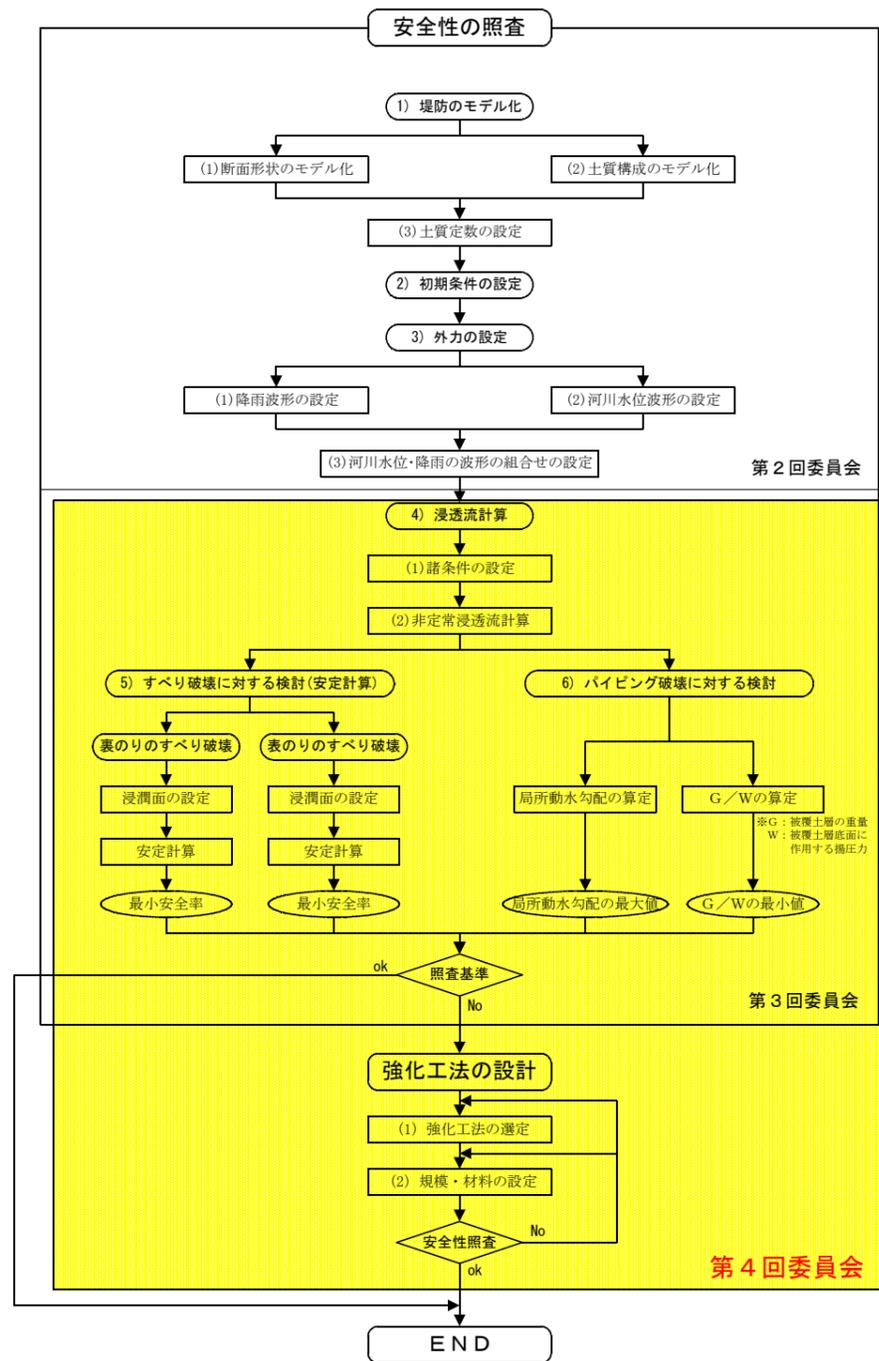


### 3. 浸透に対する安全性照査

#### 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

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

堤防の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。

裏のりすべり

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

表のりすべり

Fs 1.0

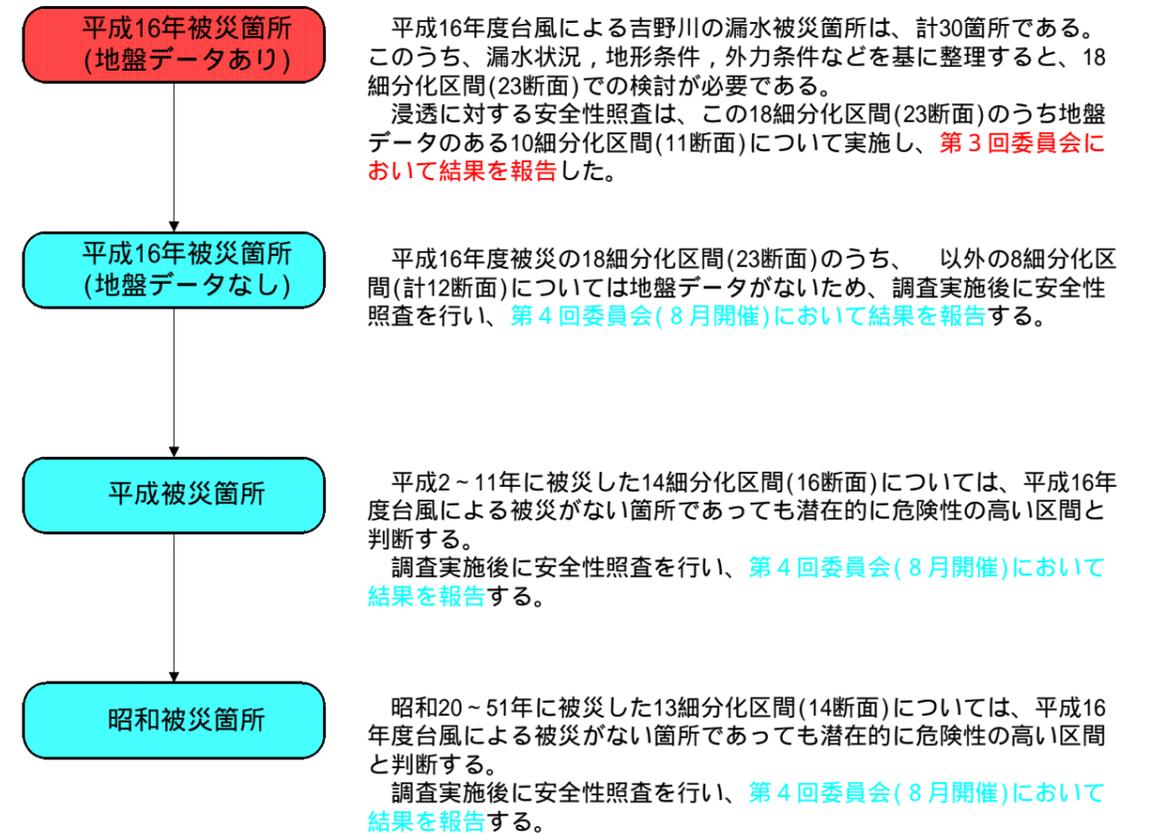
パイピング破壊

被覆土なし: ic < 0.5

被覆土あり: G/W > 1.0

#### 検討順位の設定

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; 53断面)において、以下の順で実施する。



