

吉 野 川 堤 防 強 化 検 討 委 員 会

第 2 回 委 員 会 資 料

平成16年12月8日

四国地方整備局 徳島河川国道事務所

< 目 次 >

	頁
1．第1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	1-3
2．第2回検討委員会の討議内容	2-1
3．平成16年出水に伴う被害状況	3-1
3.1 吉野川における被災	3-1
3.2 台風23号による円山川の被災(破堤)	3-4
4．河川堤防点検の経緯と概要	4-1
5．既往資料による一連区間の細分化	5-1
5.1 「一連区間」とは	5-1
5.2 一連区間の細分化	5-1
5.2.1 浸透に関する一連区間の細分化	5-2
5.2.2 侵食に関する一連区間の細分化	5-4
6．現況堤防の安全性に関する検討方法および条件	6-1
6.1 浸透問題に関する検討方法および条件	6-1
6.1.1 検討方法	6-1
6.1.2 堤防のモデル化	6-3
6.1.3 洪水外力条件	6-7
6.1.4 検討モデル断面(吉野川左岸0k600)の一例	6-8
6.2 侵食問題に関する検討方法および条件	6-9
6.2.1 検討方法	6-9
6.2.2 侵食外力条件	6-12
7．台風23号による吉野川の漏水現象	7-1
7.1 台風23号による被災箇所の一例	7-1
7.2 漏水現象の検証	7-3
8．出水時のモニタリング結果と解析	8-1
8.1 モニタリング概要	8-1
8.2 モニタリング位置の概要	8-2
8.3 浸透流解析による実測値との比較	8-3

< 用語集 >

1．第1回検討委員会の概要

1.1 議事概要

開催日：平成16年8月23日

第1回 吉野川堤防強化検討委員会 議事録要旨

■ 第1回検討委員会開催日、場所

- 開催日：平成16年8月23日（月曜日）
- 開催時間：13:30～16:00
- 開催場所：クレメントホテル 徳島

■ 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。

■ 討議内容および工程について

委員長：討議内容および工程については、委員の方々から、ご意見はないので、了解したと理解するが、今後の討議内容によっては変更していく必要もあるかもしれないので、臨機応変に対処したい。

■ 吉野川堤防の概要について

委員長 Q：侵食破壊のメカニズムにおいて、「洗掘」と「侵食」とは普通どのように使い分けているのか。

事務局 A：簡単に言うと「洗掘」は鉛直方向に掘れた状態、「侵食」は側面から掘れた状態である。

委員A A：基本的には事務局の言うとおりで。

委員B Q：過去の出水では非常に多くの被害が発生している。これに対し、先日の台風10号による被害は少ないようである。この理由はどのように解釈すればよいか。

事務局 A：今回の降雨は、池田付近の上流部で集中的に降ったのが特徴である。昭和51年などは、下流域でも多量の雨が降り、内水被害も多かった。今回の場合、下流域の雨が少なかったので、被害が少なかったように思われる。

委員C A：堤防整備が進んできたのも被害が少なくなった要因と考えている。

委員A Q：表3.3について、被害の概要を記述する場合、記載事項の視点を統一してはどうか。

事務局 A：わかりました。

委員D Q：在来堤では一期、二期施工があるとのことであるが、両者の施工方法に違いがあるのか。例えば、締固め度の違いなど。

事務局 A：今回、資料は用意していないが、締固め度で言えば、一期堤より二期堤のほうが締まっている。

委員長 A：この問題は、次回以降に出てくると思うので、その際に討議しましょう。

委員A Q：P.2の浸透破壊のメカニズムについては、堤内側に視点をおいたものしか記載されていない。浸透破壊の場合、堤外側の破壊やパイピング破壊などの状況もあるのでいくつかのカテゴリーを記載したほうが良い。P.5の地震時についてもいろいろなパターンがあるのでそれらを含めて整理したほうが良い。

事務局 A：わかりました。

■ 漏水実績と対策工について

委員長 Q：P.17のⅡw護岸で遮水壁2mとなっているが、実際機能を発揮しているのでしょうか。感覚的には短いようであるが・・・。

事務局 A：当時、施工の限界があったように考える。一方、右岸については周辺地下水の利用も考えて、短くしたとも解釈できる。

委員A Q：昭和40年～平成11年頃までの対策工の記載が少ないが、何か理由があるのか。この間のまとめについては再度行う必要があるのでは・・・。

事務局 A：施工上の問題などが色々あったようであるが・・・。再調査してみる。

委員長 Q：P.20の今回の災害写真にあるような箇所漏水は、堤防の中に浸透流が到達しているのか、それとも局所的なものか、どう解釈しているか。

事務局 A：実は現在そのメカニズムを解析しているところである。また、地下水位のモニタリングもしているので、それらの結果を見て次回提示したい。

委員D Q：P.20にあるような旧河道の情報は、堤防の耐震性を見る上でも重要と思われるが、時系列的に旧河道の変遷を示せないか。例えば100年前の情報とか欲しいのだが・・・。

事務局 A：再度、資料を見て検討してみる。

委員C A：現状では難しいかもしれない。むしろ、ボーリングデータを整理してまとめることができるのではないか。

■ 侵食と対策工について

委員長 Q：湾曲部は川幅と曲率との比を10という値で定めているようであるが、これは一般的に認知されていることか。

事務局 A：はい。

委員長 Q：侵食の被災実績に「洗掘・水衝」とあるが、洗掘は現象を表す言葉と思われるが、「水衝」も現象を表す言葉なのか。

事務局 A：水衝は実際現象をあらわす言葉ではないが、「水当り」という意味で使用している。

■ 耐震と対策工について

委員B Q：P.28図6.4についてもう少し詳しく説明して欲しい。特に被災形態の区分などについて。

事務局 A：説明する。

委員B Q：被害程度の区分において、地震後の被害としては、沈下・すべり破壊を想定しているのか。

事務局 A：基本的には沈下を想定している。被害程度の区分A，B，C，Dは沈下量と安全率の関係から沈下の程度を求めている。

委員B Q：地震後堤防は沈下する。その後、津波が遡上してくる。この場合、津波高さについてはこれからどのように考慮していくつもりか。

事務局 A：この点については今後、審議内容になると思います。

委員C A：地震については、今後2つの大きな問題提示がある。一つは南海地震を想定した外力条件、もう一つは、従来の検討方法が適用できるかどうかである。

今後、解析をしていくとかなり厳しい結果が予想される。実際、地震と津波が同時に来た時はどこまで何をするということが大きな問題となりそうである。

委員D Q：耐震対策工の目指すところは、二次的水害を防ぐのが目的であると認識しているが、例えば、通行機能の確保なども行う必要があると思うが・・・。

事務局 A：基本的には、海の水の影響が来る範囲(朔望満潮位+2m)程度までの範囲については対策工を考慮したい。

委員D Q：これからどのようなところを目指すのかという点が、地元の方たちは最も関心のあることだと思う。この点については情報開示をしたほうが良いのでは・・・。

委員C A：今まで計算したうえで、対策工として矢板を打ってきた。ほんとうに堤防がこれで壊れないかどうかについては明言できない。道路機能の確保まで含めて検討していく必要があるかもしれない。また、堤防の変形問題についても触れる必要がある。

委員長 Q：耐震対策を見ると人口密集地にあまり対策を実施していないようであるが・・・。吉野川本川では1箇所しか対策をしていないようであるが・・・。

事務局 A：概略点検の精度の問題もあるが、これから見直していく課題でもある。

委員B Q：漏水・侵食・地震の中で、優先順位はどう考えているか。どうせ対策をやるのであれば、3つの条件が満足するような対策はないのか。

事務局 A：現在検討中である。

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
吉野川堤防の概要	①	委員会資料P.10の「表3.3 吉野川流域に被害を及ぼした主な洪水被害」において、発生年毎の被害概要の記述に際しては、発生年毎の記載事項の視点を統一すること。	ご指摘の点については、表3.3を修正し、右記に示しました。
	②	浸透・侵食・地震による破壊のメカニズムはいろいろなパターンがあるので、それらを整理してまとめること。	ご指摘の点については、p.1-4～5に示しました。
漏水実績と対策工について	③	昭和40年～平成11年頃までの対策工の記載が少ないので、再調査すること。	ご指摘の点については、p.1-6に示しました。
	④	台風10号による堤体漏水のメカニズムについて解釈を加えること。	ご指摘の点については、第2回検討委員会資料の第7章に示しました。
	⑤	旧河道位置の変遷を時系列的に整理できるかどうか検討すること。	ご指摘の点については、p.1-7に示しました。

回答①

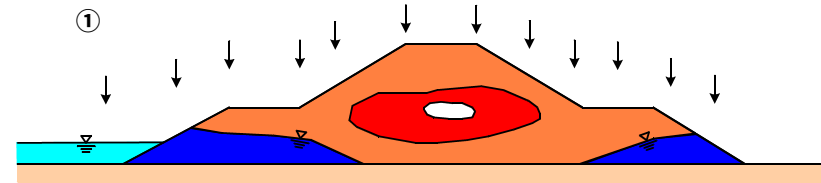
吉野川流域に被害を及ぼした主な洪水被害				
発生年月	被害台風名	ピーク流量 (岩津)	出水状況	被害状況
慶応2年	寅の水	観測記録なし	川前の畑では約3m程度の水位を確認(過去帳に記録あり)。	死者2140人から3万余人と記録されている未曾有の大水害
明治44年8月	土佐水	観測記録なし	詳細は不明	死者21名、負傷者7名、不明者6名、全壊164戸、半壊308戸、床上浸水13,255戸、床下浸水5,478戸という記録がある。
昭和20年9月	枕崎台風	約14,700m ³ /sec	徳島の雨量は、16,17日の両日で350～400mm程度であったが、上流の高知県の雨量が多かったので大洪水となった。	戦災後急ごしらえの市内の仮小屋などはほとんど倒壊してしまった。
昭和29年9月	台風12号	約15,000m ³ /sec	吉野川の治水計画再検討のきっかけとなった著名な台風である。池田町板野で14日1時警戒水位9.0mを突破し、最高15.8mを記録。ピーク流量池田12,620m ³ /sec岩津15,000m ³ /secを記録した。	詳細は不明。 (昭和29年徳島県下では) 死者15名、負傷者92名、不明者349名、全壊1,224戸、半壊3,580戸、流出99戸、床上浸水20,101戸、床下浸水65,393戸であった。
昭和36年9月	第二室戸台風	11,962m ³ /sec	吉野川上流で総雨量600～700mmに達する大雨となり、宮川内谷川、熊谷川など支川が各地で破堤したほか、飯尾川、桑村川、学島川などで内水被害が続出した。	河口での高潮とあいまって、この洪水による被害は浸水面積7,318ha、全壊188戸、半壊172戸、床上浸水17,535戸、床下浸水11,016戸と大きなものであった。
昭和49年9月	台風18号	14,466m ³ /sec	四国西部に上陸した台風は、上流から下流へ向かってほぼ流域を縦断したため全体的に雨量が多く、ピーク流量は、14,466m ³ /secを記録した。	岩津上流部の無堤地区において氾濫被害が発生し、下流部では飯尾川などで内水被害が発生した。 (台風14,16,18と併せて) 浸水面積4016ha、全壊流失5戸、床上浸水835戸、床下浸水6981戸であった。
昭和50年8月	台風6号	13,867m ³ /sec	池田より上流域では雨が少なかったが、それより下流では雨が集中した。	(8.5～8.25:主に台風5号(8.17),6号(8.23)) 浸水面積7,870ha、全壊流失75戸、半壊98戸、床上浸水1,679戸、床下浸水10,139戸であった。
昭和51年9月	台風17号	11,449m ³ /sec	吉野川の上流域と剣山周辺を中心に、総雨量が1,000mmを超える観測史上(昭和51年時点)で最大のものとなった。	浸水面積12,704ha、全壊流失109戸、半壊21戸、床上浸水3,880戸、床下浸水25,713戸と甚大なものとなった。
平成2年9月	台風19号	11,185m ³ /sec	秋雨前線が停滞していたところへ台風が接近したため、流域の山間部で総雨量は約900mmに達するものとなった。	城の谷川、桑村川などの内水地域で被害がひどかった 浸水面積1574ha、床上浸水37戸、床下浸水319戸であった
平成5年7月	台風5号	12,075m ³ /sec	ピーク流量は、12,075m ³ /secに達した。	岩津上流部の無堤地区において氾濫被害が発生した。 (5.21～8.12:梅雨,台風4・5・6・7号,落雷) 浸水面積158ha、床上浸水39戸、床下浸水243戸であった
平成9年9月	台風19号	10,019m ³ /sec	四国全域に豪雨をもたらした。	吉野川ダム群による洪水調節効果はあったものの岩津上流部の無堤地区において氾濫被害が発生した。 浸水面積143ha、床上浸水1戸、床下浸水13戸であった。
平成16年8月	台風10号	約11,000m ³ /sec (速報値)	吉野川流域で7月30日から降り始めた雨が多いところで総雨量1000mmの降雨を記録した 池田地点では、危険水位を越え、ピーク水位は8.56mを記録。岩津・中央橋・第十地点でも警戒水位を超える。	吉野川上流の穴吹町で堤防から漏水が発生し、下流においても上板町、吉野町、石井町、山川町で水防活動を実施した。 浸水面積244ha、床上浸水4戸、床下浸水11戸であった
平成16年8月	台風16号	約13,700m ³ /sec (速報値)	吉野川流域で8月29日から降り始めた雨が多いところで総雨量500mmの降雨を記録した。 池田地点では、危険水位を越え、ピーク水位は10.46mを記録。岩津地点でも危険水位を越え、ピーク水位6.92mを記録。昭和49年以来の大出水となった。	吉野川右岸21k900付近から上流で浸水被害が発生した。 徳島市・石井町・市場町・脇町・三野町・穴吹町・上板町で水防活動を実施した。 穴吹町42k/4などで漏水を確認した。 浸水面積757ha、床上浸水83戸、床下浸水136戸であった
平成16年9月	台風21号	約9,800m ³ /sec (速報値)	吉野川流域で9月28日から降り始めた雨が多いところで総雨量500mmの降雨を記録。 池田地点では、危険水位を越え、ピーク水位は8.44mを記録。岩津・中央橋・第十・大寺橋地点で警戒水位に達した。	徳島市・市場町・脇町・美馬町・三野町・三加茂町・三好町・池田町で浸水被害発生。 旧吉野川沿いも浸水被害発生。 鳴門市大津町で水防活動を実施した。 (速報値では) 浸水面積77ha、床上浸水1戸、床下浸水2戸であった。
平成16年10月	台風23号	約15,700m ³ /sec (速報値)	吉野川流域で10月18日から降り始めた雨が多いところで総雨量400～500mmの降雨を記録し、時間雨量73～87mmを記録したところもある。 池田・岩津地点では、危険水位を越え、それぞれピーク水位は10.5m,7.22mを記録。 吉野川・旧吉野川全観測所で警戒水位を超える。旧吉野川大寺橋地点で計画高水位まであと約50cmにせまる観測史上最高水位を記録。	吉野川右岸28k500付近で、パイピングにより堤防のり尻が陥没した。 旧吉野川では侵食によるのりすべりが多発し、右岸10k000では漏水を確認した。 藍住町・松茂町・大麻町で水防活動を実施した。

回答②

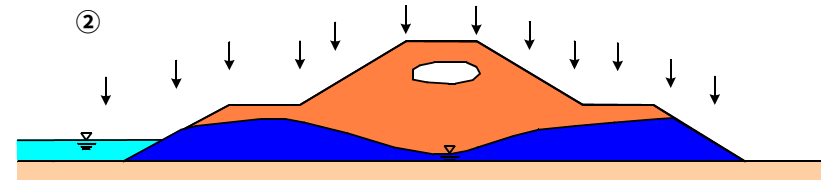
■ 浸透による堤防の破壊機構

● 河川水位上昇による裏のりの崩壊(堤体浸透)

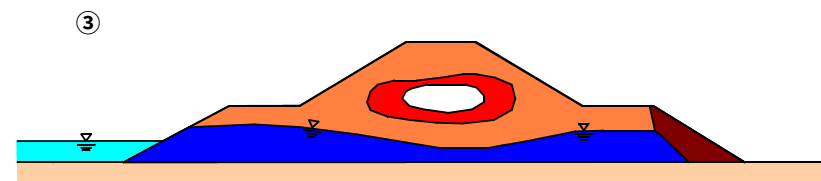
①降雨により堤体内飽和度が上昇する。
浸潤面は法尻付近から上昇し、堤体中心は、
降雨の到達距離が長く、浸潤面は上昇し難い。



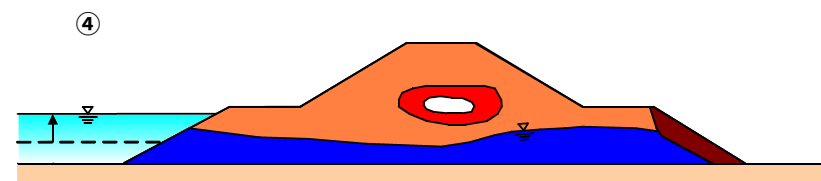
②飽和度の上昇により堤体土のせん断強度が
低下するとともに、透水性が増大する。



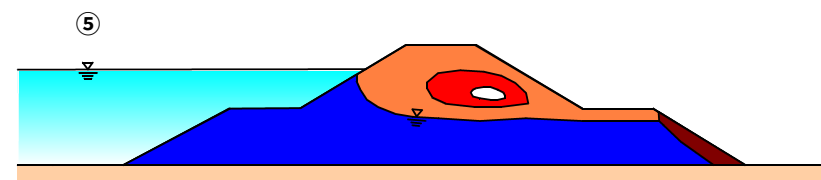
③抵抗モーメントの減少により、法崩れが一部
発生する。



④河川水位が上昇する。

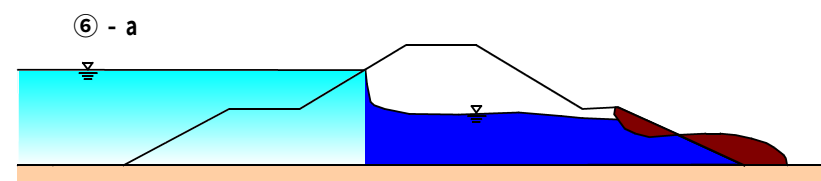


⑤透水性が増大しているため、河川水が浸透
しやすく、裏法付近の浸潤面上昇し易い。

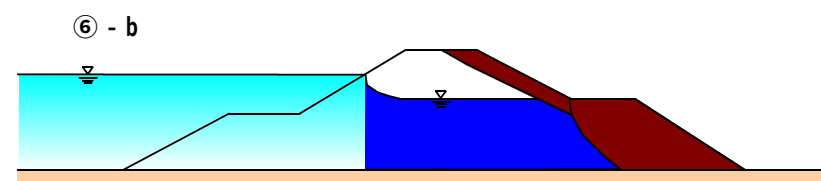


⑥堤体土質によって、つぎのような崩壊が法尻
から進行する。

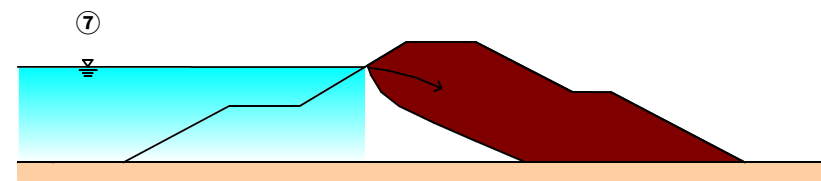
a.法尻が飽和し泥濘化し、土砂が流動して法面
が崩壊する。(主に砂質土)



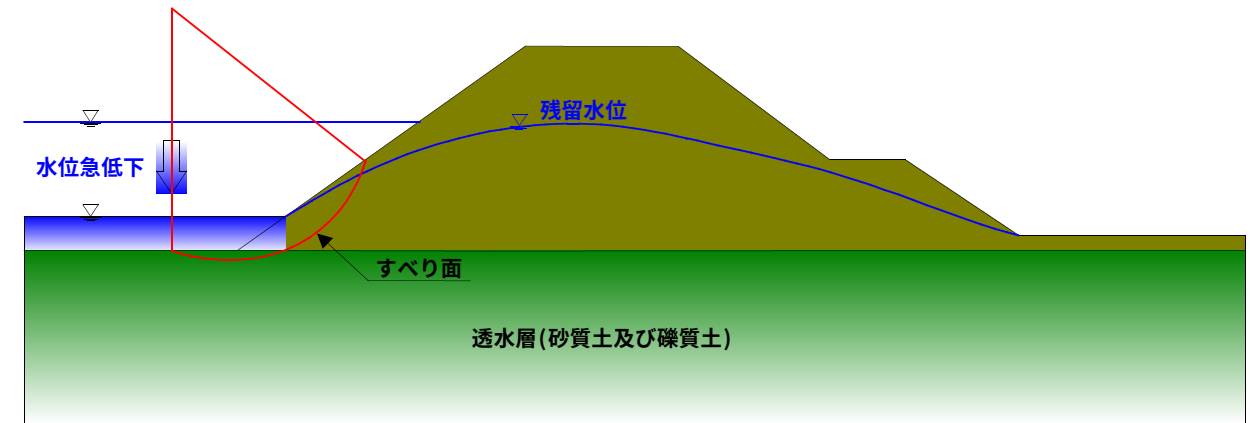
b.法尻が飽和し、弱体化するとともに、間隙
水圧の上昇により、すべり崩壊が発生する。
(主に川裏が難透水性土(粘性土)で腹付けされ
ている場合)



⑦崩壊が進行し破堤に至る。

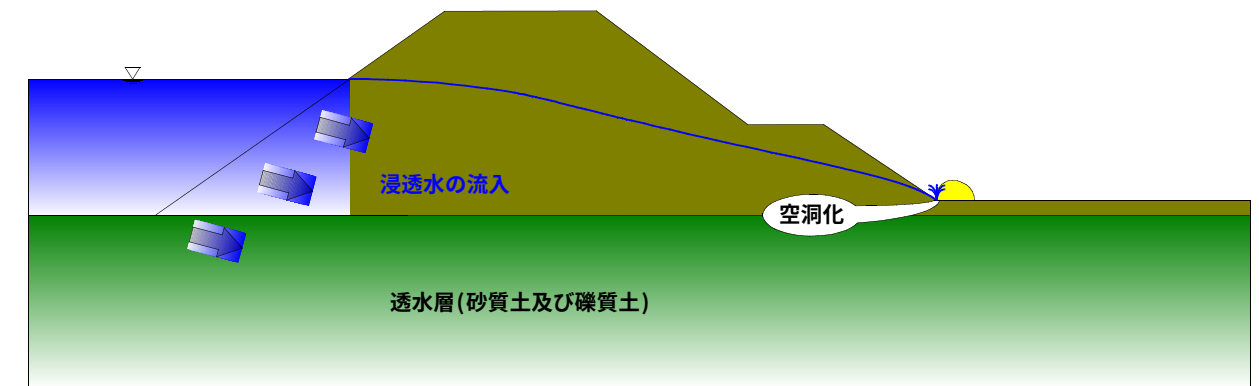


● 河川水位低下による表のりの崩壊

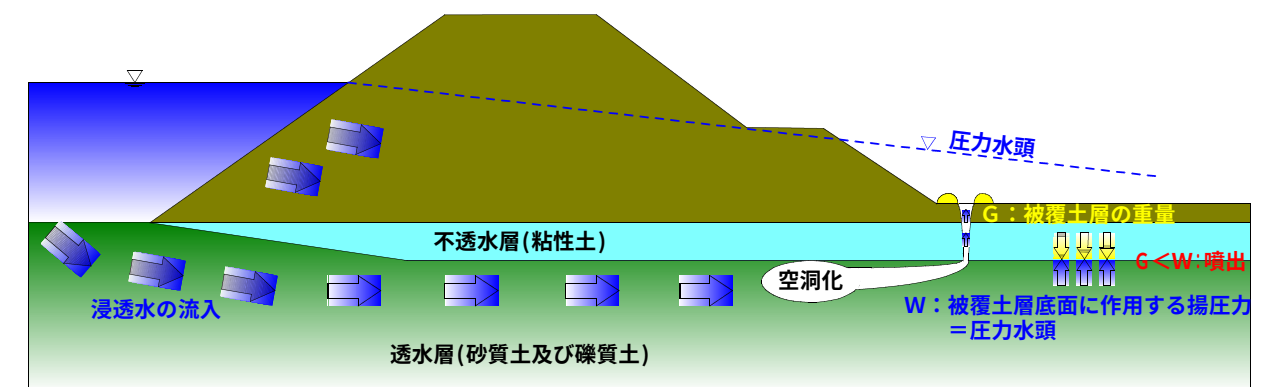


■ 堤体あるいは基礎地盤の局所浸透破壊(パイピング)

① パイピング破壊(基礎地盤：砂質土及び礫質土)

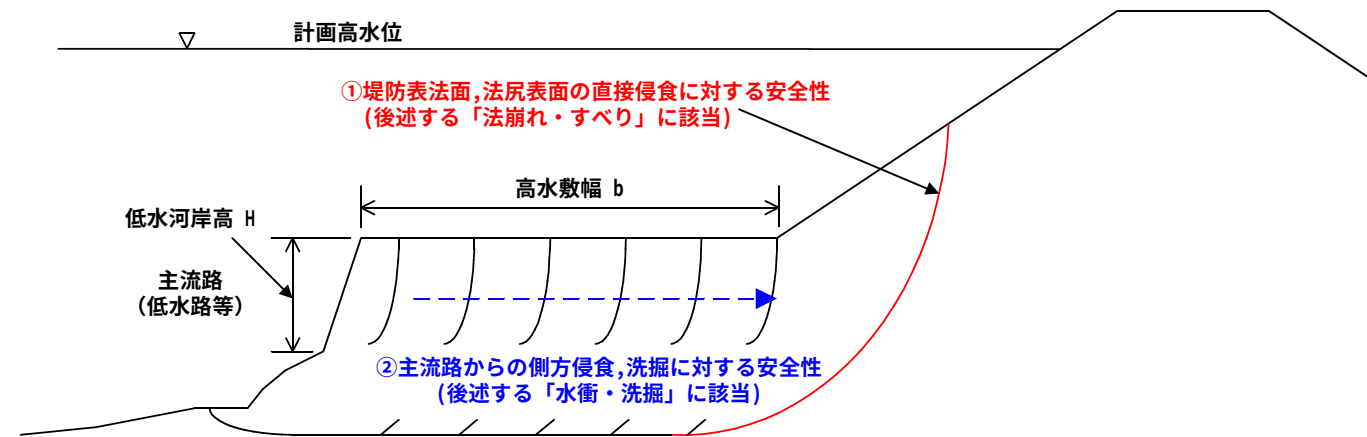


② パイピング破壊(基礎地盤：粘性土)

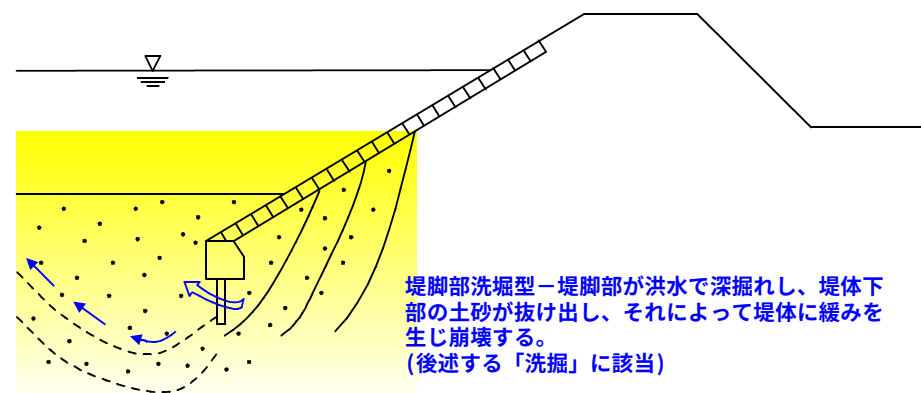


■ 侵食による堤防の破壊機構

● のり面侵食型洗掘

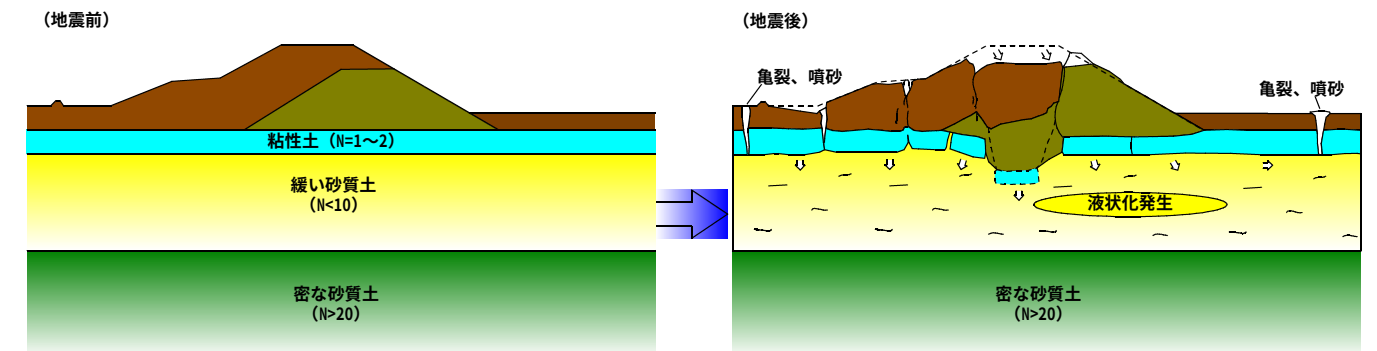


● 堤脚部洗掘

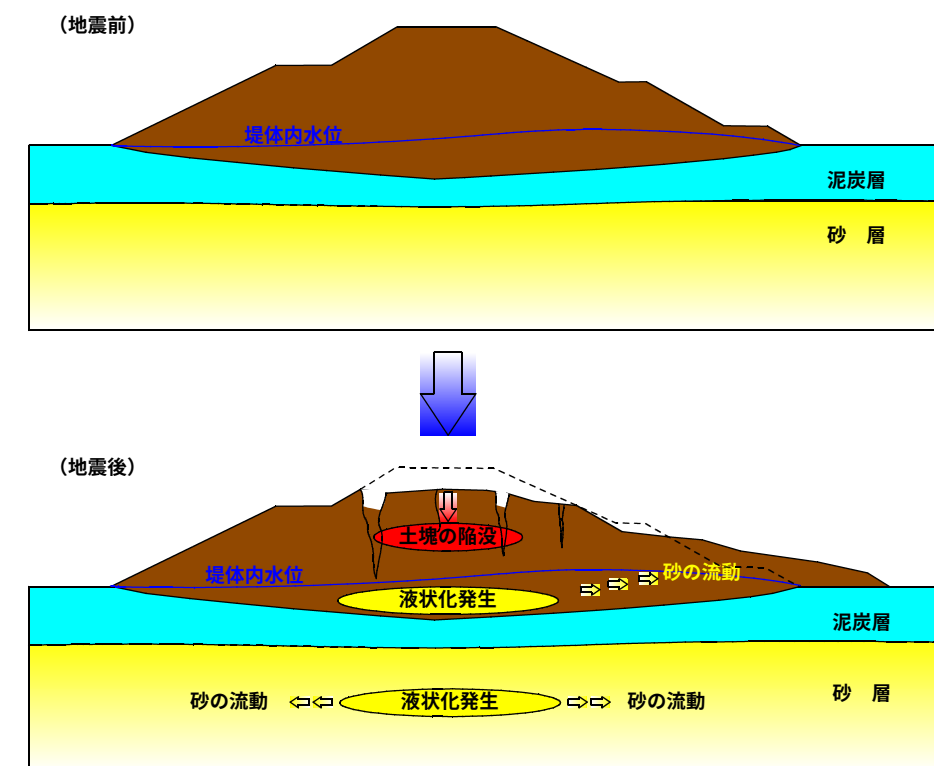


■ 地震による堤防の破壊機構

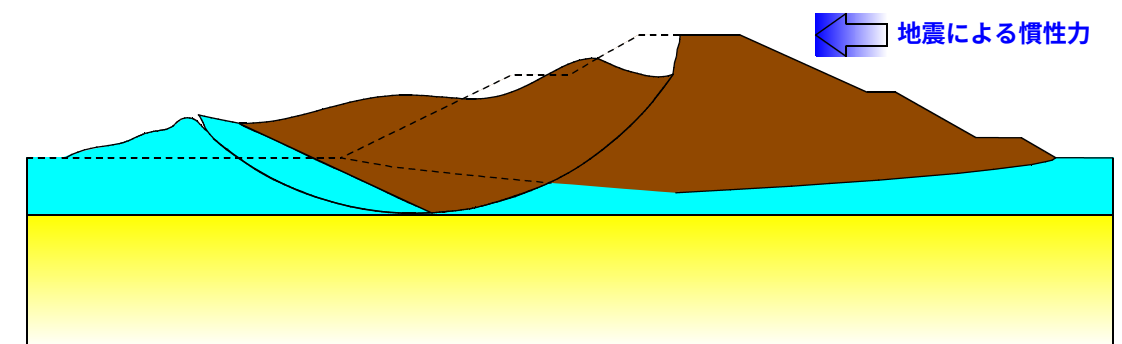
● 緩い砂質土地盤の液状化による被害



● 軟弱な粘性土地盤にめり込んだ堤体土の液状化による被害

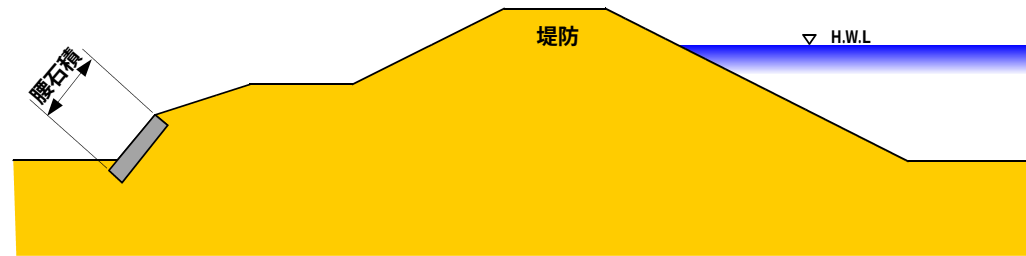


● 地震動そのものによる被害

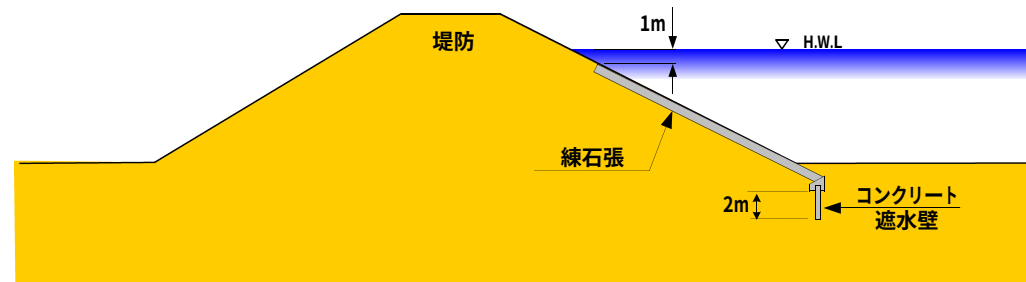


回答③

① 昭和24～30年前半(堤防の拡築と補強が主体)



