

土 木 研 究 所 資 料

第 185 号

矢作川電気模型実験報告

(その2)

昭和41年6月

建設省土木研究所

ま え が き

矢作川の漏水対策として、リリーフ・ウエルを設けた場合についての実験結果を「矢作川電気模型実験報告(その1)」で報告した。その後、やはり豊橋工事々務所の依頼により、止水矢板を打設した場合について、電気模型実験を行なったが、本報告書は、その結果について述べたものである。

なお、「その1」のP12でちょっとふれたが、「その1」で求めた地盤構造は若干修正すべきだったので、修正した地盤構造について改めて透水係数の比を求めた。

電気模型実験の原理は「その1」で述べたので、ここでは述べない。これについては「その1」を参照していただきたい。

目 次

まえがき

第1章 地盤構造の決定 1

§ 1 土質断面の決定 1

§ 2 透水係数の決定 8

第2章 止水矢板を設置した場合の実験 9

§ 1 止水矢板に関する文献 9

§ 2 電気模型実験における矢板の模型 11

§ 3 矢板の効果についての実験結果ならびに考察 12

結 語 47

第1章 地盤構造の決定

§ 1 土質断面の決定

図-1はボーリング結果から予想した地盤状態である。即ち、シルト層と砂層が互層になって堆積していることがわかる。ところで、底の方に小さな孔を沢山開けた鉄管を図-1のように地中に打ち込み、管内の水位によって、各地層の水圧が測定できるようにした。

昭和40年秋の台風による出水において、上記の鉄管により各層の水圧が測定されたが、それによれば、上から第2層の砂層は大きな圧力を示したが、第3層のシルト層、第4層の砂層はほとんど変化を示さなかった。すなわち、第3層以下の層は河川の水位には関係せず、不透水層と考えてよい。

以上より考えて、まず地表面下3mまでは半透水層のA層があり、その下に厚さ9mの透水層のB層があって、それから下は不透水層になっていると推定できる。

ここまでは、「その1」で推察したものとまったく同じである。

ところで、「その1」では、このA層が堤外地にまったく伸びていないと仮定したが、豊橋工事々務所において、B層の水圧測定値をもとにしてフロートネットを描き、A層の堤外地に伸びた長さを求めたところ、だいたい45mぐらいであることがわかった。

また、B層の下のシルト層が完全不透水層であると仮定すると、B層を完全に締め切る矢板を打った場合、矢板の下を回る水流がまったくないという危険側の仮定になるので、B層の下に厚さ10mの半透水層C層があると仮定した。

以上の推察から、標準地盤として、図-2のような地盤構造が考えられる。以下の考察は図-2について行なう。

上流断面 $13.6K + 60m$ 

☒ - 1

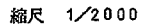


图-2

§ 2 透水係数の決定

現場透水試験によって求められた透水係数の値が図-1に書き込んであるが、「その1」でも述べたように、これらはばらつきが大きくあまり信用できない。そこで、A層、B層、C層の透水係数の割合をいろいろ変えた場合について電気模型実験を行ない、実験結果と水圧測定値との比較を行なった。

ボーリング結果からみて、A層とC層の土はほとんど同じものと考えられるので、A層とC層の透水係数は同じ値であると仮定した。

実験結果は図-3、図-4、図-5、図-6のようになった。図に書き込んである浸透流量はB層の透水係数を 10^{-2} cm/secとしたときの値である。なお、実験から直接得た電流の値とそれから計算した浸透流の値は表-1に示した。

実験結果と水圧測定値との比較は図-7に示す通りである。この図を見ると、 $K_A : K_B = 1 : 250$ のときがもっともよい一致を示す。それ故、 $K_A : K_B = 1 : 250$ として考察を行なう。これは、 $K_B = 10^{-2}$ cm/secとすれば、 $K_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/secとなる。

$K_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $K_B = 10^{-2}$ cm/secのときの計画高水位に対する浸透状況についての実験結果は図-8のようである。この場合の実験から直接得た電流の値とそれから計算した浸透流の値も表-1に示した。

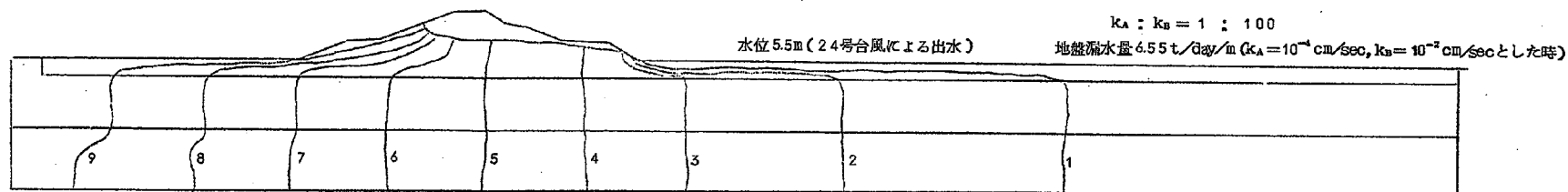


図 - 3

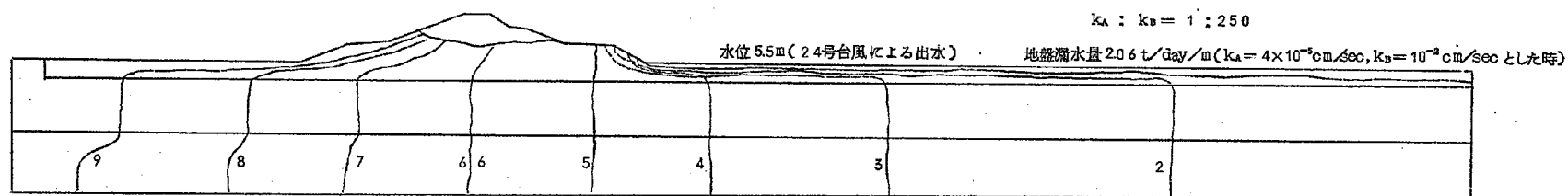


図 - 4

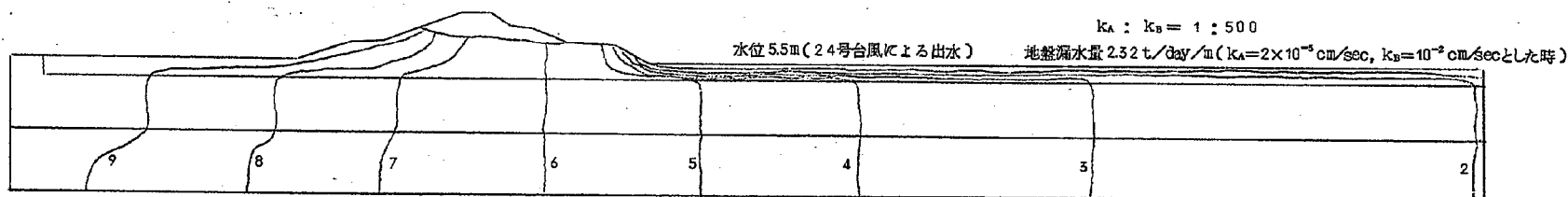


図 - 5

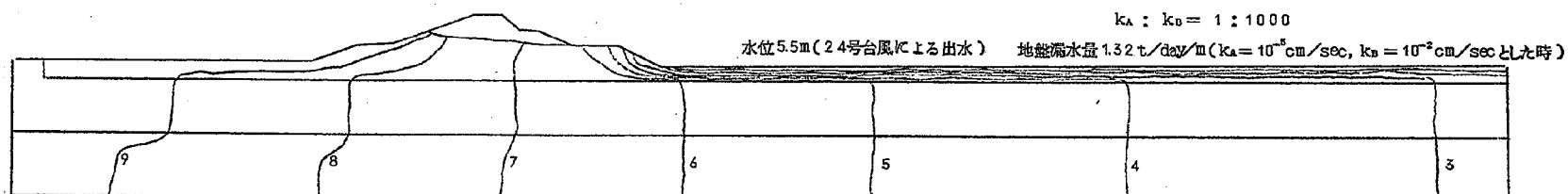


図 - 6

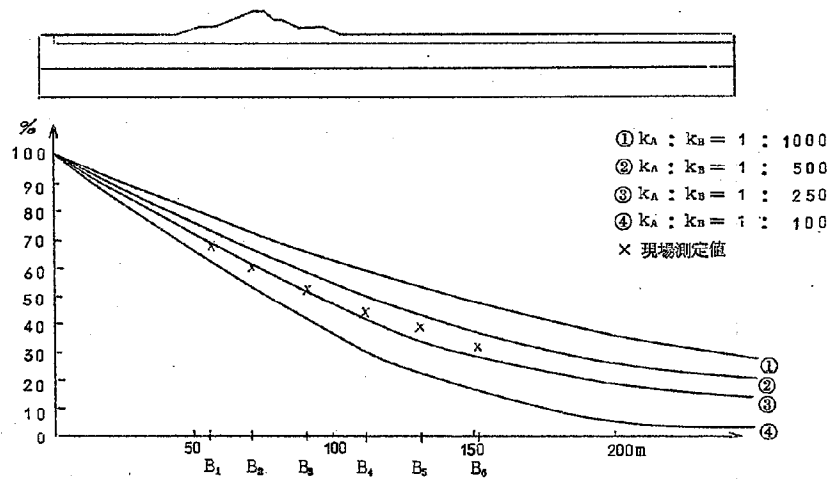


図 - 7

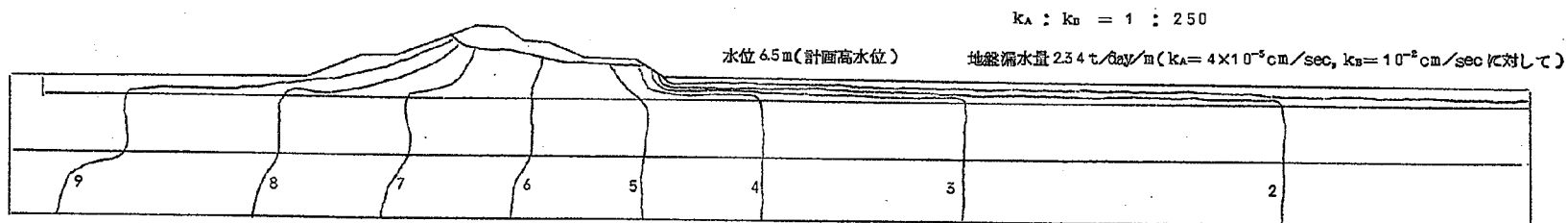


図 - 8

水位 5.5 m

$k_1 : k_2$	(10^{-2}cm/sec) $\sigma_0 (\text{/}\Omega \text{cm})$	電 流 (mA)		流 量 (t/day)
		地 盤	残 留	
1 : 100	208×10^{-3}	5.6	3.0	6.55
1 : 250	868×10^{-3}	9.0	2.3	2.06
1 : 500	520×10^{-3}	5.3	2.3	2.32
1 : 1000	104×10^{-3}	4.9	3.8	1.32
計画高水位	6.5 m			
1 : 250	520×10^{-3}	5.2	1.3	2.34

表 - 1

第 2 章 止水矢板を設置した場合の実験

§ 1 止水矢板に関する文献

実験結果を述べる前に、過去の文献から止水矢板に関する研究を抜き出し、それについて述べる。

- ① C. I. Mansur, W. R. Perret: Efficacy of partial cutoffs for controlling underseepage beneath dams and levees constructed on pervious foundations, 2nd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rotterdam V299, (1948)

透水性地盤を持つ堤防の堤外地側法先に、部分締め切り矢板を打った場合の締め切り効果を理論計算、フロー・ネット図法、砂模型、電気模型などを使って調べたものである。なお、この研究では矢板の継ぎ目からの漏水はまったくないとしている。

その結果次のことがわかった。

- a) 矢板の透水層締め切り割合が 98 % 以下の時はほとんど効果がなく

25 %以下の時はまったく効果がない。

b) 透水層を覆っている半透水層が長いほど、また、その半透水層の透水性が小さいほど、部分締め切り矢板の効果は小さくなる。

- ⑤ Jasper, J. L. and Ringheim, A. S: Steel Sheet Piling Studies, 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zurich 11, (1953), 264

完全締め切り止水鋼矢板の効果を調べるため、砂槽に矢板を設けて実験を行なった。

鋼矢板の効果に影響するものとして、継ぎ目の締めまり具合、締め目に入った砂の量、継ぎ目の錆び具合の3つが考えられる。

この実験においては、継ぎ目がゆるい場合その効果は9mの長さの砂層に相当し、継ぎ目がしまっている場合90mの長さの砂層に相当するといふ結果を得た。

この実験では矢板は新しく継ぎ目は錆びていないが、現場に打ち込まれた矢板はだんだん錆びていくので長年経てばそれだけ効果が増すと考えられる。

現場に打ち込まれた矢板について、その効果を測定した例は少ない。アメリカ合衆国のあるダムで、その先端にグラウトをしようとしたところ、グラウト溶液が矢板の継ぎ目を自由に通り抜けた。これは矢板の効果がまったくない場合の一つの例である。アメリカ合衆国のまた別のダムで、矢板においてピエゾメーターでその効果を測定したところ、150mないし180mの長さの砂層に相当することがわかった。この矢板は打ち込んでから15年経過したものである。カナダのあるダムで、10年前に打ち込まれた矢板は180mの長さの砂層の効果を持つことが観測された。