### 3.3 検討方法

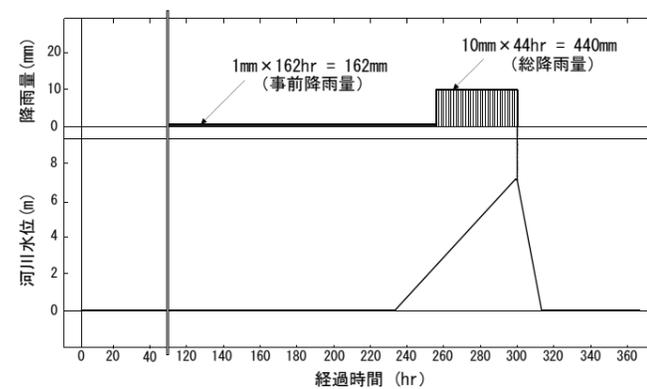
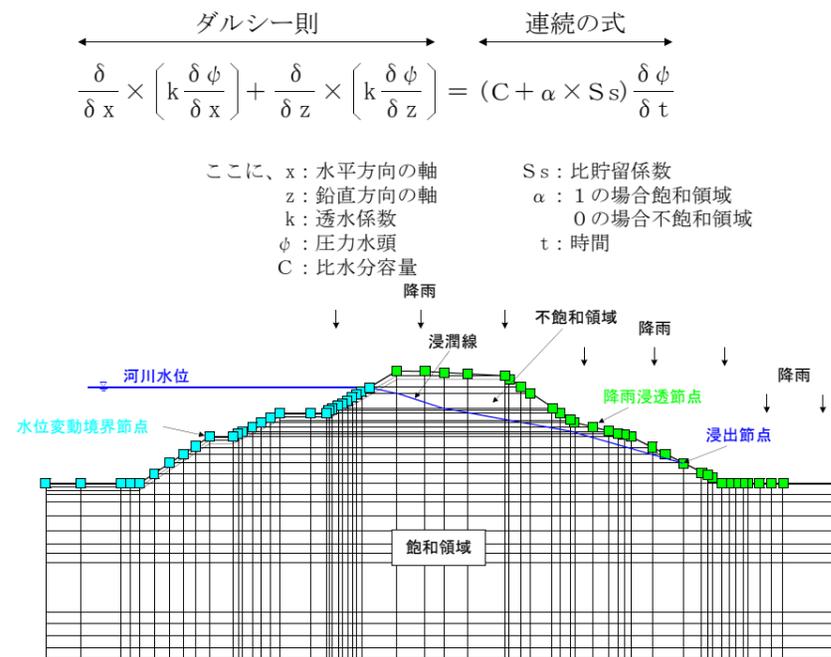
#### ■ 非定常浸透流解析

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る。

#### ● 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。



降雨と河川水位波形の組合せ例

$$\frac{\delta}{\delta x} \times \left( k \frac{\delta \phi}{\delta x} \right) + \frac{\delta}{\delta z} \times \left( k \frac{\delta \phi}{\delta z} \right) = (C + \alpha \times S_s) \frac{\delta \phi}{\delta t}$$

ここに、x: 水平方向の軸  
z: 鉛直方向の軸  
k: 透水係数  
 $\phi$ : 圧力水頭  
C: 比水分容量

Ss: 比貯留係数  
 $\alpha$ : 1の場合飽和領域  
0の場合不飽和領域  
t: 時間

#### ■ 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る。

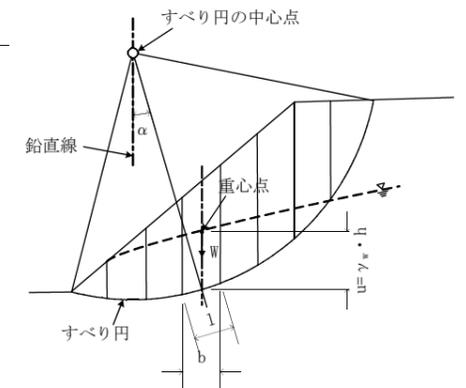
#### ● 解説

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。

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

- ここに、 $F_s$ : 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)  
 $\alpha$ : 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)  
 $\phi'$ : 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る。

