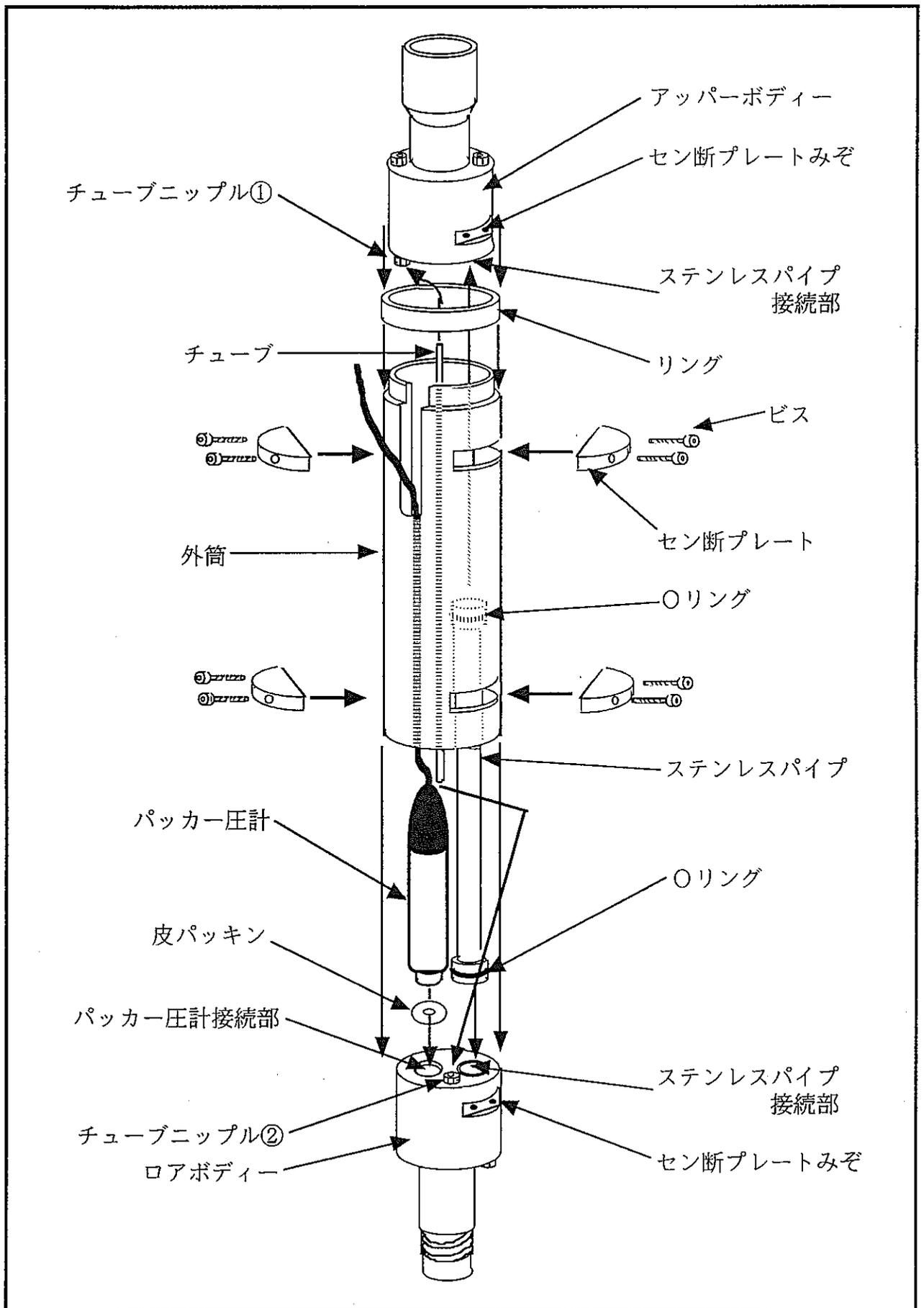


図5.3.1 パッカーバルブ組立図

## (2) 孔内部の挿入

以下に、孔内部の挿入手順について述べる。

- ① メインバルブをパッカーバルブの下部に取り付け、上部パッカーに接続する。
- ② メインバルブおよびパッカーバルブの上部のチューブニップルにコントロールチューブを接続する。コントロールチューブはあらかじめエア抜きをしておく。  
メインバルブは、開放と閉鎖の2つの系統を持ち、パッカーバルブは、拡張・排水と保持の2つの系統を持つ。それぞれのバルブには、OPENの刻印があり、刻印のある側のチューブニップルにメインバルブでは開放ラインを、パッカーバルブでは拡張・排水ラインを接続する。コントロールチューブはあらかじめラインを確認し、接続ミスのないよう注意すること。
- ③ 上部パッカーの給排水用チューブを、パッカーバルブの下部にあるチューブニップルに接続する。
- ④ 孔口に揚水試験用ケーシングホルダーを準備する。
- ⑤ パッカーバルブにJFTロッドを接続し、スイベルを用いてつり上げる。
- ⑥ 下部パッカーに給排水用チューブを接続し、落とさないよう配慮しながら孔内に降ろし、必要な長さのストレーナーを接続する。
- ⑦ ストレーナーと上部パッカーとを接続する。この際、ストレーナー側を回転させ、上部パッカーにねじ込む。落とさないよう注意すること。接続終了後、下部パッカーからの給排水用チューブを上部パッカーに接続する。
- ⑧ 装置を孔内に挿入する。JFTロッドが孔口まで降りたら、ロッドホルダーをケーシングホルダーに乗せ、JFTロッドを保持する。
- ⑨ 所定の本数のJFTロッドを、接続・挿入する。コントロールチューブおよびパッカー圧計のケーブルは、JFTロッドにビニールテープで固定する。JFTロッドの本数は、試験深度および揚水試験用ケーシングの挿入深度を考慮の上決定する。
- ⑩ JFTロッドの挿入完了後、レジューサーを使ってロッドと揚水試験用ケーシングとを接続する。ロッドホルダーは一度撤去し、挿入したケーシングは、ケーシングホルダーで保持する。コントロールチューブおよびパッカー圧計は、ケーシングにビニールテープで固定する。
- ⑪ 揚水試験用ケーシングの挿入完了後、ケーシングのヘッドにホルダーテーブルを取り付け、ロッドホルダーを乗せる。ロッドホルダーはボルトで固定する。

