

吉野川堤防強化検討委員会

第3回委員会資料

平成17年3月10日

四国地方整備局 徳島河川国道事務所

< 目 次 >

	頁
1 . 第 2 回検討委員会の概要	1-1
1.1 議事概要	1-1
1.2 指摘事項および回答	1-2
2 . 第 3 回検討委員会の討議内容	2-1
3 . 浸透に関する安全性照査	3-1
3.1 安全性照査の手順	3-1
3.2 検討断面の設定	3-2
3.3 検討方法	3-4
3.4 安全性照査結果	3-5
3.5 必要対策区間の抽出	3-10
4 . 侵食に関する安全性照査	4-1
4.1 安全性照査の手順	4-1
4.2 細分化区間の設定	4-1
4.3 検討方法	4-4
4.4 安全性照査結果	4-12
4.5 必要対策区間の抽出	4-18
< 別冊資料集 >	
資料 吉野川堤防における三軸圧縮試験データ	
資料 現況堤防の安全性照査結果(浸透・侵食)	
< 用語集 >	

# 1. 第2回検討委員会の概要

## 1.1 議事概要

開催日：平成16年12月8日

### 第2回 吉野川堤防強化検討委員会 議事録要旨

#### 第2回検討委員会開催日、場所

開催日：平成16年12月8日（水曜日）

開催時間：13:30～17:00

開催場所：ホテル千秋閣 7F 鳳の間

#### 出席者

委員長：山上 拓男（徳島大学工学部 教授）

委員：岡部 健士（徳島大学工学部 教授）

澤田 勉（徳島大学工学部 教授）

三神 厚（徳島大学工学部 建設工学科 助手）

石川 浩（四国地方整備局 徳島河川国道事務所 所長）

事務局：四国地方整備局 徳島河川国道事務所

応用地質株式会社

傍聴者、記者(計15名)

#### 議事概要

以下に示す。

#### 第1回委員会議事録について

委員長：特に修正箇所、指摘事項はなかった。

#### 「第3章 平成16年出水に伴う被害状況」について

委員A Q：侵食による被災は、高水敷の侵食と根入れの洗掘の2種類あるが、後者の事例はあったか。

事務局 A：六条大橋下流左岸の1箇所、旧吉野川右岸(北島町)、今切川(百石須)

委員長 Q：3-1<sup>ページ</sup>、\*2)の説明。説明によると昭和49年の流量が最大とあるが、資料に記載されている昭和29年の岩津の流量の方が最大値と読み取れる。どのように解釈すればよいか。

事務局 A：昭和49年のデータは観測したデータであり精度が良い。昭和29年は推定値である。

#### 「第4章 河川堤防点検の経緯と概要」について

委員長 Q：4-1ページ、安全率1.2について、河川と一般の構造物と同じレベルで安全率を解釈するのは反対である。ただし、吉野川においては、割り増し係数を考慮するという点は救いである。

委員B Q：堤防強化工法は、現状どの程度まで整備されていて、本委員会との関連性はどうか。

事務局 A：現在、鴨島、石井箇所対策を行っている。今回の台風で影響を受けた20箇所以上の対策については、本委員会で審議して頂きたい。

委員C Q：高水位継続時間はどのように設定しているか。

事務局 A：継続時間は既往洪水波形のうち、一番長い時間を設定している。

#### 「第5章 既往資料による一連区間の細分化」について

委員A Q：一連区間という表現は、感覚的にピンとこない。少し表現を再考して欲しい。

事務局 A：検討します。

委員長 Q：細分化毎に検討をするということで認識は良いか。ただしC、D区間のみ。

事務局 A：今回の被災箇所も含めて、細分化区間毎に検討をする予定でいる。

#### 「第6章 現況堤防の安全性に関する検討方法および条件」について

委員長 Q：解析方法において、最も危険な浸潤線を用いて行うという表現にはジレンマがある。安定計算のトライアルにより、危険な状態が決まってくるのではないか。

事務局 A：一時間毎に浸潤面を設定し、安定計算を行い最も危険な状態を把握する予定。

委員長 Q：基礎地盤が砂質土の場合のパイピング破壊現象は、動水勾配のみでは解らないのではないか。応力変形解析をした方がよいのではないか。そもそも堤防に浸潤面が生じてくるのはまずいのではないか。浸潤面をつくらぬような対策を考えていくべきである。

事務局 A：パイピング破壊の検討は動水勾配のみではなく、安定解析結果の両面で検討しようと考えている。

委員A Q：応力変形解析をする場合と動水勾配で求める場合とでは、どちらの手法で行えばより安全か。

事務局 A：それは難しい問題である。動水勾配では、現状基準値として0.5を目安としており、かなり安全側と評価している。

委員長 Q：土質データの生データを見せて欲しい。特に三軸試験の拘束圧などの条件が知りたい。データがないと、強度設定の是非は現状のところ評価できない。

事務局 A：提示します。

委員長 Q：一般的な意味で、洪水外力の設定パラメータが妥当であるか。洪水時に地元の人の言うことによると、堤防が揺れているという感覚であるが、それと設定値がマッチしているか。

事務局 A：極限に近い外力の条件でパラメータを設定している。

委員 A Q：堤防に降る雨と水位の外力条件を時間的にどのように取り扱うのか。

事務局 A：降雨が終了した時点で、水位がピークになるように厳しい条件で設定している。

「第7章 台風23号による吉野川の漏水現象」について

委員 B Q：台風によって発生したガマが局所的で広域的に大きくならなかった原因は何か。

事務局 A：弱いところにガマが集中し、周りの水圧が低下したため広域的に及ばなかったと解釈している。

委員 A Q：台風の時に堤体そのもののパイピングはあったのか、なかったのか。

事務局 A：問題なかったことを確認している。

「第8章 出水時のモニタリング結果と解析」について

委員長 Q：モニタリングの観測孔の配置理由は何か。設置深度の根拠は何か。

事務局 A：天端、川表、川裏で設置している。

委員 A Q：モニタリングの実測値と解析値との図において、見方がよく分からない。

事務局 A：もう一度、とりまとめて次回委員会で説明する。

1.2 指摘事項および回答

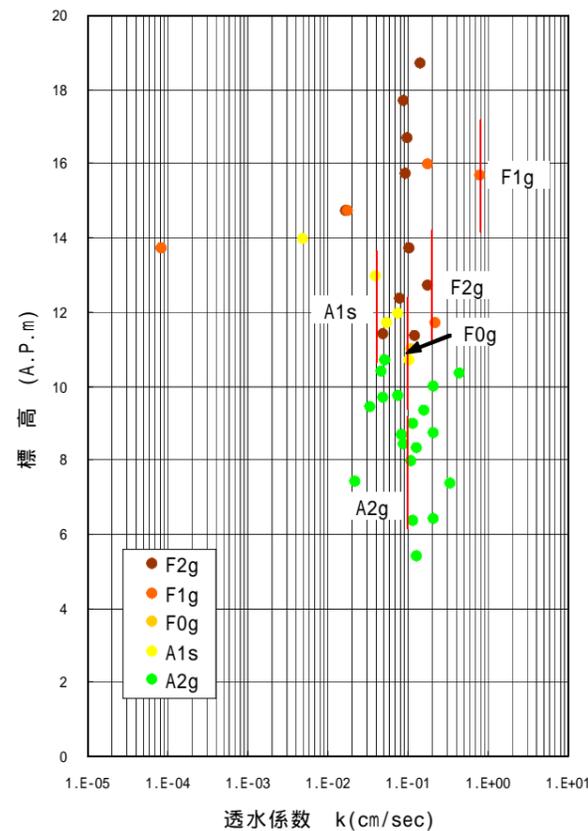
指摘事項および回答

テーマ	No.	指摘事項	回答
一連区間について		「一連区間」の意味がわかりにくいいため、表現を再考すること。	ご指摘の点については、「一連区間」「外力一定区間」に改めました。
強度定数の設定方法について		強度設定の是非を評価するために、三軸圧縮試験の条件を提示すること。	ご指摘の点については、資料「吉野川堤防における三軸圧縮試験データ」に示しました。
モニタリングについて		モニタリングの観測孔の配置理由と設置深度の根拠を提示すること。	ご指摘の点については、p.1-3に示しました。

## 回答

通常の地下水観測では、各地層ごと(層厚が厚い場合は多深度)に観測機器を設置し、それぞれの地層における地下水位を把握することが望ましい。

吉野川左岸21k600の堤体は、在来堤(礫質土)、一期堤(礫質土および砂質土)、二期堤(礫質土)の計4層から構成され、各地層の透水係数は土質に関係なく概ね $1 \times 10^{-1} \sim 8 \times 10^{-1}(\text{cm/sec})$ を示す。一方、基礎地盤は沖積層礫質土から構成され、その透水係数は堤体と同じく概ね $1 \times 10^{-1}(\text{cm/sec})$ を示す。



吉野川左岸21k600の粒度試験から求めた透水係数

吉野川左岸21k600の堤体は、上記したように築堤履歴および土質が異なっても同程度の高い透水性を有するため、在来堤～二期堤を同一層として取り扱うものとした。このため、観測機器(水位計)の設置にあたっては、同断面を堤体および基礎地盤の2層構成として計画するものとした。

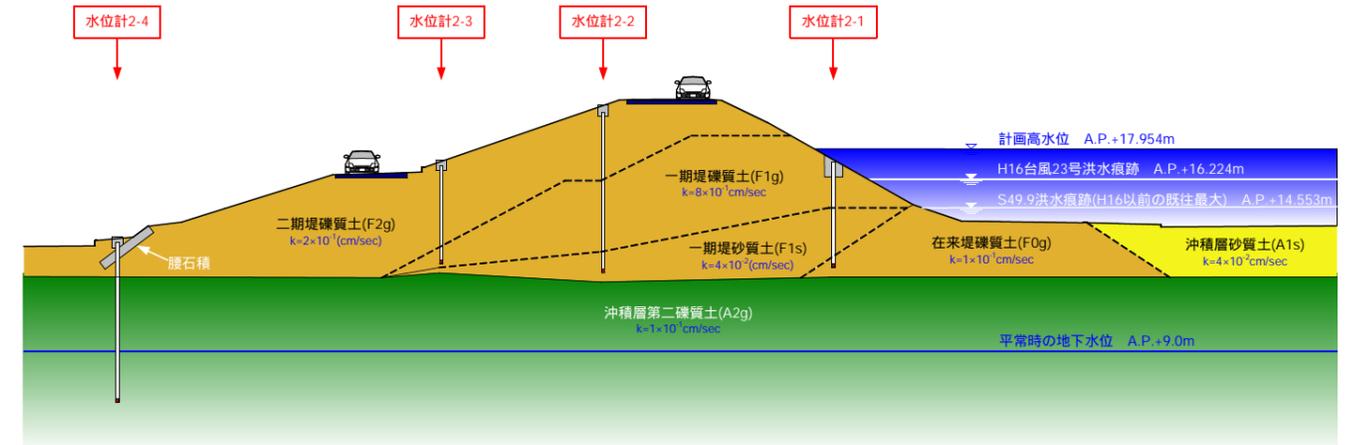
堤体の地下水位(間隙水圧)を把握する観測機器は、堤体全体の地下水位の経時的な変化を把握できるように、堤外側(水位計2-1)、堤体天端(水位計2-2)、堤内側(水位計2-3)の計3箇所に配置した。また、設置深度は小さい洪水においても地下水位の変化が把握できるように、堤体と基礎地盤の境界から上方0.5mとした。

一方、基礎地盤の地下水位(間隙水圧)を把握する観測機器は、堤内側のり尻(水位計2-4)に配置した。設定深度は河川水位の観測結果と対比するため、平常時の水位も測定できる深度(平水位より3.0m下方)とした。

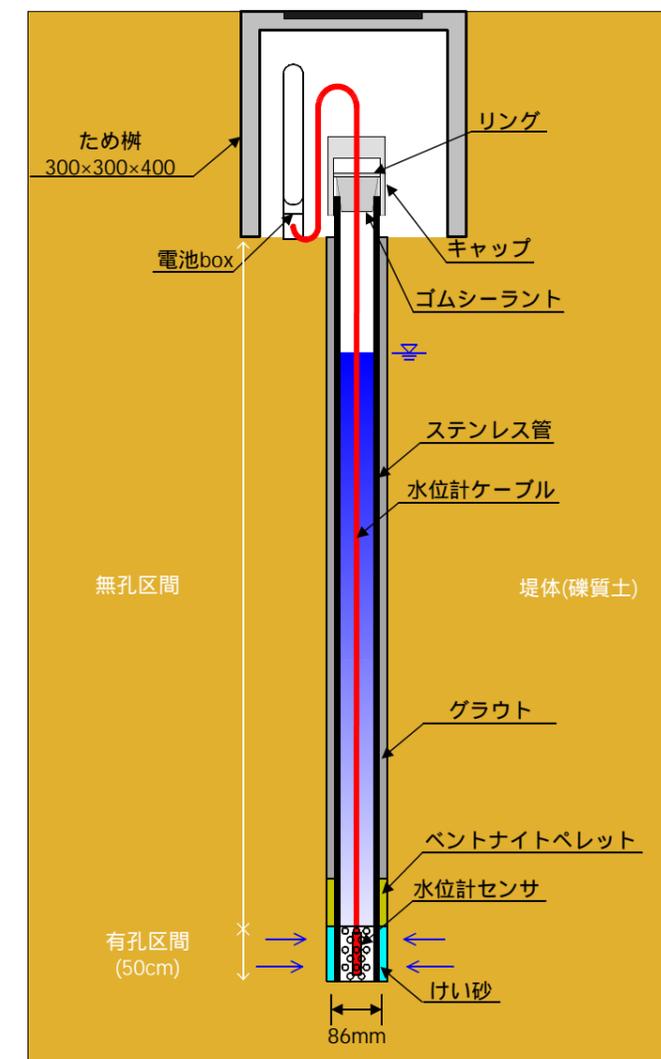
モニタリング機器は上記した考えを基に設置したが、今後は観測結果を踏まえて、必要であれば観測機器の追加設置を検討する。

地層名	地質記号	透水係数(cm/sec)	
堤体	二期堤礫質土	F2g	$2 \times 10^{-1}$
	一期堤礫質土	F1g	$8 \times 10^{-1}$
	一期堤砂質土	F1s	$4 \times 10^{-2}$
	在来堤礫質土	F0g	$1 \times 10^{-1}$
基礎地盤	沖積層砂質土	A1s	$4 \times 10^{-2}$
	沖積層礫質土	A2g	$1 \times 10^{-1}$

- 1 堤体の透水係数は最大値を採用
- 2 基礎地盤の透水係数は対数平均値を採用
- 3 F1sはA1sの値を採用



吉野川左岸21k600の水位計設置図



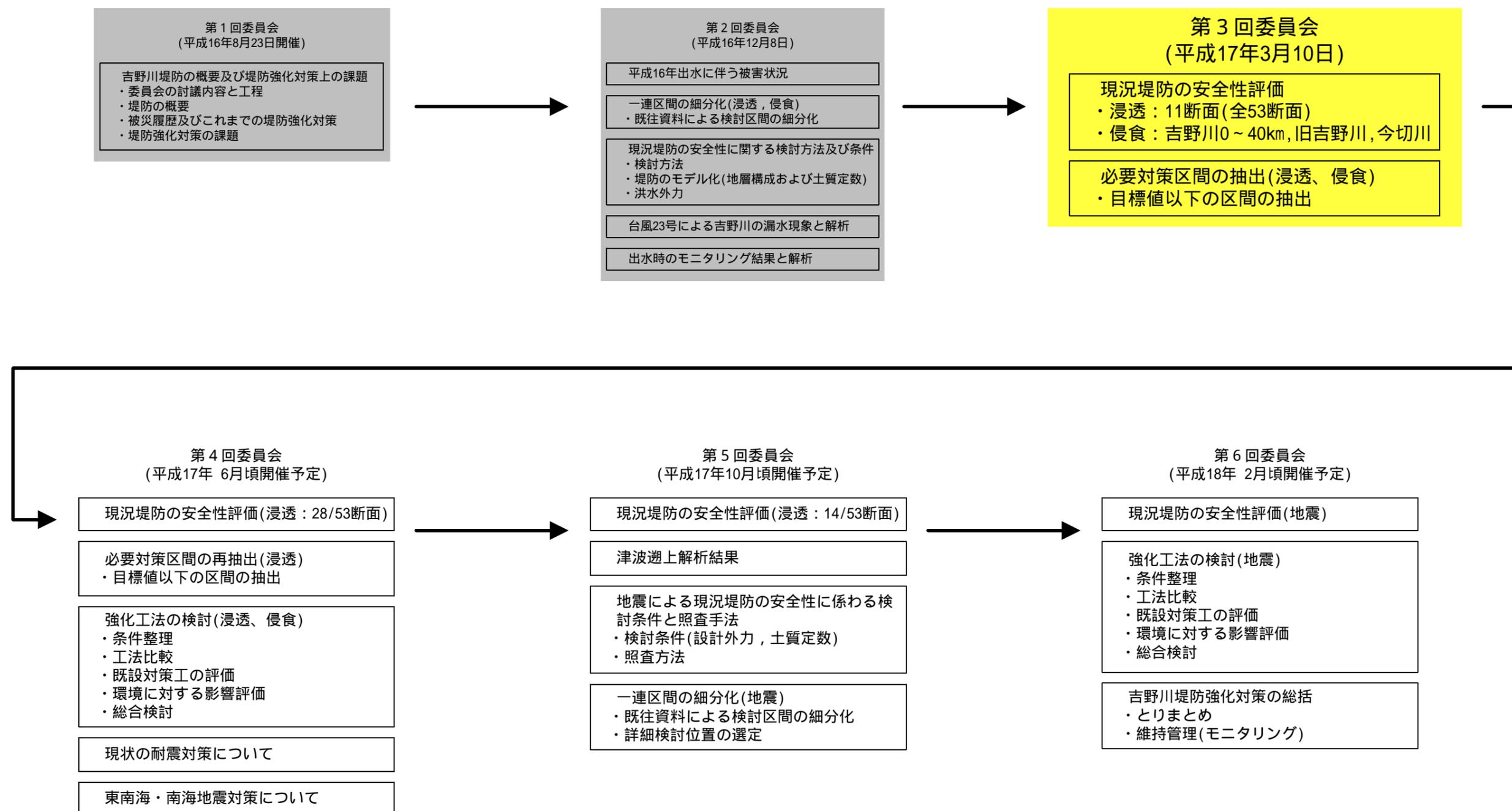
観測孔構造図(間隙水圧を測定する構造)

## 2. 第3回検討委員会の討議内容

### 第3回検討委員会の主題

第3回の検討委員会では、浸透および侵食についての現況堤防の安全性評価結果と必要対策区間について討議を行うものである。

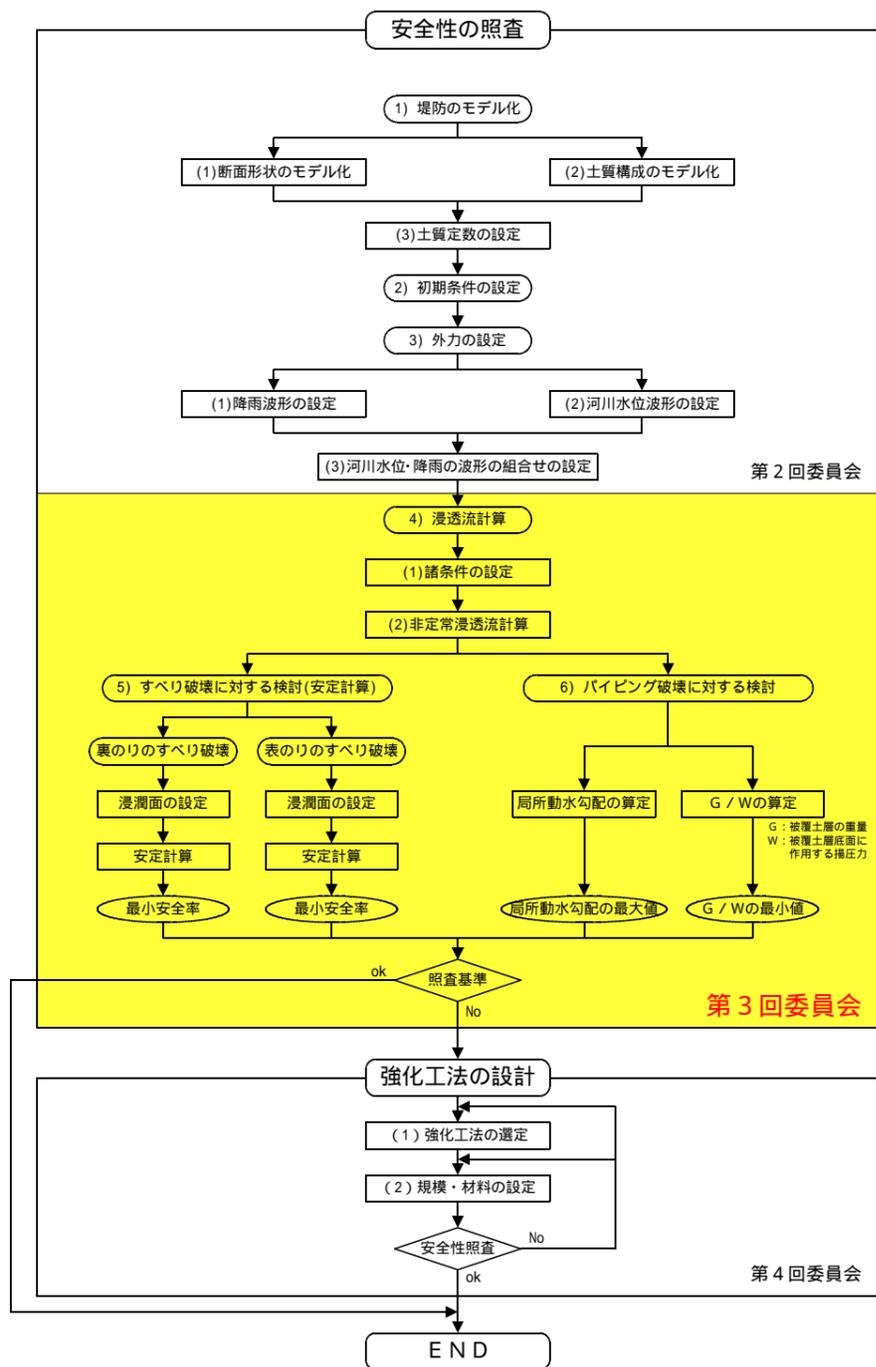
### 討議内容と委員会のスケジュール



### 3 . 浸透に対する安全性照査

#### 3.1 安全性照査の手順

現況堤防の安全性に関する検討は、「河川堤防の構造検討の手引き(平成14年7月):財団法人国土技術研究センター」に準拠して実施する。



浸透に対する堤防の構造検討の手順

### 3.2 検討断面の設定

細分化区間の設定(pp3-3参照)

