

JNC TJ7440 2005-072

／
図書室

ポンプ用パッカーを用いた適用揚水試験

報 告 書

平成12年9月

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課
Tel: 029-282-1122 (代表)
Fax: 029-282-7980
e-mail: jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute) 2005

ポンプ用パッカーを用いた適用揚水試験

平田 洋一*，田永 友則*

要 旨

本業務の目的はポンプ用パッカーを使用した揚水試験の有効性の確認である。

目的を達成するために以下の作業を行った。

- ・ポンプ用パッカーの設計と製作
- ・ポンプ用パッカーの性能確認
- ・ポンプ用パッカーを使用しない揚水試験
- ・ポンプ用パッカーを使用した揚水試験

以上の試験より、ポンプ用パッカーを用いた揚水試験の有効性が確認された。

本報告書は、大成基礎設計株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務の成果である。

契約番号 12C0535

担当部署および担当者：東濃地科学センター 調査技術研究グループ 牧野 章也

* 大成基礎設計株式会社 技術研究所

P u m p i n g T e s t u s i n g P u m p p a c k e r

Youichi Hirata
Tomonori Tanaga

Abstract

A purpose of this business is confirmation of effectiveness of Pumping Test used Pumpacker. I did the following work in order to achieve a purpose

- A design and production of Pumpacker.
- Performance confirmation of Pumpacker
- Pumping Test which does not use Pumpacker
- Pumping Test which used Pumpacker

The effectiveness of Pumping Test which used Packer for a pump than an above-mentioned examination was confirmed.

Work performd By Taisei kiso sekkei Co.,LTD under contact Japan Nuclear cycle development institute.

JNC Liaison :Akiya Makino ,Characterization Technology Development Group,Tono Geoscience Center

* Taisei kiso sekkei Co.,LTD Technical Laboratory

目 次

1. はじめに	1
2. 一般事項	2
3. 試験内容および試験結果	3
3. 1 ポンプパッカーの設計	3
3. 2 ポンプパッカーの製作	5
3. 2. 1 耐圧試験	5
3. 2. 2 漏洩試験	6
3. 2. 3 パッカーの弾性係数の算出	7
3. 3 開放系揚水試験	8
3. 4 閉鎖系揚水試験	13
4. 考 察	17
4. 1 ポンプパッカーの設計・製作について	17
4. 2 揚水試験結果について	18
5. あとがき	21
6. 参考文献	21

資 料

- ・ポンプパッカー設計図面
- ・開放系揚水試験データシート
- ・閉鎖系揚水試験データシート

目 次

図-3.1.1	ポンプパッカーの概要図	4
図-3.2.1	内圧試験の概略図	5
図-3.2.2	漏洩試験の概念図	6
図-3.2.3	弾性係数の測定方法	7
図-3.3.1	大成基礎設計所有の試験孔構造図	8
図-3.3.2	開放系揚水試験測定機設置図	9
図-3.3.3	開放系揚水試験結果(Theis)	11
図-3.3.4	開放系揚水試験結果(Jacob)	12
図-3.3.5	閉鎖系揚水試験測定設置図	13
図-3.3.6	閉鎖系揚水試験結果(Theis)	15
図-3.3.7	閉鎖系揚水試験結果(Jacob)	16
図-4.1.1	他形式ポンプとの電源ケーブル接続方法	17
図-4.2.1	開放系と閉鎖系の揚水試験結果の比較	18
図-4.2.2	解析結果の違い(Jacobによる解析方法)	19

表 目 次

表-3.2.1	漏洩試験の試験結果	6
表-3.2.2	パッカーの弾性係数測定結果	7
表-3.3.1	開放系揚水試験の条件	9
表-3.3.2	開放系揚水試験結果	10
表-3.3.3	閉鎖系揚水試験の条件	14
表-3.3.4	閉鎖系揚水試験結果	14
表-4.2.1	算出した試験結果の違い(Jacob による解析方法)	19

1. はじめに

現在、「超深層地層研究所計画」および広域地下水流動研究において、単一孔による揚水試験が実施されている。本揚水試験では、井戸貯留により透水性の低い地盤での試験時間の長期化や解析手法などの複雑化が発生することが多く、井戸貯留を低減することが課題となっている。その課題の解決方法として、揚水ポンプ直上でパッカーを拡張させて閉鎖系を形成することにより、井戸貯留の影響を低減できると考えられる。

本件では、ポンプ用パッカーを設計・製作し、本装置を使用した適用揚水試験を実施することによって、井戸貯留の低減に対する有効性および実用性を確認するものである。

以下に、本件の試験結果をまとめて述べる。

2. 一般事項

(1) 件名：ポンプ用パッカーを用いた適用揚水試験

(2) 契約期間：自 平成12年7月11日
至 平成12年9月29日

(3) 契約内容：①設計・製作
・ポンプ用パッカーの設計・製作
・弾性係数の測定
②孔内試験
・閉鎖系揚水試験
・開放系揚水試験

(4) 発注者：核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター

(5) 受注者：大成基礎設計株式会社
名古屋支社

愛知県名古屋市中区伊勢山1-1-1 伊勢山ビル3階

TEL 052-323-3611

FAX 052-323-3663

技術研究所

山梨県北都留郡上野原町上野原8154-59

TEL 0554-62-2880

FAX 0554-62-2770

担当者 平田 洋一

田永 友則

3. 試験内容および試験結果

今回の揚水試験は、図-3.1のような流れで実施した

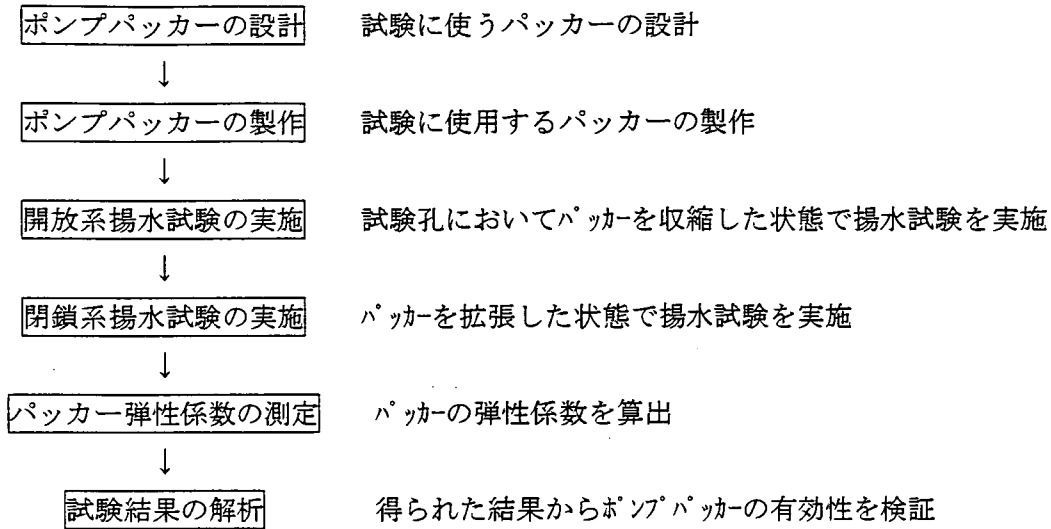


図-3.1 ポンプパッカーを用いた適用揚水試験のながれ

以下に、各段階の内容について述べる。

3.1 ポンプパッカーの設計

(1) ポンプパッカーの仕様

製作したポンプパッカーの仕様は以下の通りである。

- ① 拡張方式：エア拡張
- ② 最大遮水圧：0.5MP
- ③ 適応深度：100m
- ④ 適応ケーシング内径：φ74mm

(2) ポンプパッカーの概要

ポンプパッカーは現在実施されている揚水試験機のケーシング内に設置する。設置位置は、揚水ポンプの直上とする。図-3.1.1にポンプパッカーと揚水ポンプの概要図を示す。