以上のように、矢板の効果はいろんな要素に影響され、一つ一つ違うもので、一つの式や数値で簡単に示すことはできない。

- ⑥ 久保浩一、村上守：鋼矢板壁の透水性に関する一つの実験、土と基礎、60号、P25~31、

完全締め切り矢板の効果を調べるため、矢板を埋め込んだ砂槽で行なった実験である。

実験目的として港湾岸壁を考えているので、矢板の片側しか土を入れていない。

結果は次の通りである。

- a) 裏込めのない場合および砂で裏込めした場合には、矢板壁の透水量は水位差の平方根に比例する。
- b) 浸透水が裏込め土を通る距離が長くなるにつれて、矢板壁による水頭損失は小さくなり、透水量はほとんど裏込め土の透水係数のみに支配されるようになる。

⑤ 山村和也、藤山忠彦、犬東昌生、二馬健次郎：銅矢板の止水性に関する実験、土木研究所報告第123号、p 53~p 66

上と同じく、完全締め切り矢板の効果を調べるため、矢板を埋め込んだ砂槽で行なった実験である。それによると、N.K.K 銅矢板で3 m の長さの砂層に相当し、YSP-2 型銅矢板で1.3 m の長さの砂層に相当するに過ぎなかった。

以上、4つの文献の概要を述べたが、矢板の効果に関しては否定的である。

§ 2 電気模型実験における矢板の模型

矢板が完全な止水性であれば、電気模型において、矢板に相当する所をカミソリなどで切り取ればよい。しかし、現実において矢板はいくぶん水を通すので、完全な止水性とすることは危険側の仮定になる。

この矢板の漏水を模型において再現させるため、図-9のように矢板に相当するところのA層の部分は切り抜き、B層の部分において銀紙を並べて張り、その間を切り取って銀紙どうしの間に抵抗を入れた。この抵抗の大きさが矢板の止水の度合いを表わすわけである。ところで、銀紙が上から下まで続いていると矢板の頂部と底部のポテンシャルが同一になり、現実と合わなくなる。そこで、矢板の深さ方向に2つに分けることにした。

このようにしたとき、矢板のB層における深さが $2d$ 、B層の電気伝導度が σ 、半分づつの銀紙間の抵抗が R とすると、この矢板の止水性は深さ $2d$ 、長さ L のB層に相当する。ここで、

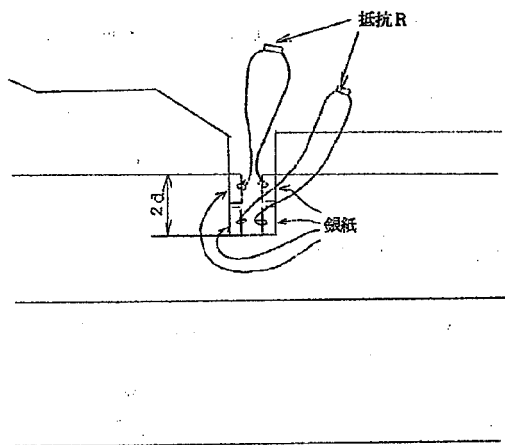


図-9

$$L = R \sigma_d$$

である。

前節で述べたように、矢板継ぎ目の漏水の度合いは複雑な要素に影響され、簡単に決めることはできないが、相当する砂層の長さにして百数十mから数百mである。そこで、ここでは相当する砂層の長さにして、約100m、約50m、約10m、それに完全な止水性を持つ場合の4つについて行なった。

§3 矢板の効果についての実験結果ならびに考察

実験は、堤内地側法尻、堤外地側法尻において、矢板を打設しない場合、B層の半分の深さまで矢板を打設しない場合、B層の半分の深さまで矢板を打設した場合、B層を完全に締め切った場合をいろいろ組み合わせて8つの場合について行なった。この8つの場合のそれぞれにおいて、前節で述べたように矢板の止水性を4通り変えて行なったので、結局32通りの実験結果がでてくる。

実験結果は図-10～図-41 に示すようになった。これらをそれぞれの矢板打設状態についてまとめたものが図-42～図-49 であり、それぞれの矢板の止水状態についてまとめたものが図-50～図-53 である。