洪水外力境界(計画高水流量の変化点)より「外力一定区間(一連区間)」を設定する。

「外力一定区間(一連区間)」を以下に示す指標を基に細区分し、堤防構造の検討を行う最小単位である「細分化区間」を設定する。

堤防形状(裏のりの平均勾配)

要注意地形(旧河道)または被災履歴(平成17年度現在)の有無

項目	評価
旧河道, 被災履歴はない	危険度は低い
旧河道, 被災履歴がある	危険度は高い

築堤履歴の複雑さ

項目	評価
新設堤防	危険度は低い
築堤履歴が単純(2回以下)	危険度はやや高い
築堤履歴が複雑(3回以上)	危険度は高い

照査基準(目標安全率)の設定(pp3-3参照)

堤防裏のりのすべり破壊に対する照査基準(目標安全率)は、以下に示す方法により「細分化区間」ごとに設定する。

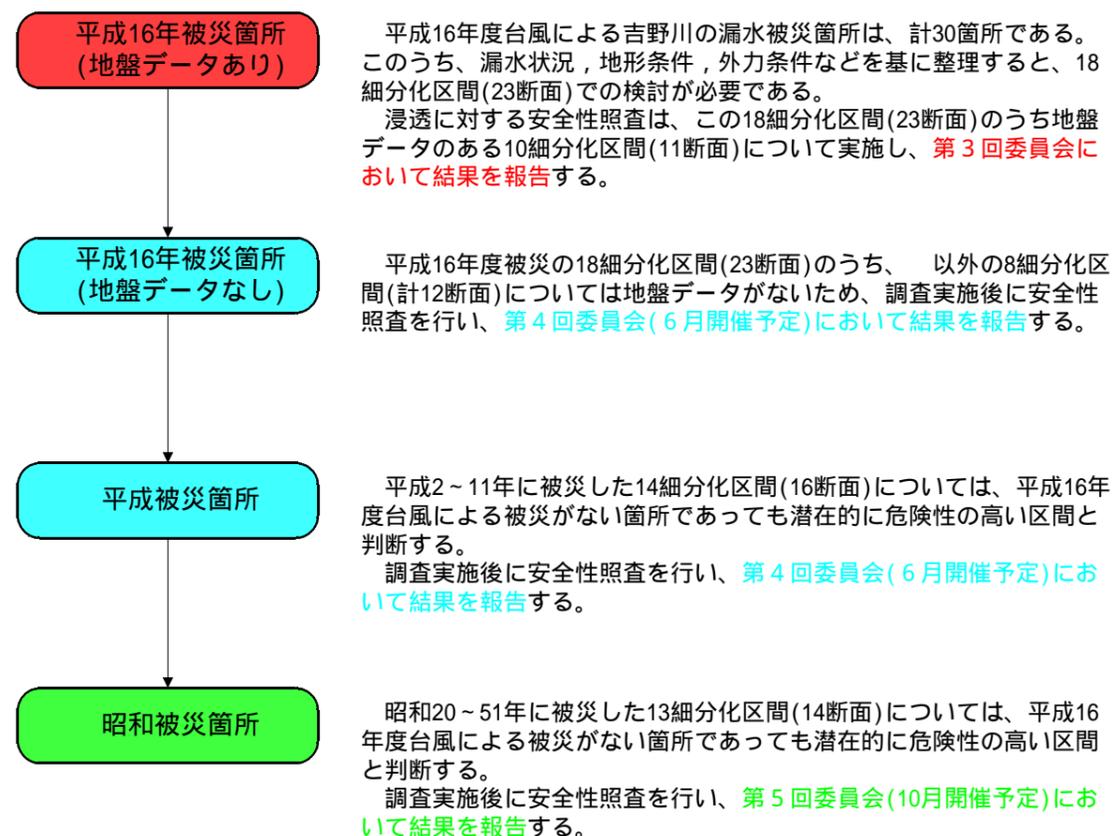
堤防の裏のりのすべり破壊に対する照査基準

Fs 1.2(基準安全率) × 1 × 2	
Fs: すべり破壊に対する安全率	
1: 築堤履歴の複雑さに対する割増係数	
築堤履歴が複雑(3回以上)な場合	1=1.2
築堤履歴が単純(2回以下)な場合	1=1.1
新設堤防の場合	1=1.0
2: 基礎地盤の複雑さに対する割増係数	
被災履歴あるいは要注意地形がある場合	2=1.1
被災履歴あるいは要注意地形がない場合	2=1.0

割増係数	被災履歴あるいは要注意地形		
	あり	なし	
築堤履歴	3回以上	1.6	1.4
	2回以下	1.5	1.3
	新設堤防	1.3	1.2

検討順位の設定(pp3-3参照)

吉野川における浸透に対する安全性照査は、過去に漏水被害を生じた細分化区間(計45区間)において、以下の順で実施する。



吉野川における細分化区間と検討順位

吉野川左岸							吉野川右岸								
細分化区間	距離程 (km)	検討断面	目標安全率 (裏のり)	検討順位			細分化区間	距離程 (km)	検討断面	目標安全率 (裏のり)	検討順位				
				H16被災	平成被災	昭和被災					H16被災	平成被災	昭和被災		
				第3回	第4回	第5回					第3回	第4回	第5回		
1	0.000 ~ 2.410		1.3				1	0.000 ~ 0.550		1.3					
2	2.410 ~ 2.480		1.5				2	0.550 ~ 0.800	R0k600	1.5					
3	2.480 ~ 3.200		1.3				3	0.800 ~ 1.420		1.3					
4	3.200 ~ 3.470		1.3				4	1.420 ~ 1.510		1.5					
5	3.470 ~ 3.600		1.5				5	1.510 ~ 3.200		1.3					
6	3.600 ~ 6.680		1.3				6	3.200 ~ 5.825		1.3					
7	6.680 ~ 6.750		1.5				7	5.825 ~ 5.930		1.5					
8	6.750 ~ 7.000		1.3				8	5.930 ~ 7.000		1.3					
9	7.000 ~ 7.500		1.3				9	7.000 ~ 9.815		1.3					
10	7.500 ~ 7.600		1.5				10	9.815 ~ 10.780	R10k000	1.5					
11	7.600 ~ 7.900		1.3				11	10.780 ~ 11.000		1.3					
12	7.900 ~ 8.070		1.5				12	11.000 ~ 14.400	R11k300 R13k200	1.5					
13	8.070 ~ 8.350		1.3				13	14.400 ~ 14.900	R14k500	1.6					
14	8.350 ~ 8.400		1.5				14	14.900 ~ 15.400	R15k000	1.5					
15	8.400 ~ 9.100		1.3				15	15.400 ~ 15.800	R15k600 R15k740	1.6					
16	9.100 ~ 9.330	L9k200	1.5				16	15.800 ~ 16.000	R15k850	1.5					
17	9.330 ~ 9.590		1.3				17	16.000 ~ 18.800	R16k870 R18k000	1.6					
18	9.590 ~ 10.350	L9k800	1.5				18	18.800 ~ 22.400	R19k500 R21k600	1.5					
19	10.350 ~ 10.640		1.3				19	22.400 ~ 23.000	R22k600	1.6					
20	10.640 ~ 12.600	L12k300	1.5				20	23.000 ~ 23.600	R23k200	1.5					
21	12.600 ~ 13.200	L12k610	1.6				21	23.600 ~ 24.200	R23k900	1.6					
22	13.200 ~ 13.600		1.5				22	24.200 ~ 25.170	R24k700	1.6					
23	13.600 ~ 14.130		1.4				23	25.170 ~ 25.540	R25k280	1.5					
24	14.130 ~ 14.550		1.5				24	25.540 ~ 26.500	R26k100	1.6					
25	14.550 ~ 15.400		1.4				25	26.500 ~ 26.900	R26k800	1.5					
26	15.400 ~ 15.800		1.3				26	26.900 ~ 27.105	R27k100	1.6					
27	15.800 ~ 16.000		1.4				27	27.105 ~ 27.400		1.4					
28	16.000 ~ 16.200	L16k100	1.6				28	27.400 ~ 27.600		1.3					
29	16.200 ~ 16.820	L16k300	1.5				29	27.600 ~ 27.700		1.5					
30	16.820 ~ 17.245		1.4				30	27.700 ~ 28.600	R28k540	1.6					
31	17.245 ~ 18.000	L17k250 L17k710	1.6				31	28.600 ~ 31.050	R29k000 R30k500	1.5					
32	18.000 ~ 18.400	L18k100	1.5				32	31.050 ~ 32.900	R32k500	1.6					
33	18.400 ~ 18.850	L18k750	1.6				33	32.900 ~ 33.000		1.4					
34	18.850 ~ 19.070	L19k060	1.5				34	33.000 ~ 33.100		1.3					
35	19.070 ~ 20.300	L20k000	1.6				35	33.500 ~ 36.700	R33k600	1.5					
36	20.300 ~ 20.600	L20k350	1.5				36	36.900 ~ 37.170		1.5					
37	20.600 ~ 24.200	L21k150 L23k160 L23k600	1.6				37	37.170 ~ 37.400		1.3					
38	24.200 ~ 25.890		1.3				38	37.400 ~ 37.700		1.4					
39	25.890 ~ 26.030	L26k000	1.5				39	37.700 ~ 39.000	R37k900	1.6					
40	26.030 ~ 26.600		1.3				40	39.000 ~ 39.150		1.4					
41	26.600 ~ 27.800	L26k900	1.5				41	39.150 ~ 39.260		1.6					
42	27.800 ~ 28.440		1.3				42	39.260 ~ 39.600		1.4					
43	28.440 ~ 28.650	L28k500	1.5				43	39.600 ~ 39.700		1.3					
44	28.650 ~ 28.800	L28k700	1.6				44	39.700 ~ 40.000		1.5					
45	28.800 ~ 29.340	L28k920	1.5				45	42.200 ~ 42.685	R42k400	1.5					
46	29.340 ~ 29.780		1.3				46	42.685 ~ 43.000		1.3					
47	29.780 ~ 29.890	L29k850	1.5				47	43.600 ~ 43.750		1.3					
48	29.890 ~ 32.500		1.3				48	43.750 ~ 43.800		1.5					
49	34.800 ~ 35.500	L35k000	1.5				49	43.800 ~ 46.600		1.3					
50	35.700 ~ 35.970		1.5				50	46.600 ~ 46.650		1.5					
51	35.970 ~ 36.600		1.3				51	46.650 ~ 47.050		1.3					
52	36.600 ~ 36.700		1.5				52	47.050 ~ 47.100		1.5					
53	36.700 ~ 37.100		1.5				53	47.100 ~ 47.400		1.3					
54	37.300 ~ 37.420		1.5				54	48.000 ~ 48.750		1.3					
55	37.420 ~ 39.390	L39k600	1.3				55	48.750 ~ 48.800		1.5					
56	39.390 ~ 40.000		1.5				56	48.800 ~ 49.400		1.3					
57	40.315 ~ 40.600		1.5				57	51.150 ~ 52.100		1.3					
58	40.715 ~ 41.130		1.3				58	52.100 ~ 52.800	R52k680	1.5					
59	41.670 ~ 42.100		1.3				59	53.050 ~ 54.300		1.3					
60	42.100 ~ 42.150		1.5												
61	42.150 ~ 43.720		1.3												
62	43.720 ~ 43.820		1.5												
63	43.820 ~ 44.150		1.3												
64	44.150 ~ 44.250		1.5												
65	44.250 ~ 44.850		1.3												
66	44.930 ~ 45.750		1.5												
67	45.750 ~ 46.250		1.3												
68	46.250 ~ 46.500		1.5												
69	46.500 ~ 48.960		1.3												
70	50.400 ~ 50.600		1.3												
71	50.600 ~ 50.750		1.5												
72	50.750 ~ 51.900		1.3												
73	51.900 ~ 51.950		1.5												
74	51.950 ~ 53.000		1.3												
75	53.000 ~ 53.100		1.5												
76	53.100 ~ 54.320		1.3												
検討断面 (21細分化区間)				6	8	3	7	検討断面 (24細分化区間)				5	4	13	7

凡 例

- : 第3回委員会にて検討結果を報告
- : 第4回委員会にて検討結果を報告
- : 第5回委員会にて検討結果を報告

### 3.3 検討方法

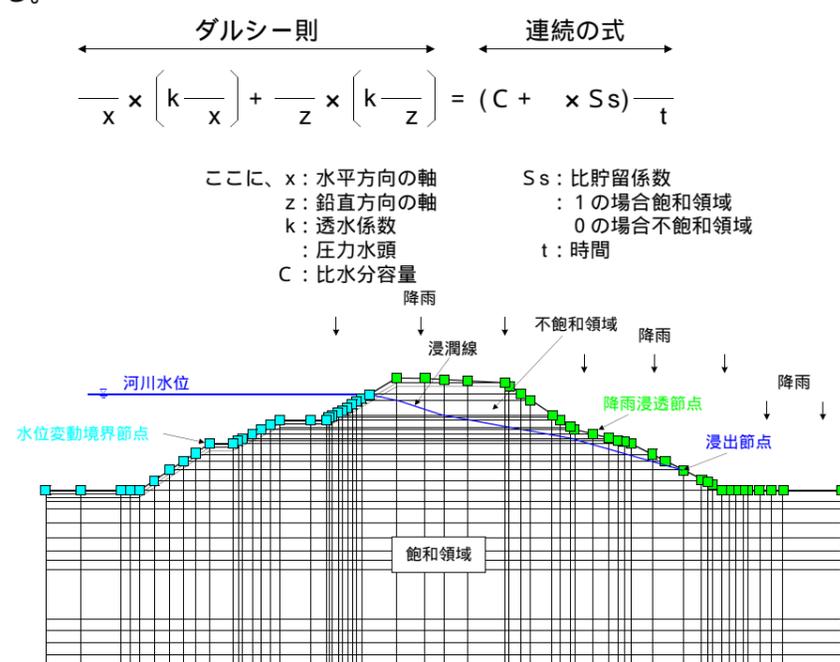
#### 非定常浸透流解析

河川水および降雨が時間の経過とともにどのように堤体に浸透していくかを解析し、堤防に対して最も危険な浸潤面を求めます。

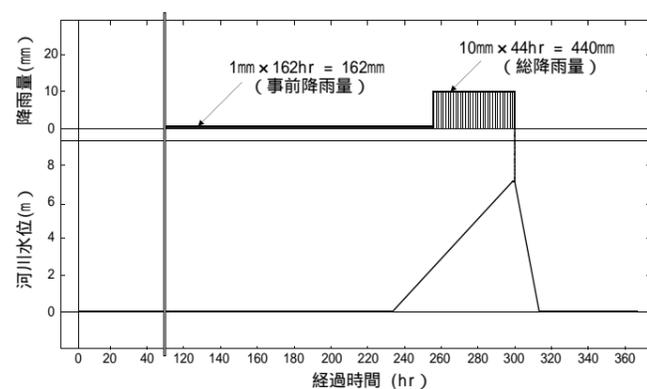
#### 解説

河川水および降雨が時間とともにどのように堤体に浸透していくかを求めるため、河川水位の時間的な変化として洪水の波形で表し、降雨は大きさを時間分布で表し、これらを堤防に与える外的要因とする。さらに内的要因として堤体、基礎地盤の土質を透水係数や貯留係数、不飽和水分特性などの水理定数ごとに分類し、解析条件として与える。

飽和と不飽和領域を対象とした解析手法として有効な有限要素法による浸透流解析の基本式は、以下のとおりである。



浸透流解析モデル説明図



降雨と河川水位波形の組合せ例

#### 安定解析(円弧すべり法)

浸透流解析で得られた堤防に対して最も危険な浸潤線を用いて、安定計算により堤防のすべり破壊に対する安全率を求めます。

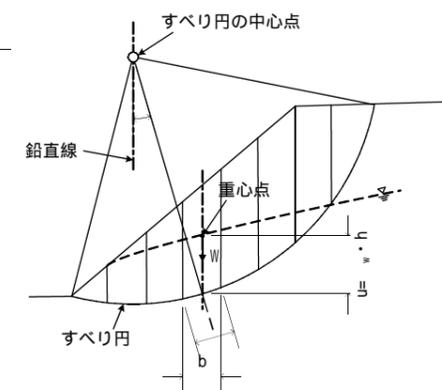
#### 解説

安定性の検討は、非定常浸透流解析により求めた各時刻の堤体および基礎地盤の浸透状態(浸潤線)をもとに、安定計算で求めた安全率により判定する。ここでは、外的要因として非定常浸透流解析により求めた浸潤線を、内的要因として力学定数(内部摩擦角  $\phi'$ , 粘着力  $c'$ )を解析条件として与える。

安定計算の基本式は以下のとおりである。

$$F_s = \frac{(c' \times l + (W - u \times b) \times \cos \alpha \times \tan \phi')}{W \times \sin \alpha}$$

ここに、F<sub>s</sub>: 安全率  
c': 粘着力(kN/m<sup>2</sup>)  
l: 分割片で切られたすべり面の弧長(m)  
W: 分割片の全重量(kN/m)  
u: 間隙水圧(kN/m<sup>2</sup>)  
b: 分割片の幅(m)  
α: 各分割片で切られたすべり面の中点とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角(度)  
φ': 内部摩擦角(度)



#### パイピング破壊に対する検討

浸透流解析で得られた堤防裏のり尻における圧力水頭を用いて、堤防のパイピング破壊に対する安全率を求めます。

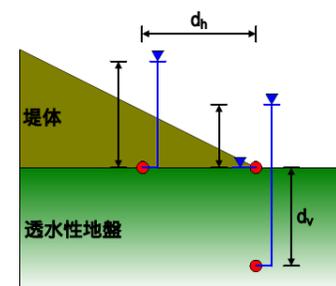
#### 解説

・透水性地盤で被覆土層がない場合

$$i_v = \frac{G}{d_v} \quad (\text{鉛直方向})$$

$$i_h = \frac{G}{d_h} \quad (\text{水平方向})$$

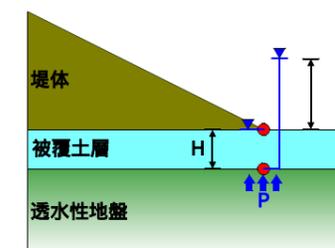
ここに、i<sub>v</sub>: 鉛直方向の局所動水勾配  
i<sub>h</sub>: 水平方向の局所動水勾配  
G: 節点間の全水頭差(m)  
d<sub>v</sub>: 節点間の鉛直距離(m)  
d<sub>h</sub>: 節点間の水平距離(m)  
w: 水の密度(10kN/m<sup>3</sup>)



