

# 土木研究所資料

## 集排水の効率的な保孔管規格の試験調査

平成元年3月

建設省土木研究所  
新潟試験所

「Copyright © (1989) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

# 集排水の効率的な保孔管規格の試験調査

新潟試験所 所長 下村 忠一  
主任研究員 白石 一夫  
佐藤 克徳

## 要 旨

地すべり対策工の主体である横ボーリング工（水抜きボーリング工）で使用している保孔管は、十分な集排水機能を果していなければならない。本報告書は集排水機能の効率的な保孔管規格、構造を求めることを目的に室内実験から得られた結果をまとめ、集排水に有効な保孔管規格、設置モデルを提案したものである。

キーワード：横ボーリング、保孔管、室内実験、現地観測

# まえがき

地すべりは、地すべり等防止法に定義されているように「土地の一部が地下水などに起因してすべる現象またはこれに伴って移動する現象」であり、その土地の地形、地質的要因及び豪雨、長雨、融雪水等による地下水の作用、その他多くの自然の諸要因が複雑に作用している。特に地すべり発生、斜面移動に関しては地下水位の現象が重要な意味を持っていると考えられ、地すべり地内外の地下水挙動について精力的な調査研究が続けられているのが現状である。そして地下水調査結果をふまえ、地下水位の低下を目的とした抑制工が地すべり対策工の主体となっており、その中でも横ボーリング工（水抜きボーリング工）は、浅層地下水排除及び深層地下水排除を対象として数多く施工されている。しかし、その諸元と地すべり形態等の詳細な基準は示されておらず、明確な指針があるとは言い難い。したがって実際に適確な集排水機能を果たしているのか疑問が残る。

そのような見地から、ここでは横ボーリング工（水抜きボーリング工）の保孔管としての集排水機能の効率的な規格、構造を室内実験により求めた。また施工後における維持管理として、洗浄サイクルの検討を現地観測により求められた観測結果を考察しまとめたので報告するものである。

これにより最も集排水効率の良い保孔管の諸元が決定され、経済的、耐久性の優れた横ボーリング工の設計が出来れば幸いである。

平成元年 3月

# 目 次

1. 横ボーリング工の実態 .....	1
1.1 横ボーリング工のあり方 .....	1
1.2 横ボーリング工の施工実態 .....	1
1.3 問題点 .....	6
2. 調査概要 .....	7
3. 耐久性に優れた保孔管規格の検討 .....	9
3.1 実験方法 .....	9
3.2 実験結果 .....	12
3.3 まとめ .....	15
4. 集水機能の効率的な保孔管規格の検討（鉛直浸透流の場合） ---	17
4.1 実験方法 .....	17
4.2 実験結果 .....	23
4.3 まとめ .....	27
5. 集水機能の効率的な保孔管規格の検討（水平浸透流の場合） ---	28
5.1 実験方法 .....	28
5.2 実験結果 .....	32
5.3 まとめ .....	40
6. 保孔管開孔部からの漏水率の検討 .....	41
6.1 実験方法 .....	41
6.2 実験結果 .....	43
6.3 まとめ .....	43
7. 保孔管の洗浄サイクルの検討 .....	47
7.1 猿供養寺地すべりの概要 .....	47
7.2 横ボーリング工の位置と構造 .....	49
7.3 観測方法 .....	49

7.4	観測結果	50
7.5	まとめ	62
8.	考察	63
8.1	集水に有効な保孔管規格の提案	63
8.2	保孔管設置モデルの提案	64
8.3	保孔管洗浄サイクルの提案	66
8.4	数値解析法による地下水位低下領域の検討	66
9.	今後の課題	70
	参考文献	71
1	.....	.....
2	.....	.....
3	.....	.....
4	.....	.....
5	.....	.....
6	.....	.....
7	.....	.....
8	.....	.....
9	.....	.....
10	.....	.....
11	.....	.....
12	.....	.....
13	.....	.....
14	.....	.....
15	.....	.....
16	.....	.....
17	.....	.....
18	.....	.....
19	.....	.....
20	.....	.....
21	.....	.....
22	.....	.....
23	.....	.....
24	.....	.....
25	.....	.....
26	.....	.....
27	.....	.....
28	.....	.....
29	.....	.....
30	.....	.....
31	.....	.....
32	.....	.....
33	.....	.....
34	.....	.....
35	.....	.....
36	.....	.....
37	.....	.....
38	.....	.....
39	.....	.....
40	.....	.....
41	.....	.....
42	.....	.....
43	.....	.....
44	.....	.....
45	.....	.....
46	.....	.....
47	.....	.....
48	.....	.....
49	.....	.....
50	.....	.....
51	.....	.....
52	.....	.....
53	.....	.....
54	.....	.....
55	.....	.....
56	.....	.....
57	.....	.....
58	.....	.....
59	.....	.....
60	.....	.....
61	.....	.....
62	.....	.....
63	.....	.....
64	.....	.....
65	.....	.....
66	.....	.....
67	.....	.....
68	.....	.....
69	.....	.....
70	.....	.....
71	.....	.....
72	.....	.....
73	.....	.....
74	.....	.....
75	.....	.....
76	.....	.....
77	.....	.....
78	.....	.....
79	.....	.....
80	.....	.....
81	.....	.....
82	.....	.....
83	.....	.....
84	.....	.....
85	.....	.....
86	.....	.....
87	.....	.....
88	.....	.....
89	.....	.....
90	.....	.....
91	.....	.....
92	.....	.....
93	.....	.....
94	.....	.....
95	.....	.....
96	.....	.....
97	.....	.....
98	.....	.....
99	.....	.....
100	.....	.....

# 1. 横ボーリング工の実態

## 1.1 横ボーリング工のあり方

横ボーリング工の設計手法を考えた場合、おおまかには 図-1.1に示すようなフローであらわされよう。したがって効果的に地下水位を低下させ、経済的、耐久性に優れた横ボーリング工の設計が望まれる。しかし、現状では当初の地下水位低下量の目標を下回ったり無集水であることもある。このためここで考えなければならないのは、保孔管の材質、口径、開孔率及び集水形状等、集排水機能の効率的な保孔管の規格、構造を決定する必要がある。保孔管として具備すべき条件をあげると、

- ① 横ボーリングの孔壁保護のための強度、耐久性にすぐれていること。
- ② 効率のよい集水形状であること。
- ③ 効率のよい排水形状であること。
- ④ 施工の能率が高い形状、材質（継手方法も含む）であること。
- ⑤ 維持管理が容易な形状、材質であること。
- ⑥ 経済的であること。

等が考えられる。

また施工後においては保孔管を長年使用するため、目詰まり現象が発生し、集水効果が低下して排水能力が落ちる。そのためその機能を維持していくための管理（例えば時期を見計らった保孔管の洗浄、取り替え）を行う必要がある。

河川砂防技術基準（案）設計編では、横ボーリング工の保孔管の構造に関しては以下のように述べている。

- ① 横ボーリング工に使用する保孔管は、内径40mm以上の硬質塩化ビニール管または鉄管を使用し、帯水層区間あるいは保孔管全区間にわたってストレーナー加工を行う。
- ② ストレーナーは円形又はスリット状とする。
- ③ 保孔管の継手はソケット継手又は突き合わせ継手とし、継手長さは内径の1.5倍程度を標準とする。

## 1.2 横ボーリング工の施工実態<sup>2)</sup>

ここでは、実際に現場でどのような規格の保孔管が施工されているのか実態を調べてみることにする。対策工として横ボーリング工（水抜きボーリング工）が、どれくらいの割合で施工されているのかを表したのが 図-1.2である。これは都道府県の地すべり地を対象としてアンケート

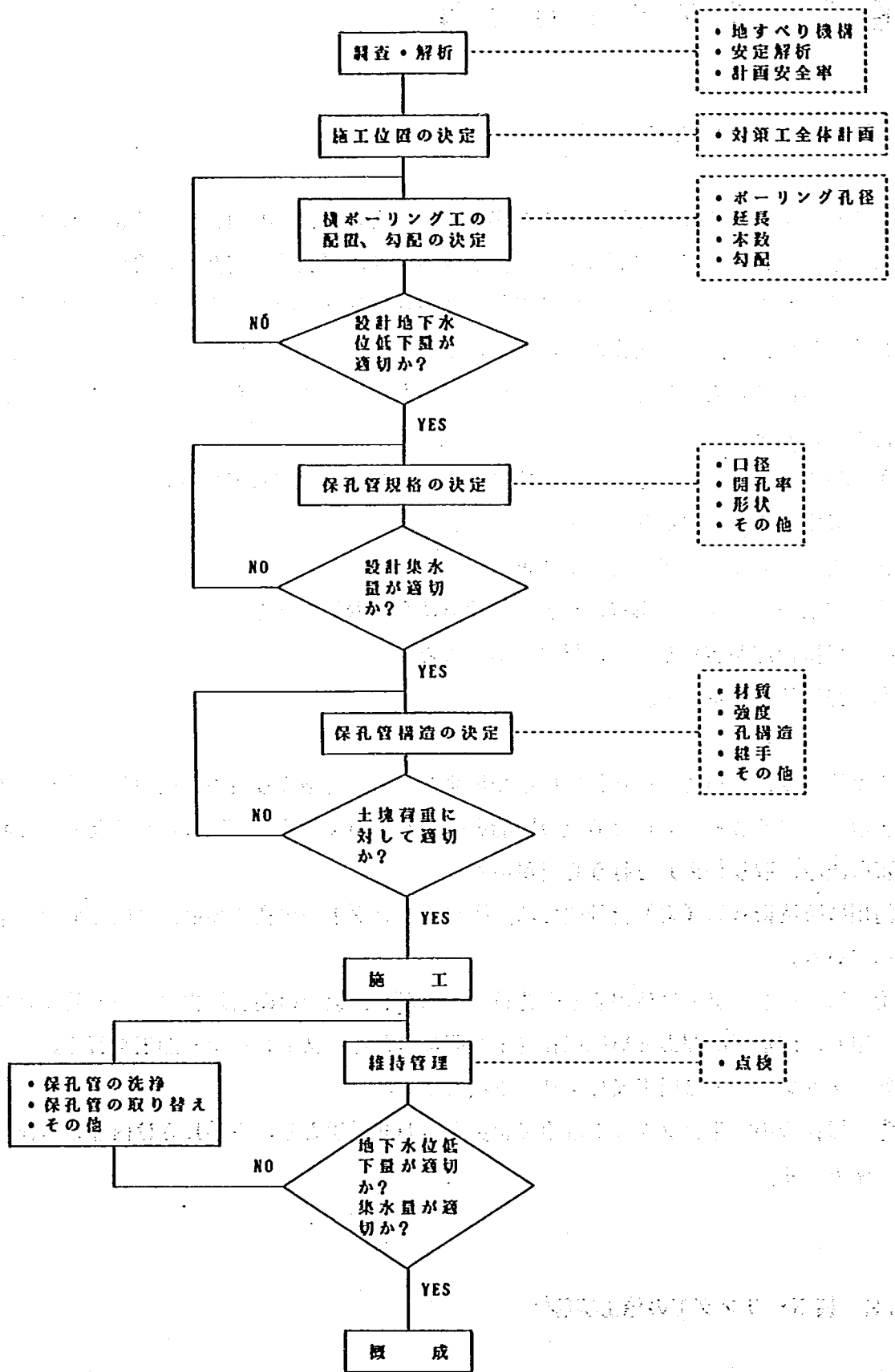


図-1.1 横ボーリング工の設計概念図



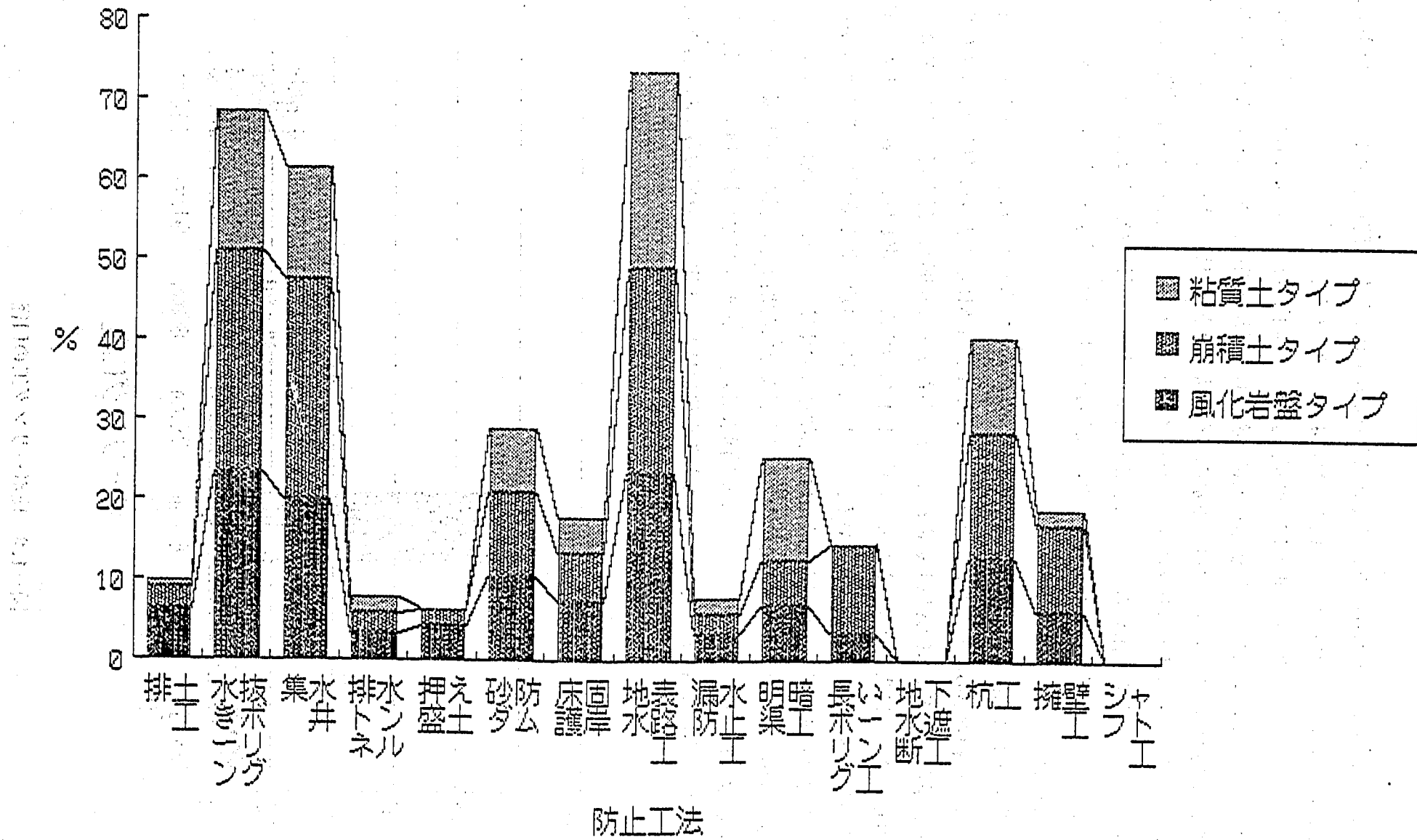


図-1.2 地すべり防止工の対策別頻度状況

調査したものであり、地すべり防止区域 5ha以上でかなり広い区域の防止工事での調査結果である。以下に述べる事項についてもこの調査結果によるものである。

図-1.2によると、地すべり防止区域の対策工法として地下水排除を対象とした抑制工のうち水抜きボーリング工、集水井工、地表水路工は頻度にして70%前後を占めており、どの地すべりタイプでもよく用いられている。直接地下水を抜く工法という面では、水抜きボーリング工がいちばん頻度が高く、どの地すべりタイプでも平均に用いられている。地すべりタイプ別では、特に崩積土タイプで最もよく用いられている。水抜きボーリング工は他の工法と比べると工事費が安価であること、施工期間が短くてすむこと、応急対策として利用できること等により頻繁に用いられると思われる。

横ボーリング工（水抜きボーリング工）の口径、保孔管の材質および横ボーリング工の地下水状態、並びに維持管理の状況についてみると、口径は図-1.3に示すようにφ66mmがよく使用されており、φ66mm以下では60%以上を占めている。したがってφ66mmに挿入可能な保孔管が多いことを示している。保孔管の材質としては、図-1.4に示すように塩ビ管、鉄管がほとんどであり、若干塩ビ管の方が多く使用されている。これは鉄管に比べ塩ビ管が安価であること等からによるものと思われる。ボーリング施工後の地下水状態の変化は、図-1.5に示すようにボーリングより地下水がでたのは約80%で、そのうちわけを見ると常時地下水が湧水しているのが31%、掘削当時湧水し止水したもの31%、掘削時のみ湧水20%、ぜんぜんでないもの18%である。維持管理については図-1.6に示したが、孔詰まりの点検はほとんど実施されておらず90%弱も占めている。

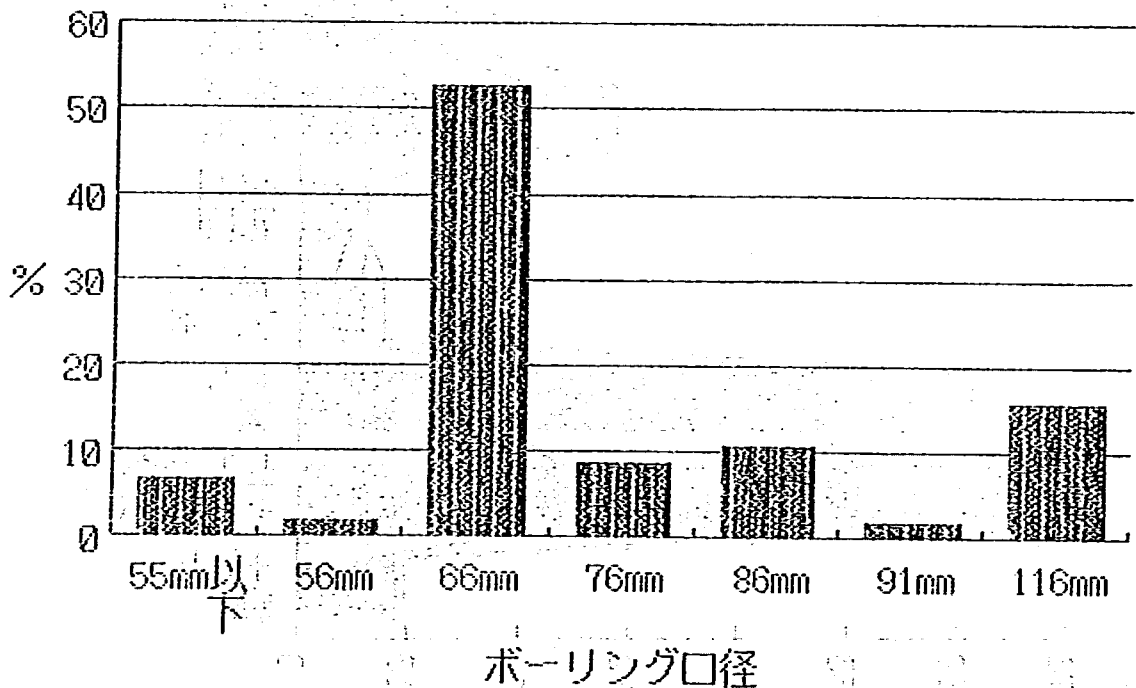


図-1.3 横ボーリング工の口径

- 1. 常時地下水が湧水している
- 2. 掘削当時湧水した現在止水
- 3. 掘削時のみ湧水
- 4. 全然ない

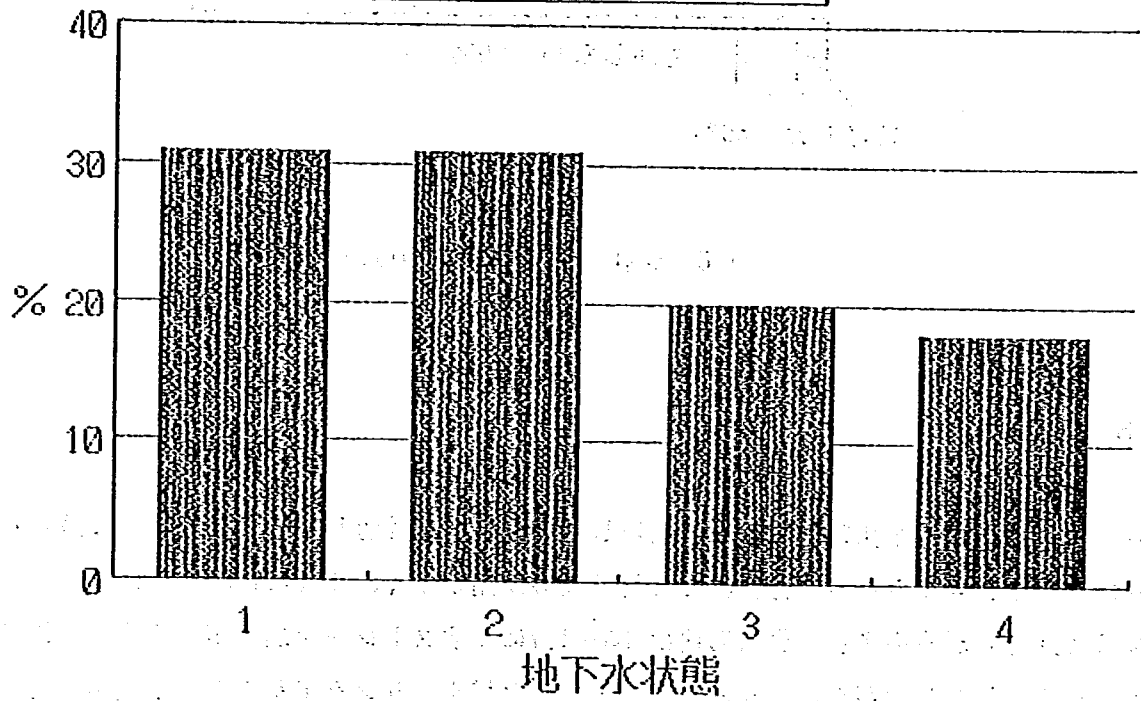


図-1.4 保孔管の材質

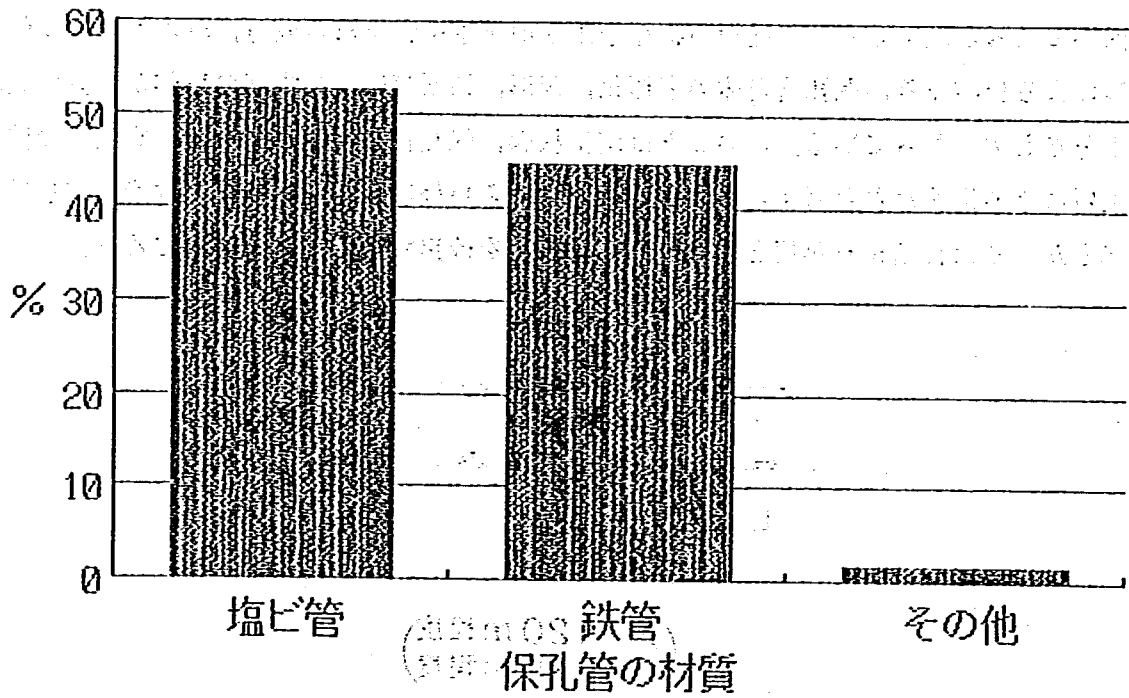


図-1.5 横ボーリング工施工後の地下水状態

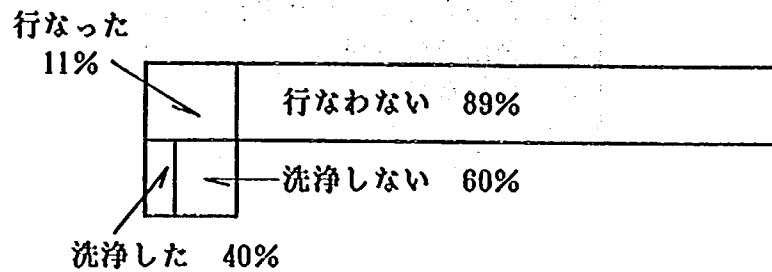
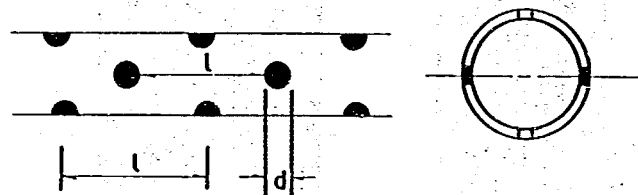


図-1.6 保孔管の孔詰まりの点検

### 1.3 問題点

横ボーリング工の保孔管の構造は、前述したように河川砂防基準（案）設計編に沿って現在設計されていると考えられる。材料は塩ビ管VP40の使用が多く、まれにVP50または地域によってはガス管（鉄管）が使用され、集水形状は図-1.7に示すストレーナ加工が多く用いられていると考えられる。しかしながら、ときとして施工された横ボーリング工からの排水量が、実態のところ述べたように当初の目標を下回ったり、無集水であることは少なくない。これらの多くは、その調査および解析段階の甘さに起因することも少なからずあると思われるが、保孔管の集水形状、開孔率等にも原因の一端があるものと思われる。したがって地すべり形態、地質に適應する集排水効率の良い保孔管の諸元を決定する必要があると思われる。また維持管理の面では、保孔管の孔詰まりの点検がほとんど実施されておらず、保孔管の孔および管の破損部から土砂が流入し管内部に土砂が堆積したり、地層の細粒子土や地下水に含まれる成分、草木が孔部に付着すること等による目詰まり、保孔管自体の老朽化、変形、切断等により当初の目的が十分に機能されず不十分なものとなっている。このことは施工状態、保孔管の材料の耐久性、施工後の排水に伴った土質による影響などが考えられ、施工後どのくらい経過したら保孔管の洗浄、取り替えを実施すべきか、また目詰まりが起きないように孔の加工を改良することが課題となる。



( $l$  は 120 mm 程度)  
( $d$  は 5 mm 程度)

図-1.7 保孔管の集水形状

## 2. 調査概要

前章で述べた観点から、今回行った調査は大きく分けて4つの項目について実施した。以下にその概要について述べる。

### 1) 耐久性に優れた保孔管規格の検討

横ボーリング工に用いる保孔管に要求される強度としては、

#### ① 外圧により圧縮偏平する強度

そして地すべり力に対する強度として、

#### ② すべり面を切って保孔管を設置した場合のすべり面でのせん断強度

#### ③ 移動土塊の移動形状による圧縮、引っ張り強度

が考えられる。したがってそのような強度に耐えうる保孔管の規格、構造を検討する必要がある。しかしながら地すべり力に対する強度については、その現象が不明瞭であり現状ではそれを表す試験方法が非常に困難である。よって①について JIS規格による偏平強度試験に基づいて、保孔管の径および集水形状（孔形状、孔数、孔方向）の違いによる強度、変位量を測定して、その試験結果から保孔管としての特性を把握するとともに圧縮荷重、圧縮変位量と集水形状、開孔率との関係から強度的に最も有効な保孔管規格の検討を実施した。

### 2) 集水機能の効率的な保孔管規格の検討

地すべり地内の地下水を横ボーリング工で効率よく排水するためには、帯水層、地下水脈に向けてうまく設置することが必要であるが、その地下水を効果的に集水するためには、保孔管のストレーナ形状を効率のよい構造にしなければならない。したがってここでは、室内実験により実験槽を用い地下水モデルを作成して、現在最も多く使用されているVP40塩ビ管について横ボーリング工の保孔管としての集水効率のよい集水形状（孔形状、孔方向）を求める。実験は、地下水モデルを鉛直浸透流と水平浸透流に分けてそれぞれについて実施した。

#### (1) 鉛直浸透流での排水実験

均一土層内で、保孔管の集水形状及び開孔率を変化させ、それぞれの条件時での保孔管からの排水量を測定することにより孔形状、孔方向、開孔率と排水量との関係から最も効率のよい保孔管の規格を検討した。

#### (2) 水平浸透流での排水実験

均一土層内で、保孔管の孔形状を円形にして孔方向、開孔率および土層の浸透条件を変化させ、それぞれの条件時での保孔管からの排水量及び地下水の水面形状を測定することにより孔方向、開孔率と水位低下量との関係から最も効率のよい保孔管の規格を検討した。

### 3) 保孔管開孔部からの漏水率の検討

集水された地下水が横ボーリング孔内を通じて地表に排水される際、その過程で不飽和で比較的透水係数が大きいポーラスな層の場合には、保孔管開孔部からの漏水が考えられる。そのようなことから、ここでは室内実験により実験槽を用いて、保孔管開孔部からの漏水率を検討した。実験では、VP40塩ビ管を用い保孔管の開孔率と設置勾配を変化させてやり、さらに土層条件の違いによる漏水量にどのような変化が生じるのかを検討した。