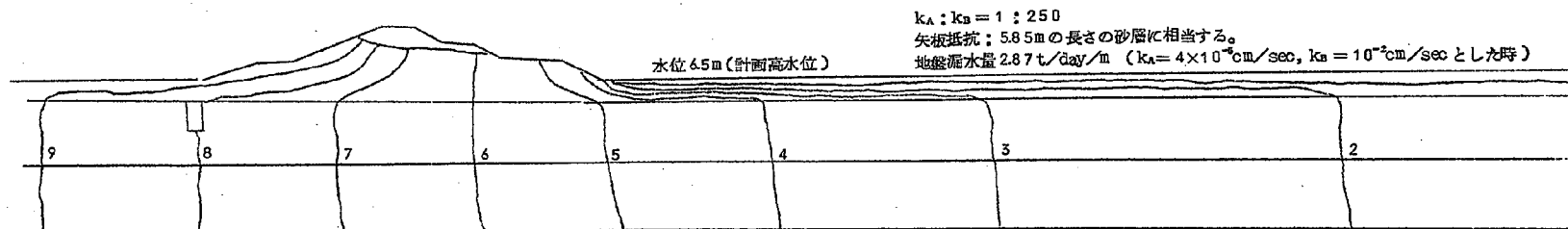


図-10

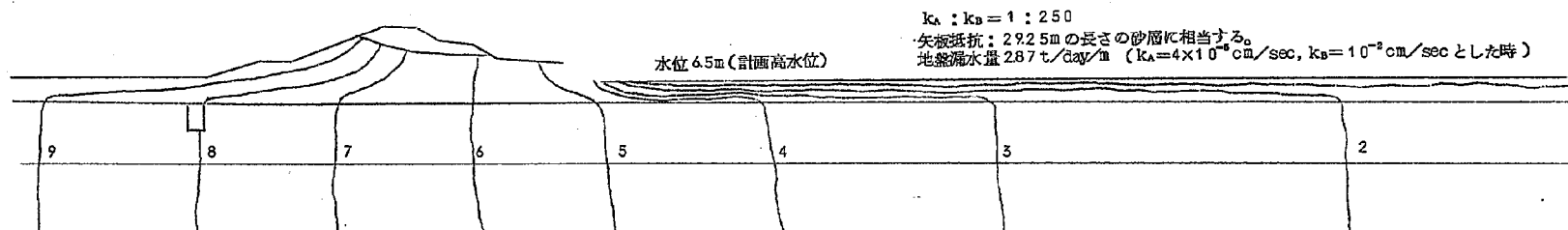


図-11

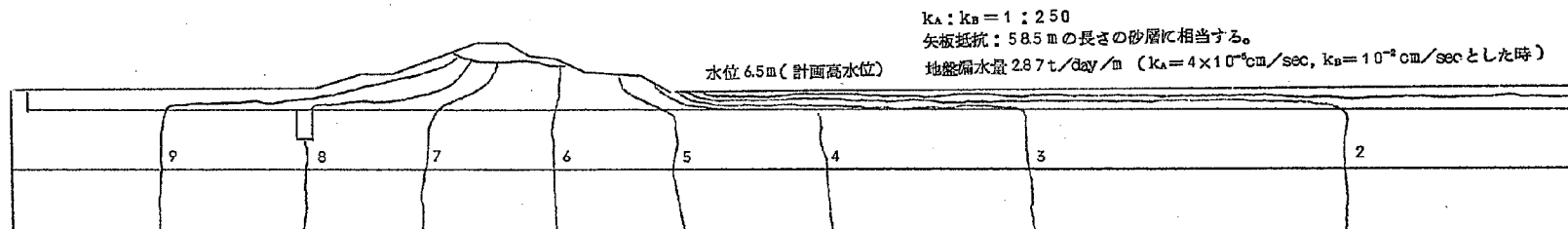


図-12

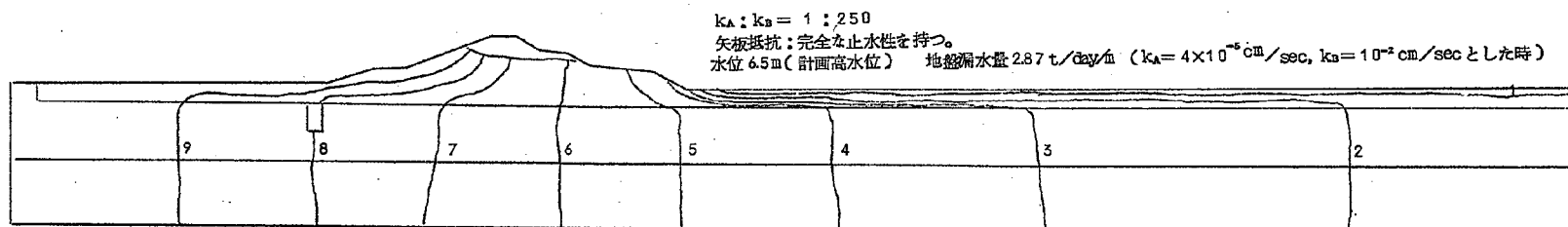


図-13

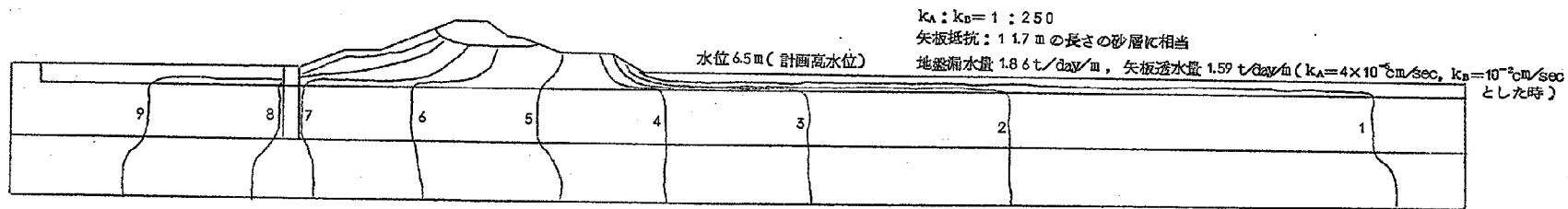


図-14

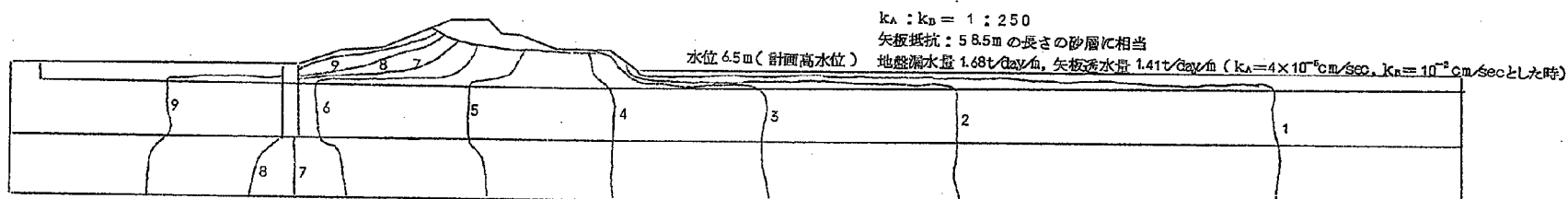


図-15

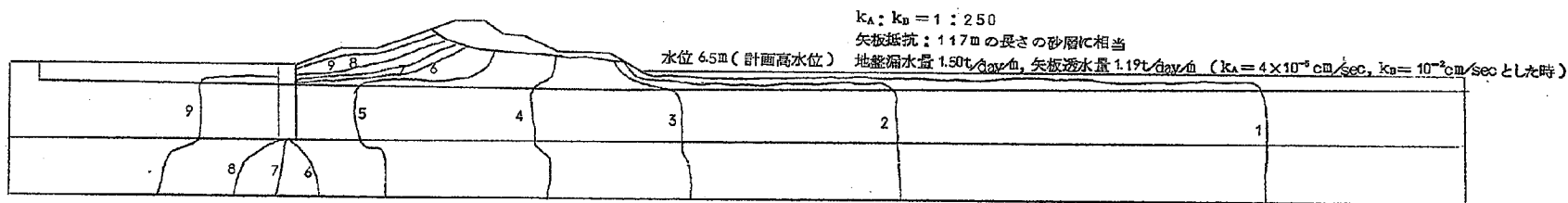


図-16

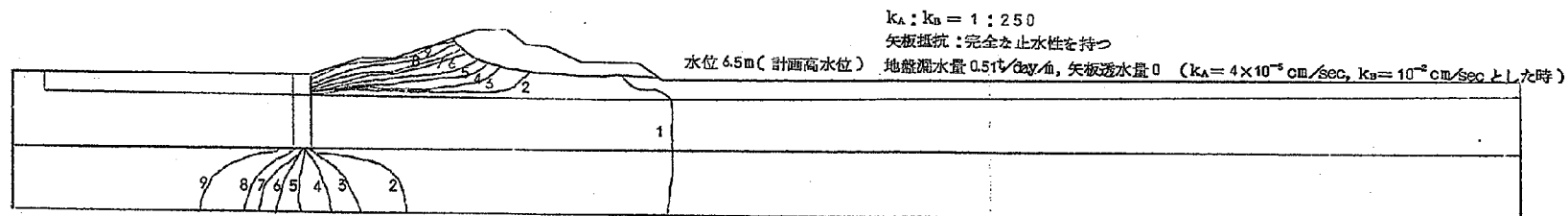


図-17

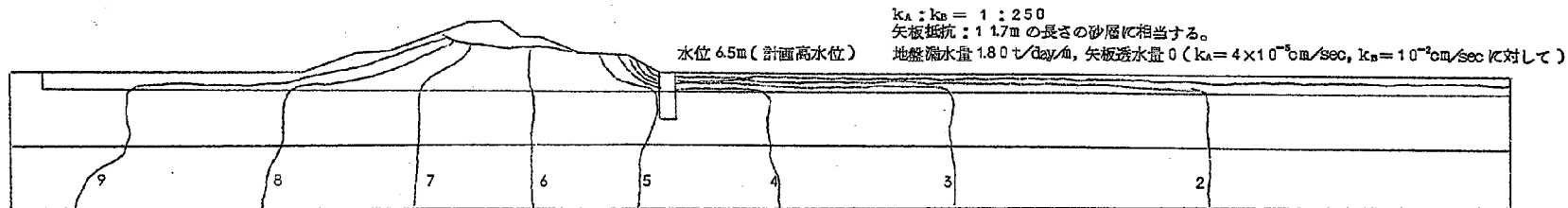


図-18

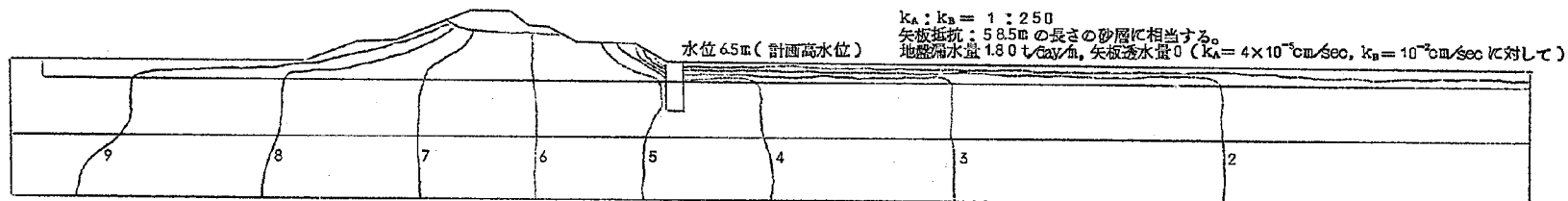


図-19

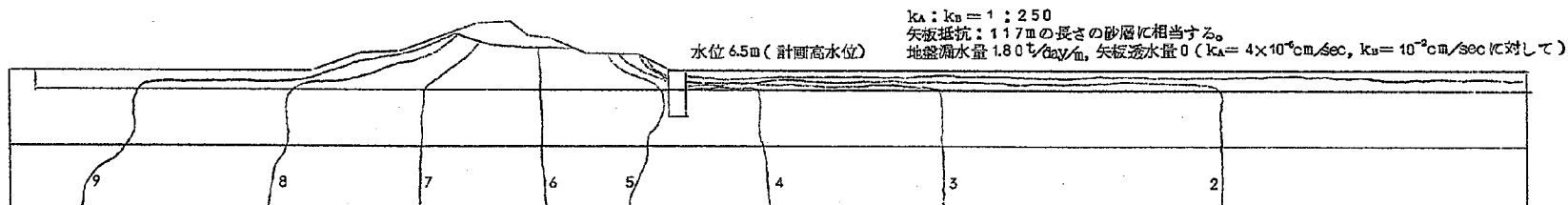


図-20

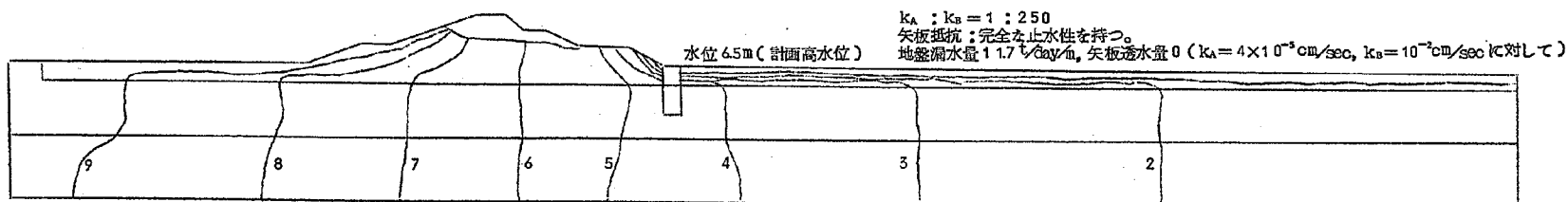


図-21

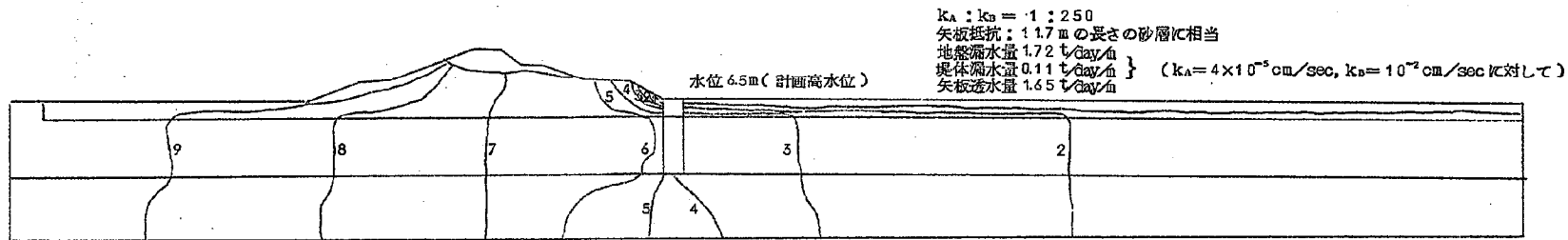


図-22

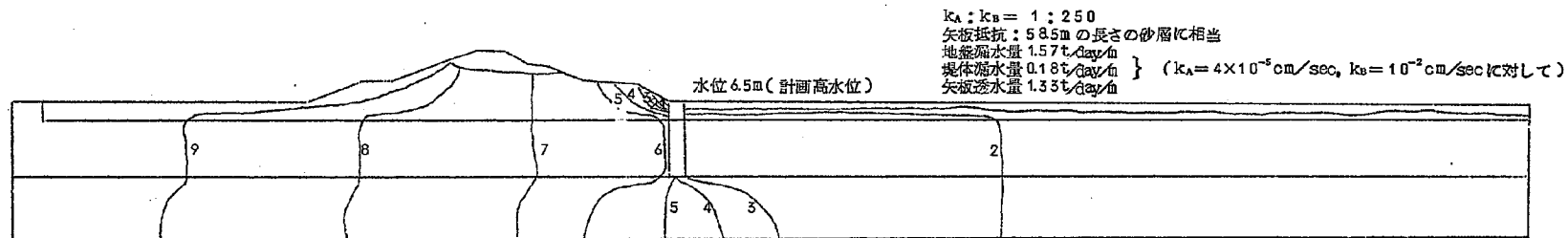


図-23

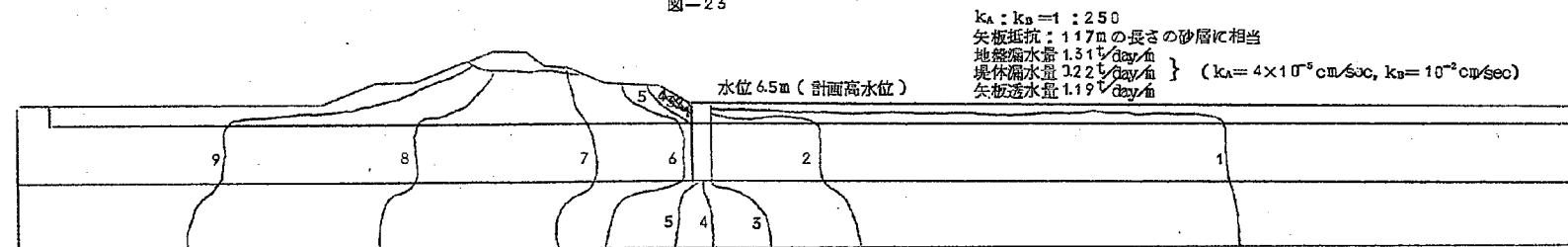


図-24

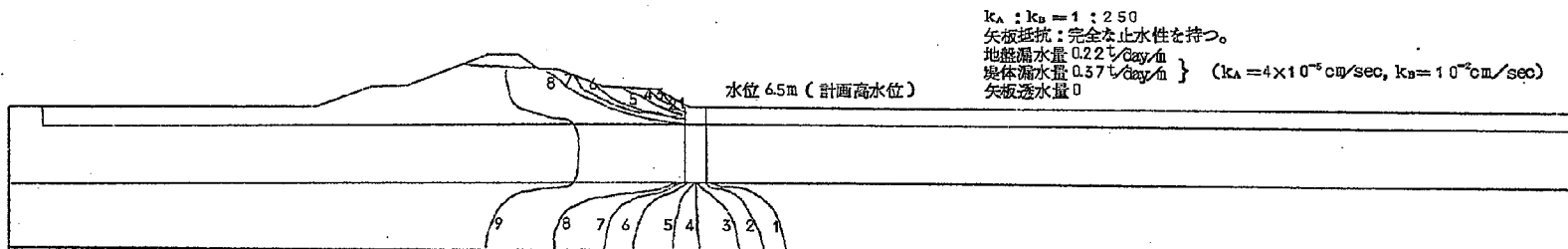


図-25

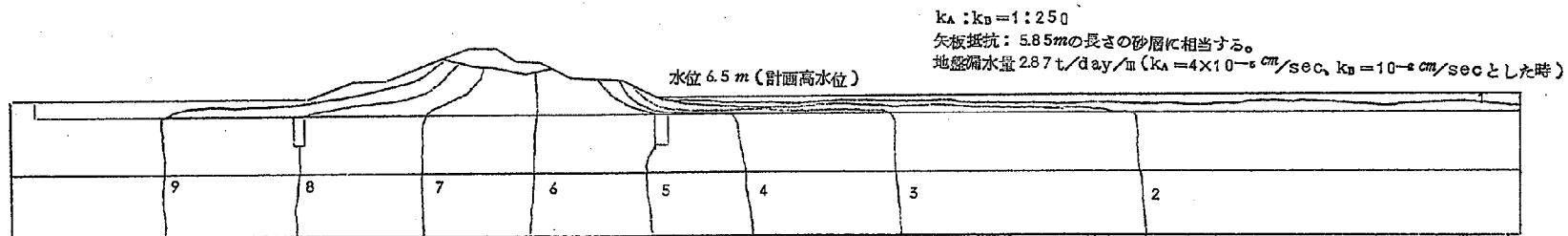


図-26

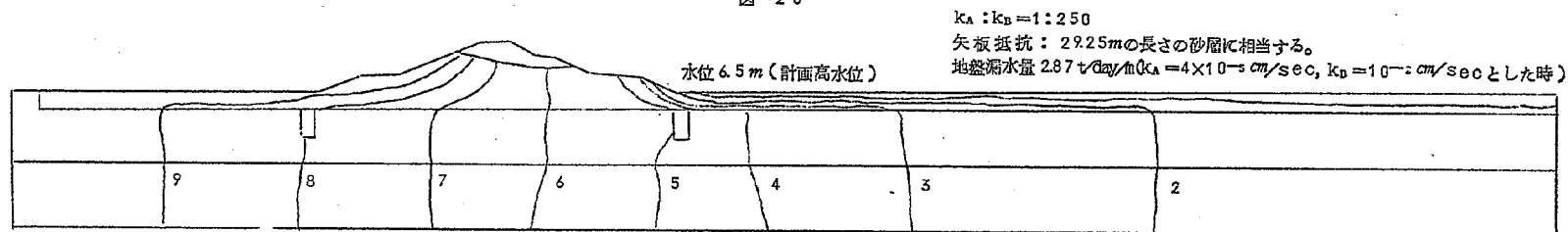


図-27

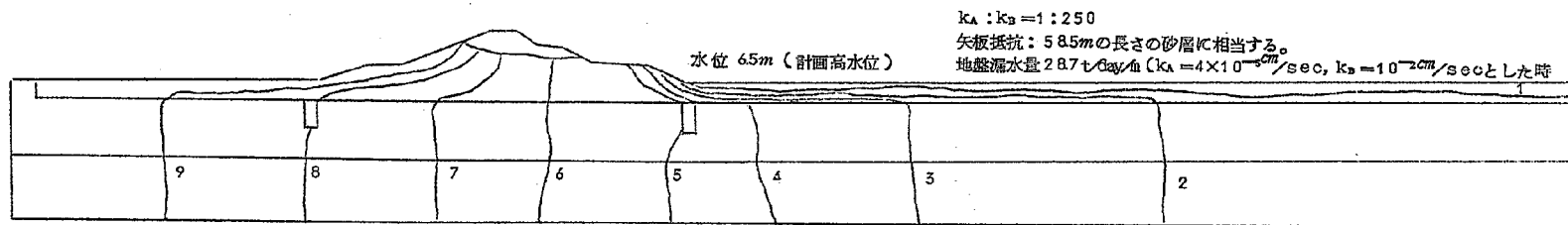


図-28

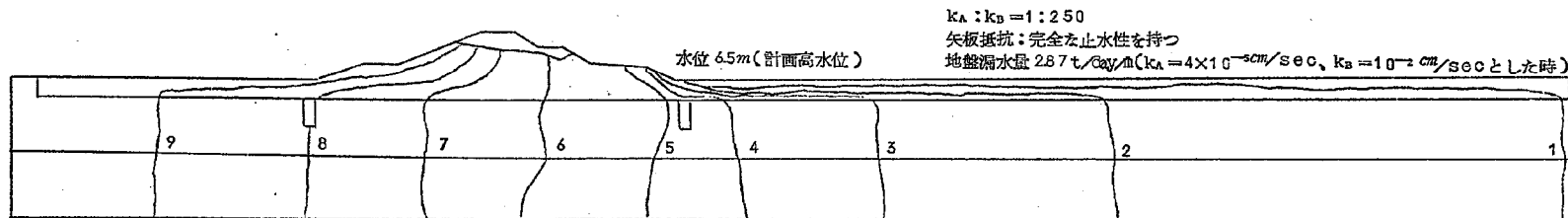


図-29

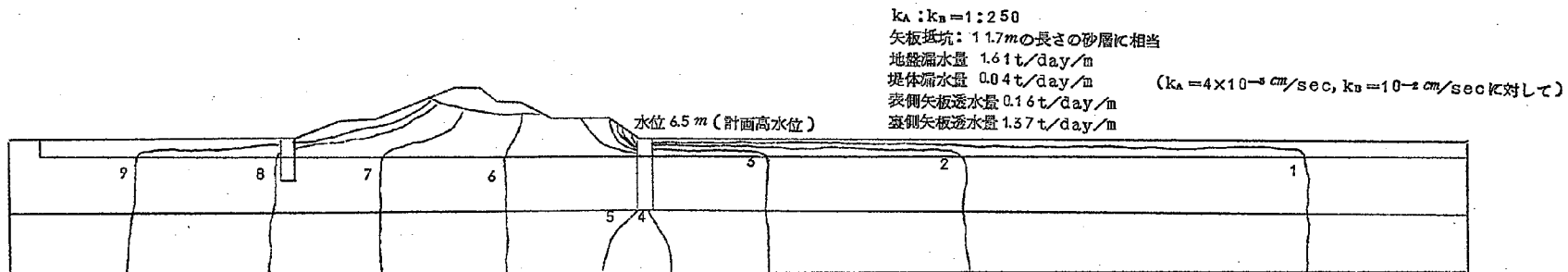


図-30