・透水性地盤で被覆土層がある場合

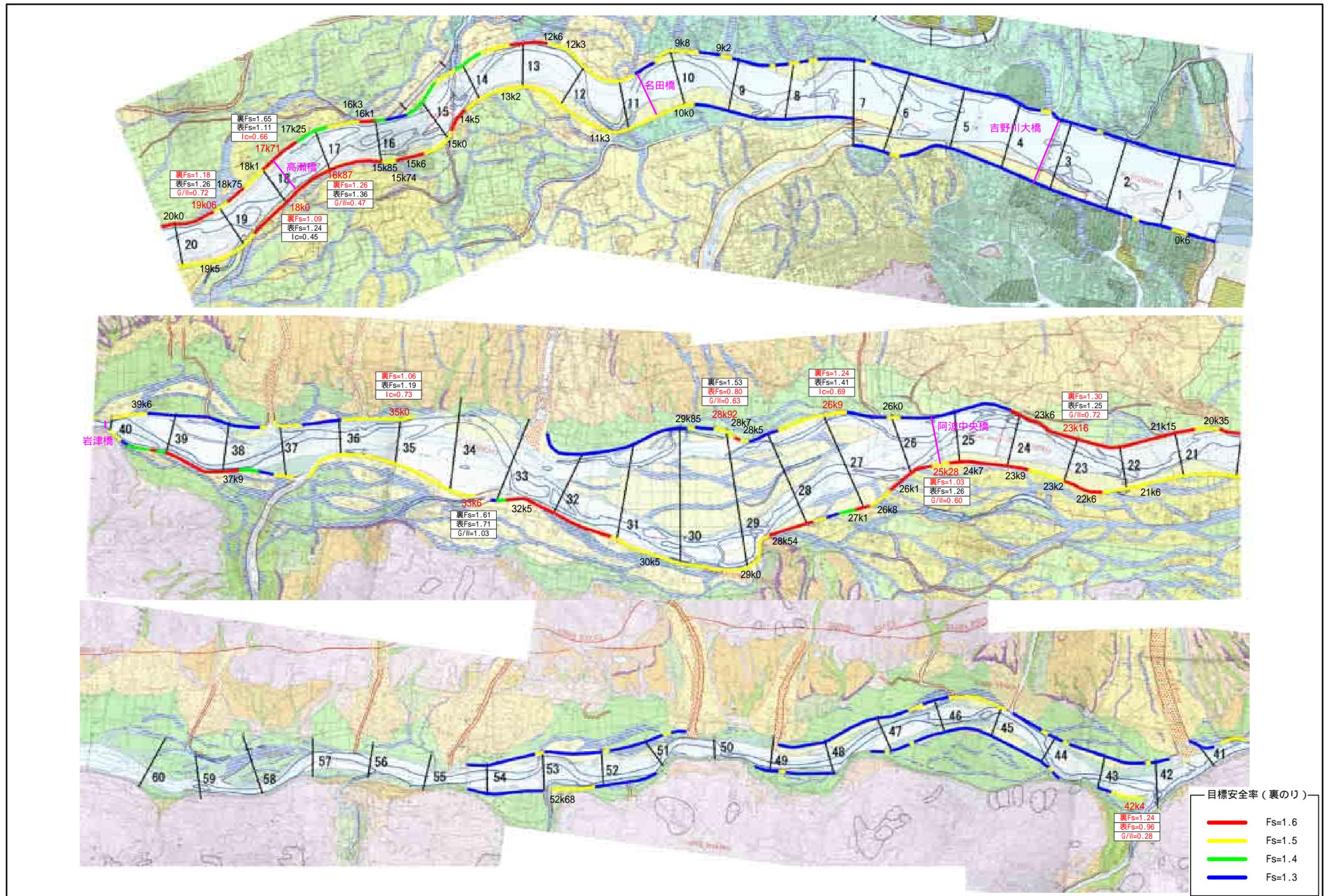
$$G/W = (i_v \cdot H) / (w \cdot P)$$

ここに、G: 被覆土層の重量(kN/m<sup>2</sup>)  
W: 被覆土層底面に作用する揚圧力(kN/m<sup>2</sup>)  
γ: 被覆土層の密度(kN/m<sup>3</sup>)  
H: 被覆土層の厚さ(m)  
w: 水の密度(10kN/m<sup>3</sup>)  
P: 被覆土層底面の圧力水頭(全水頭と位置水頭の差)(m)



### 3.4 安全性照査結果

浸透に対する現況堤防の安全性照査結果



浸透に対する現況堤防の安全性照査結果

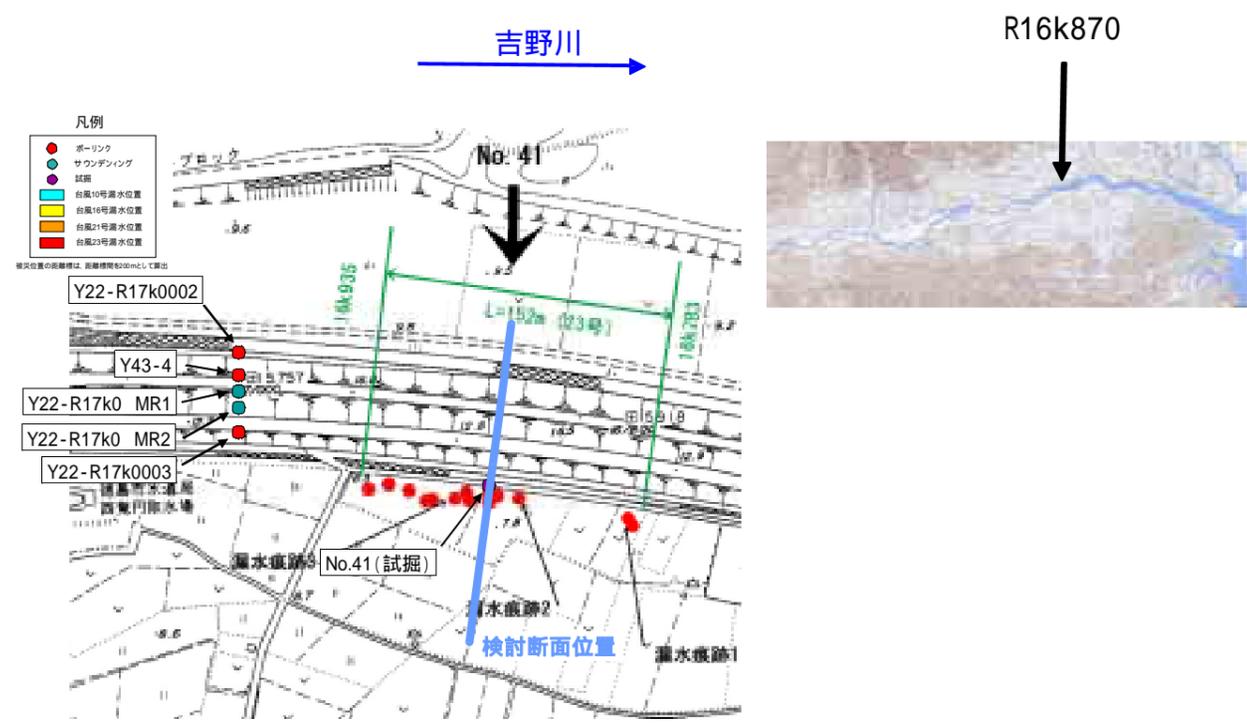
吉野川左岸							吉野川右岸								
細分化区間	距離程(km)	検討断面	すべり破壊に対する安全性			パイピングに対する安全性		細分化区間	距離程(km)	検討断面	すべり破壊に対する安全性			パイピングに対する安全性	
			裏のり		表のり	被覆土なし	被覆土あり				裏のり		表のり	被覆土なし	被覆土あり
			目標安全率	Fs:ok	1.0 Fs:ok	0.5 > Ic:ok	1.0 < G/W:ok				目標安全率	Fs:ok	Fs 1.0:ok	0.5 > Ic:ok	1.0 < G/W:ok
1	0.000 ~ 2.410		1.3					1	0.000 ~ 0.550		1.3				
2	2.410 ~ 2.480		1.5					2	0.550 ~ 0.800	R0k600	1.5				
3	2.480 ~ 3.200		1.3					3	0.800 ~ 1.420		1.3				
4	3.200 ~ 3.470		1.3					4	1.420 ~ 1.510		1.5				
5	3.470 ~ 3.600		1.5					5	1.510 ~ 3.200		1.3				
6	3.600 ~ 6.680		1.3					6	3.200 ~ 5.825		1.3				
7	6.680 ~ 6.750		1.5					7	5.825 ~ 5.930		1.5				
8	6.750 ~ 7.000		1.3					8	5.930 ~ 7.000		1.3				
9	7.000 ~ 7.500		1.3					9	7.000 ~ 9.815		1.3				
10	7.500 ~ 7.600		1.5					10	9.815 ~ 10.780	R10k000	1.5				
11	7.600 ~ 7.900		1.3					11	10.780 ~ 11.000		1.3				
12	7.900 ~ 8.070		1.5					12	11.000 ~ 14.400	R11k300	1.5				
13	8.070 ~ 8.350		1.3					13	14.400 ~ 14.900	R13k200	1.6				
14	8.350 ~ 8.400		1.5					14	14.900 ~ 15.400	R14k500	1.5				
15	8.400 ~ 9.100		1.3					15	15.400 ~ 15.800	R15k000	1.6				
16	9.100 ~ 9.330	L9k200	1.5					16	15.800 ~ 16.000	R15k600	1.5				
17	9.330 ~ 9.590		1.3					17	16.000 ~ 18.800	R15k740	1.6				
18	9.590 ~ 10.350	L9k800	1.5					18	18.800 ~ 22.400	R16k870	1.5				
19	10.350 ~ 10.640		1.3					19	22.400 ~ 23.000	R18k000	1.6	1.26	1.36	0.47	
20	10.640 ~ 12.600	L12k300	1.5					20	23.000 ~ 23.600	R19k500	1.6	1.09	1.24	0.45	
21	12.600 ~ 13.200	L12k610	1.6					21	23.600 ~ 24.200	R21k600	1.5				
22	13.200 ~ 13.600		1.5					22	24.200 ~ 25.170	R22k600	1.6				
23	13.600 ~ 14.130		1.4					23	25.170 ~ 25.540	R23k200	1.5				
24	14.130 ~ 14.550		1.5					24	25.540 ~ 26.500	R23k300	1.6				
25	14.550 ~ 15.400		1.4					25	26.500 ~ 26.900	R24k700	1.6				
26	15.400 ~ 15.800		1.3					26	26.900 ~ 27.105	R25k280	1.5	1.03	1.26	0.60	
27	15.800 ~ 16.000		1.4					27	27.105 ~ 27.400	R26k100	1.6				
28	16.000 ~ 16.200	L16k100	1.6					28	27.400 ~ 27.600	R26k800	1.5				
29	16.200 ~ 16.820	L16k300	1.5					29	27.600 ~ 27.700	R27k100	1.6				
30	16.820 ~ 17.245		1.4					30	27.700 ~ 28.600	R28k540	1.5				
31	17.245 ~ 18.000	L17k250	1.6	1.65	1.11	0.66		31	28.600 ~ 31.050	R29k000	1.6				
32	18.000 ~ 18.400	L17k710	1.6					32	31.050 ~ 32.900	R30k500	1.5				
33	18.400 ~ 18.850	L18k100	1.5					33	32.900 ~ 33.000	R32k500	1.6				
34	18.850 ~ 19.070	L18k750	1.6					34	33.000 ~ 33.100		1.4				
35	19.070 ~ 20.300	L19k060	1.5	1.18	1.26	0.72		35	33.500 ~ 36.700	R33k600	1.3				
36	20.300 ~ 20.600	L20k000	1.6					36	36.900 ~ 37.170		1.5	1.61	1.71	1.03	
37	20.600 ~ 24.200	L20k350	1.5					37	37.170 ~ 37.400		1.5				
38	24.200 ~ 25.890	L21k150	1.6	1.30	1.25	0.72		38	37.400 ~ 37.700		1.3				
39	25.890 ~ 26.030	L23k160	1.6					39	37.700 ~ 39.000	R37k900	1.4				
40	26.030 ~ 26.600	L23k600	1.6					40	39.000 ~ 39.150		1.4				
41	26.600 ~ 27.800	L26k900	1.5	1.24	1.41	0.69		41	39.150 ~ 39.260		1.6				
42	27.800 ~ 28.440		1.3					42	39.260 ~ 39.600		1.4				
43	28.440 ~ 28.650	L28k500	1.5					43	39.600 ~ 39.700		1.3				
44	28.650 ~ 28.800	L28k700	1.6					44	39.700 ~ 40.000		1.5				
45	28.800 ~ 29.340	L28k920	1.5	1.53	0.80	0.63		45	42.200 ~ 42.685	R42k400	1.5	1.24	0.96	0.28	
46	29.340 ~ 29.780		1.3					46	42.685 ~ 43.000		1.3				
47	29.780 ~ 29.890	L29k850	1.5					47	43.000 ~ 43.750		1.3				
48	29.890 ~ 32.500		1.3					48	43.750 ~ 43.800		1.5				
49	34.800 ~ 35.500	L35k000	1.5	1.06	1.19	0.73		49	43.800 ~ 46.600		1.3				
50	35.700 ~ 35.970		1.5					50	46.600 ~ 46.650		1.5				
51	35.970 ~ 36.600		1.3					51	46.650 ~ 47.050		1.3				
52	36.600 ~ 36.700		1.5					52	47.050 ~ 47.100		1.5				
53	36.700 ~ 37.100		1.5					53	47.100 ~ 47.400		1.3				
54	37.300 ~ 37.420		1.5					54	48.000 ~ 48.750		1.3				
55	37.420 ~ 39.390		1.3					55	48.750 ~ 48.800		1.5				
56	39.390 ~ 40.000	L39k600	1.5					56	48.800 ~ 49.400		1.3				
57	40.315 ~ 40.600		1.5					57	51.150 ~ 52.100		1.3				
58	40.715 ~ 41.130		1.3					58	52.100 ~ 52.800	R52k680	1.5				
59	41.670 ~ 42.100		1.3					59	53.050 ~ 54.300		1.3				
60	42.100 ~ 42.150		1.5												
61	42.150 ~ 43.720		1.3												
62	43.720 ~ 43.820		1.5												
63	43.820 ~ 44.150		1.3												
64	44.150 ~ 44.250		1.5												
65	44.250 ~ 44.850		1.3												
66	44.930 ~ 45.750		1.5												
67	45.750 ~ 46.250		1.3												
68	46.250 ~ 46.500		1.5												
69	46.500 ~ 48.960		1.3												
70	50.400 ~ 50.600		1.3												
71	50.600 ~ 50.750		1.5												
72	50.750 ~ 51.900		1.3												
73	51.900 ~ 51.950		1.5												
74	51.950 ~ 53.000		1.3												
75	53.000 ~ 53.100		1.5												
76	53.100 ~ 54.320		1.3												

検討断面の凡例

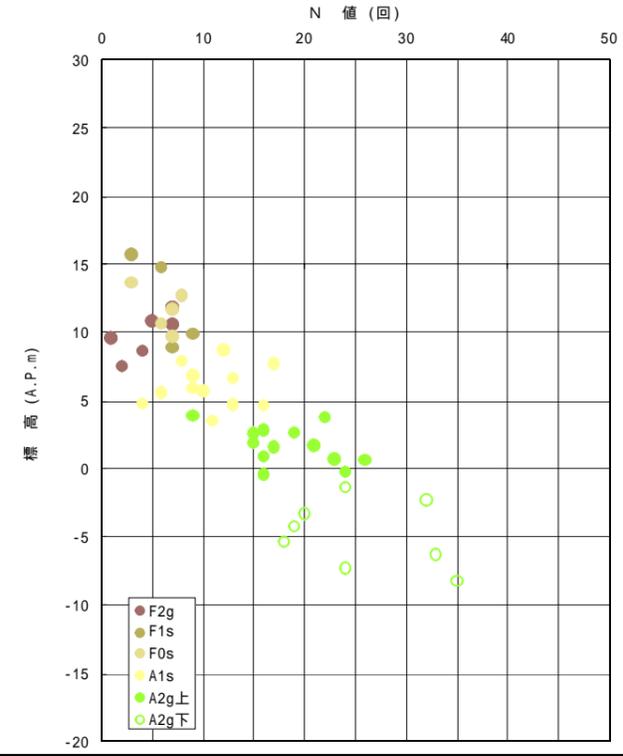
- ：第3回委員会で検討結果を報告
- ：第4回委員会で検討結果を報告
- ：第5回委員会で検討結果を報告