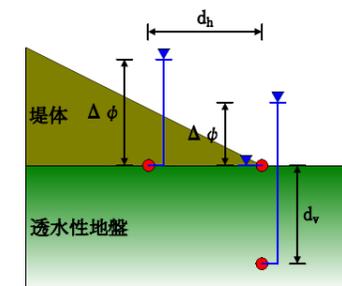
#### ● 解説

・透水性地盤で被覆土層がない場合

$$i_v = \frac{\Delta \phi}{d_v} \text{ (鉛直方向)}$$

$$i_h = \frac{\Delta \phi}{d_h} \text{ (水平方向)}$$

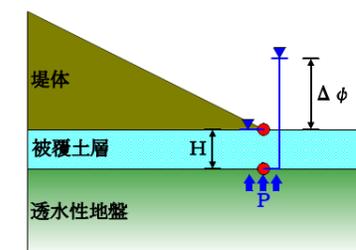
- ここに、 $i_v$ : 鉛直方向の局所動水勾配  
 $i_h$ : 水平方向の局所動水勾配  
 $\Delta \phi$ : 節点間の全水頭差(m)  
 $d_v$ : 節点間の鉛直距離(m)  
 $d_h$ : 節点間の水平距離(m)  
 $\rho_w$ : 水の密度(10kN/m<sup>3</sup>)



・透水性地盤で被覆土層がある場合

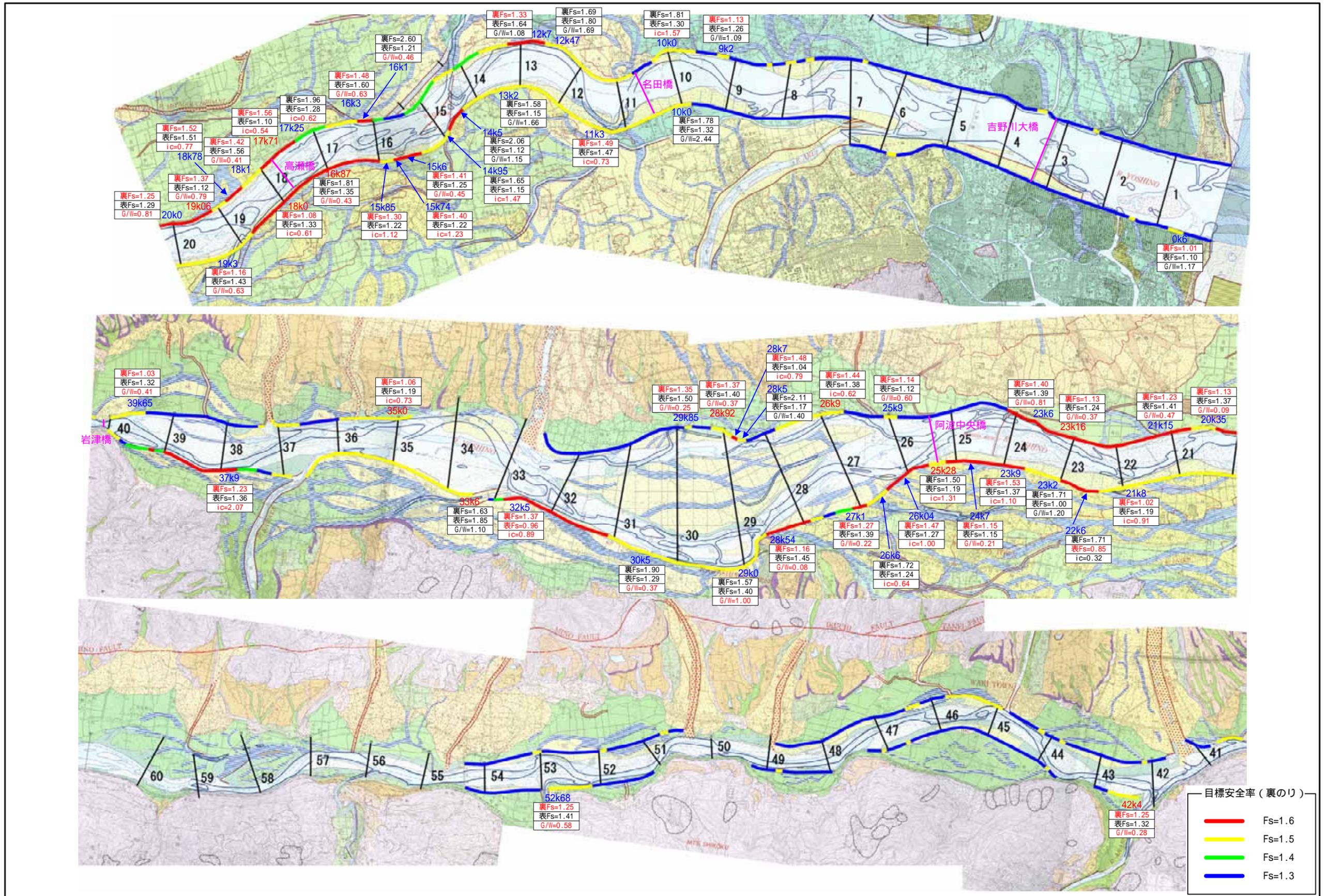
$$G/W = (\rho_t \cdot H) / (\rho_w \cdot P)$$