### 4) 保孔管の洗浄サイクルの検討

第三紀寺泊層の黒色泥岩地帯にある猿供養寺地すべり地をモデルとして、現地で観測している横ボーリング孔からの排水量、降雨量及び間隙水圧値から集水効果の低下現象をとらえ、その結果から保孔管の洗浄サイクルの検討を行った。

### 3. 耐久性に優れた保孔管規格の検討

#### 3.1 実験方法

図-3.1に試験機の概要と測定法を示した。偏平強度試験の定義については、JIS規格K6742に「供試管の長さ 50mmの環状試験片を切り取り、これを2枚の平板間にはさみ、管軸に直角に  $10 \pm 2^\circ/\text{min}$  の速度で管の外形がその1/2になるまで圧縮し、割れ及びひびの有無を目視によって調べる」と記述されている。この試験ではパイプに集水用の孔を加工していること、及び地すべり移動速度等を考慮し供試管の長さは200mm、圧縮速度を  $1^\circ/\text{min}$  として、管の内側が互いに接触するまで圧縮しその荷重と圧縮後の回復量を測定した。

試験に使用した保孔管の材質は、塩ビ管と鉄管が考えられるが、塩ビ管に比べ鉄管は強度的に優れていると判断してここでは塩ビ管を対象とした。よって横ボーリングの径として多く用いられている  $\phi 66 \sim \phi 76\text{mm}$  の孔中に挿入可能なVP40（一般管、呼び径40mm）、VP50（一般管、呼び径50mm）、VU40（薄肉管、呼び径40mm）及びVU50（薄肉管、呼び径50mm）を使用した。各保孔管には、それぞれストレーナ加工を行い集水形状（孔形状、孔数、孔方向）を変化させて実施した。なお、加工前の保孔管自体の強度は同一のものとして考えた。

試験ケースと諸元を表-3.1に示す。

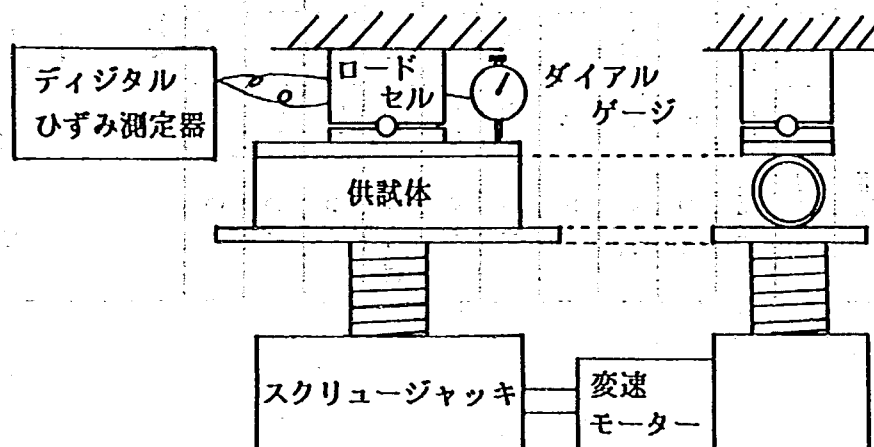


図-3.1 試験機の概要

品名	VP40	VU40	VP50	VU50	VP40	VU40	VP50	VU50
D <sub>1</sub> (mm)	48	48	60	60	48	48	60	60
D <sub>2</sub> (mm)	40.5	44.5	51	56	40.5	44.5	51	56
φ(mm)	5   10	5   10	5   10	5   10	5   10	5   10	5   10	5   10
l <sub>1</sub> (mm)	孔数	開孔率(%)	開孔率(%)	開孔率(%)	開孔率(%)	開孔率(%)	開孔率(%)	開孔率(%)
100	5				1.2	1.2	1.0	1.0
100	6	0.4	0.4	0.3	0.3			
67	8				0.5   2.0	0.5   2.0	0.4   1.7	0.4   1.7
67	10	0.6   2.5	0.6   2.5	0.5   2.0	0.5			
50	11				0.7   2.7	0.7   2.7	0.6   2.3	0.6   2.3
50   40	14	0.9   3.5	0.9   3.5		0.9   3.5	0.9   3.5	0.7   2.9	0.7   2.9
50	16			0.8	0.8			
33	17				1.1   4.2	1.1   4.2	0.9   3.5	0.9   3.5
40	18	1.1   4.5	1.1   4.5					
形状 (円形)	4方向				3方向			

表-3.1 試験ケースと諸元(その1)



JIS S 5001 (1999) 鋼板用スリット

品名		VP40	VU40	VP50	VU50	VP40	VP50					
D <sub>1</sub> (mm)		48	48	60	60	48	60					
D <sub>2</sub> (mm)		40.5	44.5	51	56	40.5	51					
l <sub>1</sub> (mm)	孔数	開孔率(%)		開孔率(%)		開孔率(%)		開孔率(%)	開孔率(%)	孔数		
		4方向	3方向	4方向	3方向	4方向	3方向					
100	6	4.8	4.8	4.8	4.8	4.0	4.0	4.0	4.0	2.5	2.5	2
100	8	6.4	6.4	6.4	6.4	5.3	5.3	5.3	5.3	5.0	5.0	4
形状	3方向											
	4方向											
(縦スリット)												
(横スリット)												
		7.5	7.5	6								
		10.0	10.0	8								

表-3.1 試験ケースと諸元(その2)

## 3.2 実験結果

### 3.2.1 圧縮荷重と集水形状との関係

全体的に圧縮荷重は、圧縮変位量が口径の 1/2以上になると急激に上昇し、管の上下が接触（潰れた状態）した状態で最大値を示した。塩ビ管は潰れた状態でも破損は認められず、管の変形形状は初期の円から楕円に変わり、最終的には塩ビ管の中央部が潰れた状態となった。回復量は外径の約1/2は回復した。

図-3.2~10は、孔径と孔方向別による管の外径1/2の圧縮量に対する荷重の値(P)と孔数(N)との関係を示した。このうち、図-3.2~5は集水形状が円形の場合、図-3.6~9は縦スリット、図-3.10は横スリットの場合である。いずれの形状でも孔数の増加にともない、強度は低下の傾向を示す。また、孔方向を円周上4方向と3方向とに配列した孔数とP値を比較した場合、3方向への配列では孔が密の配置となるので強度は4方向の値より小さくなる。孔径で比較すると、 $\phi 5\text{mm}$ より $\phi 10\text{mm}$ の値の方が小さい。各管を口径別、孔形状別で強度を比較すると、円形の場合では図-3.2~5からVP40, 50の値に差はほとんどみられず600~800kg, 図-3.3~4からVU40では130~190kg, VU50では90~110kgの値を示す。縦スリットの場合(図-3.5~9)では、VP40, 50で360~560kg, VU40では90~120kg, VU50では40~75kgの値を示し、円形の場合の値に比較し3~4割の減少値となる。それに対して、横スリットの場合(図-3.10)ではVP40, 50とも600~800kgの値を示した。VP管とVU管の強度の差は、VP管に比べVU管の肉厚が約1/2薄いため生じたものである。

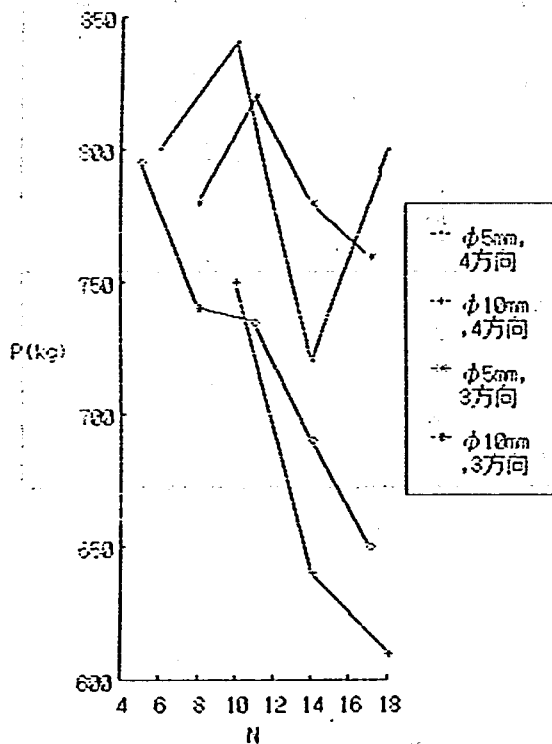


図-3.2 PとNとの関係(VP40円形)

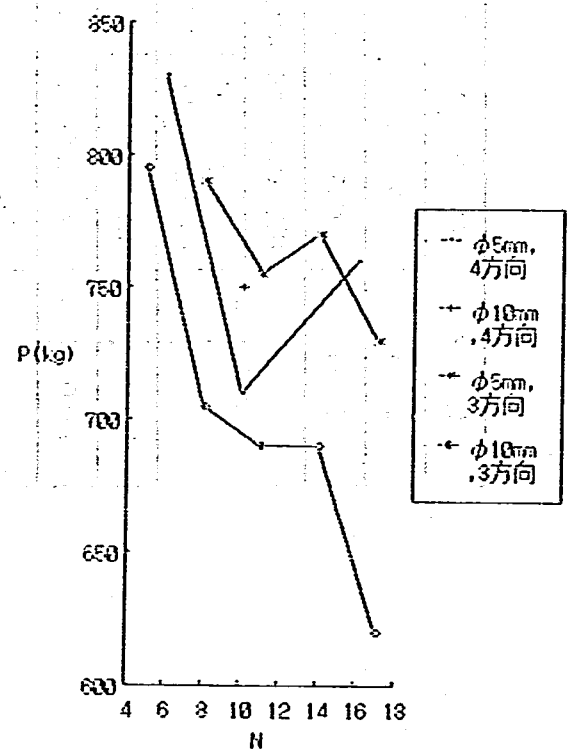


図-3.3 PとNとの関係(VP50円形)

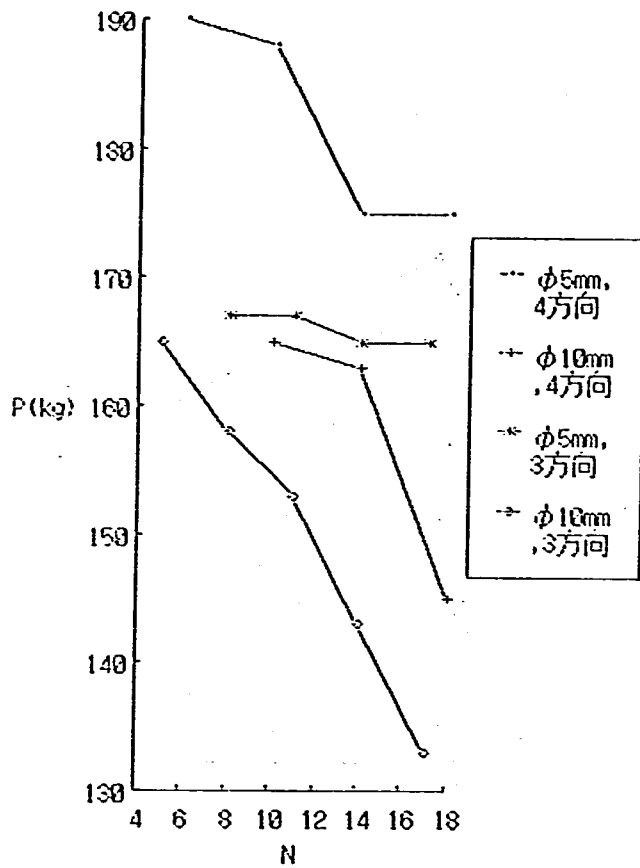


図-3.4 PとNとの関係(VU40円形)

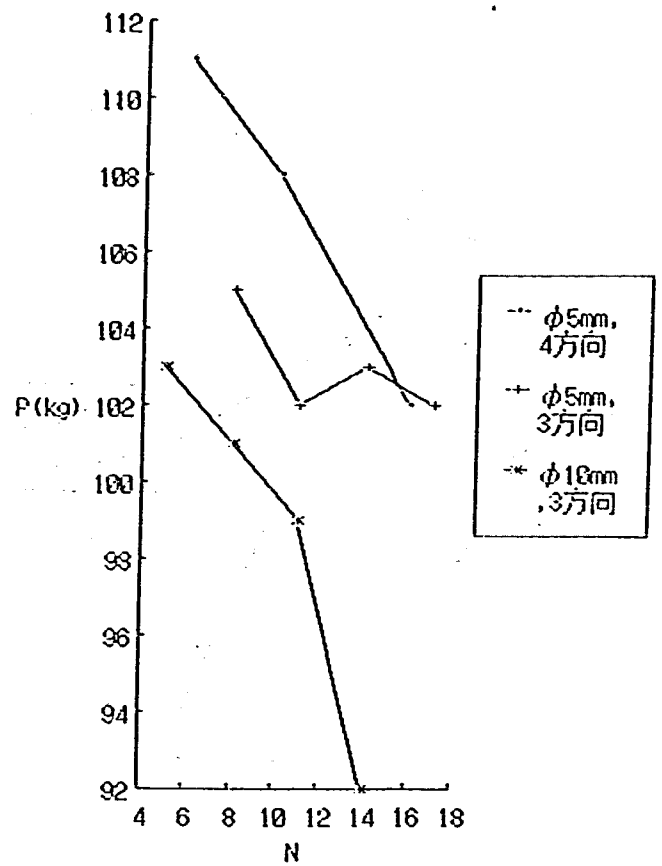


図-3.5 PとNとの関係(VU50円形)

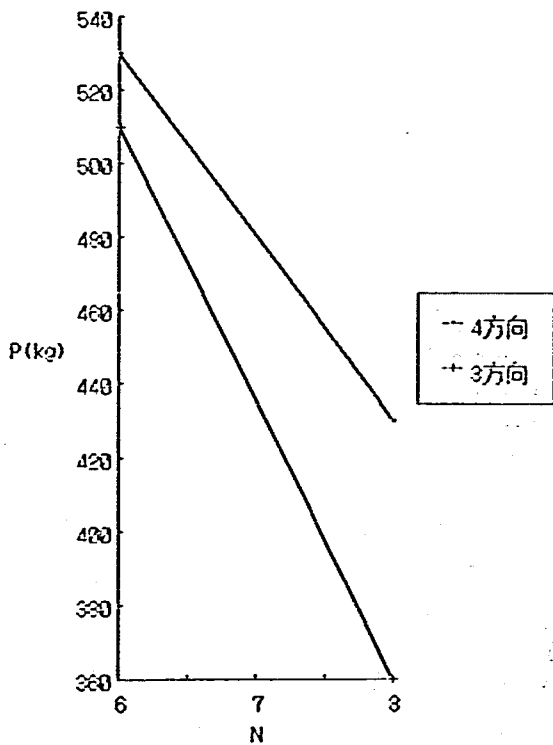


図-3.6 PとNとの関係(VP40縦スリット)

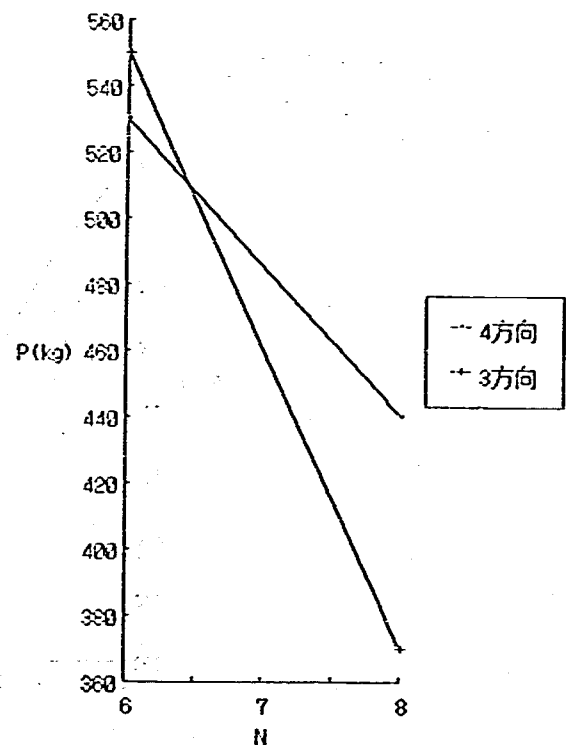


図-3.7 PとNとの関係(VP50縦スリット)

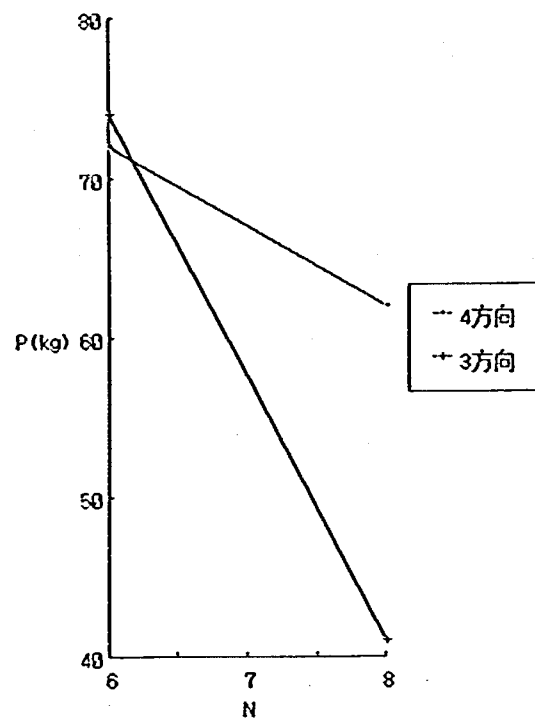
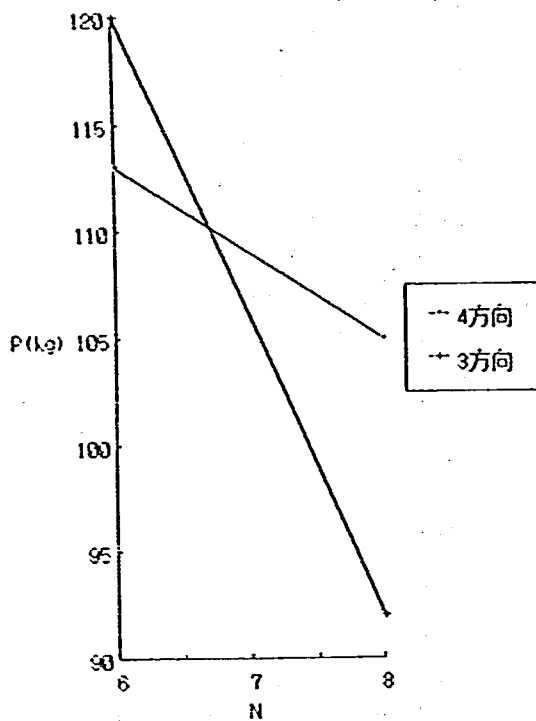


図-3.8 PとNとの関係(VU40縦スリット)

図-3.9 PとNとの関係(VU50縦スリット)

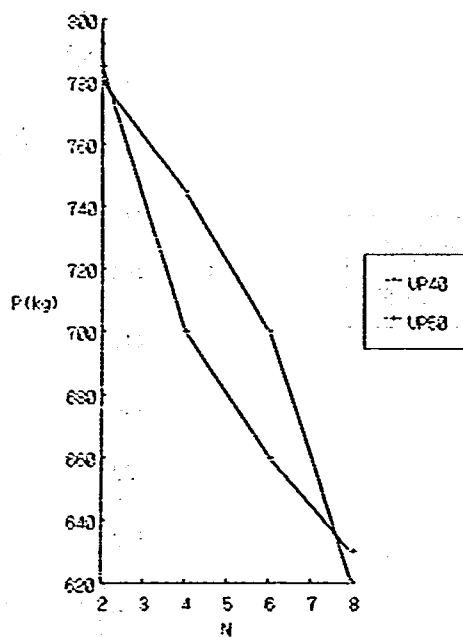


図-3.10 PとNとの関係(横スリット)

### 3.2.2 圧縮荷重と開孔率との関係

横ボーリング工の保孔管としては、強度とともに集排水効率のよい形状も選定条件の一つである。そこで、開孔率(保孔管の表面積中空隙面積の占める割合)と圧縮強度の関係を図-3.11~12に示す。図-3.11はVP40、図-3.12はVP50の場合である。図から、開孔率の増加にともない強度の低下が認められ、開孔率が2%以上になるとそれが極端に減少する傾向がみられる。特に孔形状が縦スリットだと小さくなっている。また横スリットは円形、縦スリットの場合の強度減少勾配より勾配は緩く、同じ開孔率で比較すると強度は大きい。

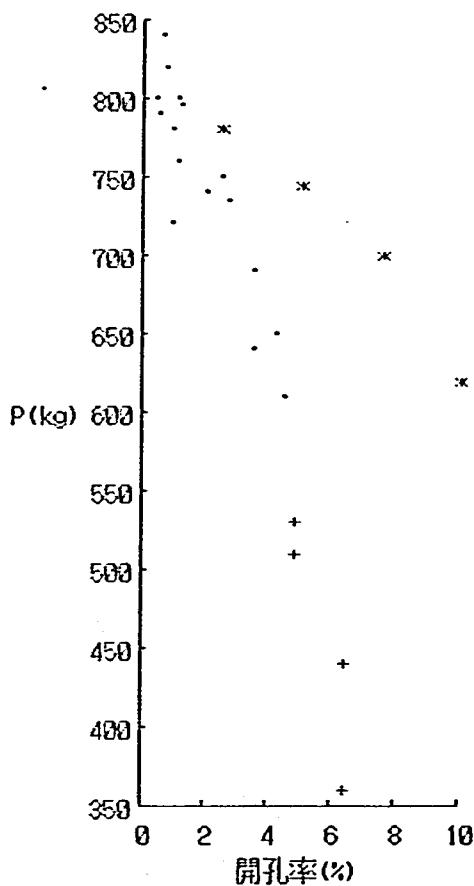


図-3.11 圧縮強度と開孔率(VP40)

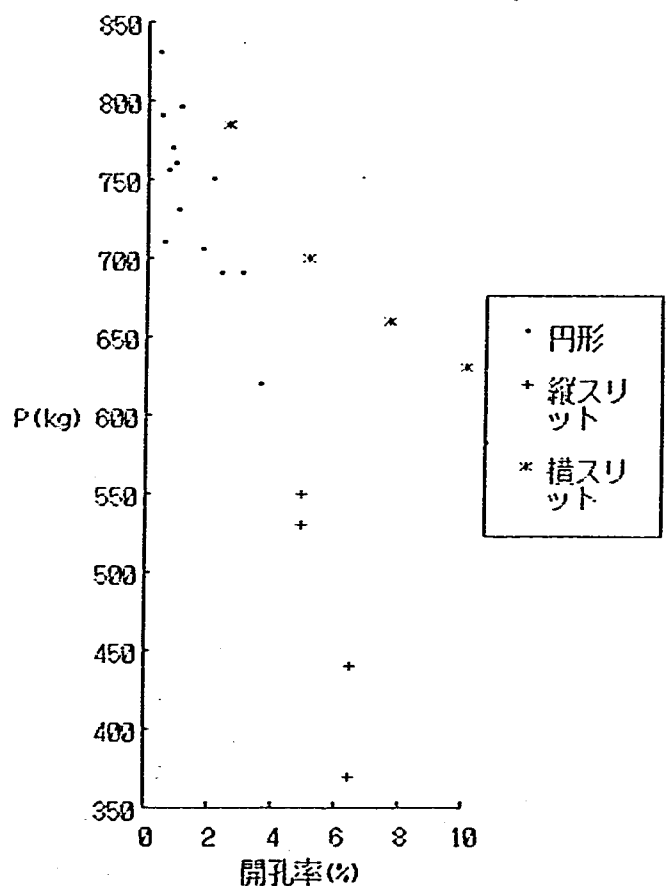


図-3.12 圧縮強度と開孔率(VP50)

### 3.3 まとめ

以上の結果をまとめると、

- ① 孔径別に強度を比較すると、 $VP40 \approx VP50 > VU40 > VU50$ となる。
- ② 孔形状別に強度を比較すると、円形 $\approx$ 横スリット $>$ 縦スリットとなる。
- ③ 孔方向別に強度を比較すると、同一開孔率の場合で3方向の方が配置が密となるため4方向より小さくなる。
- ④ 開孔率で強度を比較すると 2%まではさほど差はみられないが、それ以上になると極端に減少する。同一開孔率の場合では、横スリットの集水形状が大きい。
- ⑤ VP40またはVP50に、集水形状を横スリットにした場合が一番強度的に優れている保孔管規格となった。
- ⑥ 強度を左右する要因は、塩ビ管の側面に孔が多いと強度は小さいことから応力方向に対して真横の孔の多少によるものと考えられる。

## 4. 集水機能の効率的な保孔管規格の検討 (鉛直浸透流の場合)

### 4.1 実験方法

地すべり地内は地下水が脈状に流下したり、また土塊の透水係数は一様ではなく、地下水条件が複雑である。そして、地すべりブロック毎にも地下水の供給量、流出量、蒸発散量の違いなど個々に相違があることから、それらを十分に満足した地下水モデルを作成することは非常に困難である。したがってここでは、保孔管に有効な集水形状及び開孔率を求めることを第一条件として地下水モデルはできるだけ単純なものとした。

実験条件としては、

- ① 土層構成は一層とし、標準砂を用い透水係数は第三紀層地すべり地の自由地下水形成上部の土層の平均的な値である $K=10^{-3}\text{cm/sec}$ オーダ (実験土層では $K=4.61\times 10^{-3}\text{cm/sec}$ ) とする。
- ② 保孔管は、現場で最も多く使用されているVP40塩ビ管を用い土層中に水平に設置する。
- ③ 標準砂は完全に水浸させ、また水位も一定とする。

#### 4.1.1 実験装置

図-4.1 に実験装置の概要を示す。この実験槽(幅:36cm,高さ:40cm,奥行き:30cm)はアクリル製のボックスで、保孔管を設置するため両端には保孔管の外径大にくり抜いた厚さ1cmのベニア板で仕切られている。また片面は透明のアクリル板になっており、実験槽の状態を観察可能な状態にしてある。実験槽の上部(A)は、水の供給源として有効フタを設置し、下部(B)には水の排出口あるいはピエゾメータ管(H=5, 10, 15, 20cm)の設置が可能なものとなっている。すなわち、下部において7.5cm間隔で正面の透明アクリル板側に栓水位孔( $q_1\sim q_5$ )を5孔設けて、これにピエゾメータ管を設置して、地下水制限床高を規制できるようにしている。したがって、上部から水を有効フタにH=39cmで平衡状態になるよう供給し、保孔管からの排水量(Q)及び下部のピエゾメータ管からの排水量(q)を測定できる。また、間隙水圧計( $P_1, P_2$ )を各々実験槽の頭から深度40cm, 20cmの位置にセットしその値も測定できる。

#### 4.1.2 実験ケース

表-4.1 に実験ケースを示す。横ボーリング工の保孔管として最も多く使用されているVP40塩ビ管を用い、孔形状を円形( $\phi 5\text{mm}$ ,  $\phi 7\text{mm}$ ,  $\phi 3\text{mm}$ ), 縦スリット及び横スリットの3種類、孔方向を4方向と3方向について地下水制限床を変化させ実験を行った。各々のケースについて保孔管からの排水量、ピエゾメータ管からの排水量および間隙水圧値を測定した。なお、図-4.2には保孔管の集水形状を、表-4.2には各ケースの保孔管の開孔率及び周辺長を示した。