安全性照査結果の赤字は照査基準以下を示す  
     検討済み区間

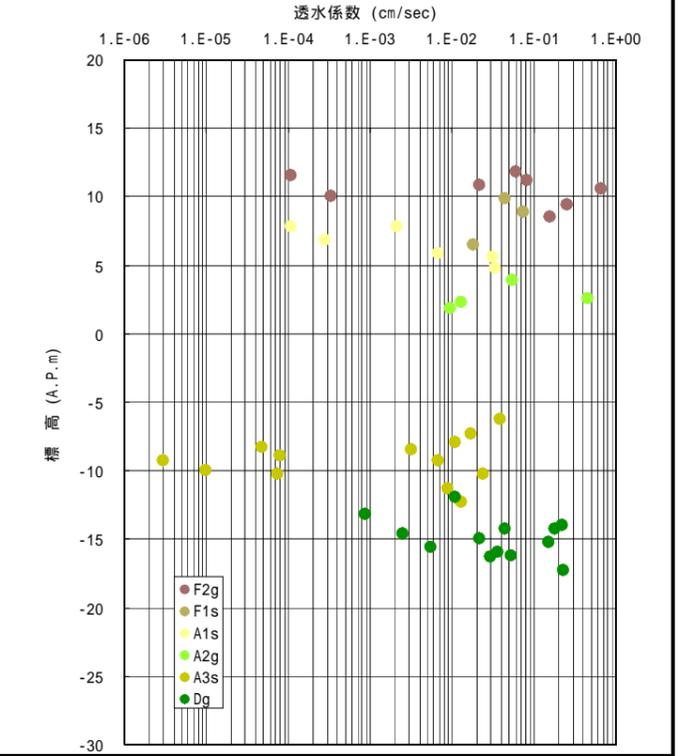
【解析断面位置図】



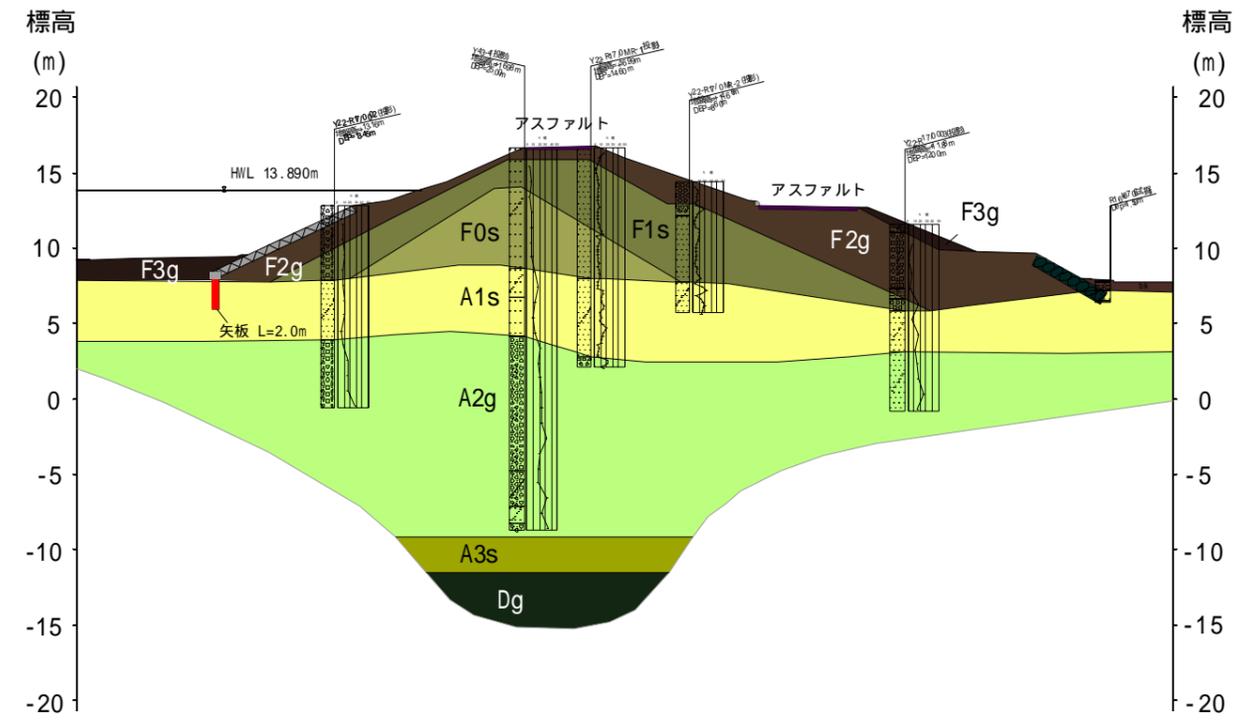
【N値分布図】



【透水係数分布図】



【地質断面図】

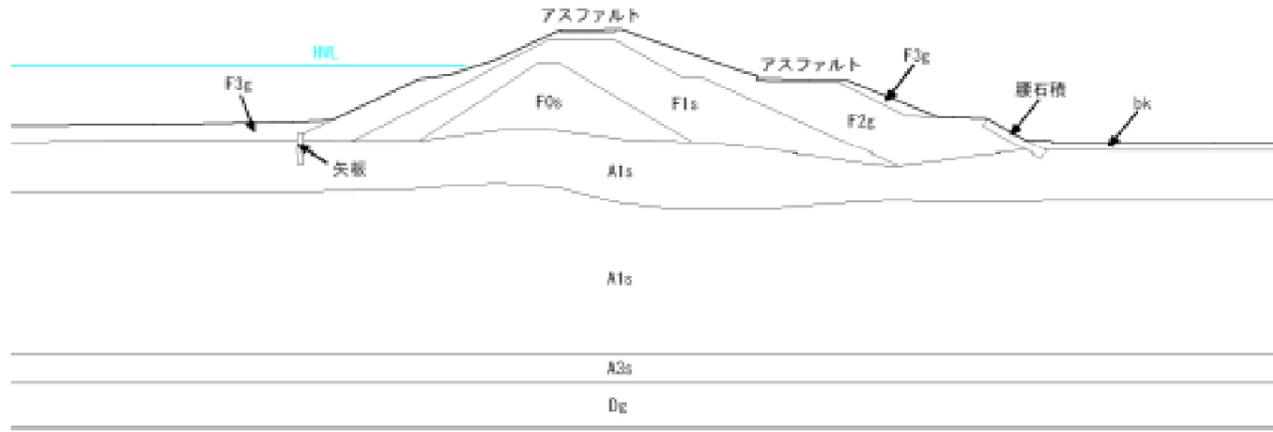


【設定定数】

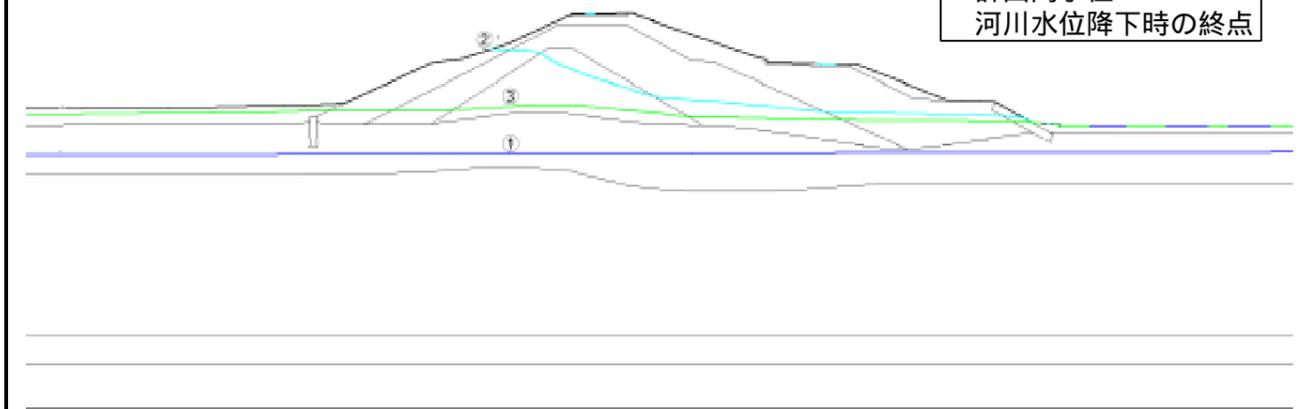
吉野川 R16k870							
地層名	地質記号	平均N値	浸透流計算に必要な定数		安定計算に必要な定数		
			飽和透水係数 $k_s$ (cm/sec)	不飽和 特性区分	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	内部摩擦角 ( $^\circ$ )	粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )
アスファルト	-	-	1.E-05	粘性土	-	-	-
構造物(腰石積)	-	-	1.E-01	砂質土	20.0	40	1
矢板	-	-	5.E-06	粘性土	-	-	-
客土(粘性土)	bk	-	1.E-05	粘性土	19.0	30	0
三期堤(礫質土)	F3g	-	4.E-03	砂質土	19.0	35	1
二期堤(礫質土)	F2g	4	7.E-01	砂質土	19.0	31	1
一期堤(砂質土)	F1s	6	7.E-02	砂質土	19.0	33	0
在来堤(砂質土)	F0s	6	3.E-03	砂質土	19.0	33	0
沖積層第一砂質土	A1s	10	3.E-03	砂質土	19.0	35	0
沖積層第二礫質土	A2g	18	4.E-02	砂質土	20.0	39	0
沖積層第三砂質土	A3s	21	1.E-03	砂質土	19.0	40	0
洪積層礫質土	Dg	28	3.E-02	砂質土	20.0	43	0

1 緑字: 近傍のデータより設定 (F3gは吉野川34kより下流の全データより設定)  
 2 青字: 「河川堤防構造検討の手引き」および「吉野川堤防強化検討委員会資料」より引用

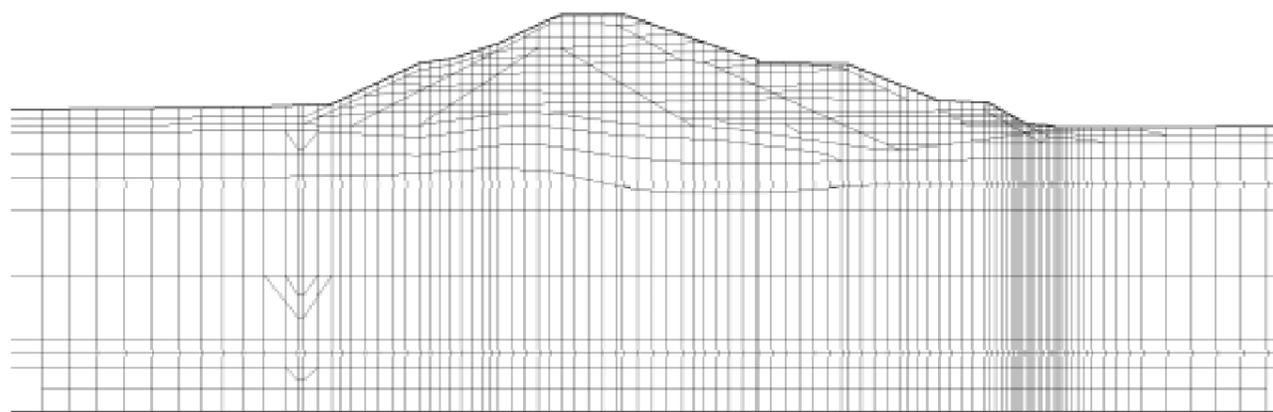
【解析モデル図】



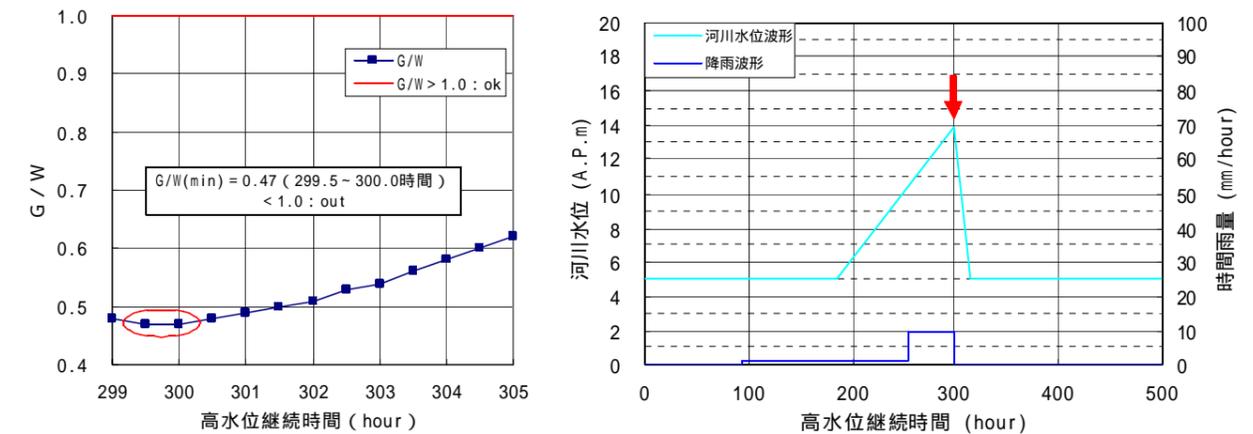
【解析結果図】



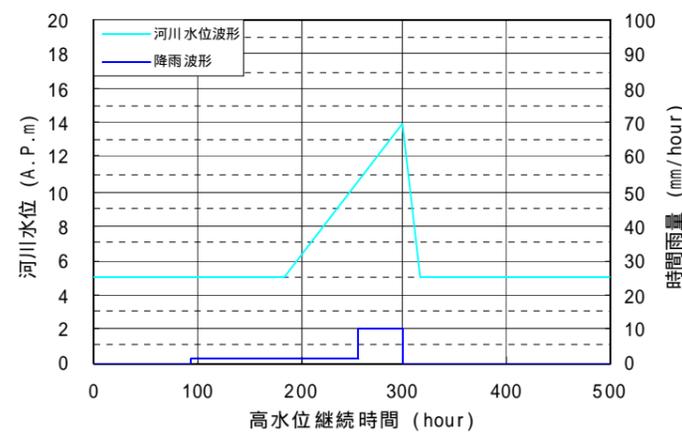
【解析メッシュ図】



【G/Wの経時変化】



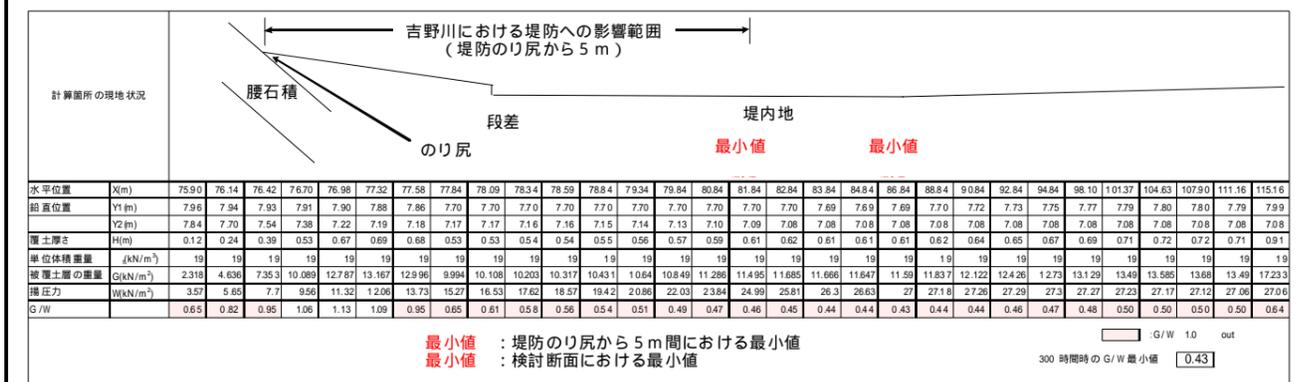
【設定外力】



吉野川R16k870 設計外力

河川水位波形(HWL)		降雨波形(岩津)	
経過時間 (hour)	河川水位 (m)	経過時間 (hour)	時間雨量 (mm/hour)
0.000	5.051	0	0
185.582	5.051	94	0
299.000	13.890	94	1
300.000	13.890	256	1
314.981	5.051	256	10
500.000	5.051	300	10
		300	0
包絡面積	576	500	0

【G/Wの計算結果】



安定計算結果図(吉野川R16k870)

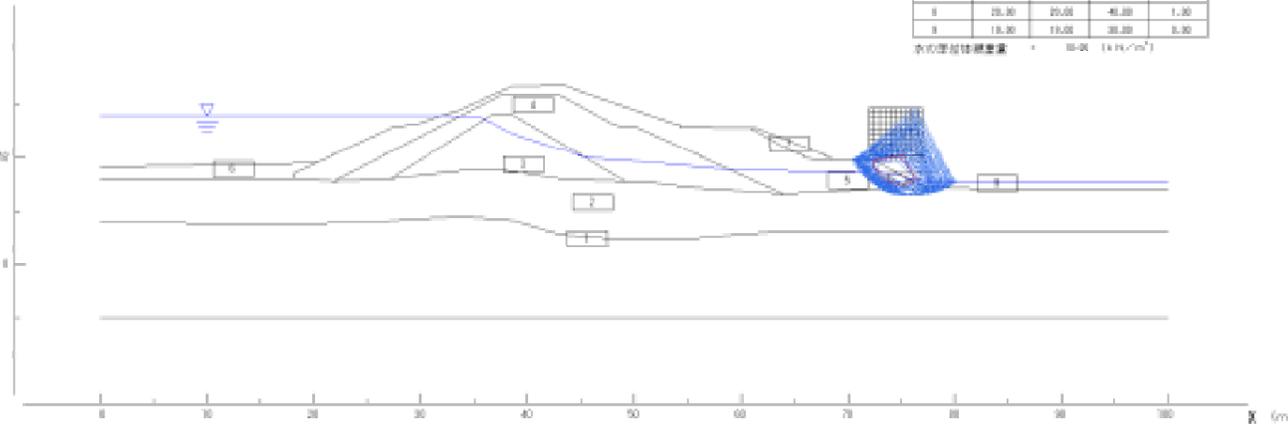
【裏のり安定計算結果図】

吉野川R16k870 (HWL) t=300.0

標準安全率  $F_s = 1.600$   
 最小安全率  $F_{smin} = 1.260$   
 円錐の中心  $X = 36.00$  (m)  
 $Y = 38.00$  (m)  
 半径  $R = 2.70$  (m)  
 起始モーメント  $M_s = 77.8$  (kN・m)  
 終端モーメント  $M_e = 87.8$  (kN・m)

層番号	総自重 (kN/m <sup>2</sup> )	土質重量 (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )
1	28.00	20.00	33.00	0.00
2	18.00	18.00	35.00	0.00
3	18.00	18.00	33.00	0.00
4	18.00	18.00	33.00	0.00
5	18.00	18.00	31.00	1.00
6	18.00	18.00	29.00	1.00
7	18.00	18.00	35.00	1.00
8	28.00	20.00	40.00	1.00
9	18.00	18.00	33.00	0.00

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m<sup>3</sup>)



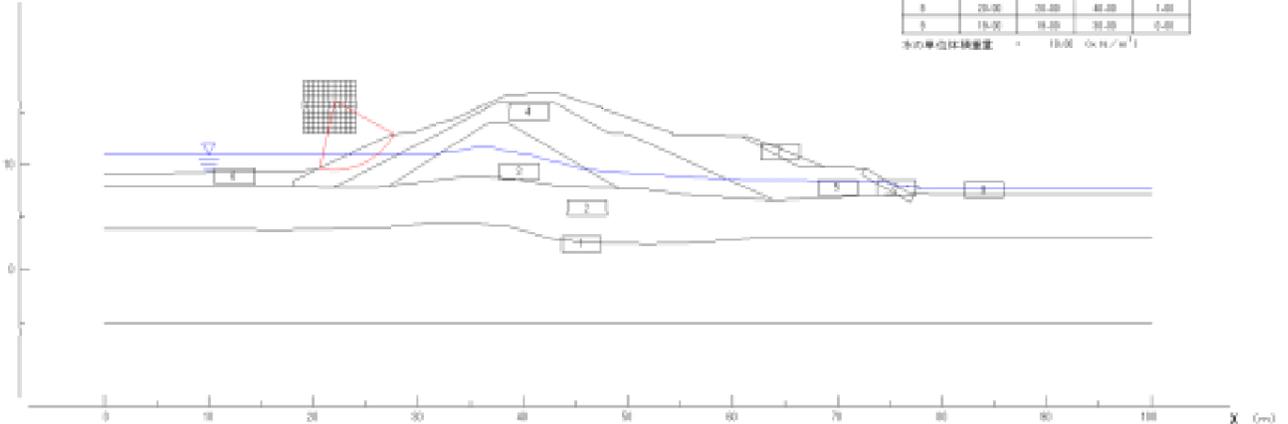
【表のり安定計算結果】

吉野川R16k870 (HWL) t=305.0

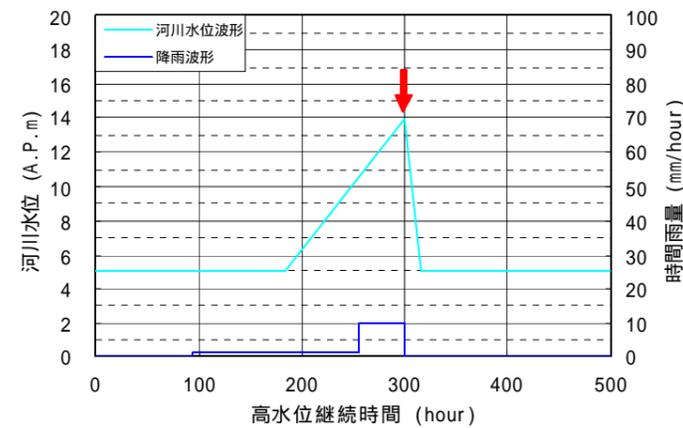
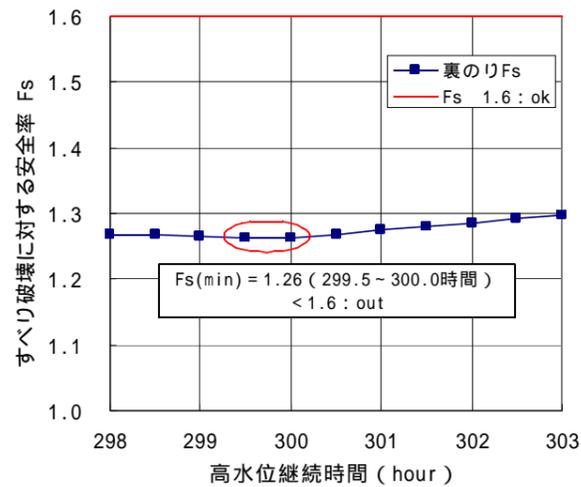
標準安全率  $F_s = 1.000$   
 最小安全率  $F_{smin} = 1.360$   
 円錐の中心  $X = 23.00$  (m)  
 $Y = 39.00$  (m)  
 半径  $R = 4.50$  (m)  
 起始モーメント  $M_s = 271.7$  (kN・m)  
 終端モーメント  $M_e = 275.2$  (kN・m)

層番号	総自重 (kN/m <sup>2</sup> )	土質重量 (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )
1	28.00	20.00	33.00	0.00
2	18.00	18.00	35.00	0.00
3	18.00	18.00	33.00	0.00
4	18.00	18.00	33.00	0.00
5	18.00	18.00	31.00	1.00
6	18.00	18.00	29.00	1.00
7	28.00	20.00	35.00	1.00
8	28.00	20.00	40.00	1.00
9	18.00	18.00	33.00	0.00

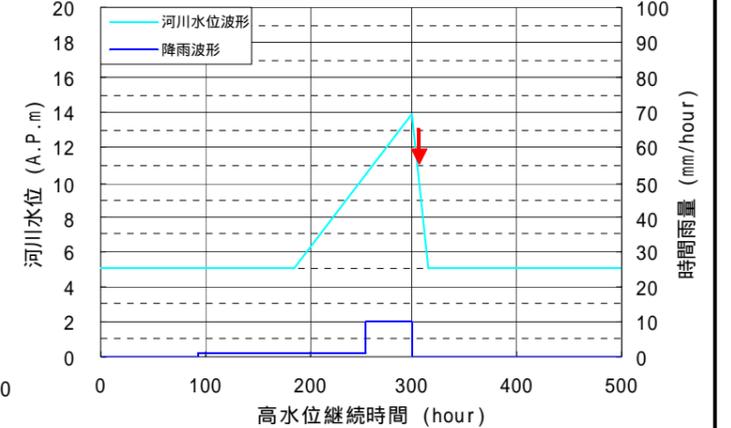
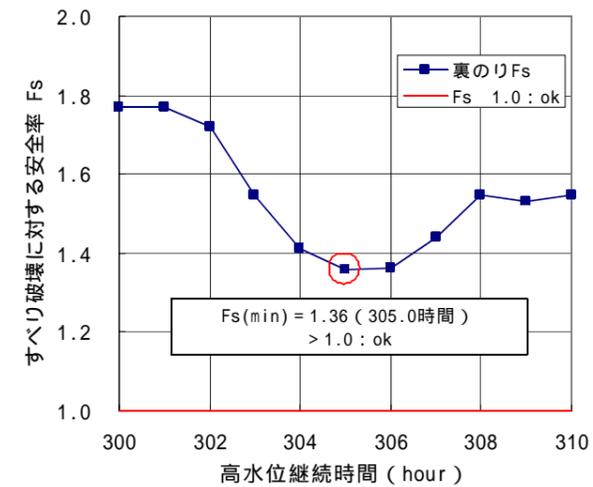
水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m<sup>3</sup>)