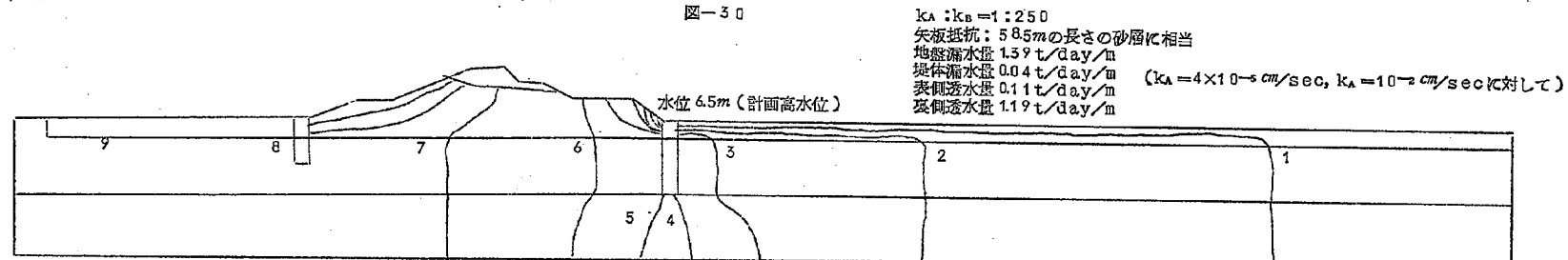


図-31

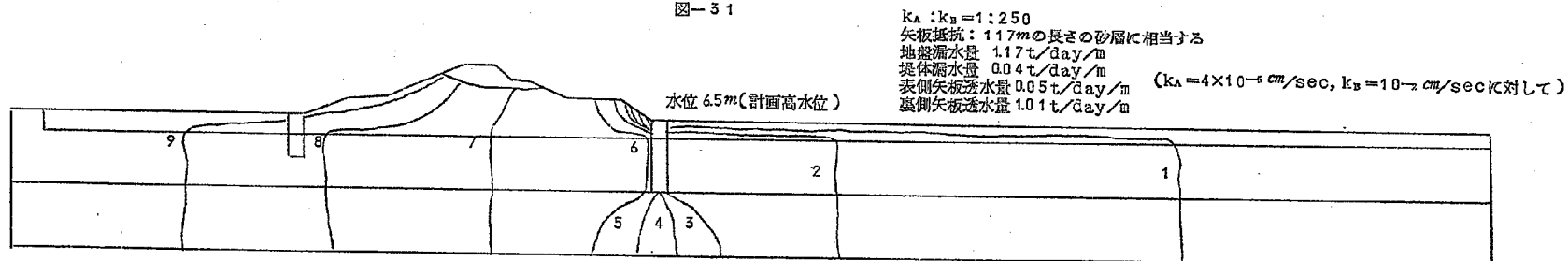


図-32

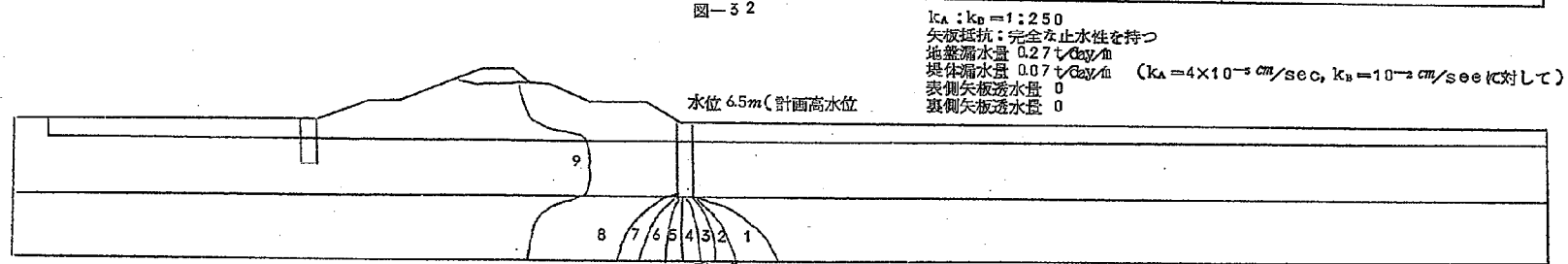


図-33

$$k_A : k_B = 1 : 250$$

矢板抵抗: 11.7mの長さの砂層に相当する。

地盤漏水量 1.93 t/day/m

表側矢板透水量 1.53 t/day/m ($k_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_B = 10^{-2}$ cm/sec に対して)

裏側矢板透水量 0.23 t/day/m

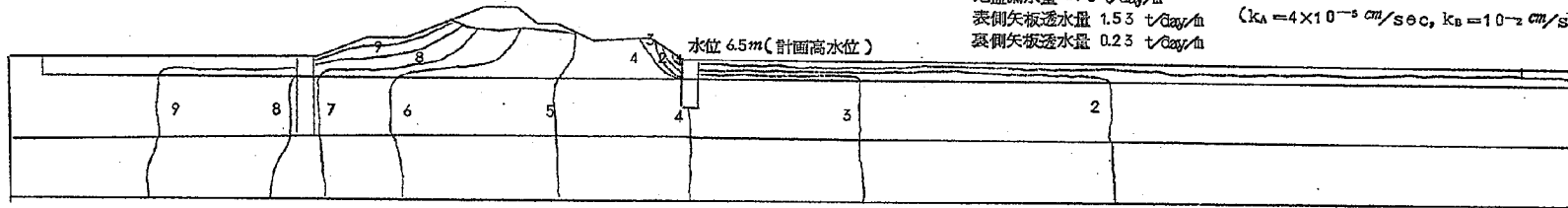


図-34

$$k_A : k_B = 1 : 250$$

矢板抵抗: 58.5mの長さの砂層に相当する。

地盤漏水量 1.79 t/day/m

表側矢板透水量 1.55 t/day/m ($k_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_B = 10^{-2}$ cm/sec に対して)

裏側矢板透水量 0.13 t/day/m

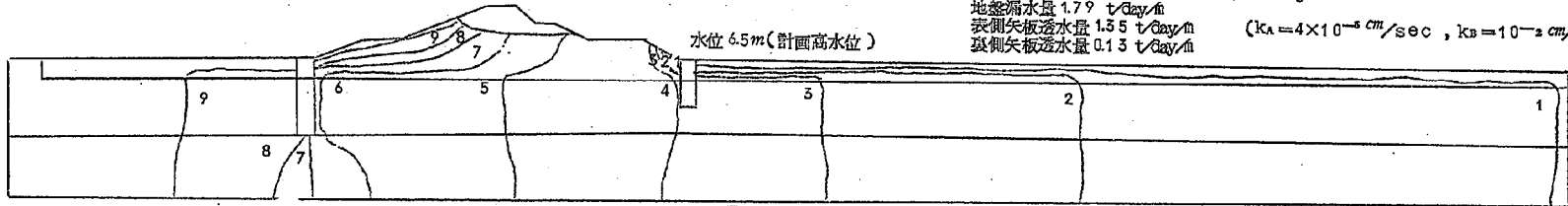


図-35

$$k_A : k_B = 1 : 250$$

矢板抵抗: 111.7mの長さの砂層に相当する。

地盤漏水量 1.57 t/day/m

表側矢板透水量 1.12 t/day/m ($k_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_B = 10^{-2}$ cm/sec に対して)

裏側矢板透水量 0.05 t/day/m

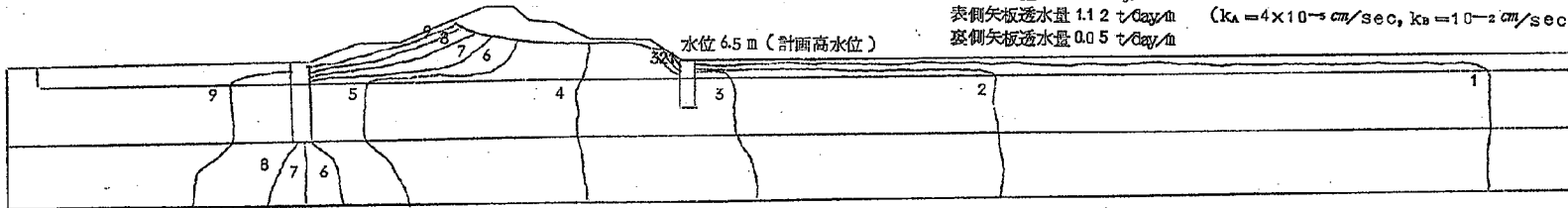


図-36

$$k_A : k_B = 1 : 250$$

矢板抵抗: 完全な止水性を持つ

地盤漏水量 0.70 t/day/m

表側矢板透水量 0

裏側矢板透水量 0

($k_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_B = 10^{-2}$ cm/sec に対して)