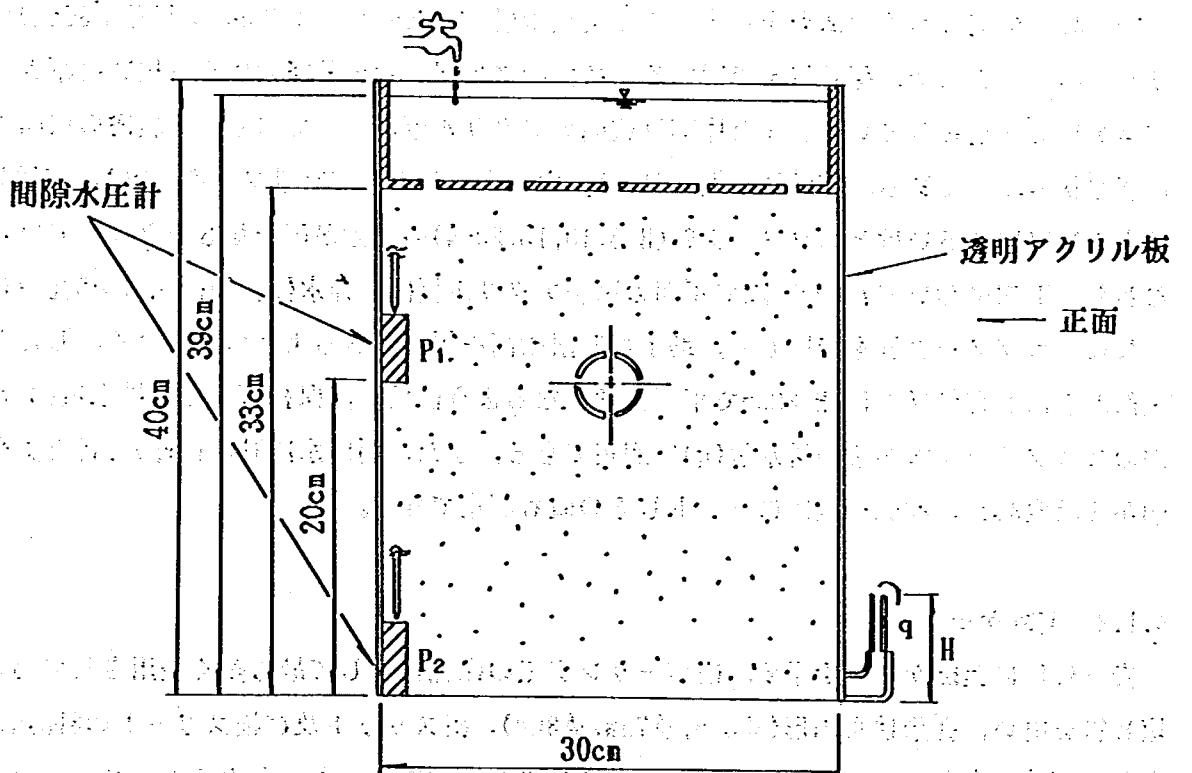
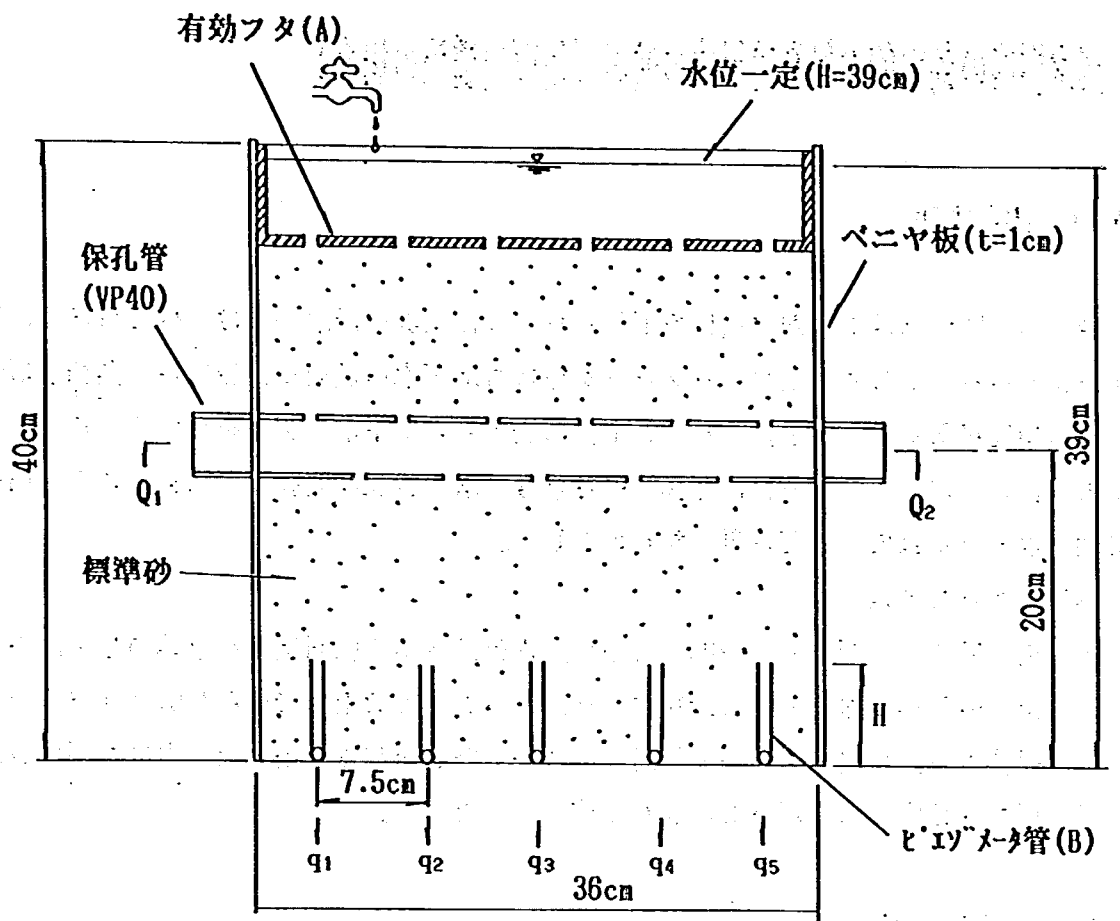


図-4.1 実験装置



土層構成	保孔管径	集水形状			地下水制限床高
		形状	孔方向	開孔率	5種類
		3種類	2種類		
一層 (標準砂)	VP40 (l=40cm) D <sub>1</sub> =48mm D <sub>2</sub> =40.5mm	円形 (φ5mm) No1~No10 縦スリット No11~No16 横スリット No17~No24	4方向 (全周)  3方向 (上半分)	図-4.2 参照	5cm
			10cm		
					15cm
					20cm
					25cm

表-4.1 実験ケース

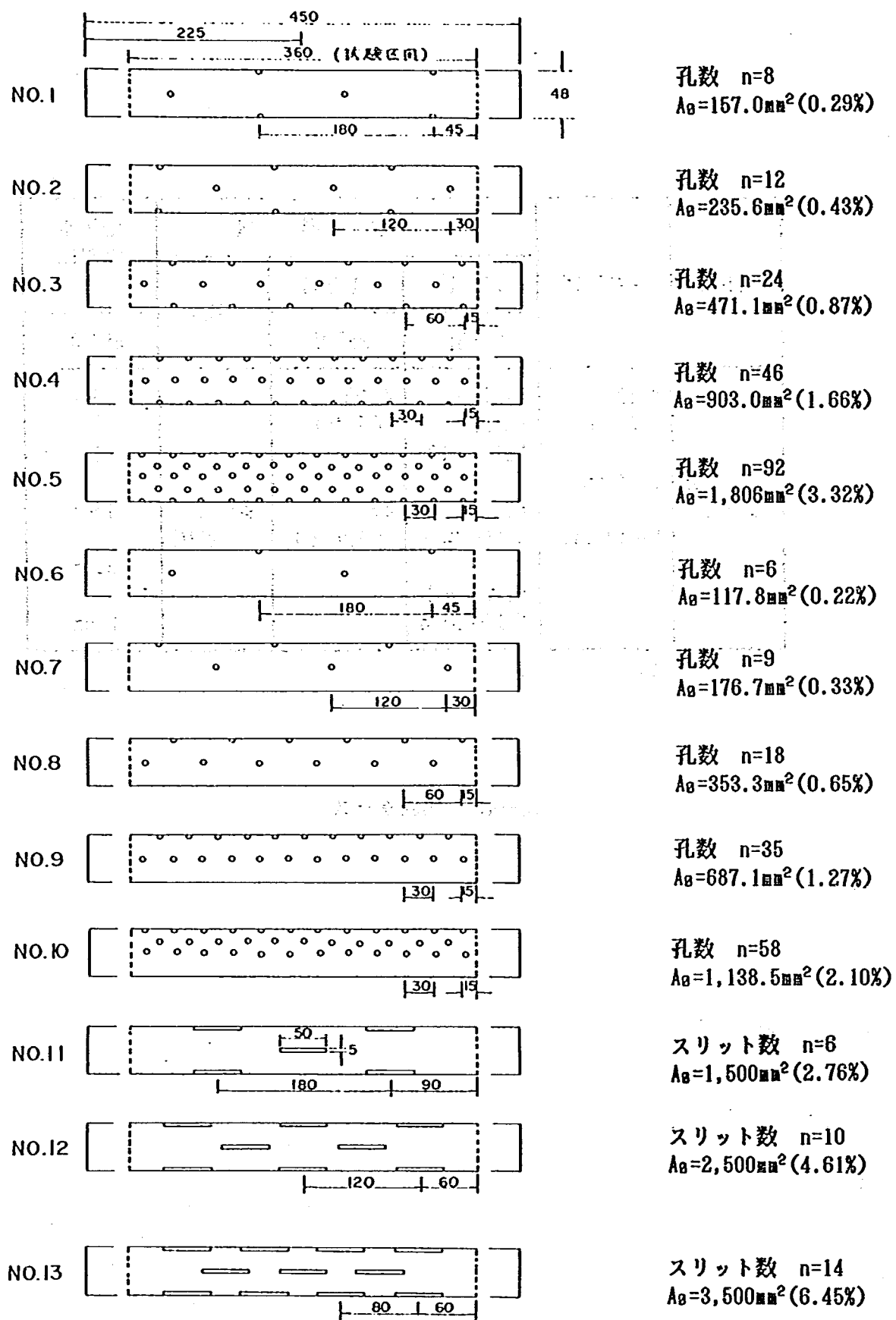


図-4.2 保孔管の集水形状(その1)

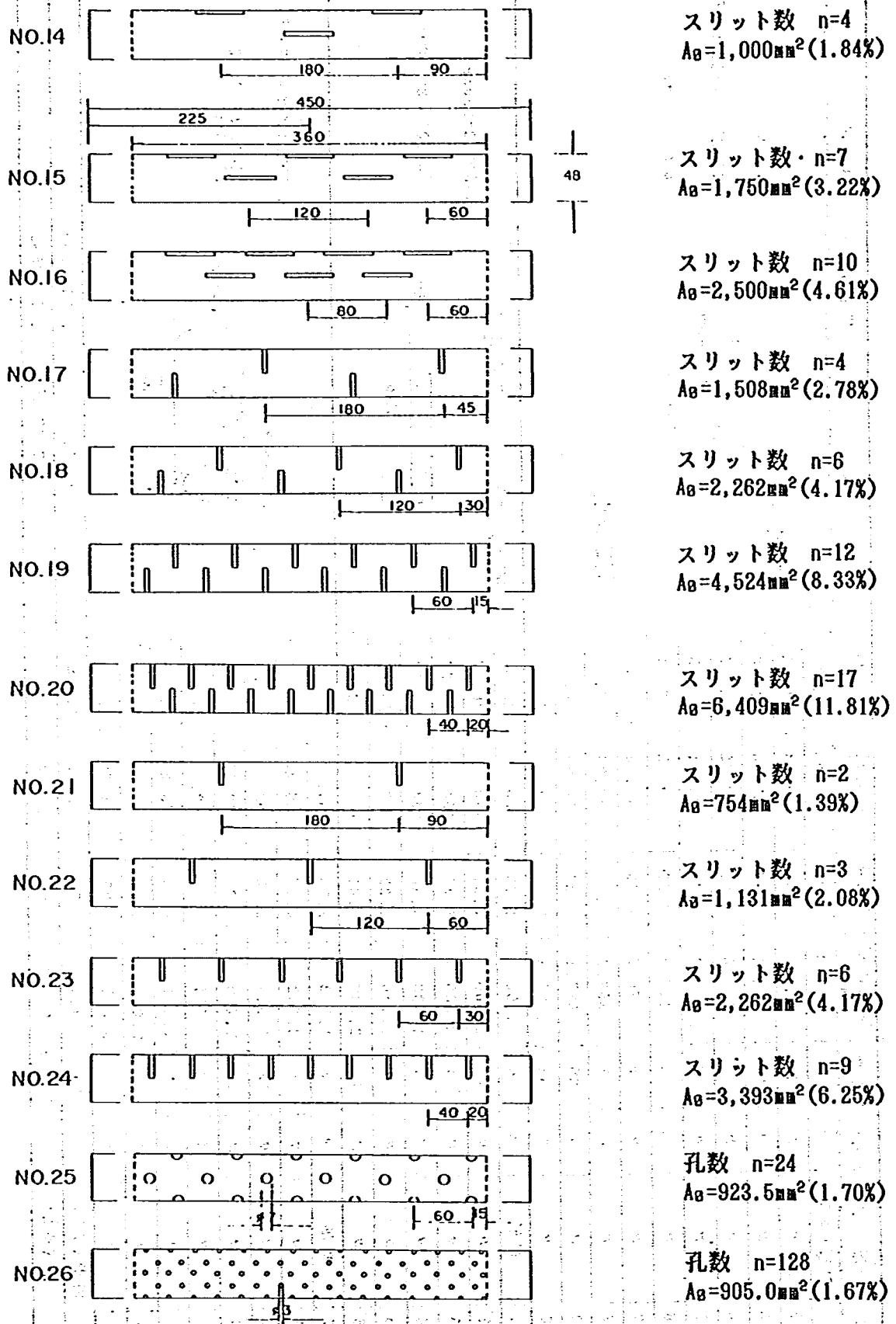


図-4.2 保孔管の集水形状(その2)

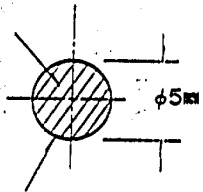
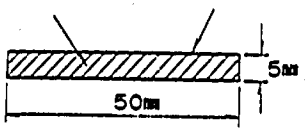
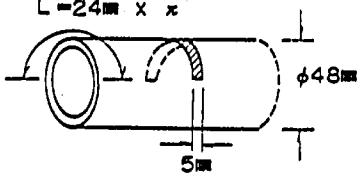
No	形状	方向	孔数	開孔面積 (mm <sup>2</sup> )	開孔率 (%)	孔の周辺長 L(cm)	L/300 (%)	備 考 (総面積: A=54.286mm <sup>2</sup> )
1	円形(φ5)	4	8	157.0	0.29	12.56	4.19	<p>面積(A)</p>  <p>1孔当り</p> $A = (5/2)^2 \pi = 19.63 \text{ mm}^2$ $L = 5\pi = 15.7 \text{ mm}$ <p>周辺長(L)</p>
2	"	"	12	235.6	0.43	18.84	6.28	
3	"	"	24	471.1	0.87	37.68	12.56	
4	"	"	46	903.0	1.66	72.22	24.07	
5	"	"	92	1,806.0	3.32	144.44	48.15	
6	"	3	6	117.8	0.22	9.42	3.14	
7	"	"	9	176.7	0.33	14.13	4.71	
8	"	"	18	353.3	0.65	28.26	9.42	
9	"	"	35	687.1	1.27	54.95	18.32	
10	"	"	58	1,138.5	2.10	91.06	30.35	
11	縦形	4	6	1,500	2.76	66	22.00	<p>面積(A) 周辺長(L)</p>  $A = 5 \times 50 = 250 \text{ mm}^2$ $L = (5 + 50) \times 2 = 110 \text{ mm}$
12	"	"	10	2,500	4.61	110	36.67	
13	"	"	14	3,500	6.45	154	51.33	
14	"	3	4	1,000	1.84	44	14.67	
15	"	"	7	1,750	3.22	77	25.67	
16	"	"	10	2,500	4.61	110	36.67	
17	横形	4	4	1,508	2.78	64.32	21.44	<p><math>L = 24 \text{ mm} \times \pi</math></p>  $A = 5 \times 24 \times \pi = 377 \text{ mm}^2$ $L = (24 \times \pi + 5) \times 2 = 160.8 \text{ mm}$
18	"	"	6	2,262	4.17	96.48	32.16	
19	"	"	12	4,524	8.33	192.96	64.32	
20	"	"	17	6,409	11.81	273.36	91.12	
21	"	3	2	754	1.37	22.16	10.72	
22	"	"	3	1,131	2.08	48.24	16.08	
23	"	"	6	2,262	4.17	96.48	32.16	
24	"	"	9	3,393	6.25	144.72	48.24	
25	円形(φ7)	4	24	923.5	1.70	52.73	17.59	
26	"(φ3)	"	128	925.0	1.67	120.64	40.21	<p><math>A = 38.48 \text{ mm}^2</math>    <math>L = 21.99 \text{ mm}</math></p> <p><math>A = 7.07 \text{ mm}^2</math>    <math>L = 9.425 \text{ mm}</math></p>

表-4.2 保孔管の開孔率及び周辺長

## 4.2 実験結果

### 4.2.1 集水形状と排水量との関係

図-4.3は、ピエゾメータ管高を10cmとした場合の開孔率と保孔管からの排水量との関係を示したものである。この図から、開孔率が2%以上では排水量の増加率が非常に減少しており、開孔率2%が排水能率の限界と考えられる。孔形状が円形とスリット(縦形,横形)では、明らかに円形の排水量が多いことが分かる。また孔方向でみると、スリットでは3方向より4方向が多く排水されている。円形においても不明瞭ながら同様の傾向がみられるようである。スリットにおいては、縦形が横形より僅かながら排水量が多くなっている。なおピエゾメータ高を5cm, 15cm, 20cmとした場合も同様な傾向を示し、円形とスリットとの境界の勾配はそれが高くなるにつれ増加の傾向を示した。

以上のことから排水量の多い順に示すと、

- ① 孔形状別では、円形>スリット(縦形>横形)となった。
- ② 孔方向別では、4方向>3方向となった。
- ③ 開孔率では2.0%が有効となった。

現在保孔管として使用されている形状は、河川砂防技術基準(案)設計編に基づいてVP40塩ビ管にφ5mmのストレーナを0.43%の開孔率で配置されており、改良の予知があると思われる。

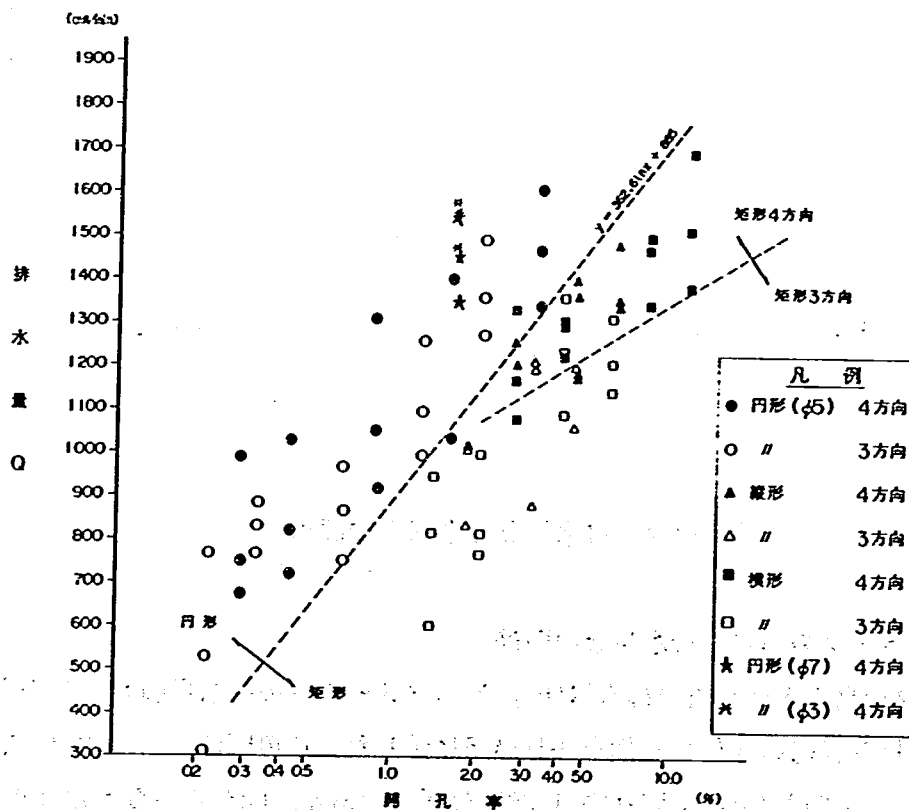


図-4.3 開孔率と排水量との関係

#### 4.2.2 孔形状と排水量との関係

前項で孔形状による排水量の違いが生じていることが分かったため、ここではそれについて更に具体的に検討してみることにする。

図-4.4は、図-4.3の凡例毎に排水量と開孔率との回帰式を求め、その回帰式に最も集水効率がよいと考えられる開孔率 2%の排水量をピエゾメータ管高と孔方向別による孔形状毎に示したものである。図から明らかなように円形が最大の排水量で、ついで縦形、横形の順序で排水量の減少傾向がみられる。孔方向の点でみると、4方向が3方向に比較して常に大きい排水量で円形、縦形、横形の順にその差が大きくなっている。これらのことからでも孔形状としては円形が、孔方向では4方向の形態が有利と言える。

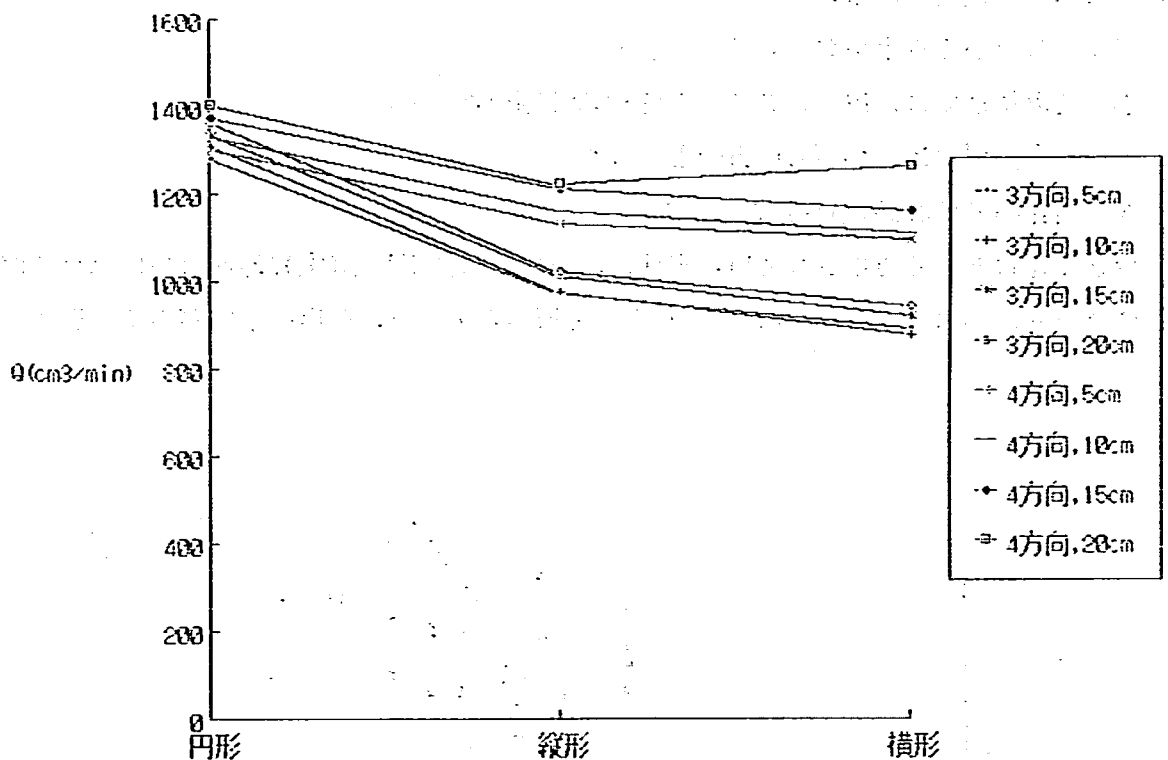


図-4.4 排水量と孔形状との関係

#### 4.2.3 ピエゾメータの高さと排水量との関係

ピエゾメータの高さと保孔管の排水量(Q), ピエゾメータ管の排水量(q), その合計( $\Sigma Q$ ), 及び間隙水圧計( $P_1, P_2$ )の変化の一例を 図-4.5に示した。この図は、表-4.2中の№4ケースで孔形状が円形、孔方向が4方向で開孔率 1.66%の場合である。図から明らかなように、ピエゾメータの高さが 5cm~25cmまで高くなるにしたがい、ピエゾメータ管の排水量は一次関数的に減少する。一方ピエゾメータ管の排水量とは逆に、ピエゾメータ管の高さの増加に伴い保孔管

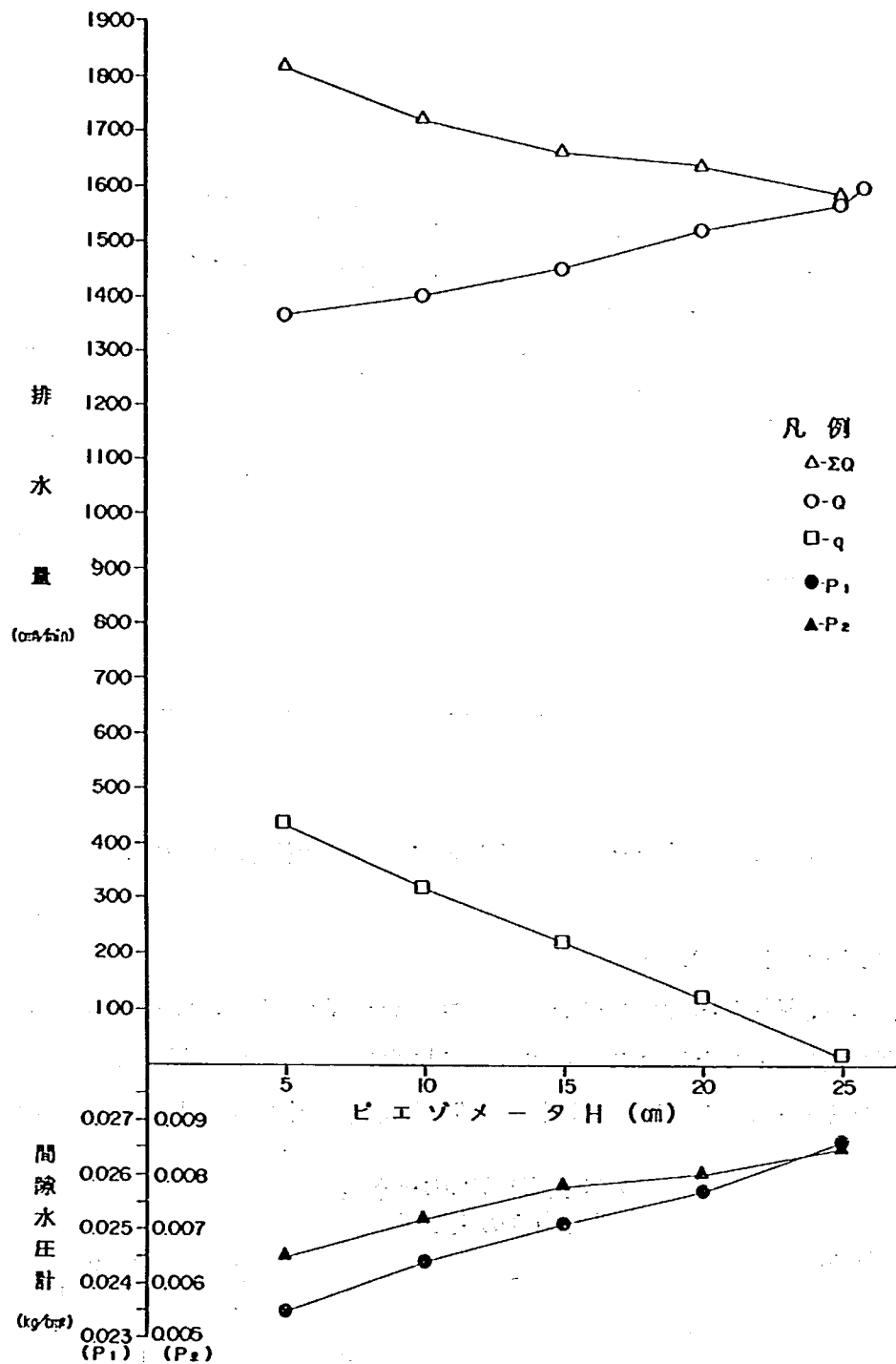


図-4.5 ピエゾメータと排水量との関係

の排水量は増大し、排水量の総和( $\Sigma Q$ )は減少する傾向がある。なお、他のケースについても値の差はあるものの同様な傾向を示した。

図-4.6は、図-4.5を孔形状と孔方向別によるピエゾメータの高さと開孔率が2%の場合の排水量との関係に示したものである。これによると、孔形状別では円形の取り込み量が一番多いことが分かる。したがって、保孔管の深度が地下水制限床より浅い、深いに関わらず、孔形状は円形が有利と考えられる。

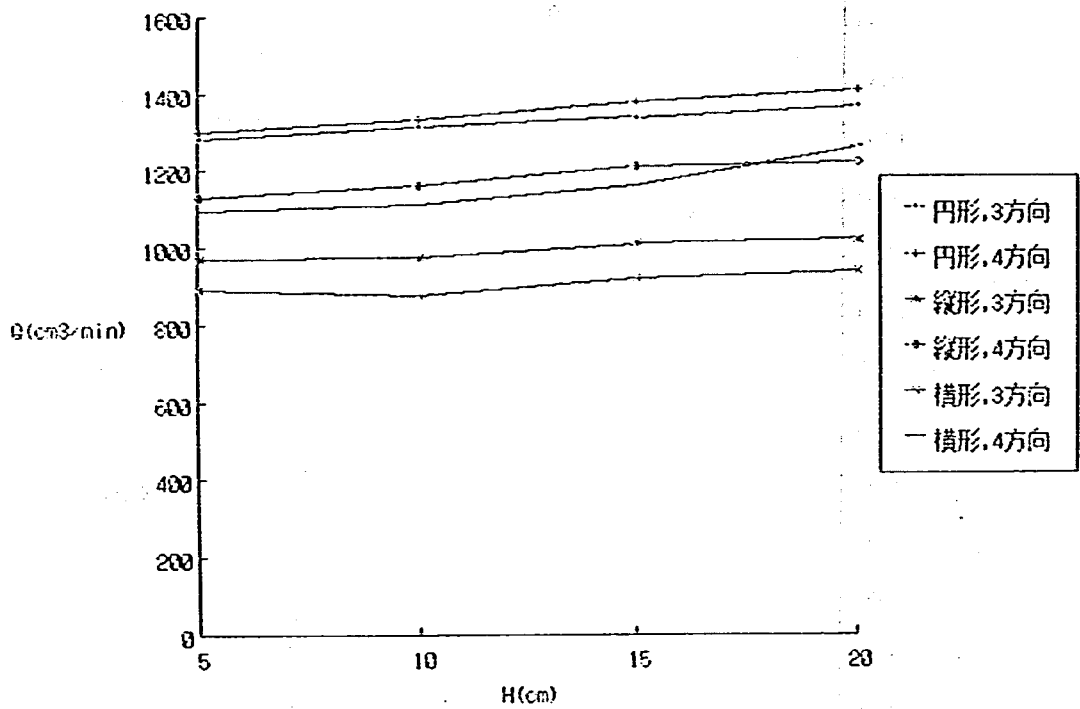


図-4.6 孔形状別によるピエゾメータと排水量との関係

#### 4.2.4 孔径と排水量との関係

図-4.7は、孔形状が円形で孔径をそれぞれ $\phi 3\text{mm}$ 、 $5\text{mm}$ 、 $7\text{mm}$ 、開孔率 1.7%の条件でピエゾメータの高さを5cmとした場合の保孔管からの排水量を示した。図から、1孔当りの集水量で見ると大孔径ほど有利と言えるが、開孔率 1.7%排水量で比較すると値にバラツキがみられ不明瞭である。