以上で孔内部の挿入は完了である。

### 5. 3. 2 地上部の設置

地上部は、揚水方法の違いにより若干構成や設定が変わるが、基本的には揚水部、流量観測部、地下水位観測部、パッカー圧観測部および圧力制御部の、大きく5つの部で構成される。図5.3.2にエアリフト揚水試験装置（地上部）の概念図を、図5.3.3にポンプ揚水試験装置（地上部）の概念図を示す。

以下に各部について概説し、設置および取扱いについて述べる。

#### (1)揚水部

揚水部は、揚水装置（ポンプあるいはエアリフト）、揚水管（JFTロッド）、揚水管ヘッドおよび逆止弁により構成される。ただし、ポンプで揚水をおこなう場合は、水位の低下に伴い流量が変化することから、任意の水位を保つように揚水量を制御する機能が追加される。揚水量の制御は、地下水位観測部で制御されるリリースバルブおよびリリースチューブでおこなう。詳細は、「(3)地下水位観測部」で述べる。以下に、揚水部の設置手順を述べる。

- ① 揚水管の先端に逆止弁を取り付ける。ポンプ揚水の場合は逆止弁の先にポンプを取り付ける。ポンプには冷却用の外筒を取り付ける。
- ② 揚水管を揚水試験用ケーシング内に挿入する。ポンプ揚水の場合、ケーブルはビニールテープで揚水管に固定する。揚水管の保持はロッドホルダーでおこなう。
- ③ 揚水管の挿入が完了したら、揚水管ヘッドを取り付ける。
- ④ エアリフト揚水の場合は、揚水管ヘッドよりエアホースを挿入する。エアホース挿入後、コンプレッサー（吐出空気量 $2\text{m}^3/\text{min}$ 程度）に接続する。
- ⑤ ポンプ揚水の場合は、ケーブルをポンプ制御装置に接続し専用電源（100V～200V変換）を介して電源に接続する。
- ⑥ 揚水管ヘッドから流量観測部への配管をおこなう。配管からの水漏れが無いよう配慮すること。
- ⑦ ポンプ揚水の場合、揚水管ヘッドにリリースバルブを取り付ける。リリースバルブにはリリースチューブを接続し、揚水試験用ケーシングの中に挿入する。なお、リリースチューブは揚水による水位低下を考慮して、十分な水深まで挿入しておくこと。リリースバルブの電源プラグは、延長ケーブルを介して地下水位観測部の圧力表示計に接続する。詳細は、「(3)地下水位観測部」で述べる。

以上で揚水部の設置は完了である。

## (2) 流量観測部

流量観測部は、整流用水槽、流量計測用水槽および水位計、圧力表示計およびコンピューター、排水用電磁バルブおよびコンプレッサーにより構成される。

揚水された地下水は、整流用水槽を介して流量計測用水槽に流入する。水位計は、圧力表示計およびコンピューターに接続され、流量計測用水槽の水位上昇を自動計測する。揚水の流量は、流量計測用水槽の容積と水槽の水位上昇の時間から計算され、コンピューターにより経時的に記録される。なお、水槽内にたまった水は、圧力表示計で制御される電磁バルブにより、水槽内の水位が設定された位置まで上昇した段階で自動排水される。

以下に、流量観測部の設置手順を述べる。

- ① 整流用水槽は、揚水部からの揚水を受けるように設置する。整流用水槽には開口径の異なる4枚の整流板を交互に入れる。
- ② 流量計測用水槽は、整流用水槽からの揚水を受けるように設置する。整流用水槽からの配管は、水面が脈動しないよう口元が水面下となるように設置する。
- ③ 流量計測用水槽に水位計を入れ、圧力表示計と接続する。水位計は水位計ホルダーを使って、水槽に対して垂直になるようにする。
- ④ 排水用電磁バルブは、流量計測用水槽の排水ホースに接続し、排水路を区切るようにする。この際、排水がスムーズであるよう配慮する。電磁バルブはチューブでコンプレッサーと接続し、コンプレッサーの電源を入れておく。
- ⑤ 整流用水槽から水を入れ、流量計測用水槽にあふれさせる。さらに排水ホースまで水を送り、電磁バルブまでの排水ホース内に水を満たす。
- ⑥ 圧力表示計とコンピューターを、リレー端子付きRS232Cケーブルで接続する。リレー端子は、延長ケーブルを介して排水用電磁バルブの電源に接続する。
- ⑦ コンピューターで揚水量観測システムを立ち上げ、初期設定をおこなう。