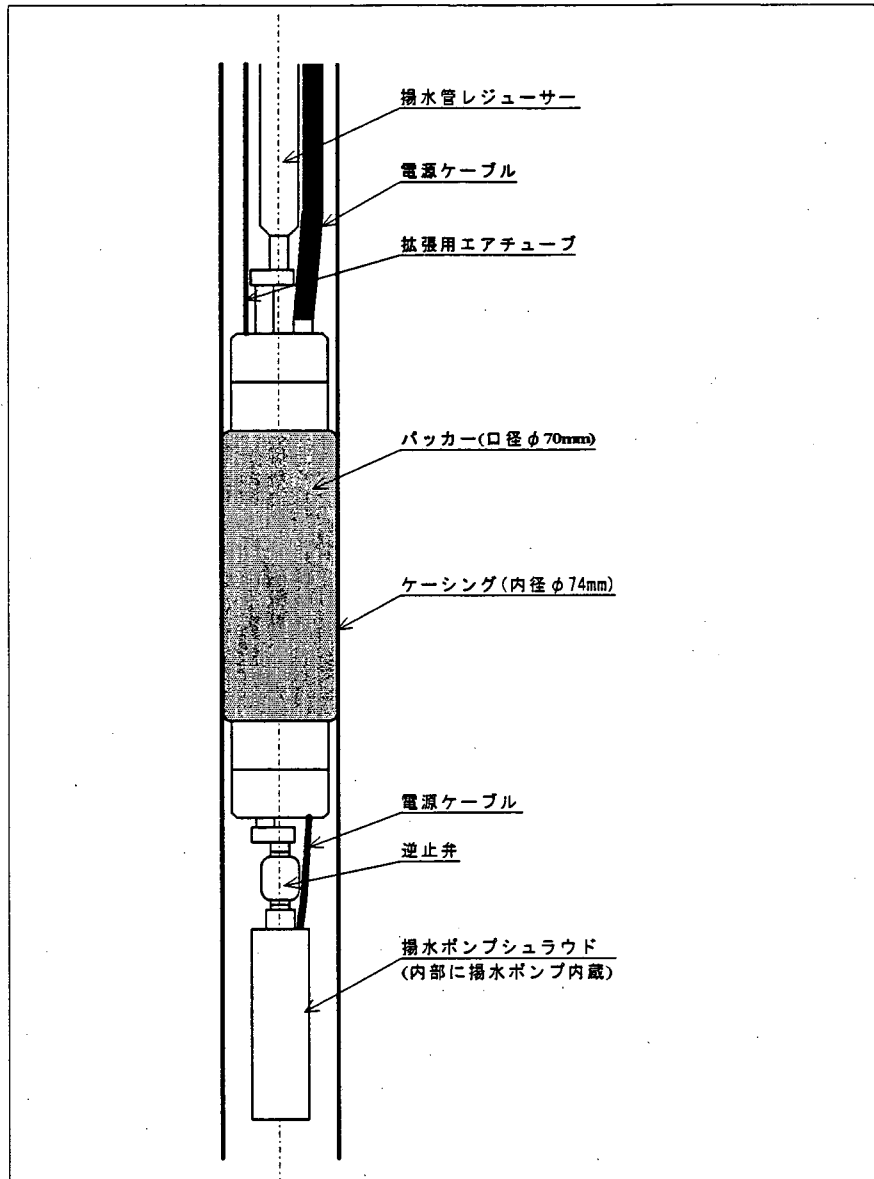


図-3.1.1 ポンプパッカーの概要図

ポンプパッカーの詳細図面は巻末の付図に示す。

3. 2 ポンプパッカーの製作

ポンプパッカーを設計通り製作し、以下の性能試験を実施した。

3. 2. 1 耐圧試験

3. 2. 2 漏洩試験

3. 2. 3 弾性係数の算出

以下に各試験方法を示す。

3. 2. 1 耐圧試験

要求される耐圧性を有しているか確認するため実施した。

耐圧性は、深度100mまでの適用を考慮して耐圧1.0MPとした。

(1) 試験方法

耐圧試験は内圧試験を実施した。図-3.2.1に耐圧試験の概略図を示す。

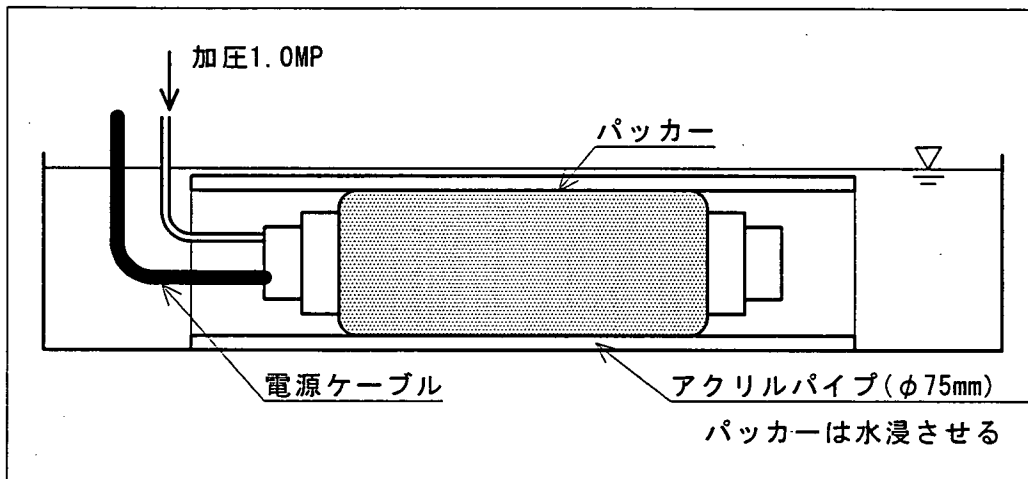


図-3.2.1 内圧試験の概略図

試験は以下の方法で行った。

- ①パッカーを内径φ75mmのアクリルパイプに挿入し、水浸させる
- ②パッカー拡張ラインから空気ですべて1.0MP加圧を行う
- ③そのまま1時間放置し、空気の漏洩の有無を目視で確認する。
- ④拡張圧を抜いて試験を終了する。

(2) 試験結果

ポンプパッカーからの空気の漏洩はなかった。

3. 2. 2 漏洩試験

パッカーの遮水性の性能を確認するために実施した。

仕様の遮水性能を確認するため、拡張圧 1.0MP，差圧 0.5MP として実施した。

(1) 試験方法

漏洩試験の試験方法の概念図を図-3.2.2 に示す。

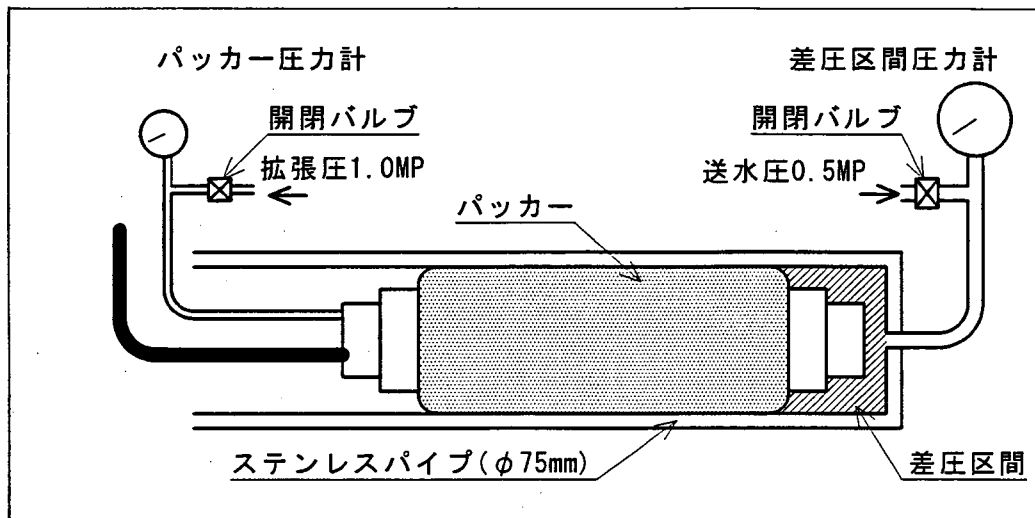


図-3.2.2 漏洩試験の概念図

試験方法を以下に示す。

- ①ポンプパッカーのマンドレルを閉塞し，パッカー本体をステンレスパイプに挿入する
- ②ステンレスパイプ内を水浸させる
- ③パッカーを 1.0MP の圧力で拡張し，開閉バルブを閉鎖する
- ④差圧区間に送水して，差圧区間内を 0.5MP の水圧にし開閉バルブを閉鎖する
- ⑤差圧区間用圧力計で水圧を確認する
- ⑥開閉バルブを開放し，試験を終了する

(2) 試験結果

試験結果を表-3.2.1 に示す。

表-3.2.1 漏洩試験の試験結果

経過時間 (min)	パッカー圧力(MP)	差圧区間圧力(MP)
0	1.0	0.50
30	1.0	0.50
120	1.0	0.49

試験結果より，パッカーの遮水性に問題はないと判断する。

3. 2. 3 パッカーの弾性係数の算出

パッカーの弾性係数を測定する。

弾性係数は、パッカーに閉鎖された差圧区間に注水する事によって、注水量(=体積変化量)と差圧区間の圧力(=圧力変化量)から算出する。

(1) 測定方法

弾性係数の測定方法の概念図を図-3.2.3 に示す。

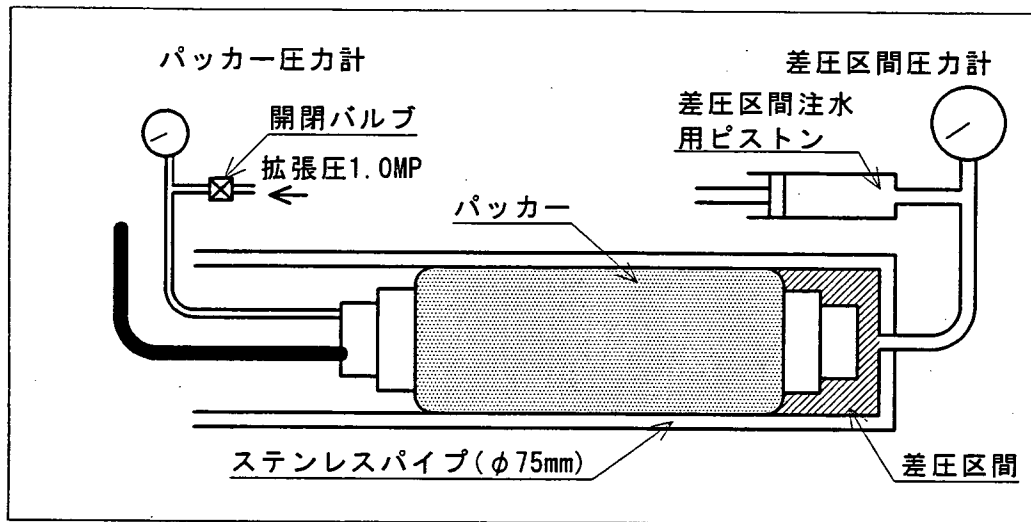


図-3.2.3 弾性係数の測定方法

測定方法は以下の流れで実施した。

- ①ポンプパッカーのマンドレルを閉塞し、パッカー本体をステンレスパイプに挿入する
- ②ステンレスパイプ内を水浸させる
- ③パッカーを1.0MPの圧力で拡張し、開閉バルブを閉鎖する
- ④差圧区間に送水して、差圧区間内を0.5MPの水圧にする。
- ⑤差圧区間用注水ピストンを操作して、注水量と差圧区間の圧力変化量およびパッカー圧力を記録する
- ⑥試験が終了後、パッカーを収縮し試験を終了する。

(2) 測定結果

パッカーの弾性係数の測定結果は表-3.2.2 に示す。

表-3.2.2 パッカーの弾性係数測定結果

パッカー拡張圧力 (MP)	測定区間との差圧 (MP)	測定時気温 (°C)	弾性係数 (m ³ /MP)	仮想半径 (m)
1.0	0.5	20	2.2×10 ⁻⁴	8.3×10 ⁻⁴

3.3 開放系揚水試験

大成基礎設計所有の試験孔を用いてポンプパッカーを用いない開放系揚水試験を行った以下に試験の概要および結果を述べる。

(1) 試験方法

開放系揚水試験を行った試験孔の構造を図-3.3.1に示す。

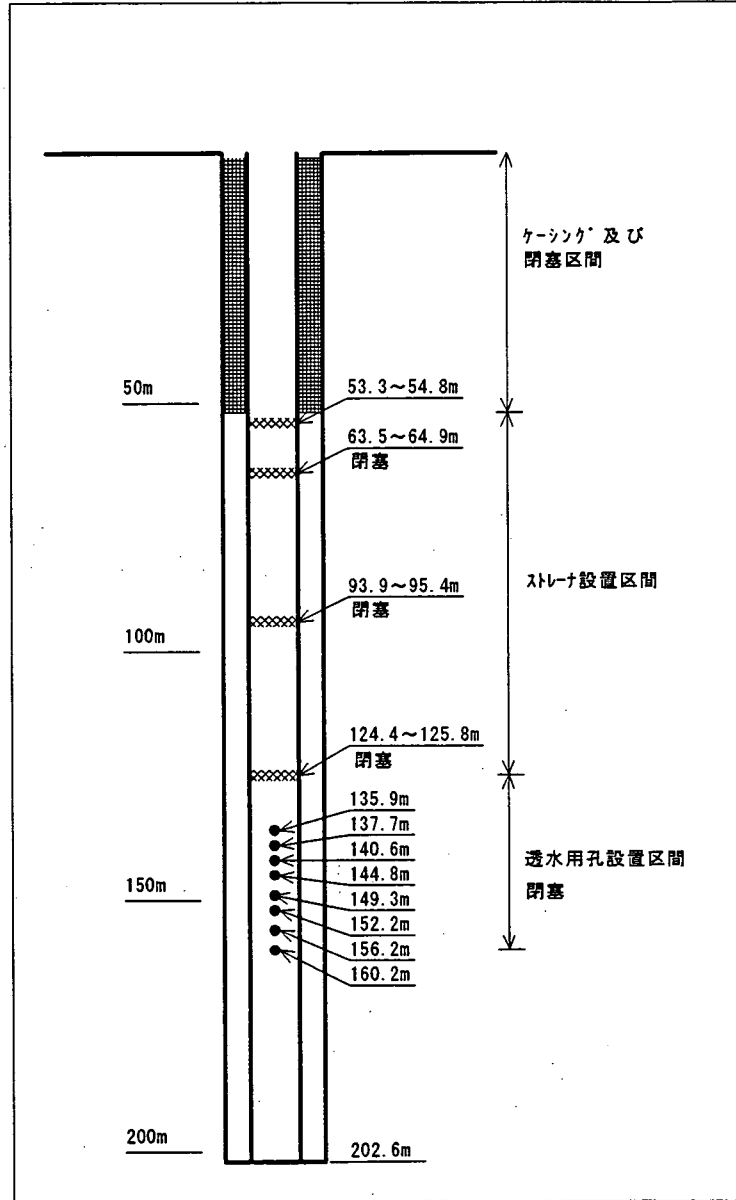


図-3.3.1 大成基礎設計所有の試験孔構造図

本試験孔は全層にケーシングが設置されており、各所にストレーナーや透水用の孔が設置されている。各所のストレーナー等のうち、深度 53.3~54.8m のストレーナー以外は崩壊した粘土などで閉塞されている。