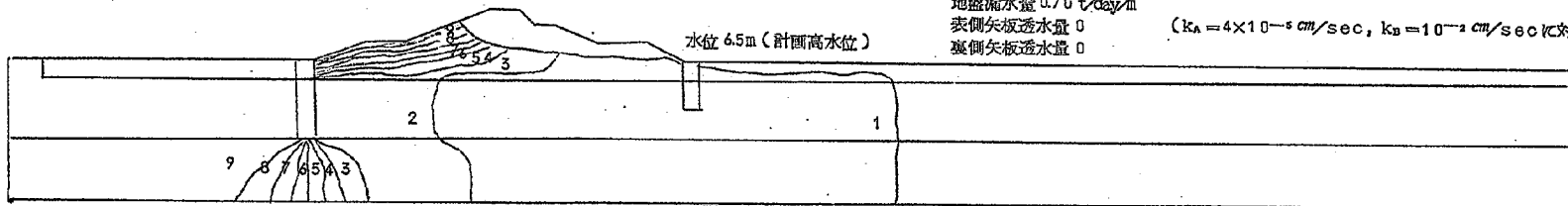


図-37

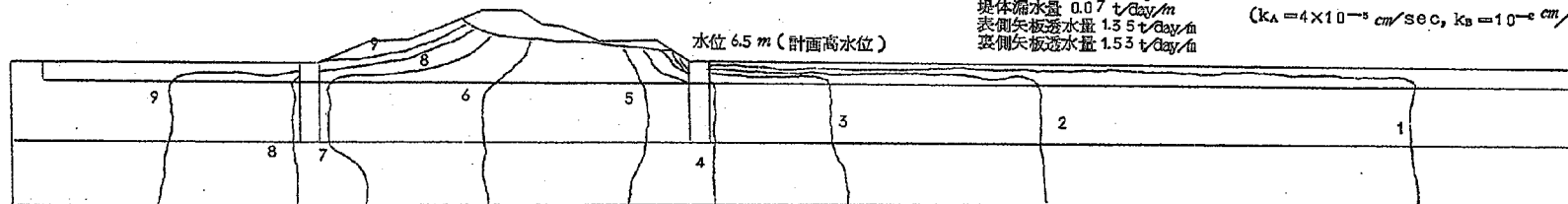


図-38

$k_A : k_B = 1 : 250$
 矢板抵抗: 11.7mの長さの砂層に相当する。
 地盤漏水量 1.67 t/day/m
 堤体漏水量 0.07 t/day/m
 表側矢板透水量 1.35 t/day/m
 裏側矢板透水量 1.53 t/day/m
 ($k_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_B = 10^{-2}$ cm/sec に対して)

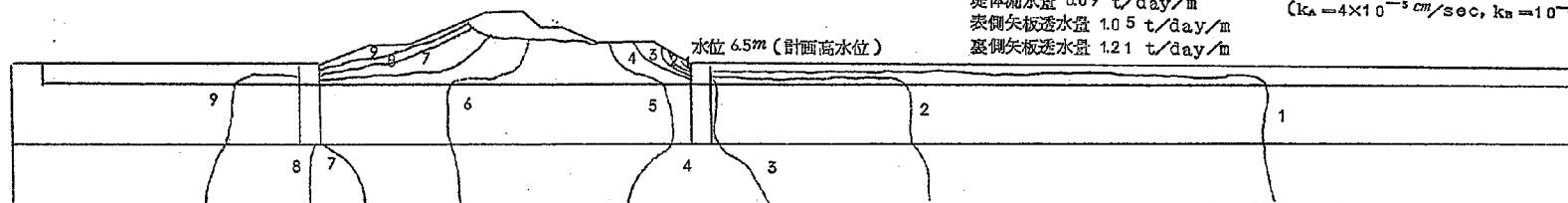


図-39

$k_A : k_B = 1 : 250$
 矢板抵抗: 5.85mの長さの砂層に相当する。
 地盤漏水量 1.30 t/day/m
 堤体漏水量 0.09 t/day/m
 表側矢板透水量 1.05 t/day/m
 裏側矢板透水量 1.21 t/day/m
 ($k_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_B = 10^{-2}$ cm/sec に対して)

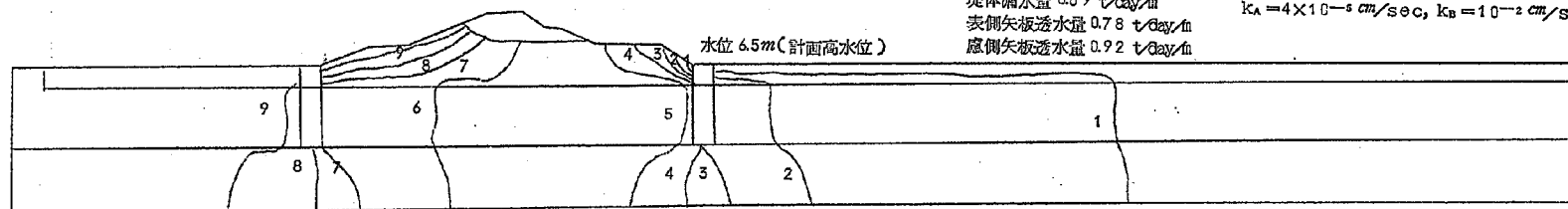


図-40

$k_A : k_B = 1 : 250$
 矢板抵抗: 117mの長さの砂層に相当する。
 地盤漏水量 1.01 t/day/m
 堤体漏水量 0.09 t/day/m
 表側矢板透水量 0.78 t/day/m
 裏側矢板透水量 0.92 t/day/m
 ($k_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_B = 10^{-2}$ cm/sec に対して)

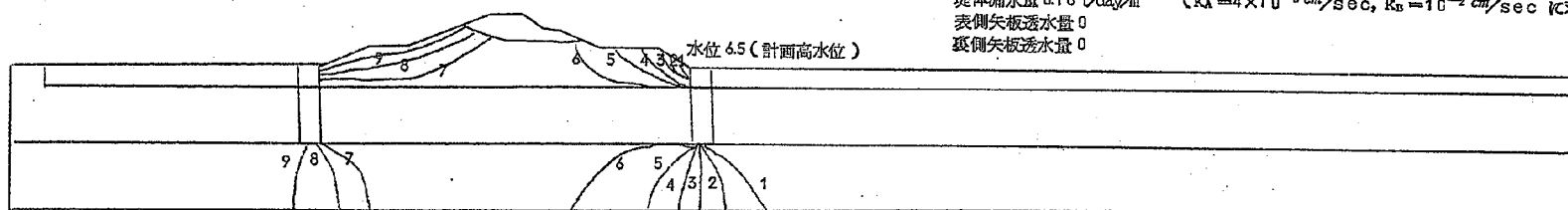
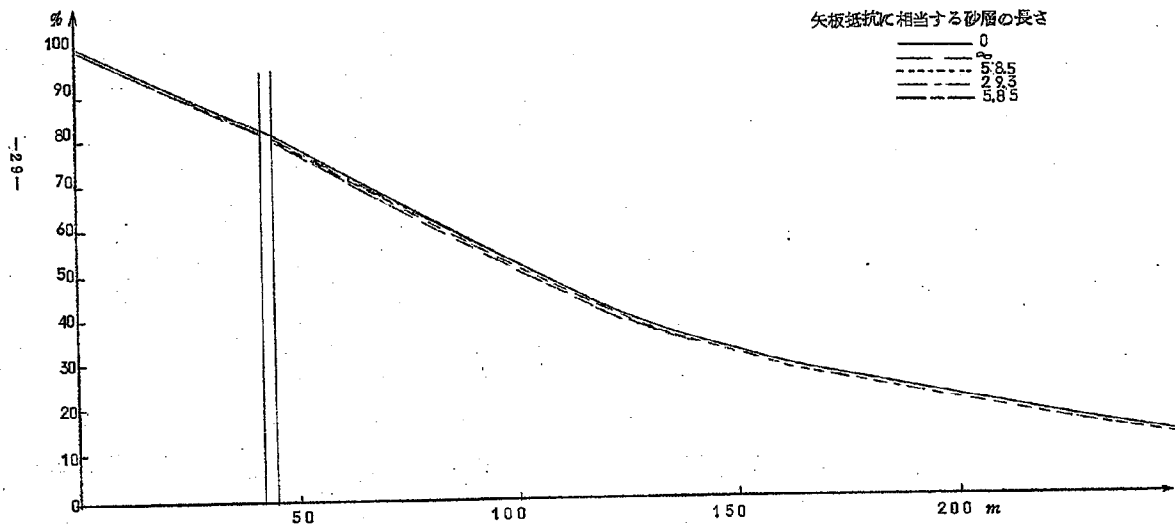
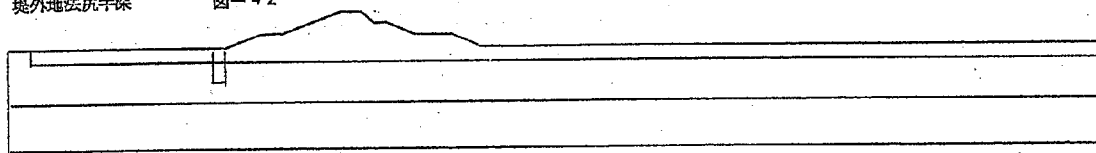


図-41

$k_A : k_B = 1 : 250$
 矢板抵抗: 完全な止水性を持つ
 地盤漏水量 0.14 t/day/m
 堤体漏水量 0.16 t/day/m
 表側矢板透水量 0
 裏側矢板透水量 0
 ($k_A = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_B = 10^{-2}$ cm/sec に対して)

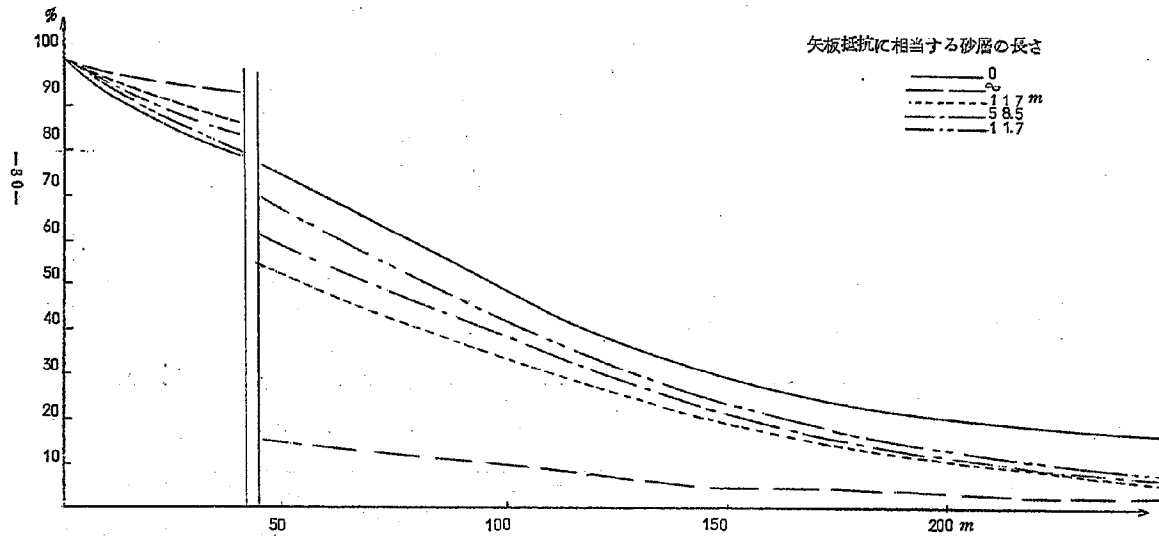
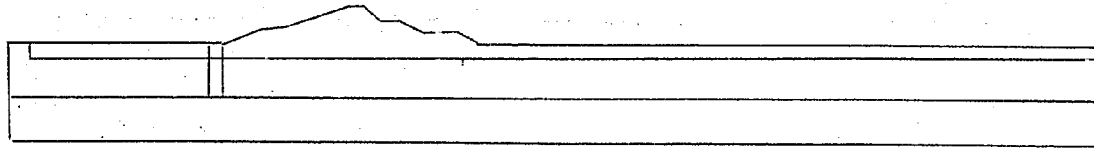
堤外地法尻半深