以上で流量観測部の設置は完了である。

## (3) 地下水位観測部

地下水位観測部は、圧力表示計、コンピューターおよび水位計（水位計ドラム）により構成される。

揚水による地下水の変化は、ケーシング内の地下水に設置された水位計および圧力表示計により観測され、コンピューターで経時的に記録される。

ポンプ揚水時の水位の制御は、揚水部のリリースバルブを開閉し、揚水した水の一部をケーシング内に戻すものである。リリースバルブの開閉は、あらかじめ水位変動の幅を決めておき、圧力表示計のアラーム機能で設定しておくことにより制御される。

以下に、地下水位観測部の設置手順を述べる。

- ① 水位計は、揚水による水位低下を考慮し、水深30m程度に設置する。水位計は、ケーブルドラムのコネクタから圧力表示計に接続する。
- ② 圧力表示計とコンピューターを、リレー端子付きRS232Cケーブルで接続する。リレー端子は、延長ケーブルを介して揚水部のリリースバルブの電源に接続する。
- ③ コンピューターで水位観測システムを立ち上げ、初期設定をおこなう。

以上で流量観測部の設置は完了である。

#### (4) パッカー圧観測部

パッカー圧観測部は、圧力表示計、コンピューターおよびパッカーバルブに内蔵されるパッカー圧計により構成される。

拡張後のパッカー圧の変化は、パッカーバルブに内蔵されるパッカー圧計および圧力表示計により観測され、コンピューターで経時的に記録される。

以下に、パッカー圧観測部の設置手順を述べる。

- ① パッカー圧計のケーブルドラムのコネクターから圧力表示計に接続する。
- ② 圧力表示計とコンピューターを、RS232Cケーブルで接続する。
- ③ コンピューターでパッカー圧観測システムを立ち上げ、初期設定をおこなう。

以上でパッカー圧観測部の設置は完了である。

#### (5) 圧力制御部

圧力制御部は、圧力源、圧力制御装置および孔内部に接続されたコントロールチューブにより構成される。

圧力制御部は、従来のPNC-JFT500と同様、インナーパッカーの拡張およびパルステスト用圧力のコントロール、メインバルブの開放・閉鎖および遮水パッカーの拡張・排水に関与する。ただし、本装置でのパッカーバルブは、拡張・排水と保持（閉鎖）の2つの系統を持つことから、圧力制御装置も変更が加えられている。

以下に、圧力制御部の設置手順を述べる。

- ① 圧力源（窒素ポンプあるいはコンプレッサー）と圧力制御装置の「圧力源」をチューブで接続する。
- ② コントロールチューブドラムの4系統のチューブをそれぞれ圧力制御装置に接続する。