開放系揚水試験の設置状況を図-3.3.2に、測定条件を表-3.3.1に示す。

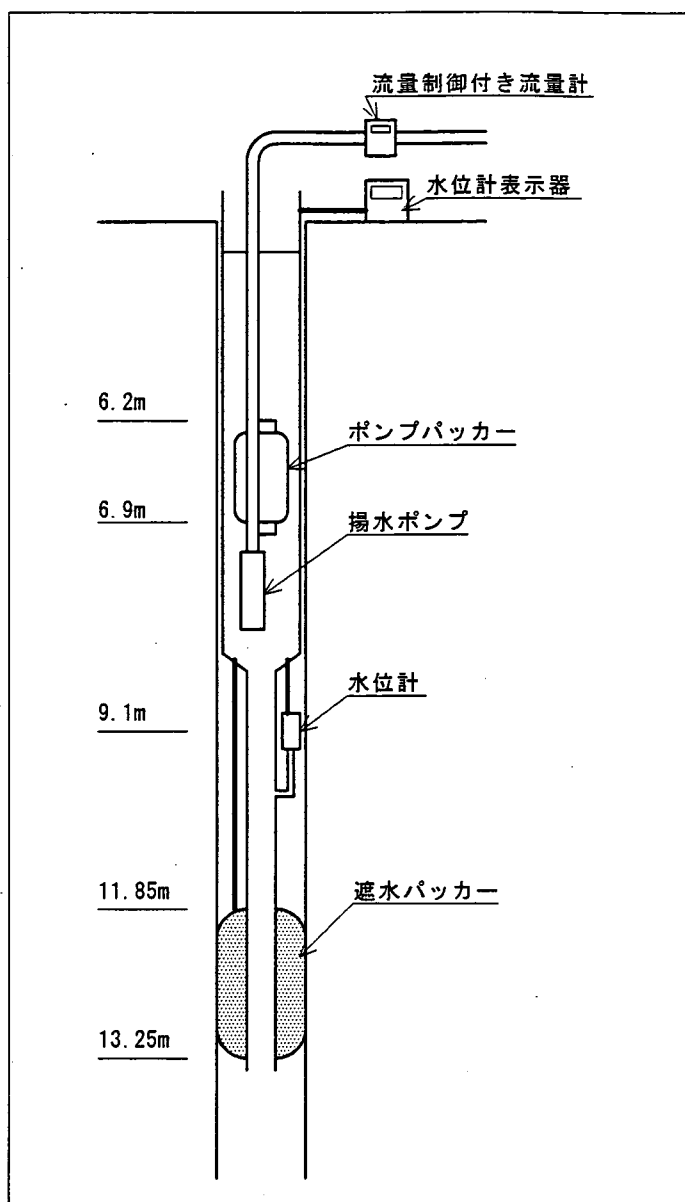


図-3.3.2 開放系揚水試験測定機設置図

表-3.3.1 開放系揚水試験の条件

測定条件	開放系揚水試験
測定区間	53.3~54.8m
揚水量	3.0L/min
水位計設置深度	GL-9.1m
孔内水位	GL-0.9m

試験は、揚水ポンプから一定水量で揚水し、そのときの揚水量および水位変化量のデータを取得する。

解析は Theis(タイス)による方法と Jacob(ヤコブ)による方法で解析を行った。

(2) 試験結果

試験結果の詳細は巻末のデータシートに示すとおりであるが、結果をまとめると表-3.3.2 および図-3.3.3, 図-3.3.4 に示すとおりである。

表-3.3.2 開放系揚水試験結果

試験条件	開放系揚水試験	
	Theis による	Jacob による
解析方法		
透水量係数	$4.8 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{min}$	$3.0 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{min}$
透水係数	$5.3 \times 10^{-5} \text{m}/\text{sec}$	$3.3 \times 10^{-5} \text{m}/\text{sec}$
貯留係数	1.9×10^{-3}	2.7×10^{-2}

開放系透水試験

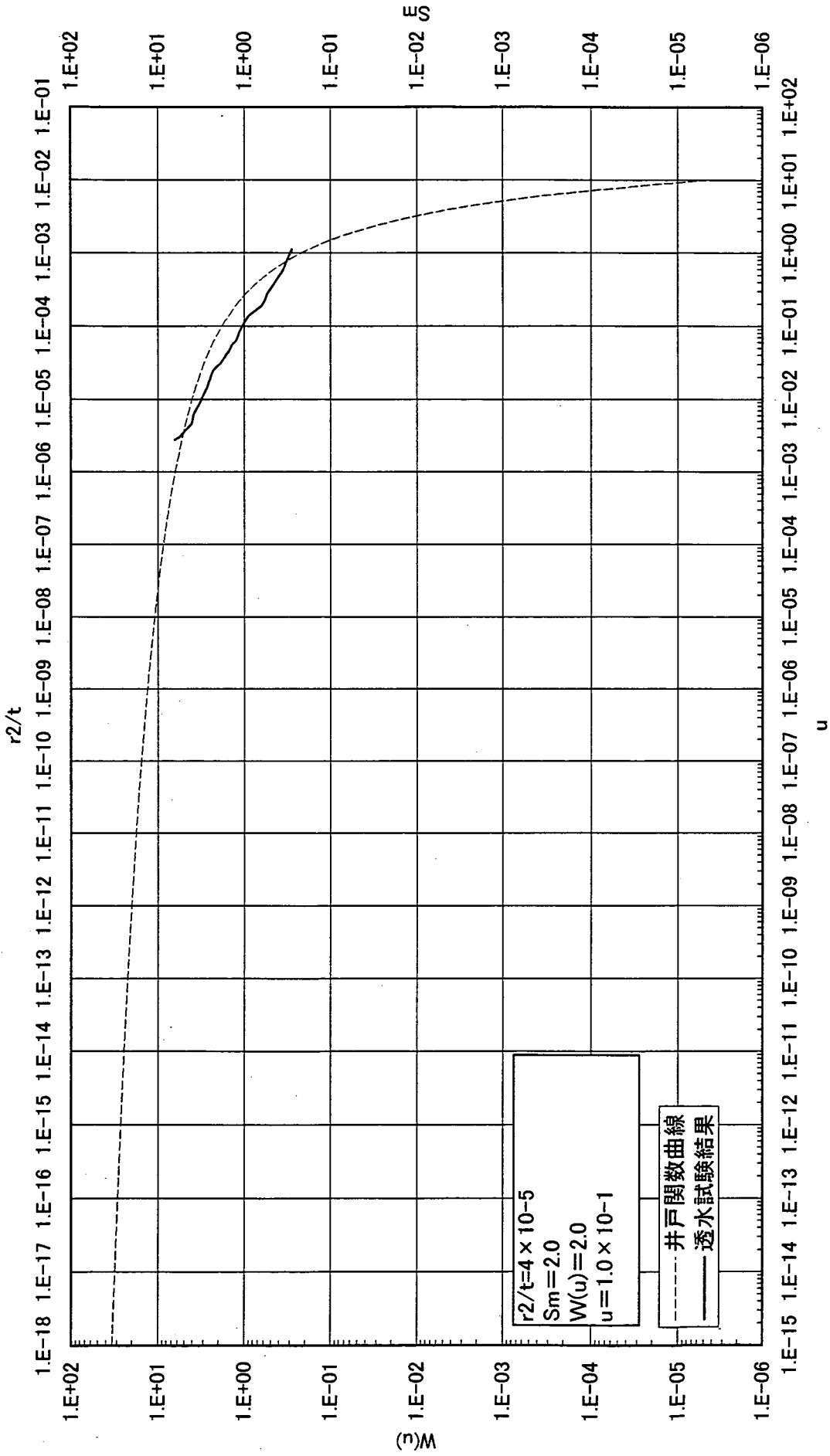


図-3.3.3 開放系揚水試験結果(Theis)

開放系揚水試験

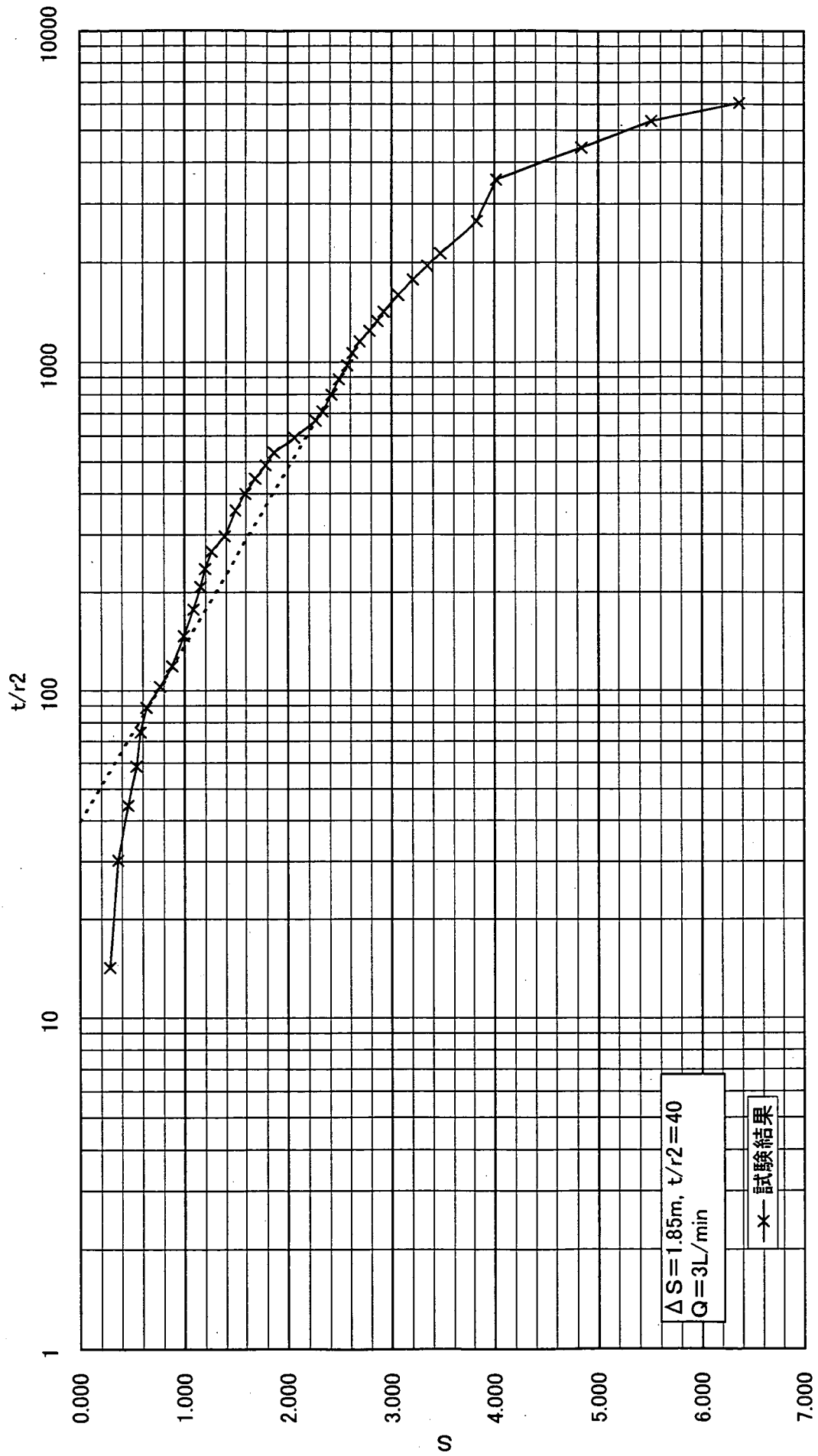


図-3.3.4 開放系揚水試験結果(Jacob)