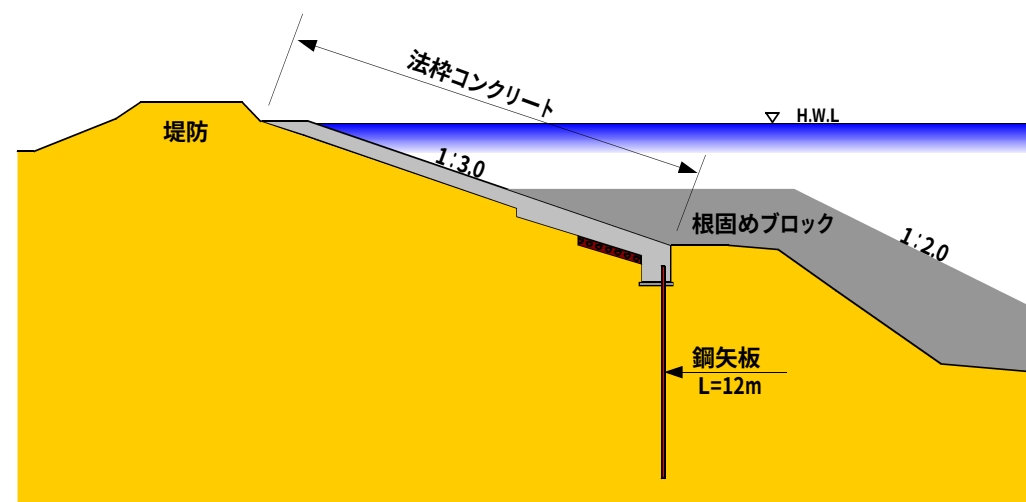
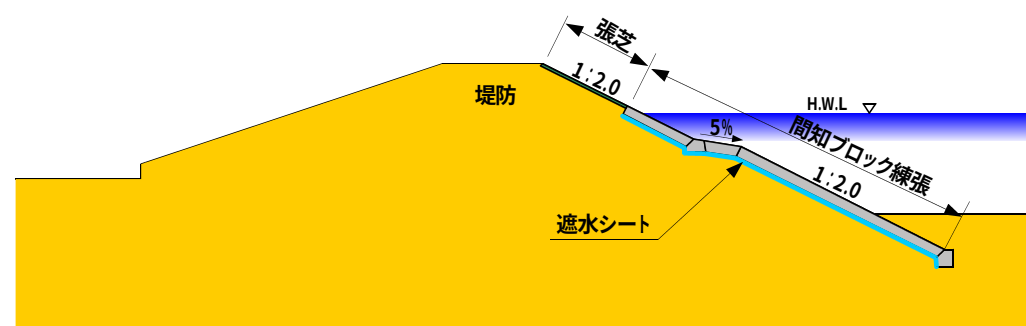
② 昭和30年前半～40年前半(IIW護岸の施工)



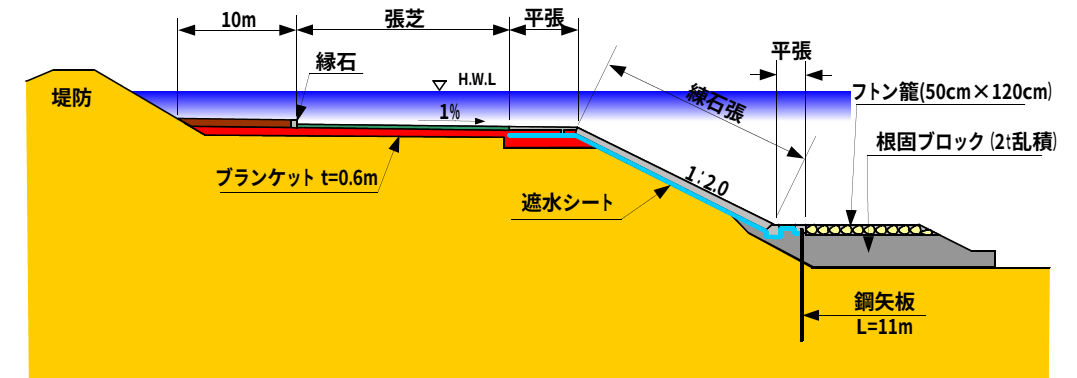
③ 昭和40年前半～50年前半(漏水対策は未実施)

④ 昭和50年前半～50年後半(内水対策が主体)

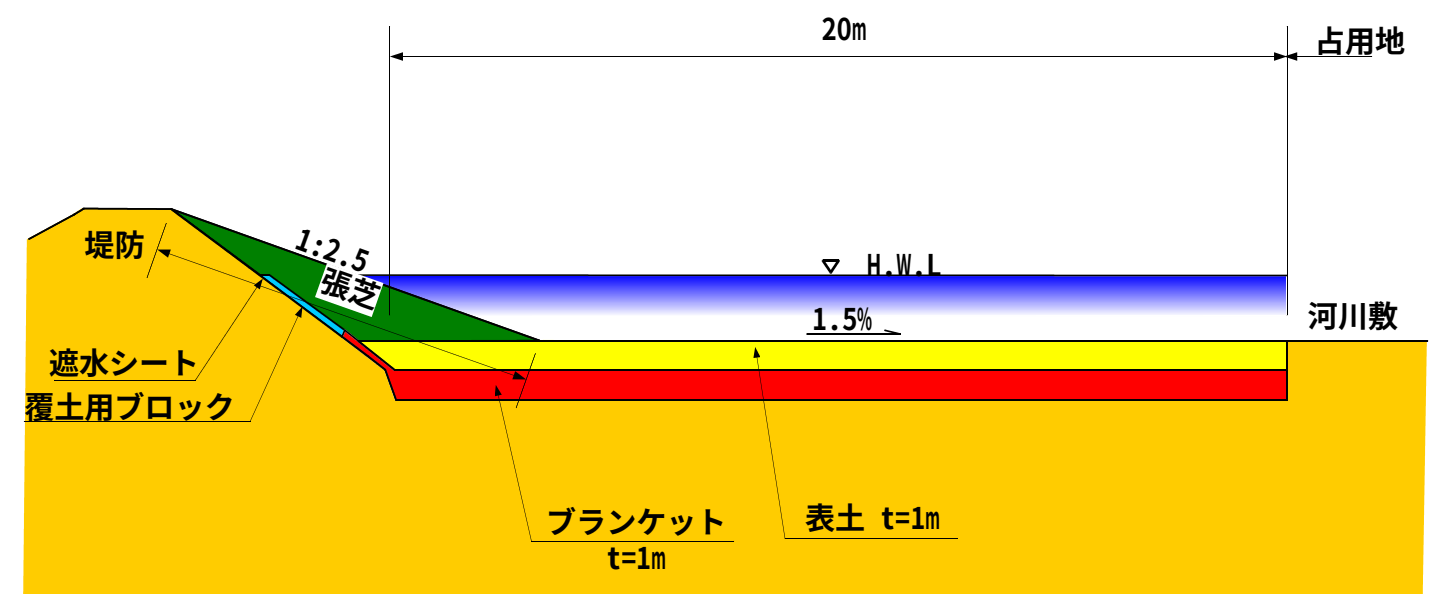
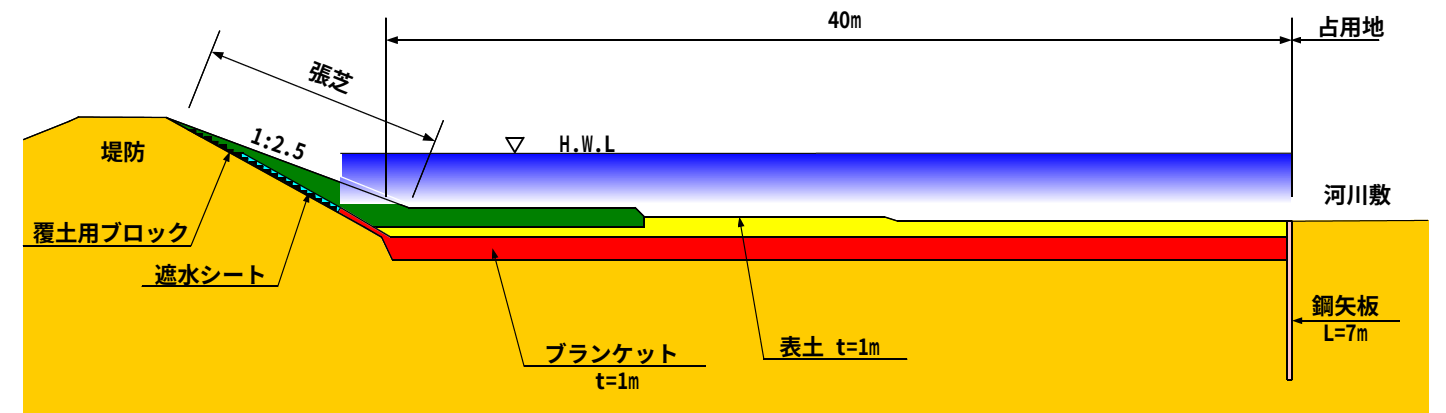
⑤ 昭和50年後半～平成元年(高水護岸と矢板工が主体)



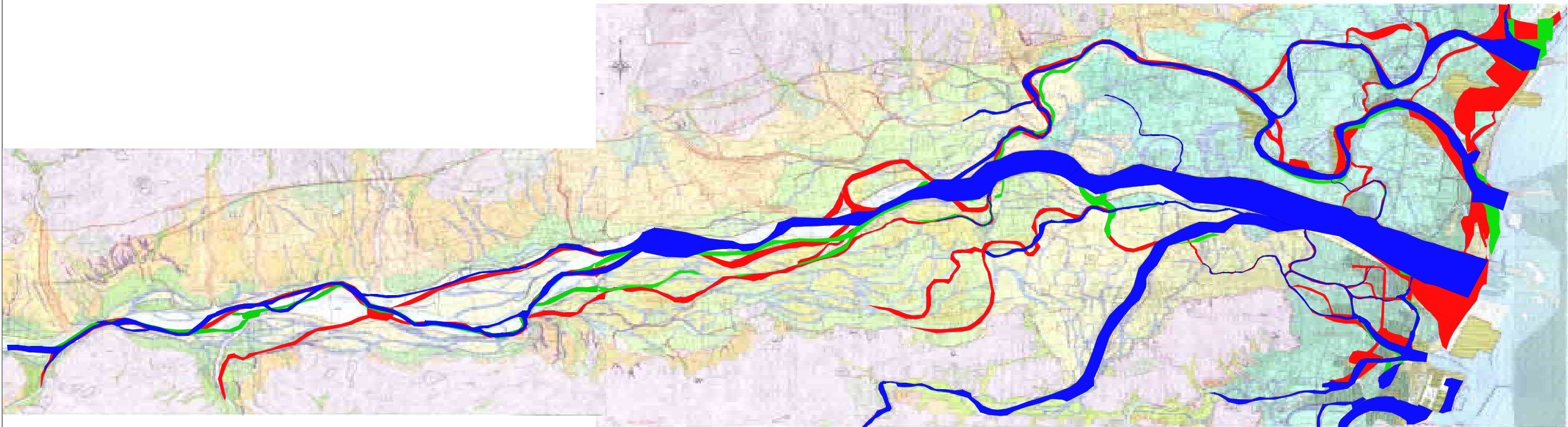
⑥ 平成元年～平成10年頃



⑦ 平成11年以降



吉野川流域で実施されてきた主要対策工



江戸 明治 昭和

旧河道の変遷図

※「徳島河川国道事務所HP：「コンピュータグラフィックで見る河道の変遷」参照

- 江戸時代
「阿波・淡路両国絵図」(正保三年、西暦1646年)
- 明治時代
「明治二十九年陸地測量部五万分の一地形図」
- 昭和時代
「吉野川流域水害地形分類図」

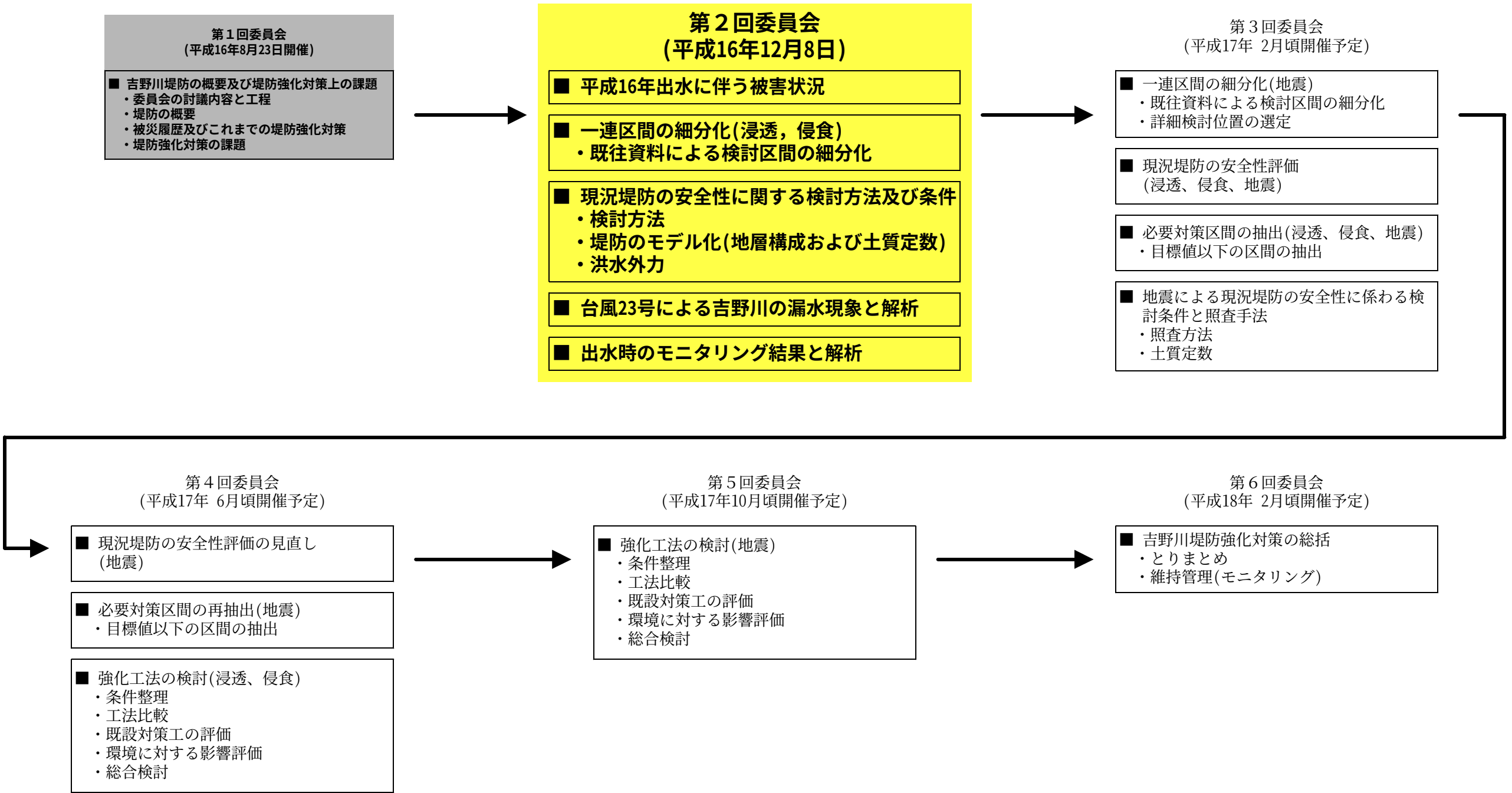
2. 第2回検討委員会の討議内容

■ 第2回検討委員会の主題

第2回の検討委員会では、浸透、侵食および地震に対する安全性の照査に先立ち、一連区間の細分化の妥当性ならびに安全性の照査に係わる検討方法や検討条件(考え方、外力条件、土質定数)について討議を行うものである。

また、平成16年の出水に伴う被害状況の報告およびその漏水現象を浸透流解析で検証した結果、出水時の地下水位モニタリング結果およびその解析結果について報告するものである。

■ 討議内容と委員会のスケジュール



3．平成16年出水に伴う被害状況

3.1 吉野川における被災

■ 吉野川に被害を及ぼした台風

従来まで、日本に襲来(上陸)する台風は、年平均2.6箇(1971～2000年の平均：気象庁統計)で、このうち四国に上陸したものは年平均0.7箇(1971～2000年の平均：気象庁統計)程度であったが、今年は台風23号で10個もの台風が上陸した。

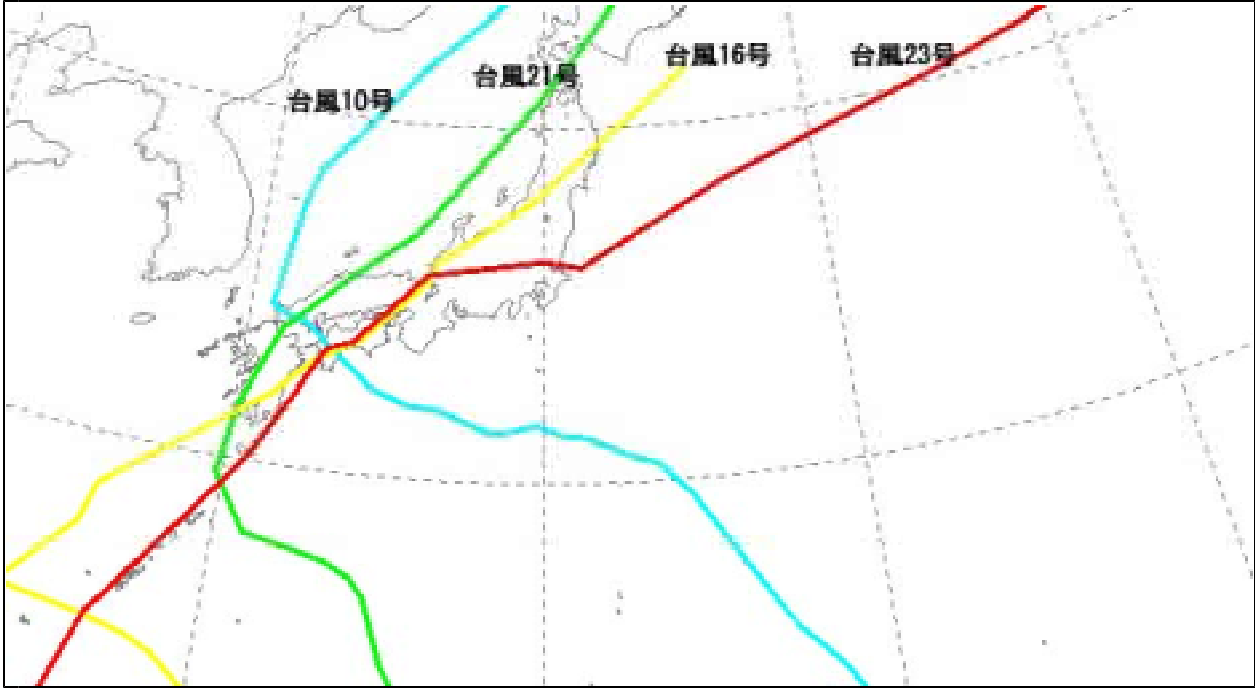
このうち、吉野川(岩津水位観測所：河口から40.2km)の河川水位が危険水位^{*1)}を超過した台風は、以下に示す計4個であった。特に、徳島県内各地に浸水被害をもたらした10月の台風23号は、岩津観測所(河口より40km)における吉野川の流量が観測史上最大の15,700m³/sec(速報値)を記録^{*2)}した。

*1) 危険水位：「洪水予報対象河川」の主要な水位観測所に設定される「氾濫の恐れが生じる水位」で、洪水予警報の発表に用いる。
*2) 岩津観測所における1961年の観測開始以来、最大であった1974年9月の台風18号による14,466m³/secを30年ぶりに超過した。

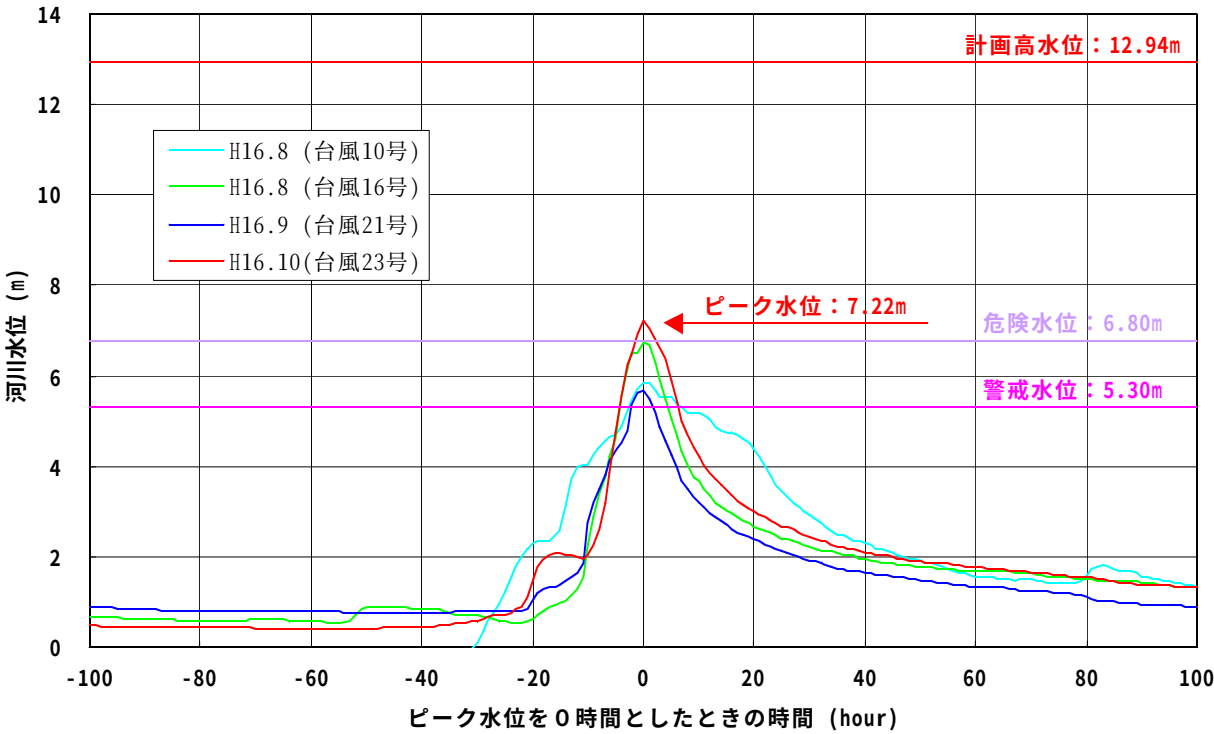
吉野川に洪水被害を及ぼした主な台風(平成16年度)

台 風	概 要	吉野川流域の概況	徳島地方気象台	
			最低海面気圧	最大瞬間風速
10号台風	強い台風 7月31日16時過ぎに高知県西部に上陸後、愛媛県を通過する近年にはない進路であった。また、勢力が弱まらずゆっくりした速度で四国西部を通過し、通過後も吉野川上流域に雨域が停滞したため、吉野川流域に多くの降水をもたらした。	吉野川流域で7月30日の正午頃から降り始めた雨は、8月1日9～10時の間に木屋平雨量観測所(国土交通省)で75mmの強い雨を観測するなど、多いところで約1,000mmの総雨量を観測した。 池田水位観測所：危険水位超 岩津,中央,第十水位観測所：警戒水位超	999.3 hPa	28.1 m/sec
16号台風	大型で猛烈な台風 8月30日9時30分頃に鹿児島県串木野市付近に上陸後、やや速度を上げて北進し、30日17時過ぎに山口県防府市に再上陸した。徳島には30日22時頃最接近し、8月の最大瞬間風速の極値で1位となる54.1m/secを記録した。	吉野川流域で8月29日より降り始めた雨は、台風の接近とともに8月30日未明から強くなり、8月30日7～8時の間に高敷雨量観測所(国土交通省)で60mmを観測した。雨域は台風の移動とともに西から東へ移動し、流域全体に多くの降雨をもたらし、多いところで約500mmの総雨量を観測した。 池田,岩津水位観測所：危険水位超 中央,第十水位観測所：警戒水位超	981.9 hPa	54.1 m/sec
21号台風	強い台風 9月29日8時30分頃に鹿児島県串木野市付近に上陸後、北東に進み、29日15時過ぎに高知県宿毛市付近に再上陸し、29日19時徳島市付近を通過した。	吉野川流域で9月28日15時から降り始めた雨は、9月29日15時～16時の間に長沢ダム雨量観測所で67mmの強い雨を観測するなど、多いところで約500mmの総雨量を観測した。 池田水位観測所：危険水位超 岩津,中央,第十,大寺橋水位観測所：警戒水位超	992.2 hPa	31.8 m/sec
23号台風	大型で強い台風 10月20日の13時頃土佐清水市付近に上陸後、その後も勢力は弱まらず、20日16時には阿南市の南西を北東に通過した。	吉野川流域で10月18日16時から降り始めた雨は、台風の接近とともに10月20日早朝から強くなり、10月20日13～14時の間に大山雨量観測所で73mmの激しい雨を観測した。今回は流域全体で多くの降雨があり、400～500mmの総雨量を観測した。 池田,岩津水位観測所：危険水位超 中央,第十,大寺橋水位観測所：警戒水位超 旧吉野川の大寺橋で計画高水位に約50cmと迫る観測史上最高(S50～)の水位を記録した。	969.4 hPa	36.1 m/sec

台風の強さの階級分け	強い	：最大風速 33～44m/sec
	非常に強い	：44～54m/sec
	猛烈な	：54m/sec以上
台風の大きさの階級分け	大型	：風速15m以上 500km以上800km未満
	超大型	800km以上