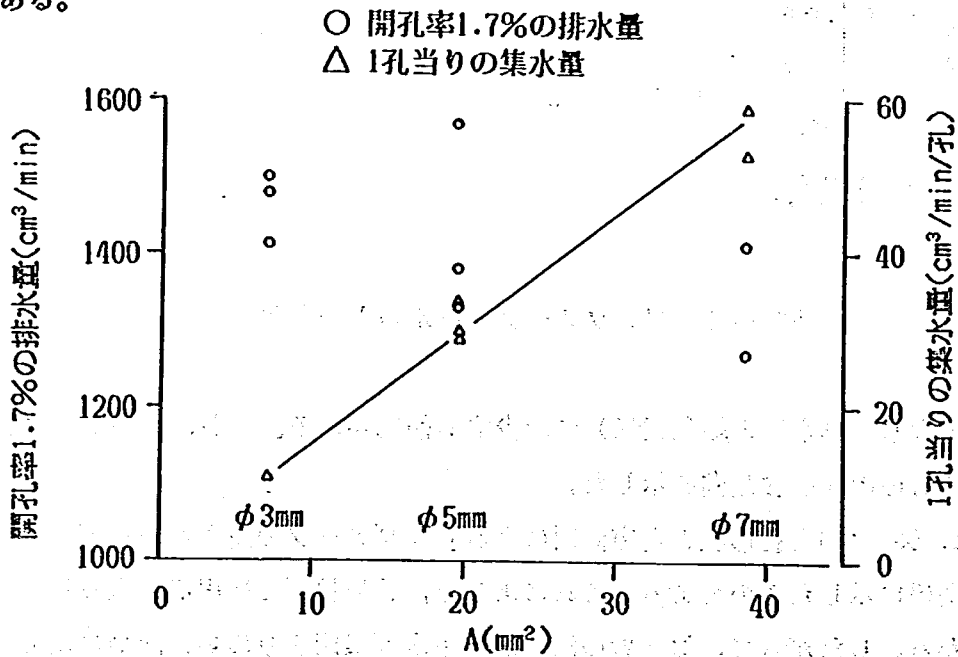


図-4.7 孔径と排水量との関係



#### 4.3 まとめ

以上の実験結果をまとめると以下のようになる。

均一土層内で飽和鉛直浸透流のもとでの実験では、

- ① 開孔率と保孔管からの排水量との関係を見ると、ピエゾメータの高さに関係なく開孔率2%以上では排水量の増加率が非常に減少している。すなわち、開孔率2%が排水能率の限界と考えられる。
- ② 孔形状別に保孔管からの排水量の多い順に示すと、円形>縦スリット>横スリットとなり円形と縦形との差は大きい。
- ③ 孔方向では3方向より4方向の排水量は多い。
- ④ 孔径の違い( $\phi 3, 5, 7$ mm)による1孔当りの集水量は、大孔径ほど有利と言えるが同一開孔率で比較すると排水量の値にバラツキがみられさほど差はみられない。

## 5. 集水機能の効率的な保孔管規格の検討 (水平浸透流の場合)

### 5.1 実験方法

実験槽内の地下水モデルは、前章で述べたごとく地すべり地内での地下水は脈状に流下したり、土塊の透水係数なども一様でなく非常に複雑である。また、地域毎に地下水の供給量、流出量、蒸発散量の違いも個々に相違がある。したがって、それらを十分に満足した地下水モデルを作成することはきわめて困難である。ここでは保孔管の有効な開孔率を求めること、及び浸透条件の違いによる水面形を得ることを目的とすることから、できるだけ地下水モデルは分かりやすい単純なものとした。

実験条件としては、

- ① 土層構成は一層とし、標準砂を用い透水係数は第三紀層地すべり地の自由地下水形成上部の土層の平均的な値である $k=10^{-3}$ cm/secオーダ (実験土層では $k=8.8 \times 10^{-3}$ cm/sec)とする。
- ② 保孔管は、現場で最も多く使用されているVP40塩ビ管を用い、標準砂中に水平に設置する。
- ③ 実験槽は、両端で水位調節が可能なものにし、飽和、不飽和の状態を作り出す。

#### 5.1.1 実験装置

図-5.1に実験装置の概要を示す。この実験槽(幅:200cm,高さ:60cm,奥行き:50cm)は、アクリル製のボックスで①, ②, ③層の3つに仕切られ、①, ③層は浸透水槽, ②層は保孔管(塩ビ管)を設置し、標準砂を充填した砂層からなる。①, ③層は外づけされた越流管(塩ビ管)の長さを調節することで任意に水位調整が可能で定水位を保つことができる。なお、実験槽の前

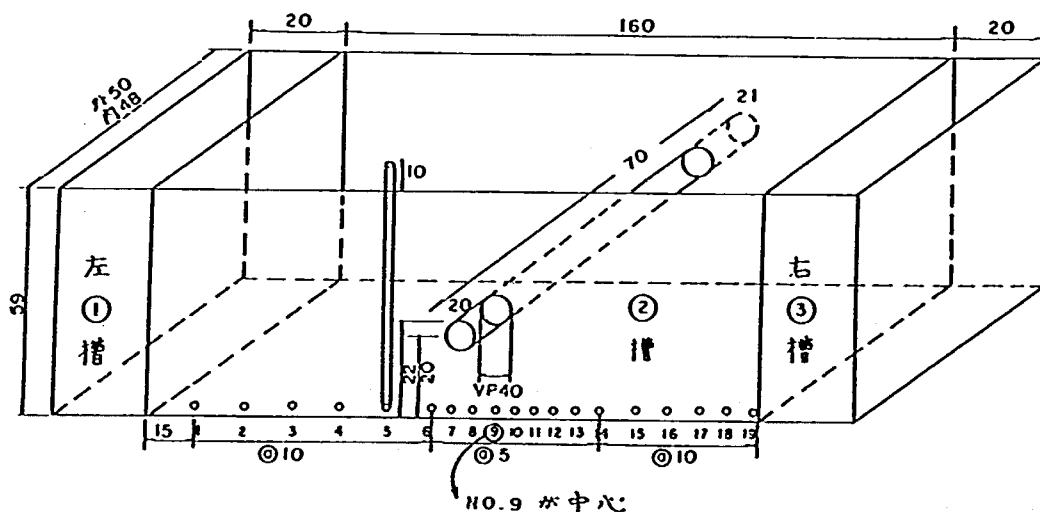


図-5.1 実験装置

面は透明塩ビで、実験槽内の様子が目視可能な状態となっている。この前面には、実験槽の中心から配管されたピエゾメータ管が一定の間隔毎に取り付けられており、実験槽中央部の水位が測定可能となっている。保孔管である塩ビ管は、実験槽の中央に底から 20cm(塩ビ管の中心で)の位置に固定し、両端にはバルブを取り付け流量調整と共に水量を測定可能な状態となっている。また、塩ビ管中の水圧の測定も可能な状態となっている。

### 5.1.2 実験ケース

表-5.1に実験ケースを示す。また、表-5.2に集水形状条件の一覧を、図-5.2に各々の土層の浸透条件を示す。保孔管はVP40塩ビ管を使用し、孔形状を円形( $\phi 5\text{mm}$ )にして孔方向を4方向と3方向、そして開孔率を0.43, 1.0, 2.0, 4.0%について、土層の浸透条件を飽和非定常流、飽和定常流、飽和非飽和定常流として実験を行った。各々のケースについて保孔管からの排水量、各ピエゾメータ管の水位を測定した。

土層構成	保孔管径	集水形状		
		形状	孔方向	開孔率 (%)
一層 (標準砂)	VP40 D <sub>1</sub> =48.0mm D <sub>2</sub> =40.5mm	円形 ( $\phi 5\text{mm}$ )	4方向	0.43
			3方向	1.0
				2.0
				4.0

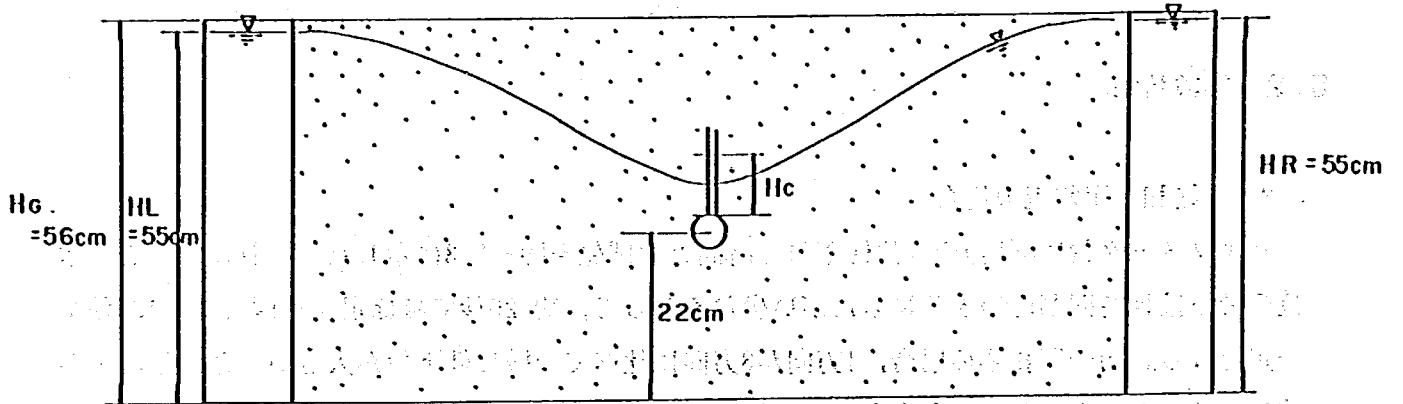
表-5.1 実験ケース

番号	方向	開孔率 (%)	1孔当り孔数	全孔数	全開孔面積(㎡)	開孔ピッチ(㎜)
①	4	0.43 (0.43)	4	16	314.08	120
②	4	1.0 (0.98)	9	36	706.68	53
③	4	2.0 (2.06)	19	76	1,491.88	25
④	4	4.0 (4.01)	37	148	2,905.24	13
⑤	3	0.43 (0.41)	5	15	294.45	96
⑥	3	1.0 (0.98)	12	36	706.68	40
⑦	3	2.0 (2.03)	25	75	1,472.25	19
⑧	3	4.0 (3.99)	49	147	2,885.61	10

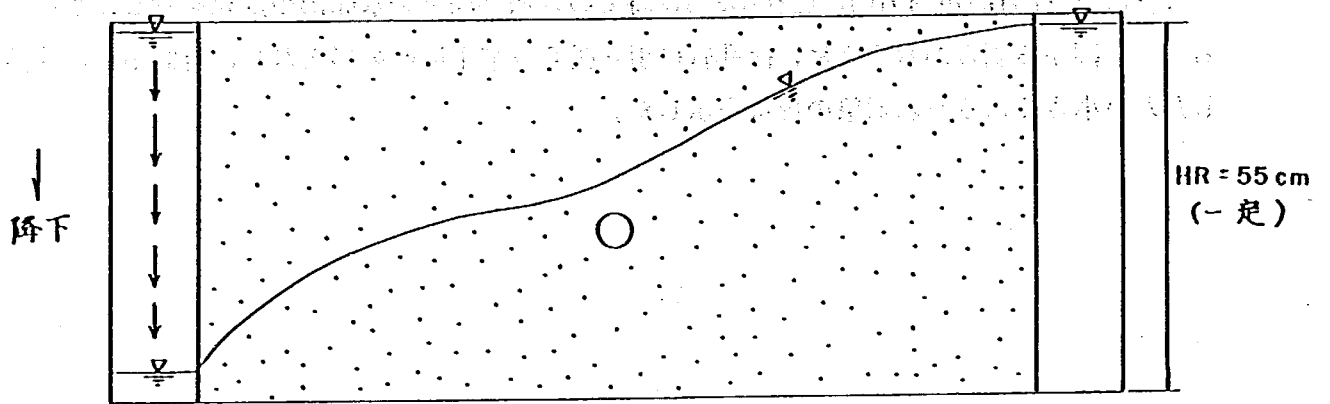
※ ( )は実際の開孔率

表-5.2 集水形状条件一覧

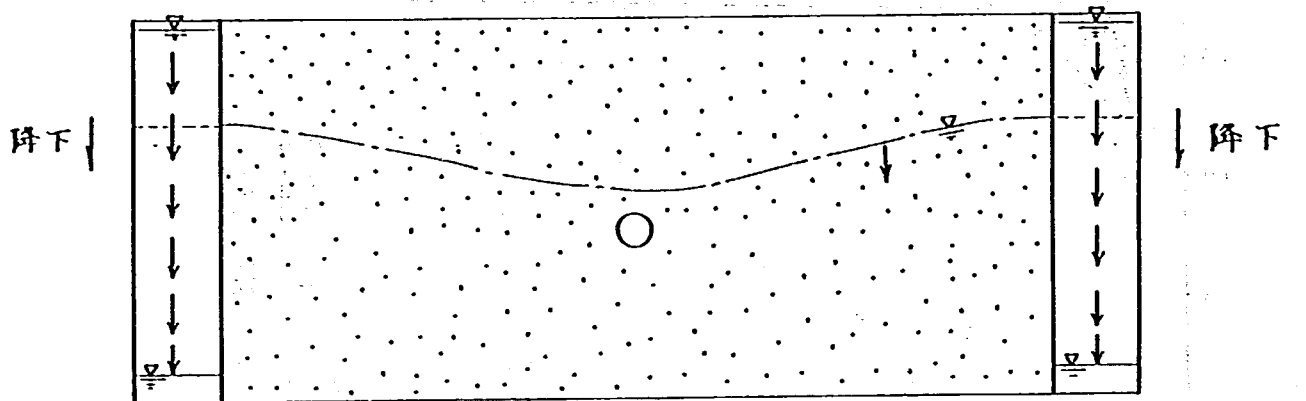
番号	方向	開孔率 (%)	1孔当り孔数	全孔数	全開孔面積(㎡)	開孔ピッチ(㎜)
①	4	0.43 (0.43)	4	16	314.08	120
②	4	1.0 (0.98)	9	36	706.68	53
③	4	2.0 (2.06)	19	76	1,491.88	25
④	4	4.0 (4.01)	37	148	2,905.24	13
⑤	3	0.43 (0.41)	5	15	294.45	96
⑥	3	1.0 (0.98)	12	36	706.68	40
⑦	3	2.0 (2.03)	25	75	1,472.25	19
⑧	3	4.0 (3.99)	49	147	2,885.61	10



左端 飽和非定常流 (条件) HL = HR = 55 cm  
 Hg = 56 cm  
 パルプ = open 75° (概ね)  
 t = 0.5, 5, 10, 15, 20, 60, 120 秒



飽和定常流 (条件) Hg = 56 cm, HR = 55 cm (一定)  
 HL: 55, 45, 35, 25, 15, 10 cm



飽和・不飽和定常流 (条件) Hg = 56 cm  
 HL = HR: 55, 45, 35, 25, 15, 10  
 → 15, 25, 35, 45, 55 cm

図-5.2 土層の浸透条件

## 5.2 実験結果

### 5.2.1 飽和非定常流の場合

ピエゾメータ管№9(P<sub>9</sub>)の水位低下量と時間との関係を図-5.3に示した。これによると、水位の低下量は時間が経過するにしたがい少なくなって、約20秒でほぼ定常状態となり120秒で一定となる。同一開孔率の場合、4方向が3方向に比べて一様に低下量が大きい。ただし、その差は開孔率が小さいものほど大きいのに比べ、開孔率4.0%ではほとんど差がなくなる。また、水位低下量は開孔率0.43%と1.0%で著しく差があるのに比べ、1.0%~4.0%の間での開きは少なく、特に4方向ではそれらの差があまりみられない。低下量の順序としては、0.43% < 1.0% < 2.0% ≒ 4.0%となった。

図-5.4は孔方向が4方向、開孔率2.0%時での経過時間別の水面形の変化を示したものである。この図から明らかなように、保孔管に引っ張られて下に凸の形となり、時間が経過するにしたがい小さくなり左右対象の形状を示した。

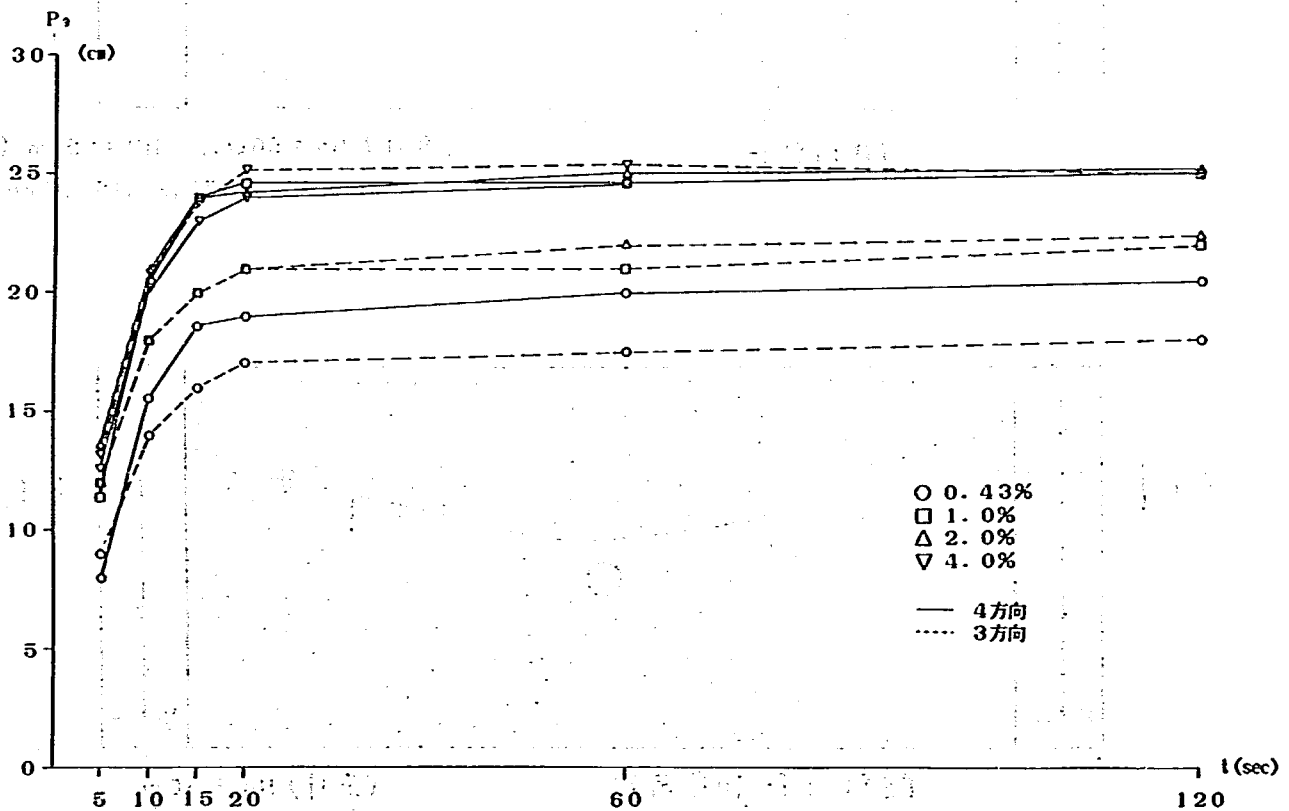


図-5.3 水位低下量と時間との関係

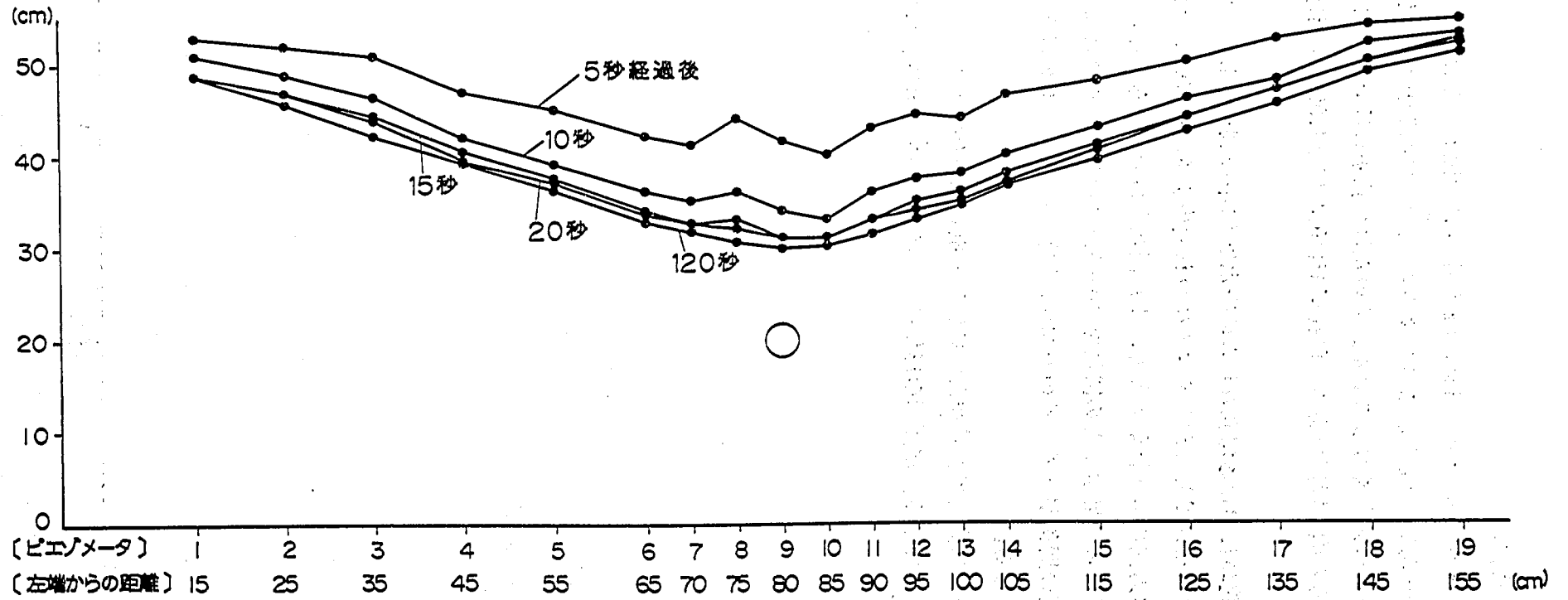


図-5.4 水面形状の変化

### 5.2.2 飽和定常流の場合

実験槽両端の水位を各々  $HL=55\text{cm}$ ,  $HR=55\text{cm}$  (図-5.2参照)とした場合の $P_9$ の水位低下量と開孔率との関係を図-5.5に示した。これによると、飽和非定常流の場合と同様に4方向が3方向に比べて水位低下量は大きくなっている。その差は開孔率の低い順に大きく、逆に開孔率の高い4.0%ではほとんど同じ程度である。開孔率では0.43%と1.0%との水位低下量の開きが大きい。

$HL=55\sim 10\text{cm}$ の変化時における保孔管からの排水量を図-5.6に示した。 $HL$ の高さが高くなるにつれ、各ケースとも排水量は $HL$ が低くなるにつれ減少する。孔方向別では、 $HL$ の高さに関係なく3方向に比べて4方向の排水量が大きく、また開孔率の大きいものほど大きくなっている。

$P_9$ の水位と保孔管からの排水量との関係を 図-5.7に示した。これによると、各ケース毎に異なるものの正比例の関係がある。その勾配は、開孔率が大きいものほどきつく、逆に小さいものでは緩い傾きとなる。

図-5.8は、孔方向が4方向で開孔率2.0%時での  $HL$ の水位(55~10cm)の変化にともなう水面形の変化を示したものである。水面形の形状は、全てにおいて埴比管側に引っ張られて $P_8\sim P_9$ で下に凸の形となる。