3. 4 閉鎖系揚水試験

ポンプパッカーを用いた閉鎖系揚水試験を実施した。

以下に試験の概要および結果を述べる。

(1) 試験方法

試験は、開放系揚水試験と同様に大成基礎設計所有の試験孔で行った。試験孔の構造は前述の図-3.3.1 に示すとおりである。

閉鎖系揚水試験の測定機の設置状況および測定条件は図-3.3.5、表-3.3.3 に示すとおりである。

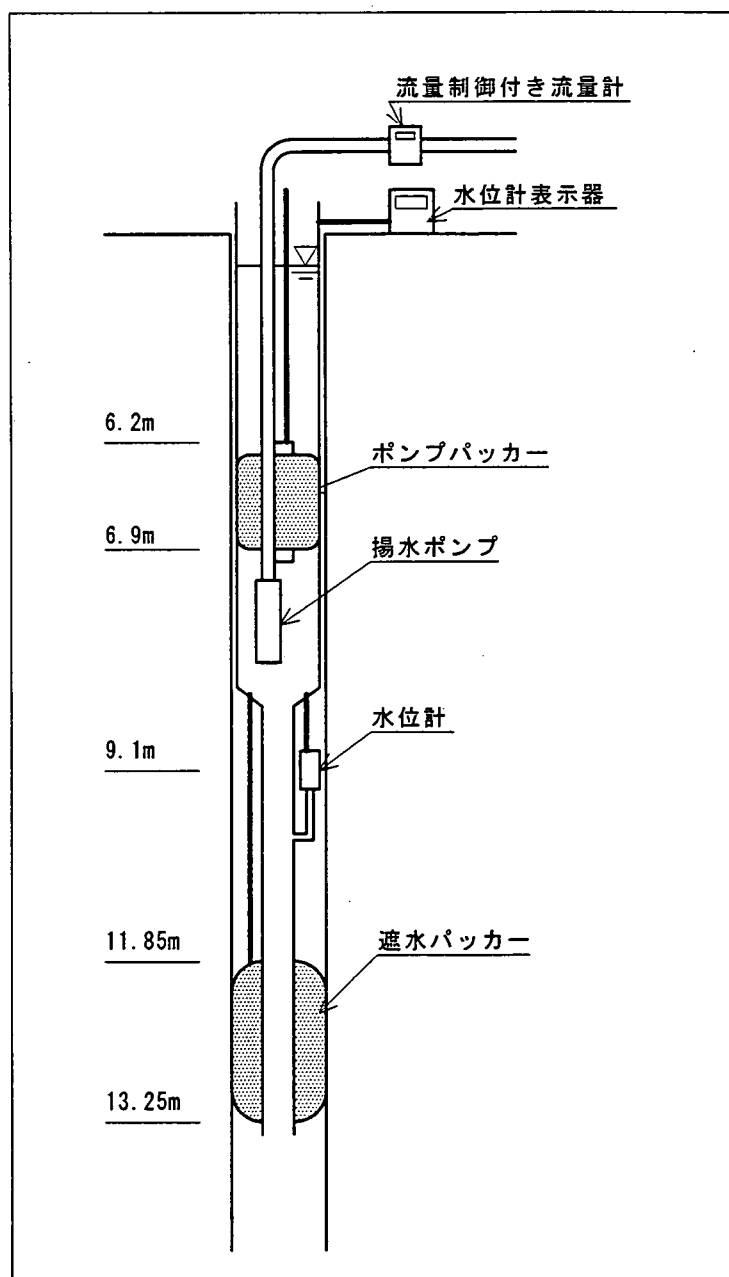


図-3.3.5 閉鎖系揚水試験測定機設置図

表-3.3.3 閉鎖系揚水試験の条件

測定条件	閉鎖系揚水試験
測定区間	53.3~54.8m
揚水量	3.0L/min
水位計設置深度	GL-9.1m
孔内水位	GL-1.2m

試験は開放系揚水試験と同様、揚水ポンプから一定水量で揚水し、そのときの揚水量および水位変化量のデータを取得する。

解析は Theis(タイス)による方法と Jacob(ヤコブ)による方法で解析を行った。

(2) 試験結果

試験結果の詳細は巻末のデータシートに示すとおりであるが、結果をまとめると表-3.3.4 および図-3.3.6、図-3.3.7 に示すとおりである。

表-3.3.4 閉鎖系揚水試験結果

試験条件	閉鎖系揚水試験	
	Theis による	Jacob による
透水量係数	$7.9 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{min}$	$7.1 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{min}$
透水係数	$8.8 \times 10^{-5} \text{m}/\text{sec}$	$7.8 \times 10^{-5} \text{m}/\text{sec}$
貯留係数	3.2×10^{-3}	2.4×10^{-4}

閉鎖系透水試験

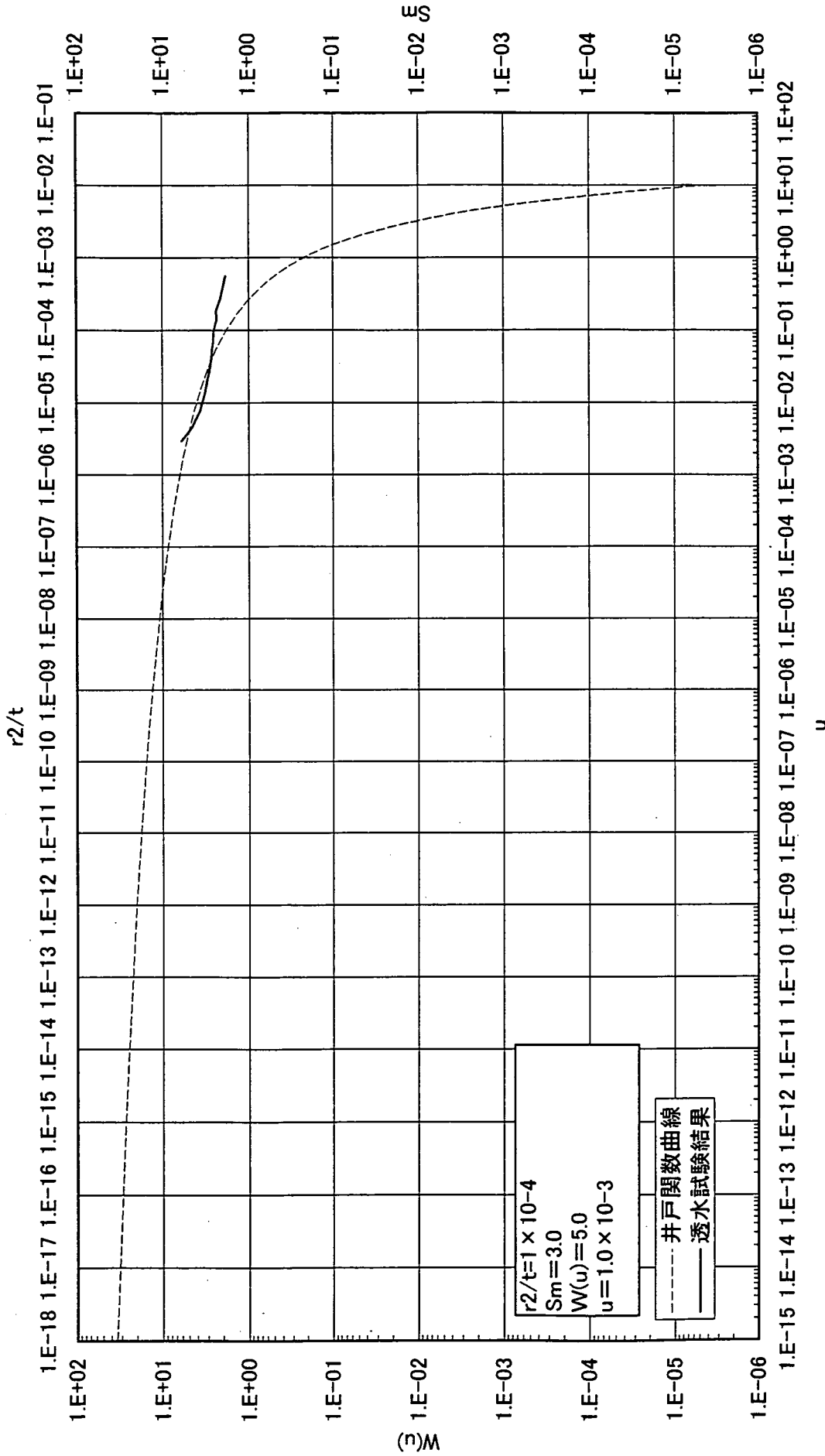


図-3.3.6 閉鎖系揚水試験結果(Theis)

