

差圧計測型多点式水圧観測装置の 計測ポート部の設計

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1995年 3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の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字園戸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

差圧計測型多点式水圧観測装置の 計測ポート部の設計

平 田 洋 一

要 旨

地層処分を初めとする地下空間利用に際しては、周辺岩盤における間隙水圧、透水係数等の水理学的パラメータを深度方向別に、また、長期間にわたって定量的に把握する必要がある。このような目的に対して、平成6年度に差圧計測型多点式水圧観測装置を考案し、実証実験用の20m 対応モデルを設計した。この時一部の試作を行ったが、その際、バルブポートの作動不良が指摘された。これはマグネットとねじを組み合わせた基本的作動原理そのものが疑問視されており、今後の課題として残された。

今回の設計はこの課題、即ちバルブポートの作動不良を基本原理から改善し、確実な作動を行う装置を考案するとともに、インナープローブの深度設定機構を同時に再検討することを目的とする。

本報では、新たに設計開発したマグネットを用いないで作動するバルブポート部分と、深度設定機構の基本原則と構造について述べる。

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：

事業団担当部課室および担当者名：東濃地科学センター技術開発課

坪田浩二

大成基礎設計株式会社本社研究開発部

Design of measurement port for multi-level ground water
monitoring instrument with differential pressure gauge

a b s t r a c t

For the effective use of underground including waste disposal, hydrogeological properties are needed. For this purpose, the multi-level ground water monitoring instrument was developed in 1994. However, at the trial manufacture of the instrument, it was pointed out that the valve port was not properly run.

Therefore, a new valve port is needed to be designed and manufactured.

This report describes a new valve port using a different mechanism from the previous magnetic device. In addition, the altered depth-setup device which is installed in the inner probe is also described.

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

PNC liaison Tono Geoscience Center, Geotechnics Development Section

K. kubota

Taisei kiso sekkei Co., Ltd Head office R&D section

目 次

1 まえがき	1
2 前回設計のまとめと問題点	2
3 今回の設計概要概念	3
3.1 初期条件	3
3.2 スライドバルブ	4
3.3 深度設定機構	4
3.4 インナープロープ	6
3.4.1 スライドバルブの駆動構造	6
3.4.2 深度設定機構	6
4 各装置の設計内容	7
4.1 スライドバルブ	7
4.2 インナープロープ	7
4.2.1 深度設定機構	7
4.2.2 インナープロープ固定機構	8
4.2.3 スライドバルブ開閉機構	8
4.3 設計一覧	10
5 あとがき	11
謝辞	12

図 表 目 次

図-3.1	スライドバルブ開閉概念図	.....	4
図-3.2	深度設定機構の作動概念図	.....	5
図-3.3	スライドバルブ駆動モード構造図	.....	6
図-4.1	スライドバルブ寸法図グ構造図	.....	7
表-4.1	設計図面一覧表	.....	10

1 まえがき

近年注目されている地下空間利用においては、費用効果を考慮しつつ、周辺岩盤における間隙水圧、透水係数等の水理学的パラメーターを把握する必要がある。そのために平成6年度に差圧計測型多点式水圧観測装置を考案し、実証実験用の20m 対応モデルを設計するとともにその一部の試作を行った。その試作装置を用いて実験を行った際に、新規に開発設計したスライドバルブの作動不良が指摘され、今後の課題となった。

今回の設計はこの課題、即ちスライドバルブの作動不良を基本原理から改善し、確実な作動を行う装置を考案するとともに、インナープローブの深度設定機構を同時に再検討することを目的とする。