以上で圧力制御部の設置は完了である。

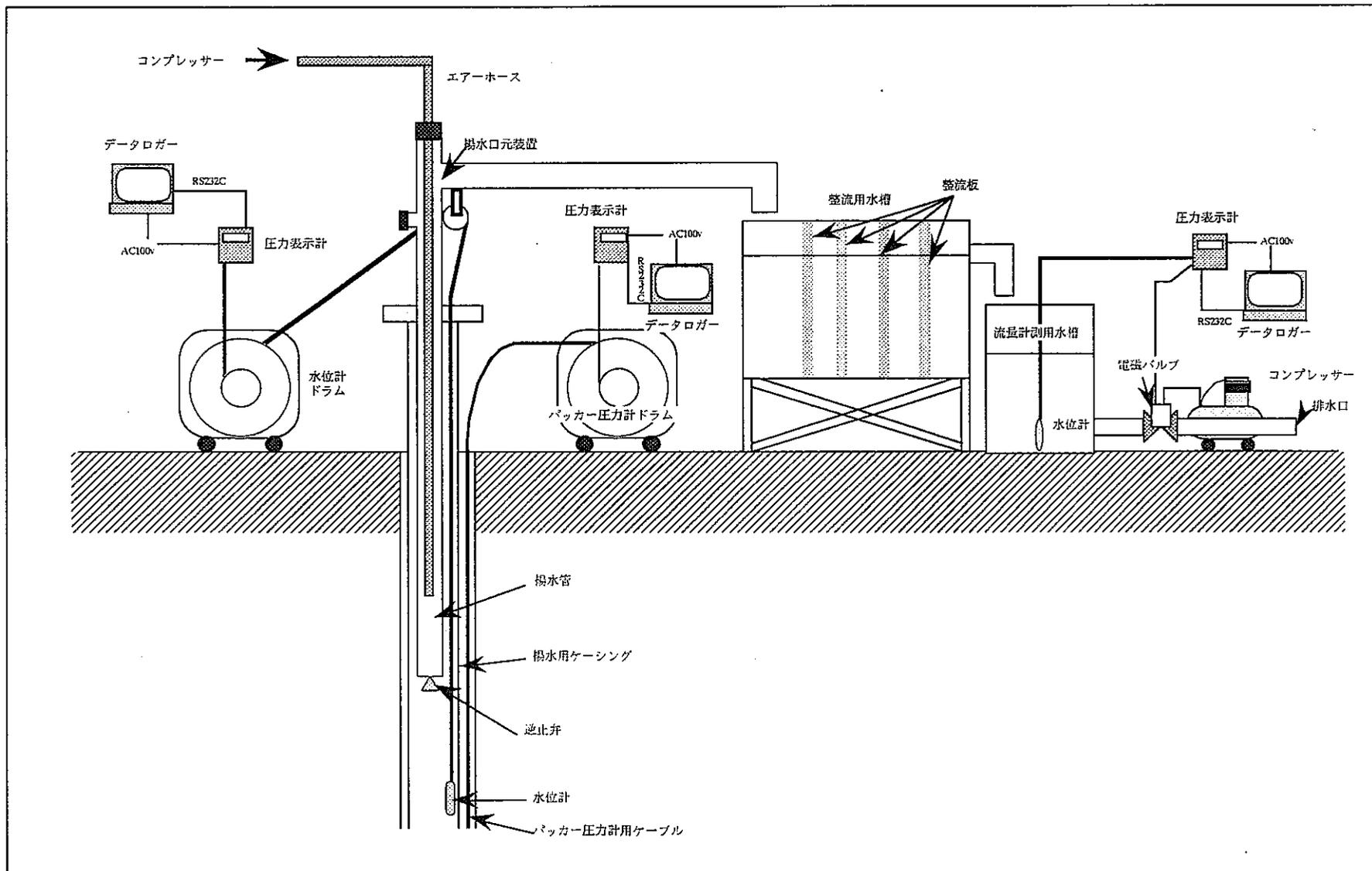


図 5.3.2 エアーリフト揚水試験装置（地上部）の概念図

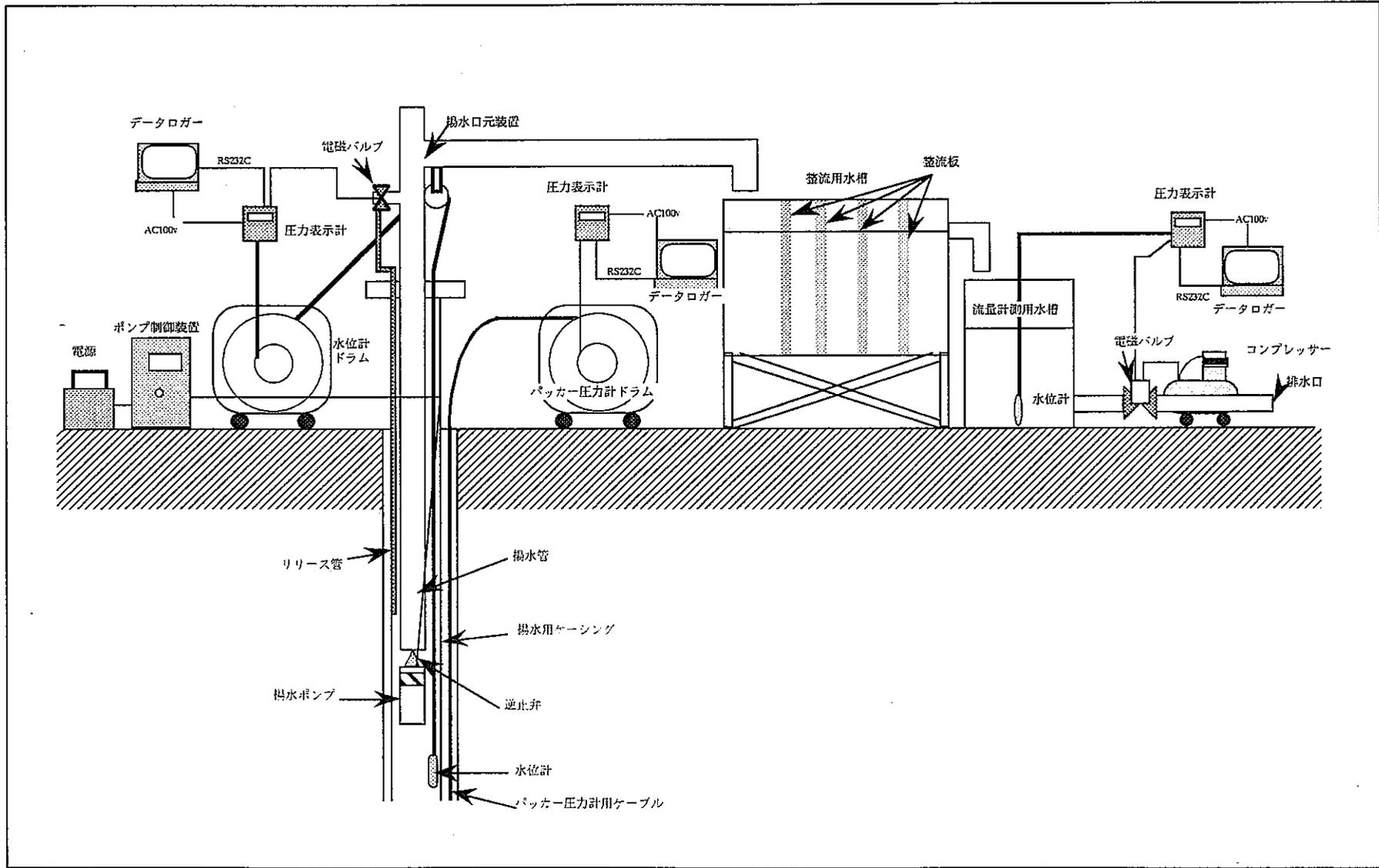


図 5.3.3 ポンプ揚水試験装置（地上部）の概念図

## 5. 4 計測

### 5. 4. 1 遮水パッカー拡張・収縮

本装置は、ロッド内の水を使って遮水パッカーを拡張させる。また、収縮時は、ロッド内に排水する。以下に、遮水パッカーの拡張および収縮の手順を示す。

#### (1) パッカー拡張用加圧ヘッドの取り付け

揚水試験用ケーシングのヘッドにレジューサーを接続し、加圧ヘッドを取り付ける。加圧ヘッドのオスカップラーにチューブを接続する。

#### (2) 圧力制御装置によるパッカー拡張操作

圧力制御装置を用いて、パッカーバルブは開放、メインバルブは閉鎖の状態にする。操作は、図5.4.1に示すように、パッカーバルブは「パッカー拡張・収縮」側、メインバルブは「バルブ閉」側にして、圧力を8 kgf/cm<sup>2</sup>に調圧して送圧する。この時、「インナーパッカー」と「パルステスト」は排気状態にしておく。