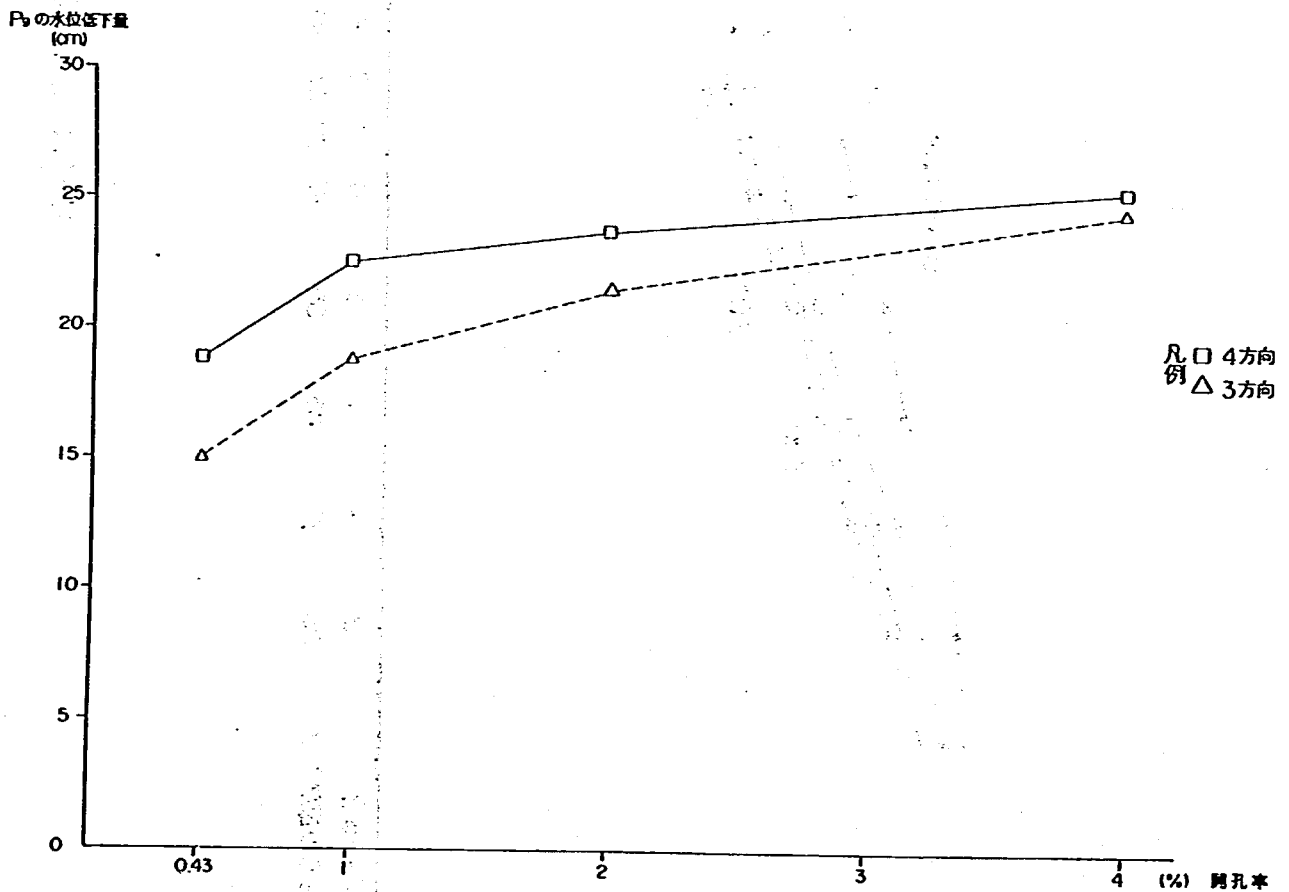


図-5.5 水位低下量と開孔率との関係



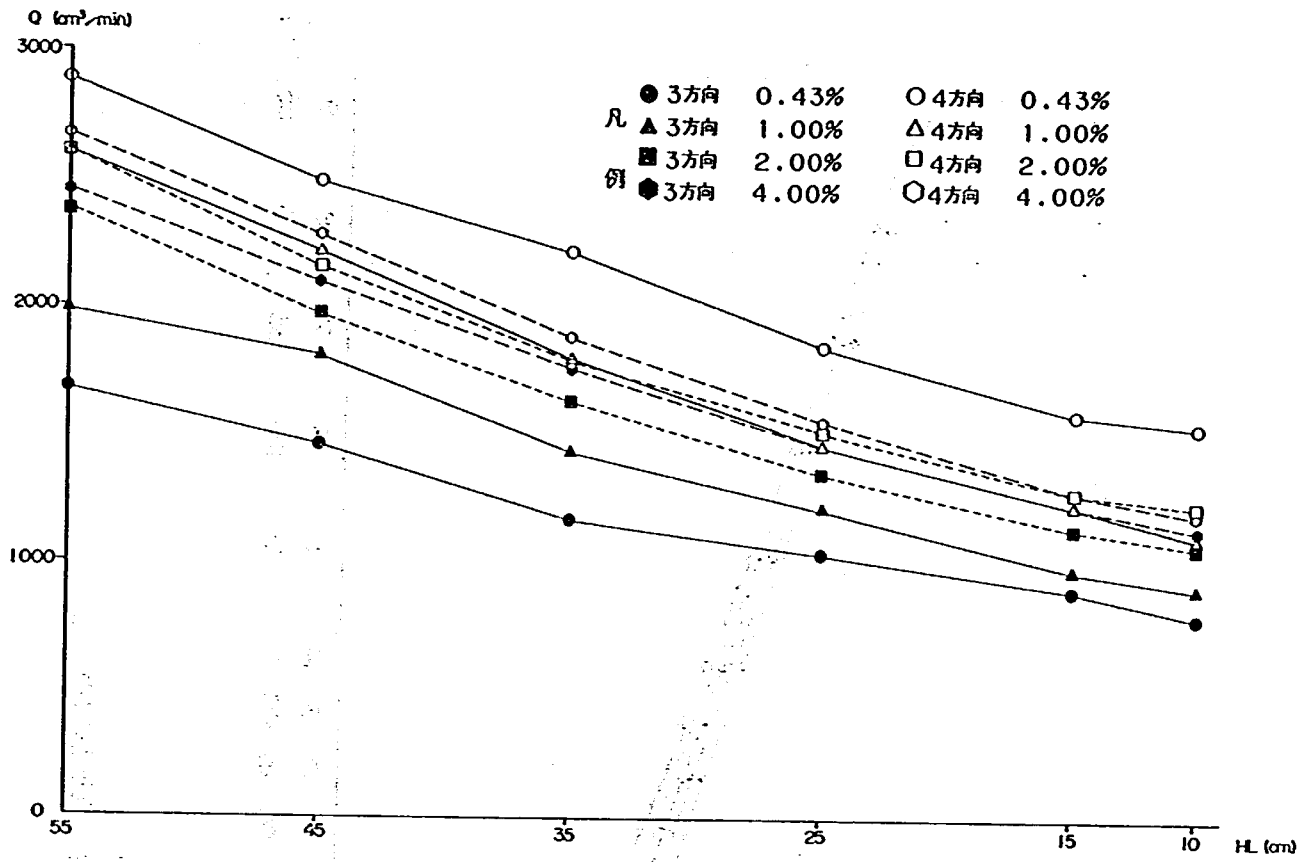


図-5.6 水位の変化と排水量との関係

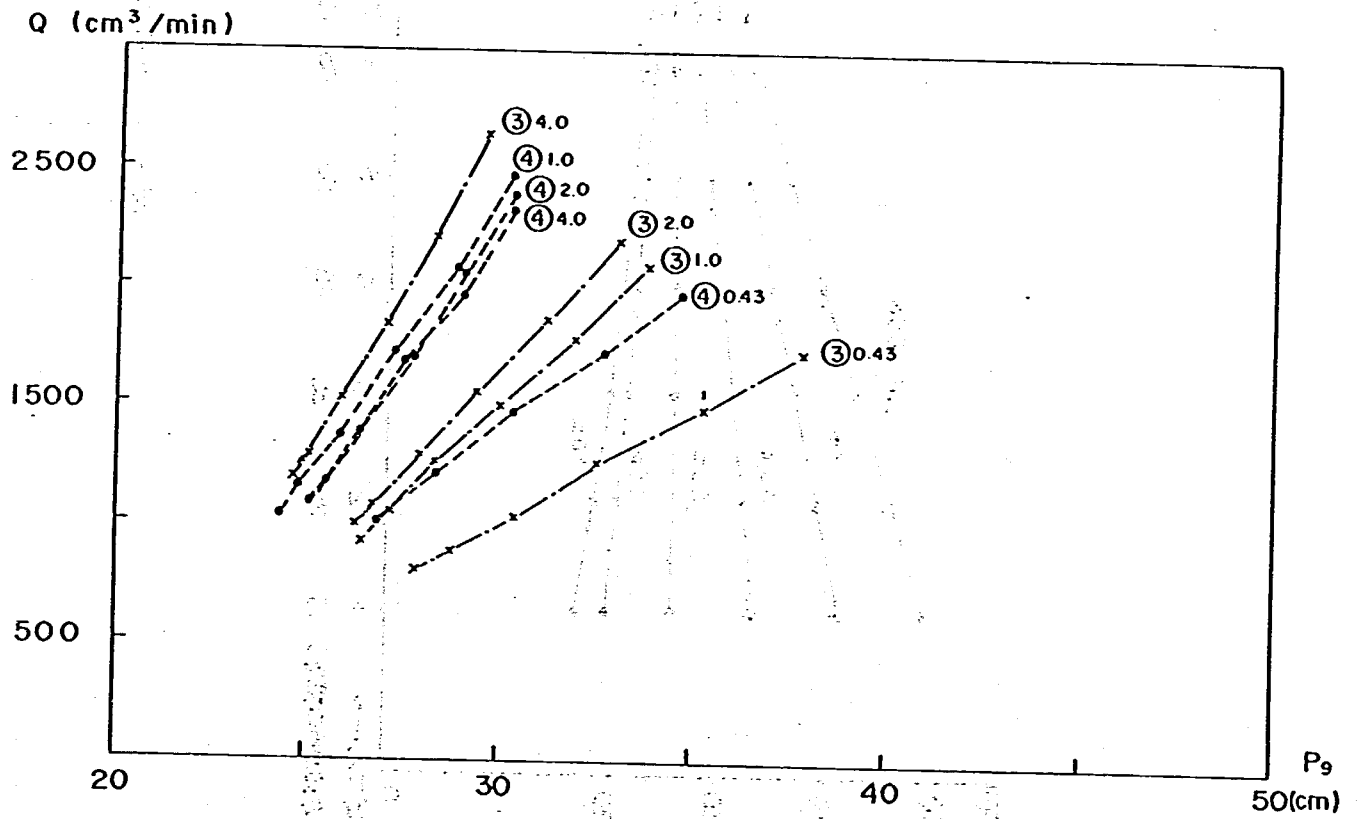


図-5.7 P9の水位高と排水量との関係

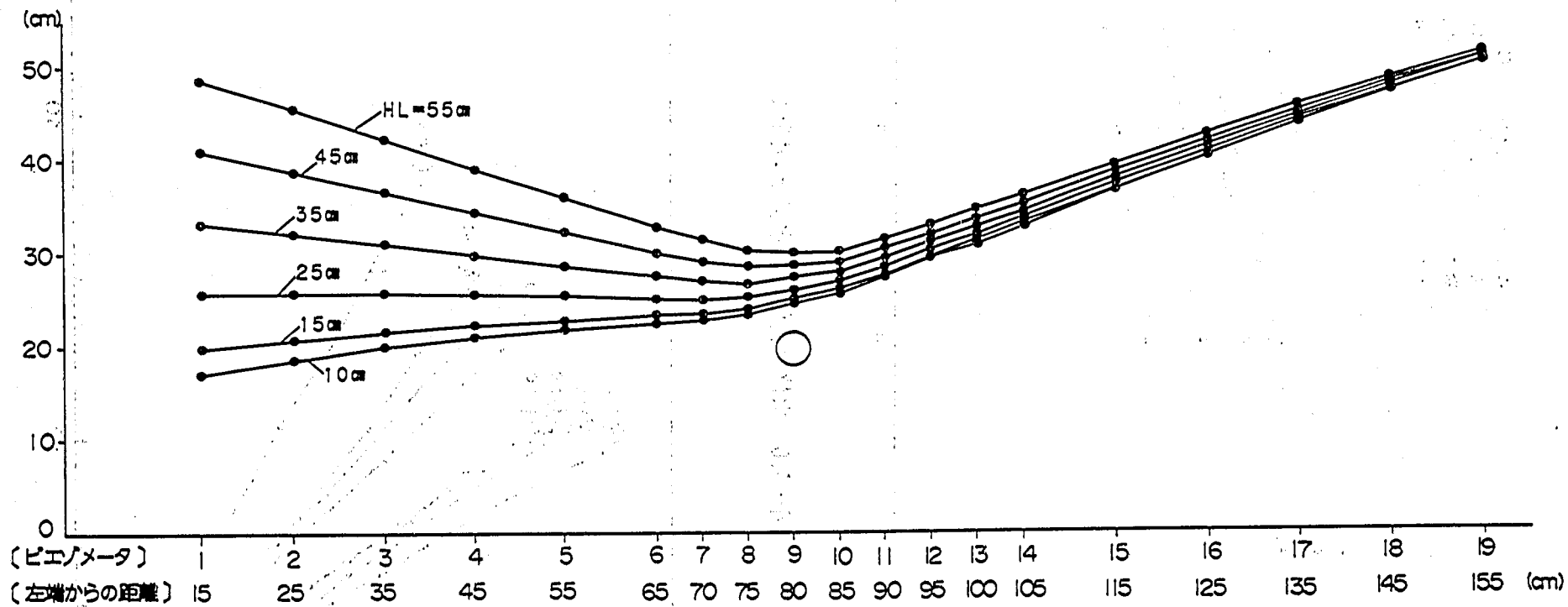


図-5.8 水位の変化にともなう水面形状の変化

### 5.2.3 飽和不飽和定常流の場合

実験槽両端の水位を、各々 $HL=HR=55\text{cm}$ とした場合の $P_9$ の水位低下量と開孔率との関係を図-5.9に示した。これによると、飽和非定常流、飽和定常流の場合と同様に孔方向では、4方向が3方向に比べて水位低下量が大きくなっている。また、開孔率では $0.43 < 1.0 < 2.0 < 4.0\%$ となる。

$HL$ 、 $HR$ の変化時における保孔管からの排水量を図-5.10に示した。両端の水位降下及び上昇に比例して排水量は低下及び増大している。なお、 $H=10, 15\text{cm}$ では塩ビ管より下に位置するため塩ビ管からの排水はない。また飽和定常流の場合と同様、排水量は4方向が3方向に比べて大きく、また開孔率も総じて大きいものほどよく排水している。

保孔管からの排水量と $P_9$ の水位高との関係では、飽和定常流の図-5.7の場合と同様に排水量は各ケース毎に差はあるもののほぼ正比例となった。

水面形の形状を図-5.11に示す。この図は、孔方向4方向で開孔率2.0%時での $HL$ 、 $HR$ の水位変化にともなう場合である。塩ビ管より上 ( $HL=HR=55\sim 25\text{cm}$ ) の時では下に凸、塩ビ管より下 ( $HL=HR=15\sim 10\text{cm}$ ) の時では上に緩く凸の形状となった。基本的に下降時と上昇時の水位差は少ないようである。

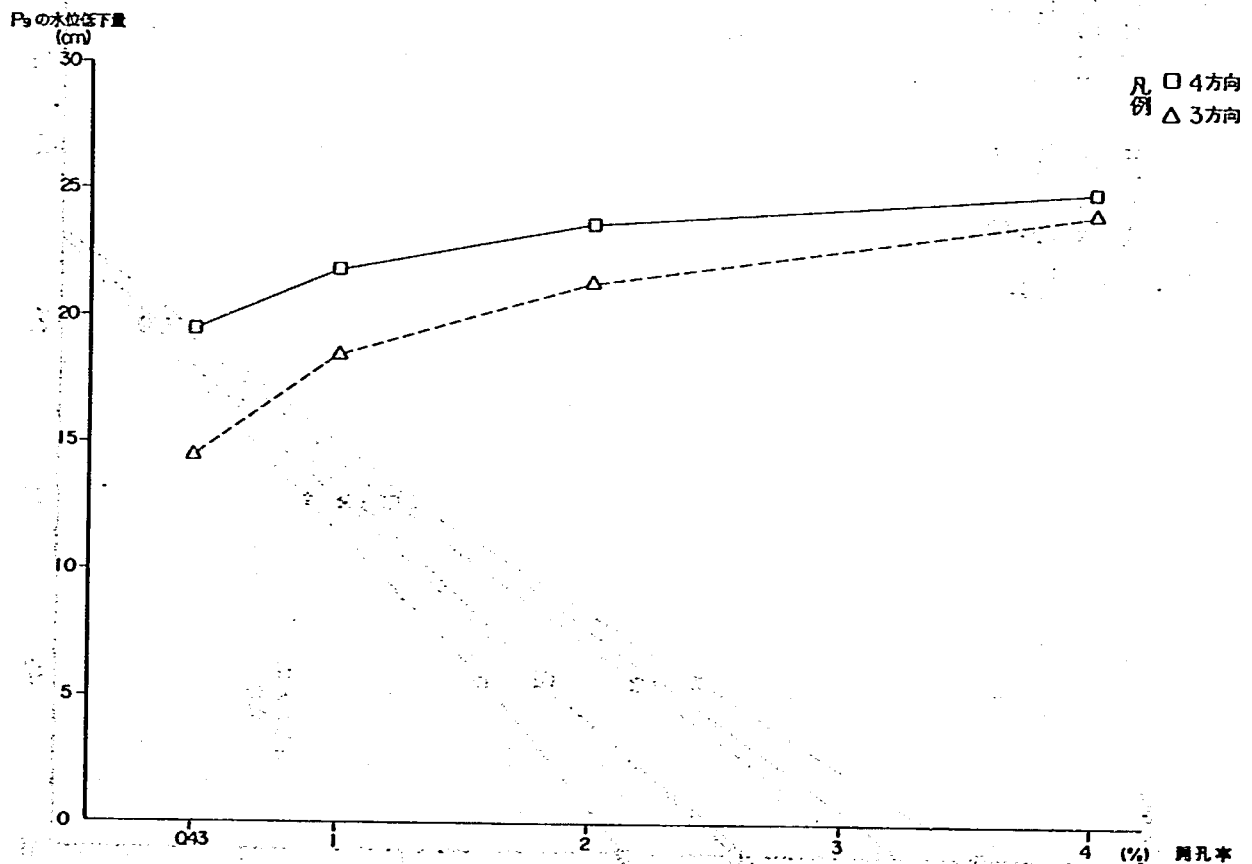


図-5.9 水位低下量と開孔率との関係

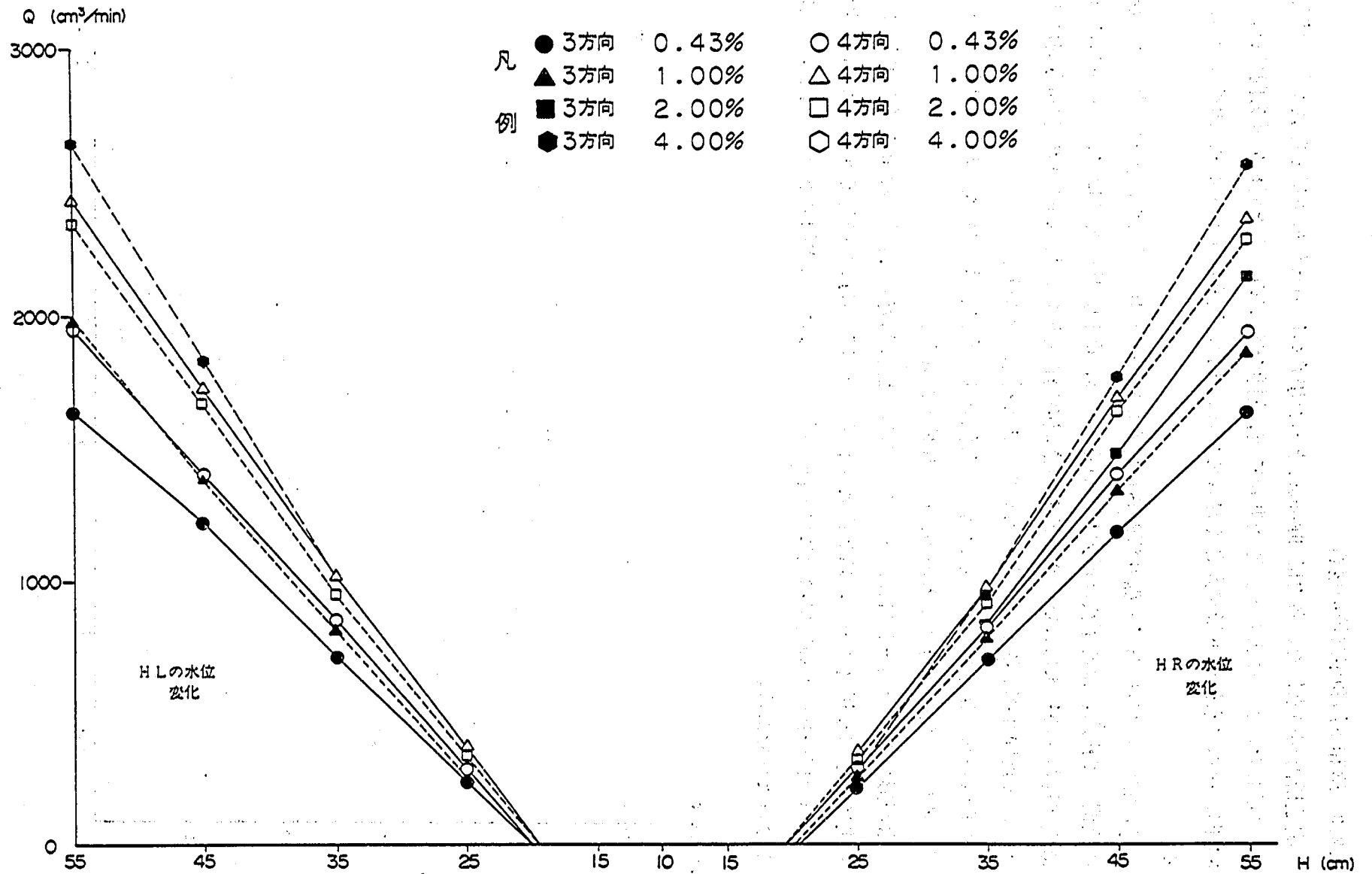


図-5.10 水位の変化と排水量との関係

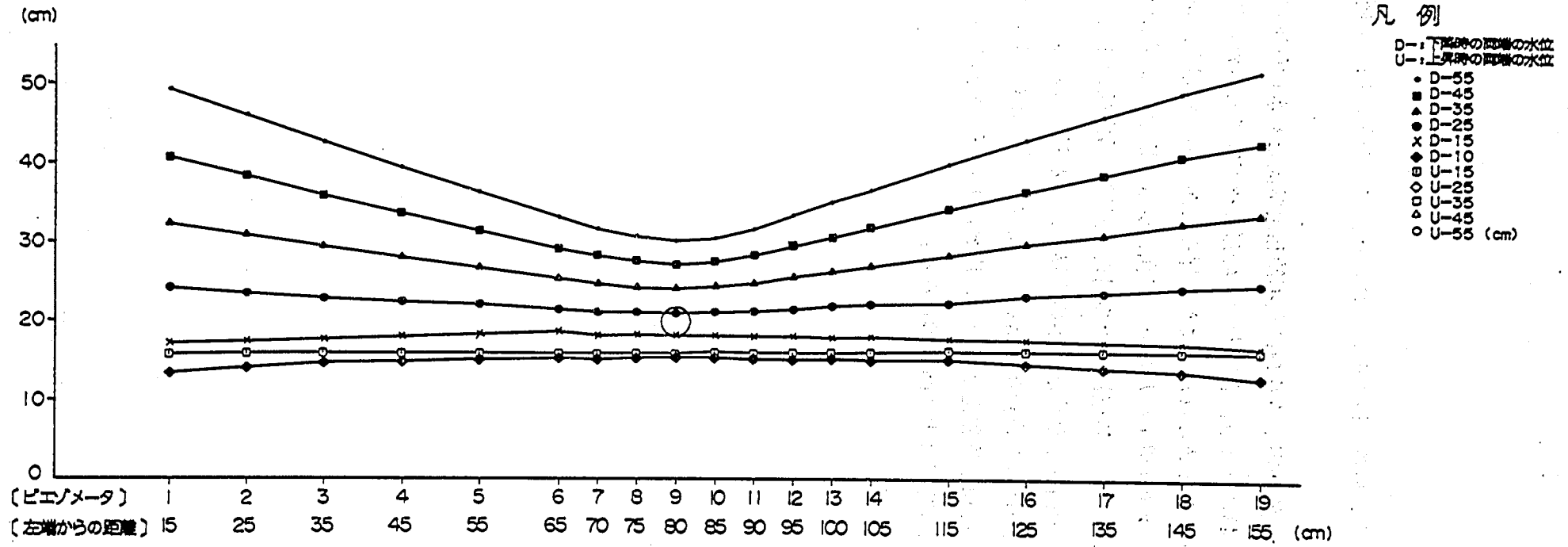


図-5.11 水位の変化にともなう水面形状の変化

### 5.3 まとめ

以上の実験結果をまとめると以下のようになる。すなわち、均一土層内で水平浸透流のもとでの実験では、

- ① 飽和非定常流，飽和定常流及び飽和不飽和定常流とも水位低下量は総じて開孔率では  $4.0 > 2.0 > 1.0 > 0.43\%$  となり，孔方向では4方向 > 3方向であった。このうち 0.43%と1.0%の低下量に大きな差が認められた。また，保孔管からの排水量と水位低下高は正比例する。
- ② 開孔率が1.0~2.0%以上になると，保孔管からの排水量及び水位低下量の増大はそれほど生じない。したがって，鉛直浸透流の場合と同様に透水係数  $k=10^{-3}/\text{cm}/\text{sec}$  オードの場合には，1.0~2.0%の開孔率が集水能率の限界であると考えられる。
- ③ 水面形の形状をみると飽和非定常流，飽和定常流とも塩ビ管側に引っ張られた水面形（下に凸）となる。飽和不飽和定常流では，塩ビ管より下の両端水位の時では下に凸，塩ビ管より上の両端水位の時では上に凸の形となる。

## 6. 保孔管開孔部からの漏水率の検討

### 6.1 実験方法

実験槽での地下水モデルは、前章と同様の理由からここでは土層条件、開孔率、勾配の違いによる漏水率の相互関係を知るためできるだけ単純なものとした。

実験条件としては、

- ① 土層構成は一層とし、材料には標準砂（透水係数 $K=8.8 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ ）、小砂利（ $K=1.6 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ ）を用い、無土層の場合も試みる。
- ② 保孔管は、現場で最も多く用いられているVP40塩ビ管を用いる。
- ③ 保孔管は、実験槽の両端で勾配変化の可能なものにし $3^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $8^\circ$ 、 $10^\circ$ の角度をもたせ実験槽に設置する。

#### 6.1.1 実験装置

図-6.1に実験槽の概要を示す。実験槽の寸法は幅1.4m、高さ0.4m、奥行き0.35mでアクリル製の水槽である。水槽は仕切り板によって5つの層に区切ることが可能で、両端は給水層(①)、排水層(⑥)であり、③層は保孔管(塩ビ管)を設置した後、小砂利、標準砂を充填させるようになっている。水槽の底板(両端の水槽は除く)には穴を設け、条件によっては穴を塞ぎ漏水を防ぐ構造としてある。また、保孔管の勾配は仕切り板を入れ換えることによって、 $3^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $8^\circ$ 、 $10^\circ$ の角度に設定できる。

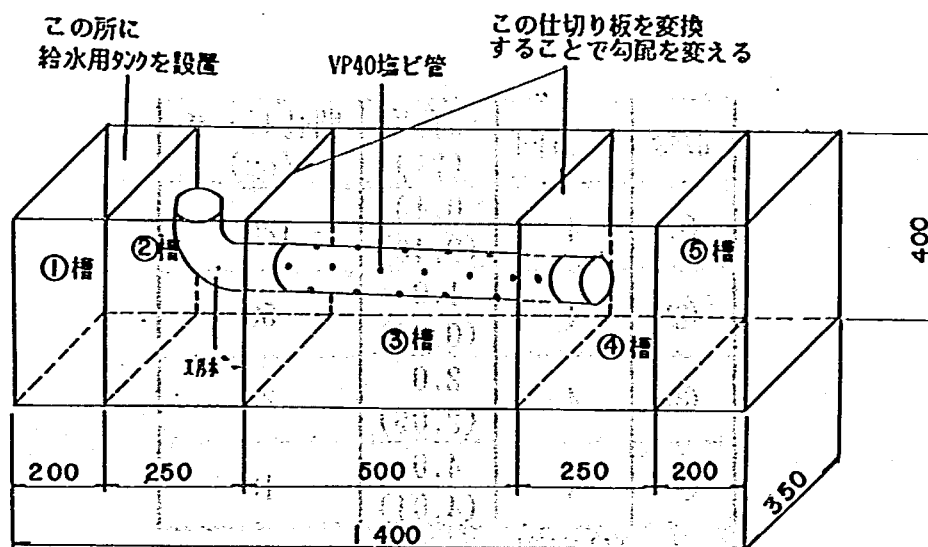


図-6.1 実験装置

### 6.1.2 実験ケース

表-6.1に実験ケースを、表-6.2に集水形状条件の一覧を示した。横ボーリング工の保孔管としては、現地で最も多く使用されている VP40 埴ビ管用い、孔形状を円形( $\phi 5\text{mm}$ )とした。孔方向は4方向とし、開孔率は0.43%、1.0%、2.0%、4.0%で行った。また、保孔管の勾配を $3^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $8^\circ$ 、 $10^\circ$ に角度を変えた実験も試みた。

土層構成	勾配	保孔管径	集水形状		
			孔形状	孔方向	開孔率 (%)
小砂利	$3^\circ$	VP40	円形 ( $\phi 5\text{mm}$ )	4方向	0.43
標準砂	$5^\circ$	$D_1=48.0\text{mm}$ $D_2=40.5\text{mm}$			1.0
無土層	$8^\circ$				2.0
	$10^\circ$				4.0

表-6.1 実験ケース

番号	孔方向	開孔率 (%)	開孔ピッチ (mm)
①	4	0.43 (0.43)	120
②	4	1.0 (0.98)	53
③	4	2.0 (2.06)	25
④	4	4.0 (4.01)	13

※ ( )は実際の開孔率

表-6.2 集水形状条件



一般に横ボーリング孔からの排水量は毎分1~2ℓ程度であると思われ、保孔管からの漏水は管の下向きの孔に限られると考えられる。しかし、まれに毎分 100ℓを超える排水量が確認される場合もありうる。したがって、横方向からの漏水も配慮したケースについての実験も行った。

各々のケースについて、給水量と保孔管からの排水量を測定し漏水率を求めた。なお漏水率は、 $(1 - \text{排水量} / \text{給水量} \times \cos\theta) \times 100$ で算出する。

## 6.2 実験結果

### 6.2.1 下方向漏水率について

土層別（無土層, 小砂利, 標準砂）に開孔率をパラメータとして漏水率と勾配との関係を図-6.2に示した。これらによると、値に多少のばらつきはみられるものの、各土層とも  $3^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $8^\circ$ 、 $10^\circ$  の勾配では漏水率に差はほとんどみられない。また、開孔率では当然のように開孔率の大きな順で漏水率が大い。しかし透水係数の違いか、または孔に接する粒径の違い等による影響で開孔率別での漏水率の幅がせばまり、標準砂の土層では開孔率0.43%と他の開孔率の間で僅かな差が認められる程度である。

保孔管勾配 $5^\circ$ で土層をパラメータとして漏水率と開孔率との関係を図-6.3に示した。図から明かなように、開孔率が大きく透水係数が大きくなるにしたがい漏水率も大きくなる傾向がみられる。現在、現地で多く使用されている開孔率0.43%で勾配 $5^\circ$ の場合でも20%程度の漏水率が見込まれる。

### 6.2.2 横方向漏水率について

土層別に横方向と下方向での漏水率と開孔率との関係を図-6.4に示した。いずれのケースも横方向からの漏水率が下方向のそれより上回っている。土層別の漏水量では、下方向の時と同様に透水係数が大きくなるほど、漏水量が大きくなる傾向がある。

## 6.3 まとめ

以上の結果をまとめると以下のようなになる。

- ① 勾配の変化に関係なく漏水率は、各土層ともほとんど差はみられない。
- ② 開孔率の大きなものほど漏水率は大い。しかし、標準砂の場合ではさほどその差はみられない。これは透水係数の違いか、孔に接する粒径の違いによる影響であると考えられる。
- ③ 現在多用されている保孔管の開孔率0.43%では、約20%の漏水率が見込まれる。