吉野川に洪水被害を及ぼした洪水被害



岩津水位観測所における洪水波形

■ 吉野川の被災状況

平成16年出水に伴う吉野川の被災実績を下表およびp.3-3に示す。

吉野川流域の被災実績一覧

河川名	No.	地区名	個別被災箇所		平成16年度の主な被災状況および位置								
					台風10号		台風16号		台風21号		台風23号		
			左右岸	区間距離標 (km)	漏水	洗掘・風浪	漏水	洗掘・風浪	漏水	洗掘・風浪	漏水	洗掘・風浪	法崩れ
吉野川	1	徳島市川内町鶴島地先	左岸	2k500 ～ 2k990				○					
	2	徳島市川内町鈴江地先		3k210 ～ 3k370		○							
	3	徳島市川内町金岡地先		3k497							○		
	4	徳島市川内町上別宮南地先		4k250 ～ 4k380				○					
	5	徳島市応神町中原地先①		6k150 ～ 6k710		○							
	6	徳島市応神町中原地先②		6k710 ～ 7k160		○							
	7	徳島市応神町中原地先③		7k300 ～ 8k150		○							
	8	徳島市応神町西貞方地先		9k300 ～ 9k900				○					
	9	板野郡藍住町小塚東地先		11k280 ～ 11k490		○							
	10	板野町祖母ヶ島地先		13k454							○		
	11	板野郡上板町新田地先		14k320 ～ 14k380				○					
	12	板野郡上板町下六地先		16k060 ～ 16k352	○	○	○				○	○	
	13	板野郡上板町上六条地先 (六条排水機場上流)		16k429 ～ 16k516							○		○
	14	板野郡上板町高瀬地先①		17k245 ～ 17k268							○		
	15	板野郡上板町高瀬地先②		17k379 ～ 17k494	○						○		
	16	板野郡上板町高瀬地先③		17k708	○								
	17	板野郡上板町高瀬地先④		18k060 ～ 18k115			○						
	18	板野郡上板町高瀬地先⑤		19k033 ～ 19k099	○		○						
	19	板野郡上板町高瀬地先⑥		19k590 ～ 20k290	○	○	○				○		
	20	板野郡上板町高瀬地先⑦		20k149 ～ 20k236			○						
	21	板野郡上板町高瀬地先⑧		20k266 ～ 20k559	○		○				○		○
	22	板野郡吉野町北須賀地先		21k127 ～ 21k169	○		○						
	23	板野郡吉野町柿原地先①		23k004 ～ 23k312			○			○			
	24	板野郡吉野町柿原地先②		23k312 ～ 23k388			○			○			
	25	板野郡吉野町柿原地先③		23k588 ～ 23k615			○						
	26	板野郡吉野町柿原地先④		23k776 ～ 23k845	○		○				○		
	27	板野郡吉野町柿原地先⑤		23k961 ～ 23k985	○		○						
	28	阿波郡市場町柿の木排水機付近		26k870 ～ 26k998	○		○						○
	29	阿波郡市場町柿の木排水機場上流		27k170 ～ 27k261							○		
	30	阿波郡市場町市場地先①		28k911 ～ 29k026			○						
	31	阿波郡市場町市場地先②		29k839 ～ 29k892			○						
	32	阿波郡市場町市場地先③		30k910 ～ 31k091			○					○	
	33	阿波郡阿波町大道南地先		34k780 ～ 35k050								○	
	34	阿波郡阿波町伊沢谷地先		35k007							○		
	35	美馬郡脇町猪尻地先		44k550 ～ 44k800		○							
	36	三好郡三好町山田地先		70k110 ～ 70k160				○					

河川名	No.	地区名	個別被災箇所		平成16年度の主な被災状況および位置								
					台風10号		台風16号		台風21号		台風23号		
			左右岸	区間距離標 (km)	漏水	洗掘・風浪	漏水	洗掘・風浪	漏水	洗掘・風浪	漏水	洗掘・風浪	法崩れ
吉野川	37	徳島市不動東町不動東地先	右岸	7k610 ～ 8k010		○							
	38	徳島市不動東町不動北地先①		9k300 ～ 10k037				○					
	39	徳島市不動東町不動北地先②		10k354 ～ 11k130				○					
	40	名西郡石井町藍畑地先①		15k341 ～ 15k776	○						○		
	41	名西郡石井町藍畑地先②		16k783 ～ 16k935							○		
	42	名西郡石井町西覚円地先		17k757 ～ 18k006							○		
	43	吉野川市鴨島町四ッ谷地先		21k970 ～ 22k170						○			
	44	吉野川市鴨島町知恵島地先		25k277							○		
	45	吉野川市川島町桑島地先		28k188 ～ 28k571							○		
	46	吉野川市山川町堤外地先		33k267 ～ 33k711	○								
	47	美馬郡穴吹町穴吹地先		42k242 ～ 42k684	○	○					○		
	48	美馬郡貞光町江ノ脇地先		52k650 ～ 52k831			○				○		
旧吉野川	49	鳴門市大津町長江地先	左岸	1k330 ～ 1k505				○					
	50	鳴門市大津町徳永地先①		2k174 ～ 2k235							○		
	51	鳴門市大津町徳永地先②		2k335 ～ 2k400					○				
	52	板野郡松茂町長峰地先		6k639 ～ 6k844						○			
	53	鳴門市大麻町牛屋島地先①		7k009 ～ 7k020						○			
	54	鳴門市大麻町牛屋島地先②		7k045 ～ 7k055						○			
	55	板野郡北島町高房地先①		11k608 ～ 11k641								○	
	56	板野郡北島町高房地先②		11k950 ～ 12k041								○	
	57	鳴門市大麻町東馬詰地先①	右岸	7k338 ～ 7k507						○			
	58	鳴門市大麻町東馬詰地先②		7k641 ～ 7k723						○			
	59	板野郡北島町北新喜来地先①		9k962 ～ 10k092							○	○	○
	60	板野郡北島町北新喜来地先②		10k373 ～ 10k458								○	
今切川	61	板野郡松茂町八丁野地先	左岸	4k640 ～ 4k690						○			
	62	板野郡北島町百石須地先		11k282 ～ 11k332								○	

台風10号（漏水）
吉野町柿原（L23k/8付近）



台風23号（漏水）
石井町（R15k/6付近）



台風16号（堤防洗掘）
徳島市川内町（L4k/2付近）



漏水実績凡例

- ▲ 平成2～11年
- ★ 平成16年（台風10号）
- ☆ 平成16年（台風16号）
- ★ 平成16年（台風21号）
- ★ 平成16年（台風23号）

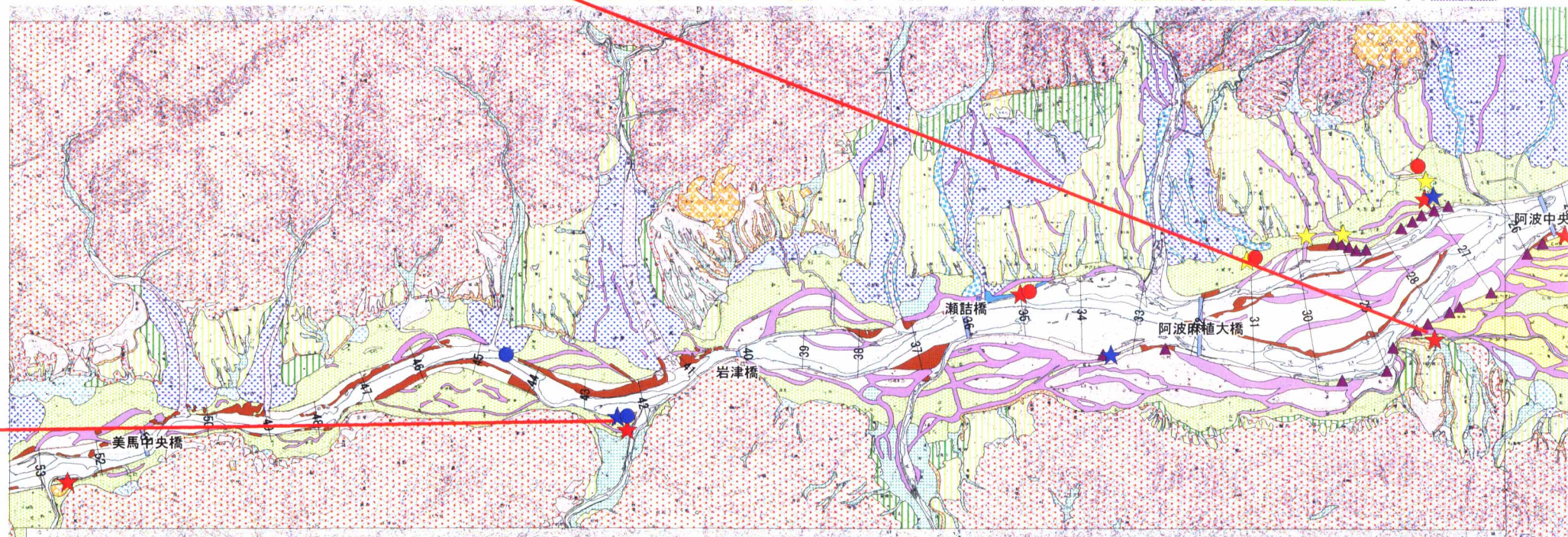
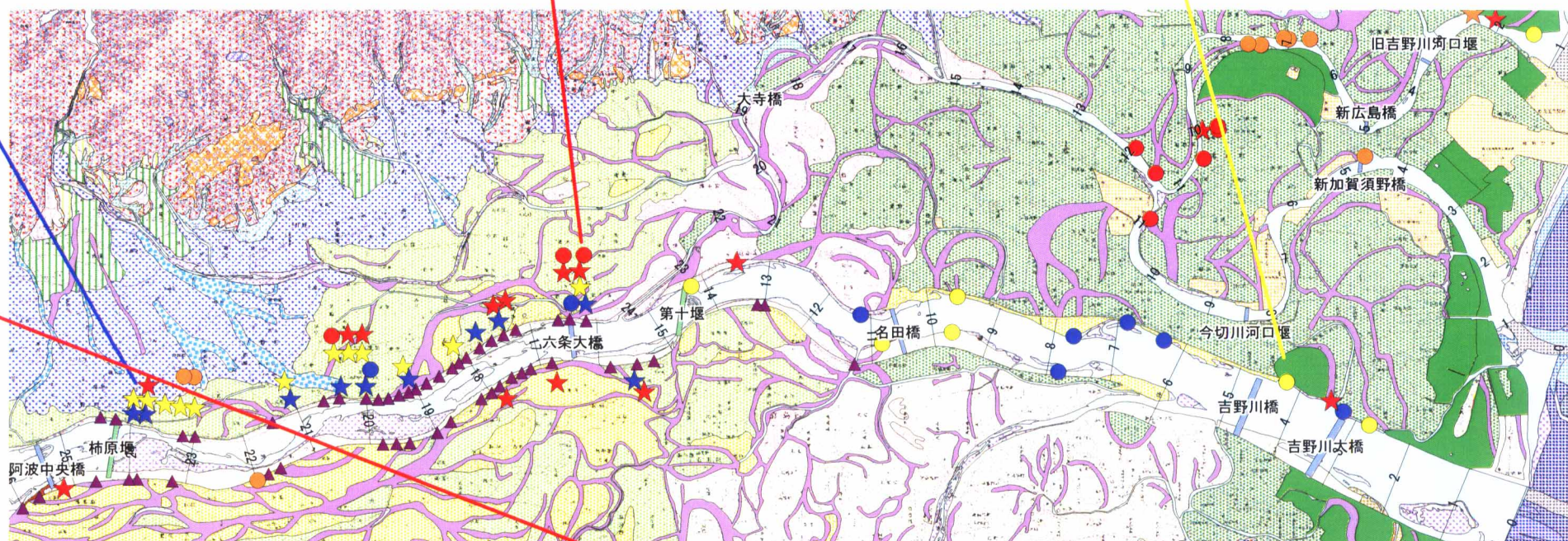
侵食実績凡例

- 平成16年（台風10号）
- 平成16年（台風16号）
- 平成16年（台風21号）
- 平成16年（台風23号）

台風23号（堤体陥没）
川島町（R28k/4付近）



台風23号
穴吹町穴吹（R42k/4付近）



出典：水害地形－吉野川水害地形分類図 平成7年3月 建設省徳島工事事務所

被災実績－徳島河川国道事務所 調査第一課作成資料 昭和20年～平成11年の漏水実績を引用

吉野川の出水状況～平成16年台風10号～（徳島河川国道事務所作成）

吉野川の出水状況～平成16年台風16号～（徳島河川国道事務所作成）

0 1 2 3 4 5 km

平成16年台風による漏水と侵食の被災実績

3.2 台風23号による円山川の被災(破堤)

■ 円山川右岸13.2km付近の破堤状況



10月21日 10時頃



10月21日 13時頃



10月21日 13時頃

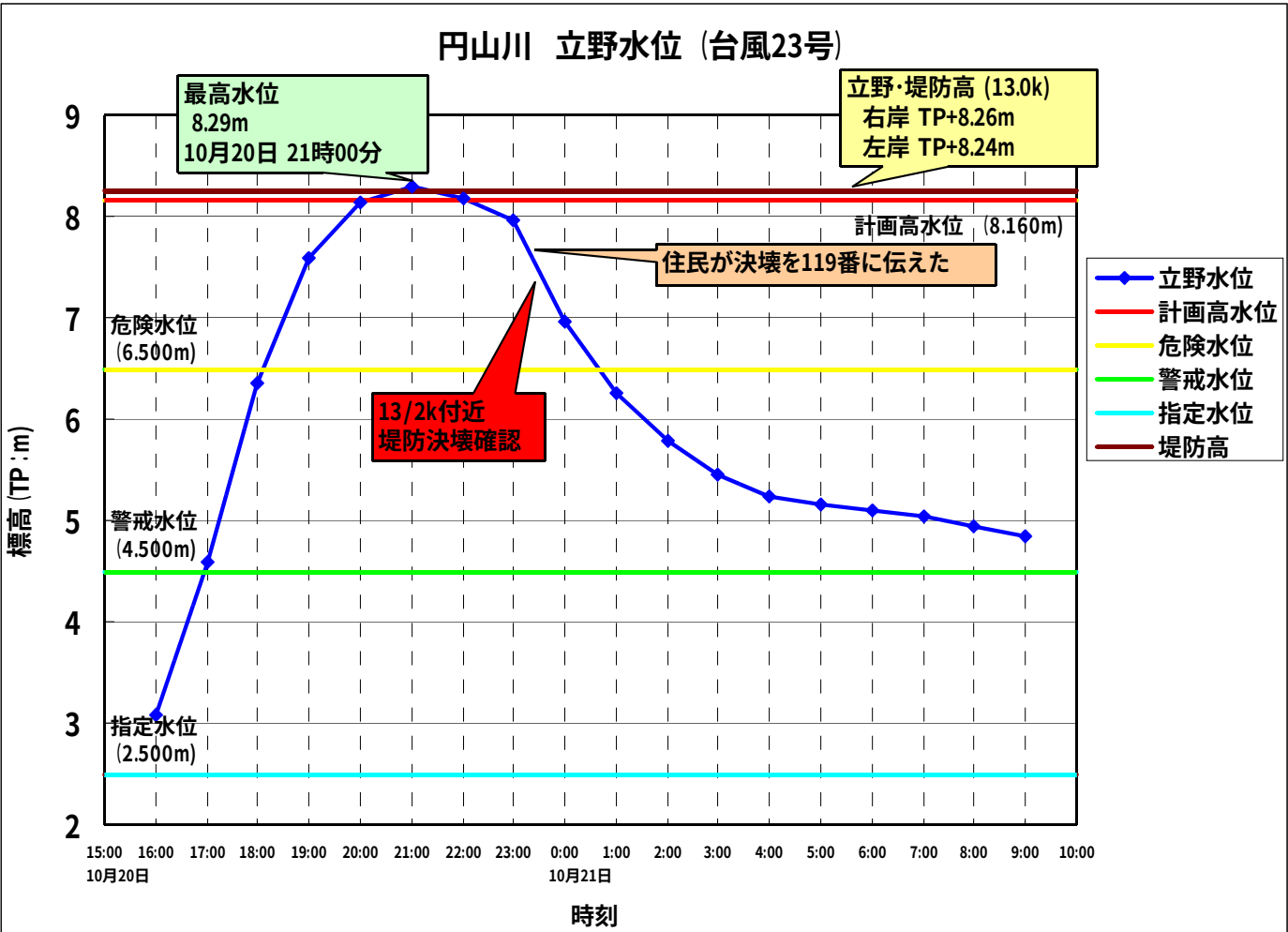


〈破堤被害〉出石郡出石町島居地先
破堤箇所：出石川左岸5.4km付近

〈破堤被害〉豊岡市立野地先
破堤箇所：円山川右岸13.2km付近

豊岡市役所

【凡例】
●：浸水



資料：豊岡河川国道事務所ホームページより抜粋

4．河川堤防点検の経緯と概要

■ 浸透点検

徳島河川国道事務所では、昭和51年の長良川堤防の決壊を契機に堤防の総点検を実施し、その後、平成9年度に浸透の概略点検を実施し、堤防の浸透に対する安全性を4段階(A～D：危険度低い→高い)のランクで評価している。

その結果を踏まえて、堤防強化に向けた詳細調査を平成10年度から開始し、危険度の高い区間について、随時、対策工の検討→設計→施工を行い、現在に至っている(詳細は右図に示す)。

■ 浸透に対する概略点検とは・・・

河川堤防は長大な延長を有するため、全川にわたって短期間で安全性を向上させることは困難である。このため、背後地の重要度などを勘案し、弱点箇所を抽出してそれらを優先的に強化していくことが効率的かつ経済的である。

浸透に対する概略点検は、「河川堤防の浸透に対する安全性の概略点検について(平成8年12月)：建設省河川局治水課」に基づいて行っており、これによると、概略点検は下表に示す評価指標の組合せに応じて、危険度をA～Dまでの4段階で評価することとなっている。

概略点検における評価指標

① 堤体および基礎地盤の土質特性に関わる指標
・堤体の土質(粘性土，砂質土，礫質土)
・基礎地盤の土質(粘性土，砂質土，礫質土：堤体直下5m程度の範囲)
・要注意地形(旧河道，落堀)の有無
・築堤年次(昭和30年前後)
② 外力に関わる指標
・平均動水勾配
・高水位継続時間
③ 被災履歴に関わる指標
・被災履歴の有無

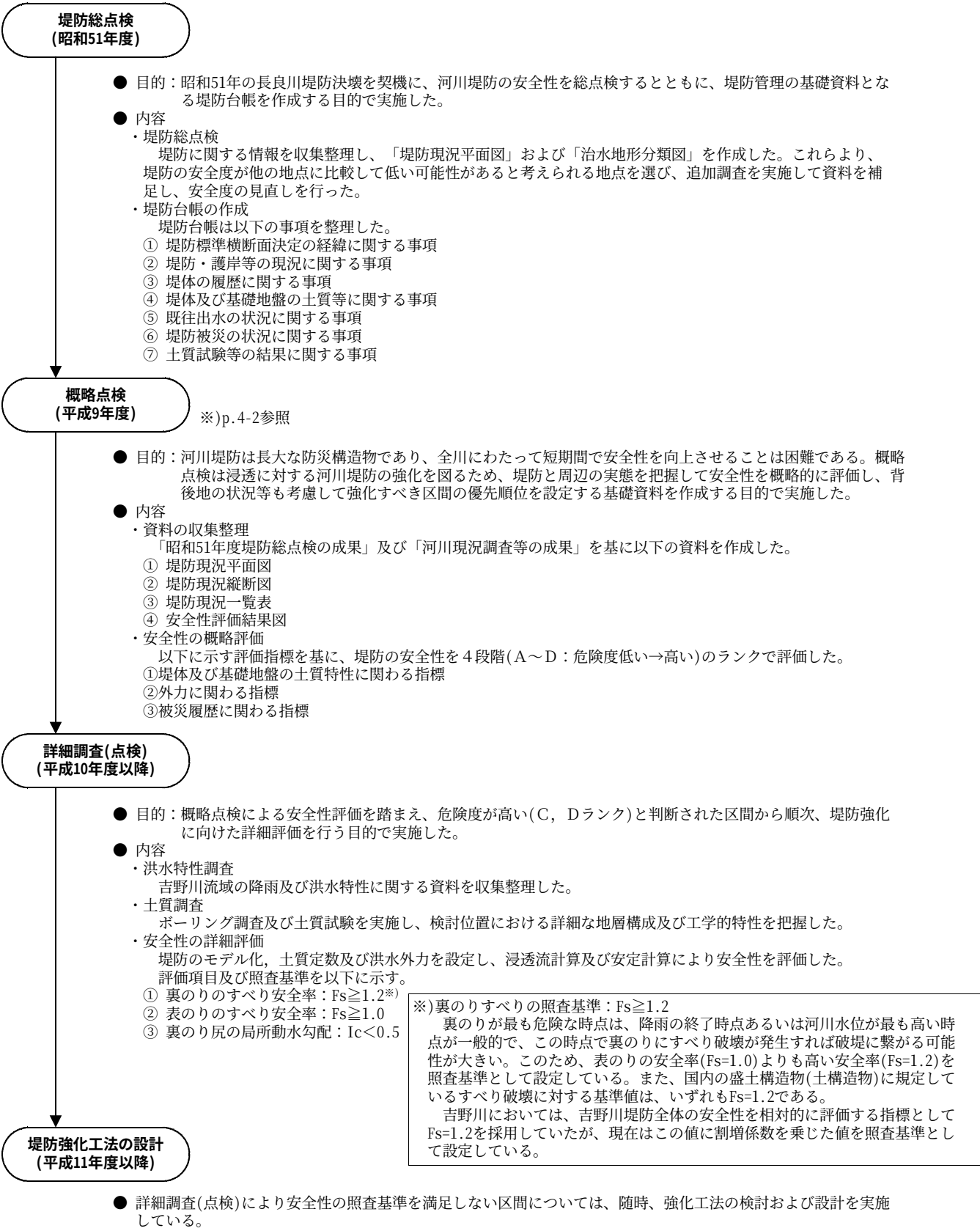
これらの指標による概略点検の流れおよび概略点検結果の一例をp.4-2に示す。

■ 侵食点検

同事務所では、平成15年度に吉野川水系の堤防の侵食に対する概略点検および詳細点検を実施し、現在に至っている。

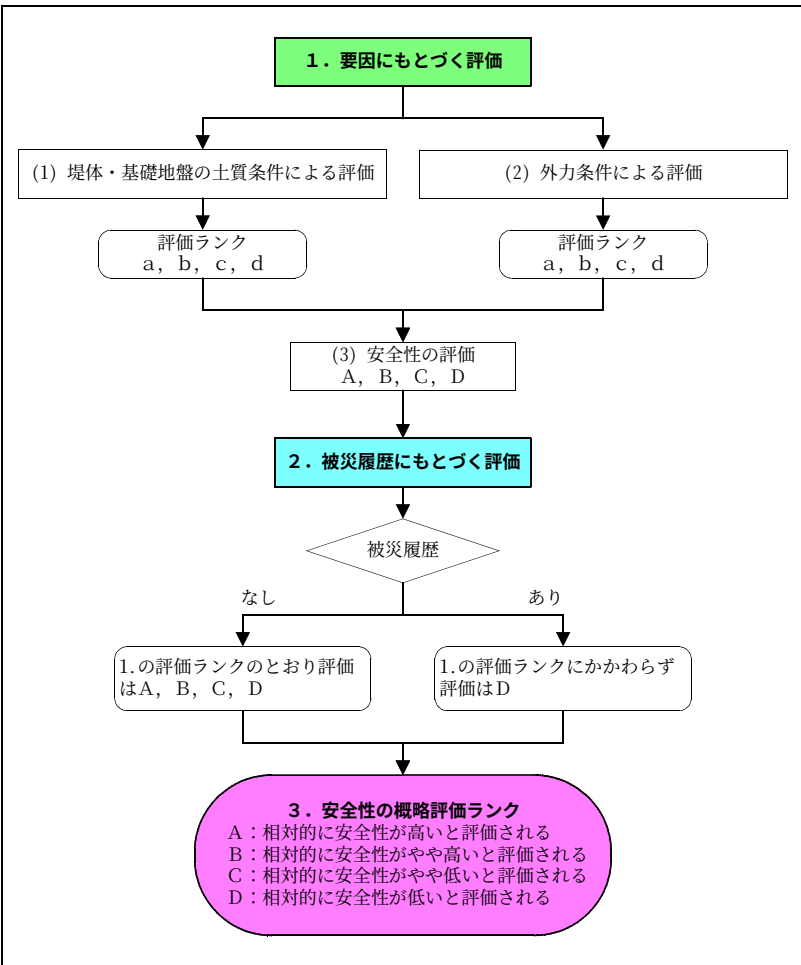
概略点検では、全川について河道特性、被災履歴などを調べ、侵食に対して危険と考えられる堤防箇所を抽出した。

一方、詳細点検では、抽出した堤防箇所を中心とした護岸の設置状況およびその実態を調べ、河道の平面形状、高水敷の諸元、既往の被災箇所、既設護岸の有無や工種などに基づいて一連区間の設定を行い、現地点検および侵食に対する安全性の照査を実施している。



吉野川における浸透に対する堤防点検の流れ

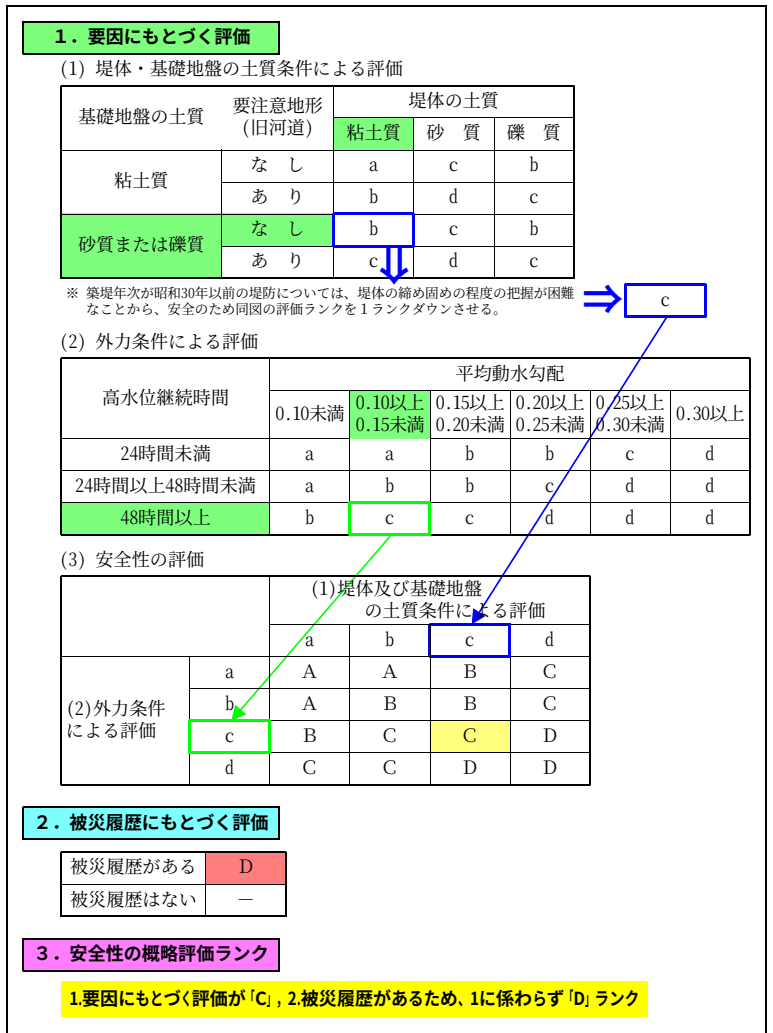
概略点検の評価指標



浸透に対する安全性評価(概略点検)フロー



概略点検の一例(吉野川右岸10.0km)



浸透に対する安全性評価(概略点検)の一例

[illegible]

概略点検の流れおよび概略点検結果の一例

5．既往資料による一連区間の細分化

5.1 「一連区間」とは

「一連区間」とは、河道特性や洪水氾濫区域が同一または類似する区間を示し、長大な防災構造物である河川堤防の安全性評価および必要な強化工法の設計(堤防構造の検討)を効率的に進める目的で設定するものである。

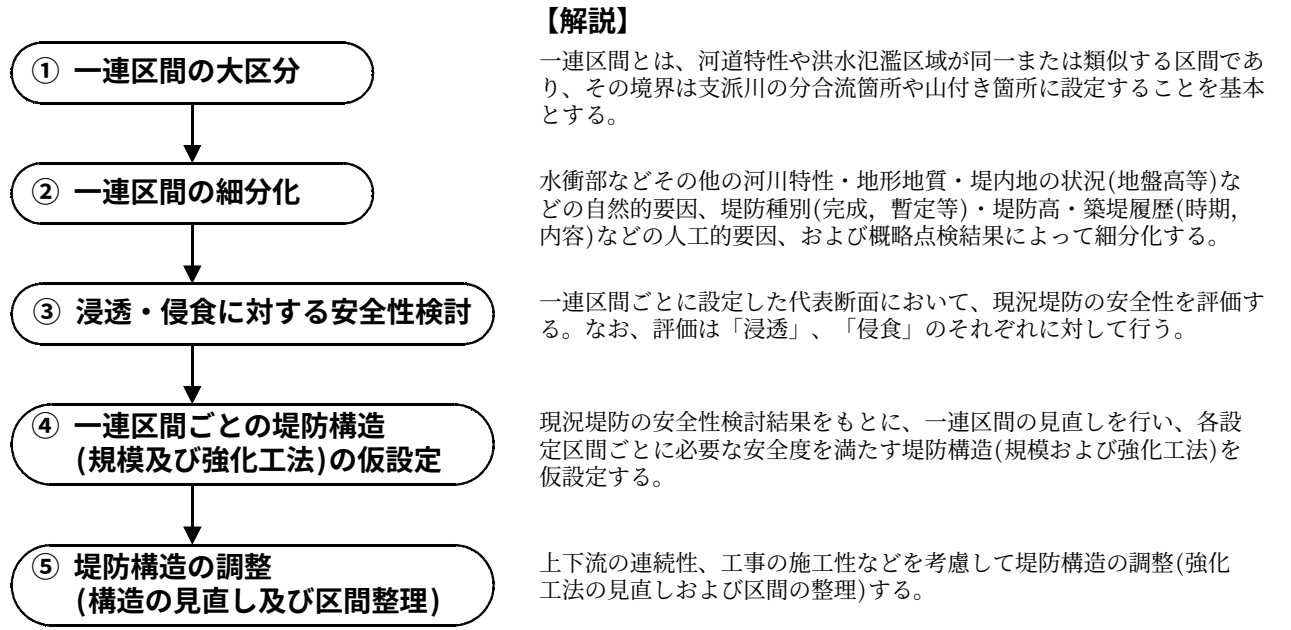
河川堤防は、洪水時の流水を河道内において安全に流下させることを目的とする防災構造物であり、氾濫域を同一とする長大な線状の連続構造物であることが大きな特徴である。

現在の長大な堤防の多くは、実際に被災した経験に基づいて逐次強化を重ねてきた構造物であり、堤防延長や断面の確保については相当の整備がなされてきている。しかし、その構造は複雑であり、構造物の破壊過程を工学的に検討・設計されたものではない。また、近年の治水対策の進捗に伴い、氾濫域における人口や資産の集積には著しいものがあり、堤防の安全性の確保がますます必要となってきた。

この長大構造物である河川堤防の安全性を評価するにあたり、全区間において詳細な調査・解析を実施するには多大な費用と時間を要するため現実的ではない。このため、堤防整備区間を対象として洪水氾濫区域が同一または類似する区間、いわゆる「一連区間」を設定し、評価することが経済的かつ効率的となる。