【安全率の経時変化】



【安全率の経時変化】



### 3.5 必要対策区間の抽出

吉野川左右岸の浸透に対する安全性照査結果および必要対策区間の総括表を以下に示す。

必要対策区間の総括表

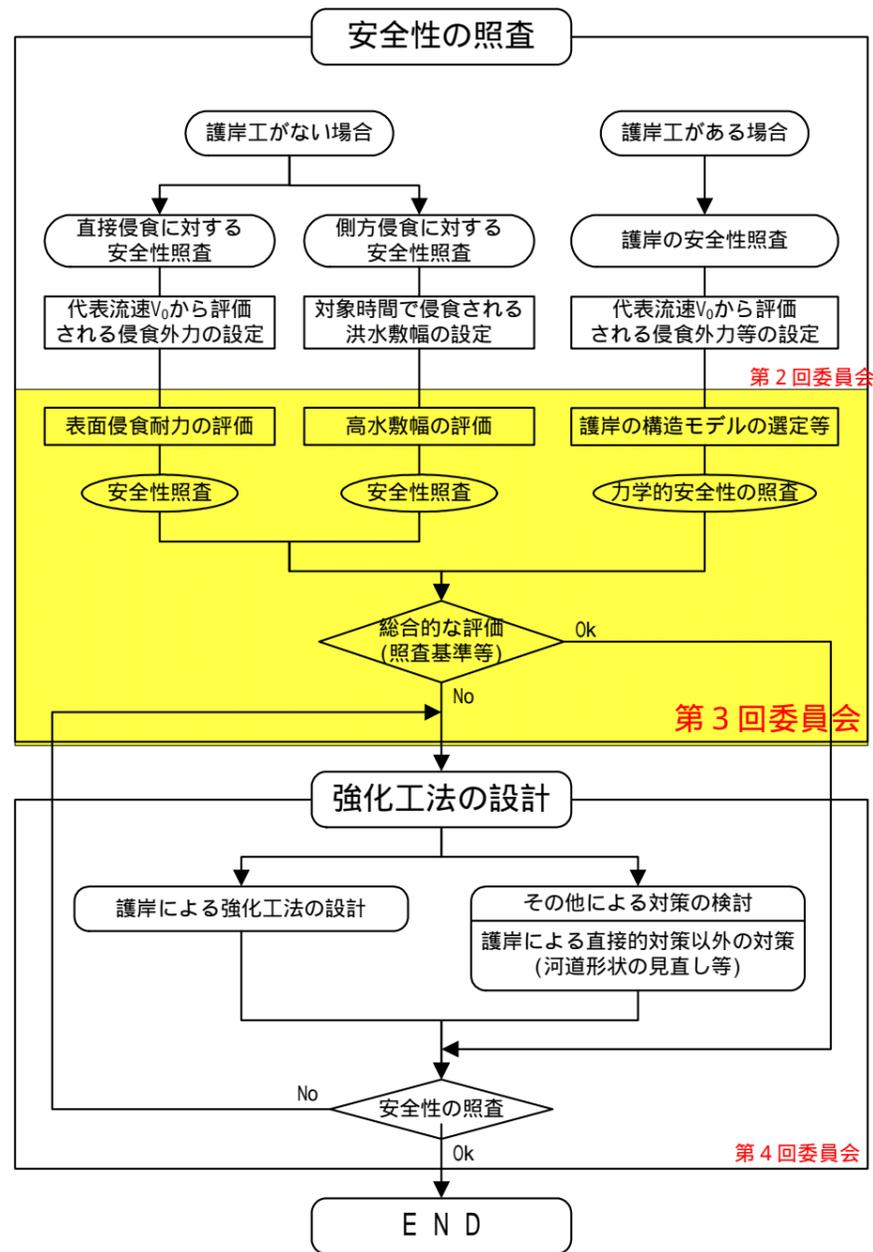
項目	吉野川		
	左岸	右岸	
堤防延長(km)	54.320	54.300	
検討対象区間延長(km)	49.130	48.300	
当面の検討対象区間延長(km) (漏水被災実績箇所)	14.985	28.205	
検討済み区間延長(km)	2.660	6.855	
照査基準を下まわる 区間の延長(km)	すべり破壊	2.660	3.655
	パイピング破壊	2.660	3.655
必要対策区間延長(km)	2.660	3.655	

#### 4. 侵食に関する安全性の評価

##### 4.1 安全性照査の手順

現況堤防の侵食に関する安全性の検討は、「河川堤防の構造検討の手引き（平成14年7月）：財団法人国土技術研究センター」に準拠して、実施する。このときの照査外力は、計画高水位を用いる。

侵食に対する堤防の構造検討の手順を以下に示す。



侵食に対する堤防の構造検討の手順

##### 4.2 細分化区間の設定

###### 4.2.1 セグメント区分

セグメント区分とは、河道特性を評価する一つの方法で、ほぼ同一の河床勾配を持つ河道区間をセグメントと呼ぶ。同一河床勾配を持つそれぞれの河道区間は、ほぼ同じ大きさの河床材料から成っており、さらに洪水時に河床に働く掃流力や低水路幅・深さも同じような値を持っていることが多い。この特徴を持つ区間ごとに河道を区分する方法がセグメント区分である。セグメントは、河床勾配、支川合流、代表粒径の縦断分布などを考慮し小セグメントに分割する場合があります、2-1- と表記する。

一例として、吉野川のセグメント分類を以下に示す。

セグメント区分の一例(吉野川)

区間No.	区間 (km)	セグメント区分	代表粒径	堰および川中島
1	0.0 ~ 10.0	3	0.4mm	
2	10.0 ~ 14.2	2-2	7mm	
3	14.2 ~ 20.0	2-1-	10mm	第十堰
4	20.0 ~ 24.2	2-1-	30mm	
5	24.2 ~ 26.0	2-1-	22mm	柿原堰
6	26.0 ~ 32.4	2-1-	29mm	善入寺島
7	32.4 ~ 40.0	2-1-	25mm	

(参考)

地形区分	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	山間地	扇状地	谷底平野		デルタ
河床材料の代表粒径 $d_{50}$	さまざま	2cm以上	1~3cm	0.3mm~1cm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が露出していることが多い	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同じ物質が占める	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物		シルト、粘土
勾配の目安	さまざま	1/60~1/400	1/400~1/5,000		1/5,000~水平
蛇行程度	さまざま	曲がりが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では8字蛇行または島が発生する		蛇行が大きいものもあるが、小さいものもある
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中くらい河床材料が大きいほうが水路はよく動く		弱い ほとんど水路の位置は動かない
低水路の平均深さ	さまざま	0.5~3m	2~8m		3~8m

#### 4.2.2 セグメント区分の細分化

河道特性・堤防の形状・被災履歴などをもとに、セグメント区間を細分化する。この細分化した区間ごとに安全性の照査を実施する。

##### 細分化の指標

##### 河道(堤防)平面形状

河川平面図および空中写真から、河道の平面形状を判読し、湾曲位置を決定した。

なお湾曲は、川幅(B)と曲率半径(R)の関係が、 $R/B < 10$  となる区間とした。

各河川の湾曲位置を以下に示す。

湾曲位置一覧表

吉野川				旧吉野川			
湾曲No.	区間	川幅(m)	曲率半径(m)	湾曲No.	区間	川幅(m)	曲率半径(m)
1	10.8k ~ 11.8k	780	960	1	1.7k ~ 3.0k	211	924
2	12.0k ~ 13.8k	720	1350	2	4.8k ~ 5.2k	164	260
3	16.4k ~ 17.4k	670	1730	3	6.5k ~ 6.9k	145	742
4	18.8k ~ 19.8k	750	2000	4	8.0k ~ 9.0k	99	510
5	20.4k ~ 21.0k	750	1830	5	9.8k ~ 10.6k	129	860
6	21.6k ~ 22.4k	750	1350	6	11.0k ~ 11.2k	75	236
				7	14.8k ~ 15.6k	150	965
				8	15.7k ~ 17.0k	133	954
				9	18.6k ~ 19.2k	197	480
				10	20.7k ~ 21.1k	72	523
				11	21.1k ~ 21.4k	99	183
				12	21.6k ~ 22.2k	114	448

今切川			
湾曲No.	区間	川幅(m)	曲率半径(m)
1	3.4k ~ 5.2k	187	1351
2	6.0k ~ 6.4k	202	398
3	7.1k ~ 8.5k	145	639
4	10.0k ~ 10.9k	195	833
5	11.1k ~ 11.6k	125	415

##### 高水敷諸元

堤防護岸および側方侵食で危険と判断される箇所を抽出した。

堤防護岸の判定方法は、“ 既設護岸の種別 ” に、側方侵食に対する安全性の基準は、“ 側方侵食に対する安全性の評価 ” に記述した。

##### 被災履歴

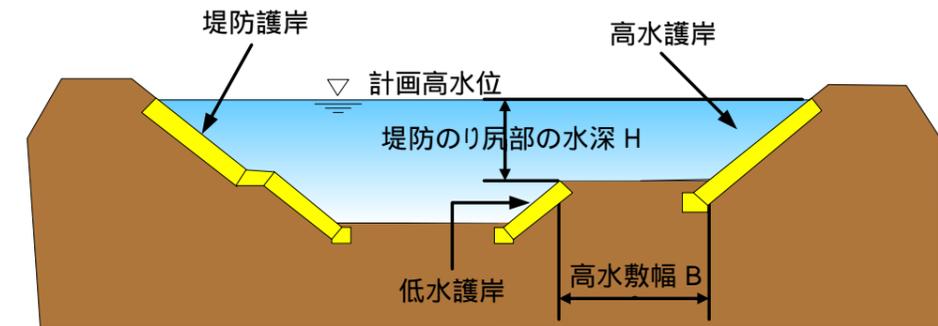
過去の被災履歴(平成16年11月時点)から、侵食に関する項目(水衝・洗掘など)について整理した。

##### 既設護岸の種別

河川平面図、定期縦横断測量成果および既往調査結果等から、既設護岸を「高水護岸」「堤防護岸」「低水護岸」の3つに分類した。分類方法を下図に示す。

##### 護岸種別の分類方法

堤防護岸	=	高水敷幅 B / 堤防のり尻部の水深 H	3
低水護岸、高水護岸	=	高水敷幅 B / 堤防のり尻部の水深 H	> 3



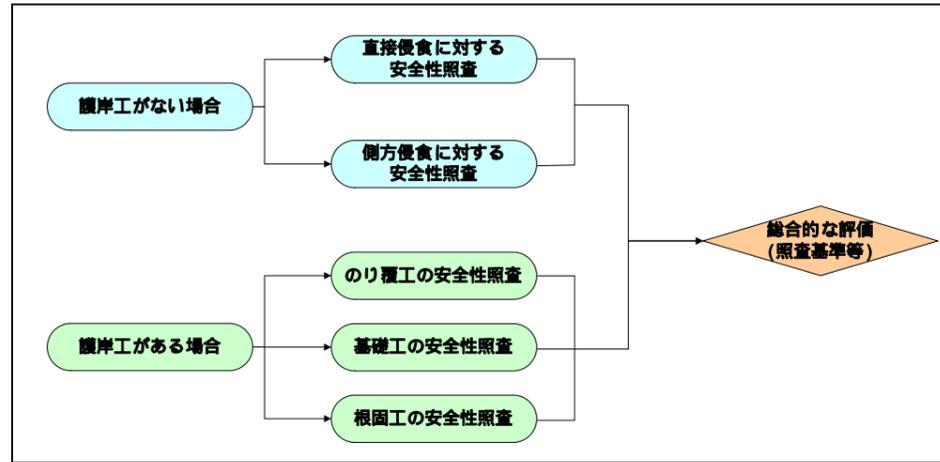
護岸の概要図



### 4.3 検討方法

#### 4.3.1 侵食に対する安全性の照査手順

侵食に関する安全性の照査手順を以下に示す。



侵食に対する照査手順

#### 4.3.2 代表流速 (V<sub>0</sub>) の算定

まず、侵食に関する安全性照査の基本的な外力となる代表流速 V<sub>0</sub> を算定する。計画高水位相当の出水が生じた場合の水深などを適切に評価し、以下の式により算定する。

代表流速の算定に用いる補正係数は、洗掘 ( 1 )、湾曲 ( 2 )、低水路の流れの干渉 ( 3 ) による3つの補正がある。下図に示すように、堤防の形状により用いる補正係数の種類が異なる。

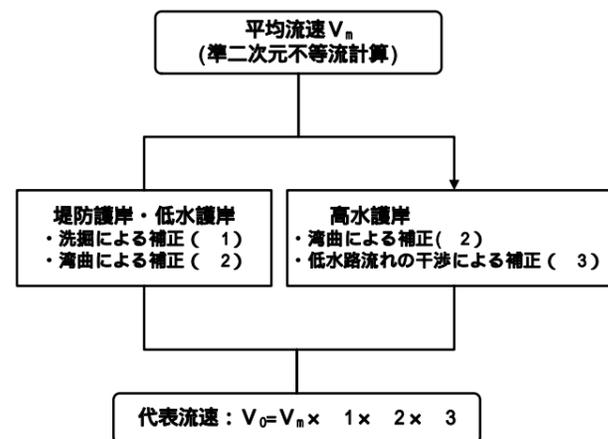
代表流速は、平均流速に補正係数を乗じることで次式により得られる。

$$V_0 = V_m \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3$$

ここに、V<sub>0</sub> : 代表流速(m/sec)

V<sub>m</sub> : 平均流速(m/sec)

1-3 : 補正係数



代表流速の算定方法

#### (1) 平均流速

平均流速の算定には、準二次元不等流計算を用いた。

準二次元不等流計算とは、洪水流を対象にした水位計算の手法 (不等流計算) で、川の流れを準二次元的に取り扱った計算である。

#### <用語の意味>

##### ・等流計算

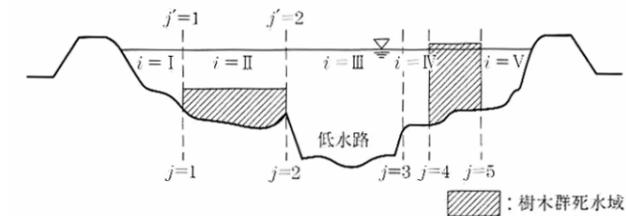
等流計算は、断面形および勾配が縦断的に不変と考えられる水路に時間的に一定と考えられる流量が流れる場合に、適切な平均流速公式を用いて、水位や流速の縦断変化を計算するもの

##### ・不等流計算

不等流計算は、断面形および勾配が縦断的におだやかに変化する水路に時間的に一定と考えられる流量が流れる場合に、適切な平均流速公式を用いて、水位や流速の縦断変化を計算するもの

##### ・準二次元

河道断面内を横断形状や樹木群繁茂状況、粗度の状況から、顕著な流速差が生じると考えられる位置でいくつかの断面に分割し、分割断面ごとの平均流速と断面平均水位を求めるものであり、「横断面内流速分布の計算」と「縦断水位の計算」で構成されている。



断面分割の例

(2) 補正係数

洗掘による補正（低水・堤防護岸に適用）： $\alpha_1$

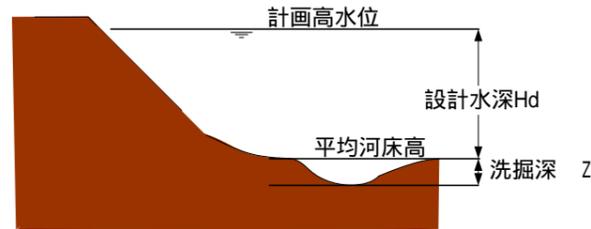
砂州のある河道区間では、砂州の波高を考慮した水深増加を見込み、流速の補正を行う。

洗掘による補正は、以下の基本式により算定する。

$$\alpha_1 = 1 + Z / (2 H_d)$$

Z：最大洗掘深

H<sub>d</sub>：設計水深



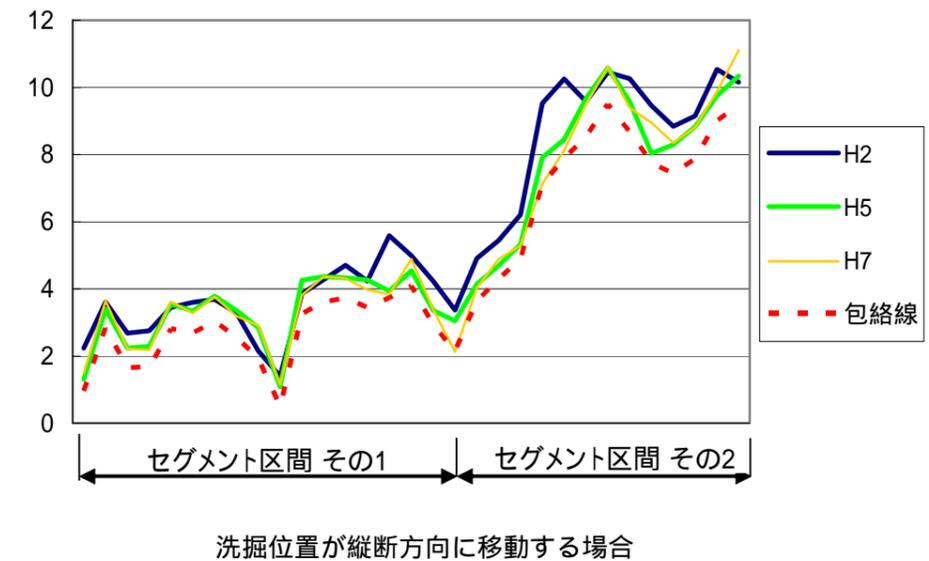
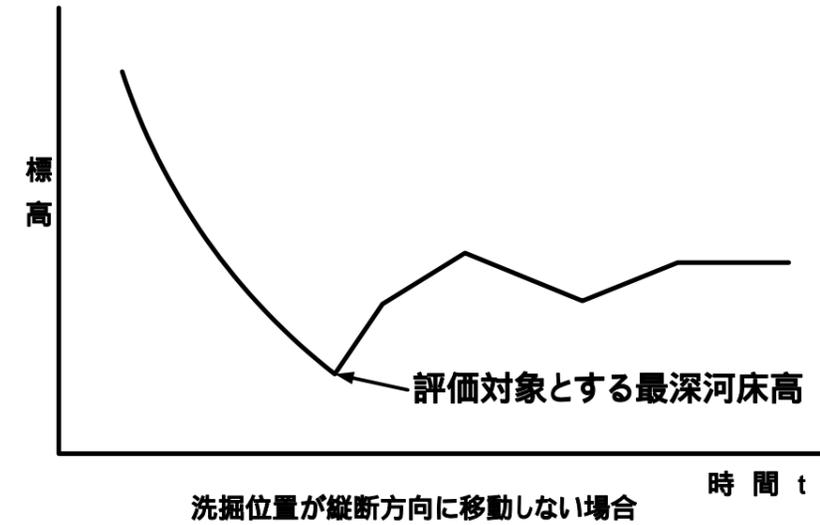
最大洗掘深の算定方法は以下のとおりである。

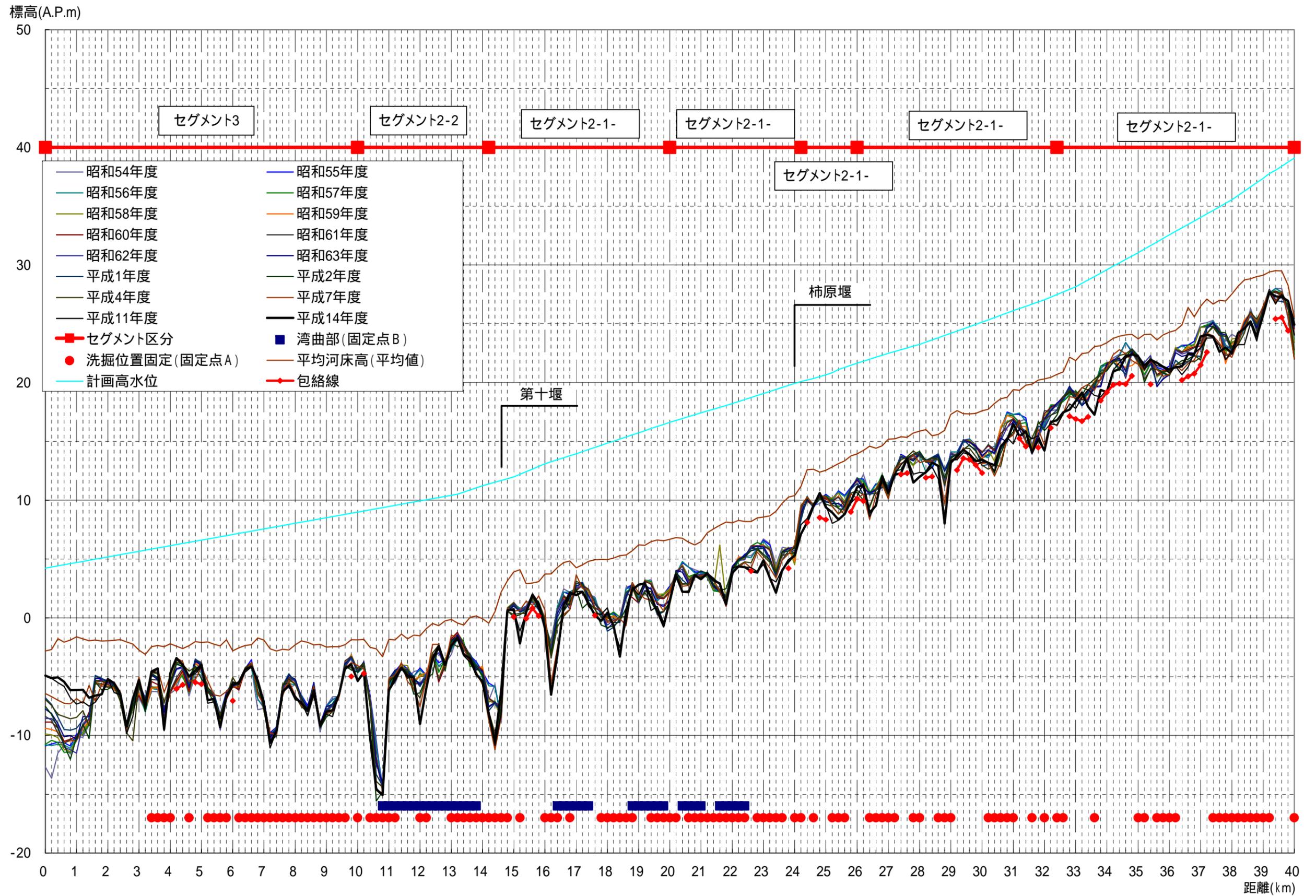
昭和 54 年～平成 14 年の定期縦横断測量を基に最深河床高縦断・横断の経年変化図を作成し、洗掘の要因、洗掘箇所、最深河床の位置及び変化について調べる。