④ 下方向と横方向での漏水率では、横方向の方が大きい。

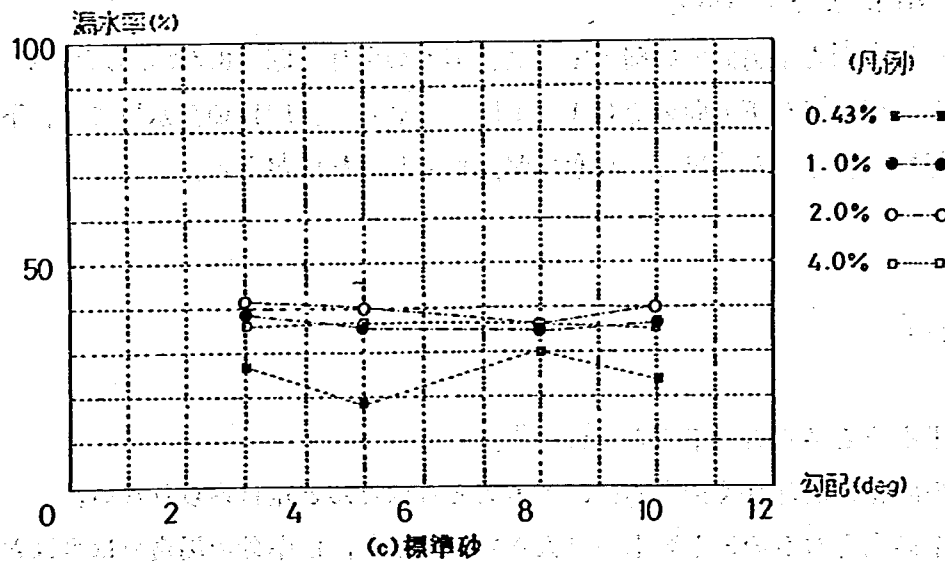
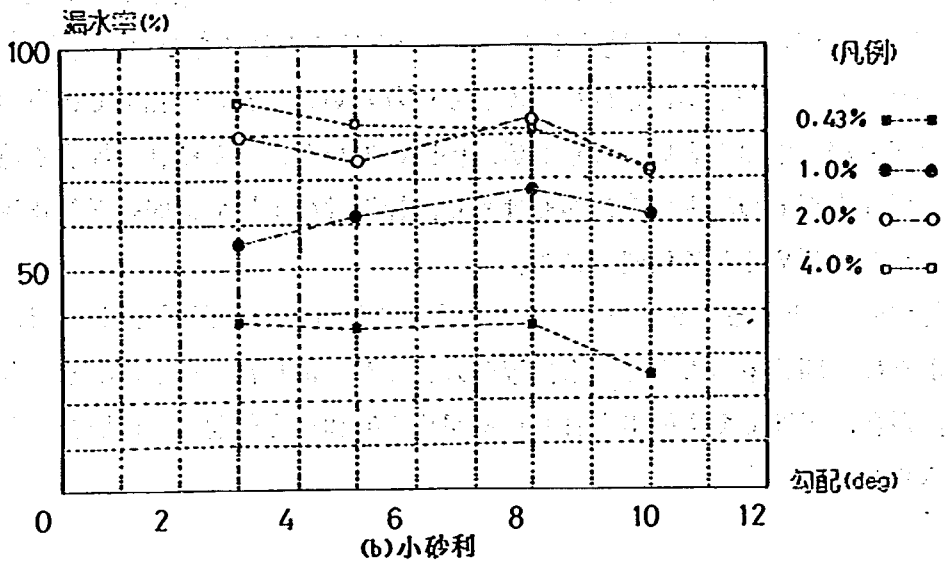
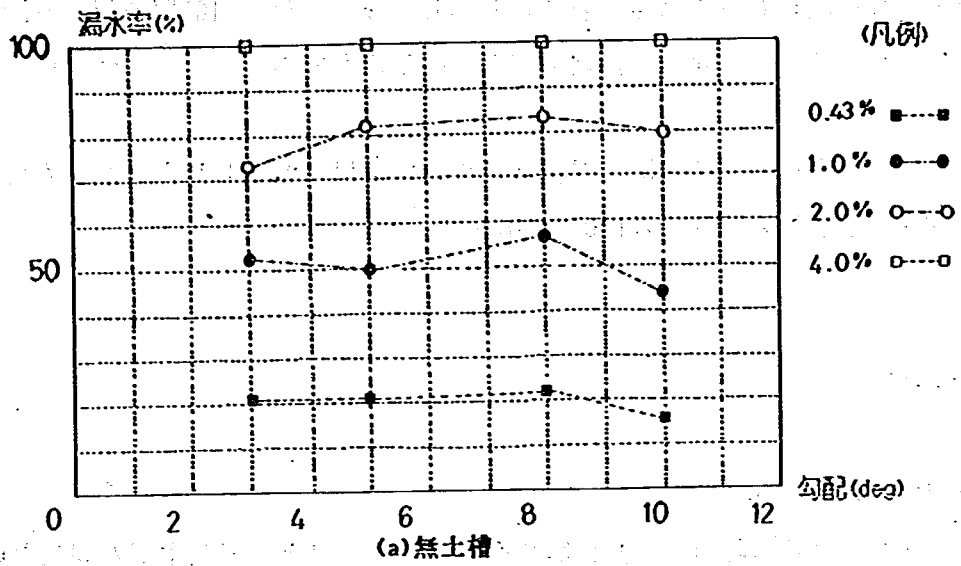


図-6.2 漏水率と勾配との関係

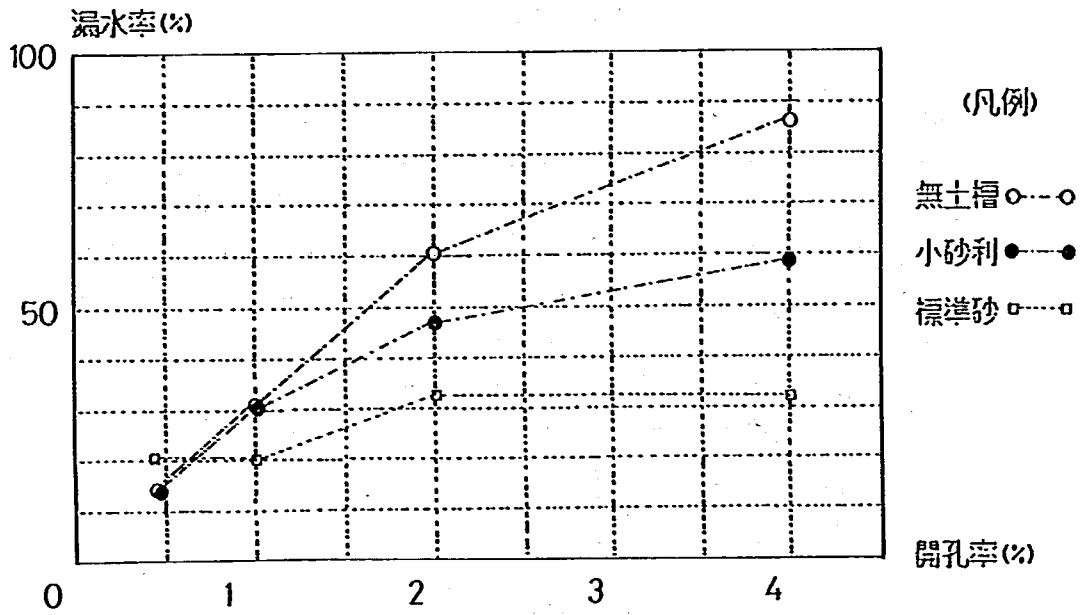


図-6.3 漏水率と開孔率との関係

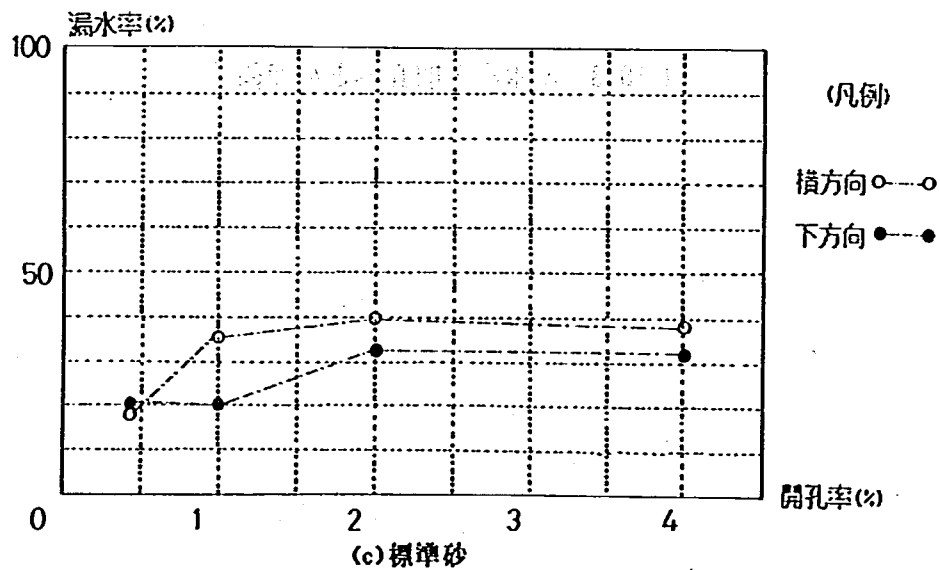
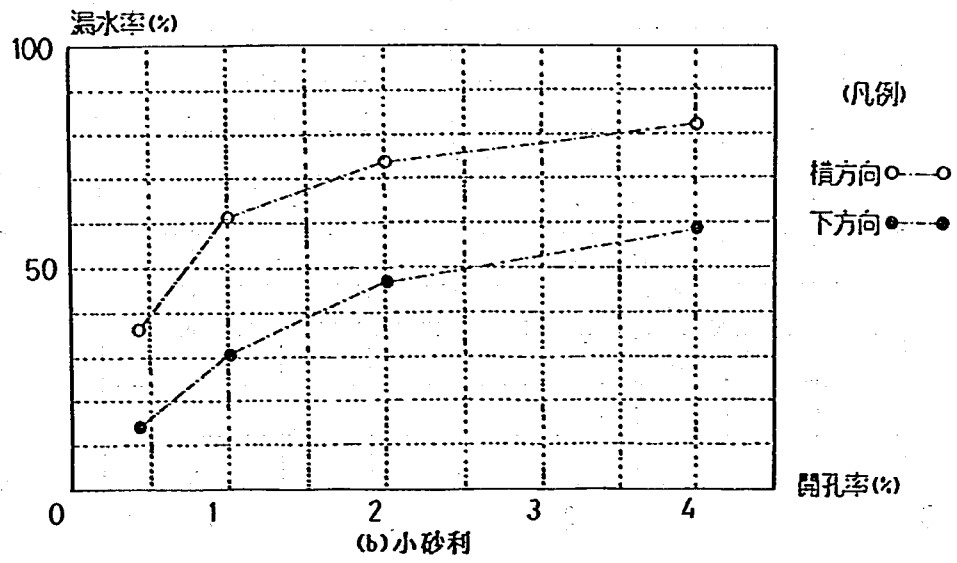
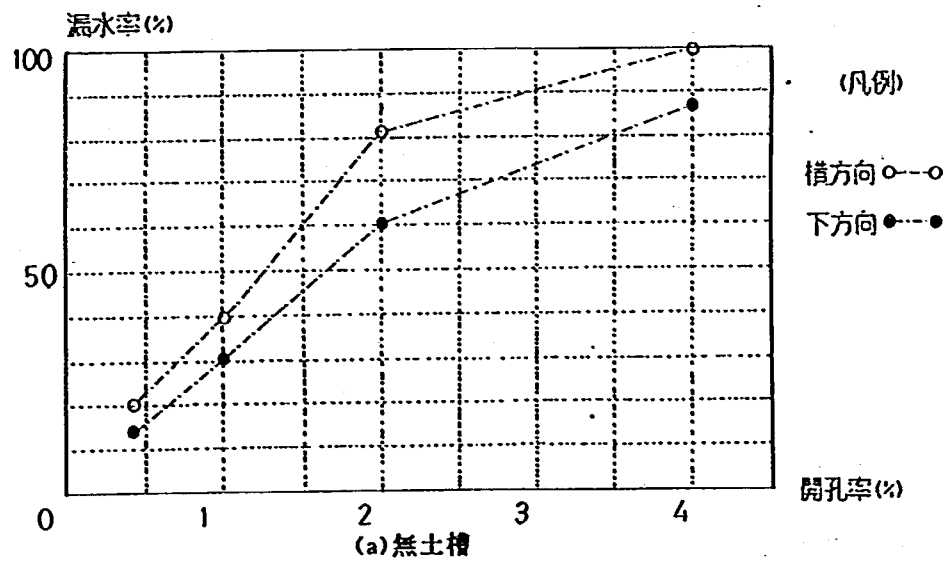


図-6.4 横方向と下方向での漏水率と開孔率との関係

## 7. 保孔管の洗浄サイクルの検討

集水効率のよい保孔管を用いて現場に施工したにしても、その後数年のうちに保孔管の目詰まり現象、破損等が発生して集水効果が低下し排水能率が落ち、保孔管としての機能の維持ができなくなると考えられる。したがって、現在ではその維持をしていくために保孔管の洗浄が実施されている。しかし、保孔管の洗浄を行う際に施工後どれくらい経過したら実施すべきかなんら目安がないのが現状である。ここでは、新第三紀の寺泊層にあたる黒色泥岩地帯の猿供養寺地すべり地で、横ボーリング工周辺の間隙水圧及び横ボーリング孔からの排水量をそれぞれ測定していることから、その観測結果を用いて保孔管の洗浄サイクルの検討を試みた。

### 7.1 猿供養寺地すべりの概要

猿供養寺地すべりは、新井市の南東約15kmにある(図-7.1参照)。この地すべりは、丈ヶ山より猿供養寺集落を経て大熊川に達する延長約1.5km、高低差約260mの区域であり、地すべり地上部において不動地によって東部と西部に分離される。今回の調査検討した横ボーリング工は、東部ブロック群中間部の東翼のブロックに位置する。このブロックの地すべり規模は、延長約125m、幅40m、高低差30mの馬蹄形を呈し、約4mの滑落崖の下に平均勾配12°の地すべり斜面を形成している。図-7.2にその平面図を示す。

地質は、新潟県に広く分布する新第三紀の寺泊層にあたる黒色泥岩地帯である。土層構成は地表からおおむね崩積土、強風化泥岩、風化泥岩、泥岩に区別できる。すべり面は、崩積土と強風化泥岩の境に位置し、深度は4m~6m内外である。

なお詳細については、文献に記載されているため参考とされたい<sup>4)</sup>。

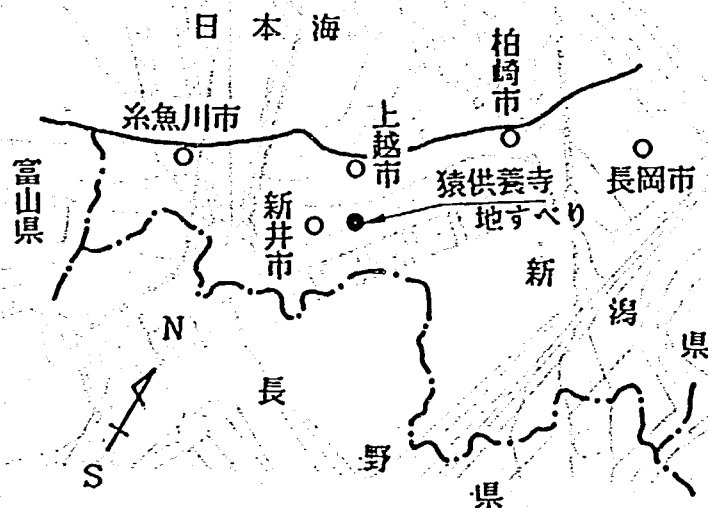


図-7.1 位置図

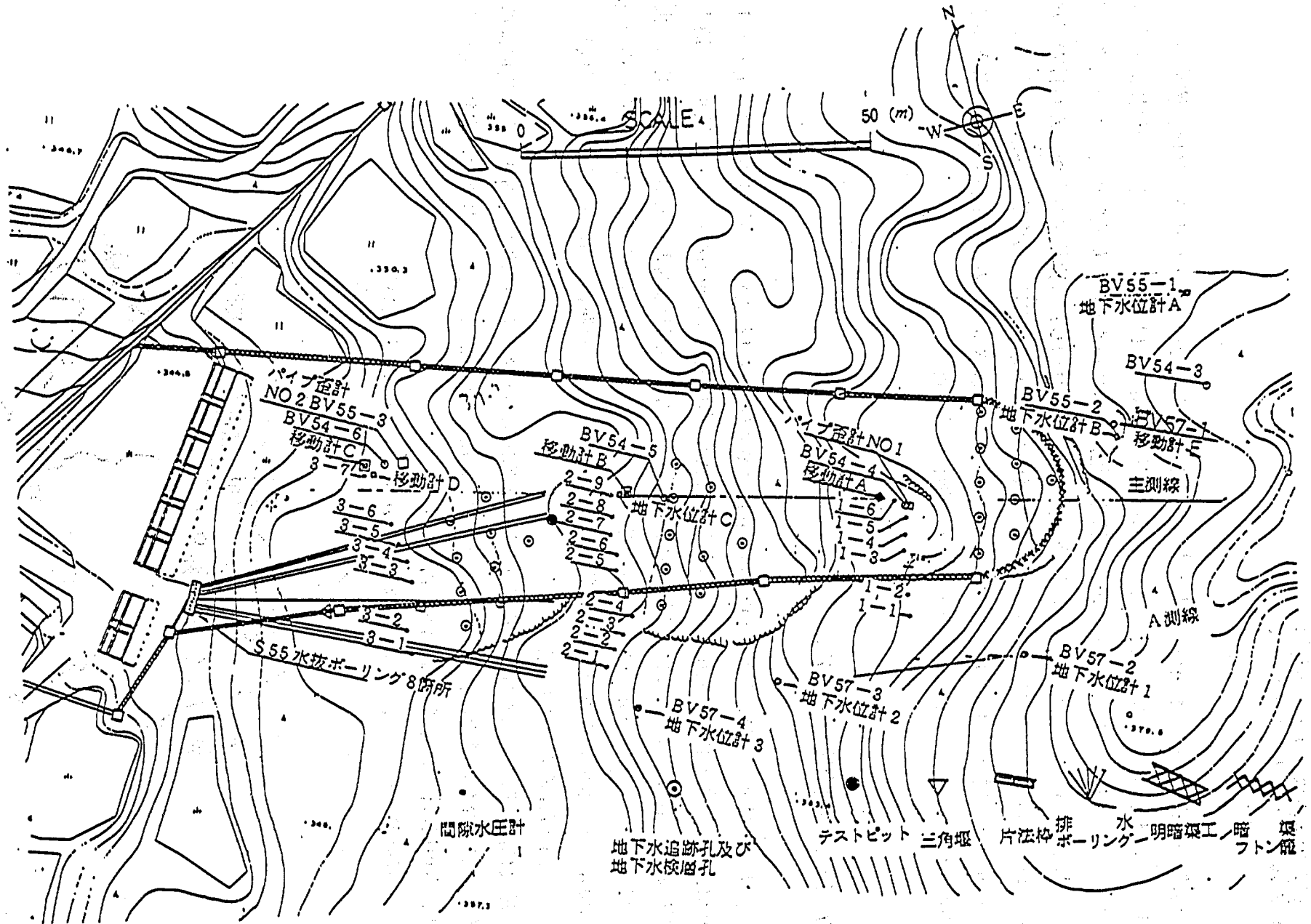


図-7.2 調査対象ブロック平面図

## 7.2 横ボーリング工の位置と構造

横ボーリング工の設置位置は、図-7.2 に示すようにブロック末端部に扇状に地すべり斜面内へ5本、左岸側不動地へ3本、計8本である。それぞれの延長は 50m で、新潟県により昭和56年2月から 3月にかけて施工された（地すべり活動が活発となったため緊急に施工）。なお昭和56年10月以降、左岸側不動地に向けられた3本は損壊した。

横ボーリング工に使用された保孔管は、材質がVP40塩ビ管で孔形状を円形とし 図-7.3に示すような構造である。

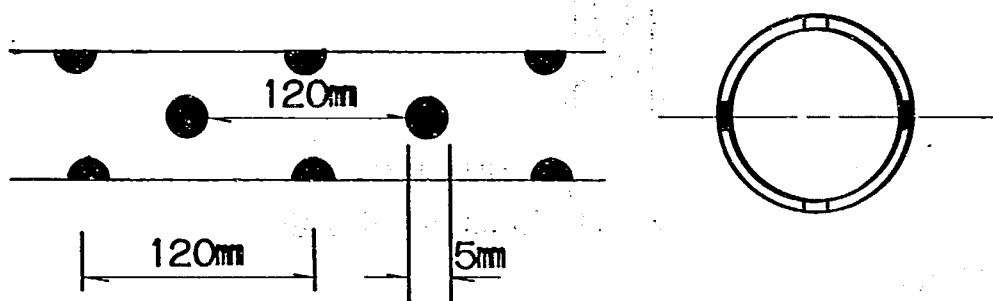


図-7.3 保孔管の集水形状

## 7.3 観測方法

### 7.3.1 間隙水圧測定

間隙水圧計の配置は、図-7.2に示すように横ボーリング孔先端部に9基、中間部に 6基であり、昭和56年2月から観測を開始した。設置深度は すべり面直上部とした。観測方法は、図-7.4 に示すように  $\phi 66\text{mm}$  のボーリング孔に間隙水圧計を挿入して、上下は砂でその上部はベントナイトでシールし測定器により一週間毎の手動観測を行っている。

### 7.3.2 排水量測定

横ボーリング孔からの排水量の観測は、地すべり斜面内に向いている 5本について、昭和57年11月からその排水孔をまとめてバケツ式流量計を用い、自記記録により総流量を測定している。

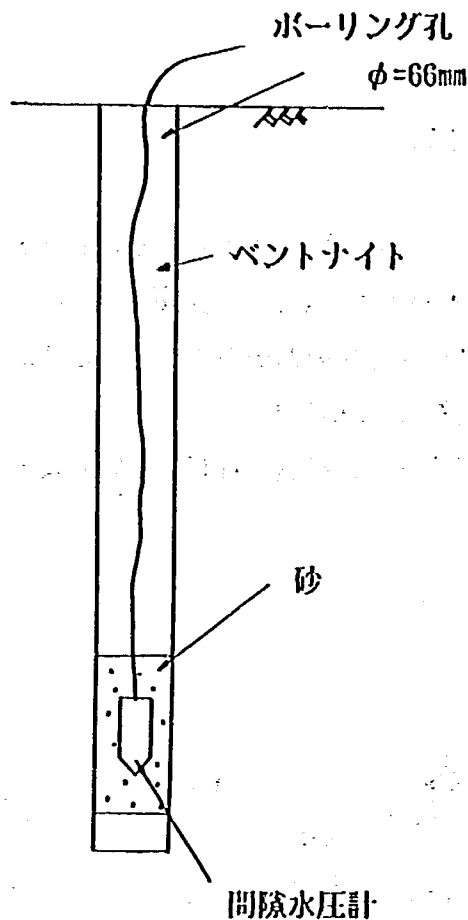


図-7.4 間隙水圧計設置方法

#### 7.4 観測結果

昭和57年1月から昭和63年12月までの降雨量と横ボーリング工からの排水量及び横ボーリング工周辺の間隙水圧の経日変化を図-7.5に示した。

##### 7.4.1 間 水圧値からみた機能低下現象

図-7.5の経日変化をみると、2群、3群の間隙水圧とも降雨とよく反応した変化を示している。特に2群の方が3群に比べ反応が敏感である。降雨後の無降雨期間での間隙水圧低下量をみると、昭和60年7月から9月の期間では、7月8日の104mmの降雨時に間隙水圧2-9は $0.284\text{kgf/cm}^2$ でピークを示し、その後の7月下旬から9月上旬の無降雨期間を経て、9月2日に $0.073\text{kgf/cm}^2$ の最低値となり $0.211\text{kgf/cm}^2$ 低下した。間隙水圧3-6は、 $0.277\text{kgf/cm}^2$ から $0.119\text{kgf/cm}^2$ となり $0.158\text{kgf/cm}^2$ 低下した。このようなことから、横ボーリング工中間部より先端部の方が横ボーリング工の効果が明確に現れているようである。

各年の間隙水圧最高時の値と最低時の値を、積雪に影響されない6月から10月の期間でひろってみると表-7.1になる。保孔管に目詰まり、破碎等が生じ、機能が低下したならば間隙水圧は上昇すると考えられる。この表から、間隙水圧3-6の最高値最低値とも昭和59年から上昇の傾向がみられる。しかし、間隙水圧2-9はそのような傾向が明確にみられない。そこで、各年毎の降雨量と間隙水圧値の関係を求めた。間隙水圧値変動と最も相関の高い降雨は、先行日数7日間の連続降雨量であることが明かとなっている<sup>4)</sup>。間隙水圧値と先行7日間の連続降雨量



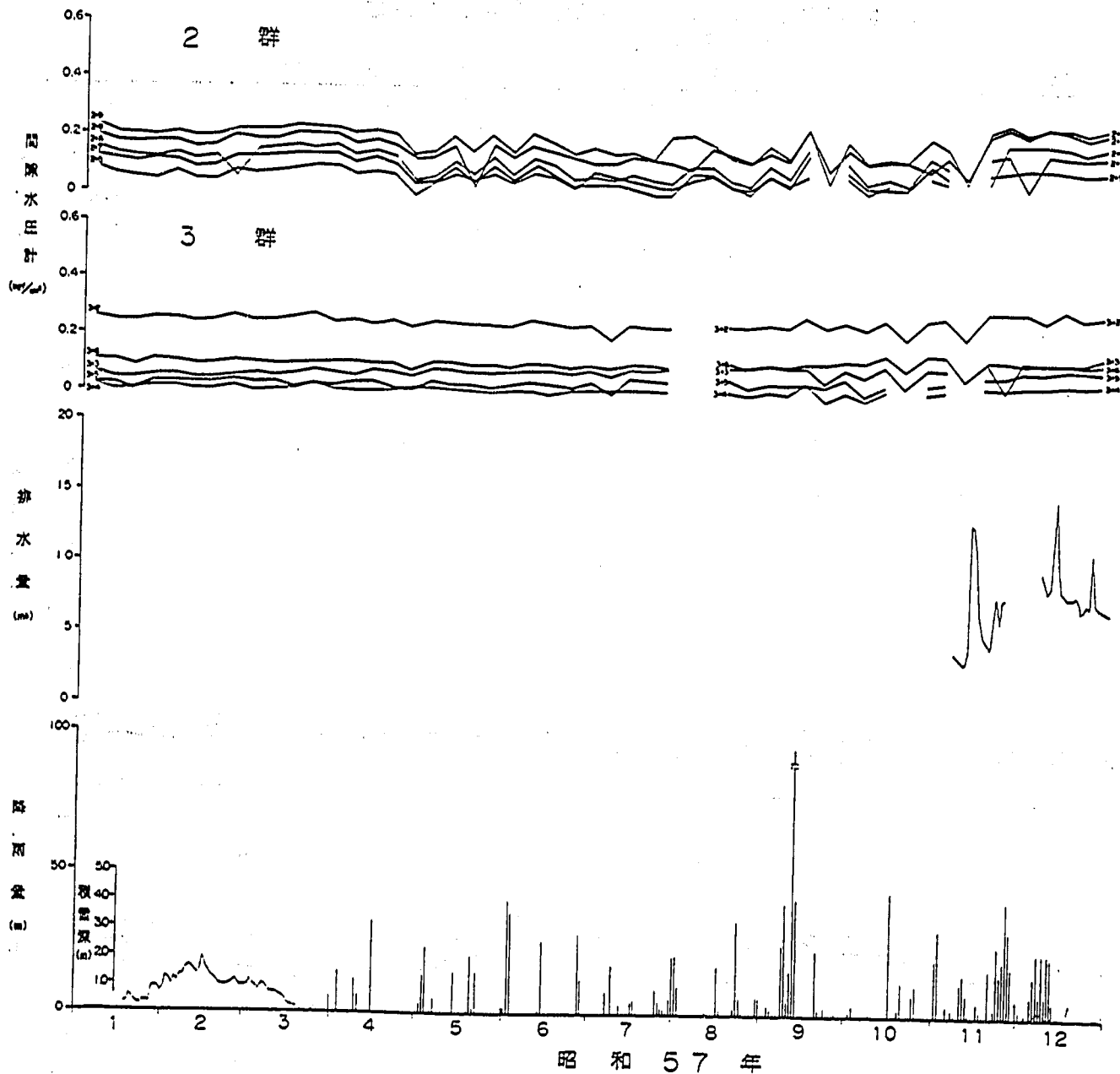


図-7.5 降雨量, 間隙水圧値, 排水量の経日変化(その1)