5.2 一連区間の細分化

■ 一連区間の細分化から強化工法決定までの流れ



■ 細分化の指標

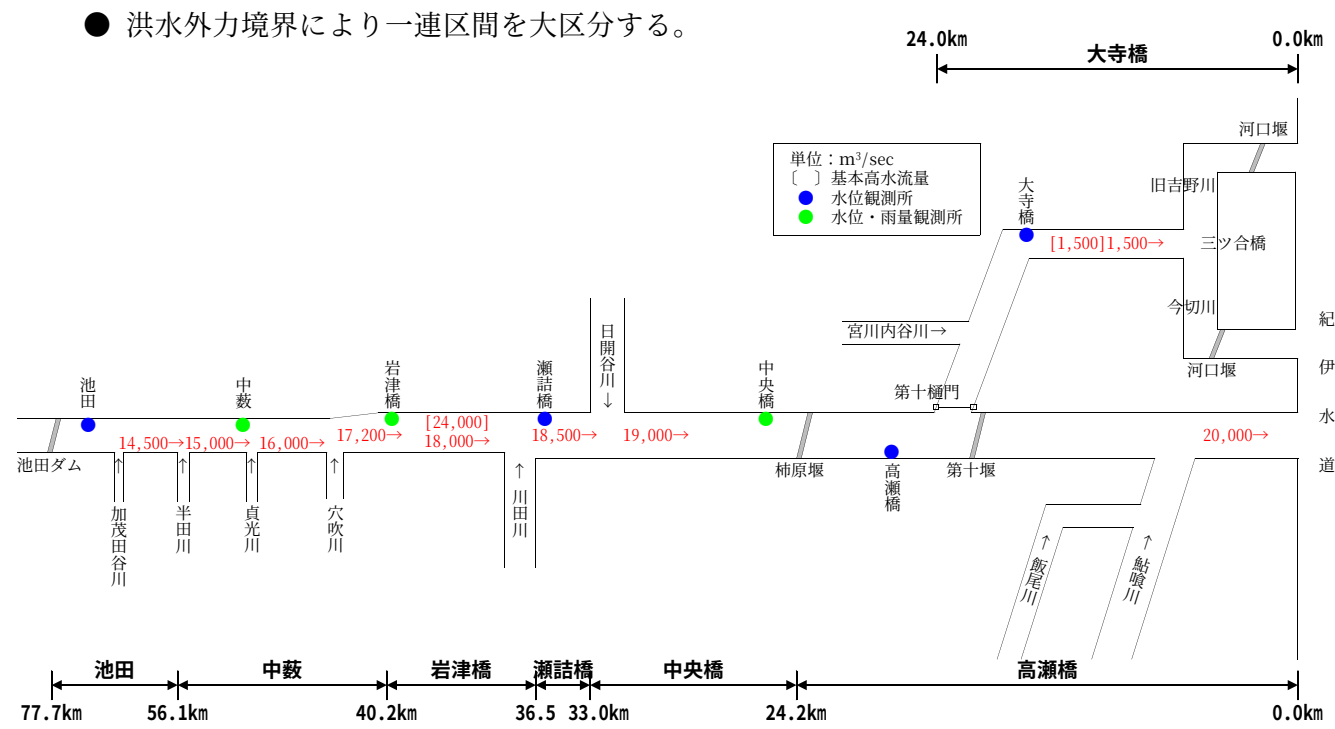
- 現況堤防の安全性評価は、「浸透」、「侵食」それぞれに対して行うため、一連区間の細分化も各々に対して行う。
- 細分化の指標を以下に示す。

一連区間の細分化指標		
項 目	指 標	選定理由
浸 透	① 洪水外力境界	洪水外力境界は、支派川の分合流箇所や山付き箇所に設定することを基本としており、これは計画高水流量の変化点であり、堤防の断面形状が変わる可能性がある地点であるため。
	② 堤防形状(裏のり勾配)	浸透に対する安全性の照査基準のひとつであり、特に裏のりのすべり破壊は破堤に直結する可能性が高いとされているため。
	③ 概略点検結果	一定の評価指標を基に、堤防の安全性を評価した点検結果であるため。
	④ 要注意地形(旧河道)または被災履歴の有無	浸透による堤防の被害は、要注意地形の箇所に多発する傾向が知られている。また、被災履歴がある箇所は、堤体あるいは基礎地盤に問題となる土質条件を内在する箇所といえるため。
	⑤ 築堤履歴	築堤履歴が複雑な場合、既存堤防(堤体)の複雑な土質条件を完全に把握できないため。
侵 食	① 河道のセグメント分類	侵食に対する堤防の安定性は、河道の特性に大きく支配される。セグメント分類は、河道特性を評価するひとつの指標であり、河岸の侵食の程度を類推することができるため。
	② 河道の平面形状	洪水の流れ方は、河道の平面形状によって変化するため。
	③ 高水敷諸元	高水敷諸元が、堤防付近の流速や側方侵食の危険性に大きく関係するため。
	④ 被災履歴の有無	被災履歴がある箇所は、堤防が脆弱化していたり、洪水時の水衝部となっている可能性があるため。
	⑤ 既設護岸の有無および種類	既設護岸の有無および種類により、安全性の照査の内容や方法が異なるため。

5.2.1 浸透に関する一連区間の細分化

■ 一連区間の細分化の手順

① 一連区間の大区分



② 一連区間の中区分

- 堤防形状(裏のりの平均勾配)により一連区間を中区分する。

③ 一連区間の細分化

- 概略点検により得られたA～Dの評価ランクを基に、一連区間を細分化する。

概略評価ランク	評 価
A, B	危険度は低い
C	危険度はやや高い
D	危険度は高い

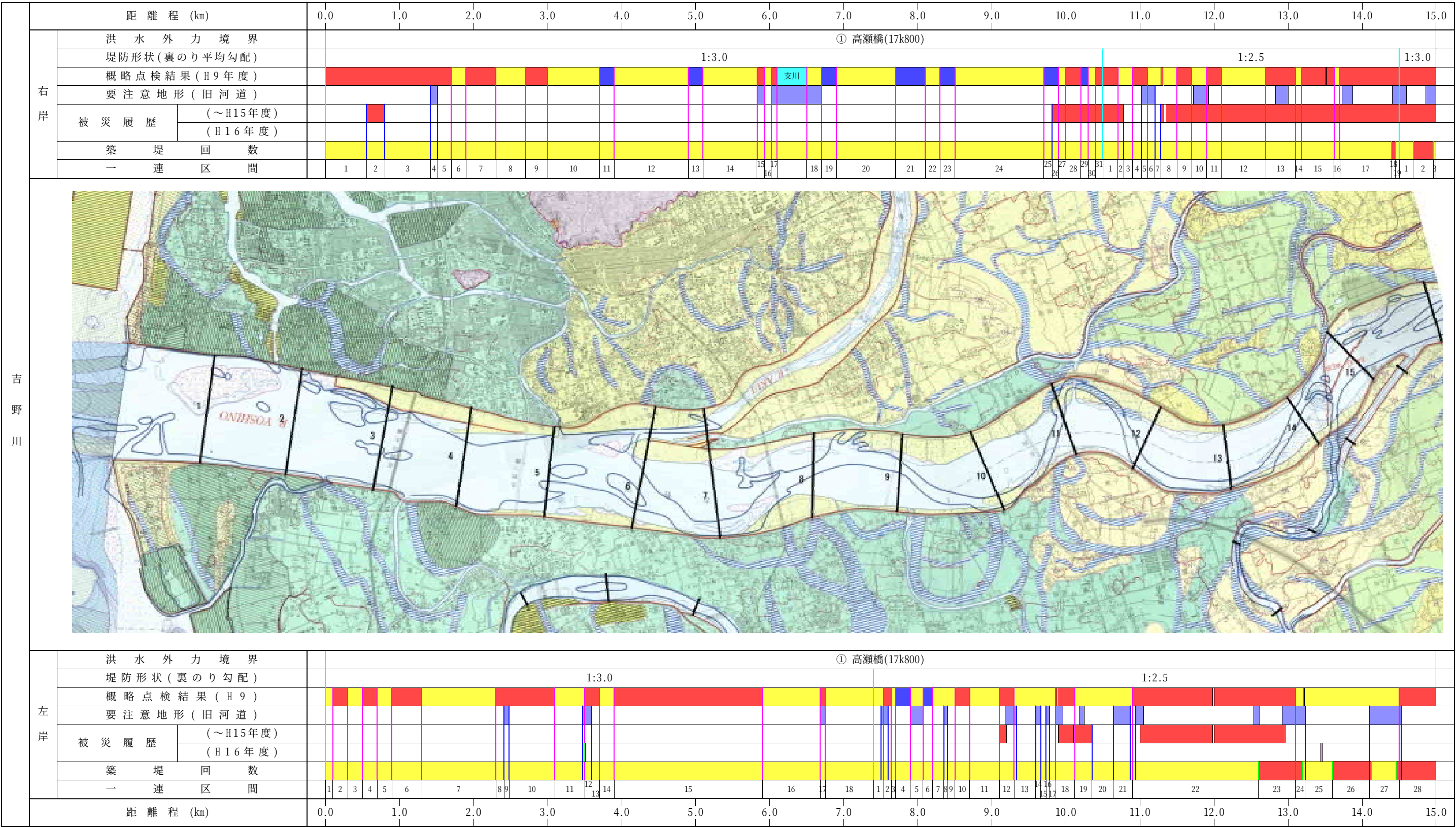
- 要注意地形(旧河道)または被災履歴(平成16年11月現在)の有無を基に、一連区間を細分化する。

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

- 築堤履歴の複雑さを基に、一連区間を細分化する。

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

一連区間細分化の一例(浸透)：吉野川0～15km



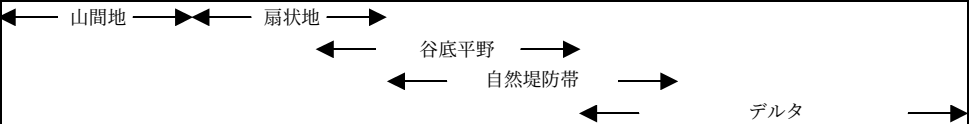
5.2.2 侵食に関する一連区間の細分化

■ 一連区間の細分化の手順

① 一連区間の大区分

- 河道のセグメント分類^(注)により一連区間を大区分する。

注) セグメント分類とは、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分類である。

	セグメント 2				
	セグメント M	セグメント 1	2-1	2-2	セグメント 3
地形区分					
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

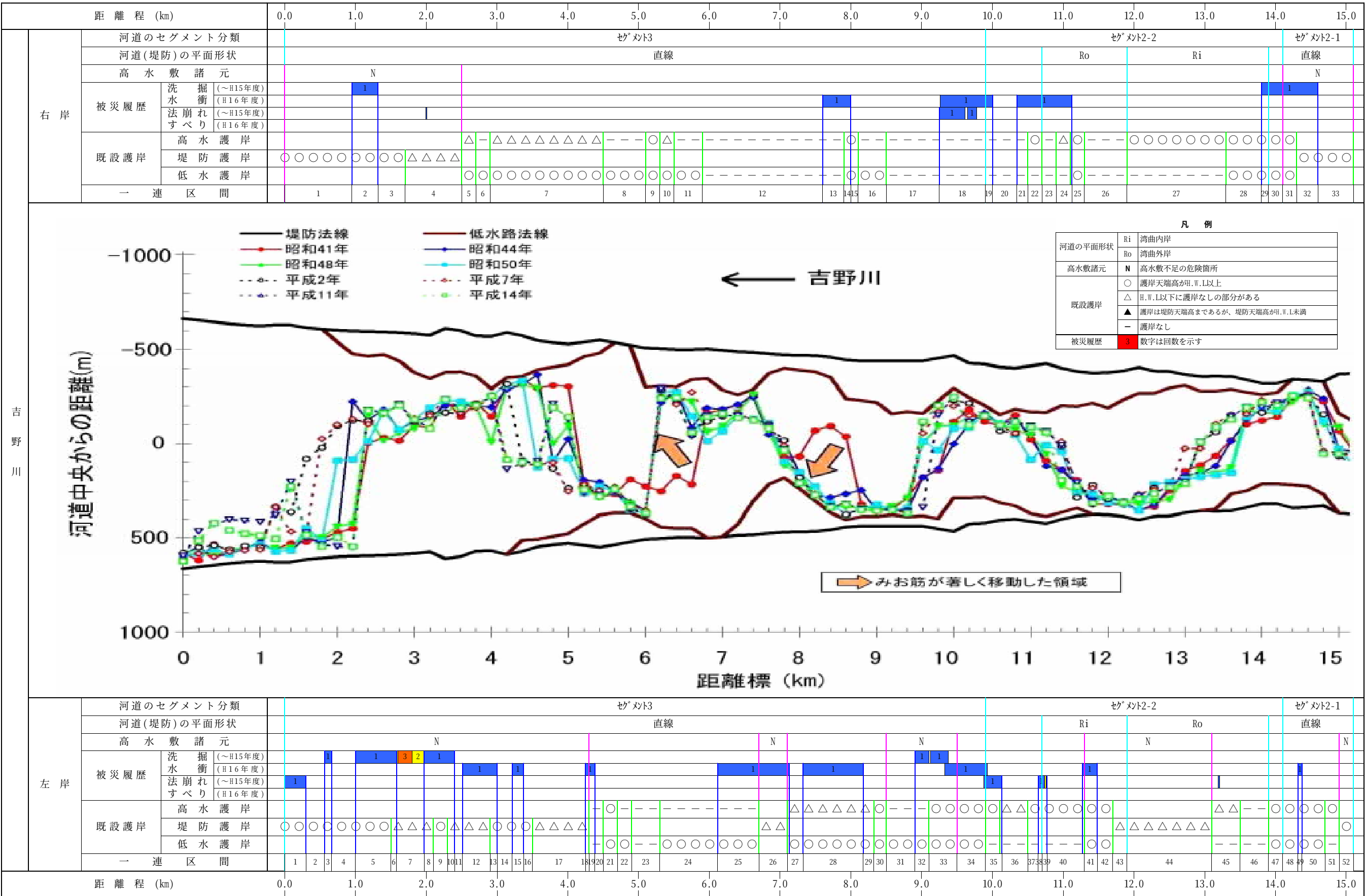
② 一連区間の中区分

- 河道(堤防)平面形状(直線部，湾曲部)により一連区間を中区分する。

③ 一連区間の細分化

- 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)を基に、一連区間を細分化する。
- 被災履歴(平成16年11月現在)の有無を基に、一連区間を細分化する。
- 既設護岸の種別(護岸の無、高水護岸，堤防護岸，低水護岸)を基に、一連区間を細分化する。

一連区間細分化の一例(侵食)：吉野川0～15km



6. 現況堤防の安全性に関する検討方法および条件

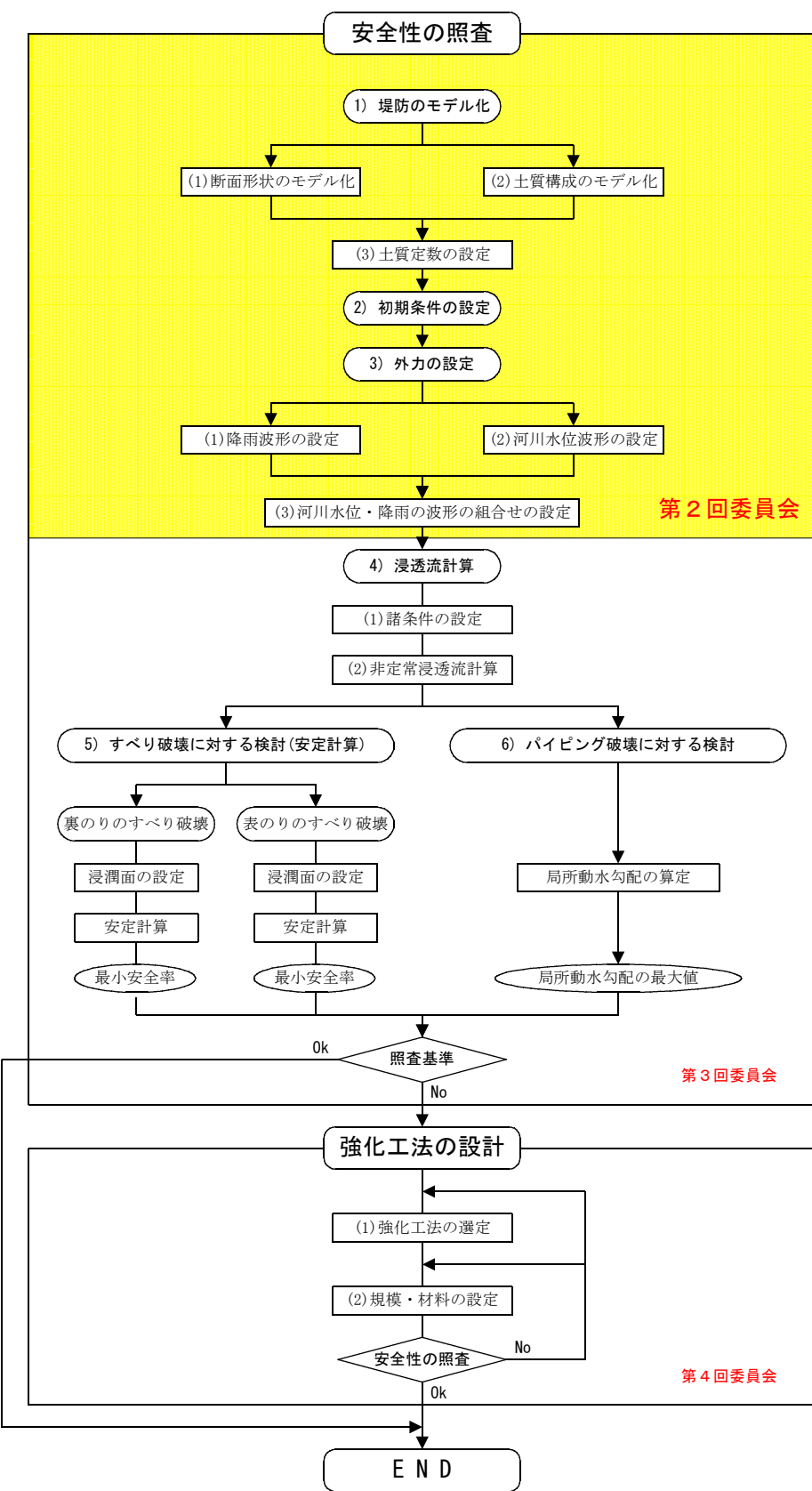
6.1 浸透問題に関する検討方法および条件

6.1.1 検討方法

■ 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。

■ 検討条件

検討項目	検討内容	必要な検討条件
浸 透	非定常浸透流計算および円弧すべり法による安定計算により、下記の検討を行う。	●堤防のモデル化 ①断面形状のモデル化 ②地層構成のモデル化 ③土質定数の設定 (透水係数, 単位体積重量, 内部摩擦角, 粘着力)
	●すべり破壊に対する検討 ●パイピング破壊に対する検討	●洪水外力 ①降雨量(事前, 洪水時) ②河川水位(平常時, 洪水時)

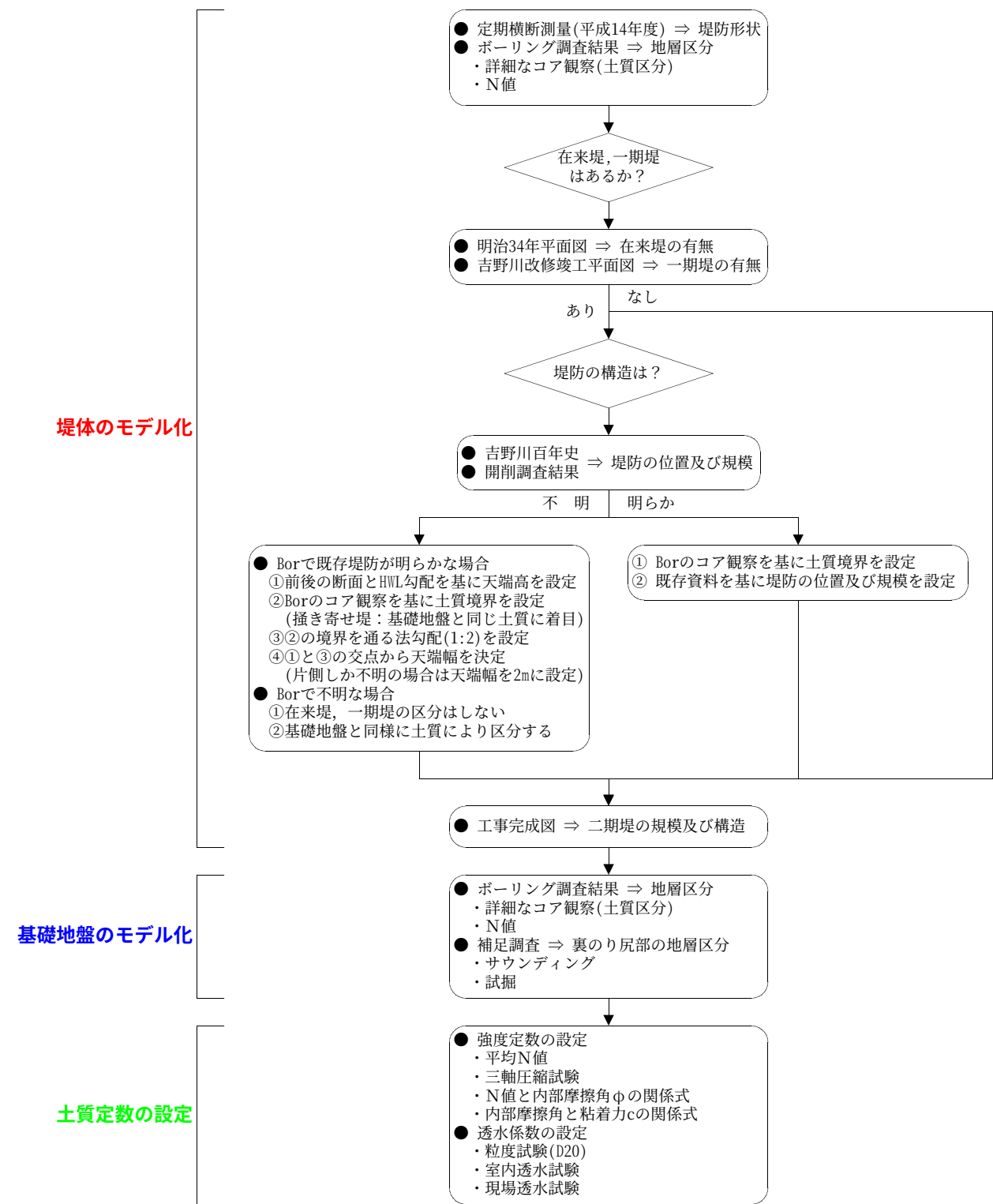


浸透に対する堤防の構造検討の手順

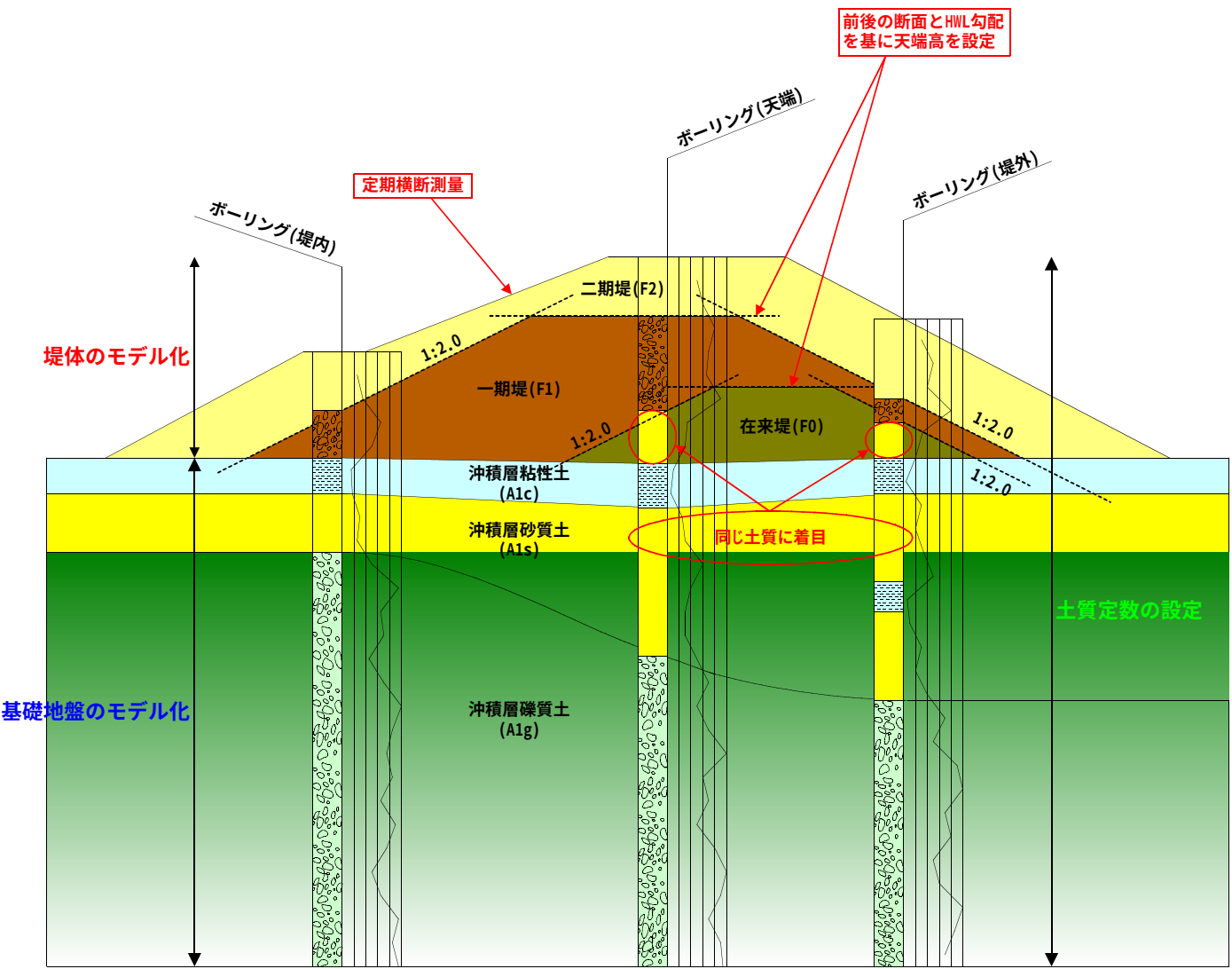
6.1.2 堤防のモデル化

■ 断面形状および地層構成のモデル化

堤防の浸透に対する検討を行うにあたっては、堤体を含めた地盤を数値モデル化する必要がある。
以下にモデル化のフローを示す。



堤防モデル化のフロー図



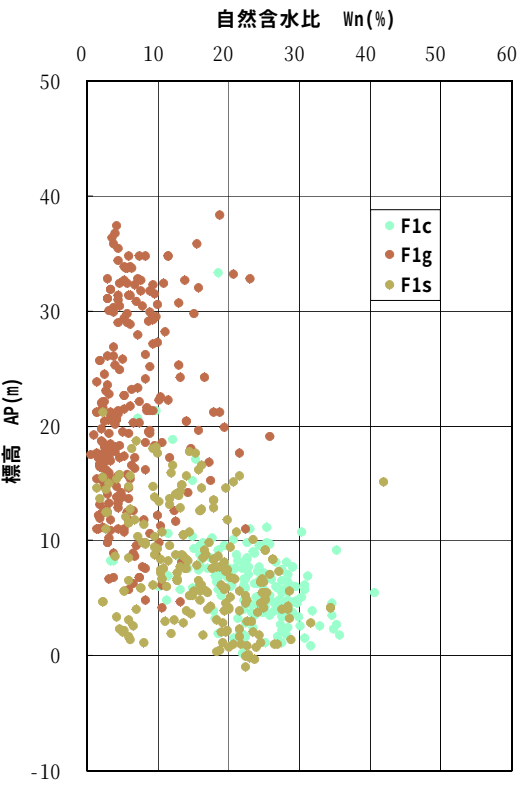
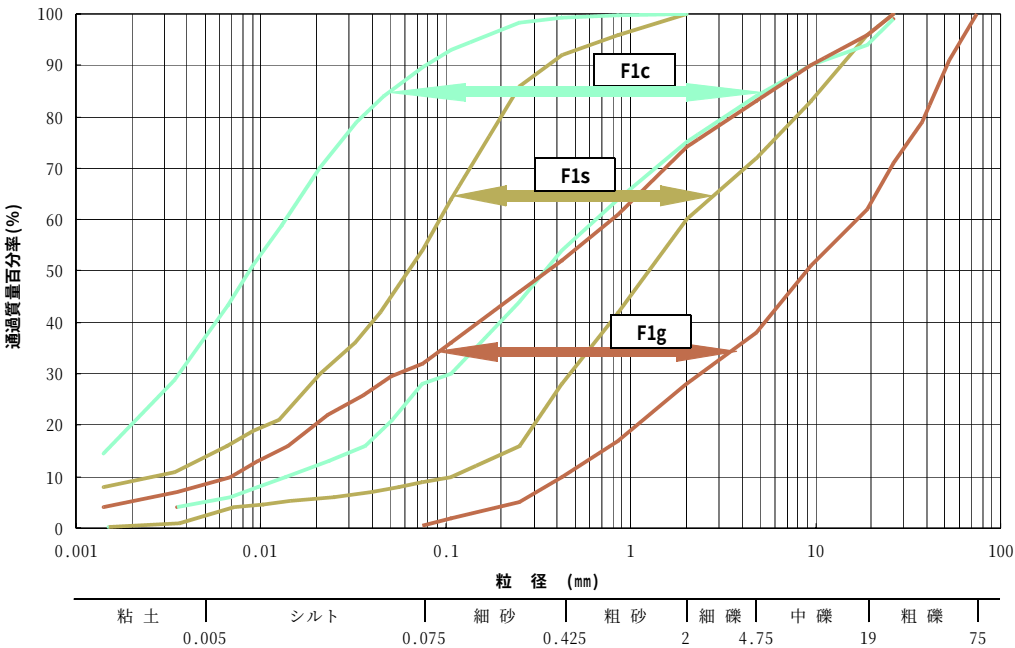
■ 各地層の特徴

堤防を構成する地質は、大きく①堤体部分の土質、②基礎地盤部分の土質に区分される。

ここでは、堤体部分の土質のうち大部分を占める一期堤(F1)と、基礎地盤部分の土質のうち表層付近に分布する粘性土および砂質土(A1c, A1s)の物理特性について示す。