閉鎖系揚水試験

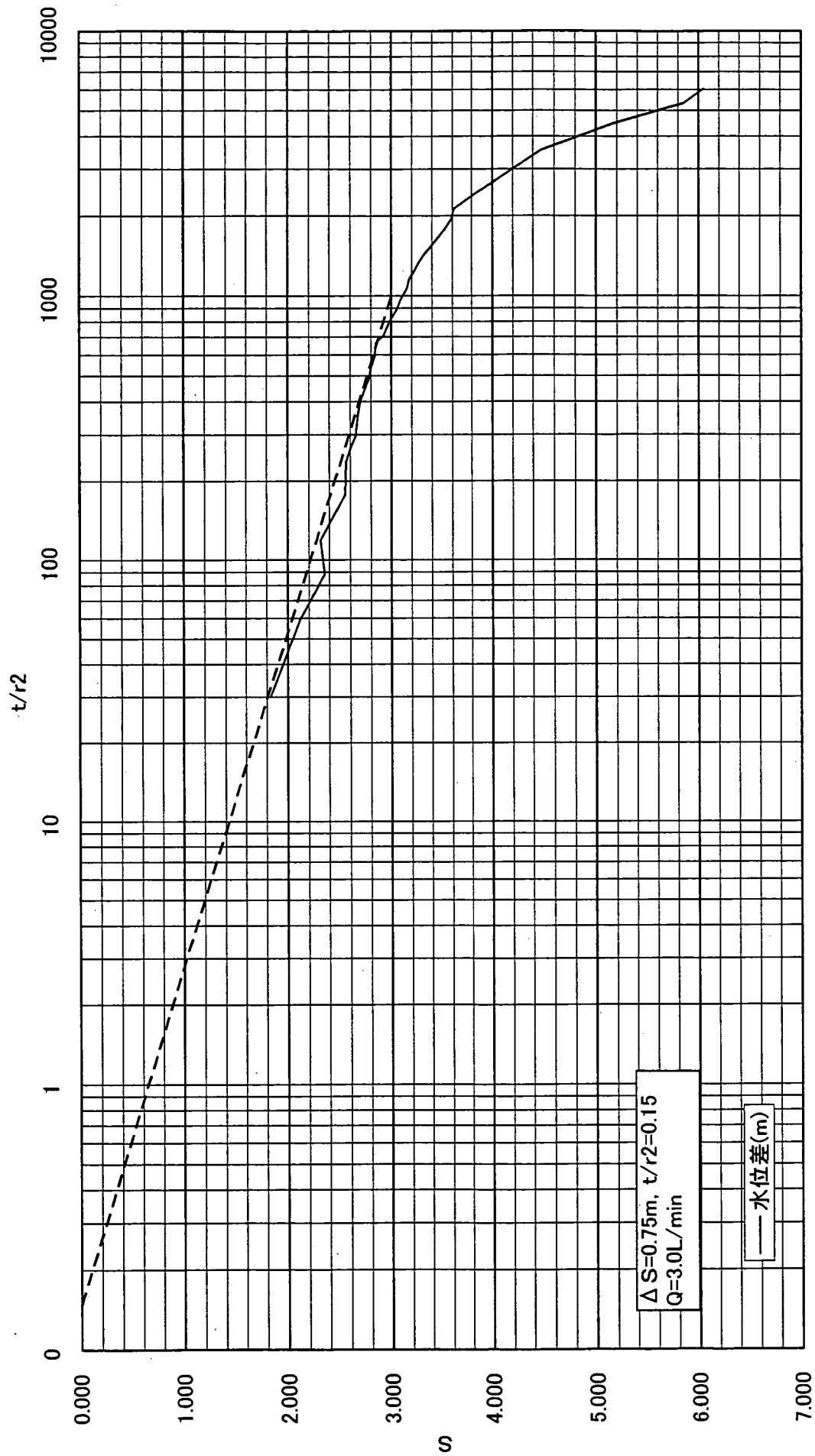


図-3.3.7 閉鎖系揚水試験結果(Jacob)

4. 考 察

今回の試験結果についての考察を行う。

4. 1 ポンプパッカーの設計・製作について

本設計では、揚水ポンプをグランドフォス社製MP-1型ポンプ対応としたため、電源線コネクタ部が特殊な構造となった。今後他形式ポンプを使用するには、ケーブルコネクタ部の交換で適用可能と考える。図-4.1.1 に他のポンプとの接続する場合の適用方法を示す。

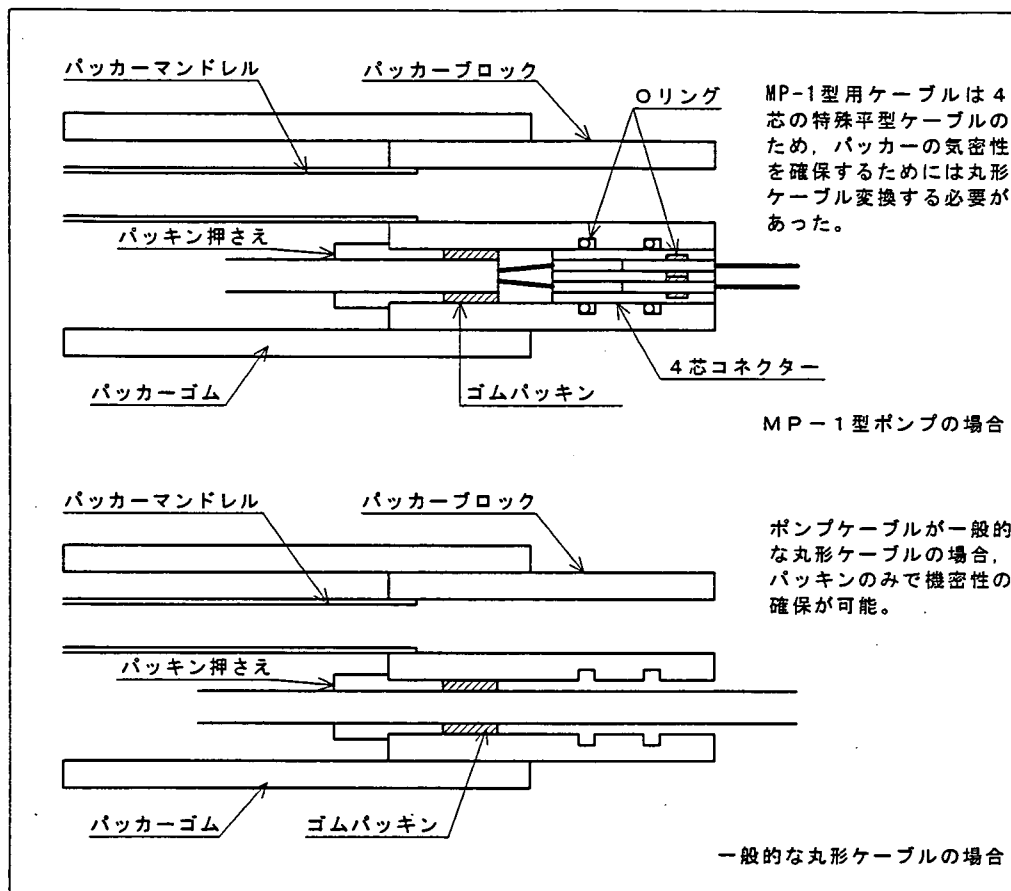


図-4.1.1 他形式ポンプとの電源ケーブル接続方法

4. 2 揚水試験結果について

今回実施した適用揚水試験についての考察を行う。

(1) 開放系揚水試験と閉鎖系揚水試験の比較

今回行った、開放系揚水試験と閉鎖系揚水試験の比較を行う。図-4.2.1 に2つの試験結果を示す。

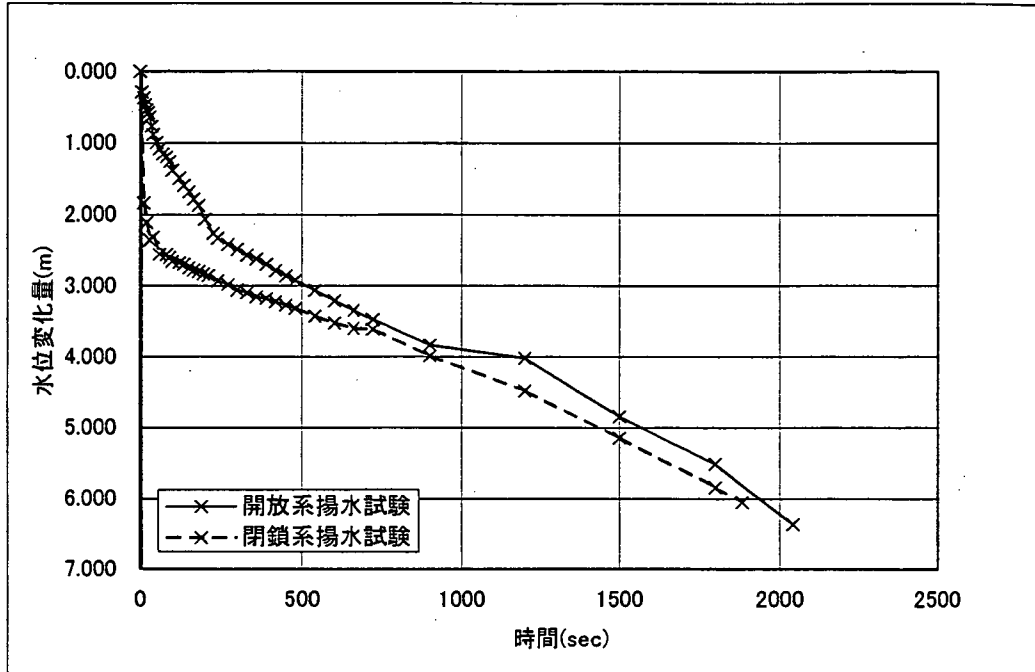


図-4.2.1 開放系と閉鎖系の揚水試験結果の比較

2つの試験結果をみると、試験開始直後の傾向の違いが大きく、時間が経過するにつれて(500sec以降)次第に同じ様な傾向を示すことがわかる。したがって、解析結果にも図-4.2.2や表-4.2.1に示すような違いが見られる。

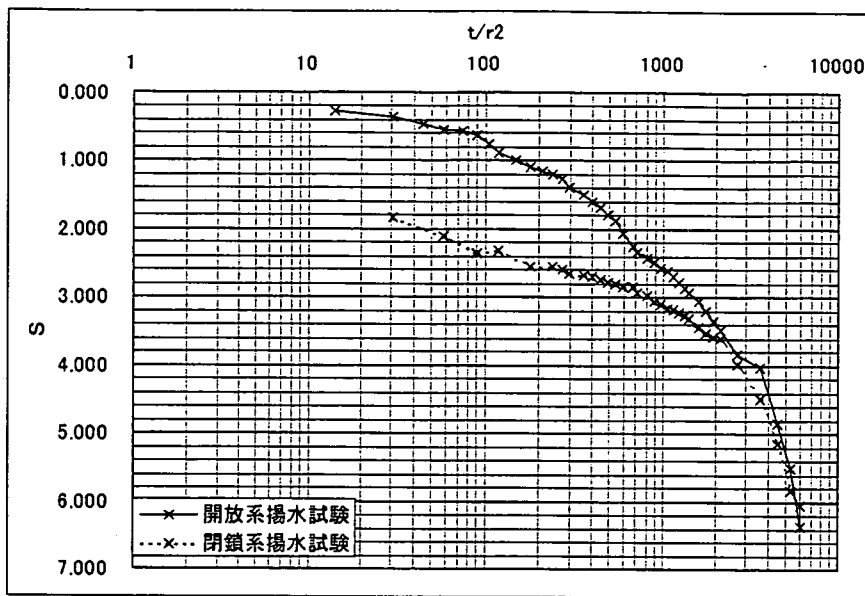


図-4.2-2 解析結果の違い(Jacobによる解析方法)

表-4.2.1 算出した試験結果の違い(Jacobによる解析方法)

試験条件	開放系揚水試験	閉鎖系揚水試験
透水量係数	$3.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{min}$	$7.1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{min}$
透水係数	$3.3 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$	$7.8 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$
貯留係数	2.7×10^{-2}	2.4×10^{-4}

とくに、貯留係数は開放系揚水試験が 1×10^{-2} のオーダーであるのに対して、閉鎖系揚水試験では 1×10^{-4} のオーダーになり、大きな違いが見られる。

(2) ポンプパッカーの効果について

ポンプパッカーを用いて閉鎖系揚水試験をすることは、井戸貯留の影響を低減する効果を期待するものである。井戸貯留の影響は、仮定条件上は考慮されない井戸径から発生する問題であり、とくに揚水初期や低揚水量の場合に問題となる。したがって閉鎖系揚水試験で、試験開始直後に大きな水位低下が発生したことは、ポンプパッカーが井戸貯留を低減する効果があると考えられる。