図-42

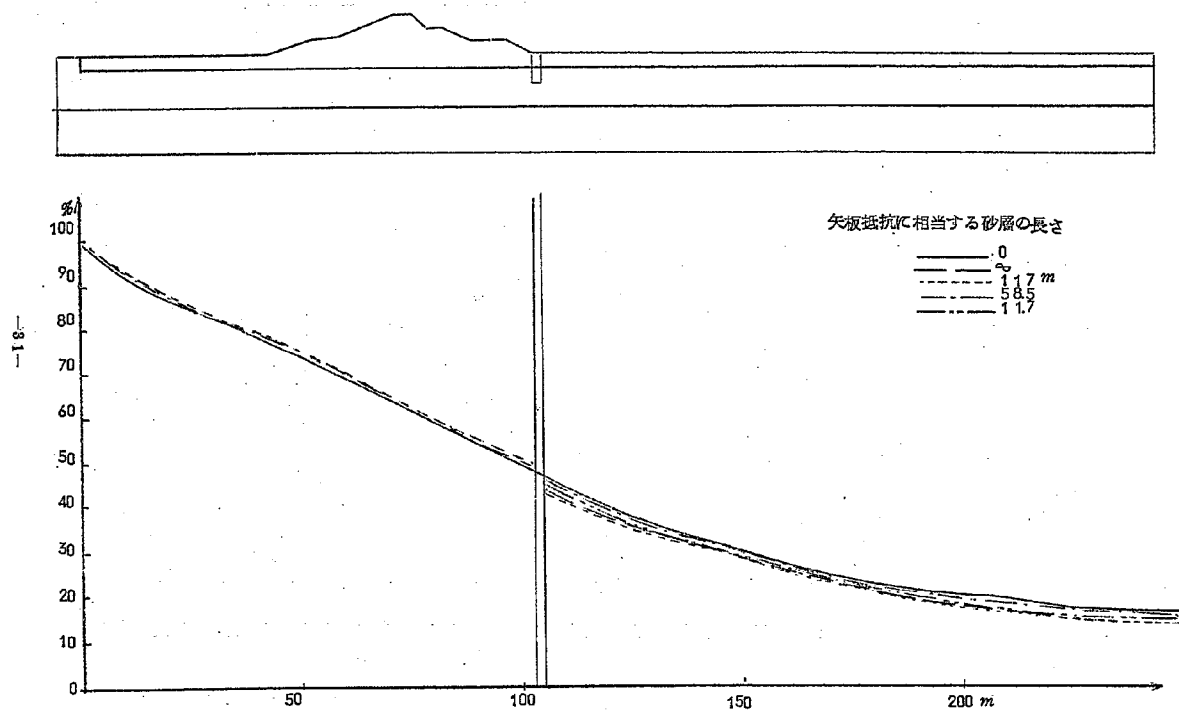


堤外地況全深

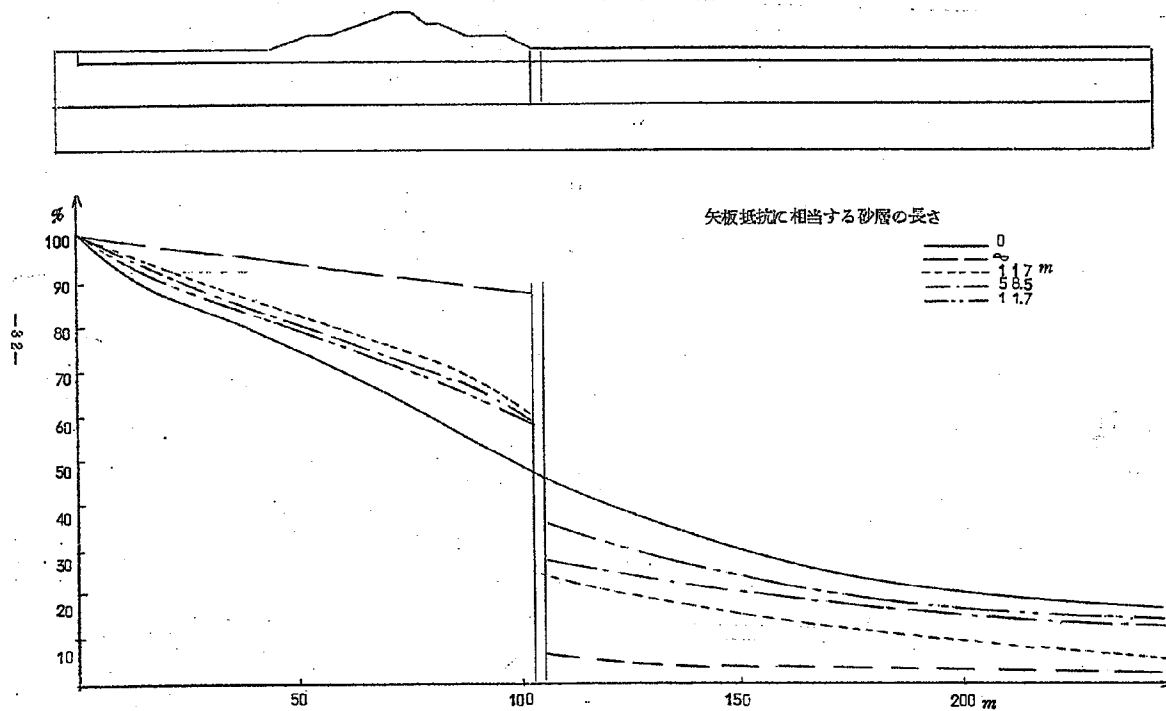
図-43



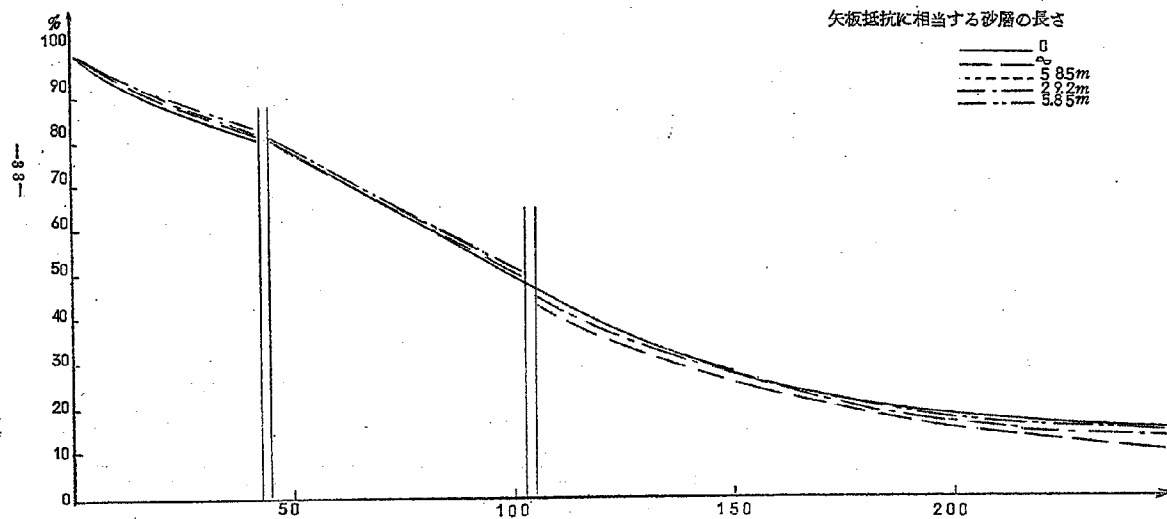
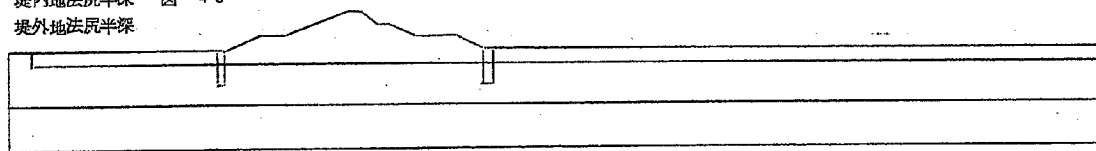
堤内地法尻半深 図-44



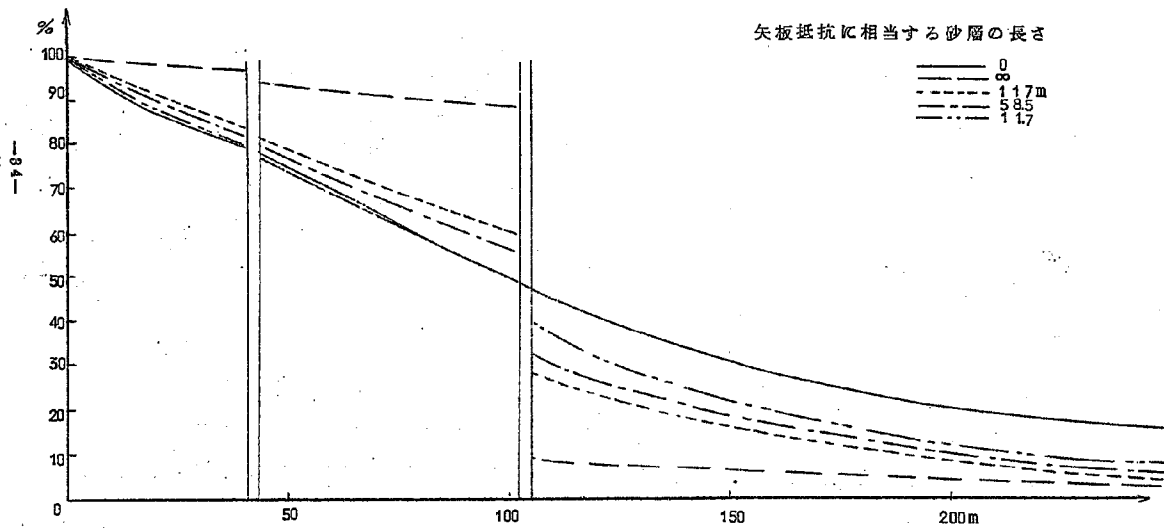
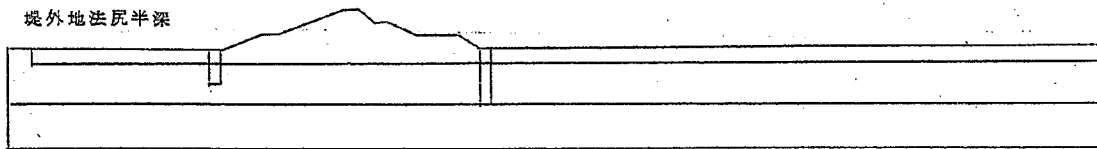
堤内地尻全深 図 45