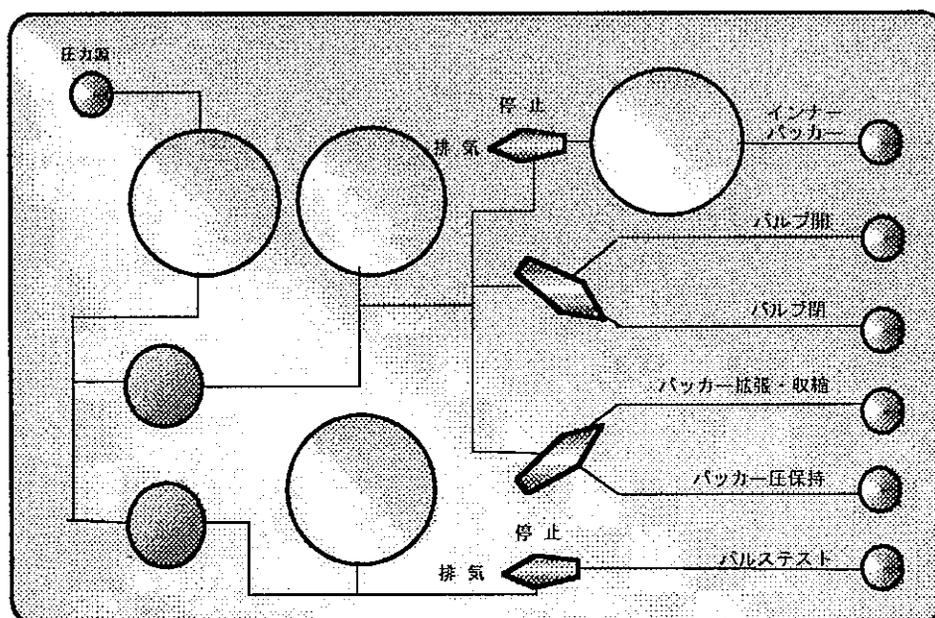


図5.4.1 遮水パッカー拡張時の圧力制御装置の状態

#### (3) 遮水パッカーの拡張

加圧ヘッドの三方バルブを送圧側にして送圧を開始する。はじめはコンプレッサーで加圧し、パッカーに十分水を送り込む。パッカーに十分水が入ったと判断されたら、圧力源を窒素ポンペに切り替え、圧力を15kgf/cm<sup>2</sup>に調圧して加圧する。

加圧によりロッド内の水位が低下し、パッカーの拡張効率が悪くなる場合は、圧力制御装置でパッカーバルブを「パッカー圧保持」に切り替え、ロッド内の圧力を抜いてから水を補給する。なお、この場合ボーリング孔内に異質な水を混入することになるので、事前に担当者との協議が必要がある。

パッカーの拡張完了は、パッカーの圧力をパッカー圧観測部で監視し、その状況から判断する。拡張完了後は圧力制御装置で「パッカー圧保持」に切り替え、ロッド内の圧力を徐々に抜いていく。パッカーの拡張圧力は、10kgf/cm<sup>2</sup>を長時間保持するよう努めること。

#### (4) 遮水パッカーの収縮

遮水パッカーの収縮は、ロッド内を加圧しない状態で、パッカーバルブを「パッカー拡張・収縮」に切り替える。この時、メインバルブは開放でも閉鎖でも良い。

#### 5. 4. 2 計測システムソフトについて

本装置を使用した計測では、水位観測システム、揚水量計測システムおよびパッカー圧力計測システムの3つの計測システムソフトを使用する。

水位観測システムは、孔内の水位計で測定される水圧変化のサンプリングをおこないグラフ表示するとともに、データの保存をおこなう。

揚水量計測システムは、流量計測用水槽で測定される水位の変化をサンプリングをおこない流量を計算表示するとともに、データの保存をおこなう。

パッカー圧力計測システムは、パッカー圧力計で計測されるパッカー圧力値のサンプリングをおこないグラフ表示するとともに、データの保存をおこなう。

以下に各システムの使用方法について述べる。

##### (1) 水位観測システムおよび揚水量計測システム

水位観測システムおよび揚水量計測システム起動すると、図5.4.2に示すメニューが表示される。

測定時は、1:サンプリングを選択する。ファイル名を入力すると、初期データ入力画面となる。

#### 水位計測システム

\*\*\* MENU \*\*\*

1: サンプリング

2: 再 表 示

3: 終 了

作業を選択してください。(1-3) : 1

ファイル名を入力してください :