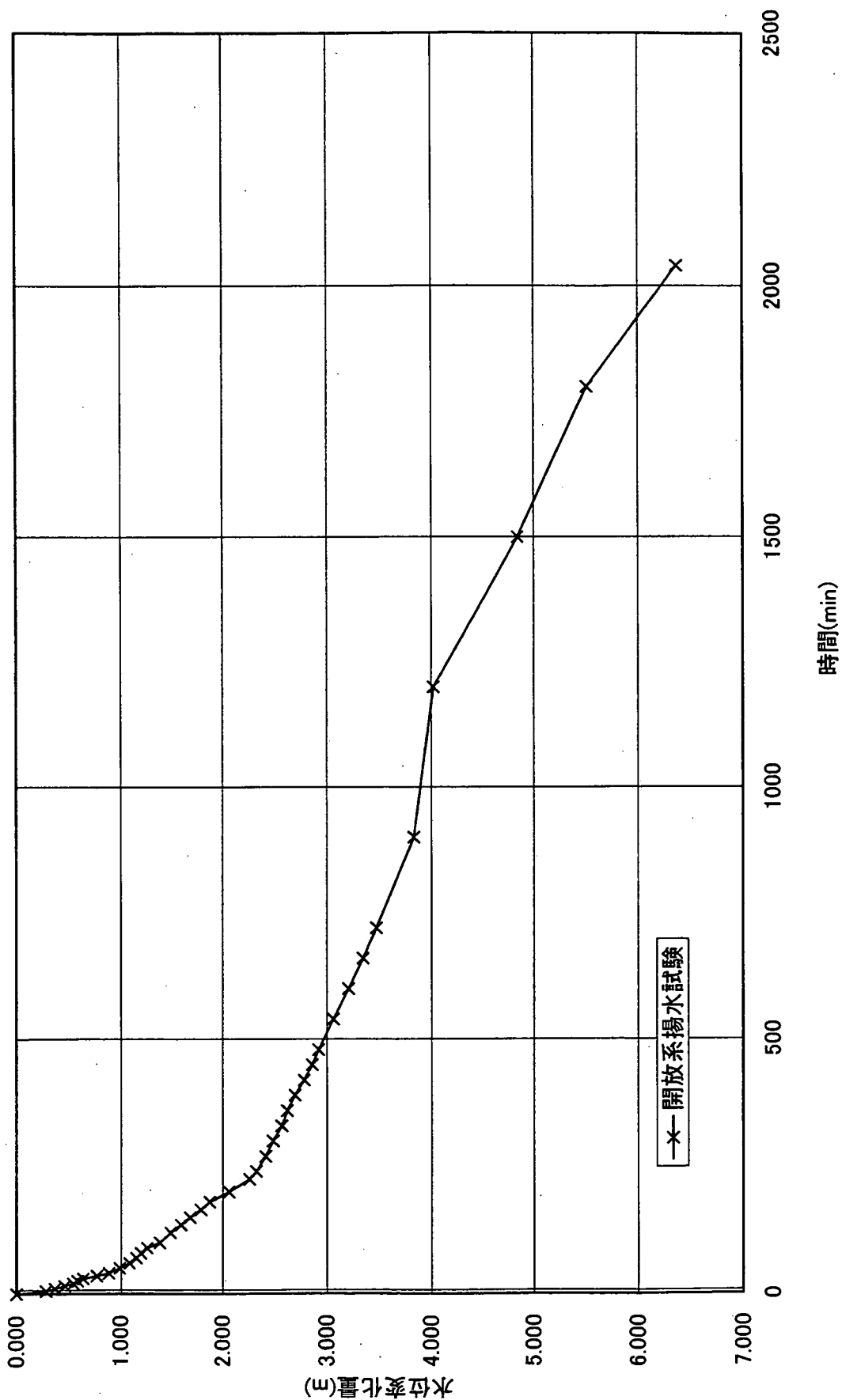
5. あとがき

今回の適用揚水試験で、ポンプパッカーが有効であることが確認できた。しかし、今回の試験は、1地点のみでの試験であり、透水性の大小や地盤条件の違いによりポンプパッカーの有効性がどの程度左右されるかは今後の課題であろう。

6. 参考文献

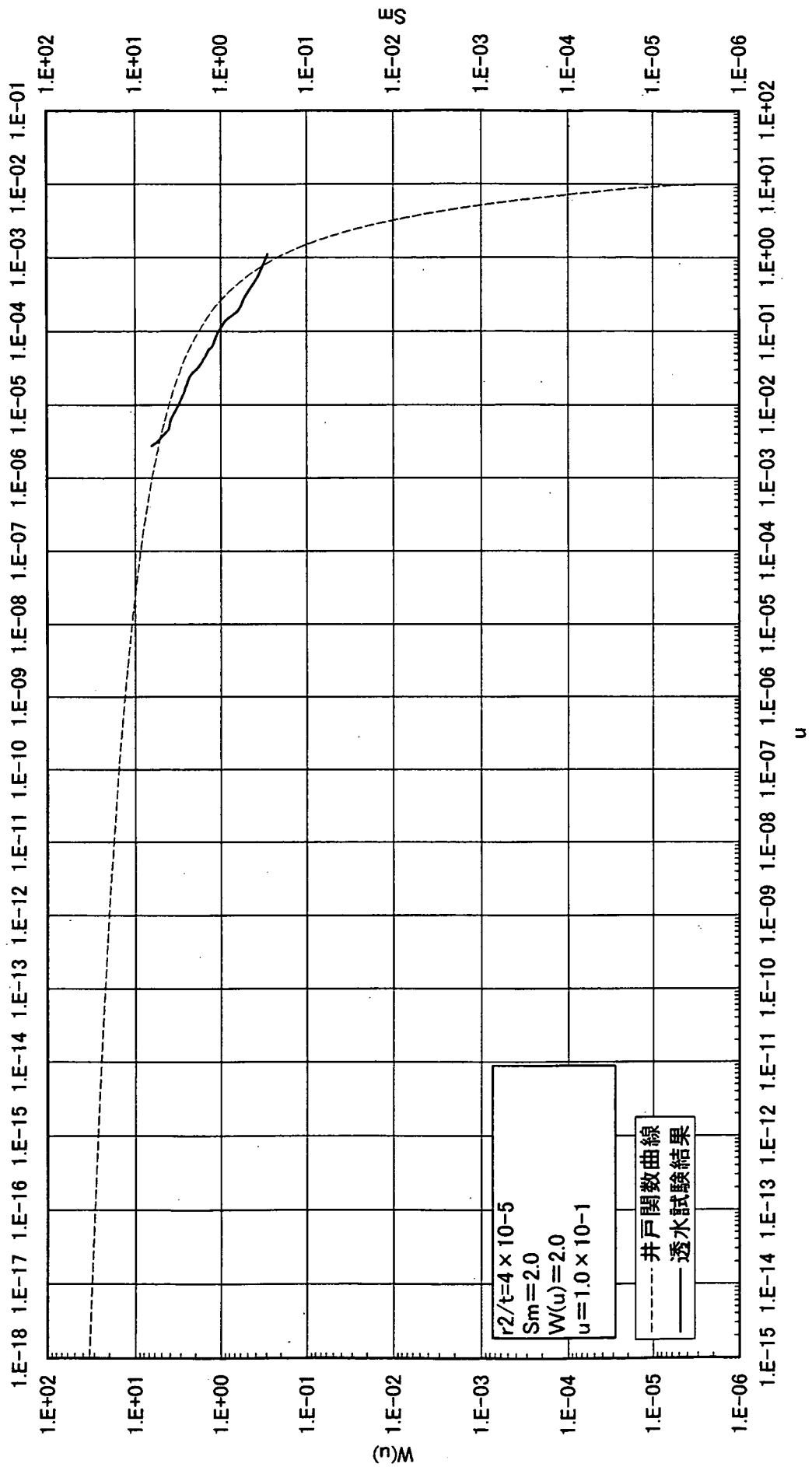
- ・地盤調査法(地盤工学会)