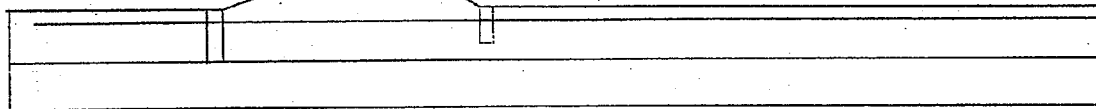
堤内地尻半深 図-46
堤外地尻半深



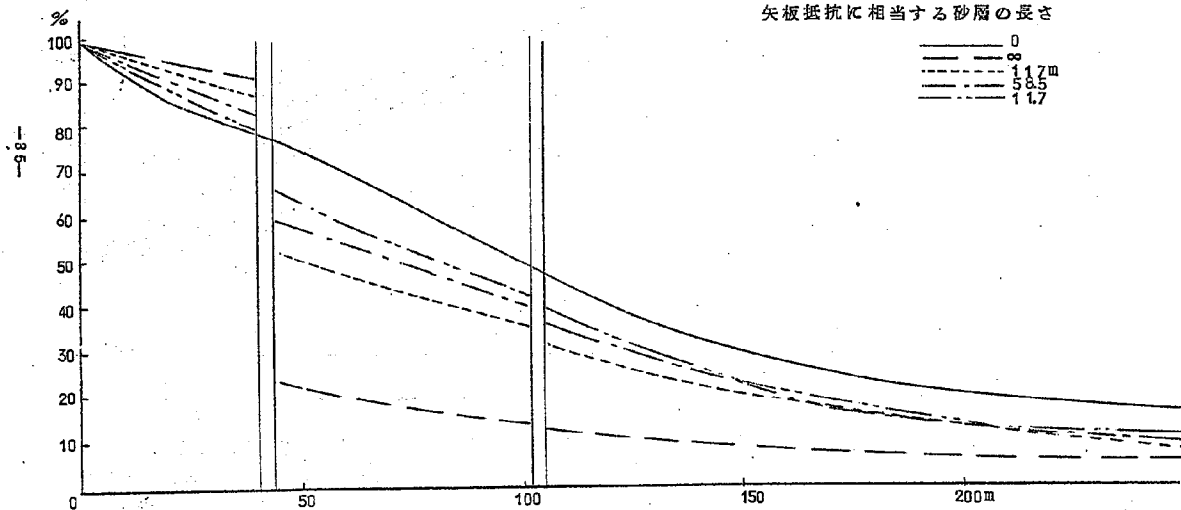
堤内地法尻全深 図-47
堤外地法尻半深



堤内地法尻半深
堤外地法尻全深

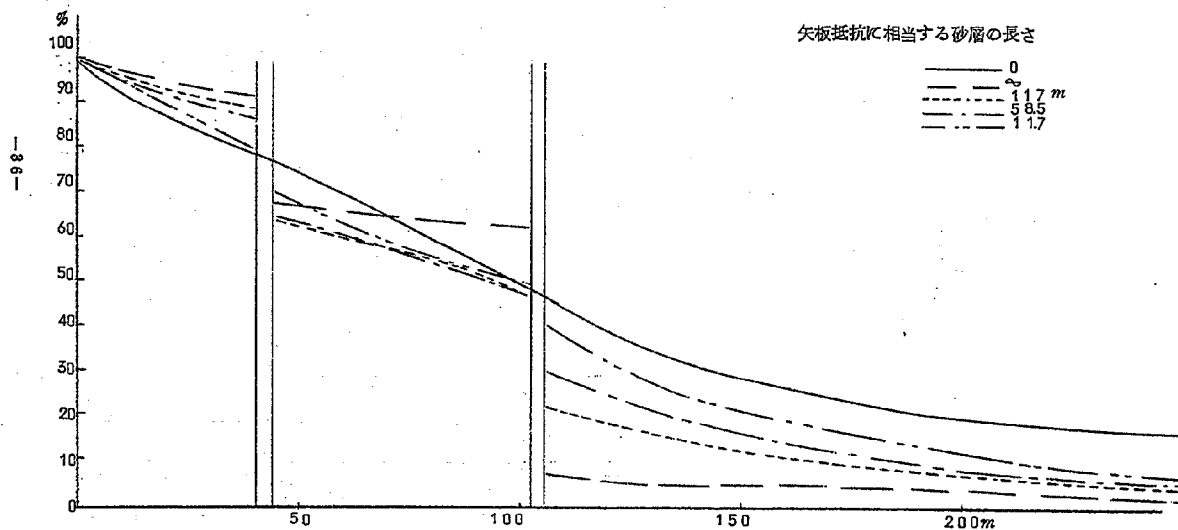
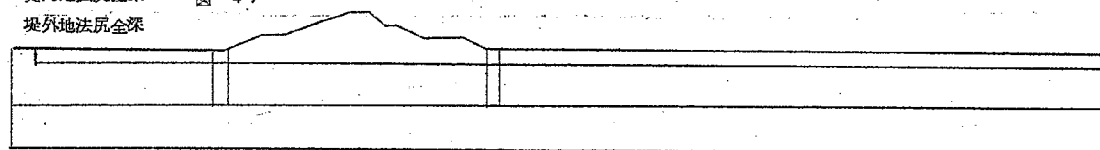


矢板抵抗に相当する砂層の長さ



堤内地法尻全深
堤外地法尻全深

図-4.9



矢板抵抗に相当する砂層の長さ 11.7m

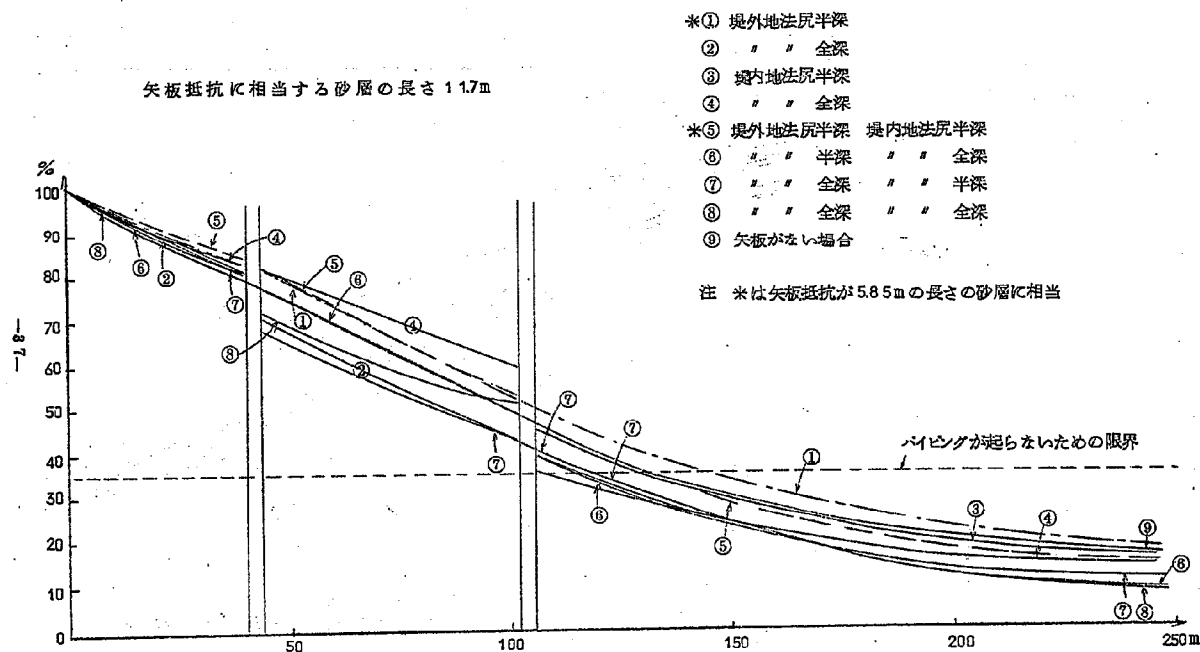


図-50

矢板抵抗に相当する砂層の長さ 58.5m

- *① 堤外地法尻半深
- ② " " 全深
- ③ 堤内地法尻半深
- ④ " " 全深
- *⑤ 堤外地法尻半深 堤内地法尻半深
- ⑥ " " 半深 " " 全深
- ⑦ " " 全深 " " 半深
- ⑧ " " 全深 " " 全深
- ⑨ 矢板がない場合

注 *は矢板抵抗が29.3mの長さの砂層に相当

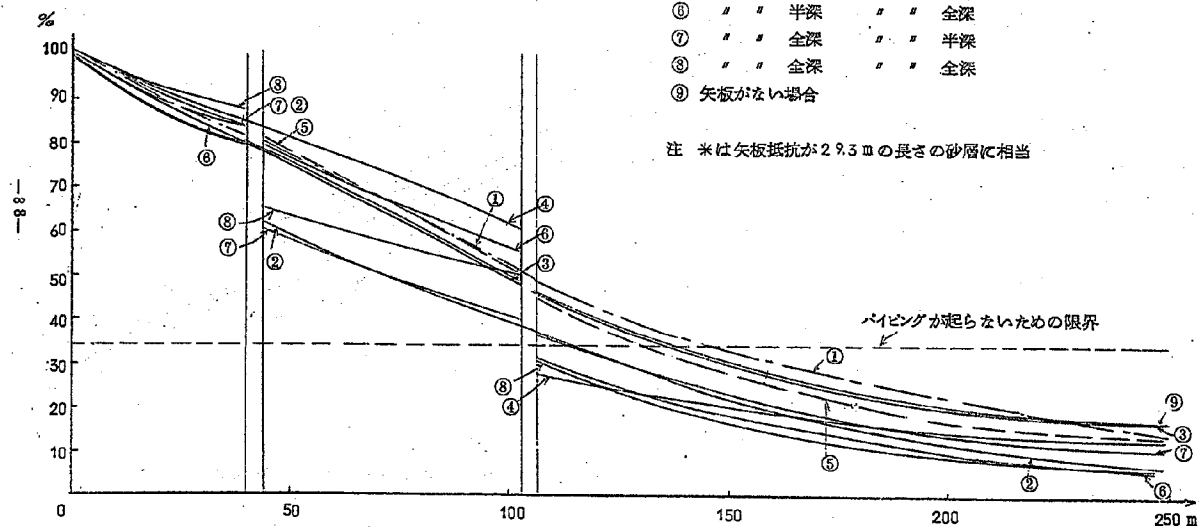


図-51

矢板抵抗に相当する砂層の長さ 117m

- *① 堤外地法尻半深
- ② " " 全深
- ③ 堤内地法尻半深
- ④ " " 全深
- *⑤ 堤外地法尻半深 堤内地法尻半深
- ⑥ " " 半深 " " 全深
- ⑦ " " 全深 " " 半深
- ⑧ " " 全深 " " 全深
- ⑨ 矢板がない場合

注 *は矢板抵抗が58.5mの長さの砂層に相当

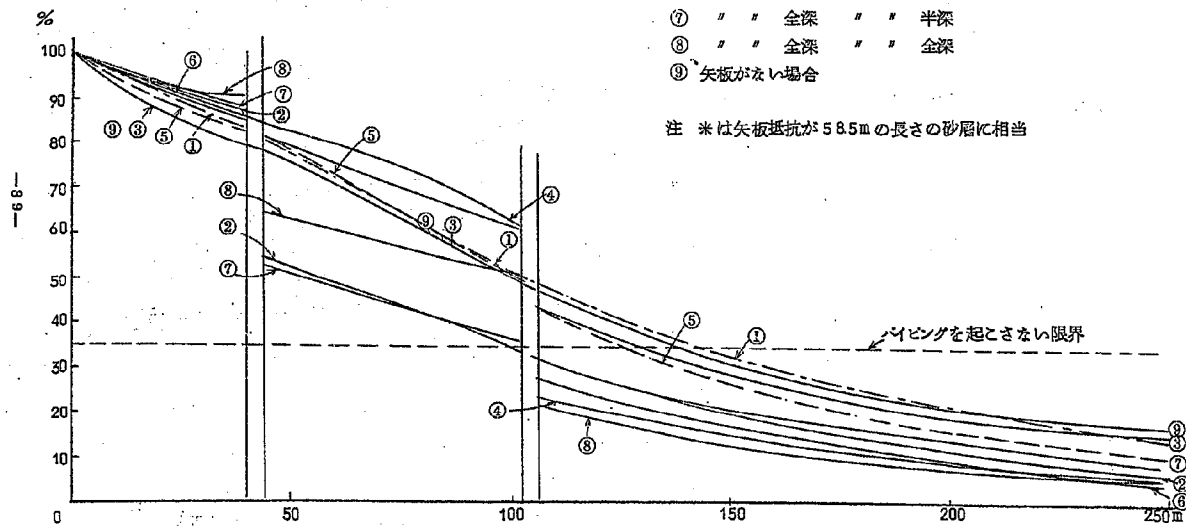


図-52

矢板が完全止水性を持つ場合

- | | | |
|---|---------|---------|
| ① | 堤外地法尻半深 | |
| ② | " " 全深 | |
| ③ | 堤内地法尻半深 | |
| ④ | " " 全深 | |
| ⑤ | 堤外地法尻半深 | 堤内地法尻半深 |
| ⑥ | " " 半深 | " " 全深 |
| ⑦ | " " 全深 | " " 半深 |
| ⑧ | " " 全深 | " " 全深 |
| ⑨ | 矢板がない場合 | |

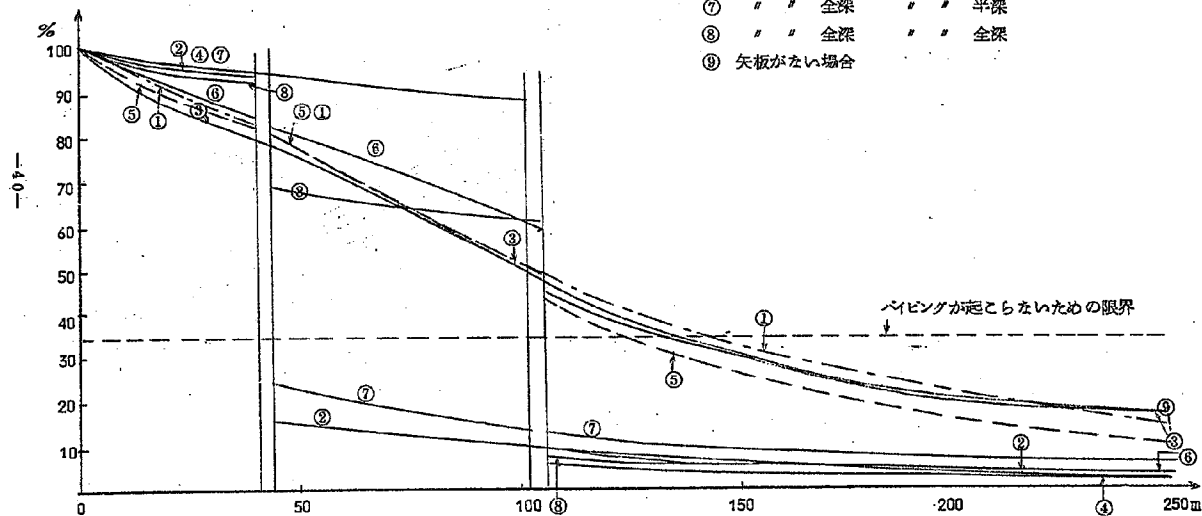


図-53

矢板 堤外地法尻半深

矢板抵抗		$\sigma_0 (Qcm)$	$Q_x (mA)$	$Q_{\infty} - Q_x (mA)$	矢板電流 (mA)		地盤漏水量 (t/day/m)	矢板抵抗 (m)	矢板透水量 (t/day/m)	
表側	裏側				表側	裏側			表側	裏側
$\infty \Omega$		5.2×10^{-2}	6.4	1.6	∞		2.87			
500 Ω		5.2×10^{-2}	6.4	1.6	5.85		2.87			
250 Ω		5.2×10^{-2}	6.4	1.6	2.225		2.87			
50		5.2×10^{-2}	6.4	1.6	5.85		2.87			