洗掘位置が縦断方向もしくは横断方向に移動しない箇所（固定点 A）を選出する。また、湾曲部や水衝部の発生位置が固定されており、洗掘位置が縦断的に移動しない場合（固定点 B）は、当該地点の経年的な最深値を最深河床高として設定する。（この方法を右上図に示す）。

直線河道で洗掘位置が移動する場合は、セグメント区分ごとに各断面の最深河床高の包絡線を求めて、その包絡線を最深河床高の評価高とする。（この方法を右下図に示す）

最深河床高縦断・横断の経年変化図を次頁に示す。



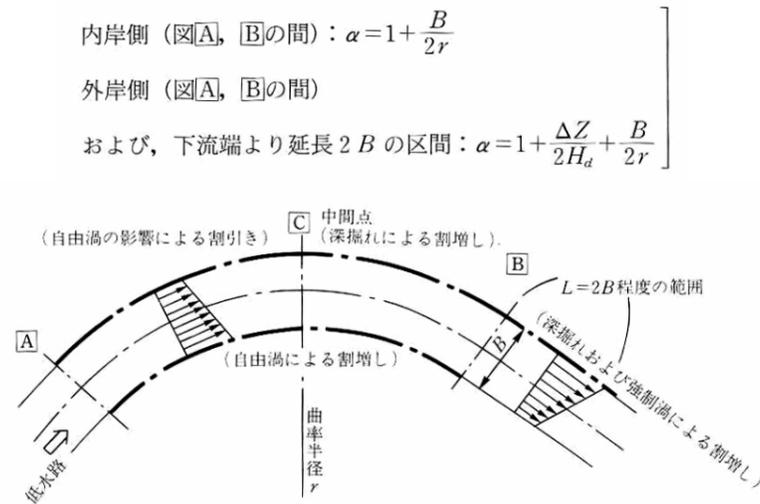


吉野川縦断経年変化図

湾曲による補正 (高水・低水・堤防護岸に適用): 2

河道湾曲部では、湾曲内側に生じる自由渦および、外側下流端に生じる共生渦によって流速が速くなることが知られている。また、湾曲部では、外側の深掘れによっても流速が速くなる。そこで、湾曲部ではこれらの影響を考慮して流速の補正を行う。

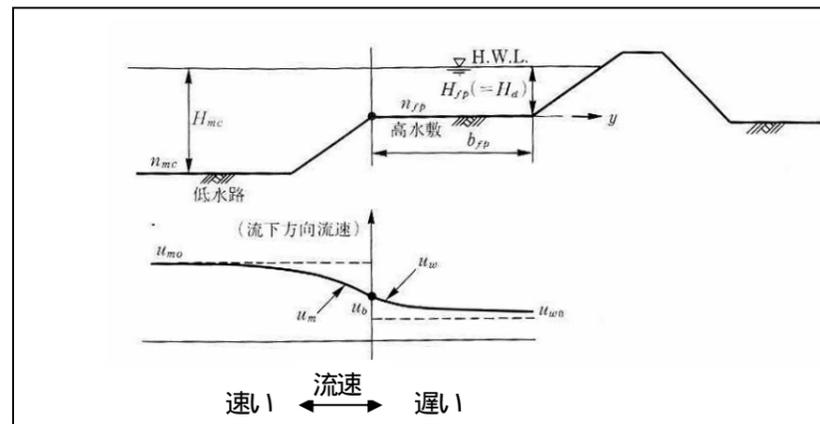
湾曲による補正は、低水護岸および堤防護岸の場合と高水護岸の場合で異なる。ここでは、低水護岸および堤防護岸の場合の補正係数を以下に示す。



湾曲による低水路の補正

低水路流れの干渉による補正 (高水護岸に適用): 3

高水敷幅が狭い場合には、高水敷の流れは低水路流れの干渉を強く受け、平均流速の横断分布は以下のようなになる。

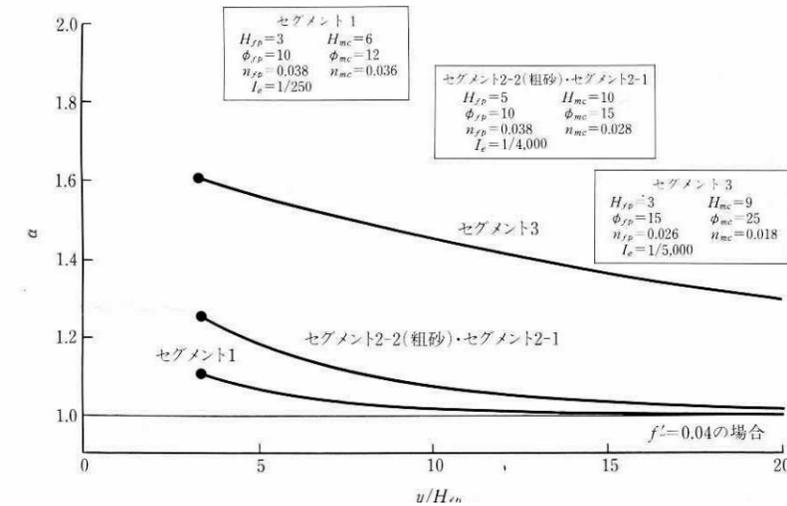


平均流速の横断分布

低水路流れの干渉による流速の補正の基本式を以下に示す。

$$\alpha = \frac{u_w(y)}{u_{w0}} = 1 + \frac{(u_b - u_{w0})}{u_{w0}} \exp\left[-\sqrt{\frac{F_w \cdot u_{w0}}{H_{fp} \cdot \varepsilon}} \cdot y\right]$$

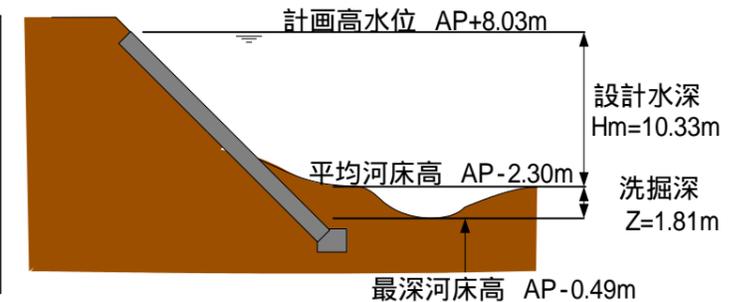
ここで一例として、セグメントごとにある河道条件を当てはめたと  $y/H_{fp}$  との関係を示す。



低水路流れの干渉による補正係数 3 と低水路法肩からの距離・高水敷水深比 ( $y/H_{fp}$ ) との関係

代表流速の算定例 (洗掘による補正の場合)

検討箇所: 細分化区間 No.11  
 検討条件: (河道形状) 直線  
 (堤防区分) 堤防護岸  
 (平均流速) 3.31 m/s 「二次元不  
 等流計算より」  
 適用する補正係数: 洗掘による補正 1



洗掘による補正係数の算定

$$\alpha_1 = 1 + \frac{\Delta Z}{2H_d} = 1 + \frac{1.81}{2 \times 10.31} = 1.09$$

したがって、

$$V_0 = \alpha_1 \times V_m = 1.09 \times 3.31 = 3.61 \text{ m/s}$$

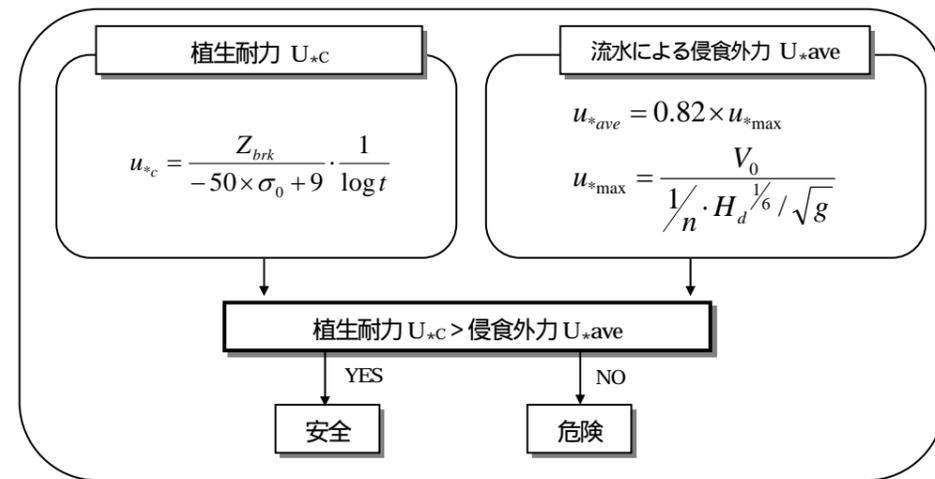
湾曲による補正 (2)、低水路流れの干渉による補正 (3) も同様にして行う。

### 4.3.3 護岸工がない場合の照査方法

護岸工がない場合の安全性の照査は、直接侵食に対する安全性と側方侵食に対する安全性の照査を行う。以下に、それぞれの照査方法を示す。

#### (1) 直接侵食に対する安全性の照査

直接侵食に対する安全性の照査は、代表流速  $V_0$  及び流速作用時間から評価される侵食外力と、植生で被覆された法面の表面侵食耐力を比較することにより照査する。



$Z_{brk}$  : 許容侵食深 2 cm ( )

$t$  : 高水敷冠水時間(hr)

$\sigma_0$  : 平均根毛量(gf/cm<sup>2</sup>)

$V_0$  : 代表流速(m/s)

$n$  : 粗度係数

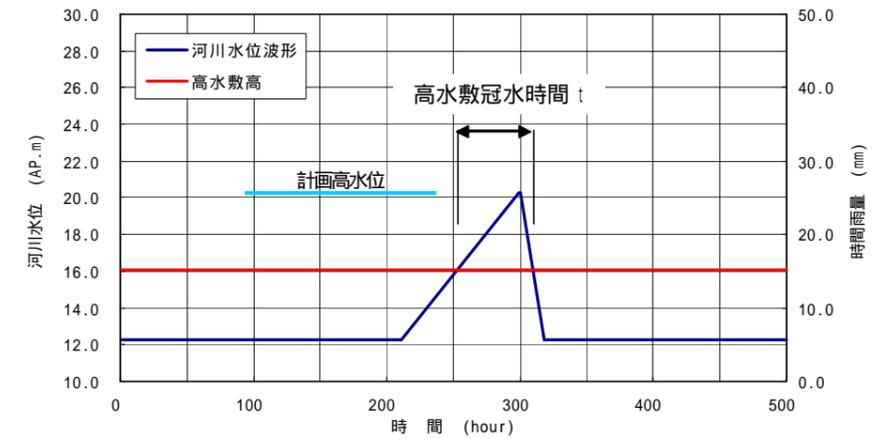
$H$  : 設計水深 ( m ) =H.W.L-高水敷高

$g$  : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)

「河川堤防の構造検討の手引き」で設定されている値を採用した。

#### 高水敷冠水時間(t)の算出

“浸透に対する安全性の評価”において設定した基本水位波形を用いた。高水敷冠水時間 (  $t$  ) の算出例を以下に示す。



吉野川左岸 ( 河口より 24.4 km ) の高水敷冠水時間

#### 平均根毛量 $\sigma_0$ の設定方法

平均根毛量とは、地表面から深さ 3cm までの土中に含まれる、根および地下茎の総重量をいう。

河川堤防の植生が洪水時に堤防の侵食を防止する機能は、地表面近くの根毛量 ( 植生の根および地下茎の量 ) が関係している。そのため、植生耐力の算出に平均根毛量  $\sigma_0$  を用いる。平均根毛量  $\sigma_0$  の測定方法を以下に示す。

#### サンプリング



(測定方法)  
採取用の筒を堤防に垂直に入れ、コアの採取を行う。コアを室内にて分析し、根毛量を測定する。

#### 簡易測定法



(測定方法)  
根茎強度計を調査場所に堤防に垂直に差し込み、ハンドルをねじり、根茎強度を測定する。

< 照査の例 >

植生耐力  $u_{*c}$  の計算

$$u_{*c} = \frac{Z_{brk}}{-50 \times \sigma_0 + 9} \cdot \frac{1}{\log t} = \frac{2}{-50 \times 0.05 + 9} \cdot \frac{1}{\log(600)} = 0.110 \text{ m/s}$$

$u_{*c}$ : 摩擦速度 (m/s)

t : 高水敷冠水時間 (600分)

$Z_{brk}$ : 許容侵食深

(2cm: 「河川堤防の構造検討の手引き」より)

$\sigma_0$ : 平均根毛量 (0.05gf/cm<sup>3</sup>)

侵食外力  $u_{*ave}$  の計算

$$u_{*max} = \frac{V_0}{\frac{1}{n} \cdot H_d^{3/2} / \sqrt{g}} = \frac{4.50}{\frac{1}{0.045} \times 9.30^{3/2} / \sqrt{9.8}} = 0.437 \text{ m/s}$$

$$u_{*ave} = 0.82 \times u_{*max} = 0.82 \times 0.437 = 0.358 \text{ m/s}$$

$u_{*ave}$ : 侵食外力 (m/s)

$u_{*max}$ : 侵食外力の最大値 (m/s)

$V_{0max}$ : 代表流速 (4.50m/s)

: 流速係数

n : 粗度係数 (0.045)

$H_d$ : 設計水深 (9.30m)

g : 重力加速度 (9.8m/s<sup>2</sup>)

植生耐力  $u_{*c}$

0.110 m/s

<

侵食外力  $u_{*ave}$

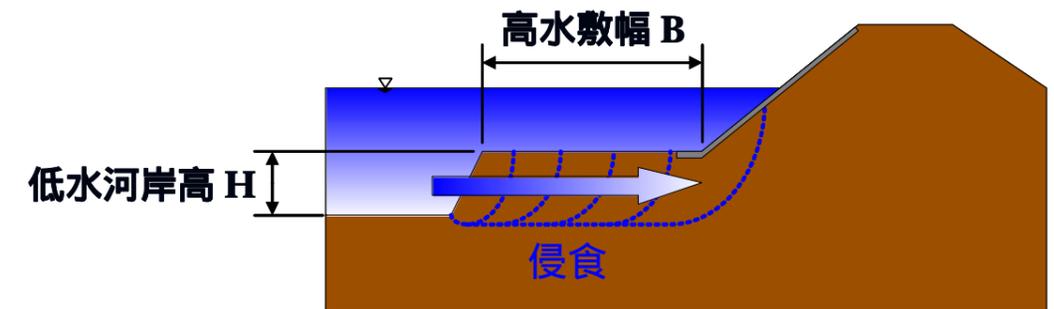
0.358 m/s

危険!

(2) 側方侵食に対する安全性の照査基準

側方侵食に対する安全性の照査基準

河道のセグメント分類	照査基準 (1洪水で侵食される高水敷幅の目安)
1	40m程度
2-1	高水敷幅 B > 低水河岸高 H の 5 倍
2-2 及び 3	高水敷幅 B > 低水河岸高 H の 3 倍

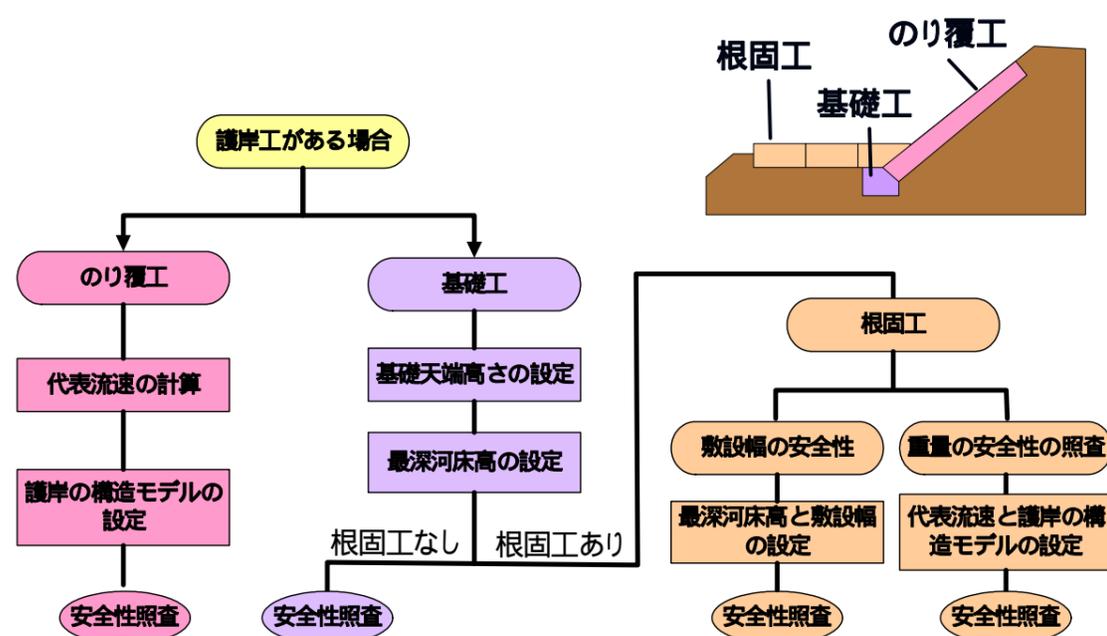


側方侵食に対する安全性の照査方法

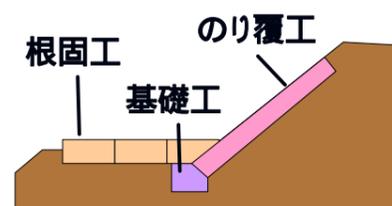
#### 4.3.4 護岸工がある場合の照査方法

護岸の安全性照査は、のり覆工、基礎工および根固工のそれぞれについて、主として、設定した外力のもとで力学的に安定性が確保されているかを照査する。以下に照査フローを示す。

のり覆工・基礎工の照査に用いる手法は、「護岸の力学設計法（財）国土開発技術研究センター編」を参考とする。なお、低水護岸に対する照査は、堤防護岸または側方侵食に対する安全性を満足していない箇所について実施する。



護岸の安全性照査フロー



#### (1) のり覆工の安全性の照査

のり覆工の力学的照査は、既設護岸を『美しい山河を守る災害復旧基本方針 平成14年(社)全国防災協会』の中に示されている構造モデルに分類し、代表流速と護岸タイプの対応表より安全性を照査する。

代表流速と護岸タイプの対応表

護岸ののり配が1:1.5より緩い場合

工 法 例		代表流速(m/sec)							
		2	3	4	5	6	7		
シート系	ブロックマット	■	■	■					
木 系	粗朶のり枠	■	■	■					
石 系	自然石(空張)	■	■	■	■				
	自然石(練張)	■	■	■	■	■	■		
かご系	かごマット(平張)	■	■	■	■				
コンクリート系	接続ブロック	■	■	■	■				
	環境保全型ブロック	■	■	■	■	■	■		
	コンクリートブロック張	■	■	■	■	■	■	■	

<照査例>

#### 接続ブロックの場合



照査箇所の代表流速 $V_d$ と比較  
 $V_d=3.6\text{m/s} < 5.0\text{m/s}$   
 o.k!