開放系揚水試験

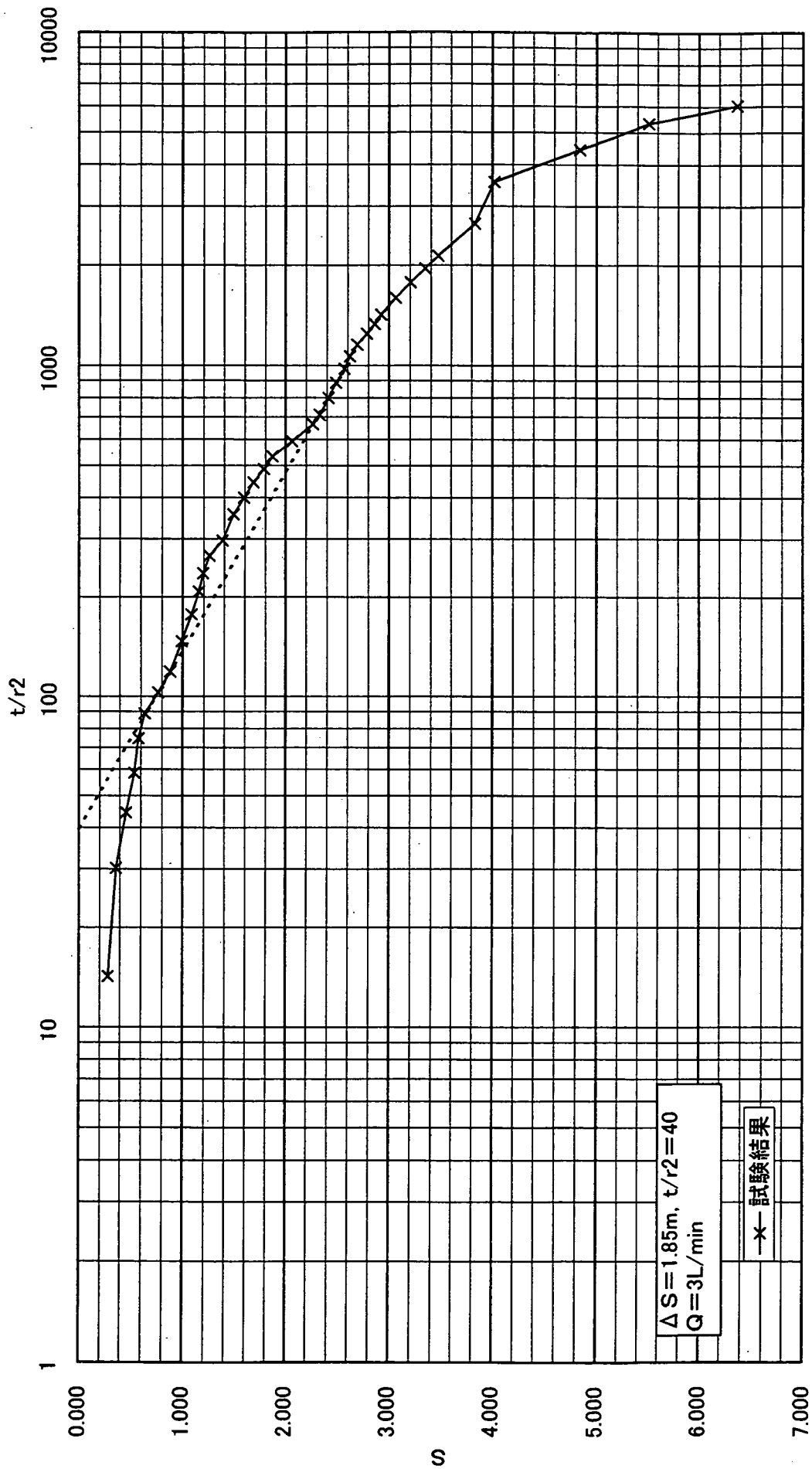


開放系透水試験

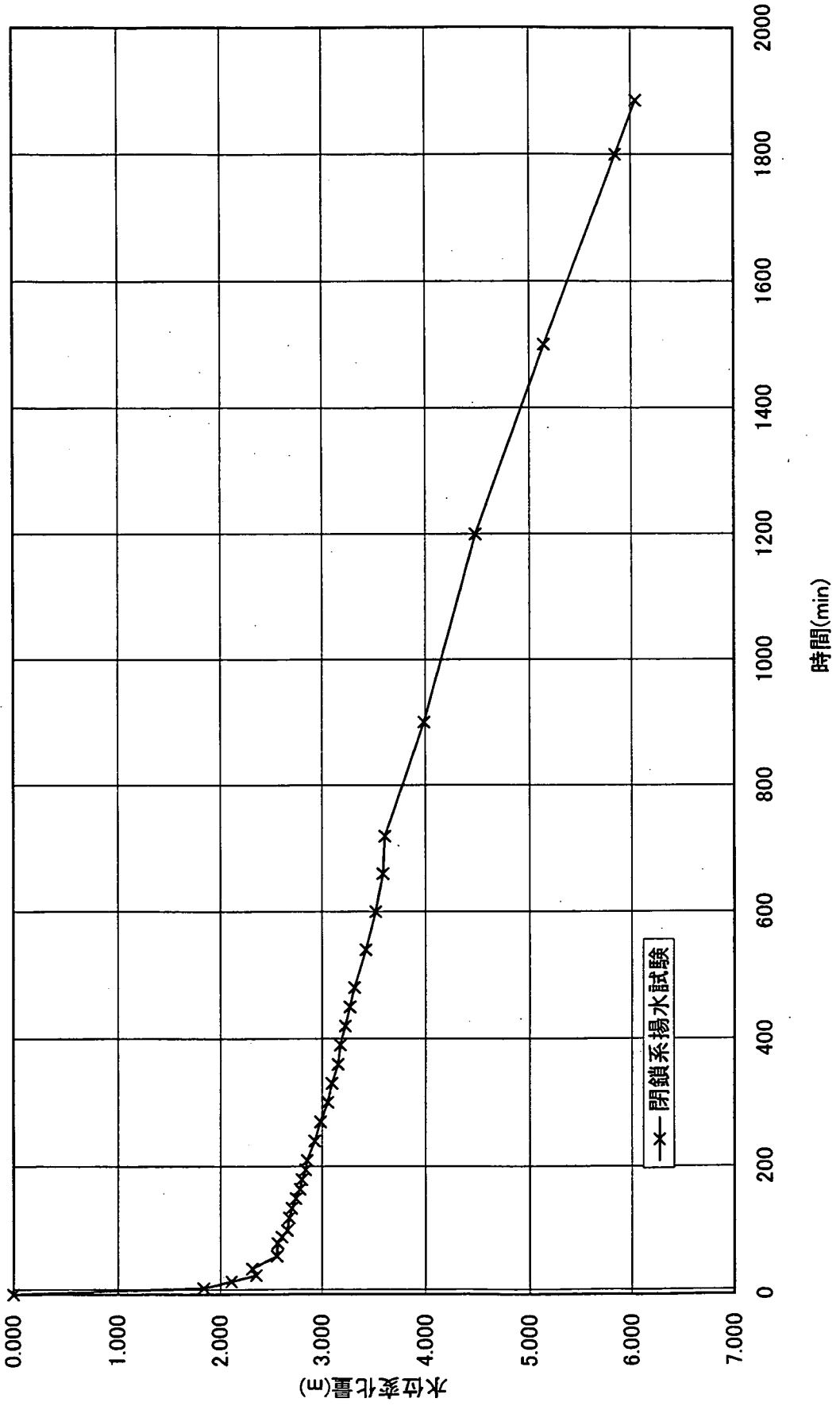
r^2/t



開放系揚水試験

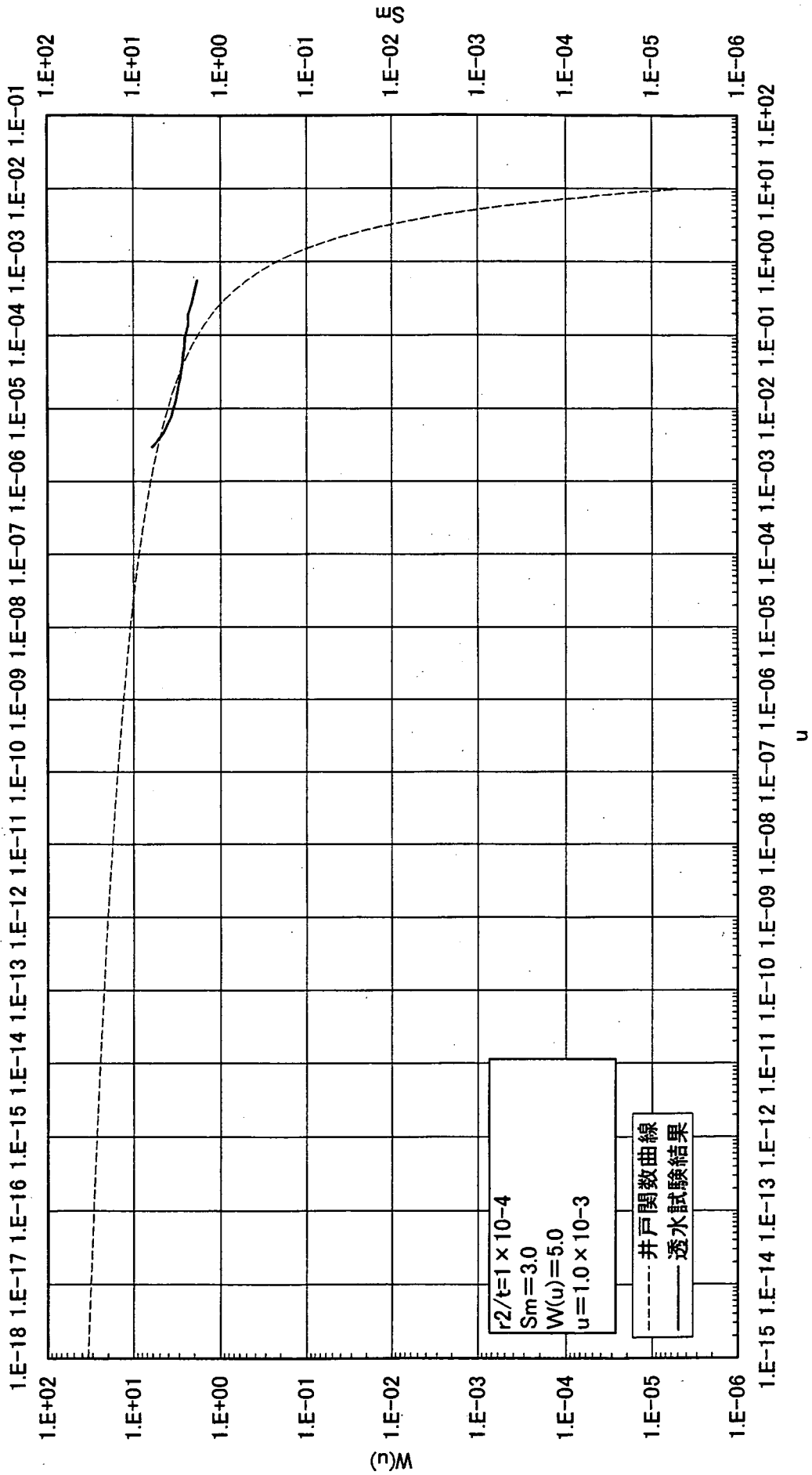


閉鎖系揚水試験

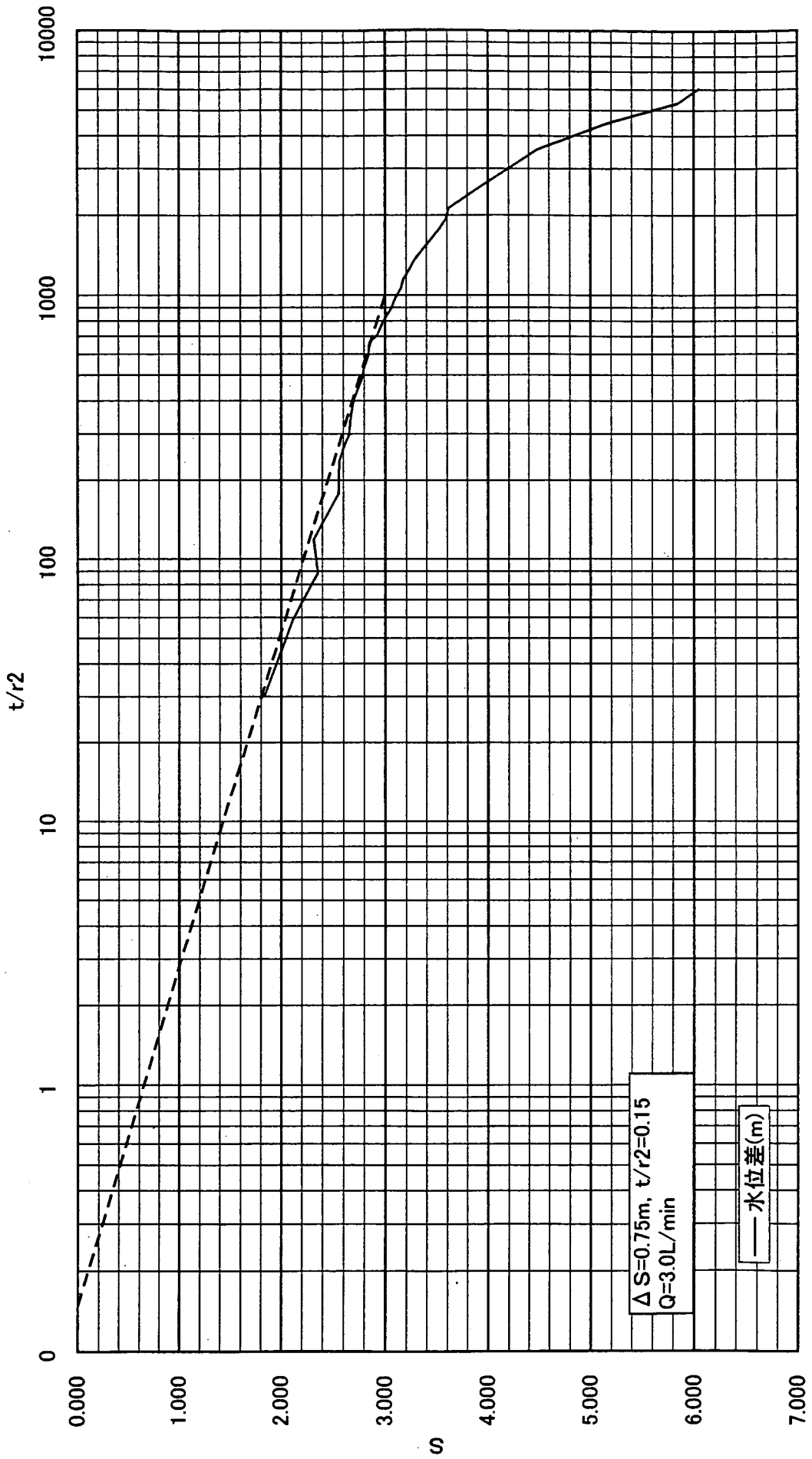


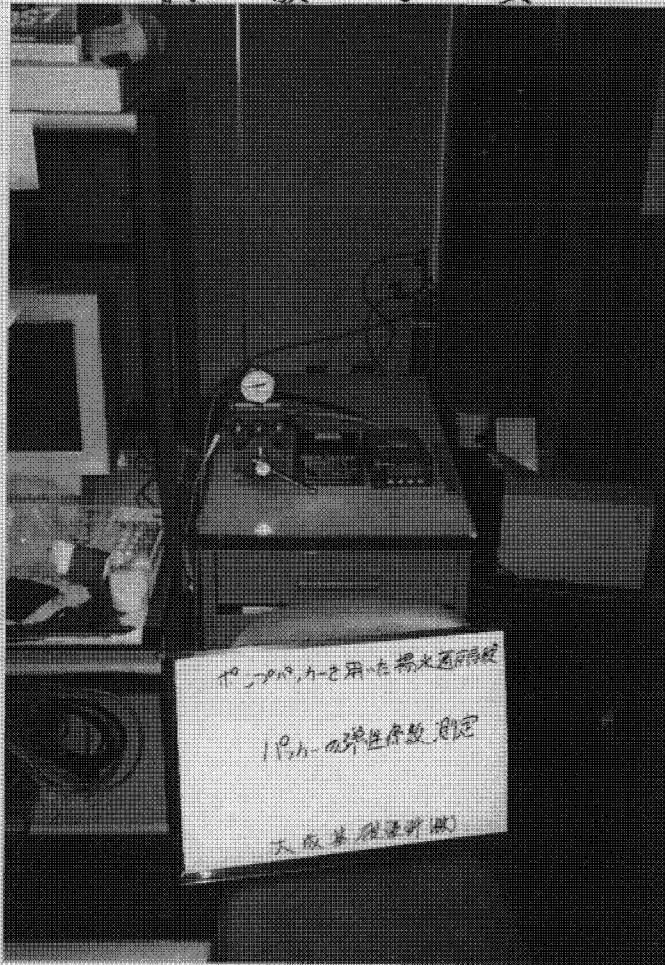