表-2

矢板 堤外地法尻全深

矢板抵抗		$\sigma_0 (Qcm)$	$Q_x (mA)$	$Q_{\infty} - Q_x (mA)$	矢板電流		地盤漏水量 (t/day/m)	矢板抵抗 (m)	矢板透水量 (t/day/m)	
表側	裏側				表側	裏側			表側	裏側
$\infty \Omega$		1.04×10^{-2}	2.2	0.6	0		0.51	∞	0	
250		1.04×10^{-2}	6.7	1.6	6.6		1.50	1.17	1.19	
125		1.04×10^{-2}	7.6	1.7	7.8		1.68	5.85	1.41	
25		1.04×10^{-2}	8.4	1.9	8.8		1.86	1.17	1.59	

表-3

矢板 堤内地法尻半深

矢板抵抗		$\sigma_0 (Qcm)$	$Q_x (mA)$	$Q_{\infty} - Q_x (mA)$	矢板電流 (mA)		地盤漏水量 (t/day/m)	矢板抵抗 (m)	矢板透水量 (t/day/m)	
表側	裏側				表側	裏側			表側	裏側
500		5.2×10^{-2}	4.0	1.0	0		1.80	5.85	0	
1000		5.2×10^{-2}	4.0	1.0	0		1.80	1.17	0	
100		5.2×10^{-2}	4.0	1.0	0		1.80	1.17	0	
∞		5.2×10^{-2}	4.0	1.0	0		1.80	∞	0	

表-4

矢板 堤内地法尻全深

矢板抵抗		$\sigma_s (\Omega cm)$	$Q_s (mA)$	$Q_{\sim} - Q_s (mA)$	矢板電流		地盤漏水量 (t/day/m)	矢板抵抗 (m)	矢板透水量 (t/day/m)		堤体電流 (mA)	堤体漏水量 (t/day/m)
表面	裏側				表面	裏側			表面	裏側		
500 Ω		5.2×10^{-2}	2.8	0.7	3.3		1.31	117	1.19		0.6	0.22
250 Ω		5.2×10^{-2}	3.4	0.8	3.7		1.57	58.5	1.33		0.5	0.18
50 Ω		5.2×10^{-2}	3.7	0.9	4.6		1.72	11.7	1.65		0.3	0.11
$\sim \Omega$		5.2×10^{-2}	0.5	0.1	0		0.22	$\sim$	0		1.0	0.37

表-5

矢板 堤外地法尻半深 堤内地法尻半深

矢板抵抗		$\sigma_s (\Omega cm)$	$Q_s (mA)$	$Q_{\sim} - Q_s (mA)$	矢板電流		地盤漏水量 (t/day/m)	矢板抵抗 (m)	矢板透水量 (t/day/m)	
表面	裏側				表面	裏側			表面	裏側
$\sim$	$\sim$	5.2×10^{-2}	6.4	1.6			287	$\sim$		
500 Ω	500 Ω	5.2×10^{-2}	6.4	1.6			287	58.5		
250 Ω	250 Ω	5.2×10^{-2}	6.4	1.6			287	29.25		
50 Ω	50 Ω	5.2×10^{-2}	6.4	1.6			287	58.5		

表-6

矢板 堤外地法尻半深 堤内地法尻全深

矢板抵抗		$\sigma_s (\Omega cm)$	$Q_s (mA)$	$Q_{\sim} - Q_s (mA)$	矢板電流		地盤漏水量 (t/day/m)	矢板抵抗 (m)	矢板透水量 (t/day/m)		堤体電流 (mA)	堤体漏水量 (t/day/m)
表面	裏側				表面	裏側			表面	裏側		
$\sim$	$\sim$	10.4×10^{-2}	1.2	0.3	0	0	0.27	$\sim$	0	0	0.4	0.07
500 Ω	250 Ω	10.4×10^{-2}	5.3	1.2	0.3	5.6	1.17	117	0.05	0.01	0.2	0.04
250 Ω	125 Ω	10.4×10^{-2}	6.3	1.4	0.6	6.6	1.39	58.5	0.11	0.11	0.2	0.04
50 Ω	25 Ω	10.4×10^{-2}	7.3	1.6	0.9	7.6	1.61	11.7	0.16	0.16	0.2	0.04

表-7

矢板 堤外地法尻全深 堤内地法尻半深

矢板抵抗		σ_0 (Ωcm)	Q_x (mA)	$Q_{\sim}-Q_x$ (mA)	矢板電流		地盤漏水量 (t/day/m)	矢板抵抗 (m)	矢板透水量(t/day/m)	
表側	裏側				表側	裏側			表側	裏側
250 Ω	500 Ω	1.04×10^{-2}	6.9	1.8	6.2	0.3	1.57	11.7	1.12	0.05
125	250	1.04×10^{-2}	7.9	2.0	7.5	0.7	1.79	58.5	1.35	0.13
25	50	1.04×10^{-2}	8.4	2.3	8.5	1.3	1.93	11.7	1.55	0.23
$\sim$	$\sim$	1.04×10^{-2}	3.1	0.8	0	0	0.70	$\sim$	0	0

表-8

矢板 堤外地法尻全深 堤内地法尻全深

矢板抵抗		σ_0 (Ωcm)	Q_x (mA)	$Q_{\sim}-Q_x$ (mA)	矢板電流		地盤漏水量 (t/day/m)	矢板抵抗 (m)	矢板透水量(t/day/m)		堤体電流 (mA)	堤体漏水量 (t/day/m)
表側	裏側				表側	裏側			表側	裏側		
$\sim \Omega$	$\sim \Omega$	1.04×10^{-2}	0.6	0.2	0	0	0.14	$\sim$	0	0	0.9	0.16
250	250	1.04×10^{-2}	4.5	1.1	4.7	5.1	1.01	11.7	0.78	0.92	0.5	0.09
125	125	1.04×10^{-2}	5.8	1.4	6.3	6.7	1.30	58.5	1.05	1.21	0.5	0.09
25	25	1.04×10^{-2}	7.5	1.8	8.1	8.5	1.67	11.7	1.35	1.53	0.4	0.07

表-9

なお、実験において直接測定された電流の値と、それから計算した漏水量、矢板透水量の値は表-2～表-9に書き込んである。これらの値は $k_a = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_b = 10^{-2}$ cm/sec とした時の値である。

実験は1つの矢板打設状態に対して1つの模型を使用し、矢板の止水度合いは銀紙間につなぐ電気抵抗の値をいろいろ変えることによって変化させた。図-42～図-53において比較の基準として使用した、矢板の打設していない場合は、図-8の値をプロットしたものである。

図-42, 図-44, 図-46 を見ると、前節の文献④に書かれているように、矢板が半分しか打設されていない場合はほとんど効果がないことがわかる。

図-50～図-53を見ると、堤外地法尻に半深の矢板を打設した場合、矢板がない場合よりも矢板のある場合の方が水圧が大きくなっているが、これは、矢板を打設しない場合の模型作製における誤差と考えられる。

図-42において基準とした、矢板を打設しない場合は、この堤外地法尻半深矢板の模型において、銀紙間を直結した時の値である。

なお、堤外地法尻半深矢板の場合(図-42)と堤内地法尻半深堤外地法尻半深矢板の場合(図-46)、使用すべき抵抗を間違えて、半分の大きさのものを使用してしまったので、矢板の止水度合いが他の場合の半分になってしまった。しかし、半深矢板の場合はその効果がほとんどなく、矢板抵抗が変わっても水圧線がほとんど変わらないので、図-50～図-53ではこのままて比較を行なった。

半深矢板の効果がほとんどないのならば、漏水量もまた半深矢板の打設によって変らないはずである。表-1, 表-2, 表-4, 表-6を見ると、地盤漏水量は透水係数が $k_a = 4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_b = 10^{-2}$ cm/sec のとき、矢板を打設していない場合 2.54 t/day/m, 堤外地法尻半深矢板の場合 2.87 t/day/m, 堤内地法尻半深矢板の場合 1.80 t/day/m, 堤外地法尻半深堤内地法尻半深矢板の場合 2.87 t/day/mとなっている。このように値がばらつくのは、やはり模型作製その他の誤差によるものと思われるが、だいたい2～3 t/day/mになっている。すなわち、B層の透水数が 10^{-2} cm/sec とすると、矢板を打設しない場合、水位が計画高水位のとき地盤漏水量は堤防の長さ方向1 m当たり1日に2～3 tである。

つぎに、堤内地法尻に全深の矢板を打設した場合について考えてみよう。
 図-45、図-47、図-49を見ると、矢板の前面には大きな水圧が蓄積されることがわかる。このため、表-6、表-7、表-9を見てもわかるように無視できぬ堤体漏水量が生ずるようになる。このように矢板の前面に大きな水圧が溜まると、上載荷重の少ない法尻付近に向って浸透流が集中し、図-54のように土砂を吹き出して堤体破壊を生ずるようになり、矢板を打設しない場合よりもかえって悪い結果を生ずる。

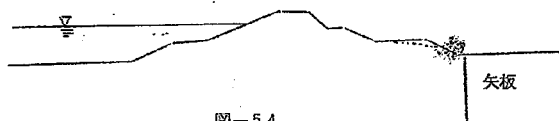


図-54

最後に、堤外地法尻に全深の矢板を打設した場合について考える。先に述べたように半深の矢板はほとんど効果がないから、堤外地法尻全深矢板の場合（図-43）、堤外地法尻全深堤内地法尻半深矢板の場合（図-48）、の両方ともこの場合に該当すると考えてよい。この2つの場合は、図-50～図-53において②と⑦の曲線になり、ほとんど一致している。

図-43、図-48を見ると、やはり、矢板の前面には大きな水圧が蓄積されることがわかる。しかし、このとき河川水位は計画高水位の6.5mになっているから、水圧が蓄積されているところには上からも6.5mの水圧がかかることになり、堤内地法尻全深矢板の場合のように堤体破壊は生じない。

ところで、「その1」で述べたように、矢作川堤防では堤内地の透水層水圧が全水頭の34%以下であればパイピング現象は起こらない。図-50～図-53を見ると、堤外地法尻に全深の矢板を打設しても矢板が11.7mは勿論58.5mの長さの砂層に相当する抵抗しか持たない時は堤内地法尻に近い部分で、パイピング現象が起こらない限界よりも大きな水圧が残留している。しかし、11.7mの長さの砂層に相当する抵抗を持つとき、堤内地の砂層の水圧はかろうじてパイピングの起こる限界よりも小さくなり、完全止水の時は

約3倍の安全率を持つことができる。前節の㊥の文献から見て、一般に矢板が百数十mの長さの砂層に相当する抵抗を持つことは有り得るから、堤外地法尻全深矢板により、堤内地パイピング現象を防ぐことは可能である。しかし、場合によっては矢板がほとんど抵抗を持たないことも有り得るから、矢板打設に当たって矢板継ぎ目がしっかりと締まるように注意すべきである。矢板の止水効果を増すため、継ぎ目にグラウトを施すことも考えられる。

表-3, 表-8 から、堤外地測法尻に全深の矢板を打ったときの地盤漏水量は、矢板抵抗が117mの砂層に相当するとき約1.5 t/day/m, 矢板が完全に止水性のとき約0.5 t/day/m である。

結 語

以上の実験結果をまとめると次のようになる。

- ① 矢作川堤防の標準断面は図-2のようであり、 $k_A:k_B=1:250$ である。
- ② $k_A=4 \times 10^{-5}$ cm/sec, $k_B=10^{-2}$ cm/secとしたとき、計画高水位では2~3 t/day/mの地盤漏水が生ずる。
- ③ B層を半分締め切る矢板を打設してもほとんど効果はない。
- ④ 堤内地測法尻にB層を完全に締め切る矢板を打設すると、矢板の前面に大きな水圧が蓄積して打設しない場合よりも悪い結果を生ずる。
- ⑤ すなわち、堤外地測法尻においてB層を完全に締め切る矢板のみが効果的ということになる。しかし、この場合でも矢板の止水度合いが120m以上の砂層に相当しなければ堤内地にバイピング現象を生ずる。矢板が完全止水であれば安全率3の効果を持つ。このとき、地盤漏水量は、矢板の止水度合いが120mの砂層に相当するとき約1.5 t/day/m、完全止水のとき約0.5 t/day/mである。