2 前回設計のまとめと問題点

前回設計した装置は、測定深度20m 程度の実証実験用モデルであるが、その最終コンセプトは1000m の大深度を対象とした間隙水圧測定装置である。

この装置はMPシステムの2つの問題点である大深度の圧力測定精度の向上と、バルブへの過大な差圧発生時の作動不良の克服を目的にして考案され、ケーシング部、インナープローブ部、及び、地上測定制御部の3つより構成される。ケーシング部は中継パイプの他に、測定対象区間とアクセスするためにインナープローブを介して地上操作で開閉できるバルブと、測定区間を設定する遮水パッカーを有する。このバルブがスライドバルブであり、本装置の特徴の1つである。

インナープローブは上下の2つで構成され、その1つには間隙水圧測定精度の向上を目標とした差圧計が取り付けられている。各プローブにはスライドバルブの開閉と接続機構、電磁バルブ、および深度決定装置等が内蔵されている。

その設計と試作実験の結果をまとめると次のようになる。

- ① 大きな差圧条件下でも確実な開閉動作ができるバルブ構造として、スライドバルブを採用、設計した。
- ② スライドバルブの採用に伴い、インナープローブとバルブポートとの接続方法を試作実験の結果に基づいて検討し、バルブポートの両側をインナープローブのブッシングパッカーで遮断する無指向性の方法（Aタイプ）の優位性が確認された。
- ③ マグネットカップリングとねじの組み合わせによるスライドバルブの構造は開閉不良の可能性が高く、整備不能な環境下に設置されるケーシング部にねじのような機構部品を設けるのは避けるべきである。
- ④ 磁性体を多量に含む地層を考慮すると、マグネットカップリングを含め、方向、深度等の制御に使用される強力な磁石は、不足の事態を招く恐れがある。

すなわち、スライドバルブとAタイプインナープローブを採用し、スライドバルブのねじとマグネットは使用しないのが、前回設計と試作を行った結果の結論である。

3 今回の設計概要

今回の設計は、前回設計の結論を受け、①スライドバルブの作動方法と②マグネットを使用しない深度設定機構の2点に関する再設計である。ただし、これらの設計変更に伴いインナープローブも設計が変更になる。

3.1 初期条件

基本的な設計条件と寸法関係は下記に示すように前回と変わらずそのまま踏襲する。

<設計条件>

- ・対象ボーリング孔径 $\phi 76\text{mm}$
- ・装置の最大外径 $\phi 70\text{mm}$ 程度
- ・測定対象深度 GL-20m程度

<設計に採用する基本的寸法関係>

①パッカー

- ・外径 $\phi 70\text{mm}$
- ・肉厚 10mm
- ・内径 $\phi 50\text{mm}$

②ゲーシングパイプ

- ・材質 ステンレス
- ・内径 $\phi 44.8\text{mm}$
- ・外径 $\phi 50\text{mm}$
- ・ねじ部外径最大 $\phi 58\text{mm}$

③スライドバルブ

- ・内径 $\phi 50\text{mm}$
- ・外径 最大 $\phi 70\text{mm}$

④インナープローブ

- ・外径 $\phi 43\text{mm}$

以下に再設計部分のそれぞれについて説明する。

3.2 スライドバルブ

上記の問題点に従い新しいスライドバルブは、非接触動力伝達機構のマグネットカップリングと、倍力装置のねじ構造を用いずに作動させる必要がある。そこでスライドバルブをケーシングの内側に配置し、インナープローブと強固に接続して動力を伝達させ、これを直接スライドさせる構造を採用した。それにともない、バルブポートはスライドバルブに設置される。