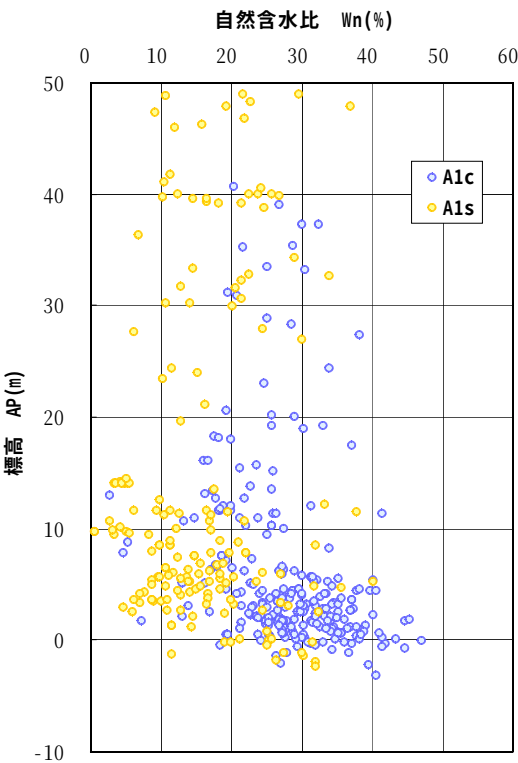
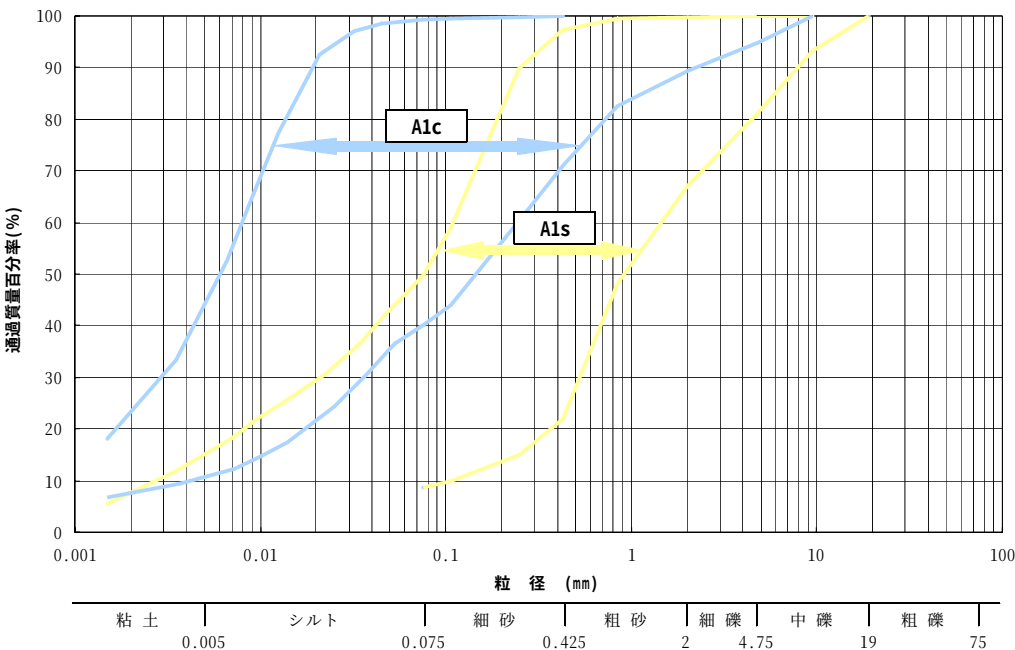
① 堤体土質(F1)の物理特性

- ・ 粒度分布図からは、細粒分(粘土+シルト)の多いF1c層、礫分の多いF1g層、さらにこの中間的な粒度分布であるF1s層に区分される。
- ・ 含水比分布図からは、F1c層で15～35%程度、F1s層で5～30%程度、F1g層で5～15%程度となることがわかる。



② 基礎地盤(A1c, A1s)の物理特性

- ・ 粒度分布図からは、A1c層とA1s層で分布が明瞭に分かれる。
- ・ 含水比分布からは、粘性土(A1c)で15～40%程度、砂質土(A1s)で5～25%程度を示し、A1cの含水比は粘性土としてはやや小さい値となっている。



■ 浸透流計算に必要な土質定数

● 飽和透水係数(k_s)

① 堤体(在来堤，一期堤，二期堤)

- ・室内透水試験および粒度試験(D_{20} を基に推定)から求めた**透水係数の最大値を設定**する。
⇒ 同定解析および感度分布結果によれば、堤体の透水係数は室内透水試験および粒度試験(D_{20} を基に推定)から求めた透水係数の最大値を採用すると、現場観測結果と良く整合している（第7章、第8章参照）。

赤字：委員会への提案事項
青字：「河川堤防の構造検討の手引き」の設定値
緑字：「道路土工」の設定値

② 基礎地盤

- ・砂質土及び礫質土は、現場透水試験および粒度試験(D_{20} を基に推定)から求めた**透水係数の平均値(対数平均)を設定**する。
対数平均： $(a \times b \times c \times \dots)^{(1/n)}$
- ・粘性土は、以下の値を設定する。^{※1)}
シルト： $k_s=1 \times 10^{-5}(\text{cm/sec})$ ，粘土： $k_s=1 \times 10^{-6}(\text{cm/sec})$

③ 人工材料(既設対策箇所)^{※1)}

対策工種	実験等から求められた見かけの透水係数 k_v (cm/sec)	モデルに設定する透水係数 k_s (cm/sec)					比貯留係数 S_s (1/m)
		モデルの厚さ t_s					
		10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	
遮水シート	厚さ1mmに対し $k_v=1 \times 10^{-8}$	$k_s=1 \times 10^{-6}$	$k_s=2 \times 10^{-6}$	$k_s=3 \times 10^{-6}$	$k_s=4 \times 10^{-6}$	$k_s=5 \times 10^{-6}$	1×10^{-3}
止水矢板	厚さ1cmに対し $k_v=1 \times 10^{-7}$	$k_s=1 \times 10^{-6}$	$k_s=2 \times 10^{-6}$	$k_s=3 \times 10^{-6}$	$k_s=4 \times 10^{-6}$	$k_s=5 \times 10^{-6}$	1×10^{-3}
ブランケット	—	1×10^{-5}					1×10^{-3}
舗装	—	1×10^{-5}					1×10^{-3}
護岸	—	遮水性はないものとしてモデルには含めない					
空石積	—	$t=70\text{cm}$, $k_s=1 \times 10^{-1}$					1×10^{-4}

● 不飽和浸透特性

- ・透水性の土質(礫質土及び砂質土)、難透水性の土質(粘性土)、及びその中間的な透水性を有する土質(細粒分含有量の多い砂質土)に大別し、設定する^{※1)}。

※1) 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

■ 安定計算に必要な土質定数

● 単位体積重量 γ_t

- ・単位体積重量は、試験値の**平均値(小数点以下四捨五入)を設定**する。
- ・礫質土(Ag)については、試験値(サンプル数)が少ないため、下記のような一般的な値^{※2)}を採用する。

堤体土： $19(\text{kN/m}^3)$
基礎地盤(粘性土)： $19(\text{kN/m}^3)$
基礎地盤(砂質土)： $19(\text{kN/m}^3)$
基礎地盤(礫質土)： $20(\text{kN/m}^3)$

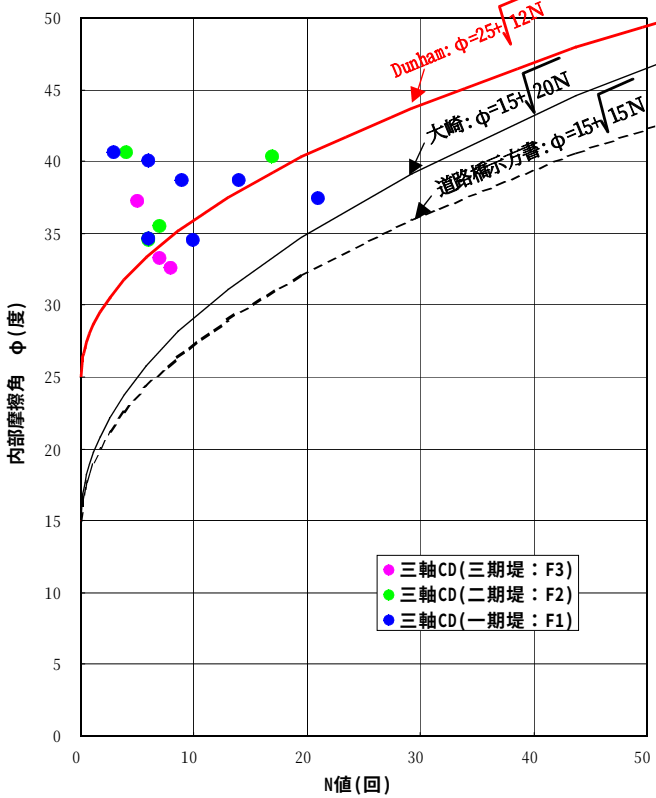
※2) 「道路土工 軟弱地盤対策工指針：社団法人 日本道路協会」

● 強度定数

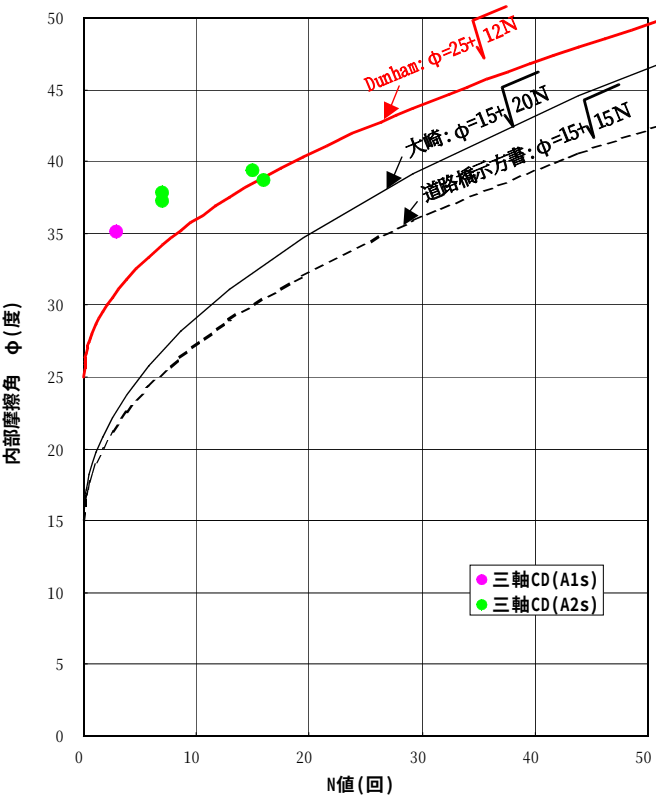
① 砂質土および礫質土

- ・各検討断面ごとに設定する。
- ・内部摩擦角 ϕ は「**N値と ϕ の関係式： $\phi=25+\sqrt{12N}$ (Dunhamの式 角張った粒子で粒度配合が良い)**」より設定する。
- ・粘着力 c は基本的に 0kN/m^2 とするが、堤体土については 1kN/m^2 を設定する^{※1)}。

堤体土(F_s, F_g)



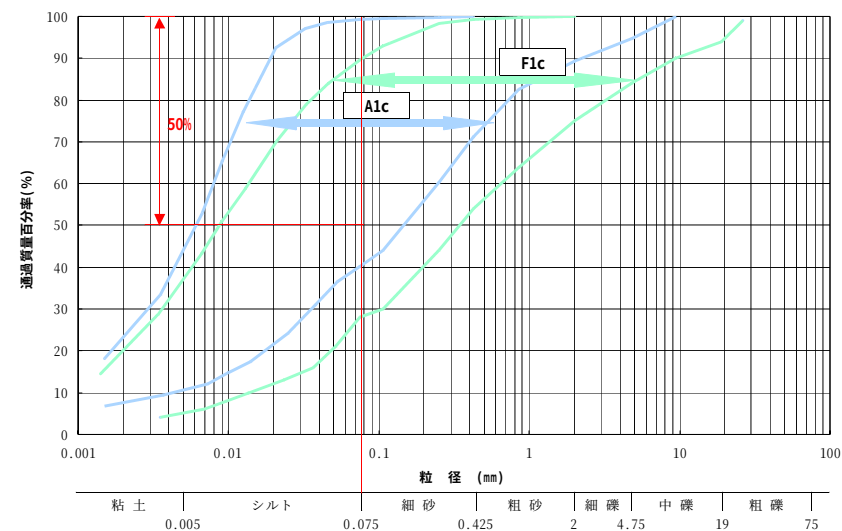
基礎地盤砂質土(A1s, A2s)



N値と内部摩擦角 ϕ の相関図

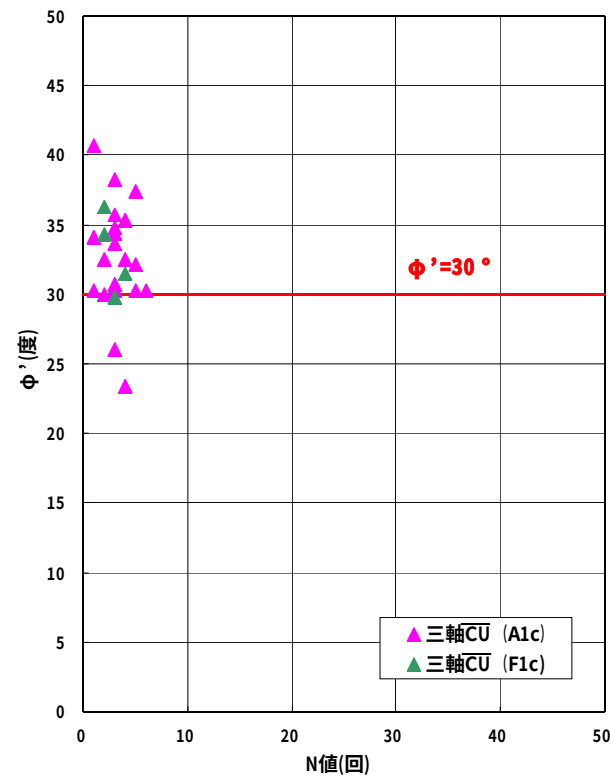
② 粘性土（中間土）

吉野川流域に分布する粘性土(F1c, A1c)は、基本的にシルトが主体を成し、砂分を最大50%程度混入する中間土的な性質を有する。



中間土(F1c, A1c)ではあるが、粘性土として取り扱うものとし、三軸圧縮試験($\overline{CU}$ 条件)結果を基に設定する。

- ・各検討断面ごとに設定する。
- ・内部摩擦角 ϕ は「 N 値に関係なく $\phi=30^\circ$ 」とする。
- ・粘着力 c は基本的に「 $c=0\text{kN/m}^2$ 」とする。



三軸圧縮試験($\overline{CU}$)より求めた ϕ' と N 値の関係

6.1.3 洪水外力条件

■ 降雨波形の設定

● 事前降雨量

- ・ 吉野川流域の降雨特性に応じ、総降雨量として多雨時期の30年平均月降雨量(162mm)を設定する。
- ・ 降雨強度としては、事前降雨量が全て堤体に浸透するよう1mm/hrを設定する。^{※1)}

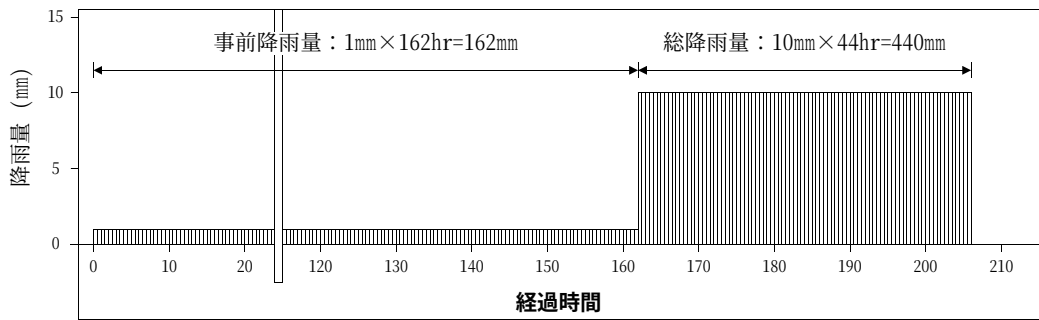
月別平年降雨量	
月	岩津観測所
1	37.5
2	38.0
3	62.7
4	67.4
5	96.4
6	161.6
7	132.2
8	157.6
9	232.2
10	103.4
11	66.6
12	27.2
計	1,173.0

1975～2004(30年平均値)

● 総降雨量

- ・ 吉野川の総降雨量は、440mm/2dayを設定する。
- ・ 降雨強度としては、10mm/hrを設定する。^{※1)}
- ・ 総降雨量と降雨強度をもとに長方形の降雨波形を設定する。^{※1)}

解析に用いる降雨波形は、以下のとおりとする。

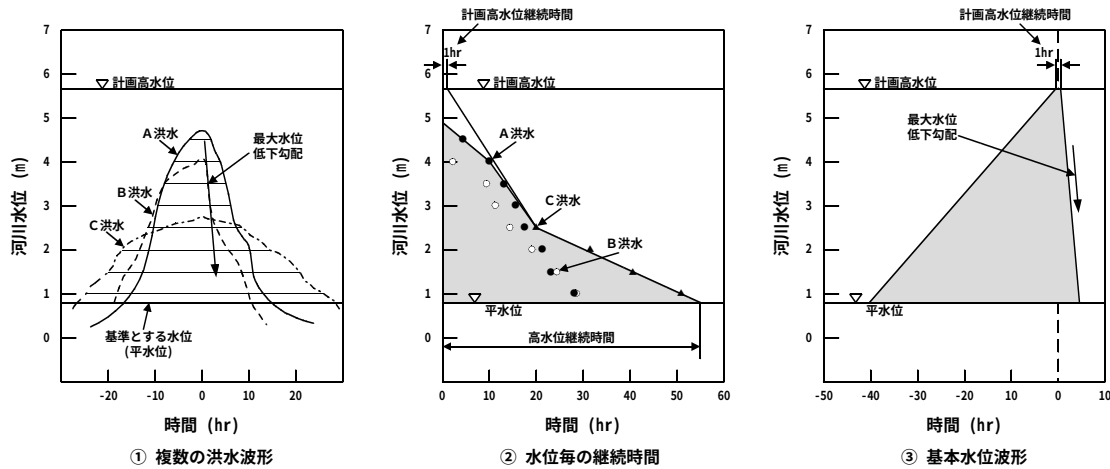


※ 1) 河川堤防の構造検討の手引き (平成14年7月) : 財団法人国土技術研究センター

■ 河川水位波形の設定

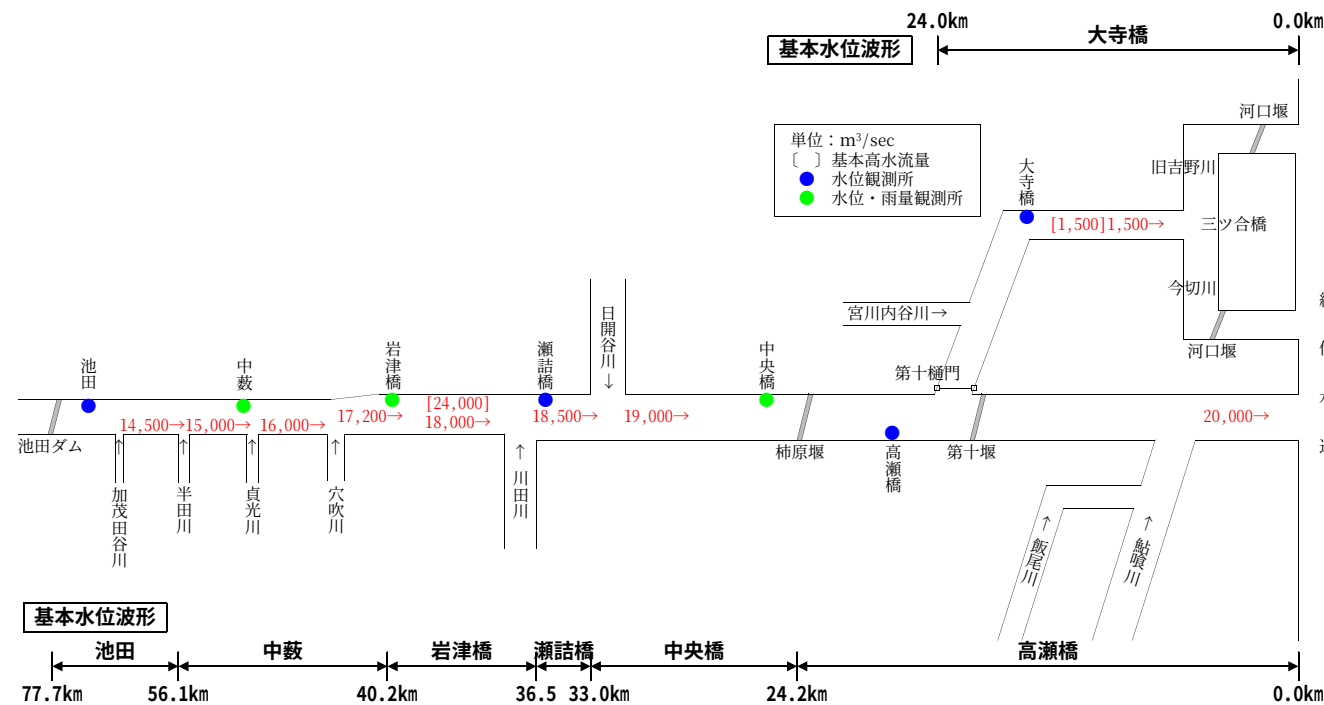
● 基本水位波形^{※1)}

- ・ ①の複数の波形それぞれについて基準とする水位毎の継続時間を求め、②を作成する。
- ・ ②の継続時間を包絡するような直線を描き、この包絡線で囲まれる部分の面積を求める。ここで、包絡線が計画高水位に達しない場合には、同水位の継続時間を1時間に設定する。
- ・ ①の複数の水位波形の中で、洪水末期の水位低下勾配の最大のものを抽出し、勾配を求める。

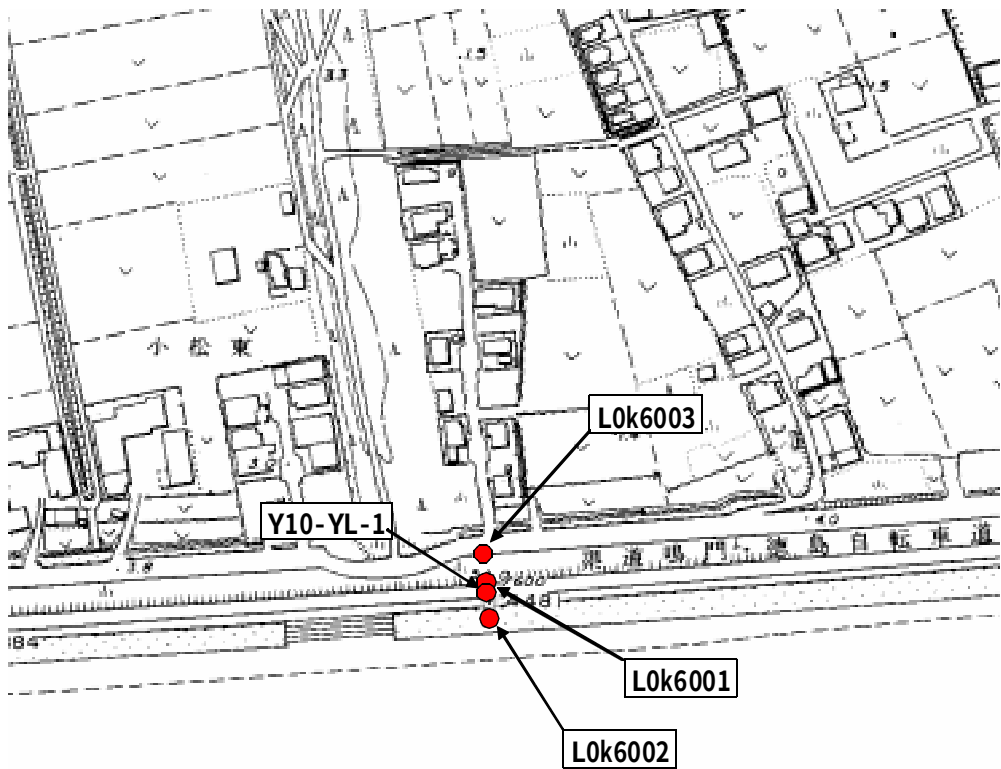


● 代表断面の水位波形

- ・ 計画高水流量が同一の区間については、その区間下流の基準地点において作成した基本水位波形を適用する。



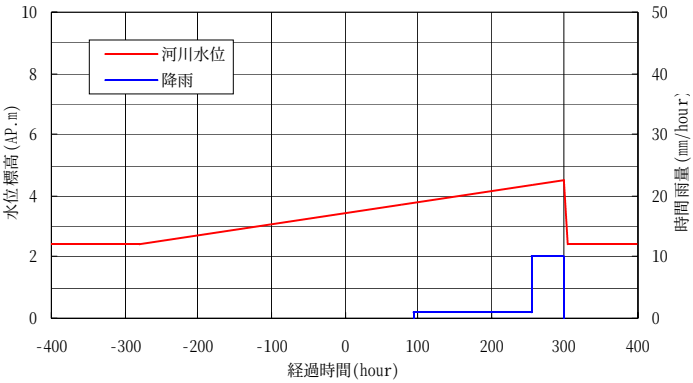
6.1.4 検討モデル断面(吉野川左岸0k600)の一例



【水理・力学定数一覧表】

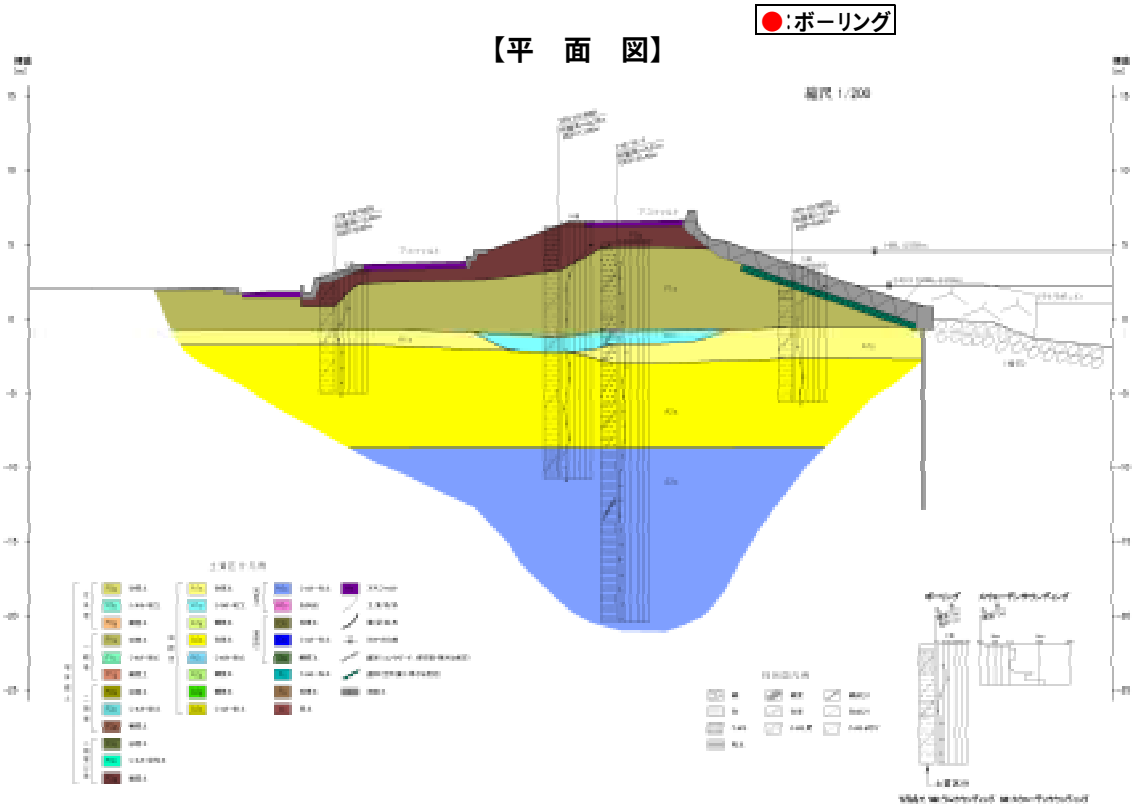
地層名	地質記号	土質名	平均N値	浸透流解析		安定計算		
				透水係数 k(cm/sec)	不飽和 特性区分	単位体積重量 γ_s (kN/m ³)	粘着力 c(kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
アスファルト	—	アスファルト	—	1E-05	粘性土	23	—	-
構造物(石・ブロック系)	—	構造物(石・ブロック系)	—	1E-01	砂質土	21	1	40
構造物(コンクリート系)	—	構造物(コンクリート系)	—	1E-06	粘性土	25	—	-
三期堤(礫質土)	F3g	シルト混り礫	28	6E-02	砂質土	19	0	43
一期堤(砂質土)	F1s	シルト混り砂	5	7E-03	砂質土	19	0	33
沖積層第一砂質土	A1s	シルト質砂	2	8E-06	粘性土	19	0	30
沖積層第一粘性土	A1c	砂質シルト	3	4E-05	粘性土	19	0	30
沖積層第二砂質土	A2s	シルト混り砂	8	8E-04	砂質土	19	0	35
沖積層第三粘性土	A3c	砂質シルト	4	5E-06	粘性土	19	0	30

【洪水外力】



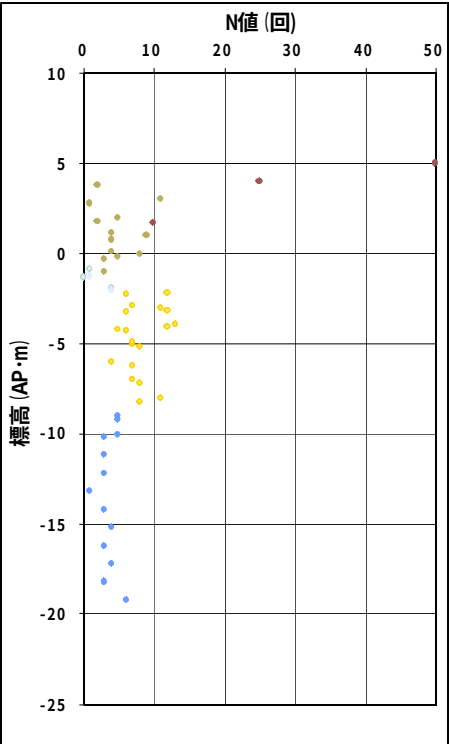
河川水位波形(HWL)		降雨波形(岩津)	
経過時間 (hour)	河川水位 (AP.m)	経過時間 (hour)	時間雨量 (mm/hour)
-400	2.4	94	0
-281	2.4	94	1
299	4.5	256	1
300	4.5	256	10
304	2.4	300	10
400	2.4	300	0