閉鎖系透水試験

r^2/t



閉鎖系揚水試験

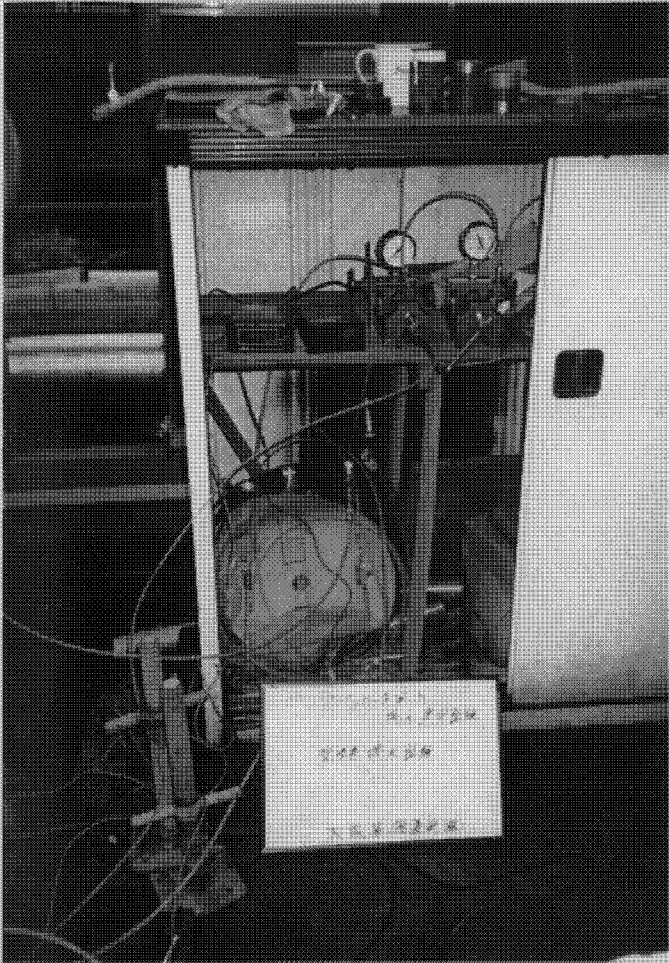




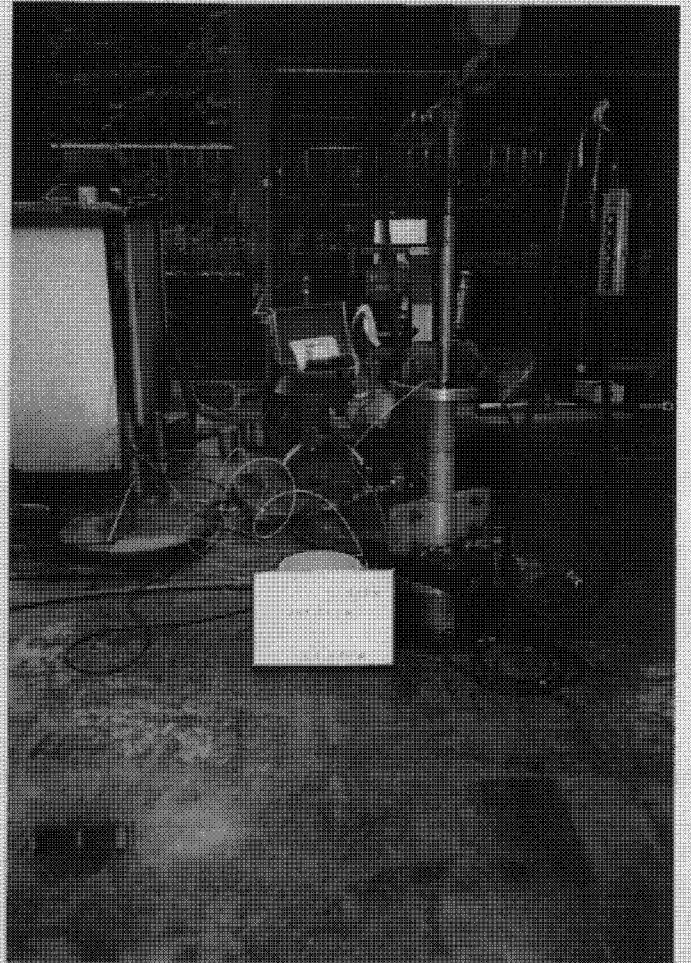
パッカーの弾性係数測定



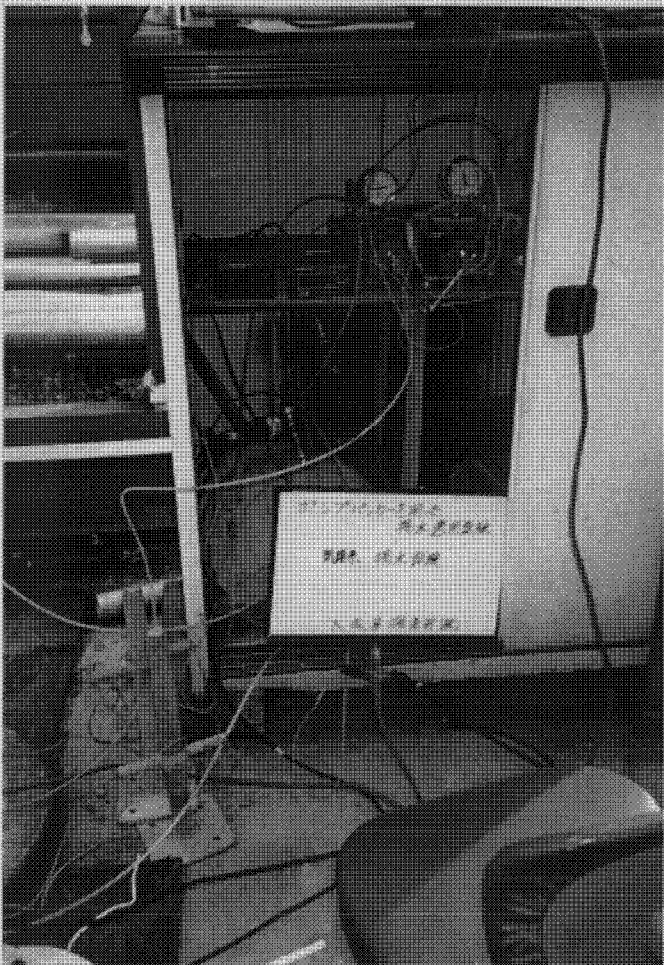
パッカーの弾性係数測定



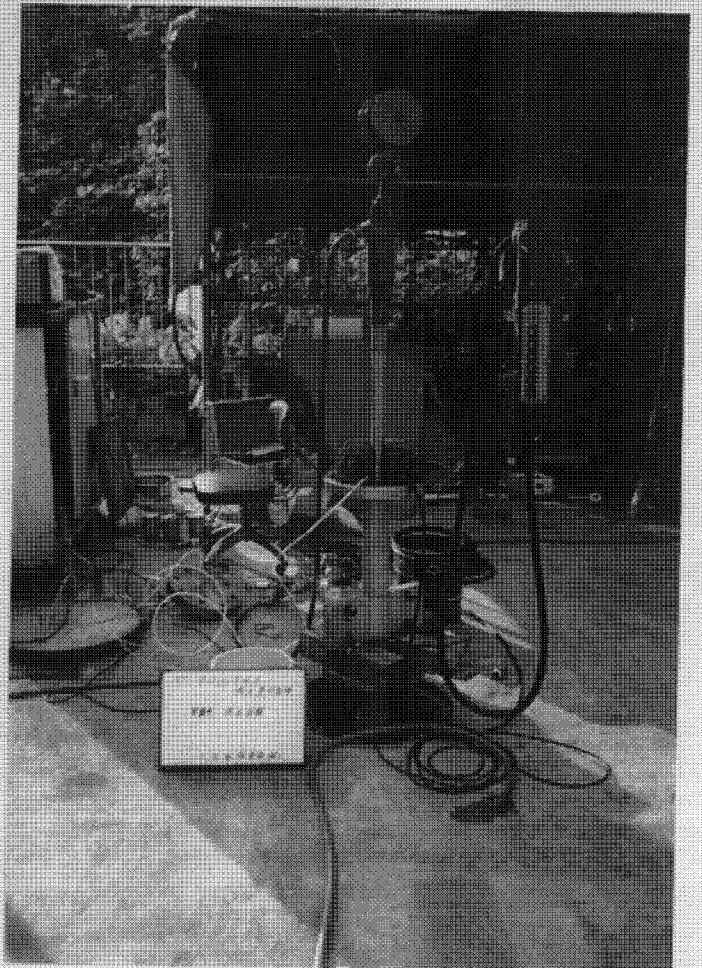
開放系揚水試験



開放系揚水試験



閉鎖系揚水試験



閉鎖系揚水試験