図5.4.2 システムメニュー

図5.4.3および5.4.4に水位観測システムおよび揚水量計測システムの初期データ入力画面を示す。2つのシステムで設定に大きな違いはないが、水位観測システムでは間隙水圧を水位に換算して入力することに対して、揚水量計測システムでは、水位計の深度に対する水圧を入力することに注意すること。

(1)---	調査年月日 (例 960315)	年	月	日
(2)---	件名、試験No.、等	SUII-SYSTEM		
(3)---	試験深度	GL- 70	m ~ - 80	m
(4)---	水位計の深度	GL- 34	m	
(5)---	間隙水圧	GL- 23.79	m	

訂正番号の入力! 無ければ 999  
No. =

図5.4.3 水位計測システム初期データ入力画面

(1)---	調査年月日 (例 960315)	年	月	日
(2)---	件名、試験No.、等	YOUSUI-SYSTEM		
(3)---	試験深度	GL- 70	m ~ - 80	m
(4)---	初期水圧	1.021	kgf/cm <sup>2</sup>	

訂正番号の入力! 無ければ 999  
No. =

図5.4.4 揚水量計測システム初期データ入力画面

初期データの入力が終わり訂正が無ければ「999」を入力する。本装置では、水位観測システムと揚水量計測システムは別のコンピュータから起動するため、2つのシステムを同時にスタートさせる必要がある。2つのコンピュータはあらかじめ時刻合わせをしておく。

初期データの入力が終了しリターンキーを押すと、グラフが表示されサンプリングが開始される。図5.4.5および図5.4.6に水位観測システムの水位グラフおよび揚水量計測システムの揚水量グラフを示す。