【平面図】

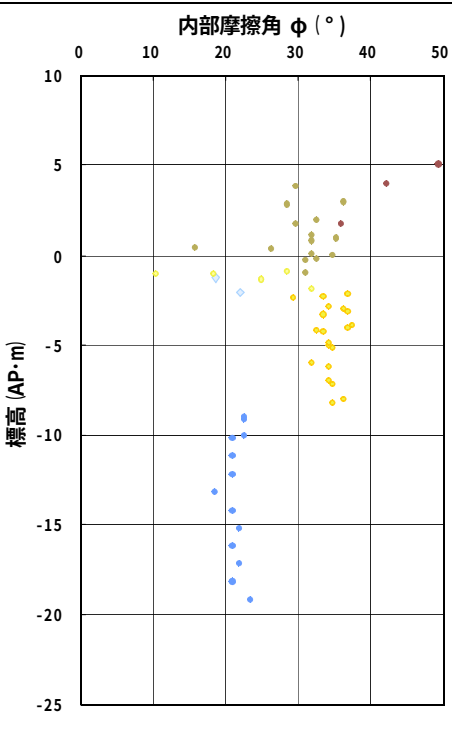


【地質断面図】

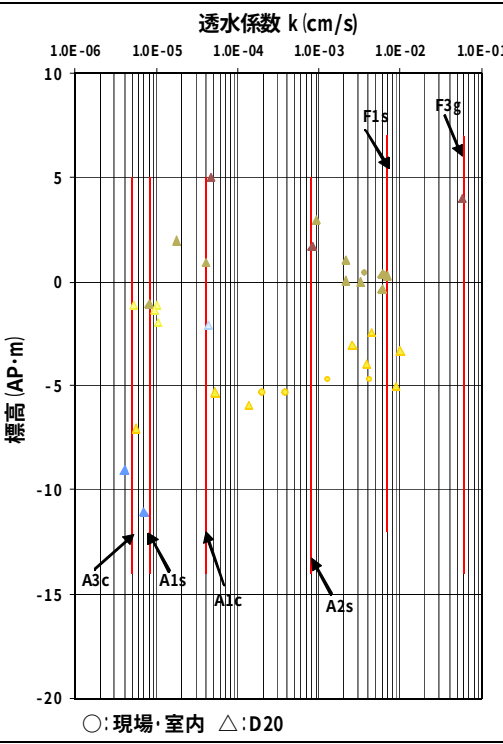
【平均N値】



【内部摩擦角】



【透水係数】



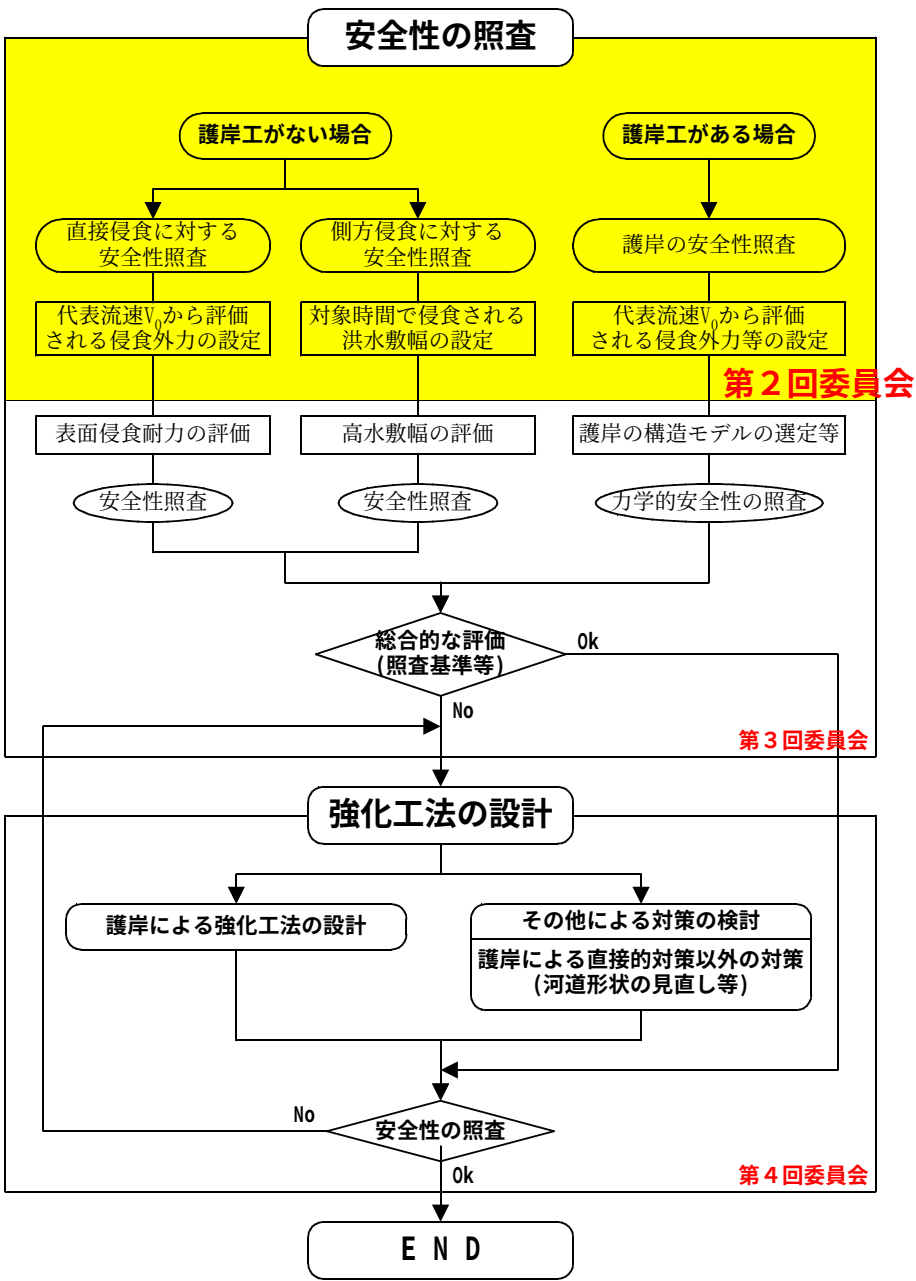
6.2 侵食問題に関する検討方法および条件

6.2.1 検討方法

■ 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。

■ 検討条件

検討項目	検討内容	必要な検討条件
侵食	1) 護岸なしの場合 ●直接侵食に対する検討 ●側方侵食, 洗掘に対する検討	●平均河床高さ ●平均流速 ●洗掘深 ●侵食外力継続時間
	2) 護岸ありの場合 ●護岸の安全性の検討	●高水敷の高さ、幅 ●粗度係数 ●平均根毛量 ●根固工の構造のモデル化

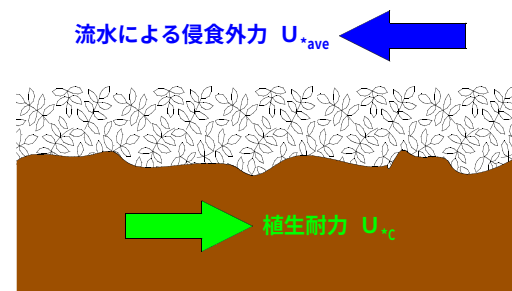


侵食に対する堤防の構造検討の手順

■ 護岸工がない場合

● 直接侵食(植生)の照査(高水護岸部の評価項目)

直接侵食(植生)の照査は、侵食外力と植生耐力の釣り合いで評価する



力の釣り合いのイメージ

直接侵食(植生)が侵食に対して安全となる条件

植生耐力 U_{rc}

$\geq$

侵食外力 U_{ave}

主要パラメータ

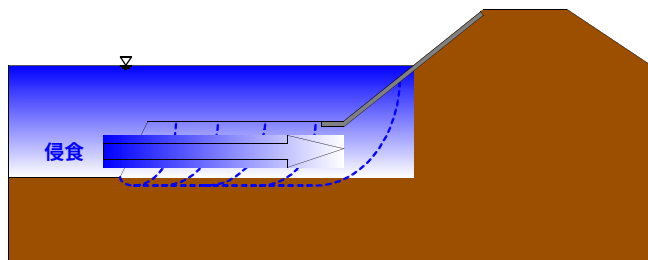
- ・許容侵食深
- ・外力が作用する継続時間
- ・平均根毛量

主要パラメータ

- ・代表流速
- ・マンニングの粗度係数
- ・設計水深

● 側方侵食の照査(高水敷幅の評価項目)

側方侵食の照査は、高水敷幅と低水河岸高の比およびセグメントで評価する



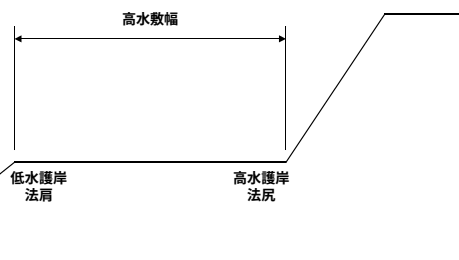
側方侵食のイメージ

側方侵食に対する安全性の基準

セグメント	照査基準
1	40m程度
2-1	高水敷幅 > 低水河岸高の 5 倍
2-2 および 3	高水敷幅 > 低水河岸高の 3 倍

高水敷幅および低水河岸高の測定方法について

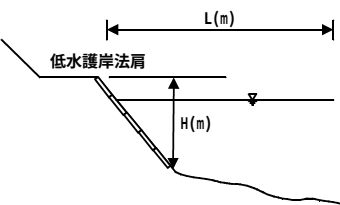
- ・高水敷幅：高水敷幅は、高水護岸法尻から低水護岸法肩までの長さを高水敷幅として測定する



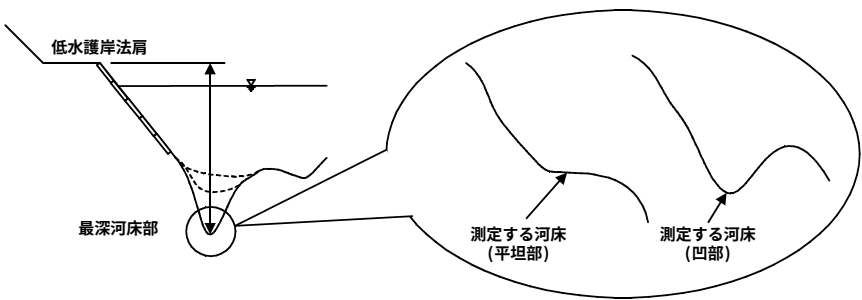
- ・低水河岸高：

① 低水河岸高の測定範囲は、セグメントに応じて以下のとおりとする。

セグメント	最深河床高測定範囲 L(m)
1	40m
2-1	H(低水護岸法肩～胴木までの鉛直距離)の 5 倍
2-2 および 3	H(低水護岸法肩～胴木までの鉛直距離)の 3 倍

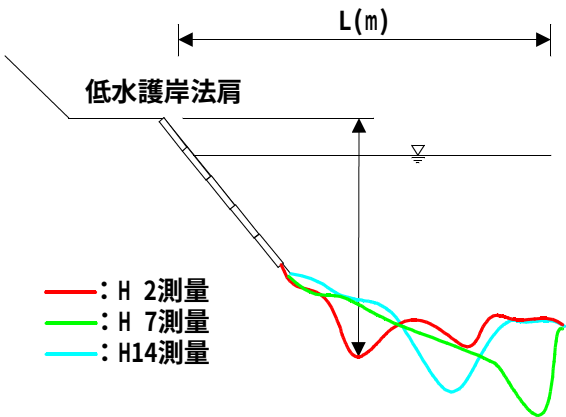


② 低水河岸高の測定方法は、以下のとおりとする。



③ 定期横断図の重ね合わせ図を作成し、護岸に最も近接する位置での最深河床部から低水護岸法肩までの高さを測定して、低水河岸高とする。

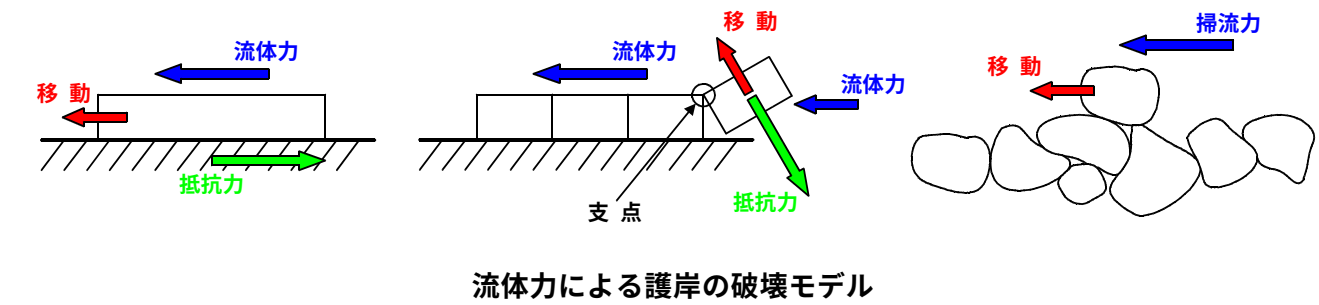
なお、①で設定した測定範囲において、近年の最深河床高が護岸から離れた位置にある場合でも、護岸に対する影響を重視して、護岸に近接する過去の最深河床部を測定位置とした。



■ 護岸工がある場合

● 法履工の照査

法履工の照査は、構造モデルごとに分類し、流体力と護岸の抗力を比較して評価する



流体力による護岸の破壊モデル

護岸が流体力に対して安全となる条件

抵抗力 ≥ 流体力 (掃 流 力)

- ・滑動モデルー底面摩擦力
- ・めくれモデルー自重
- ・掃流モデルー限界掃流力

・代表流速

代表流速（設計流速）と護岸タイプの対応表（例）

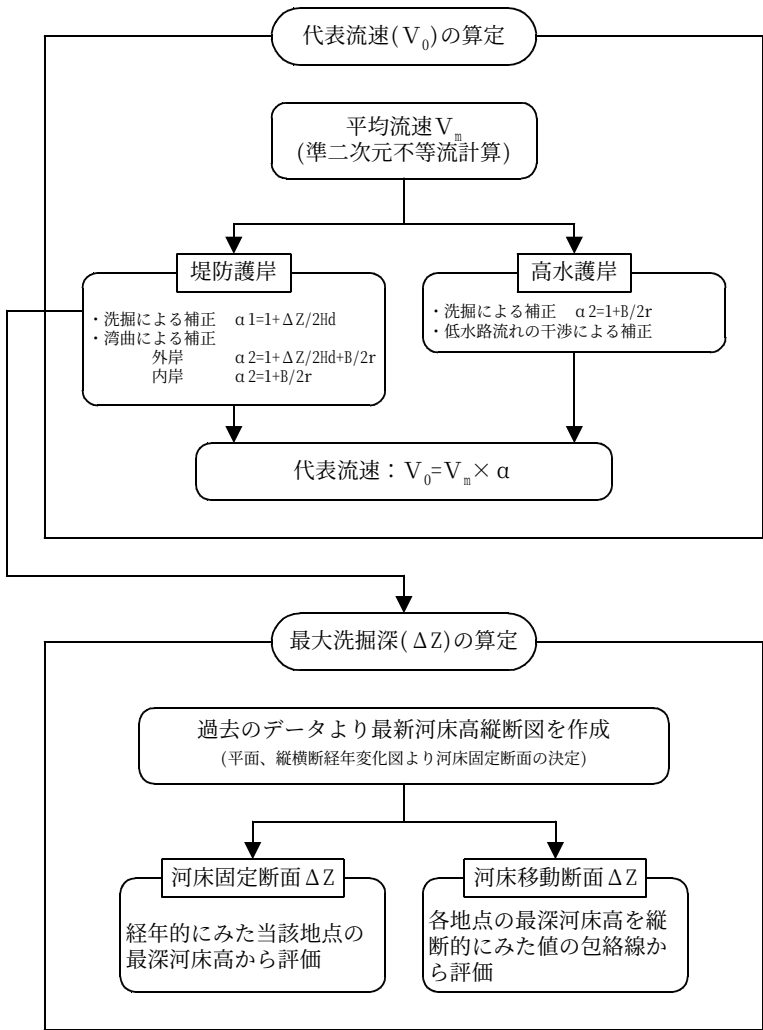
復旧工法例		設計流速 (m/sec)						適用条件等
		2	3	4	5	6	7	
植生系	張 芝							・平水位では浸水せず、確実に活着するまで流水にさらされない部分に適用。 ・平水位以下では寄せ石、木柵、かご系根固工と組合せて使用。 ・背後に住宅や重要施設がない場合に適用。
	シート系	ジオテキスタイル						・転石が少ない河川や水衝部以外の場所に適用。 ・背後に住宅や重要施設がない場合に適用。
		ブロックマット						・転石が少ない河川や水衝部以外の場所に適用。 ・背後に住宅や重要施設がない場合に適用。
木 系	丸太格子							・堀込河道に適用。 ・転石の少ない河川に適用。 ・高水敷の広い低水河岸に適用。 ・背後に住宅や重要施設がない場合に適用。
	粗朶法枠							・堀込河道に適用。 ・転石の少ない河川に適用。 ・高水敷の広い低水河岸に適用。 ・背後に住宅や重要施設がない場合に適用。
	杭 柵							・堀込河道に適用。 ・転石の少ない河川に適用。 ・高水敷の広い低水河岸に適用。 ・背後に住宅や重要施設がない場合に適用。
石 系								・現地周辺で材料の入手が容易な場合に適用 (石系共通)。
	自然石 (空張)							・堀込河道に適用。
	自然石 (練張)							・胴込めコンクリートは表面に出ないように深目地とする。
か ご 系	植生蛇籠							・堀込河道に適用。 ・転石の少ない河川に適用。 ・背後に住宅や重要施設がない場合に適用。
	かごマット (平張)							・堀込河道に適用。 ・転石の少ない河川に適用。 ・強い酸性又は塩分濃度の高い場所では適用しない。(鉄線が腐食対策されている場合は除く。)
コンクリート系	ポーラスコンクリート							・現場打ちタイプは、設計流速5m/s程度以下で適用。 ・設計流速5m/s程度以上では、強度重視型のブロックタイプを適用。
	接続ブロック							・連結材に鋼線を使用する場合、強い酸性又は、塩分濃度の高い場所では適用しない。(鉄線が腐食対策されている場合は除く。)
	環境保全型ブロック							・様々なタイプのものがあるため、現地の環境にふさわしいものを選定。 ・設計流速5m/s未満の箇所については、適用可能な他の工法についても充分比較検討すること。
	コンクリートブロック張							・原則として使用しないこととし、他の護岸工法が使用できない場合のみ適用。

参考資料：「美しい山河を守る災害復旧基本方針」平成14年6月 (社)全国防災協会

6.2.2 侵食外力条件

■ 代表流速

堤防の直接侵食に対する安全性の照査に必要な外力は、平均流速 V_m (今回の検討では、準二次元不等流計算結果)に洗掘・湾曲・低水路流れの干渉による補正(割増)を行い、算定する代表流速 V_0 を用いる。代表流速 V_0 は、以下のフローより算定した結果の計画流量時の流速を用いる。



代表流速の設定フロー

代表流速の算定に用いる補正係数 α は、湾曲・洗掘・低水路流れの干渉による補正を行う。
代表流速 V_0 は、以下の基本式をより、基本的に200mごとに算定する。

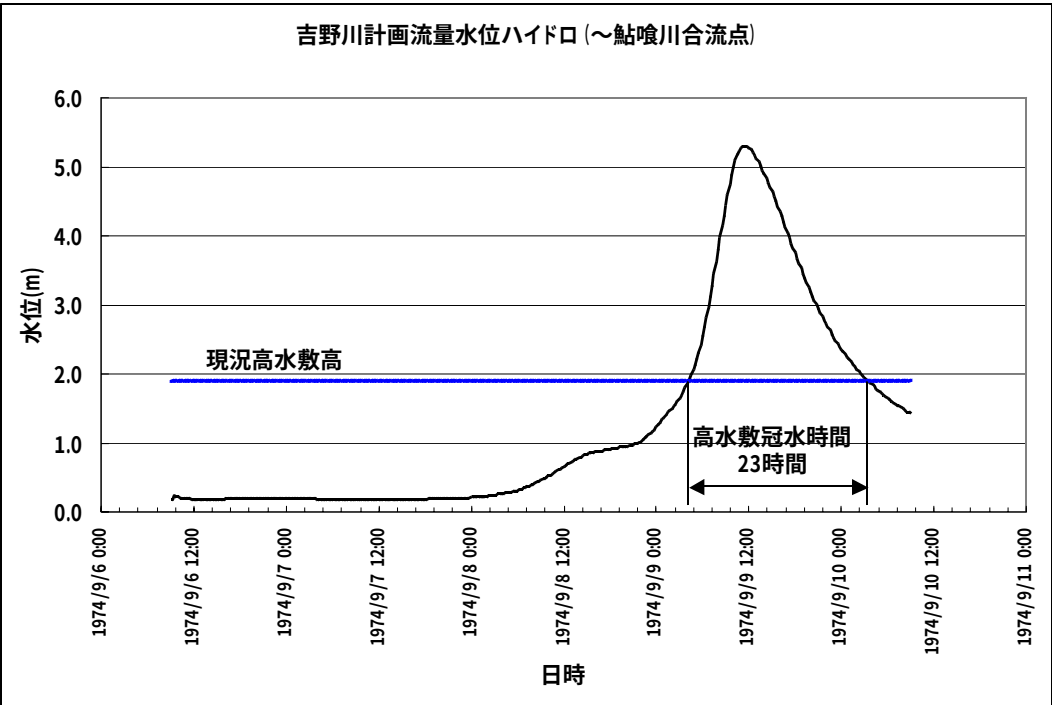
$V_0 = V_m \times \alpha$

- ここに、 V_0 ：代表流速(m/sec)
- V_m ：平均流速(m/sec)
- α ：補正係数

■ 侵食外力継続時間 t の設定

等流計算を行ってH－Q曲線を作成し、計画高水ハイドロを用いて水位が各断面の高水敷高以上となる時間を算出し、洪水継続時間(高水敷冠水時間)を設定する。

各断面において流量ハイドロデータを基に下図に示すような整理を行い、植生の侵食に対する安全性照査に用いる高水敷冠水時間を算定する。



高水敷冠水時間の整理図

■ 植生による表面侵食耐力の算定

● 外 力

「代表流速 V_0 の設定」結果から得られた代表流速 V_0 より、以下のとおり平均摩擦速度 U_{*ave} を算定し、植生の評価に用いる外力とする。

① 第1段階：代表流速 V_0 を流速係数 ϕ で除して、最大摩擦速度 U_{*max} を算定する。

$$U_{*max} = V_0 / \phi$$

ここに、 ϕ ：流速係数 ($= 1 / n \times H^{1/6} \times g^{1/2}$)

n ：現況河道の粗度係数

H ：設計水深 (= H.W.L - 平成14年度平均河床高) (m)

g ：重力加速度 (m/sec²)

② 第2段階：洪水継続時間内の平均摩擦速度 U_{*ave} は、以下の式より求める。

$$U_{*ave} = U_{*max} \times 0.82$$

● 耐 力

植生による表面侵食耐力 U_{*c} は、許容侵食深、平均根毛量、洪水継続時間をパラメータとした以下の式より求める。

$$U_{*c} = \frac{Z_{brk}}{\alpha} \times \frac{1}{\log t}$$

ここに、 U_{*c} ：表面侵食耐力 (m/sec)

Z_{brk} ：許容侵食深 (= 2cm と設定^(※1))

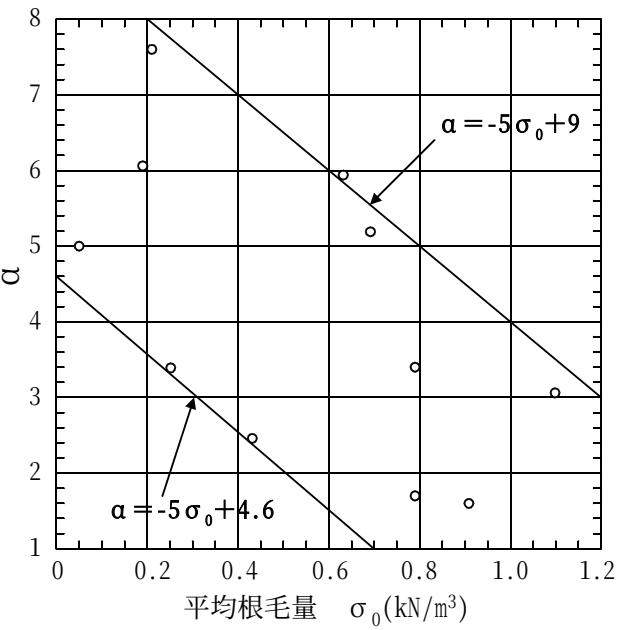
α ：侵食されやすいパラメータ^(※2)

t ：洪水継続時間 (min)

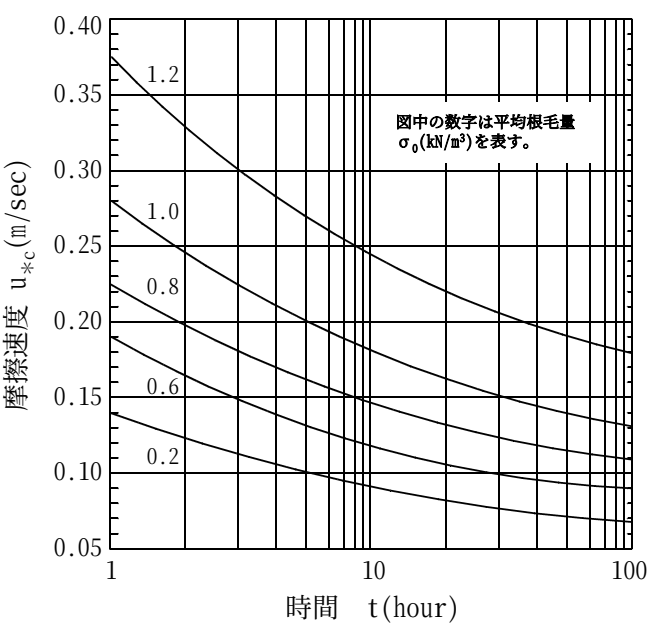
σ_0 ：平均根毛量 (kN/m³)

※1) 許容侵食深については、土研資料3489号「洪水を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動」の中で2～2.5cmとする旨の記述がある。許容侵食深2.5cmは、植生の根の繁茂状況が(ふさふさの状態)5cm以上ある場合に適用可能とされている。今回の検討では安全側を考え2cmと設定する。

※2) 侵食されやすいパラメータ α は安全側で $\alpha = -5\sigma_0 + 9$ と提案されているが、右図に示した「 α と平均根毛量 σ_0 の関係」を見るとデータがかなりばらついている。そのため、今回は安全側と危険側の両面から検討を行うものとする。



α と平均根毛量 σ_0 の関係



根毛量をパラメータとした耐摩擦速度の評価図

7．台風23号による吉野川の漏水現象

7.1 台風23号による被災箇所の一例

■ 概 要

台風23号による吉野川の河川水位の上昇に伴い、吉野川右岸28k400付近の堤内側(畑地)において噴砂(ポイリング)が発生し、堤防裏のり尻付近が陥没した(次頁参照)。

噴砂は堤内側の畑地で比較的大きい(φ50～100cm)跡を4箇所、小さいもの(φ20cm程度)を数箇所確認した。また、被災箇所から下流へ約300m離れた場所(R28k200付近)においても、小規模な噴砂跡を確認した。

堤防裏のり尻の陥没は1箇所(R28k460付近)で発生し、裏のり尻付近が幅3.5mにわたり陥没、その深さは40～60cm程度であった。

■ 現地状況

- 漏水箇所は、旧河道上に位置する。
- 漏水箇所は、平成9年度に実施された概略点検で「Dランク(危険度が高い)」に評価されており、噴砂の激しかったR28k400～450付近は、被災履歴を3回以上有する。
- 同様の条件であるR27k400～980は、漏水対策工(ブランケット+遮水護岸工)が施工されており、今回、漏水は確認されていない。

吉野川右岸	距 離 程 (km)		25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0
	堤 体 特 性	築 堤 年 次	大正10～11年	大正9～10年		大正7～11年	昭和30年以前	大正10～13年
		築 堤 回 数	3	2	3	2	3	2
		土 質 区 分	砂質土					
	基 礎 地 盤 特 性	治 水 地 形 分 類	中洲性微高地	中洲性微高地	中洲性微高地	中洲性微高地	氾濫平野	氾濫平野
		土質区分(深度20mまで)	砂質土					
	重 要 水 防 箇 所	種 別	漏水	漏水	漏水	漏水	日川跡漏水	漏水
		重 要 度	B	A	B	A	B	B
	概 略 点 検 結 果 (H 9)		D	C	D	C	D	D
	被 災 履 歴 (H16.9現在)		3	2	2	2	3	2
	既 設 対 策 工	ブランケット工						
		II w 護岸工						
		矢板工						
		遮水護岸工						
	台風23号による被災(漏水)箇所		28k200 ← 28k600					

漏水箇所の概要

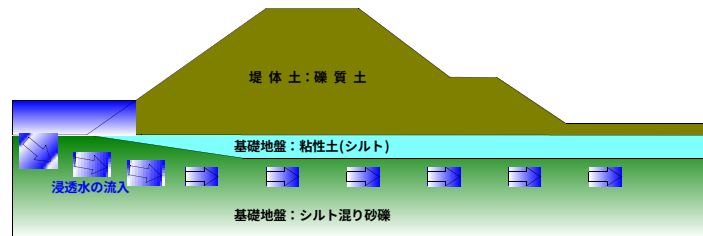
- 漏水箇所から下流側は、フトン籠が約100m区間で施工されており、さらにその下流では県道のための法止め擁壁が施工されている。
- 地質状況
 - ・周辺で行われていた掘削工事の断面を観察すると、砂礫が厚く分布する箇所と粘性土が分布する箇所が認められる。
 - ・堤防下の基礎地盤は砂礫を主体として構成される。
 - ・陥没箇所の近傍を約1.9m試掘した結果、粘性土(シルト)が0.5m程度分布し、その下位にシルト混り砂礫を確認した。

■ 漏水発生メカニズム

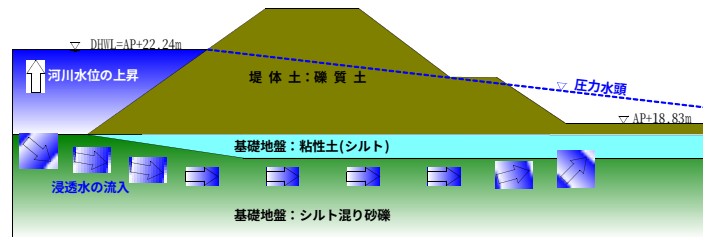
被災箇所のように、表層に約0.5mのシルト(不透水層)が分布する場合、河川からの浸透水はシルト下位に分布する「シルト混り砂礫(透水層)」を通して堤内側に浸透する。洪水により河川水位(外水位)が高くなるにつれて、シルト(不透水層)下位での圧力も上昇し、やがてシルト(不透水層)の圧力限界(いわゆる $G/W>1.0$)に達すると、浸透水はシルトを突き破って表層(地表面)に流出する。この浸透水に伴って、砂礫に含まれる細粒分(シルト及び砂)が「噴砂」として地表面に表れたものと推測する。