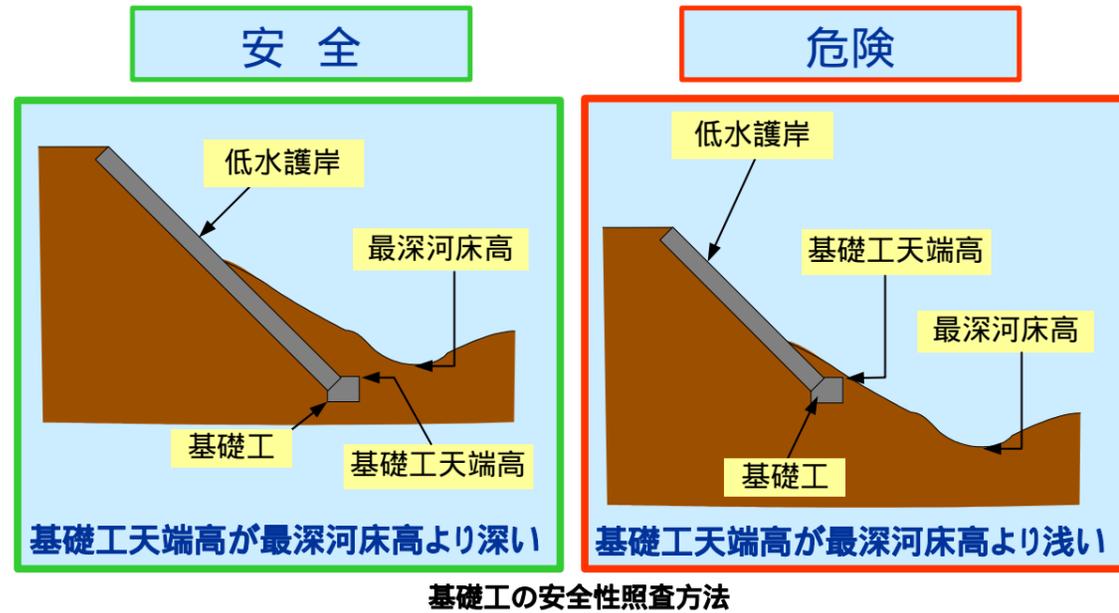
代表流速と護岸タイプの対応表(例)  
護岸ののり勾配が1:1.5よりゆるい場合

工 法 例		代表流速(m/sec)							
		2	3	4	5	6	7		
シート系	ブロックマット	■	■	■					
木 系	粗朶のり枠	■	■	■					
石 系	自然石(空張)	■	■	■	■				
	自然石(練張)	■	■	■	■	■	■		
かご系	かごマット(平張)	■	■	■	■				
コンクリート系	接続ブロック	■	■	■	■				
	環境保全型ブロック	■	■	■	■	■	■		
	コンクリートブロック張	■	■	■	■	■	■	■	

代表流速 5m/sまで安全

(2) 基礎工の安全性の照査

基礎工の安全性は、基礎工天端高と最深河床高の関係より照査を行った。



基礎工の評価高

基礎工の評価高は工事台帳からの読み取りを基本とした。

基礎工に矢板がある場合	矢板下端高+1.0(m)
基礎工に矢板がない場合	基礎天端高
工事台帳に諸元がない	計画河床高 - 1.0(m)

注) 基礎工に矢板がある場合に関しては、矢板の自立する高さが不明なため、簡易的に矢板下端高+1.0(m)としている。

(3) 根固工の安全性の照査

根固工の安全性は、流速に対する安定性の照査と根固め工の敷設幅について照査を行う。なお、根固め工の安全性が満足された場合は、基礎工は安全であると判断する。

流速に対する安全性の照査

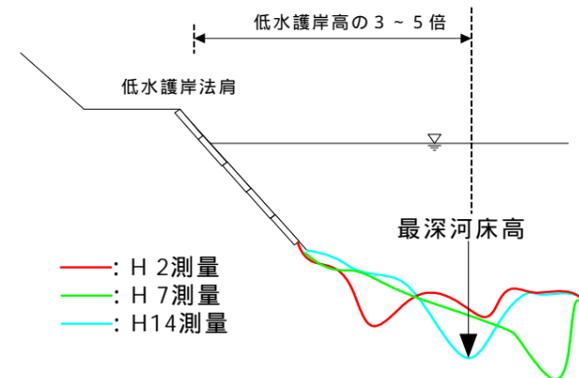
既設の根固め工を『美しい山河を守る災害復旧基本方針』の中に示されている構造モデルに分類し、代表流速と根固め工法の対応表より安全性を照査する。

最深河床高と基礎工の評価高は以下に従って左右岸別に評価した。根固め工の敷設幅は、根固め工の安全性の照査の項で解説する。

最深河床高

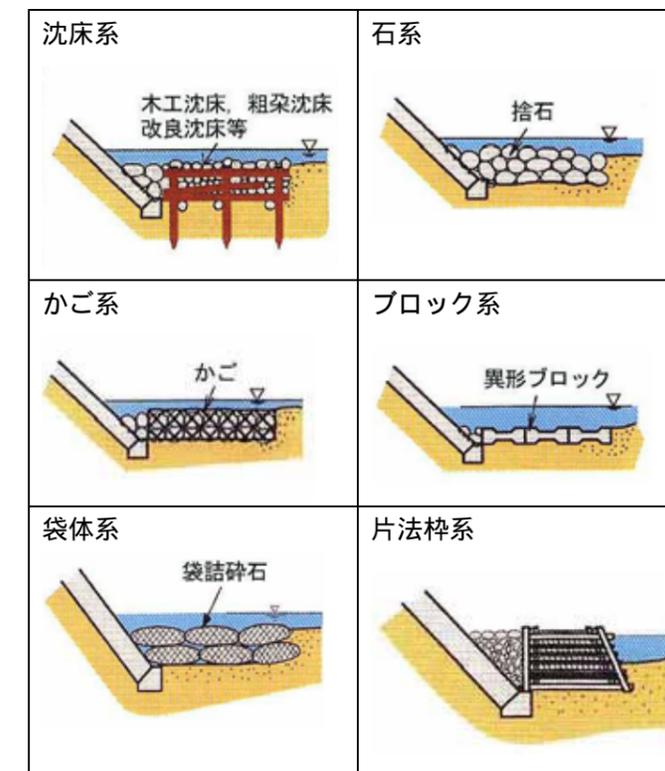
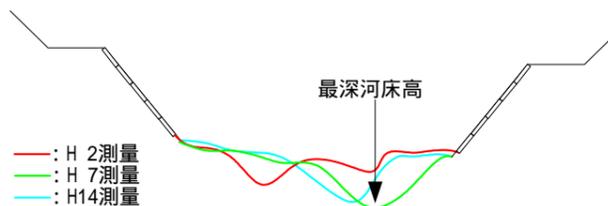
遷筋が固定されている場合

遷筋が固定されており、河床の変動がほとんど無い場合には護岸前面の経年の最深河床高を評価高とした。護岸前面の河床が河道中心(対岸)へ低下しており、経年的にも護岸前面に洗掘のない場合は、側方侵食の考え方に準じセグメント分類に応じて、低水河岸高の3~5倍の範囲の中の最深河床高を用いた。



遷筋が固定されていない場合

遷筋が固定されていない場合は河道内の最深河床部が護岸前面まで動く可能性があるため、河道内の経年の最深河床高を評価高とした。



根固め工の工法概念図

代表流速と根固め工法の対応表

外 力 工 法	設計流速 (単位: m/s)						
	1	2	3	4	5	6	7
沈床系、袋体系、 かご系、揚石、 片法棒工							
根固めブロック							

根固め工敷設幅

根固め工の河床低下に追従した際の必要幅  $B_c$  は、以下の関係から算定する。

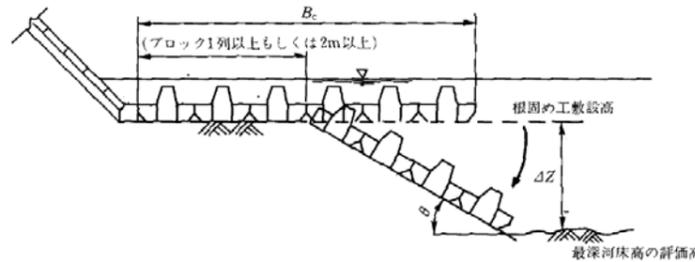
$$B_c = L_n + Z/\sin$$

ここで  $B_c$  : 敷設幅

$L_n$  : 護岸前面の平坦幅 (2mと設定する。)

$\sin$  : 河床洗掘時の斜面勾配 (30°と設定する)

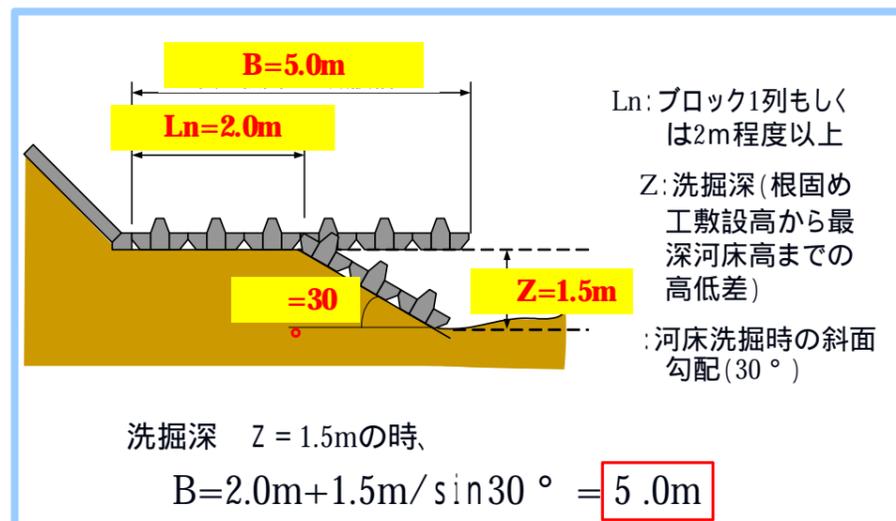
$Z$  : 洗掘深



必要な根固工敷設幅概要図

< 照査例 >

下図の例の場合、根固め工の敷設幅が5 m以上の場合は、安全であると判定する。



4.4 安全性の照査結果

計画高水位時の侵食に対する堤防の安全性照査を行った。照査方法を以下に示す。

照査方法

細分化した区間の中で最も大きい代表流速を用いて、護岸工がある場合は、区間内で護岸工の耐力が最も小さい箇所、護岸工がない場合は、区間内で植生耐力が最も小さい箇所での侵食に対する安全性を照査する。

侵食に対する堤防の安全性照査結果を次頁に示す。

吉野川 0k ~ 15k



吉野川 15k ~ 30k



吉野川 30k ~ 40k

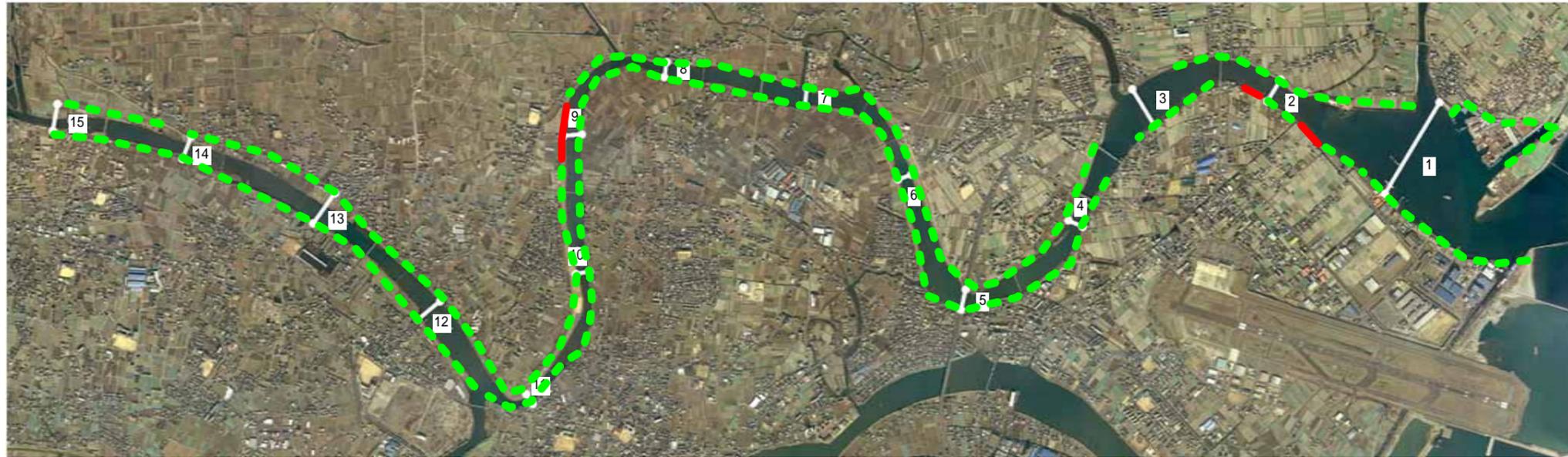


凡 例

対策必要箇所 (高水または堤防)	——
(低水)	——
照査対象外	.....

侵食に対する堤防の安全性照査結果 (吉野川)

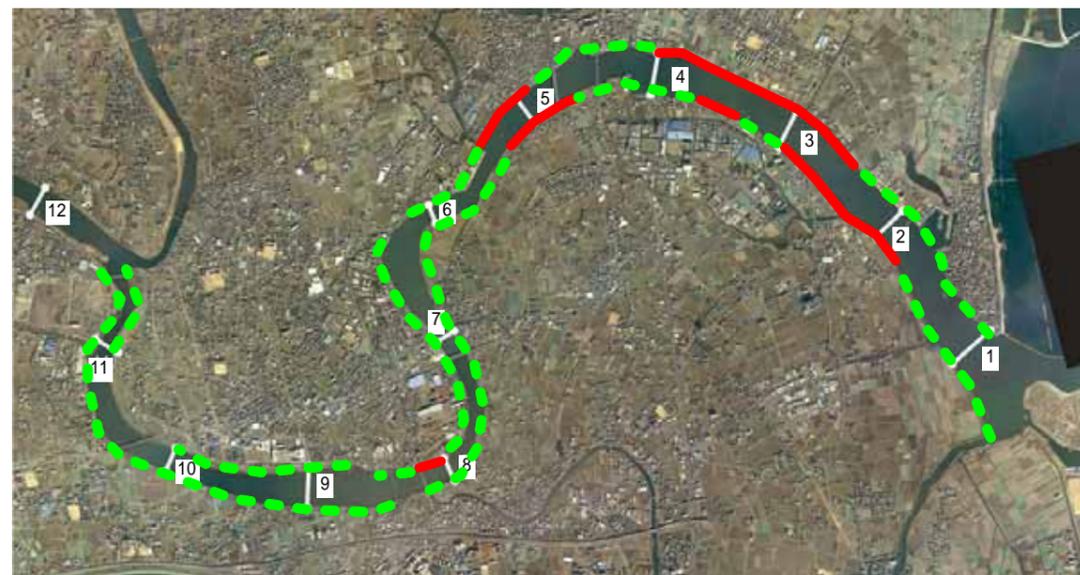
旧吉野川 0~15k



旧吉野川 15~24k



今切川



凡 例

対策必要箇所 (高水または堤防)	—
(低水)	—
照査対象外	⋯

侵食に対する堤防の安全性照査結果 (旧吉野川・今切川)



距離標 (km)	一連区間	護岸種別	既設護岸			高水敷諸元	代表流速 $V_0$ (m/s)		法覆工								基礎部						距離標 (km)	
			高水護岸	堤防護岸	低水護岸		高水部	低水・堤防部	高水護岸部				低水護岸部				基礎工			根固工				
									代表工種	照査モデル	勾配 1:x	照査結果	代表工種	照査モデル	勾配 1:x	照査結果	基礎高 (A.P.+m)	洗掘高 (A.P.+m)	照査結果	照査モデル	照査結果	敷設幅		照査結果
現況 (m)	必要 (m)	照査結果																						
0.0		堤防護岸			N																			0.0
0.2		堤防護岸			N																			0.2
0.4		堤防護岸			N																			0.4
0.6		堤防護岸			N																			0.6
0.8		堤防護岸			N																			0.8
1.0		堤防護岸			N																			1.0
1.2		堤防護岸			N																			1.2
1.4		堤防護岸			N																			1.4
1.6		堤防護岸		-	N																			1.6
1.8		堤防護岸		-	N																			1.8
2.0		堤防護岸		-	N																			2.0
2.2		堤防護岸			N																			2.2
2.4		堤防護岸		-	N																			2.4
2.6		堤防護岸		-	N																			2.6
2.8		堤防護岸		-	N																			2.8
3.0		堤防護岸			N																			3.0
3.2		堤防護岸			N																			3.2
3.4	1	堤防護岸			N	-	3.29	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0		練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0		-6.8	-4.53		なし					3.4
3.6		堤防護岸		-	N																			3.6
3.8		堤防護岸		-	N																			3.8
4.0		堤防護岸		-	N																			4.0
4.2		堤防護岸		-	N																			4.2
4.4		高水護岸	-	-																				4.4
4.6		高水護岸				1.29	3.70	練りブロック張り	コンクリートブロック張	3.0														4.6
4.8		高水護岸	-																					4.8
5.0		高水護岸	-	-																				5.0
5.2	2	高水護岸	-	-																				5.2
5.4	3	高水護岸	-																					5.4
5.6		高水護岸	-																					5.6
5.8		高水護岸	-																					5.8
6.0	4	高水護岸	-																					6.0
6.2		高水護岸	-																					6.2
6.4		高水護岸	-																					6.4
6.6		高水護岸	-																					6.6
6.8		堤防護岸		-	N																			6.8
7.0		堤防護岸		-	N																			7.0
7.2		高水護岸	-																					7.2
7.4		高水護岸	-																					7.4
7.6	5	高水護岸	-																					7.6
7.8		高水護岸	-																					7.8
8.0	6	高水護岸	-																					8.0
8.2	7	高水護岸	-																					8.2
8.4		高水護岸				1.63	3.84	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0														8.4
8.6	8	高水護岸	-		N							練り石張り	自然石(練張)	1.7		-3.44	-6.55	x	なし				x	8.6
8.8		高水護岸	-		N							練りブロック張り	コンクリートブロック張	1.5		0.581	-9.72	x	石			x	8.8	
9.0		高水護岸	-		N							練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0		-0.7	-8.44	x	石			x	9.0	
9.2	9	高水護岸			N	1.84	4.61	練りブロック張り	コンクリートブロック張	1.5		練りブロック張り	コンクリートブロック張	1.5		-3.497	-8.4	x	石			x	9.2	
9.4		高水護岸			N	1.84	4.61	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0		空石張り	自然石(空張)	1.5		-3.36	-6.78	x	石				x	9.4
9.6		高水護岸				1.56	3.89	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0														9.6
9.8		高水護岸				1.56	3.89	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0														9.8
10.0	10	高水護岸		-		3.01	3.16	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0														10.0
10.2		高水護岸	-	-																				10.2
10.4		高水護岸	-	-																				10.4
10.6	11	高水護岸		-		1.32	3.69	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0														10.6
10.8	12	高水護岸		-		1.87	4.42	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0														10.8
11.0		高水護岸		-		1.87	4.42	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0														11.0
11.2	13	高水護岸		-		2.04	4.32	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0														11.2
11.4	14	高水護岸			N	2.22	4.24	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0														11.4
11.6		高水護岸			N	2.26	4.42	練りブロック張り	コンクリートブロック張	2.0		平張りコンクリート	コンクリートブロック張	2.1		-1.944	-4.18	x	石			10	6.472	11.6
11.8		堤防護岸		-	N																			11.8

高潮区間のため、  
照査対象外。

凡例  
高水敷緒言 N : 高水敷不足の箇所  
既設護岸 : 護岸あり  
          : 護岸なし  
照査結果 : 対策不要  
          x : 対策必要

のり覆工の安全性照査の一例 (吉野川左岸)