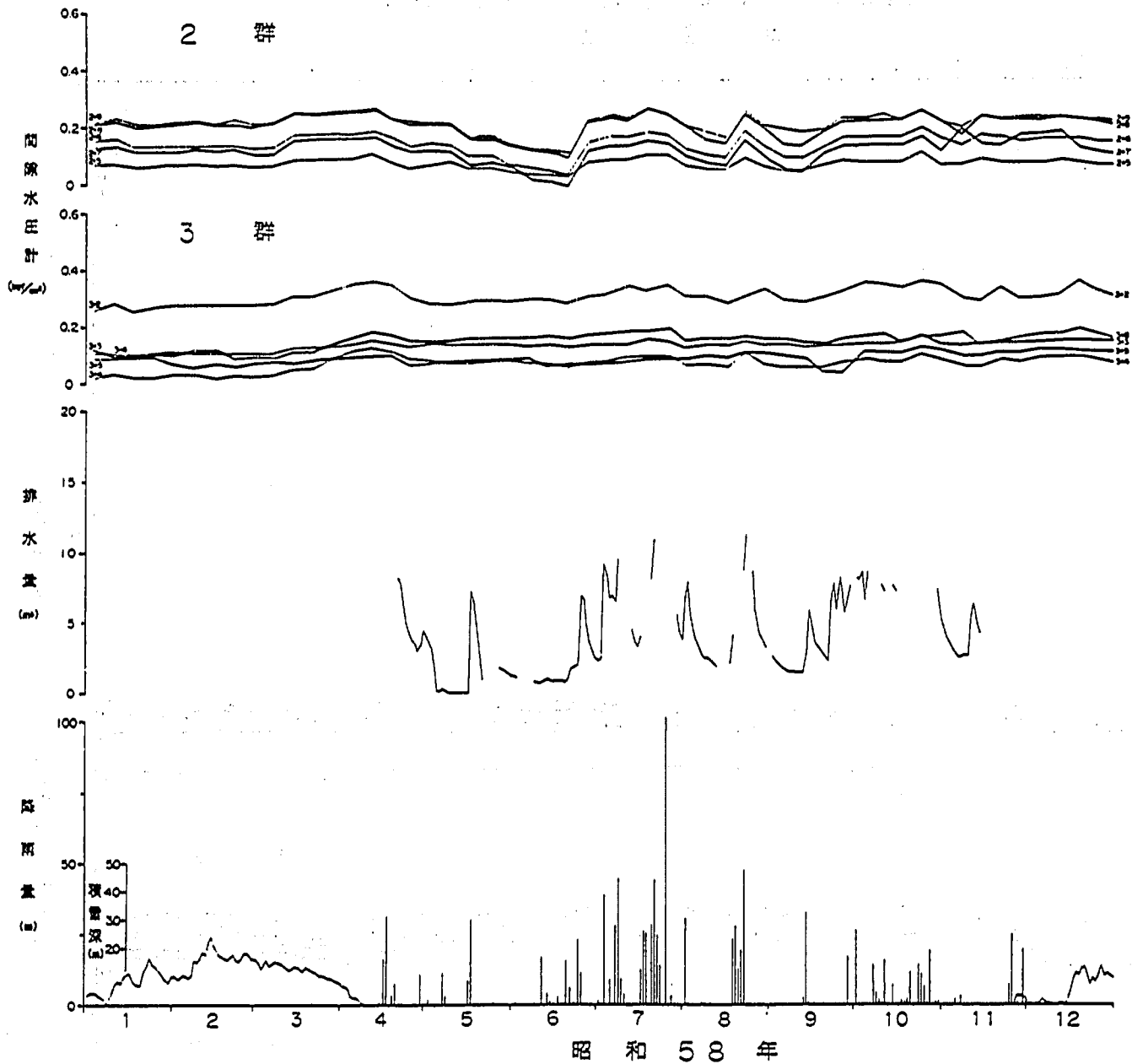
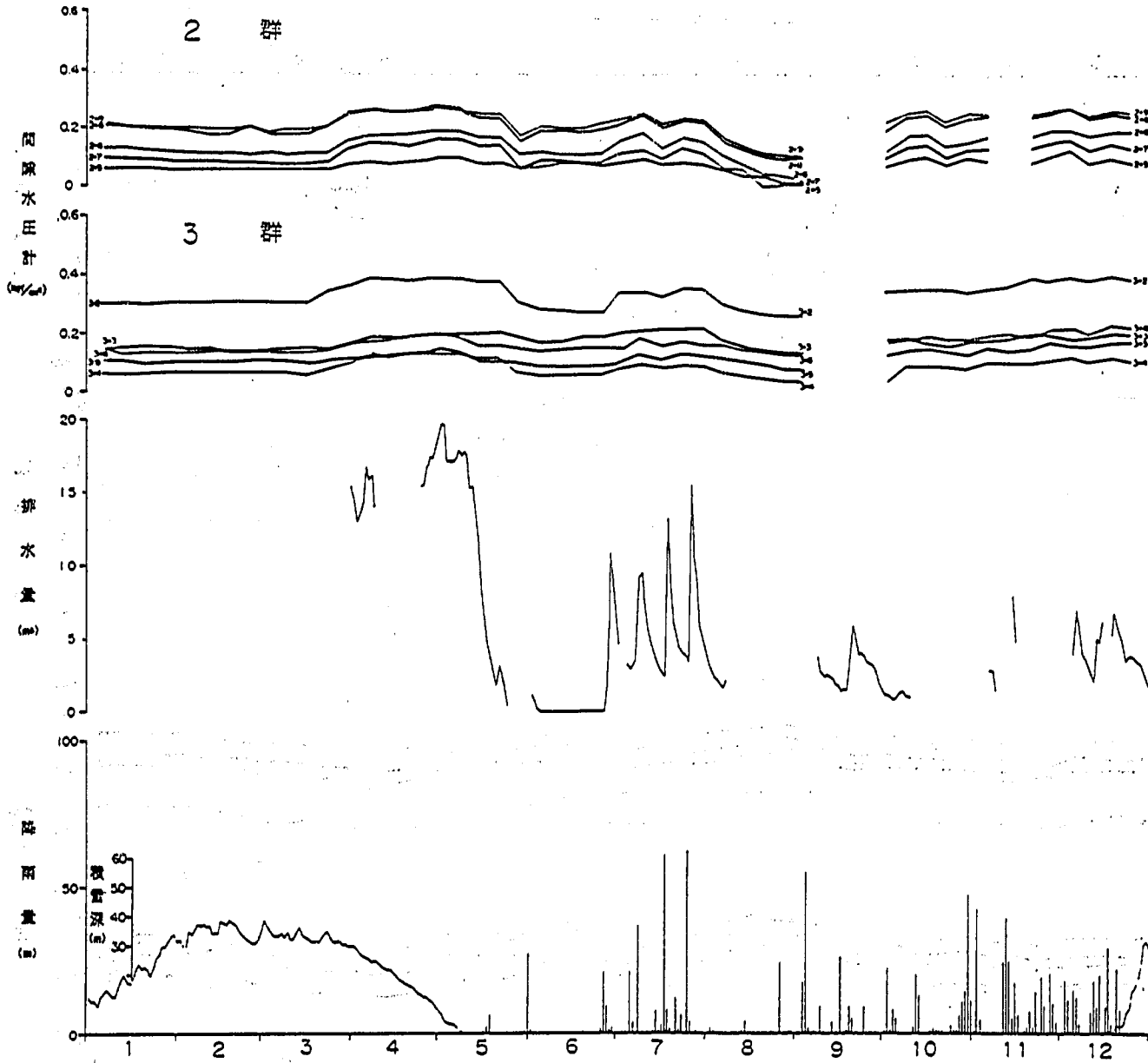


図-7.5 降雨量, 間隙水圧値, 排水量の経日変化(その2)



昭和 59 年  
図-7.5 降雨量, 間隙水圧値, 排水量の経日変化(その3)

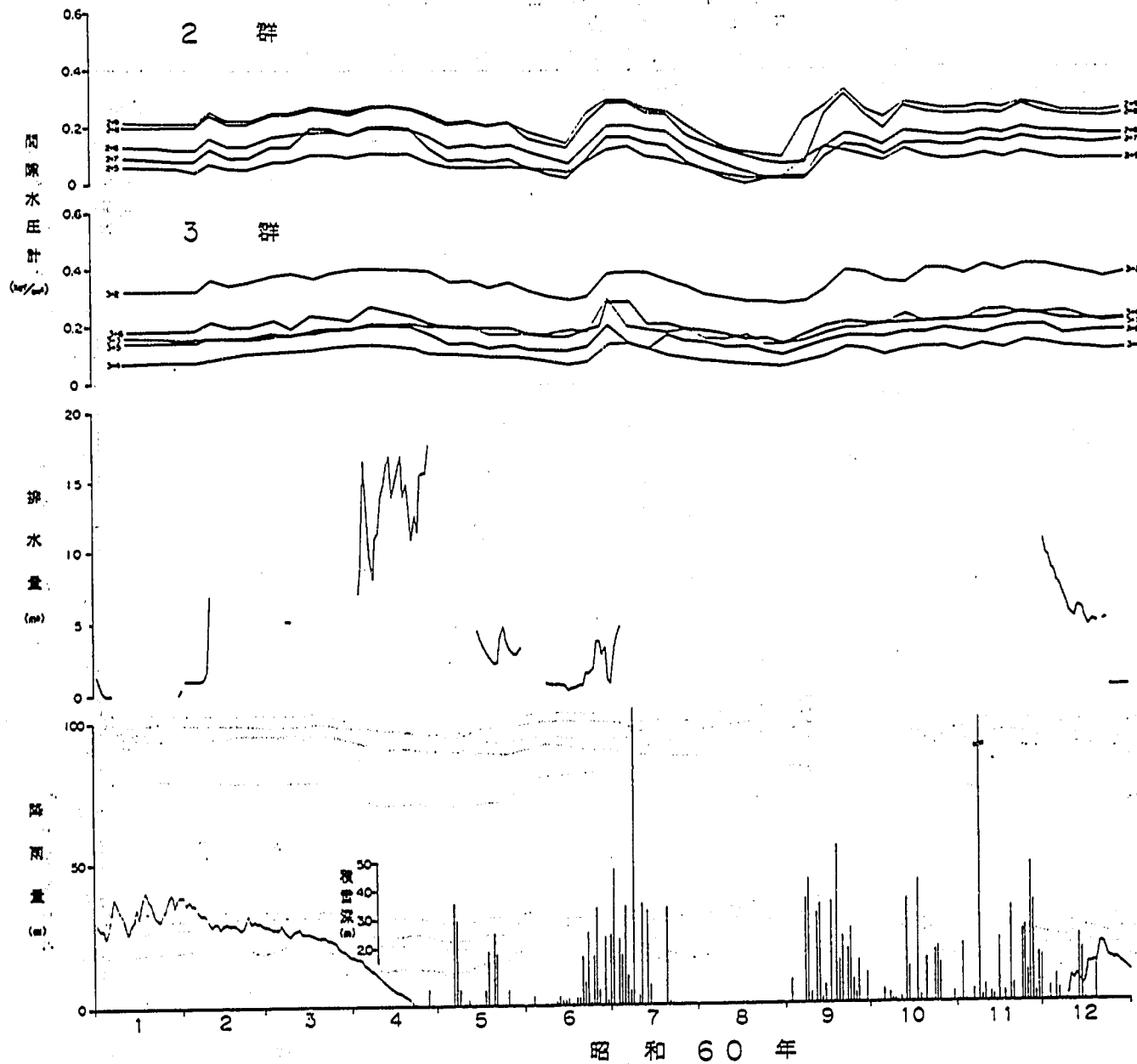


図-7.5 降雨量, 間隙水圧値, 排水量の経日変化(その4)

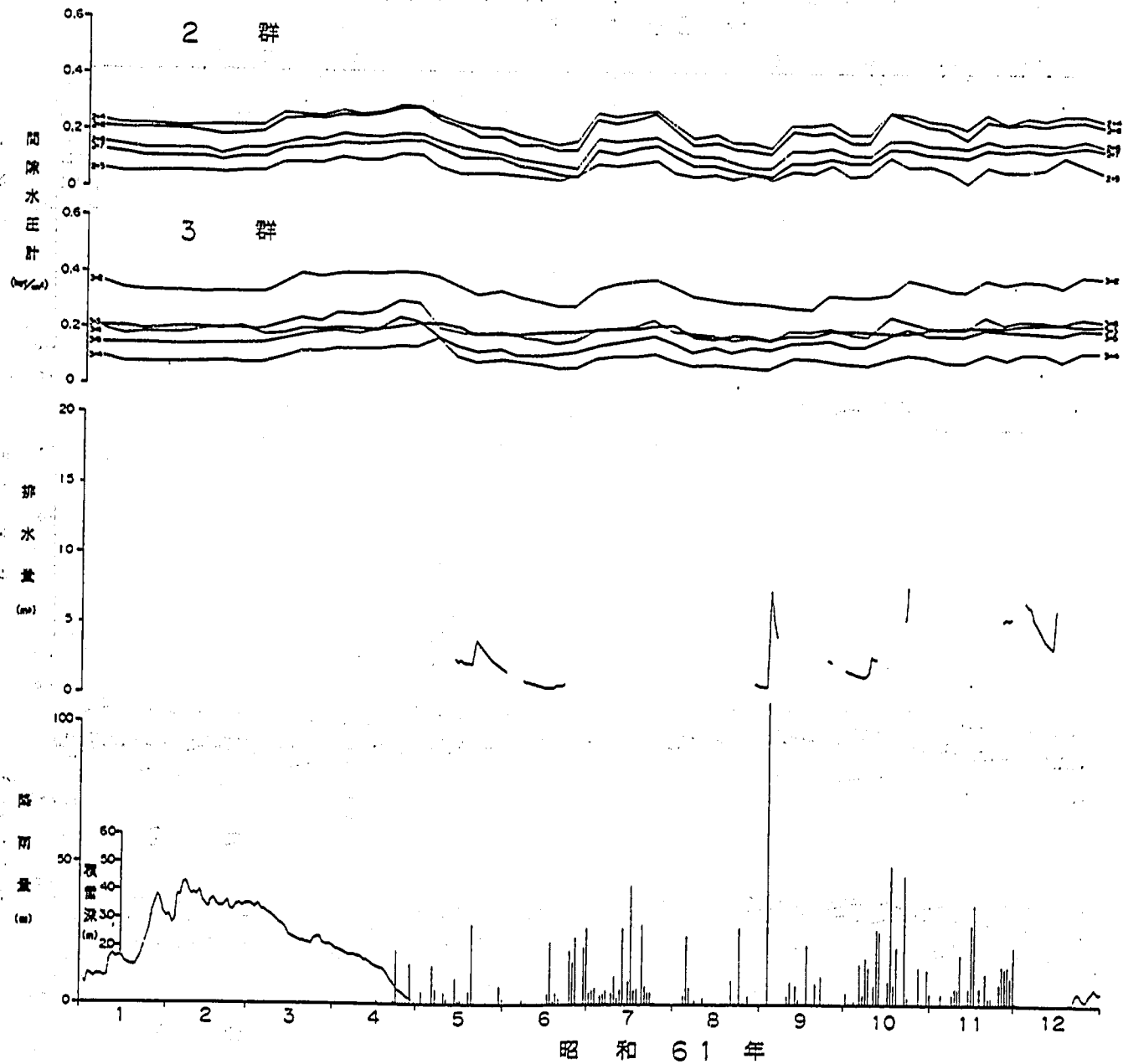


図-7.5 降雨量，間隙水圧値，排水量の経日変化(その5)

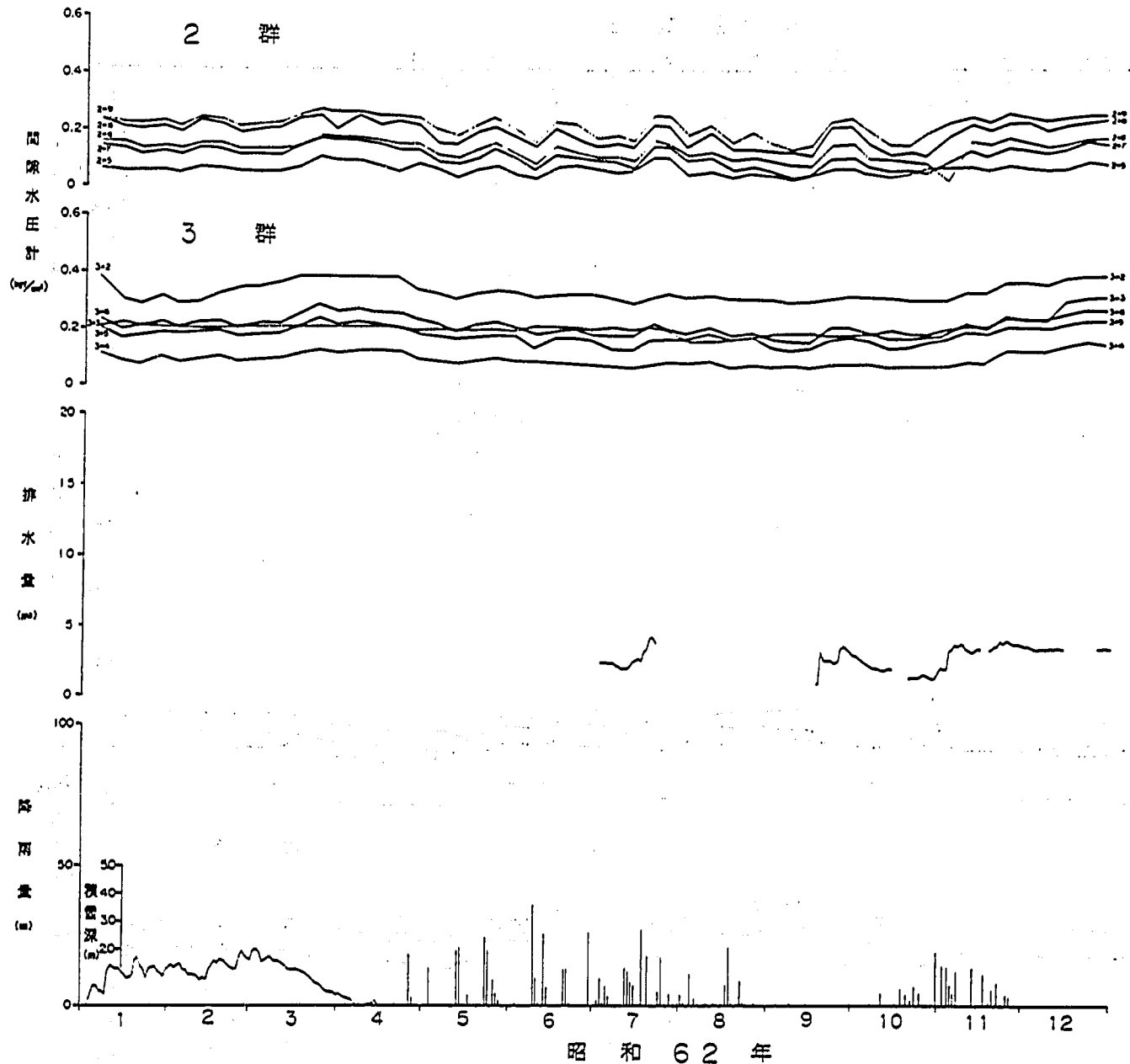


図-7.5 降雨量, 間隙水圧値, 排水量の経日変化(その6)

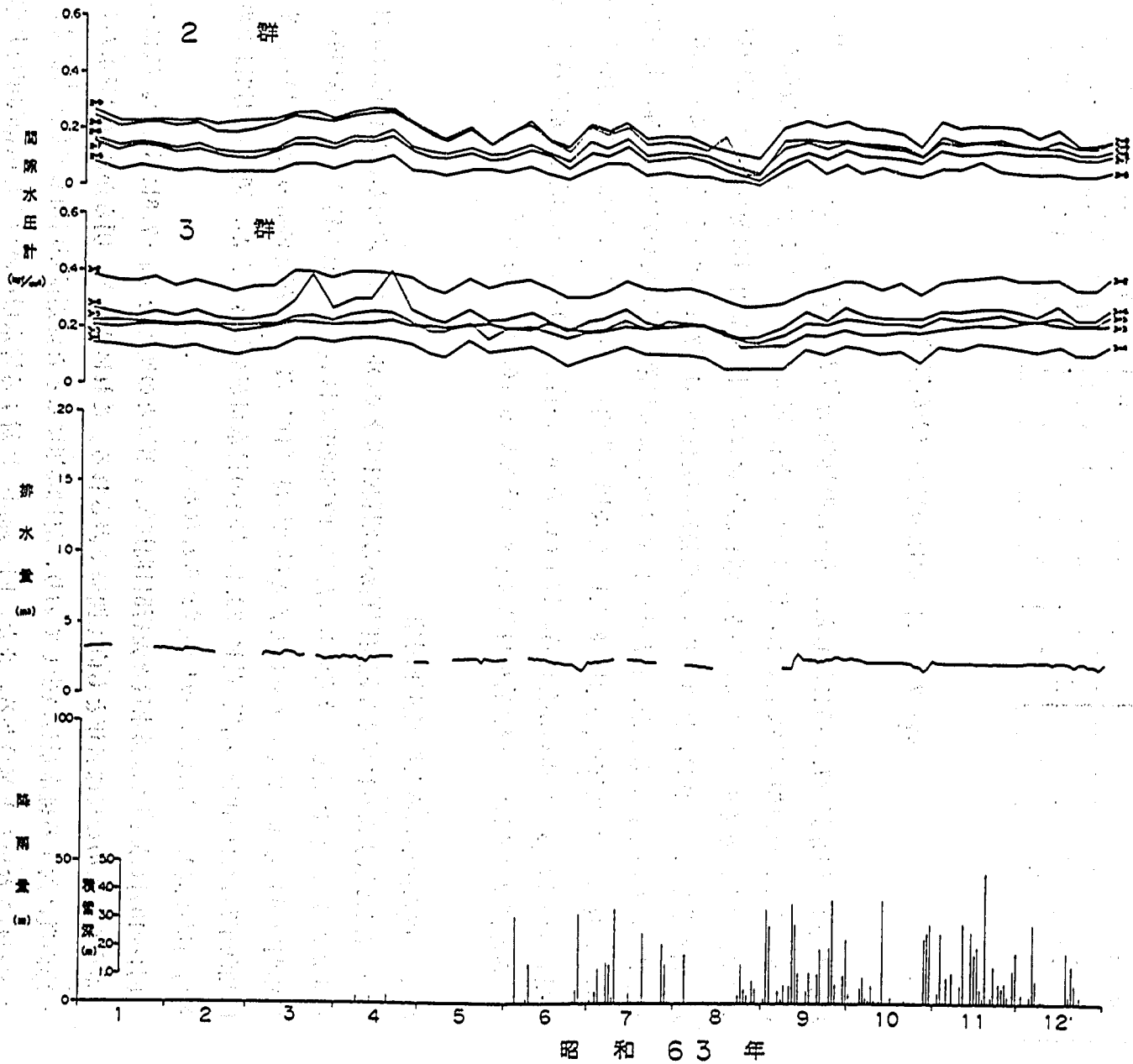


図-7.5 降雨量, 間隙水圧値, 排水量の経日変化(その7)

年	2-9 間隙水圧				3-6 間隙水圧			
	最高値		最低値		最高値		最低値	
	月日	値(kgf/cm <sup>2</sup> )	月日	値(kgf/cm <sup>2</sup> )	月日	値(kgf/cm <sup>2</sup> )	月日	値(kgf/cm <sup>2</sup> )
昭和58年	7月18日	0.263	6月20日	0.114	10月24日	0.161	8月1日	0.128
昭和59年	10月15日	0.247	9月3日	0.090	7月9日	0.176	9月3日	0.111
昭和60年	7月8日	0.284	9月2日	0.073	7月8日	0.277	9月2日	0.119
昭和61年	7月21日	0.265	9月1日	0.137	10月13日	0.234	6月16日	0.148
昭和62年	7月20日	0.253	9月7日	0.134	5月4日	0.220	9月7日	0.154
昭和63年	6月6日	0.212	8月29日	0.040	7月4日	0.267	8月29日	0.163

表-7.1 間隙水圧の最高値と最低値

との関係の一例を図-7.6~7に示した。図-7.6は間隙水圧2-9であり、図-7.7は間隙水圧3-6である。共にほぼ直線関係で表され、横ボーリング孔先端部の間隙水圧 2-9は昭和58年から昭和62年までさほどその値に差はないが、昭和63年になると同一降雨量に対する間隙水圧は低下の傾向を示した。これは、横ボーリング孔先端部と間隙水圧位置の距離が若干あるため明暗渠工の効果に左右されたものか、また先端部では目詰まり現象が起きていないこと等によるものと考えられる。中間部の間隙水圧 3-6は、年々同一降雨量に対して明らかに上昇傾向がみられ、勾配もきつくなっているのが分かる。以上のことから、目詰まりの進行状況を仮定すると、孔口から深部にいくにつれ保孔管の目詰まりが起きているものと考えられる。

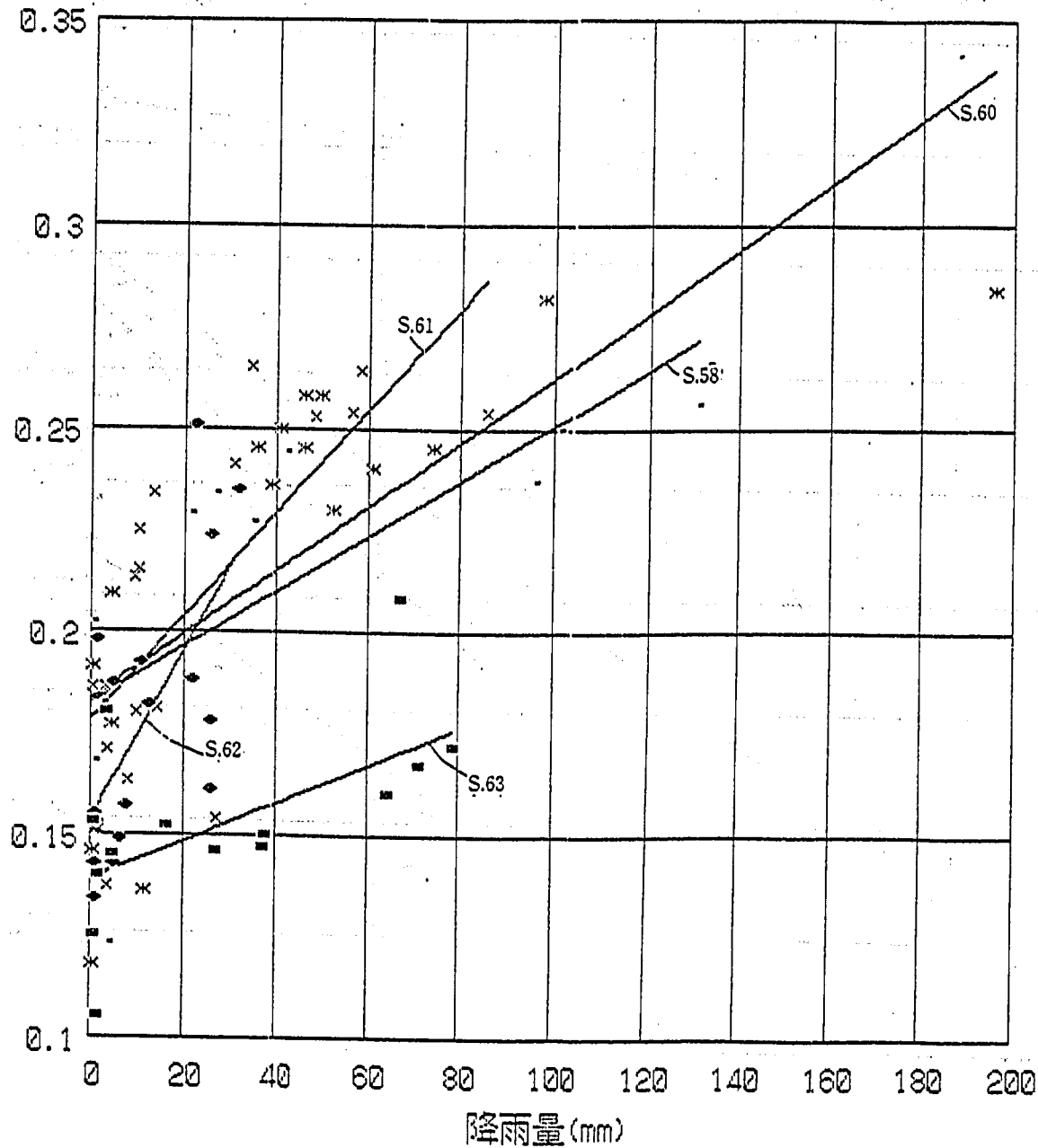
#### 7.4.2 排水量からみた機能低下現象

図-7.5に示すように排水量測定開始から昭和61年までの5年間は、降雨があれば排水量は増加するように降雨に対して敏感であったが、昭和62年にはいるとそれが鈍くなり、昭和63年では年間を通して降雨があってもほとんど排水量は変わらず2~3m<sup>3</sup>/dayに落ち着いている。また、昭和60年7月8日の104mmの降雨時に 26.4m<sup>3</sup>/dayの排水量が記録されたが、翌年の9月3日での同等降雨量に対しては7.3m<sup>3</sup>/dayしか認められなかった。

6月~10月の期間での排水量と先行5日間連続降雨量との関係を 図-7.8に示した。値にバラツキはあるもののほぼ各年とも直線関係で表される。これによると、明らかに昭和62年から同一降雨量に対する排水量は減少しており、昭和63年になると降雨量が増加しても排水量はほとんど変わらないことが分かる。また、同一降雨量に対する排水量の減少率は昭和58年を基準とした場合、昭和61年では 4%、昭和62年では74%、更に昭和63年では93%となり、昭和63年では当初の排水量の 7%しか排水されていないことになる。以上のことから、施工後から徐々に目詰まり現象が進展し始め、昭和62年頃から急速にそれが高まり、昭和63年ではほとんど目詰まりしたものと考えられる。



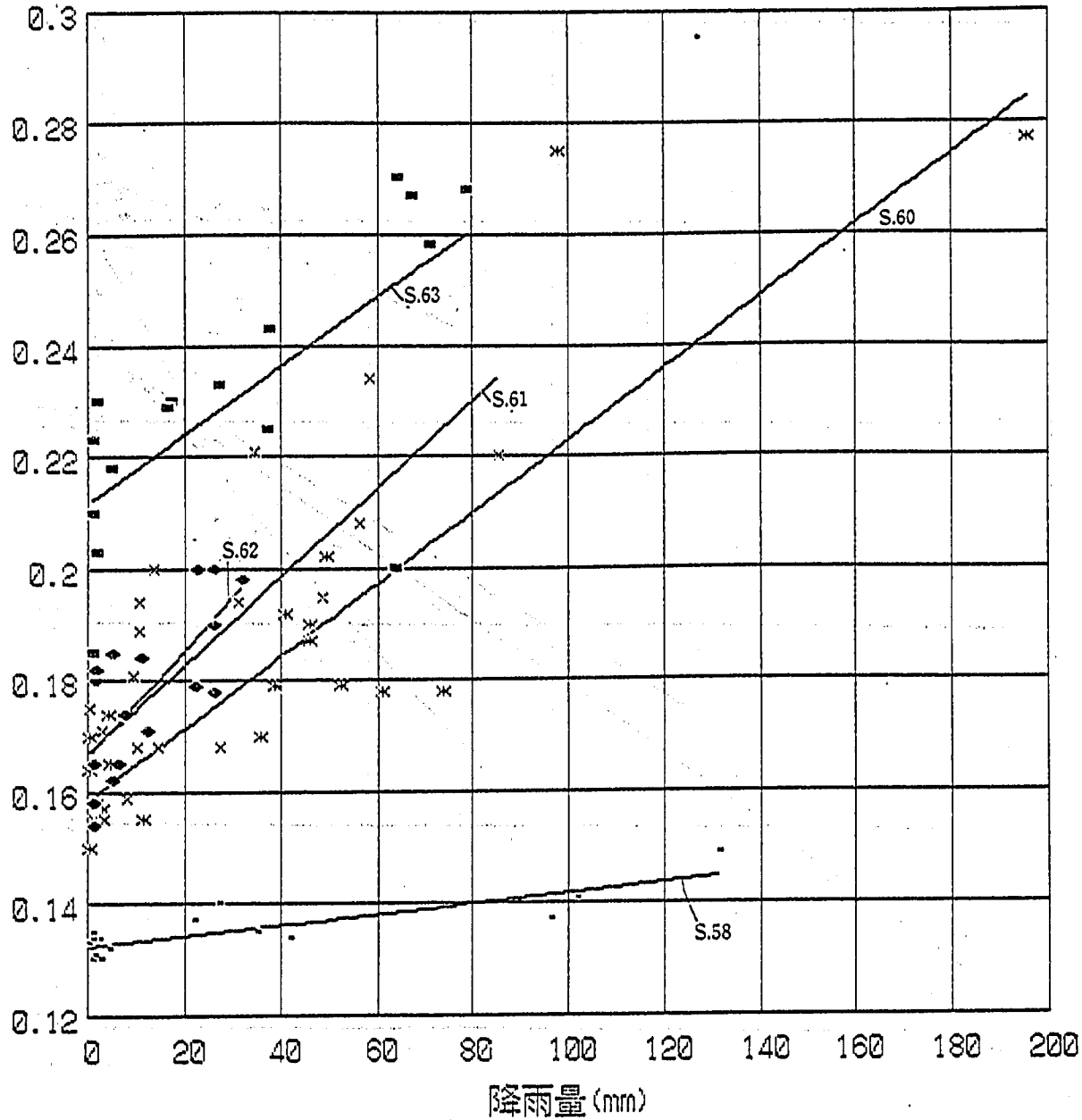
間隙水圧(kgf/cm<sup>2</sup>)