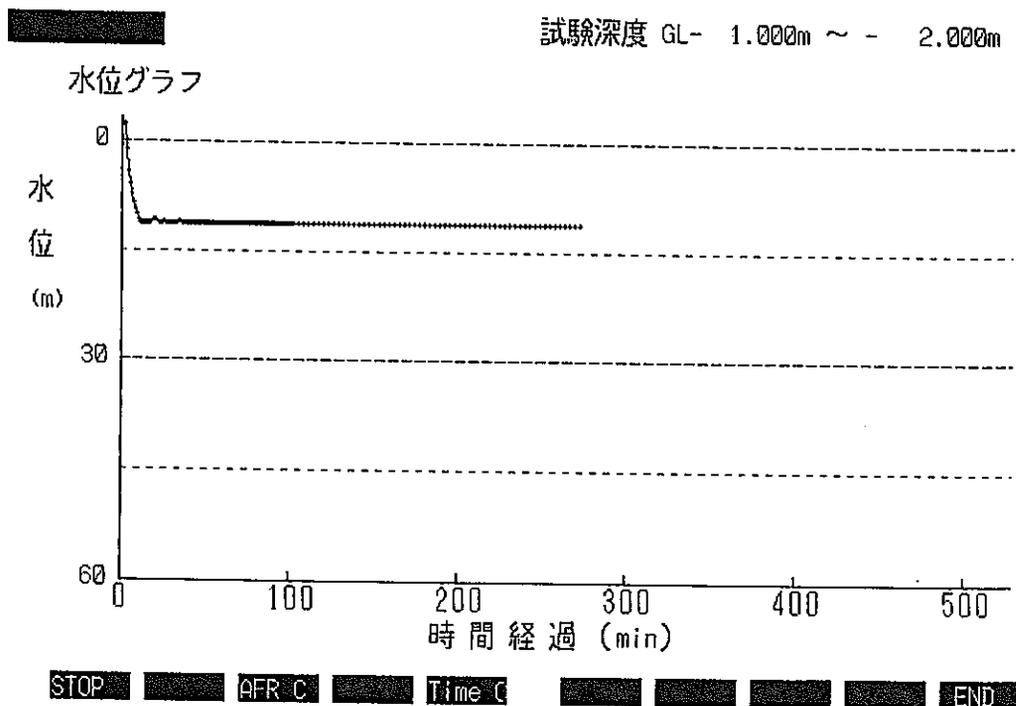


図5.4.5 水位観測システムの水位グラフ

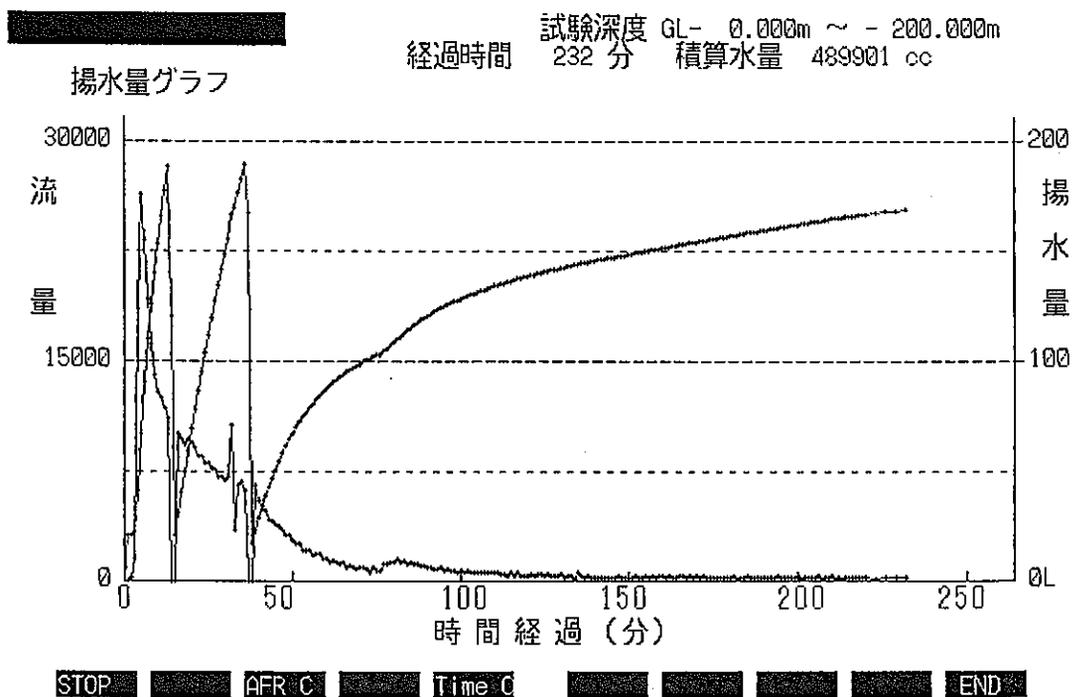


図5.4.6 揚水量計測システムの揚水量グラフ



### 5. 4. 3 間隙水圧測定

間隙水圧測定は、インナープローブを用いず、水位測定用水位計によりおこなう。間隙水圧の安定は、水位グラフにより判断する。

揚水試験は、間隙水圧が安定した状態から開始する。

### 5. 4. 4 定圧揚水試験

定圧揚水試験は、揚水にポンプを用いる。ポンプによる揚水は、水位の低下によって揚水量が変化し、揚水量を一定に保つことが難しい。本装置では、揚水管のヘッドにリリースバルブおよびリリース管を設けて、水位が下がりすぎた場合は揚水を地下に戻して、水位が一定になるようにしている。リリースバルブは、圧力表示計により制御され、水位が設定したレベル以下となると開放され揚水を地下に戻し、水位が設定したレベルに回復すれば閉鎖されるようになっている。

リリースバルブの制御は、圧力表示計のアラーム機能の設定によりおこなう。アラームは、ALARM 1 とALARM 2 の2つのキーがあり、設定した水圧に対する許容上限値をALARM 1 に、許容下限値をALARM 2 に設定する。アラームの設定を図5. 4. 8に示す。

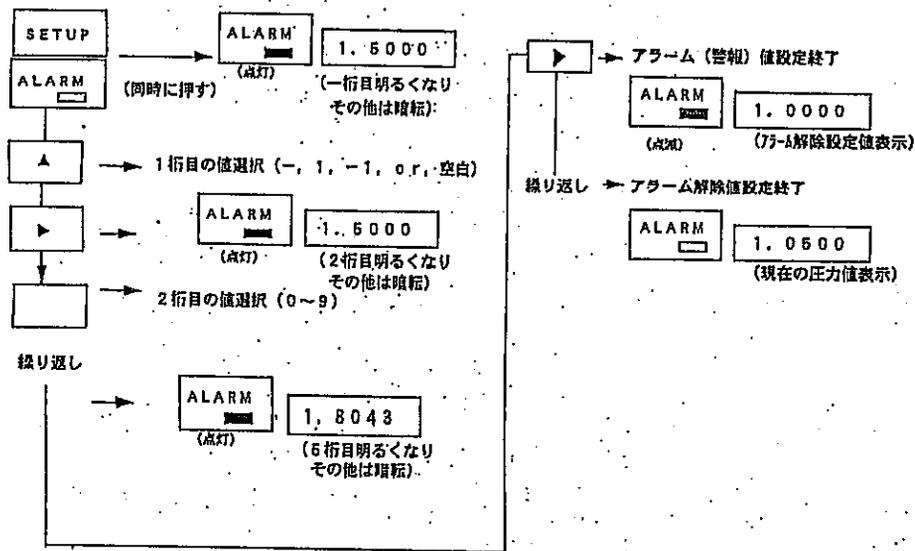


図5. 4. 8 アラーム設定

揚水試験は、揚水開始と同時に時間、揚水量および孔内の水位を測定する。揚水量がほぼ一定となった後、その状態を数時間保持し、揚水量および水位を測定する。

揚水停止後、停止と同時に時間、回復する水位を測定する。水位が初期水位までほぼ回復した時点で測定を終了する。

### 5. 4. 5 定流量揚水試験

定流量揚水試験は、揚水にエアリフトを用いる。エアリフトによる揚水は、送気量が一定で地下水の供給があれば一定流量で揚水をおこなう。

揚水試験は、揚水開始と同時に時間、揚水量および孔内の水位を測定する。孔内の水位がほぼ一定となった後、その状態を数時間保持し、揚水量および水位を測定する。

揚水停止後、停止と同時に時間、回復する水位を測定する。水位が初期水位までほぼ回復した時点で測定を終了する。

## 5. 5 解析

ここでは、解析プログラムの使用方法について述べる。

解析プログラムを起動すると、図5. 5. 1に示すメニューが表示される。

### 揚水量解析システム

\*\*\* MENU \*\*\*

1: 再 表 示

2: データのリンク

3: 解 析

4: 終 了

作業を選択してください。(1-4) :

図5. 5. 1 解析システムメニュー

各項目について説明する。

#### 1) 再表示

再表示を選択すると、図5. 5. 2に示すメニューが表示される。ここで揚水量データか水位データかを選択する。選択するとファイル一覧が表示され、データを選択すれば再表示される。再表示したデータで、初期データの入力に間違いがあればここで訂正が可能である。