- 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>)  
 $\rho_t$ : 被覆土層の密度(kN/m<sup>3</sup>)  
 $H$ : 被覆土層の厚さ(m)  
 $\rho_w$ : 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	1.01	1.10	1.17	
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	1.78	1.32	2.44	
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	1.49	1.47	0.73	
13	8.070 ~ 8.350		1.3					13	14.400 ~ 14.900	R13k200	1.5	1.58	1.15	1.66	
14	8.350 ~ 8.400		1.5					14	14.900 ~ 15.400	R14k500	1.6	2.06	1.12	1.15	
15	8.400 ~ 9.100		1.3					15	15.400 ~ 15.800	R14k950	1.5	1.65	1.15	1.47	
16	9.100 ~ 9.330	L9k200	1.5	1.13	1.26		1.09	16	15.800 ~ 16.000	R15k600	1.6	1.41	1.25	0.45	
17	9.330 ~ 9.590		1.3					17	16.000 ~ 18.800	R15k740	1.6	1.40	1.22	1.23	
18	9.590 ~ 10.350	L10k000	1.5	1.81	1.30	1.57		18	18.800 ~ 22.400	R15k850	1.5	1.30	1.22	1.12	
19	10.350 ~ 10.640		1.3					19	22.400 ~ 23.000	R16k870	1.6	1.81	1.35	0.43	
20	10.640 ~ 12.600	L12k470	1.5	1.69	1.80		1.69	20	23.000 ~ 23.600	R18k000	1.6	1.08	1.33	0.61	
21	12.600 ~ 13.200	L12k700	1.6	1.33	1.64		1.08	21	23.600 ~ 24.200	R19k300	1.5	1.16	1.43	0.63	
22	13.200 ~ 13.600		1.5					22	24.200 ~ 25.170	R21k800	1.5	1.02	1.19	0.91	
23	13.600 ~ 14.130		1.4					23	25.170 ~ 25.540	R22k600	1.6	1.71	0.85	0.32	
24	14.130 ~ 14.550		1.5					24	25.540 ~ 26.500	R23k200	1.5	1.71	1.00	1.20	
25	14.550 ~ 15.400		1.4					25	26.500 ~ 26.900	R23k900	1.6	1.53	1.37	1.10	
26	15.400 ~ 15.800		1.3					26	26.900 ~ 27.105	R24k700	1.6	1.15	1.15	0.21	
27	15.800 ~ 16.000		1.4					27	27.105 ~ 27.400	R25k280	1.5	1.50	1.19	1.31	
28	16.000 ~ 16.200	L16k100	1.6	2.60	1.21		0.46	28	27.400 ~ 27.600	R26k040	1.6	1.47	1.27	1.00	
29	16.200 ~ 16.820	L16k300	1.5	1.48	1.60		0.63	29	27.600 ~ 27.700	R26k600	1.5	1.72	1.24	0.64	
30	16.820 ~ 17.245		1.4					30	27.700 ~ 28.600	R27k100	1.6	1.27	1.39	0.22	
31	17.245 ~ 18.000	L17k250	1.6	1.96	1.28	0.62		31	28.600 ~ 31.050	R28k540	1.5	1.16	1.45	0.08	
32	18.000 ~ 18.400	L17k710	1.6	1.56	1.10	0.54		32	31.050 ~ 32.900	R29k000	1.5	1.57	1.40	1.00	
33	18.400 ~ 18.850	L18k100	1.5	1.42	1.56		0.41	33	32.900 ~ 33.000	R30k500	1.6	1.90	1.29	0.37	