前回の設計と比較した概念図をインナープローブを含んで図-3.1 に示す。

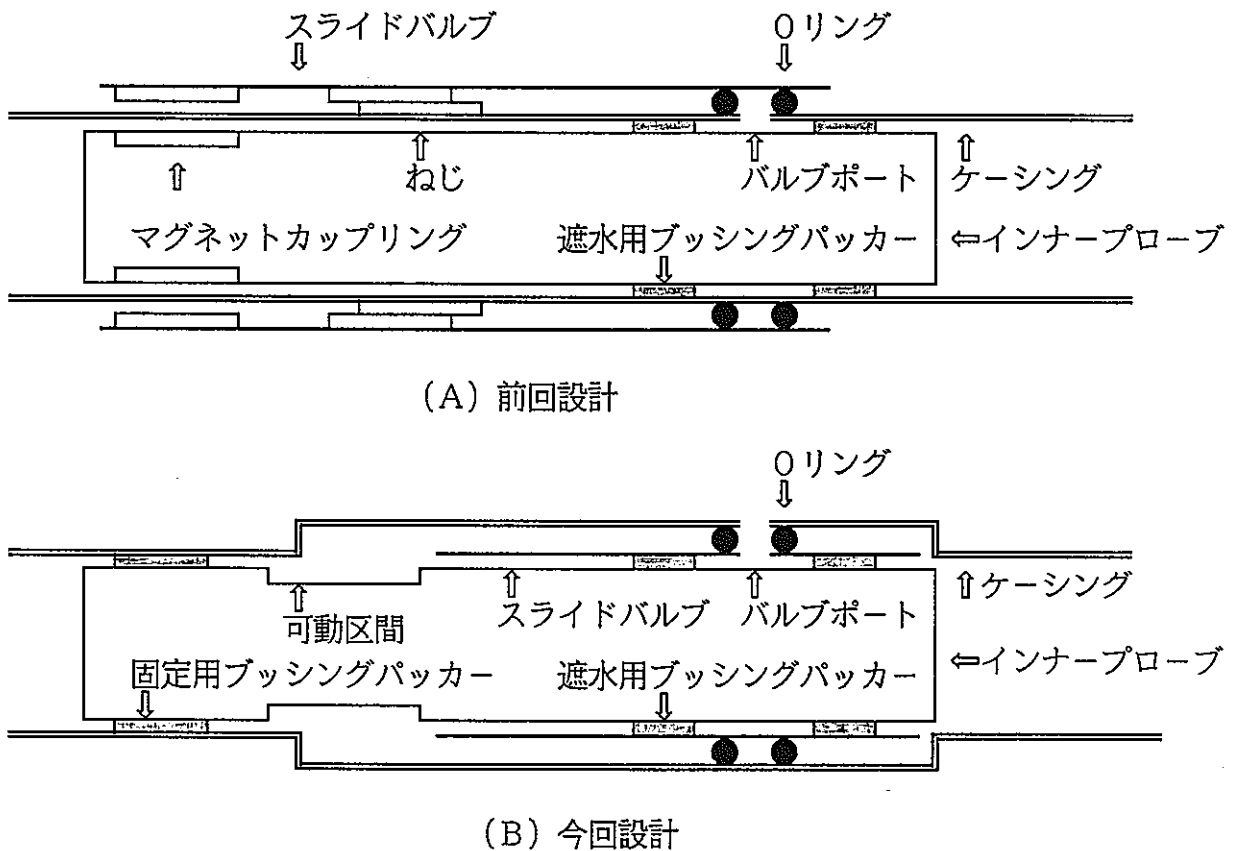


図-3.1 スライドバルブ開閉概念図

3.3 深度設定機構

ケーシング（バルブポート）とインナープローブの位置合わせに必要な深度設定機構にはいくつかの方法が考えられるが、安定性、操作性を考慮してスイングアームをケーシング溝に嵌め合わせる方法が最適と判断した。インナープローブに取りつけられたスイングアームは地上であらかじめ収縮格納しておき、挿入後ケーシング底に接触することによりトリガーが作動して拡張する構造である。

このように深度設定機構はケーシングとインナープローブの2つの部分で構成され、一

対をなす。MPシステムでもこれと同様の構造が採用されており、単純な機械部品だけで構成されるので保守の面でも優れている。

ただし、この方法はスイングアーム拡張後は基本的に降下できなくなるので、何らかの理由で再測定が必要になった際に、いったん地上に回収して再度降下作業をやり直さなければならない。また、中間のみを測定したい時でも一度はケーシング底に持ち込む必要がある。このようにある特定の条件下では作業効率が極めて悪くなる欠点がある。