また、噴砂が拡大するにつれて、堤防のり尻の砂礫(細粒分)も地表に噴出し、空洞化したことにより陥没が発生したと考える(下図参照)。

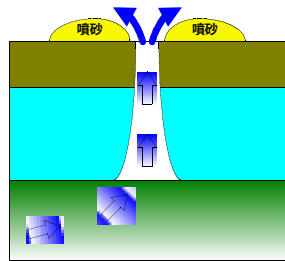
① 河川からの浸透水が「シルト混り砂礫(透水層)」を通して堤内側に浸透



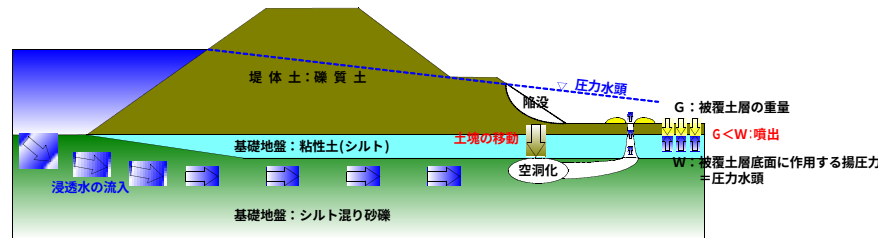
② 河川水位上昇に伴う堤内側の圧力水頭の上昇



③ 浸透水がシルト(不透水層)を突き破って地表面へ噴出



④ 噴砂の拡大に伴い、堤防のり尻部が空洞化して陥没に至る



漏水発生メカニズム



法尻付近全景



漏水痕跡状況 1



漏水痕跡状況 2



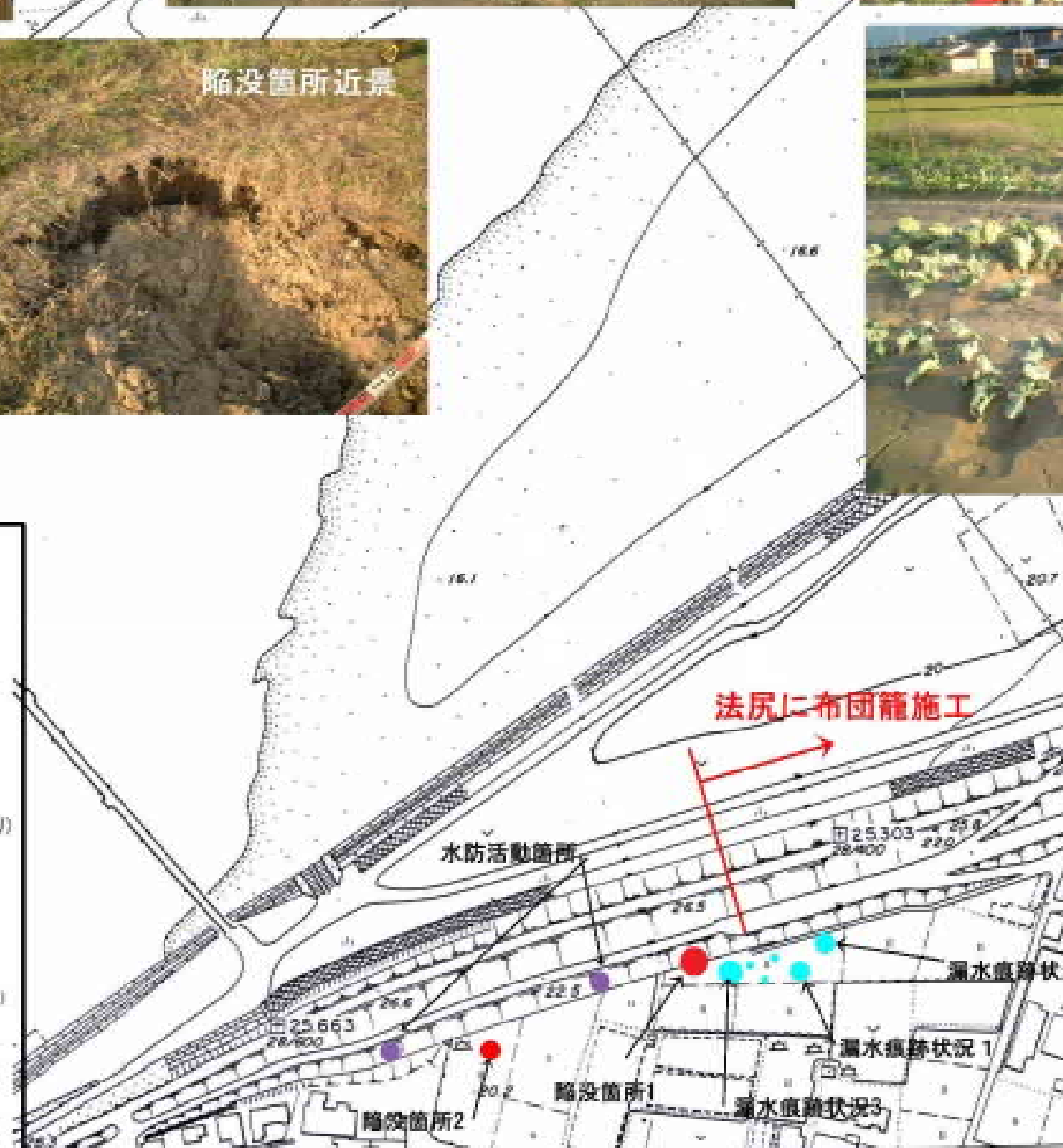
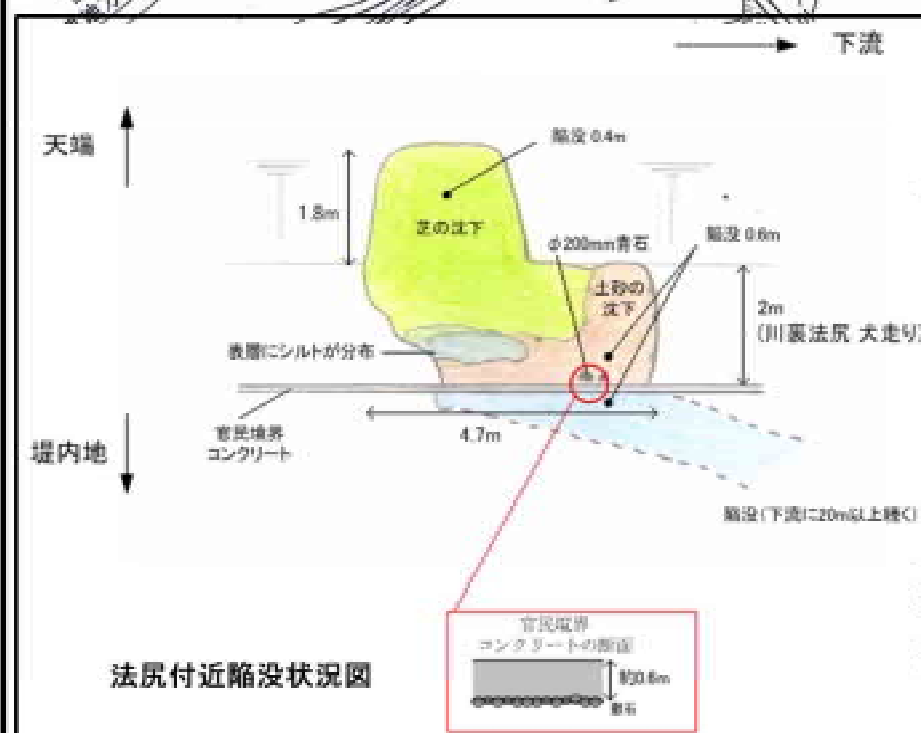
陥没箇所



陥没箇所近景



漏水痕跡状況 3



陥没箇所2遠景



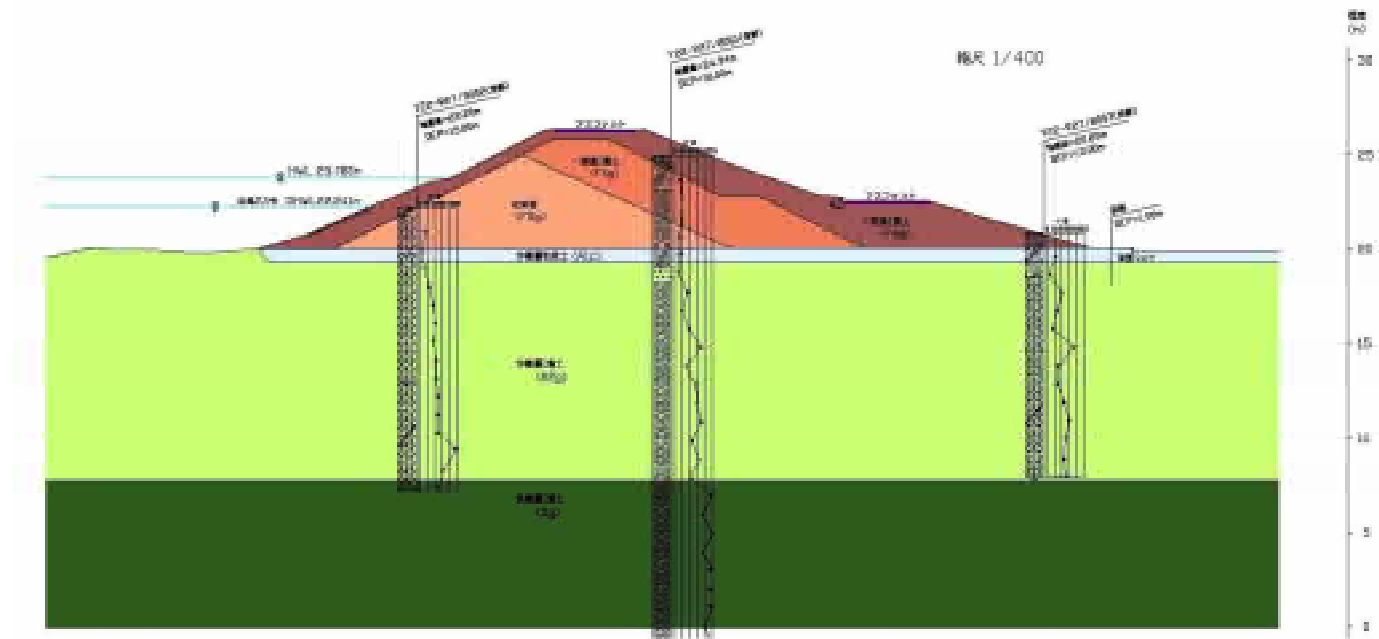
陥没箇所2近景

陥没および漏水箇所概要図 (R28.4k 付近)

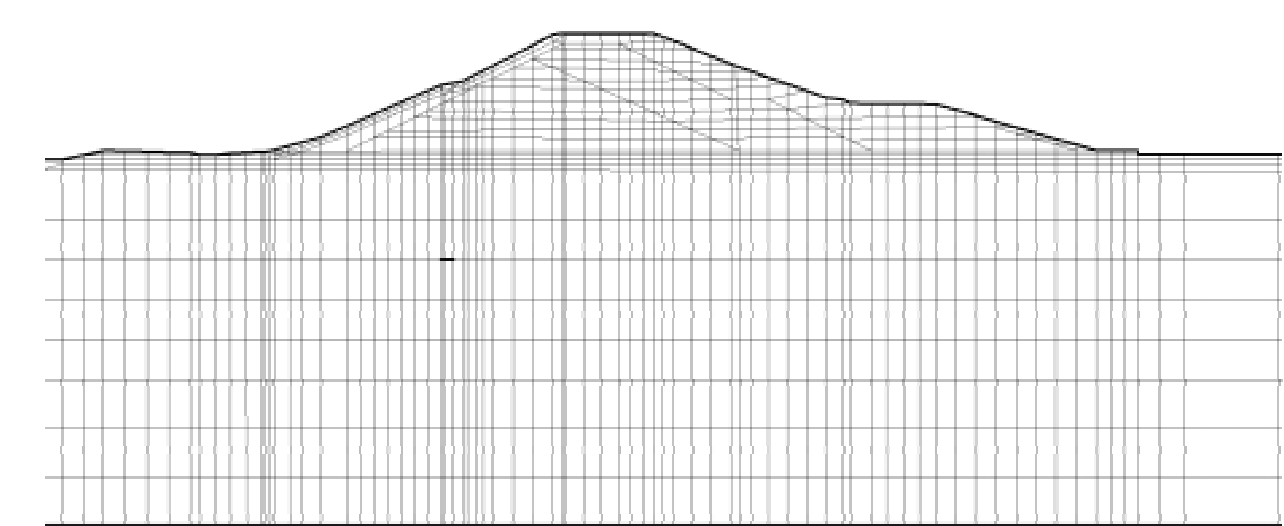
7.2 漏水現象の検証

台風23号により発生した吉野川右岸28k500付近の堤内側(畑地)における漏水現象(噴砂)を浸透流解析により検証した。

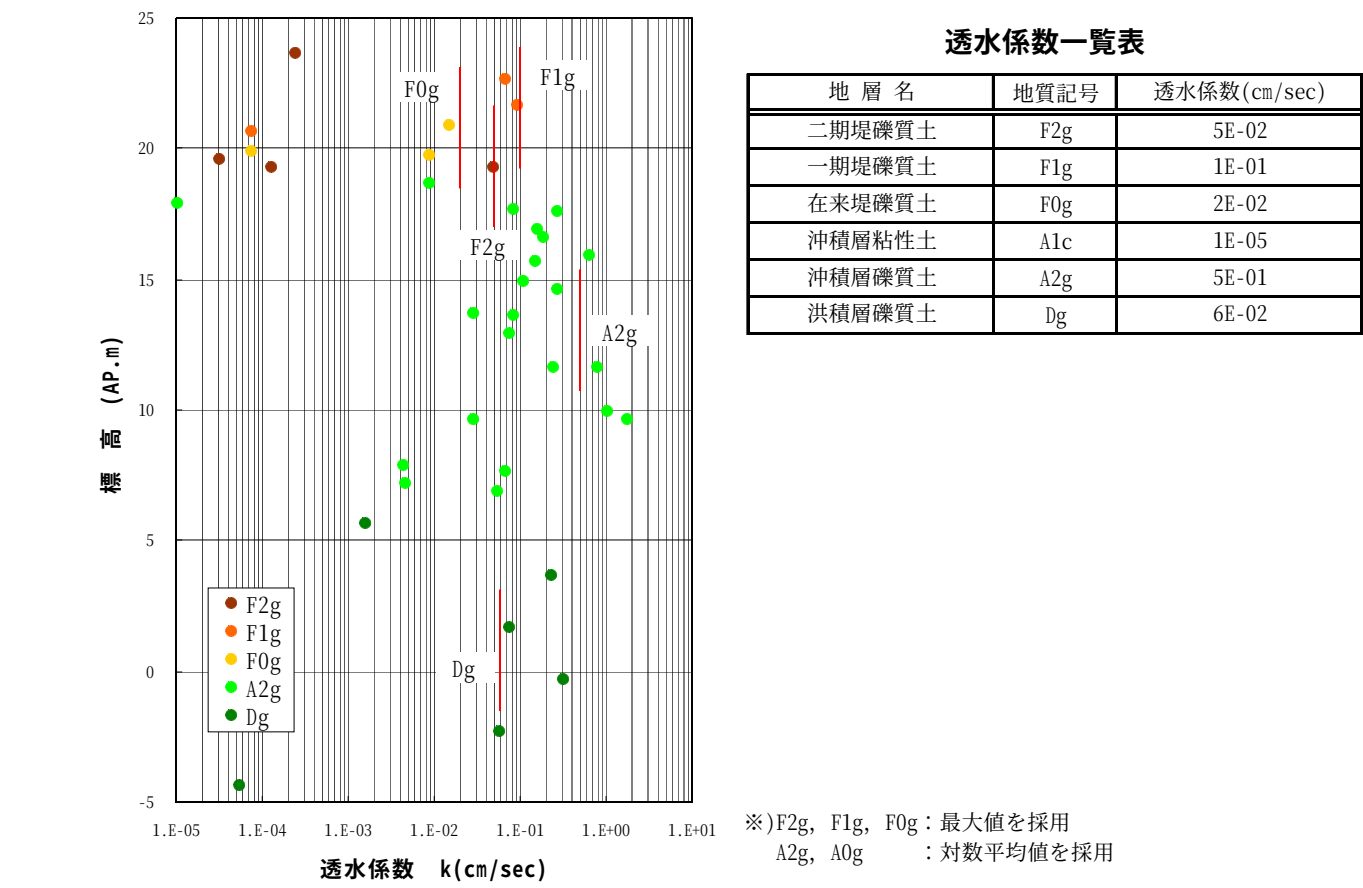
■ モデル断面図(吉野川右岸28k500)



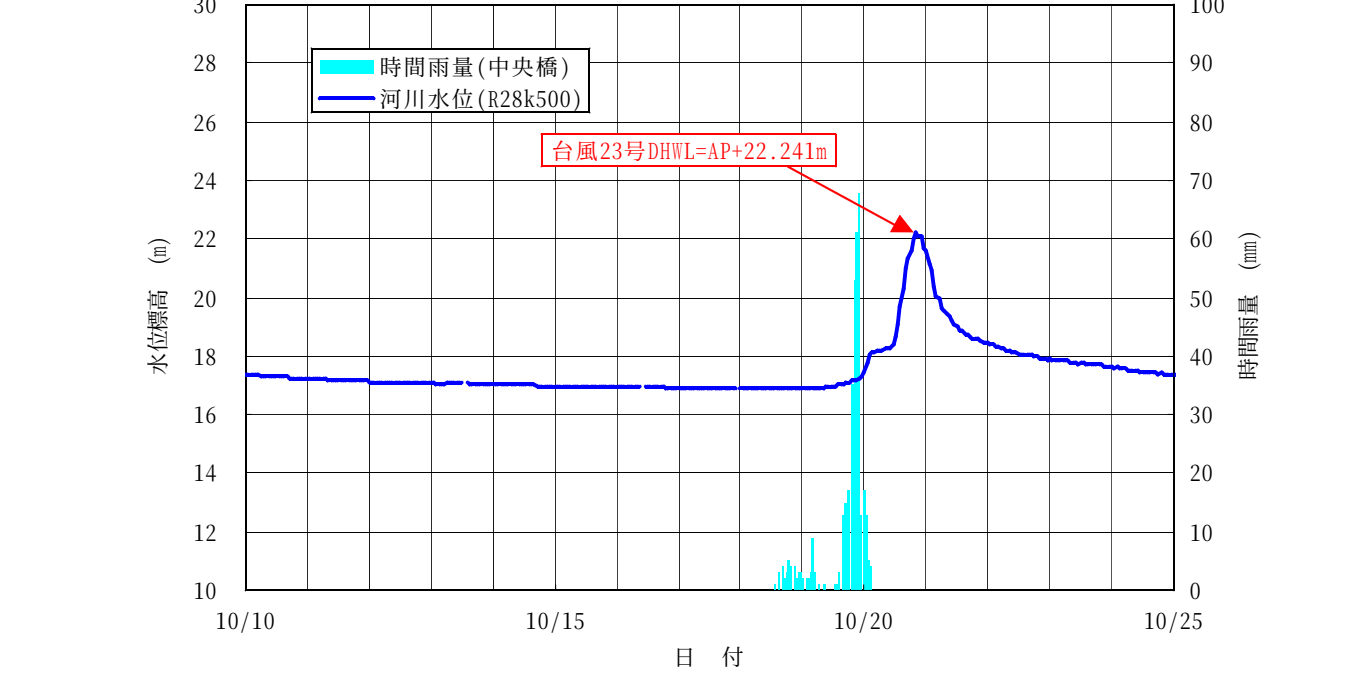
■ 浸透流解析メッシュ図



■ 土質定数(透水係数)の設定

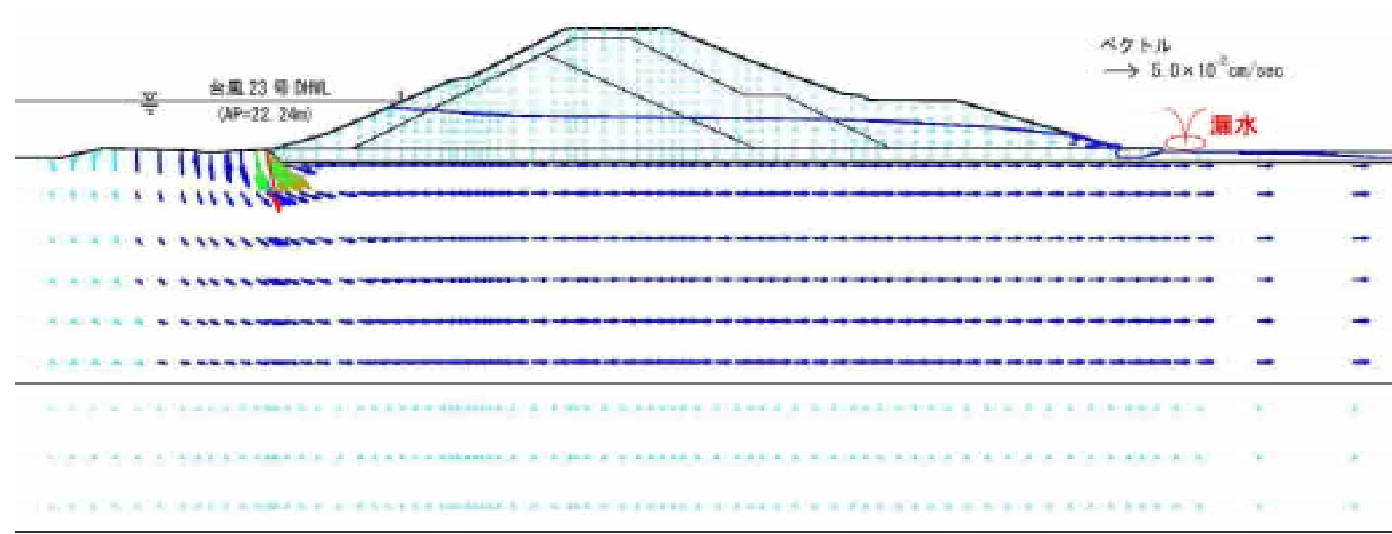


■ 台風23号による洪水外力



■ 検討結果

浸透流解析の結果、吉野川右岸28k500の堤内地(畑地)では G/W_p が1.0を下回り、解析においても漏水の可能性あることを示している。



浸透流解析結果図(ベクトル図)

堤防のり尻における漏水検討結果

吉野川R28k500 (堤防裏のり)		堤防 畑地										
		裏のり			のり尻	堤内地		段差	堤内地			
被覆土層の重量	$G \text{ (kN/m}^2\text{)}$	31.79	25.90	19.99	14.08	14.08	14.08	10.28	10.28	10.28	10.28	10.28
揚圧力	$W_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$	14.59	14.25	13.91	13.57	13.35	13.12	12.89	12.50	12.11	10.55	8.99
G/W_p		2.18	1.82	1.44	1.04	1.05	1.07	0.80	0.82	0.85	0.97	1.14

$G/W_p < 1.0$: 噴出

8．出水時のモニタリング結果と解析

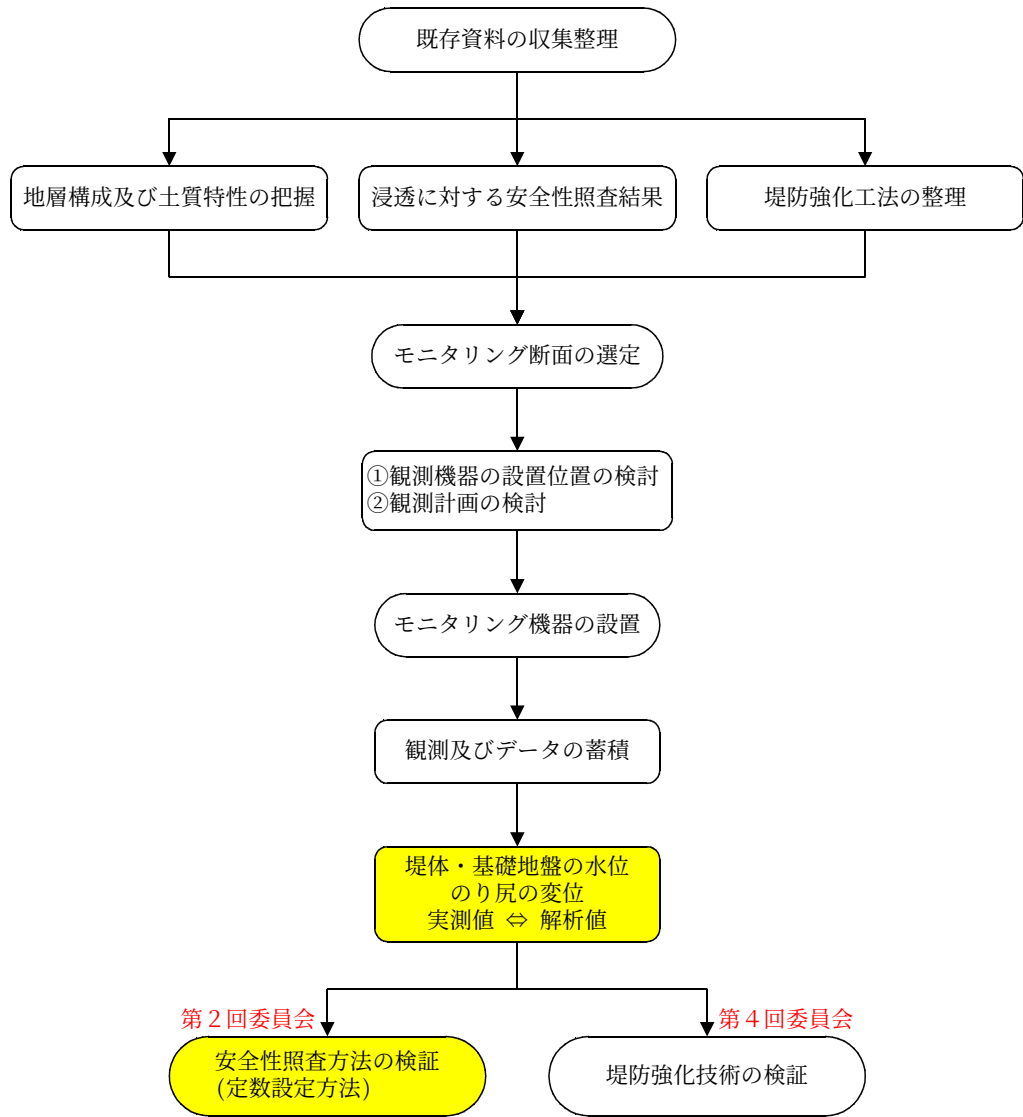
8.1 モニタリング概要

■ モニタリングとは、

河川堤防は、長い歴史の中で過去の被災に応じて、順次拡築や補修が行われてきた長大な土構造物であり、時代によって築堤材料や施工方法が異なるため、堤体の強度が不均一であり、しかもその構成が不明であること、複雑な地盤上に築造される構造物であることなど、様々な不確実性を内包している。このため、計画高水位以下の洪水に対する堤防の安全性・信頼性を維持し高めていくうえで、水防活動とあいまって、洪水時における堤防の状態を把握(モニタリング)しておくことが重要である。

吉野川におけるモニタリングは、「堤防の安全性評価に関する照査手法」および「堤防強化技術」を検証把握する目的で実施している。

■ モニタリングの流れ



モニタリングのフロー図

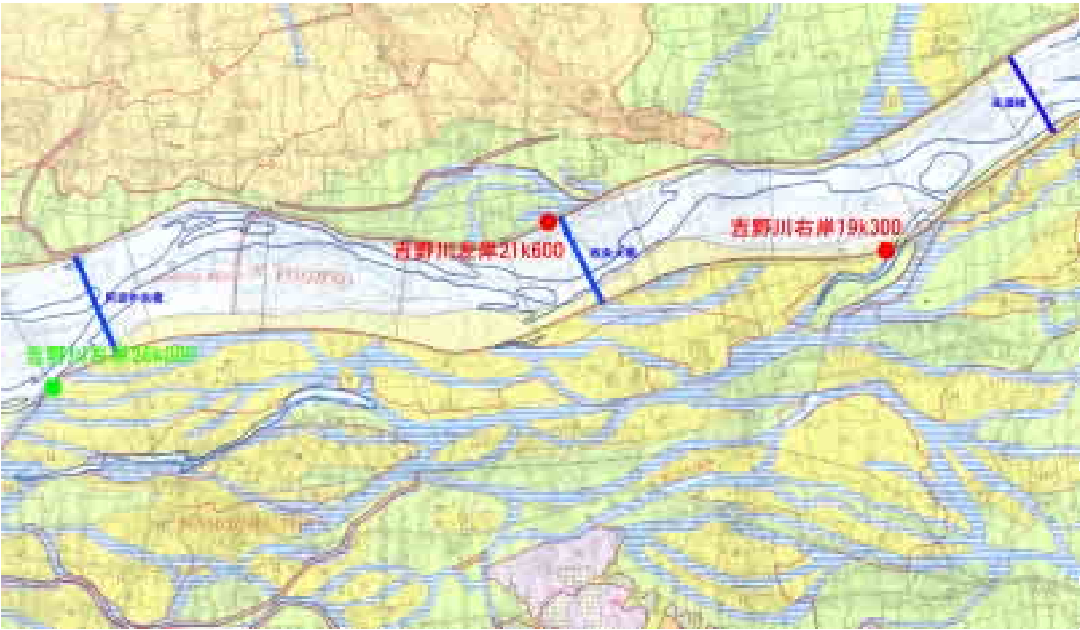
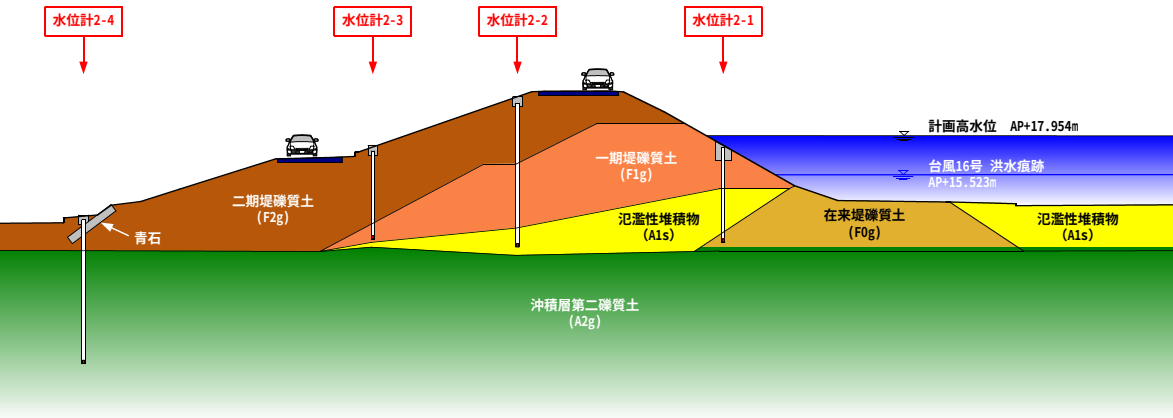
■ モニタリング断面の選定