34	18.850 ~ 19.070	L18k780	1.6	1.52	1.51	0.77		34	33.000 ~ 33.100	R32k500	1.6	1.37	0.96	0.89	
35	19.070 ~ 20.300	L19k060	1.5	1.37	1.12		0.79	35	33.500 ~ 36.700	R33k600	1.5	1.63	1.85	1.10	
36	19.070 ~ 20.300	L20k000	1.6	1.25	1.29		0.81	36	36.900 ~ 37.170		1.5				
37	20.300 ~ 20.600	L20k350	1.5	1.13	1.37		0.09	37	37.170 ~ 37.400		1.3				
		L21k150	1.6	1.23	1.41		0.47	38	37.400 ~ 37.700		1.4				
		L23k160	1.6	1.13	1.24		0.37	39	37.700 ~ 39.000	R37k900	1.6	1.23	1.36	2.07	
		L23k600	1.6	1.40	1.39		0.81	40	39.000 ~ 39.150		1.4				
38	24.200 ~ 25.890		1.3					41	39.150 ~ 39.260		1.6				
39	25.890 ~ 26.030	L25k900	1.5	1.14	1.12		0.60	42	39.260 ~ 39.600		1.4				
40	26.030 ~ 26.600		1.3					43	39.600 ~ 39.700		1.3				
41	26.600 ~ 27.800	L26k900	1.5	1.44	1.38	0.62		44	39.700 ~ 40.000		1.5				
42	27.800 ~ 28.440		1.3					45	42.200 ~ 42.685	R42k400	1.5	1.25	1.32	0.28	
43	28.440 ~ 28.650	L28k500	1.5	2.11	1.17		1.40	46	42.685 ~ 43.000		1.3				
44	28.650 ~ 28.800	L28k700	1.6	1.48	1.04	0.79		47	43.000 ~ 43.750		1.3				
45	28.800 ~ 29.340	L28k920	1.5	1.37	1.40		0.37	48	43.750 ~ 43.800		1.5				
46	29.340 ~ 29.780		1.3					49	43.800 ~ 46.600		1.3				
47	29.780 ~ 29.890	L29k850	1.5	1.35	1.50		0.25	50	46.600 ~ 46.650		1.5				
48	29.890 ~ 32.500		1.3					51	46.650 ~ 47.050		1.3				
49	34.800 ~ 35.500	L35k000	1.5	1.06	1.19	0.73		52	47.050 ~ 47.100		1.5				
50	35.700 ~ 35.970		1.5					53	47.100 ~ 47.400		1.3				
51	35.970 ~ 36.600		1.3					54	48.000 ~ 48.750		1.3				
52	36.600 ~ 36.700		1.5					55	48.750 ~ 48.800		1.5				
53	36.700 ~ 37.100		1.5					56	48.800 ~ 49.400		1.3				
54	37.300 ~ 37.420		1.5					57	51.150 ~ 52.100		1.3				
55	37.420 ~ 39.390		1.3					58	52.100 ~ 52.800	R52k680	1.5	1.25	1.41	0.58	
56	39.390 ~ 40.000	L39k650	1.5	1.03	1.32		0.41	59	53.050 ~ 54.300		1.3				
57	40.315 ~ 40.600		1.5												
58	40.715 ~ 41.130		1.3												
59	41.670 ~ 42.100		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

赤字：第3回委員会で検討結果を報告

青字：第4回委員会で検討結果を報告

検討済み区間

安全性照査結果の赤字は照査基準以下を示す

### 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)	14.985	28.205	
照査基準を下まわる 区間の延長(km)	すべり破壊	11.855	19.220
	パイピング破壊	11.985	22.090
必要対策区間延長(km)	12.815	22.940	