### 揚水量解析システム

\*\*\* MENU \*\*\*

1: 揚水データ

2: 水位データ

3: 終 了

作業を選択してください。(1-3) :

図5. 2. 2 再表示サブメニュー

2) データのリンク

データのリンクを選択すると、データファイルの一覧が表示される。ここで揚水量データと水位データとを指定する。2つのデータがリンクされ、ファイル名を指定する。リンクされたデータがディスクにセーブされ、終了する。

3) 解析

解析を選択するとファイル一覧が表示される。ここで、リンクしたデータのファイル名を入力する。初期データが表示されるので、確認したら「1」を入力する。

図5.2.3に示す水位グラフが表示される。水位が定常状態となったと判断される位置にポインターを移動させてリターンを入力する。

図5.2.4に示す解析結果図を表示する。

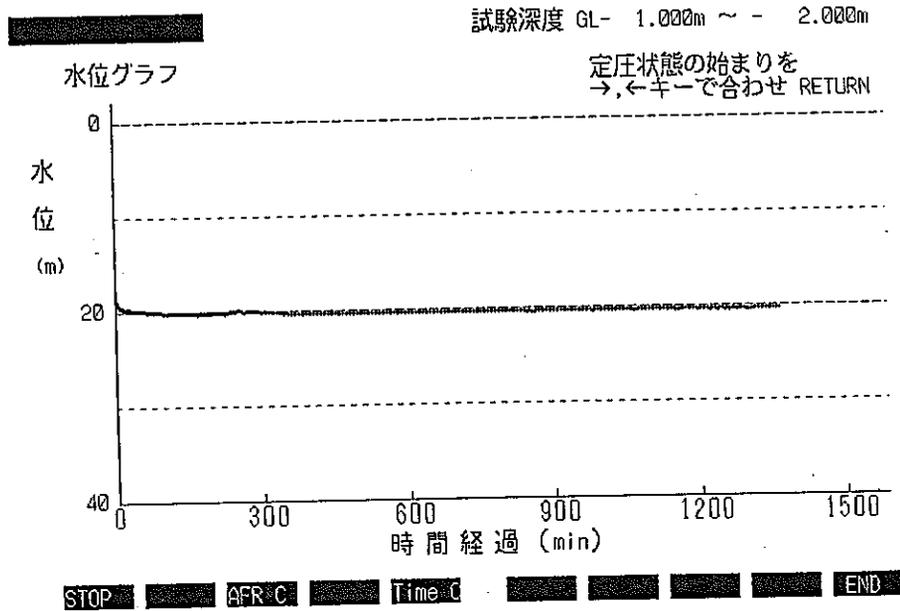


図5.2.3 解析グラフ表示

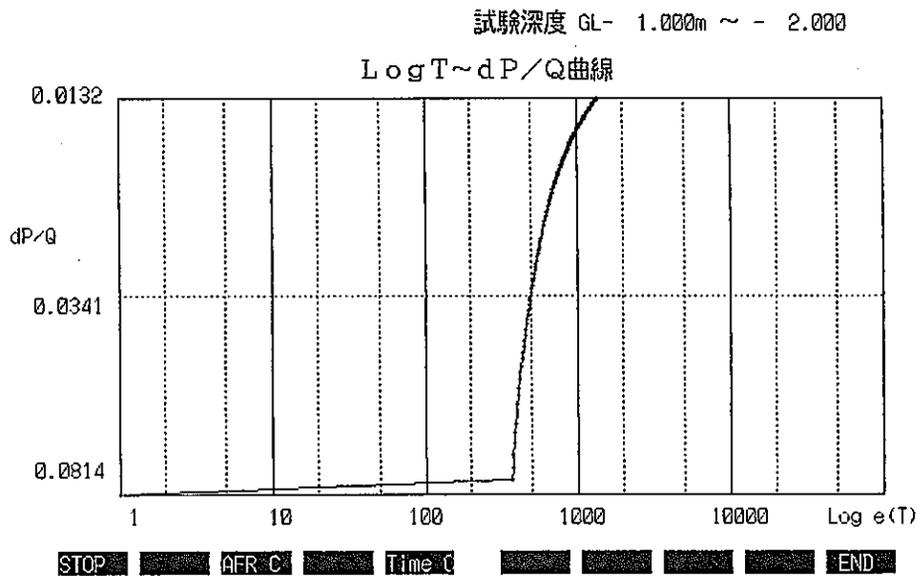


図5.2.4 解析結果図

## 6. 今後の課題

本件のバルブ改良および揚水試験機能の付加された動燃式低水圧制御水理試験装置の今後の課題は、データロガーの台数（最低3台）が多くデータ整理が煩雑になった点と、揚水ポンプを使用して定流量揚水試験を行うとき、試験中はポンプ制御に人張り付かなければならない点の2点である。1番目の課題は、4台の測定機（圧力計アンプ）からRS232Cで送られた各々のデータを1台のデータロガー（ノートパソコン）で処理させる必要がある。1台のデータロガーで処理するためには、データロガーに拡張ユニットを装着してRS232Cポートを現在の1つから4つに増設し、また4種類の計測ソフトを統合することで可能となる。

2番目の課題は、揚水口元装置に流量制御用の流量定値制御弁を取り付ける方法で自動化できると考えられる。ただし、流量定値制御弁は、設定流量範囲が狭く、また1次側に一定の圧力が必要なため、採用するには初期実験が必要である。