スイングアームの拡張収縮を地上操作で行える構造にすれば問題は解決するが、その場合構造が複雑化するのは避けられない。今回の設計は実証実験用の小規模モデルを対象としているので、より単純なケーシング底の突起を利用するトリガー構造を採用する。

スイングアームの地上操作は今後の課題として、大規模モデルの設計で再検討するものとする。

深度設定機構の作動概念図を以下に示す。

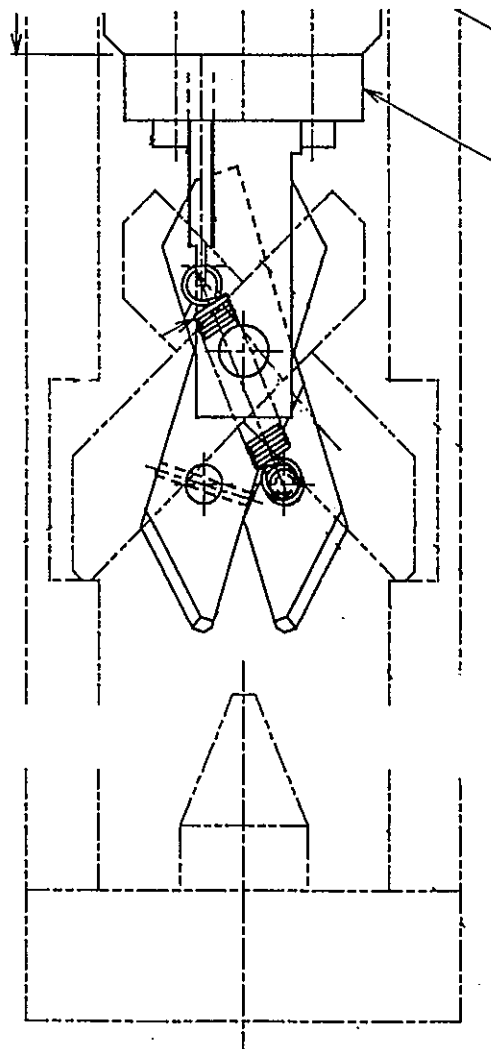


図-3.2 深度設定機構の作動概念図

3.4 インナープロープ

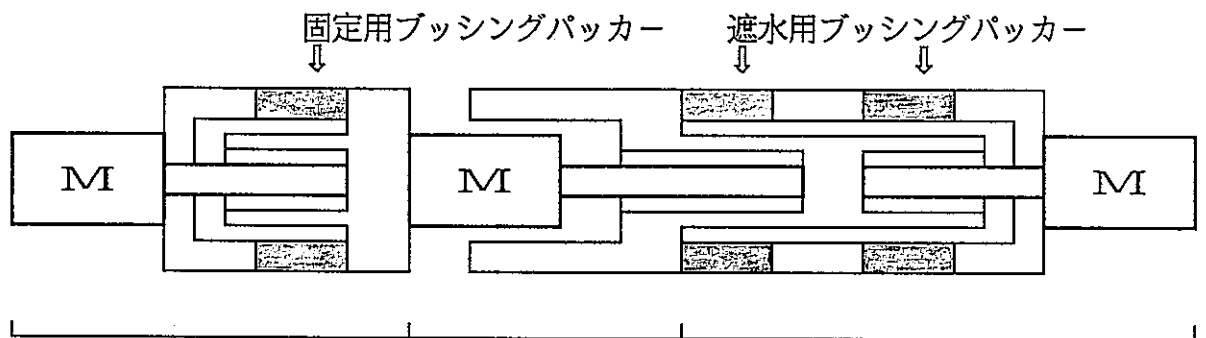
インナープロープはスライドバルブの駆動構造と深度設定機構が変わるので、大幅な設計変更になる。