吉野川におけるモニタリングは、以下に示す3箇所を選定した。

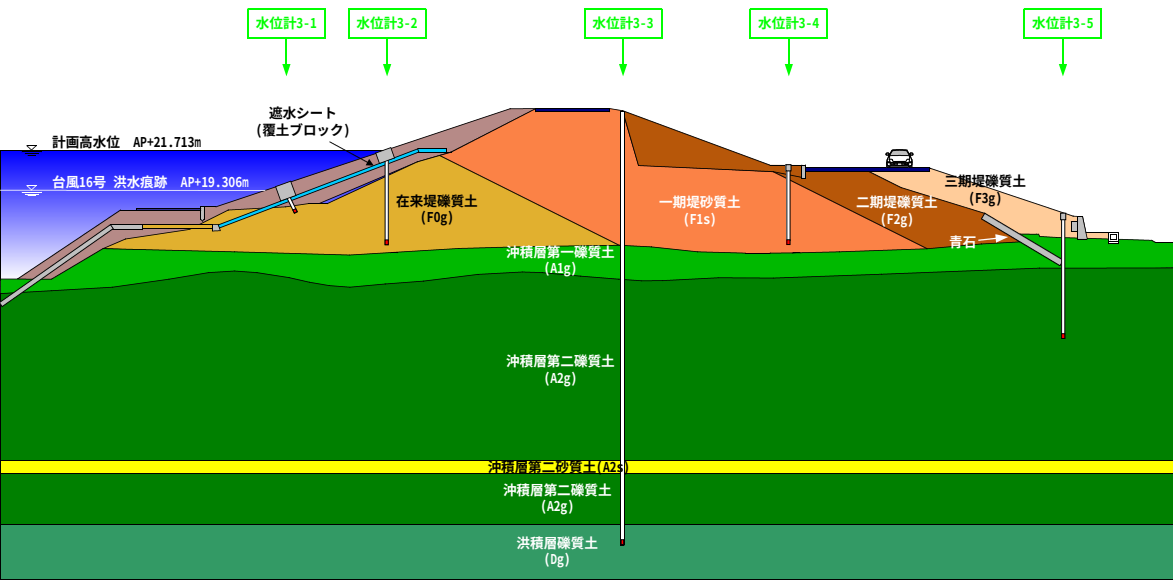
モニタリング位置	選定理由
吉野川右岸19k300	・過去に漏水実績のある重要水防箇所(漏水A)に指定 ・概略点検結果では「Dランク(危険度が高い)」に区分 ・吉野川の代表的な浸透対策工である「遮水護岸+ブロック」が施工 ↓ 詳細調査により土質構成及び土質特性が明らかであり、また、堤防の安全性照査方法に基づいた対策工が施工されている断面であるため、堤防強化技術を検証することが重要な断面として選定
吉野川左岸21k600	・過去に漏水実績のある重要水防箇所(漏水A)に指定 ・概略点検結果では「Dランク(危険度が高い)」に区分 ・未対策断面 ↓ 詳細調査により土質構成及び土質特性が明らかであり、また、未対策断面であるため、堤防の安全性照査方法を検証することが重要な断面として選定
吉野川右岸26k000 (計画中)	・過去に漏水実績のある重要水防箇所(漏水A)に指定 ・概略点検結果では「Dランク(危険度が高い)」に区分 ・吉野川の代表的な浸透対策工である「遮水護岸」が施工 ↓ 詳細調査により土質構成及び土質特性が明らかであり、また、堤防の安全性照査方法に基づいた対策工が施工されている断面であるため、堤防強化技術を検証することが重要な断面として選定

8.2 モニタリング位置の概要

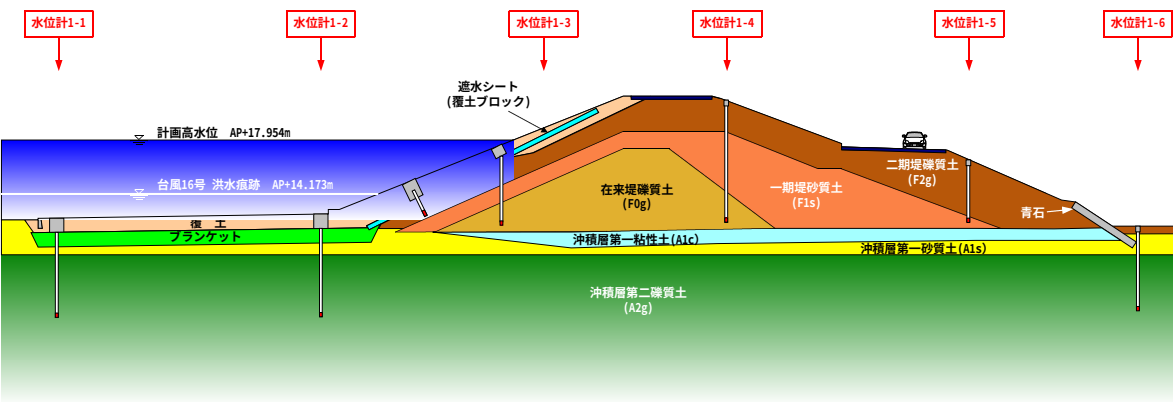
■ 吉野川左岸21k600(漏水未対策)



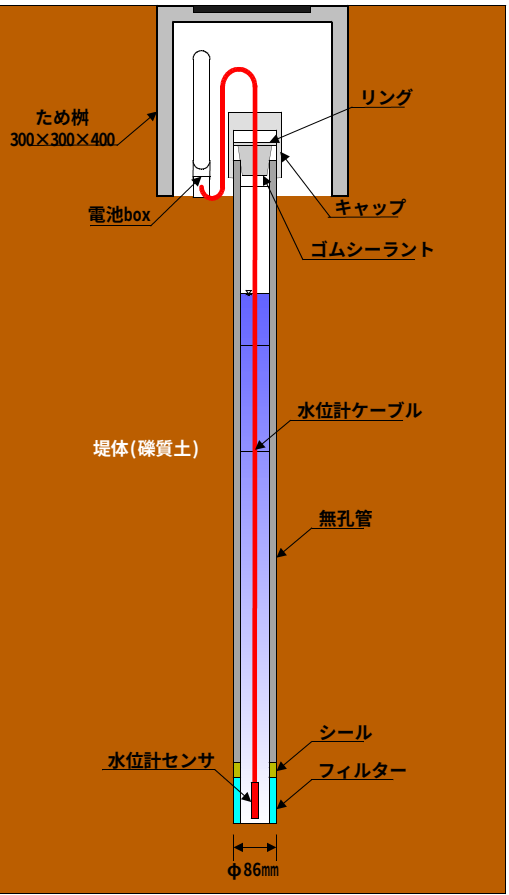
■ 吉野川右岸26k000(漏水対策済：モニタリング計画中)



■ 吉野川右岸19k300(漏水対策済)



■ 水位観測孔詳細図

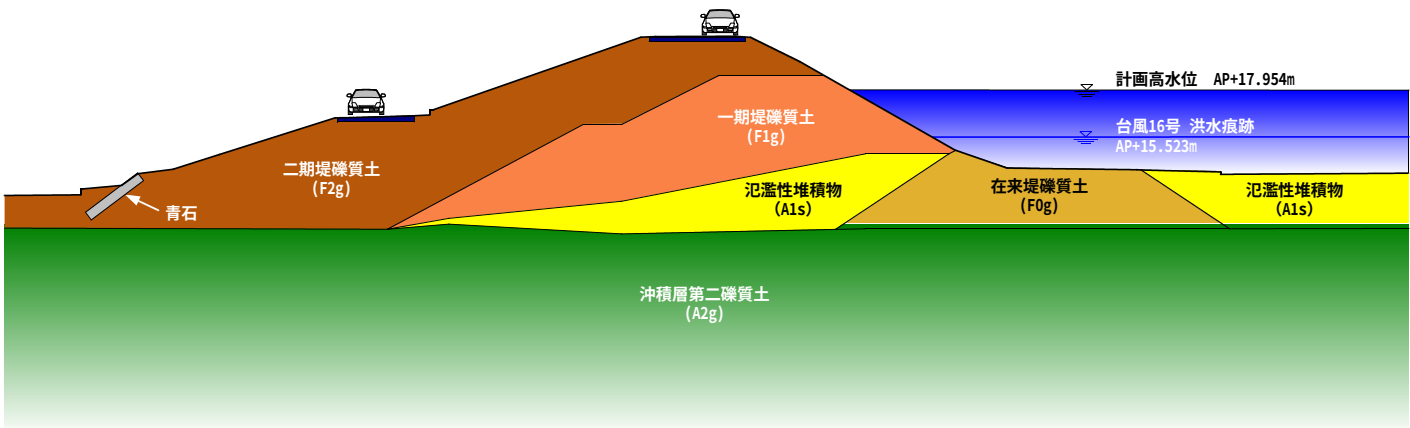


- ① 水位観測孔は、河川水の影響を受けないように地中に埋設した。また、水没することを考慮して密閉式柵を用いた。
- ② 水位センサは、地下水の水圧を測定するために圧力センサを用いた。
- ③ 測定間隔は、10分毎とした。

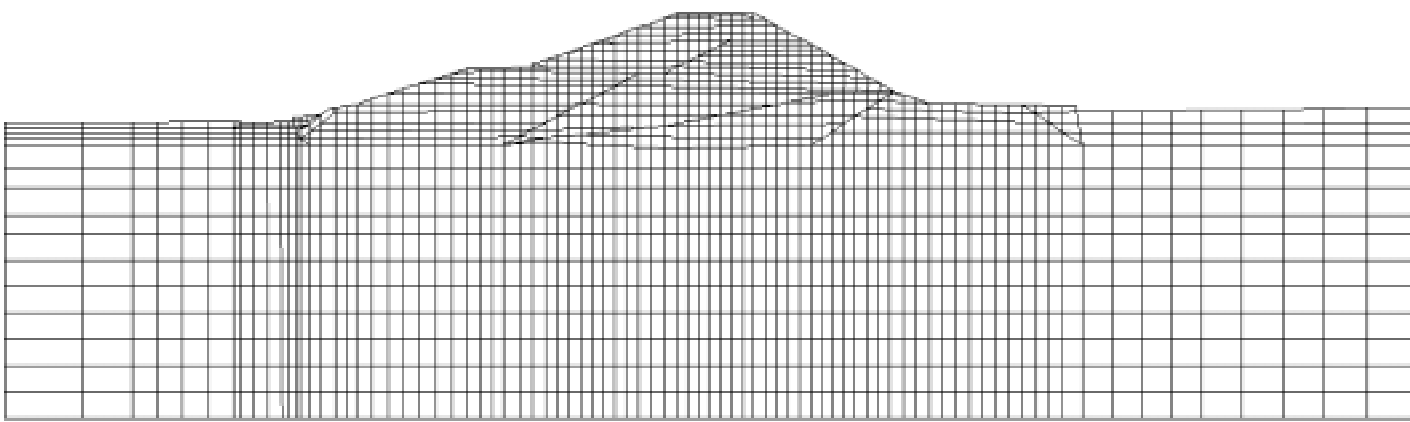
8.3 浸透流解析による実測値との比較

吉野川左岸21k600(未対策)における台風10号および16号のモニタリング結果を基に、不飽和－飽和浸透流解析により実測値との比較を行った(台風23号については解析中)。
解析モデルおよび外力条件を以下に示す。

■ 地質断面図：吉野川左岸21k600(未対策)

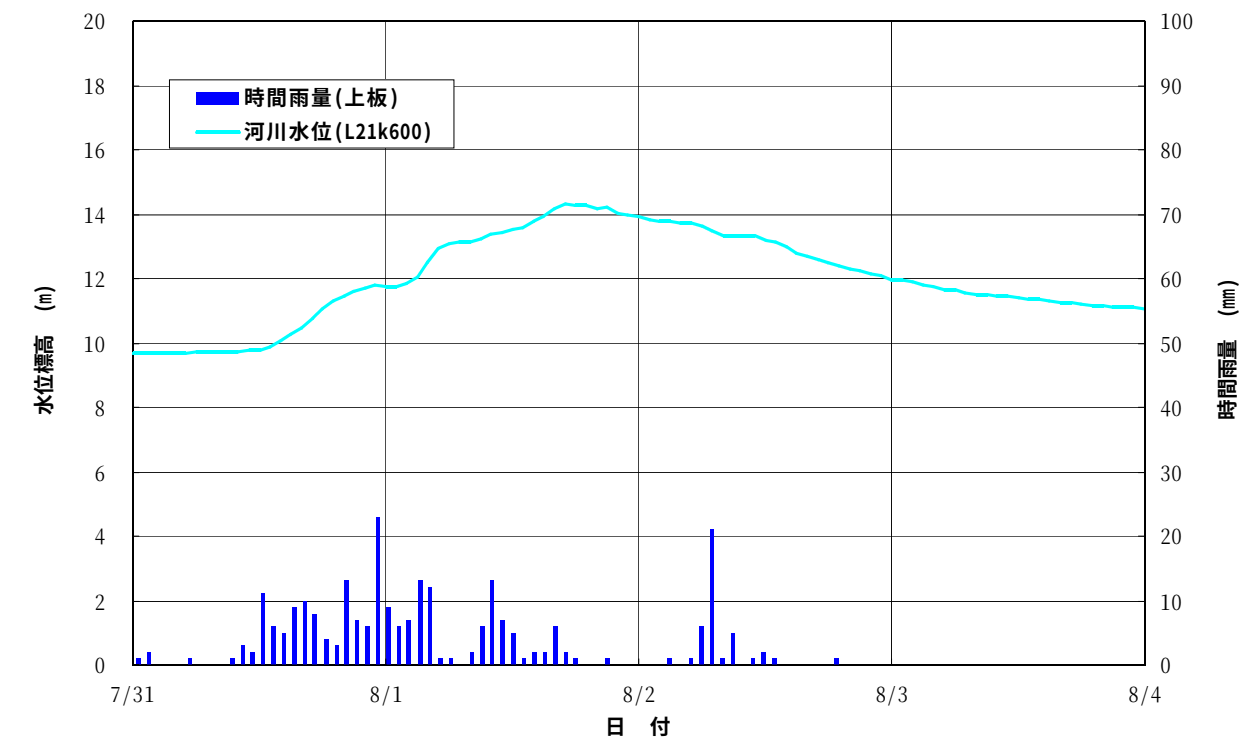


■ 解析メッシュ図：吉野川左岸21k600(未対策)

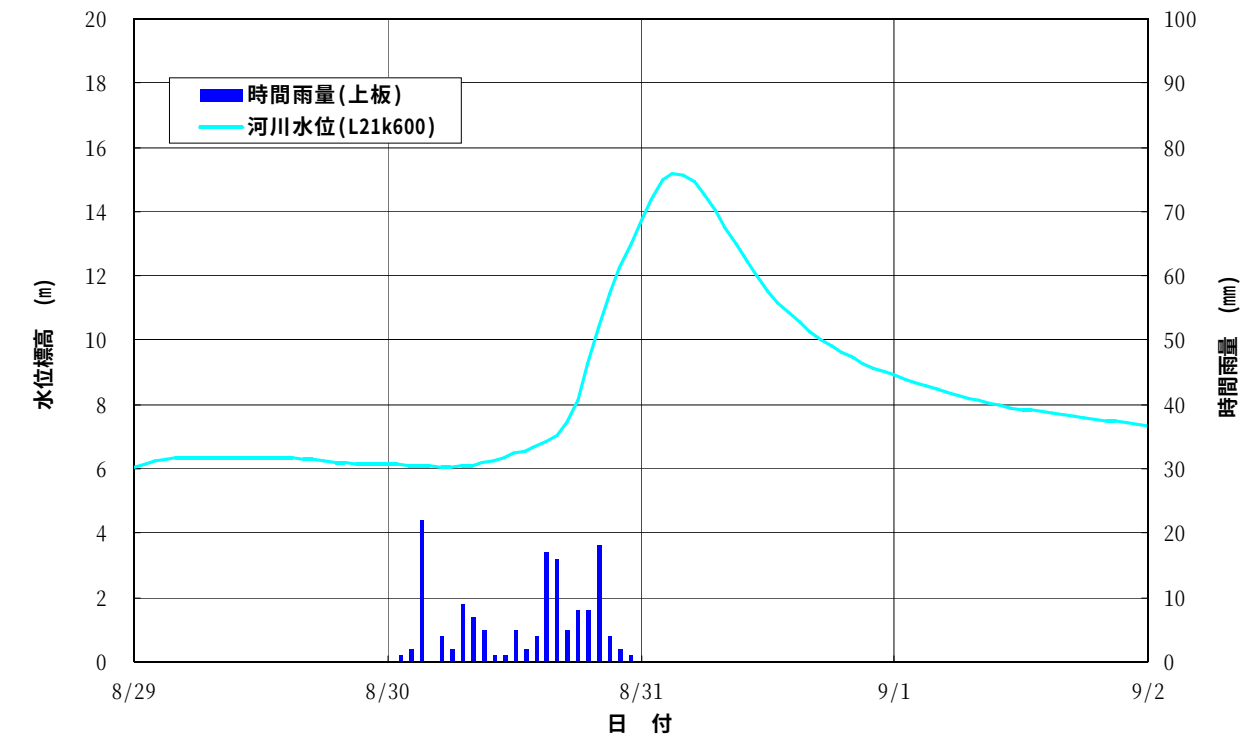


■ 洪水外力条件

● 台風10号



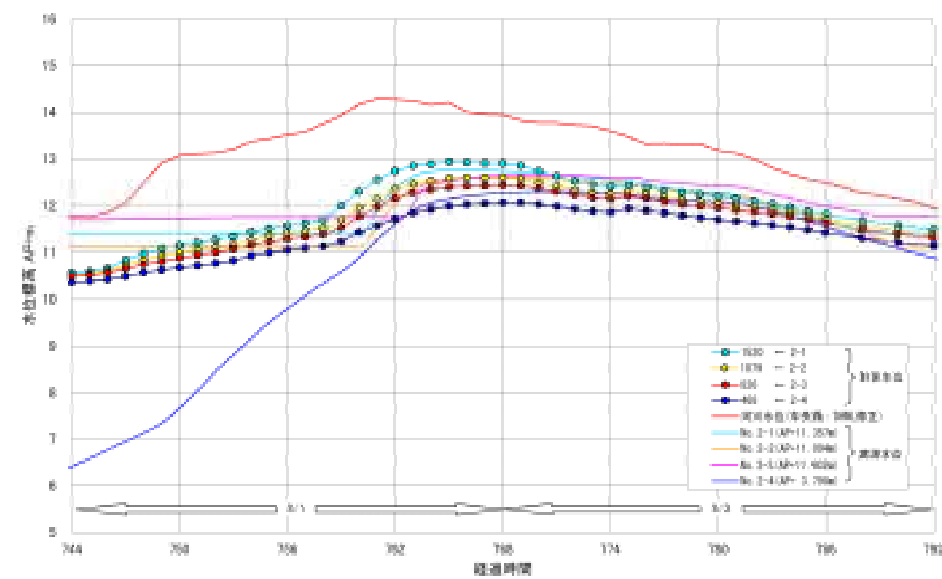
● 台風16号



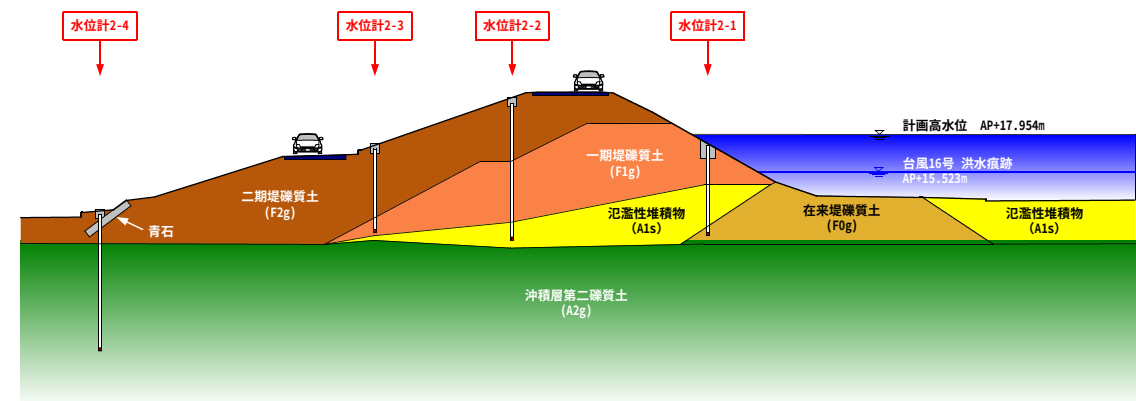
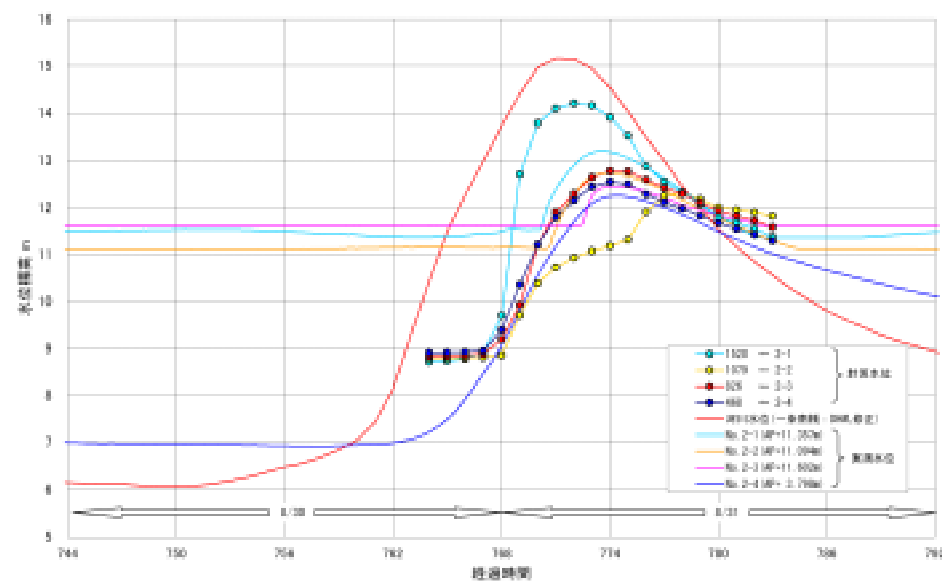
■ 水位観測位置における実測値と解析値の比較

解析の結果、浸透流解析により堤体内浸潤線の経時変化を再現できることがわかる。

● 台風10号



● 台風16号

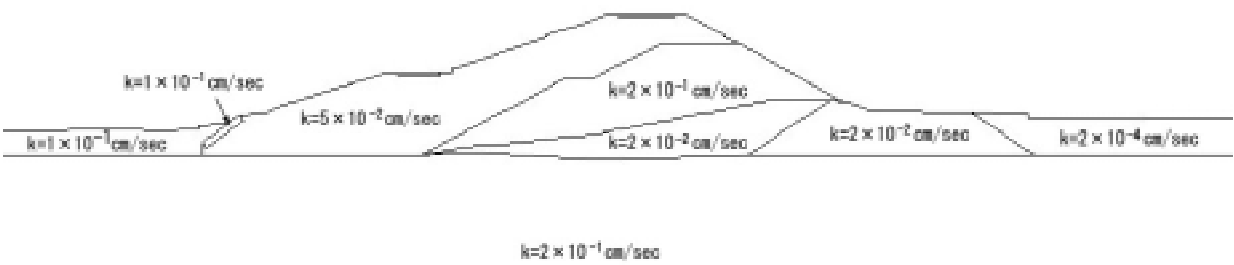


水位計位置図(吉野川左岸21k600)

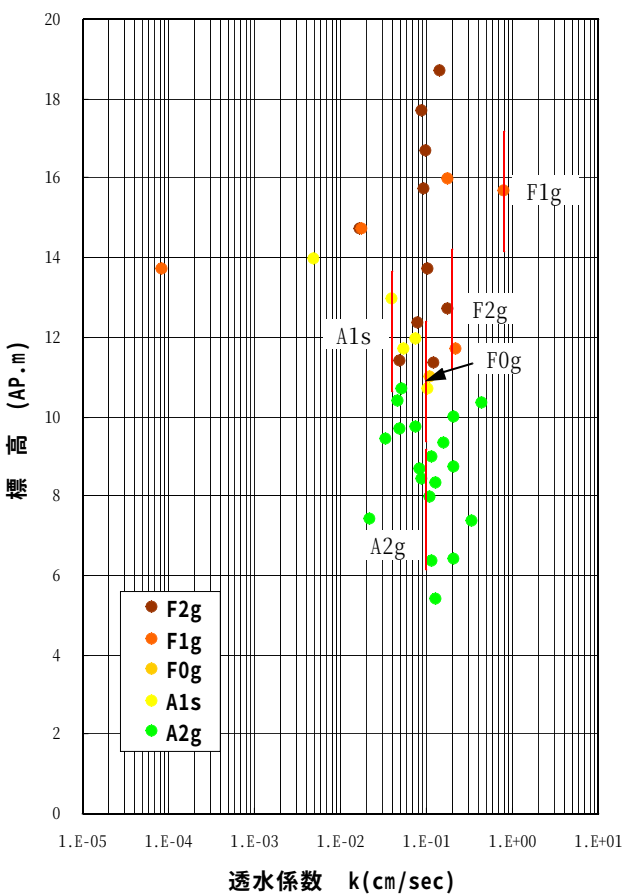
■ 地盤定数(透水係数)の比較

浸透流解析および粒度試験(第6章参照)結果より求めた透水係数は、下表に示したとおりである。

モニタリングの目的は、長大構造物である河川堤防の安全性を定量的に評価するための照査手法を検証することにある。今回の解析結果から粒度試験結果から設定した透水係数は、浸透流解析から得られた透水係数と比較してほぼ同程度と見なせるため、堤防の安全性照査に関わる透水係数の設定方法として、第6章(p.6-5)に示した方法は妥当と考える。



浸透流解析より求めた透水係数



粒度試験結果から求めた透水係数

透水係数の比較表

地 層 名	地質記号	透水係数 (cm/sec)	
		粒度試験	浸透流解析
二期堤礫質土	F2g	2E-01	5E-02
一期堤礫質土	F1g	8E-01	2E-01
在来堤礫質土	F0g	1E-01	2E-02
沖積層砂質土	A1s	4E-02	2E-02
沖積層礫質土	A2g	1E-01	2E-01

※) F2g, F1g, F0g : 最大値を採用
A1s, A2g : 対数平均値を採用

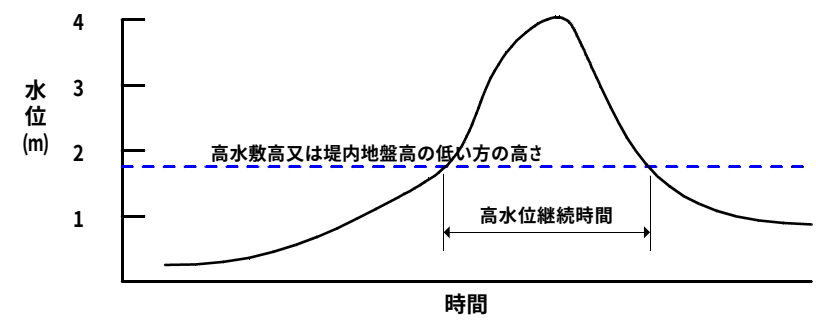
<用語集>

(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)

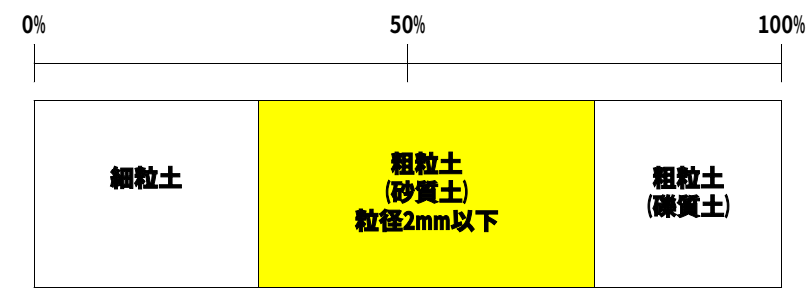
- 旧河道（きゅうかどう）
扇状地よりも下流の平野部では、河川は自由蛇行しやすい。旧河道は蛇行があまりにも進んで流路が短絡した場合や洪水時に自然堤防が破られて新しい河道が作られた場合にできる(地形学概論より)。自然堤防は河川の上流から運搬されてきた砂などが河道の岸に沿って堆積して形成された微高地をいう(地形学辞典より)。旧河道は、洪水時に氾濫流の通り道となりやすい。また、堤防が旧河道を横切る箇所では漏水が発生しやすい。また、比較的軟弱な土砂が堆積している場合が多く、地盤沈下もしくは地震時には液状化する可能性もある。
- 既往最大洪水流量（きおうさいだいこうずいりゅうりょう）
ある河川において水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（ $\overline{CU}$ ）（さんじくあっしゅくしけん しーゆーばー）
 $\overline{CU}$ 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'、 ϕ')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。

（**夕行**）

●**単位体積重量**（たんゐ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〕

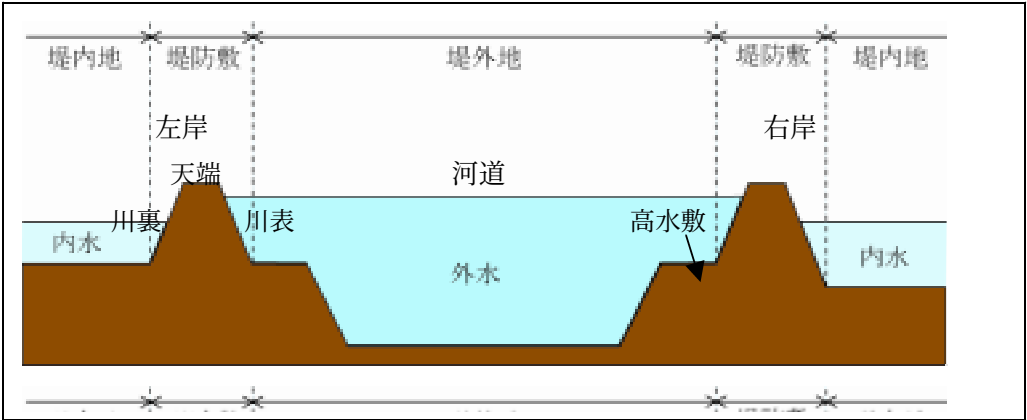
堤防や道路盛土などの土構造物の上面をいう。

- ・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）

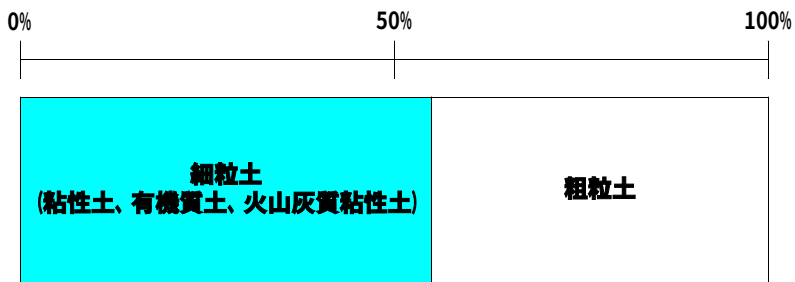
堤防や基礎地盤の水の流速（ながれのはやさ）の大きさを示す指標で、飽和時の透水係数を飽和透水係数、不飽和時は不飽和透水係数という。その係数の値が大きいほど、透水性は良い。

（**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。

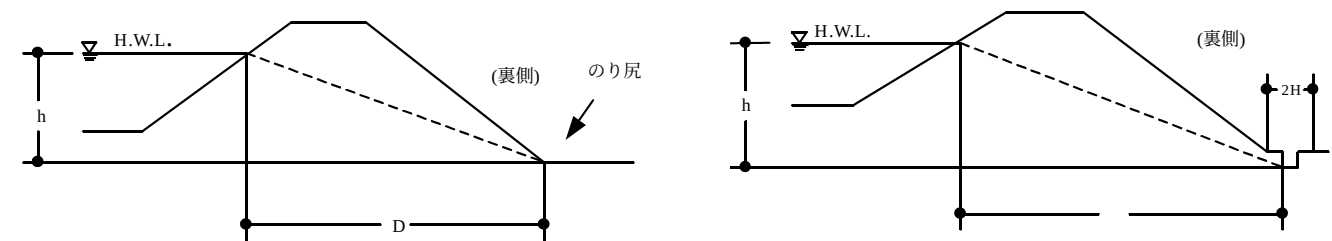


●粘着力と内部摩擦角（ネンチャクリョク ト ナイブマサツカク）
それぞれ土の強さを表す値をいう。粘性土を主体とする土は、粘着力が主体である。一方、砂質土や礫質土は内部摩擦角を主体である。いずれの値も大きい方が地盤としては強い。

(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。

●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(k㎡)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。