- 降雨量と間隙水圧 (昭和58年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和58年)
- \* 降雨量と間隙水圧 (昭和60年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和60年)
- \* 降雨量と間隙水圧 (昭和61年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和61年)
- ◆ 降雨量と間隙水圧 (昭和62年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和62年)
- 降雨量と間隙水圧 (昭和63年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和63年)

図-7.6 降雨量と間隙水圧値との関係(間隙水圧2-9)

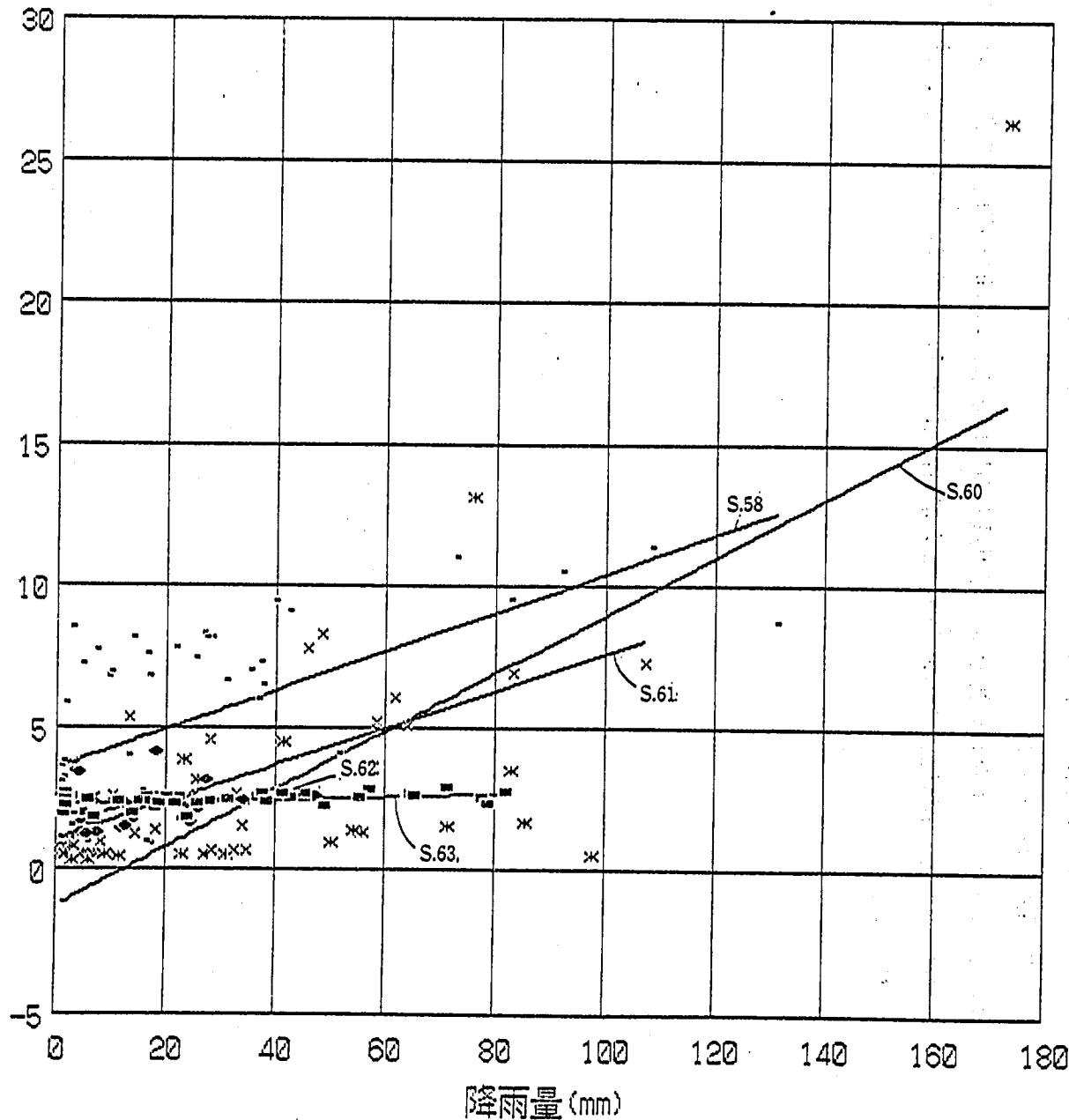
間隙水圧(kgf/cm<sup>2</sup>)



- 降雨量と間隙水圧 (昭和58年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和58年)
- \* 降雨量と間隙水圧 (昭和60年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和60年)
- \* 降雨量と間隙水圧 (昭和61年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和61年)
- ◆ 降雨量と間隙水圧 (昭和62年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和62年)
- 降雨量と間隙水圧 (昭和63年)
- 近似・整式 降雨量と間隙水圧 (昭和63年)

図-7.7 降雨量と間隙水圧値との関係(間隙水圧3-6)

排水量 (m<sup>3</sup>/day)



- 降雨量と排水量 (昭和58年)
- 近似・整式 降雨量と排水量 (昭和58年)
- \* 降雨量と排水量 (昭和60年)
- 近似・整式 降雨量と排水量 (昭和60年)
- × 降雨量と排水量 (昭和61年)
- 近似・整式 降雨量と排水量 (昭和61年)
- ◆ 降雨量と排水量 (昭和62年)
- 近似・整式 降雨量と排水量 (昭和62年)
- 降雨量と排水量 (昭和63年)
- 近似・整式 降雨量と排水量 (昭和63年)

図-7.8 降雨量と排水量との関係

## 7.5 まとめ

以上の結果をまとめると以下のようなになる。

- ① 横ボーリング工周辺の間隙水圧値と降雨量から、横ボーリング孔先端部では機能低下現象ははっきりと現れないが、中間部では年々その現象が高まっている。このことから、目詰まりの進行状況を仮定すると、孔口から深部にいくにつれ保孔管の目詰まりが起きているものと考えられる。
- ② 横ボーリング孔からの排水量は、昭和63年から降雨に対する影響がなくなり年間を通して $2\sim 3\text{m}^3/\text{day}$ となった。
- ③ 横ボーリング工からの排水量と降雨量との関係から、年々同一降雨量に対する排水量は減少し、減少率は昭和58年を基準とした場合、昭和63年には93%となりほとんど捕捉できなくなった。

# 8. 考 察

## 8.1 集水に有効な保孔管規格提案

集水機能の効率的な保孔管規格の検討結果から以下のことが得られた。

- ① 開孔率を同一とした場合、孔形状によって保孔管からの排水量、水位低下量は明らかに異なる。すなわち排水量、水位低下量は円形>縦形>横形の順となる。
- ② 孔方向による保孔管からの排水量、水位低下量の差も明瞭であり、4方向の方が3方向より多い。
- ③ 開孔率では2.0%が排水能率の限界である。

### 8.1.1 孔形状について

孔形状差による排水効率が異なることが明らかになったが、では開孔率が同様でなぜ異なるのかを孔の周辺長により検討した。ちなみに面積(A)と周辺長(L)との比、A/Lについて計算すれば、

円形  $A/L=19.63/15.7=1.25$

矩形(縦形)  $A/L=250/110=2.27$

矩形(横形)  $A/L=337/160.8=2.34$

となる。以上の値を横軸A/Lとしてプロットした結果が図-8.1である。図から明らかなように、A/Lの小さいものほど排水量が多いことが分かる。すなわち、同じ開孔面積であれば、周辺長

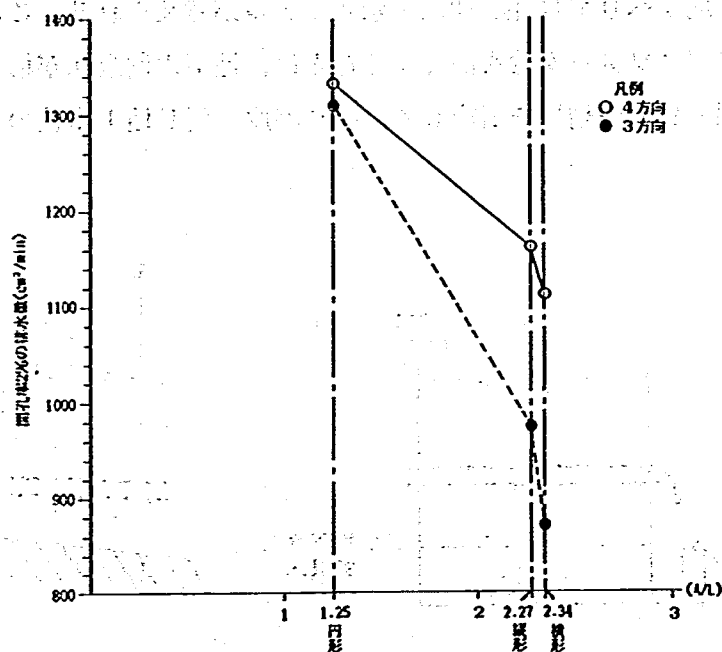


図-8.1 排水能率とA/Lとの関係

の長いものほど排水効率がよいことになる。

### 8.1.2 孔方向について

孔方向は3方向より4方向の方が排水量、水位低下量に対して有効であることが明かとなった。これは、保孔管の下端に孔を施した場合、3方向に比べて水頭差が余分に発生するためと考えられる。

### 8.1.3 開孔率の限界について

保孔管からの排水量、水位低下量が開孔率 2.0%を超えるとそれほど差が生じないことが明かとなった。一般に開孔率が増すとパイプの強度は低下するが、耐久性に優れた保孔管規格の検討結果から、孔形状を円形とした場合 2.0%の開孔率は横ボーリング工の保孔管として不十分とは思われない。ちなみに圧縮強度は、応力方向に真横の位置に孔を作成しない限り、著しい強度の低下はみられないと考える。

以上のことから透水係数が $10^{-3}$  cm/secオーダの場合、開孔率 2.0%近くの円形を開孔することが強度的にそれほど問題はなく集水に関して有効かと思われる。

## 8.2 保孔管設置モデルの提案

### 8.2.1 設置場所について

集水機能の効率的な保孔管規格の検討結果から、ピエゾメータ管高を地下水制限床の高さと考えた場合、地すべりでは図-8.2に示すモデルが考えられる。これらから明かなように、実験槽においてピエゾメータ管を高くすることは、地下水制限床が横ボーリング工に近づいたことになる。図-4.6の結果を考慮して、同じ深度で同じ地下水位のところに横ボーリング工を

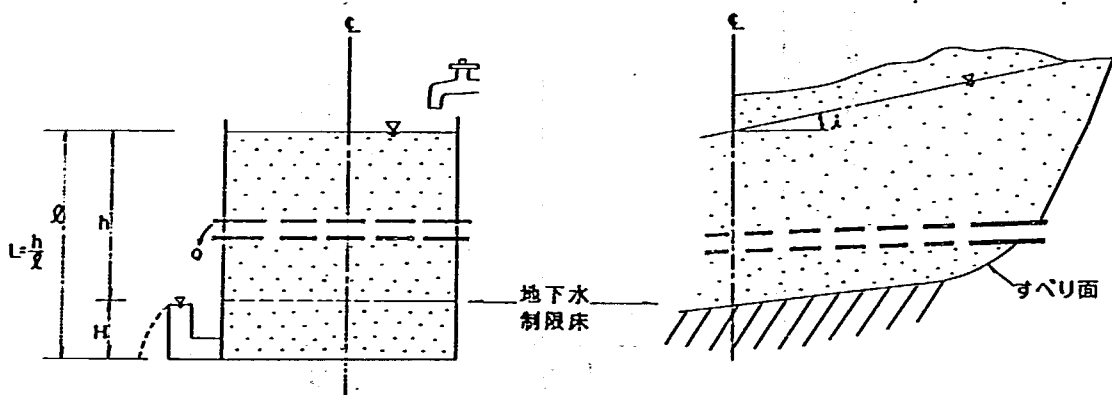


図-8.2 土層モデル

設置するならば、基本的にはすべり面に近い地下水、あるいは地下水変動帯の下限基底地下水位における地下水を集水した方が効率的であると言える。

### 8.2.2 保孔管開孔部からの漏水を考慮した設置モデル

保孔管開孔部からの漏水率の検討結果から、不飽和な地盤では地下水（浸透水）を横ボーリング工で捕捉することは、ほとんど不可能に近いことが分かった。このことは不飽和な地盤中では、むしろ開孔部からの漏水について注意を払うべきことを意味している。特に、透水係数の大きい地盤では地下水をほとんど漏水させてしまうに違いない。例えば、従来から使用されているVP40保孔管を開孔率0.43%(4方向)、勾配5°で配置したとき、ある部分から約3ℓ/minの地下水を集水し、不飽和で比較的ポーラス(透水係数で $10^{-3}$ cm/sec)な土層を流下した場合、

不飽和土層長 → 漏水率

50cm区間 → 0.2(20%)

100cm区間 →  $1-0.8^2=0.36$

200cm区間 →  $1-0.8^4=0.59$

400cm区間 →  $1-0.8^8=0.83$

800cm区間 →  $1-0.8^{16}=0.97$

となり、約8m区間でほぼすべての水を失う結果となる。ただし、集水量3.0ℓ/minでは4方向加工のうち下方向のみからの流出とした不飽和土層（透水係数 $10^{-3}$ cm/sec）に見合う漏水率20%（標準砂の実験値）を採用して計算を行ったものである。

以上のように、横ボーリング工の孔口付近何mかは、不飽和で比較的ポーラスな土層の場合が多いので、図-8.3に示すように特に無孔(孔を切らない)とするか、あるいは上端面3方向に加工を施す等の配慮が必要である。

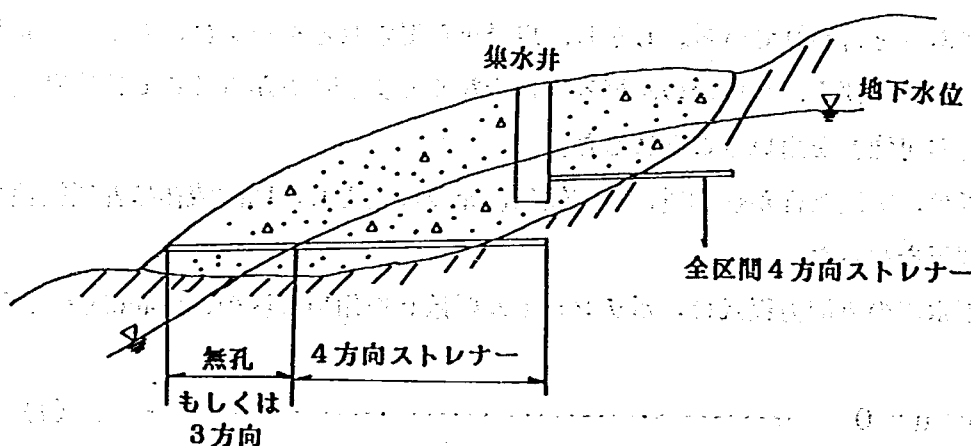


図-8.3 保孔管設置モデル

### 8.3 保孔管洗浄サイクルの提案

第三紀寺泊層にあたる黒色泥岩地帯に施工した横ボーリング工の機能低下は、間隙水圧値、排水量の観測結果から施工後6年経過したぐらいから急速に高まり、7年経過するとそれがより一層高まることが分かった。しかしその原因については、保孔管の孔及び破損部から土砂が流入し保孔管内部に土砂が堆積すること等による集水面積の減少、また保孔管自体の腐食による閉塞などが考えられるが、今回の調査結果からでは不明である。

今回調査したような地形、地質、土層構成で集水形状が円形(φ5mm)、4方向、開孔率0.43%で施工された横ボーリング工の洗浄サイクルとしては、その基準を排水量とした場合、施工当初の排水量と比較して減少率がどれくらいになったら行うのが望ましいのか問題はあるものの、例えばそれが70%を境としたならば、施工後6年を目途に行うのが望ましいと考えられる。

洗浄方法については、従来からボーリングロッドにブラシを取り付け孔内をこする方法やボーリングロッドの噴射ノズルを取り付けた洗浄方法があるが、保孔管が著しく破損される、保孔管が曲がっている場合先端まで追従できないこと等から、最近では超高压水による洗浄等の方法が試みられているところもある。また、目詰まりが起きないように保孔管のストレーナを改良した調査研究も進められている。

### 8.4 数値解析法による地下水位低下領域の検討

水平浸透流の場合での排水実験結果から得られた水面形状の変化と、数値解析法により計算された水面形状の変化との検証を行い適合性を検討してみた。

自由水面を有する地下水流の数値計算法としては有限要素法、差分法、境界要素法がある。一般に有限要素法は不均質、異方向を有する地盤あるいは複雑な境界条件に対し摘要範囲が広く実用的であると言われている。しかし、現場から得られるデータにおのずと限界があることや、入力データの簡便さ、計算機の記憶容量が少なくすむことからここでは境界要素法(パソコンでの解析が可能)を用いることにした。

解析は、実験条件から均質、等方性二次元浸透流とし、間隙流体は非圧縮性であると仮定して定常解析を行った。

地下水流の支配方程式は、ポテンシャル関数  $u$  を用いて次のLaplace式で与えられる。

$$\nabla^2 u = 0 \quad \text{-----} \quad (1)$$

この式を満足するように領域  $\Omega$  上のポテンシャル関数  $u$  を考える。

境界条件には、図-8.4に示すように二つの型がある。すなわち、固定境界条件(Dirichlet型)



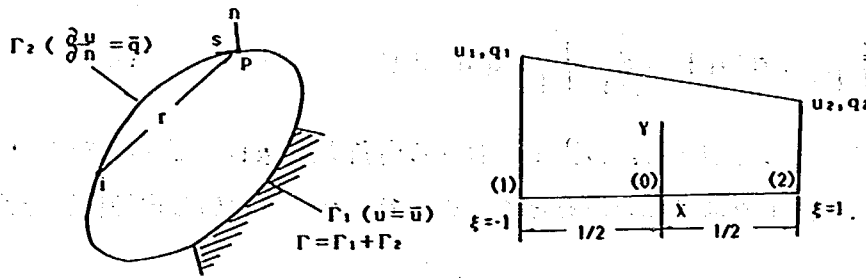


図-8.4 境界条件, 要素上の取り扱い

$\bar{u} = u$  が与えられる  $\Gamma_1$  境界と, 自然境界条件 (Neumann 型)  $\partial u / \partial n = \bar{q}$  が与えられる  $\Gamma_2$  境界である。

ここで, 領域  $\Omega$  内で連続的な一次関数をもつ重みつき関数  $u^*$  ( $u$  の近似関数) を導入して  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$  上の条件を取り入れ, さらに, Green の定理を適用してまとめると次式を得る。

$$\int_{\Omega} (\nabla^2 u^*) d\Omega = - \int_{\Gamma_2} \bar{q} u^* d\Gamma - \int_{\Gamma_1} q u^* d\Gamma + \int_{\Gamma_2} u q^* d\Gamma + \int_{\Gamma_1} \bar{u} q^* d\Gamma \quad (2)$$

ここで,

$$q = \frac{\partial u}{\partial n}, \quad q^* = \frac{\partial u^*}{\partial n}$$

である。そして基本解は与えられた点  $i$  にポテンシャルがある場合で, (2) 式は次式となる。

$$u^i + \int_{\Gamma_2} u q^* d\Gamma + \int_{\Gamma_1} \bar{u} q^* d\Gamma = \int_{\Gamma_2} \bar{q} u^* d\Gamma + \int_{\Gamma_1} q u^* d\Gamma \quad \dots (3)$$

ここに,  $u^i$  はポテンシャルを与えた点における未知関数  $u$  の値である。また, 二次元等方性問題においては, すでに次式のように基本解がもたれている。

$$u^* = \frac{1}{2\pi} \ln \left( \frac{1}{r} \right) \quad \dots (4)$$

ここに,  $r$  はポテンシャルを与えた点  $i$  から考えている点  $p$  までの距離である。また, 境界上の点に関しては, (5) 式で示される。

$$\frac{1}{2} u^i + \int_{\Gamma} u q^* d\Gamma = \int_{\Gamma} q \bar{u} d\Gamma \quad \dots (5)$$

次に 境界域を  $n$  個の要素接点に分割した後, 各接点間の  $u$ ,  $q$  が線形に変化するとすれば (5) 式は,

$$c^i u^i + \sum_{j=1}^N \int_{\Gamma_j} u q^* d\Gamma = \sum_{j=1}^N \int_{\Gamma_j} q u^* d\Gamma \quad \text{-----} \quad (6)$$

ここで、 $c^i$  は境界要素に分割された接点  $i$  における内角を意味し、要素の幾何学的形状から決定され、なめらかな境界上では  $1/2$  の値をとる。ここで、 $u$ 、 $q$  の値は内挿関数を使って示すと、

$$\begin{aligned} u(\xi) &= \phi_1 u_1 + \phi_2 u_2 = [\phi_1, \phi_2] \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} \\ q(\xi) &= \phi_1 q_1 + \phi_2 q_2 = [\phi_1, \phi_2] \begin{Bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{Bmatrix} \end{aligned} \quad \text{-----} \quad (7)$$

となる。式(6)、(7)より最終的に支配方程式の離散化式として次式が求められる。

$$c^i u^i + \sum_{j=1}^N \hat{H}_{ij} u_j = \sum_{j=1}^N G_{ij} q_j \quad \text{-----} \quad (8)$$

また、自然境界条件と固定境界条件の境界（角点）において、二重接点法を用いそして角点等の特異点は  $k$  個あると仮定すると(8)式は次式となる。

$$\sum_{j=1}^N \hat{H}_{ij} u_j = \sum_{j=1}^N G_{ij} q_j \quad \text{-----} \quad (9)$$

以上、自由表面上の  $u$  の値とその点の接点で計算されたポテンシャルを比較し、許容される最大誤差内にはいるまで計算を繰り返すことにより、定常状態の地下水頭を求めた。

図-8.5~6は、図-5.2に示す浸透条件の飽和非定常流で、開孔率を 0.43%とした場合の定常状態と非定常状態における実験値と計算値の水面形を比較した結果である。図-8.5は孔方向を3方向、図-8.6は4方向の結果を示した。図中の実線(白丸)は実験値、黒丸は計算値を示す。定常状態の計算値は×印で示した。なお、非定常浸透流計算に用いた有効間隙率は PF試験から0.013の値を求め用いた。

図から明らかのように、水面形は保孔管位置の  $P_9$  を中心に左右対象である。そして、経過時間毎の水面形を比較すると、20秒までの実験初期では実験値に比べ計算値の水頭が大きく算出されている。特に、 $P_9$  を中心に両側約35cmの間での水頭差が大きい。両サイド近辺への水頭差は小さくなる傾向がうかがえる。しかし、120秒あるいは定常状態での実験値、計算値の比較では非常によい適合性を示している。すなわち、非定常の解析では実験値と計算値に若干のズレが生じたが、定常流では非常によい適合性を示す。

孔方向別の水面形の比較では、4方向の水面形状が3方向のそれを実験値、計算値ともわずかに下回る結果が得られた。

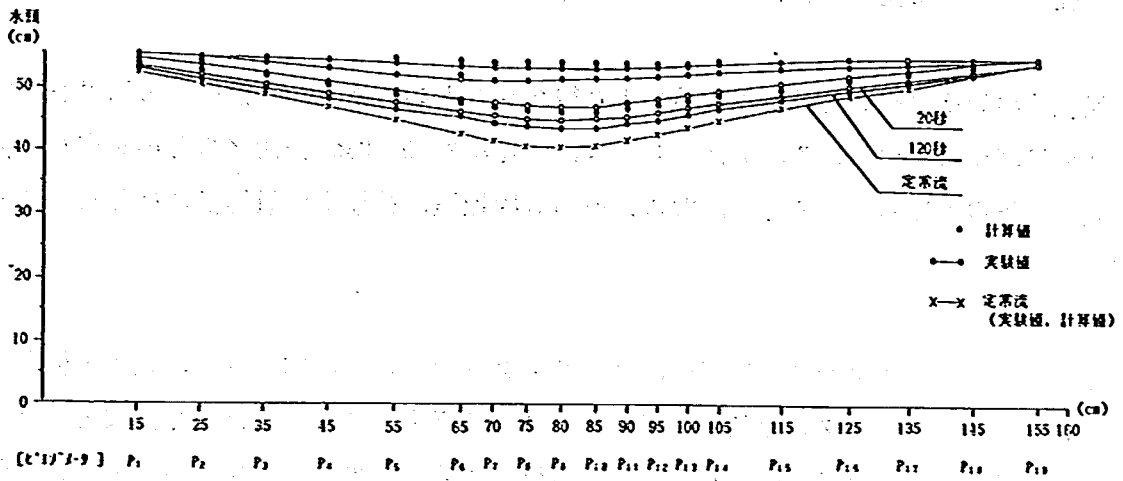


図-8.5 実験値と計算値との比較 (3方向の場合)

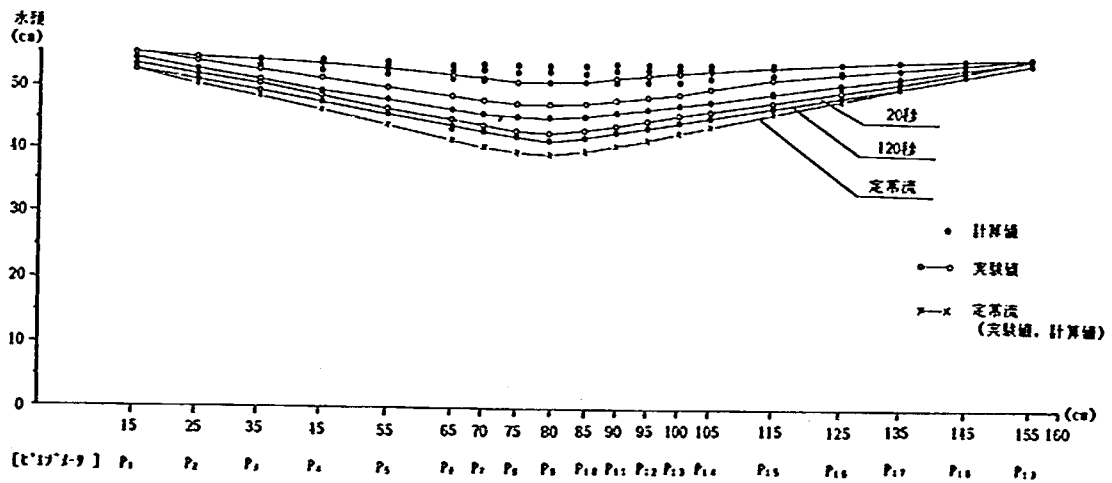


図-8.6 実験値と計算値との比較 (4方向の場合)

## 9. 今後の課題

- ① 保孔管の強度に関しては、塩ビ管にどのような応力が加わるのかを見極める必要がある。
- ② 保孔管の規格については室内実験により得られたものであり、今後はこの結果を利用して現地にて検証する必要がある。方法としては、開孔率を 0.43%と2.0%のものを交互に設置し、観測を一年以上にわたって行う。なお、現場も砂地盤、粘性土地盤等多岐にわたることが重要である。
- ③ 保孔管の洗浄サイクルについては、ボーリング孔の排水量、間隙水圧、地下水位等の観測されている他のボーリング孔を利用して精度を高める必要がある。また、今回調査した箇所を洗浄してみて機能の回復量を測定し、その後の目詰まり現象の期間も見極めておく必要がある。

## 参 考 文 献

- 1) 河川砂防技術基準(案)設計編
- 2) 地すべり実態統計(その3) : 土木研究所資料第1204号 昭和52年3月
- 3) 横ボーリング工における集排水の効率向上に関する試験調査, 砂防事業調査費報告 昭和59年~62年
- 4) 地すべり対策工の効果判定調査報告書(猿供養寺地すべり) : 土木研究所資料第2117号 昭和59年3月
- 5) 猿供養寺地すべり調査報告書(II) : 土木研究所資料第2614号 昭和63年3月
- 6) 野副栄樹, 塚島正文, 中村昇, 江島修 : 横孔ボーリングの洗浄について, 第26回 地すべり学会研究発表会講演集(1987.8)

## 集排水の効率的な保孔管規格の試験調査

新潟試験所 所 長 下村 忠一  
主任研究員 白石 一夫  
佐藤 克徳

### 要旨

地すべり対策工の主体である横ボーリング工（水抜きボーリング工）で使用している保孔管は、十分な集排水機能を果していなければならない。本報告書は集排水機能の効率的な保孔管規格、構造を求めることを目的に室内実験から得られた結果をまとめ、集排水に有効な保孔管規格、設置モデルを提案したものである。

キーワード：横ボーリング、保孔管、室内実験、現地観測