3.4.1 スライドバルブの駆動構造

初めに動作手順を図-3.1 (B) に従い説明する。

まず、バルブポート接続機構で遮水用ブッシングパッカーを拡張して、インナープロープをスライドバルブと連結する。次にスライドの反力を得るために、インナープロープ固定機構で固定用ブッシングパッカーを拡張して、今度はケーシングと連結する。ケーシングを固定点として、スライドバルブ開閉機構でインナープロープを伸縮させれば、それにつれてスライドバルブが作動する。

以上の動作を行うためには、遮水用と固定用それぞれのブッシングパッカーを独立して駆動できる機構と、両者の間を伸縮させる機構の3つが必要である。模式構造図を図-3.3 に示す。



インナープロープ固定機構 スライドバルブ開閉機構 バルブポート接続機構

図-3.3 スライドバルブ駆動模式構造図を

いずれの部分でもモーターとボールねじの組み合わせにより、回転力を軸方向力に変えて必要な推力を発生させる構造を採用している。

3.4.2 深度設定機構

インナープロープ部分の深度設定機構はスイングアームとトリガーである。基本的に他の部分と無関係な独立した機能なので、インナープロープ底部にそのままユニットとして取りつける。

4 各装置の設計内容

今回具体的に設計を行うのはスライドバルブを含むケーシングとインナープロープの2点である。

4.1 スライドバルブ

スライドバルブ部分はケーシングの一部を構成するので、設計はスライドバルブ本体以外に、深度設定機構の設計変更に伴うスイングアーム嵌合溝が含まれる。両端の接続ねじは他のケーシングと完全に同一で、Oリングによるシール構造を有し互換性がある。

スライドバルブの押さえばねは、最初の運搬挿入時におけるスライドバルブの初動位置を確定するためのものである。

また、スライドバルブ部分に使用されるOリングの摺動抵抗は、加工精度、圧力差等によりかなり異なるが、最大で100kg程度が予想される。

図-4.1 に全体の寸法関係を示す。

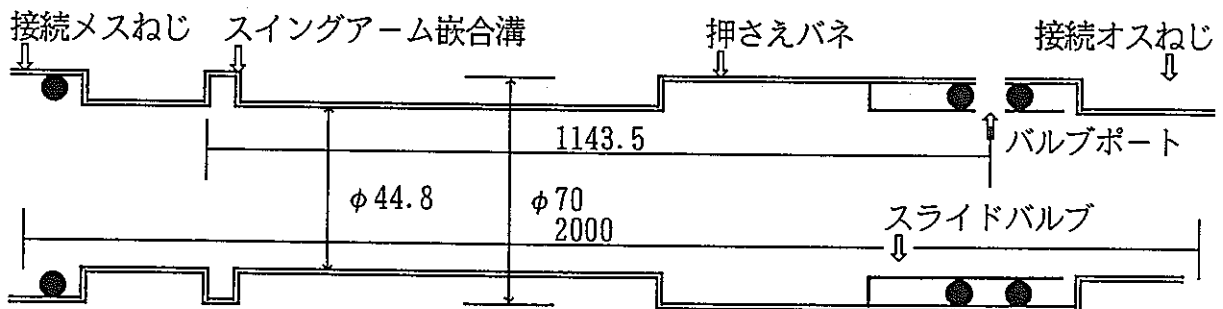


図-4.1 スライドバルブ寸法図

4.2 インナープロープ

インナープロープで設計が変更、または追加となるのは、深度設定機構、インナープロープ固定機構、及びスライドバルブ開閉機構の3点である。

4.2.1 深度設定機構

深度設定機構の機構部分は極めて単純で、2本のコイルバネと板（スイングアーム）のみで構成される。バネ軸とスイングアームの回転軸はズレており、スイングアームの開閉動作時にはバネ軸は回転軸をまたぐ位置関係にある。したがってスイングアームは常に開閉どちらかの位置でバネに押さえつけられる。