距離標	細分 区 間 番 号	護岸種別	既設護岸判定		高水敷				外力			耐力			照査 結果	照査 ランク
			堤防 護岸	高水 護岸	高さ (A.P.m)	幅 (m)	粗度係数 nfp	水深 Hd(m)	代表 流速	摩擦 速度	平均摩擦速度 (冠水時間内)	平均 根毛量	高水敷 の 冠水 時間	冠水時間内 での許容摩擦速 度U <sub>c</sub> (m/s)		
									V <sub>0</sub> (m/s)	U <sub>*</sub> (m/s)	U <sub>*</sub> ave (m/s)					
0.0		堤防護岸														
0.2		堤防護岸														
0.4		堤防護岸														
0.6		堤防護岸														
0.8		堤防護岸														
1.0		堤防護岸														
1.2		堤防護岸														
1.4		堤防護岸														
1.6		堤防護岸	-													
1.8		堤防護岸	-													
2.0		堤防護岸	-													
2.2		堤防護岸														
2.4		堤防護岸	樋門													
2.6		堤防護岸	-													
2.8		堤防護岸	-													
3.0		堤防護岸														
3.2		堤防護岸														
3.4	1	堤防護岸														
3.6	2	堤防護岸	-		-	-	0.023	8.02	3.62	0.184	0.151	0.050	272	0.073	x	
3.8	2	堤防護岸	-		-	-	0.023	8.47	3.62	0.182	0.150	0.044	272	0.070	x	
4.0	3	堤防護岸	-		-	-	0.023	8.21	3.80	0.192	0.158	0.048	272	0.072	x	
4.2	3	堤防護岸	-		-	-	0.023	8.42	3.80	0.192	0.157	0.046	272	0.071	x	
4.4	4	高水護岸	-		2.05	42.33	0.020	4.02	2.11	0.105	0.086	0.047	272	0.071	x	
4.6	5	高水護岸														
4.8	6	高水護岸	-		2.12	18.99	0.027	4.03	1.94	0.130	0.106	0.049	272	0.072	x	
5.0	7	高水護岸	-		2.12	31.00	0.041	4.22	1.46	0.148	0.121	0.045	272	0.070	x	
5.2	7	高水護岸	-		2.14	105.45	0.062	3.76	1.46	0.228	0.187	0.054	272	0.075	x	
5.4	8	高水護岸	-		1.90	151.43	0.067	4.19	0.89	0.148	0.121	0.052	272	0.074	x	
5.6	8	高水護岸	-		2.17	155.76	0.055	4.27	0.89	0.121	0.099	0.048	272	0.072	x	
5.8	8	高水護岸	-		2.35	140.50	0.048	4.00	0.89	0.107	0.087	0.057	272	0.077	x	
6.0	9	高水護岸	-		2.68	97.15	0.049	3.87	1.31	0.161	0.132	0.065	228	0.084	x	
6.2	9	高水護岸	-		3.13	41.92	0.048	3.60	1.31	0.159	0.131	0.048	228	0.073	x	
6.4	9	高水護岸	-		3.47	33.81	0.046	3.51	1.31	0.153	0.126	0.055	228	0.078	x	
6.6	9	高水護岸	-		3.38	25.30	0.053	3.86	1.31	0.174	0.143	0.050	228	0.074	x	
6.8	10	堤防護岸	-		-	-	0.023	9.12	3.28	0.164	0.134	0.053	228	0.076	x	
7.0	10	堤防護岸	-		-	-	0.023	9.34	3.28	0.163	0.134	0.045	228	0.072	x	
7.2	11	高水護岸	-		3.35	16.95	0.080	3.91	1.14	0.228	0.187	0.053	228	0.076	x	
7.4	11	高水護岸	-		3.39	171.51	0.038	4.06	1.14	0.108	0.088	0.057	228	0.079	x	
7.6	11	高水護岸	-		3.41	254.21	0.043	4.00	1.14	0.122	0.100	0.044	228	0.071	x	
7.8	11	高水護岸	-		3.47	276.57	0.037	4.24	1.14	0.104	0.085	0.051	228	0.075	x	
8.0	11	高水護岸	-		3.67	224.18	0.045	3.77	1.14	0.129	0.106	0.051	228	0.075	x	
8.2	12	高水護岸	-		3.99	156.95	0.020	3.61	1.83	0.093	0.076	0.055	228	0.077		
8.4	13	高水護岸														
8.6	14	高水護岸	-		4.30	21.00	0.080	3.79	1.13	0.227	0.186	0.047	228	0.073	x	
8.8	15	高水護岸	-		4.41	30.02	0.029	3.92	1.94	0.140	0.115	0.051	228	0.075	x	
9.0	15	高水護岸	-		4.40	34.53	0.080	4.03	1.94	0.384	0.315	0.044	228	0.071	x	
9.2	16	高水護岸														
9.4	16	高水護岸														
9.6	17	高水護岸														
9.8	17	高水護岸														
10.0	18	高水護岸														
10.2	19	高水護岸	-		3.94	82.87	0.045	3.95	1.60	0.179	0.147	0.056	166	0.081	x	
10.4	19	高水護岸	-		4.11	103.65	0.080	4.38	1.60	0.312	0.256	0.051	166	0.077	x	
10.6	20	高水護岸														
10.8	21	高水護岸														
11.0	21	高水護岸														
11.2	22	高水護岸														
11.4	23	高水護岸														
11.6	24	高水護岸														
11.8	25	堤防護岸	-		-	-	0.039	11.33	4.42	0.360	0.295	0.057	166	0.081	x	
12.0	26	堤防護岸	-		-	-	0.039	11.16	5.15	0.421	0.345	0.052	166	0.078	x	
12.2	26	堤防護岸	-		-	-	0.039	10.58	5.15	0.424	0.348	0.046	166	0.075	x	
12.4	26	堤防護岸	-		-	-	0.039	10.27	5.15	0.427	0.350	0.050	166	0.077	x	
12.6	26	堤防護岸	-		-	-	0.039	10.27	5.15	0.427	0.350	0.051	166	0.078	x	
12.8	26	堤防護岸	-		-	-	0.039	10.43	5.15	0.425	0.349	0.051	166	0.078	x	
13.0	27	堤防護岸	-		-	-	0.039	10.51	4.21	0.348	0.285	0.054	166	0.080	x	
13.2	28	高水護岸	-		3.00	45.02	0.043	7.22	2.66	0.258	0.211	0.065	166	0.087	x	
13.4	29	高水護岸	-		4.37	81.36	0.042	5.31	2.56	0.255	0.209	0.050	166	0.077	x	
13.6	29	高水護岸	-		5.72	60.17	0.042	4.27	2.56	0.265	0.217	0.060	166	0.083	x	
13.8	29	高水護岸	-		6.03	57.48	0.045	4.44	2.56	0.282	0.231	0.044	166	0.073	x	
14.0	30	高水護岸														
14.2	31	高水護岸														

高潮区間のため、検討対象外。

凡 例

既設護岸 : - 護岸あり、x - 護岸なし  
照査結果 : - 対策不要、x - 対策必要

照査ランク  
:0~0.25  
:0.25~0.50  
:0.50~0.75  
:0.75~1.00  
:1.00以上

#### 4.5 必要対策区間の抽出

侵食に対する安全性照査結果および必要対策区間の総括を以下に示す。

必要対策区間の総括表

項 目		吉野川		旧吉野川		今切川		
		左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	
堤防延長(km)		40.0	40.0	24.0	24.0	11.4	11.4	
検討対策区間延長(km)		36.8	36.8	3.0	3.0	4.0	2.4	
照査基準を下回る区間の延長(km)	高水	護岸あり	0.0	0.0	-	-	0.0	-
		護岸なし	18.0	20.8	-	-	-	-
	堤防	護岸あり	2.6	2.0	0.0	0.6	2.6	1.2
		護岸なし	7.8	0.2	1.2	1.4	-	1.0
	低水	護岸あり	1.0	1.2	-	-	-	-
		護岸なし	1.6	2.0	-	-	-	-
必要対策区間延長(km)		29.8	24.8	1.2	2.0	2.6	2.2	

- : 該当なし

## <用語集>

### (ア行)

#### 液状化(えきじょうか)

飽和したゆるい砂などが、地震力の作用などによって、急激に抵抗力が落ち、液体状になる現象をいう。地盤は土と土とのすき間に水を含みながら、土粒子同士が接触していることによって成り立っている。こうした地盤に、地震が発生して地盤が強い振動を受けると、今まで互いに接触していた土粒子の骨格は崩れる。この場合、土粒子間に含まれている水には、周りの土から力が加えられ、水圧が上昇する。すると、土粒子は浮き上がり、液体と同じように自由に動く。このように、液状化が発生すると地盤は一時的に弱くなり、堤防が沈下したり、水が土とともに地表に噴き出す噴砂現象が見られる。

#### N値(えぬち)

N値とは、地盤の固さを知る為の数値で、地盤調査(JIS規格：標準貫入試験)を行うことにより、知ることができる。

N値は質量63.5kgのおもりを75cmの高さから落下させ、30cm貫入したときに得られる打撃回数をいう。硬い地盤ほど打撃回数が多く、逆に軟らかい地盤ほどそれは少ない。

#### 落堀(おちぼり)

堤防、微高地などを溢出する洪水流によって、その後側または前面に形成される小湖沼をいう。

### (カ行)

#### 旧河道(きゅうかどう)

扇状地よりも下流の平野部では、河川は自由蛇行しやすい。旧河道は蛇行があまりにも進んで流路が短絡した場合や洪水時に自然堤防が破られて新しい河道が作られた場合にできる(地形学概論より)。自然堤防は河川の上流から運搬されてきた砂などが河道の岸に沿って堆積して形成された微高地をいう(地形学辞典より)。旧河道は、洪水時に氾濫流の通り道となりやすい。また、堤防が旧河道を横切る箇所では漏水が発生しやすい。また、比較的軟弱な土砂が堆積している場合が多く、地盤沈下もしくは地震時には液状化する可能性もある。

#### 既往最大洪水流量(きおうさいだいこうずいりゅうりょう)

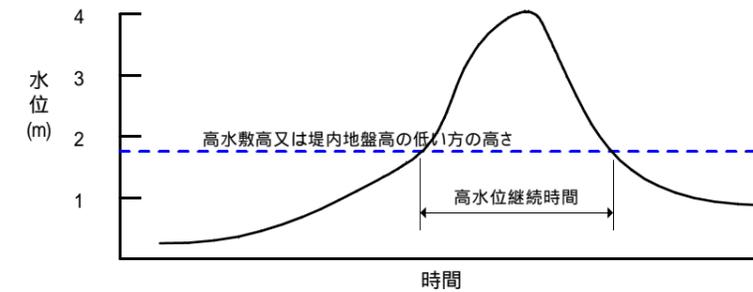
ある河川において水位や流量が観測されはじめて以来最大の洪水流量をいう。現在でも計画高水流量を決めるときに、既往最大洪水流量は重要である。

#### 計画高水位(H.W.L)(けいかくこうすい)

計画高水流量を計画断面で流下させるときの水位をいう。

#### 高水位継続時間(こうすいけいぞくじかん)

最寄りの観測所の既往の主要洪水における水位のうち、高水敷高もしくは堤内地盤高のどちらか低い方の高さを超える水位の継続時間



#### 護岸(ごがん)

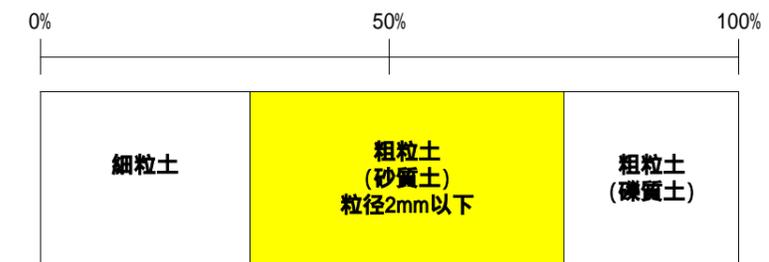
堤防や河岸を流水による決壊や侵食から守るため、そのり面や基礎の表面を覆う工作物を護岸といい、コンクリートや石積で作られている。低水路の河岸を守るものを低水護岸、高水敷の堤防法面を保護するものを高水護岸、低水路と堤防法面が一枚でつながったのり面を保護するものは堤防護岸と呼んでいる。

### (サ行)

#### 砂質土(さしつど)

地盤工学基準「地盤材料の工学的分類方法」(JGS0051-2000)において、土質材料は観察による区分と粒径による区分から大分類される。このうち、粒径(粒の大きさ)から粗粒土(砂や礫分が構成比で50%より多く含まれる)と細粒土(粒径0.075mm未満の粘土分やシルト分が構成比で50%より多く含まれる)に分けられる。

粗粒土に属する土のうち、細粒分が50%未満で、粒径2mm以下の土を砂質土という。



#### 三軸圧縮試験(テU)(さんじくあっしゅくしけん しーゆーばー)

テU試験とは、圧密後非排水状態で間隙水圧を測定しながらせん断することをいう。試験の目的は、間隙水圧を測定することによって試験中の有効応力の変化を把握し、有効応力解析に必要な強度定数(c'、 $\sigma'_v$ )を得るための情報を得ることを目的とする。条件としては、載荷重によって圧密され強度が増加した後、排水が生じないように急速載荷される場合を再現する場合に用いられ、適用土質は、飽和した粘性土である。

#### 三軸圧縮試験(CD)(さんじくあっしゅくしけん しーでいー)

CD試験とは、圧密後排水条件でせん断することをいう。試験の目的は、地盤が載荷重によって圧密されて強度を増した後に、地盤内に過剰間隙水圧が生じない条件で、せん断される場合の、地盤の圧縮強さおよび変形特性を求めることである。適用土質は、飽和した砂質土である。

### 残留水位（ざんりゅうすい）

河川水位が洪水等により急激に上昇した時、川の水は徐々に堤体内に浸入・浸透してくる。その後、水が引いた場合、河川の水位は急激に低下するものの、堤体などの土中に浸入・浸透した水は、河川水位の低下より遅れて浸出する。その際、堤体などに残った水位のことをいう。

### 自然含水比（しぜんがんすいひ）

含水比というのは土の重量に対する含まれている水の量の重量比を%で表わす。含まれている水の量は、土を炉に入れて乾燥させ、減った重量で求める。自然含水比は自然のままの土の含水比のことをいう。

### 重要水防箇所（じゅうようすいぼうかしょ）

洪水時に特に注意が必要な箇所を重要水防箇所といい、水防上最も重要な箇所を「A」、水防上重要な箇所を「B」とランクづけている。

洪水時に特に注意が必要な箇所とは、以下の箇所をさす。

- ・堤防の高さが低い箇所
- ・堤防の幅が細い箇所
- ・過去に堤防が崩れた箇所
- ・川の水あたりの強い箇所
- ・過去に堤防から水がにじみだしたことがある箇所
- ・橋の桁下が低い箇所
- ・堤防工事から3年以内の箇所
- ・昔、川が流れていた箇所

洪水時には、地元の水防団の方々が中心となって見廻るが、上記のような箇所は特に重点的に見廻り、異常が発見された時は堤防が壊れないように迅速に水防工法が施される。

### 侵食（しんしょく）

川などの水の流れによって、地表が削られる働きをいう。

### 浸透（しんとう）

土中の、水の運動形態の一つで、水の供給源と流れの末端とが連続して繋がっている状態をいう。

### 洗堀（せんくつ）

堤防を含む河川構造物などが、河川水によって洗い流される現象をいう。

### セグメント区分（せぐめんとくぶん）

セグメント区分とは、河道特性を評価する一つの方法である。河川の縦断形は、ほぼ同一の河床勾配を持つ区間がいくつか集まりできていると考えられ、この同一の河床勾配を持つ区間をセグメントと呼ぶ。

同一勾配を持つそれぞれの河道区間は、ほぼ同じ大きさの河床材料を持っており、さらに洪水時に河床に働く掃流力や低水路幅・深さも同じような値を持っていることが多い。この特徴を持つ区間ごとに河道を区分する方法がセグメント区分である。

セグメントは、河床勾配、支川合流、代表粒径の縦断分布などを考慮し、小セグメントに分割する場合がある。

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
地形区分	山間地	扇状地	2-1 谷底平野	2-2 自然堤防帯	デルタ
河床材料の代表粒径 $d_{50}$	さまざま	2cm以上	1-3cm	0.3mm-1cm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が露出していることが多い	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同じ物質が占める	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物		シルト、粘土
勾配の目安	さまざま	1/60-1/400	1/400-1/5,000		1/5,000-水平
蛇行程度	さまざま	曲がりが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では8字蛇行または島が発生する		蛇行が大きいものもあるが、小さいものもある
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中くらい河床材料が大きいほうが水路はよく動く		弱い ほとんど水路の位置は動かない
低水路の平均深さ	さまざま	0.5-3m	2-8m		3-8m

### （タ行）

#### 代表流速（だいひょうりゅうそく）

土の単位体積当たり(1立方メートル)の重量をいう。

#### 単位体積重量（たんいたいせきじゅうりょう）

土の単位体積当たり(1立方メートル)の重量をいう。

#### 治水地形分類図（ちすいちけいぶんるいず）

治水地形分類図は、自然堤防、扇状地、谷底平野、旧河道等の氾濫と地形の成り立ちとを結びつけた地形情報であり、水害の危険性を判断する一つの判断材料となる。

### 堤防と河道

#### ・高水敷（こうすいじき）

洪水の時にのみ水の流れる部分をいう。

#### ・天端（てんぱ）

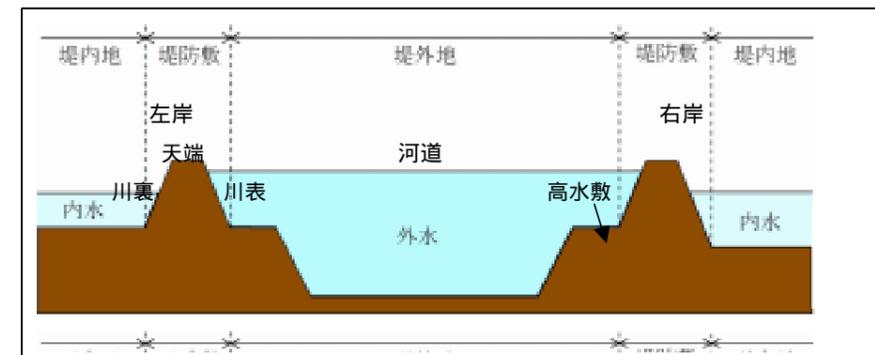
堤防や道路盛土などの土構造物の上面をいう。

#### ・堤内地（ていないち）、堤外地（ていがいち）

堤内地とは堤防によって洪水の氾濫から守られる地域という。一方、堤外地とは堤防の川側をいう。

#### ・右岸（うがん）、左岸（さがん）

右岸とは川を背にして、上流から下流に向かって右側の土地のことをいう。一方、上流から下流に向かって左側の土地のことをいう。



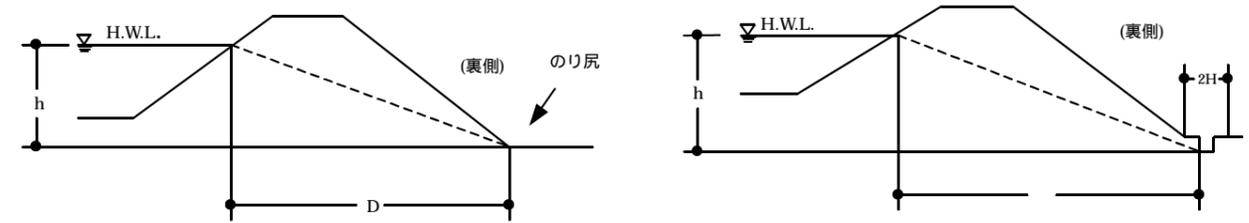
堤防と河道を上流から見た模式図

### 透水係数（とうすいけいすう）

堤防や基礎地盤の水の流速（ながれのはやさ）の大きさを示す指標で、飽和時の透水係数を飽和透水係数、不飽和時は不飽和透水係数という。その係数の値が大きいほど、透水性は良い。

### 等流計算（とうりゅうけいさん）

断面形および勾配が縦断的に不変と考えられる水路に、時間的に一定と考えられる流量が流れる場合に、適切な平均流速公式を用いて、水位や流速の縦断変化を計算する方法である。

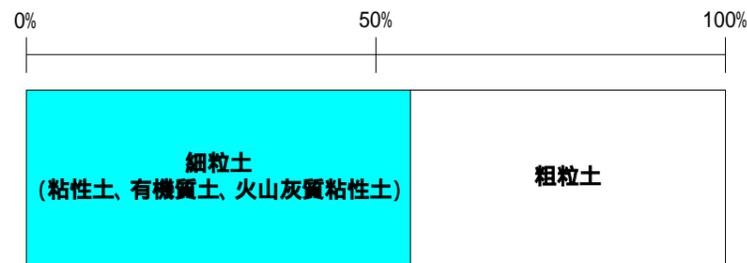


### （ナ行）

#### 粘性土（ねんせいど）

地盤工学基準「地盤材料の工学的分類方法」（JGS0051-2000）において、土質材料は観察による区分と粒径による区分から大分類される。このうち、粒径（粒の大きさ）から粗粒土（砂や礫分が構成比で50%より多く含まれる）と細粒土（粒径0.075mm未満の粘土分やシルト分が構成比で50%より多く含まれる）に分けられる。

細粒土に属する土のうち、土質区分上、粘りけのある土を粘性土という。経験的には、粘性土を指先に付けた時、水で洗い流すと指先に土が残る。なお、粘性土は中分類上、さらに粘土とシルトに区分される。



#### 粘着力と内部摩擦角（ネンチャクリョクト ナイブマサツカク）

それぞれ土の強さを表す値をいう。粘性土を主体とする土は、粘着力が主体である。一方、砂質土や礫質土は内部摩擦角を主体である。いずれの値も大きい方が地盤としては強い。

### （ハ行）

#### 被災水位（D.H.W.L.）（ひさいすい）

護岸等の施設が被害を受けた最高水位をいう。

#### 不等流計算（ふとうりゅうけいさん）

断面形および勾配が縦断的におだやかに変化する水路に、時間的に一定と考えられる流量が流れる場合に、適切な平均流速公式を用いて、水位や流速の縦断変化を計算する方法である。

#### 平均根毛量（へいきんこんもうりょう）

地表面から深さ3cmまでの土中に含まれる、根および地下茎の総重量をいう。

#### 平均動水勾配（へいきんどうすいこうばい）

洪水等により、河川水位が計画高水位に達し、堤体内に水が浸透して、堤防の裏のり尻に達したときに形成される水面の勾配（かたむき）をいう。裏のり尻に水路がある場合と無い場合では、その勾配の取り方が異なる。

### （ヤ行）

#### 有効応力法（ゆうこうおうりょくほう）

有効応力法は、盛土後長期間経過後の堤防に雨水や河川水が流入する場合の浸透により発生する間隙水圧を考慮する解析方法として用いられる。すべり速度がゆっくりとした場合には、すべりによって発生する間隙水圧をゼロと仮定して用いられる。反対に全応力法は、その他の場合で、すべり速度が非常に速い場合に用いられる方法である。

### （ラ行）

#### 流域（りゅういき）

集水区域と呼ばれることもあり、降雨や降雪がその河川に流入する全地域のことをいう。その面積の単位は平方キロメートル（ $\text{km}^2$ ）が使われる。

#### 粒度（りゅうど）

堤防や地盤を構成する土粒子の大きさ（径）の分布状態を、全質量に対する百分率で表したものをいう。

なお、堤防や地盤は、粒径が0.075mm未満の細粒分（粘性土）、0.0075mmから75mm未満までの粗粒分（砂質土、礫質土）及び75mm以上の石分からなる。

#### 礫質土（れきしつど）

地盤工学基準「地盤材料の工学的分類方法」（JGS0051-2000）において、土質材料は観察による区分と粒径による区分から大分類される。このうち、粒径（粒の大きさ）から粗粒土（砂や礫分が構成比で50%より多く含まれる）と細粒土（粒径0.075mm未満の粘土分やシルト分が構成比で50%より多く含まれる）に分けられる。

粗粒土に属する土のうち、細粒分が50%未満で、粒径2mm以上75mm以下の土を礫質土という。