なお、作動不良等による非常時のインナープロープのケーシング内抑留を防止するため

に、スイングアームの材質には破断可能な低強度のプラスチックを用いた。

4.2.2 インナープロープ固定機構

構造は前記の図-3.3に示したように、モーターとボールネジの組み合わせで推力を発生させ、円柱状の2つのゴムを押しつぶすブッシングパッカーで接続させる構造である。ブッシングラバーの直径はφ43mmで、ケーシングパイプに対し2mmの拡張幅を設定した。

この構造はバルブポート接続機構とまったく同一であり、両者に同等の保持力が得られるようにした。

・ブッシングラバー硬度	50
・推力発生用モーター	RE025-055-35EBA201A
・電圧	12V
・無負荷回転数	9550rpm
・最大トルク	3.8kg-cm
・減速ギヤ	GP026A051-0341DA00A
・減速比	341.3
・ギヤ効率	0.6
・ボールネジピッチ	4

ここで、回転運動を軸方向運動に変換する際の応力は次式で示される。

$$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot T}{\ell} \cdot \zeta \quad \text{または} \quad T = \frac{\ell}{2 \cdot \pi \cdot \zeta} \cdot F$$

ζ ネジ効率
 ℓ リードまたはピッチ
 T トルク
 F 軸方向荷重

・ネジ効率	0.9
・最終推力	1326kg

を採用した。

4.2.3 スライドバルブ開閉機構

4.1 スライドバルブの項で述べたように、Oリングの摺動抵抗は最大で100kg程度が予想されるので、開閉機構にはそれ以上の推力が要求される。また、インナープロープ自体

の摺動抵抗も考慮しなければならない。具体的には前記の図-3.3に示したように、インナープロープ固定機構と同様の構造で、モーターとボールネジの組み合わせで推力を発生させる。

計算によるとインナープロープ固定機構の最終推力は1326kgで、Oリングの予想最大摺動抵抗100kg を大きく上回っておるので、この構造をそのまま使用する。ただし、ストロークが異なるのでボールネジの長さはやや異なる。

・ 回転駆動用モーター	RE025-055-35EBA201A
・ 電圧	12V
・ 無負荷回転数	9550rpm
・ 減速ギヤ	GP026A051-0341DA00A
・ 減速比	341.3
・ ギヤ効率	0.6
・ ボールネジピッチ	4
・ ネジ効率	0.9
・ 最終推力	1326kg

4.3 設計一覧

今回の設計図面の一覧表を試作図面を含め以下に示す。

表-4.1 設計図面一覧表

項 目	図面名称	枚数	図 番
インナープローブ部	組み立て図	1	IWII-1P-D-00
	部品図	10	IWII-1P-D-01~10
ケーシング部	組み立て図	1	IWII-1P-CM-00
	部品図	3	IWII-1P-CM-01~03

5 あとがき

前回の設計で問題とされたスライドバルブの開閉方法は今回の設計で解決された。その結果、スライドバルブ（ケーシング）側の構造は簡素化されたが、インナープローブの機構が追加され複雑化した。

また、合わせて深度設定機構も設計を変更したが、やはりケーシング側の構造は簡素化され、インナープローブ側が複雑化した。

しかし、将来の大深度モデルではケーシング側が大量に使用されるので、その簡素化はコストの低下につながり歓迎できる。

今後は測定深度20m 程度の実証実験用モデルを製作し、現場実験を行って問題点の抽出と改良を行う必要がある。また、今回は浅深度を対象とした試作設計なので、深さ（水圧と電送距離）を事実上考慮していない。今後の実用モデルではプローブの耐圧と電装関係の再設計が主体となろう。

謝辞

本装置の設計、試作、及び、実験に際しては、動力炉・核燃料開発事業団の関係者各位に多くの助言と便宜を図って頂いた。

ここに感謝の意を表する次第である。