

4.7.2 安定検討

造成アバットメント背面の地下水位については、現設定値である豊水期水位が安全側と考えられる。

なお、参考までに背面水位（宙水）がダム天端標高まで上昇した場合の安定計算を行い、表 - 4.7.1に示した。

同表より、ダム完成後において安定上、最も厳しい条件となる設計洪水位（H.W.L時）においては、滑動に対する安全率4以上を満足する。

表 - 4.7.1 造成アバットメント 背面水位別安定検討

(CASE - 1)

背 面 水 位			貯水位	左 岸		右 岸	
今 市 水 位 無	左岸 A4-W	EL 462	HWL	(滑) 4.489		(滑) 4.643	
			施工(常)	(転) 1.132 × (滑) 2.647		(転) 1.251 × (滑) 4.253	
	右岸 A3-W	EL 462	施工(地)	(転) 1.018 × (滑) 2.396		(転) 1.135 × (滑) 3.964	
	左岸 A4-W	(左) - (右) -	HWL	-		-	
		(左) EL 458 (右) EL 460	施工(常)	(転) 1.646 (滑) 2.920		(転) 1.580 (滑) 4.665	
右岸 A3-W	(左) EL 459 (右) EL 461	施工(地)	(転) 1.300 (滑) 2.557		(転) 1.243 (滑) 3.950		

施工時において、背面水位がダム天端標高まで上昇する現象は生じないと判断される。

(CASE - 2)

背 面 水 位			貯水位	左 岸		右 岸	
今 市 上 面 考 慮	左岸 A4-W	EL 462	HWL	(滑) 4.347		(滑) 4.305	
			施工(常)	(転) 1.120 × (滑) 2.385		(転) 1.279 × (滑) 4.696	
	右岸 A3-W	EL 462	施工(地)	(転) 1.009 × (滑) 2.176		(転) 1.113 × (滑) 3.591	
	左岸 A4-W	(左) - (右) -	HWL	-		-	
		(左) EL 458 (右) EL 460	施工(常)	(転) 1.621 (滑) 2.624		(転) 1.538 (滑) 4.224	
右岸 A3-W	(左) EL 459 (右) EL 461	施工(地)	(転) 1.284 (滑) 2.319		(転) 1.217 (滑) 3.578		

施工時において、背面水位がダム天端標高まで上昇する現象は生じないと判断される。

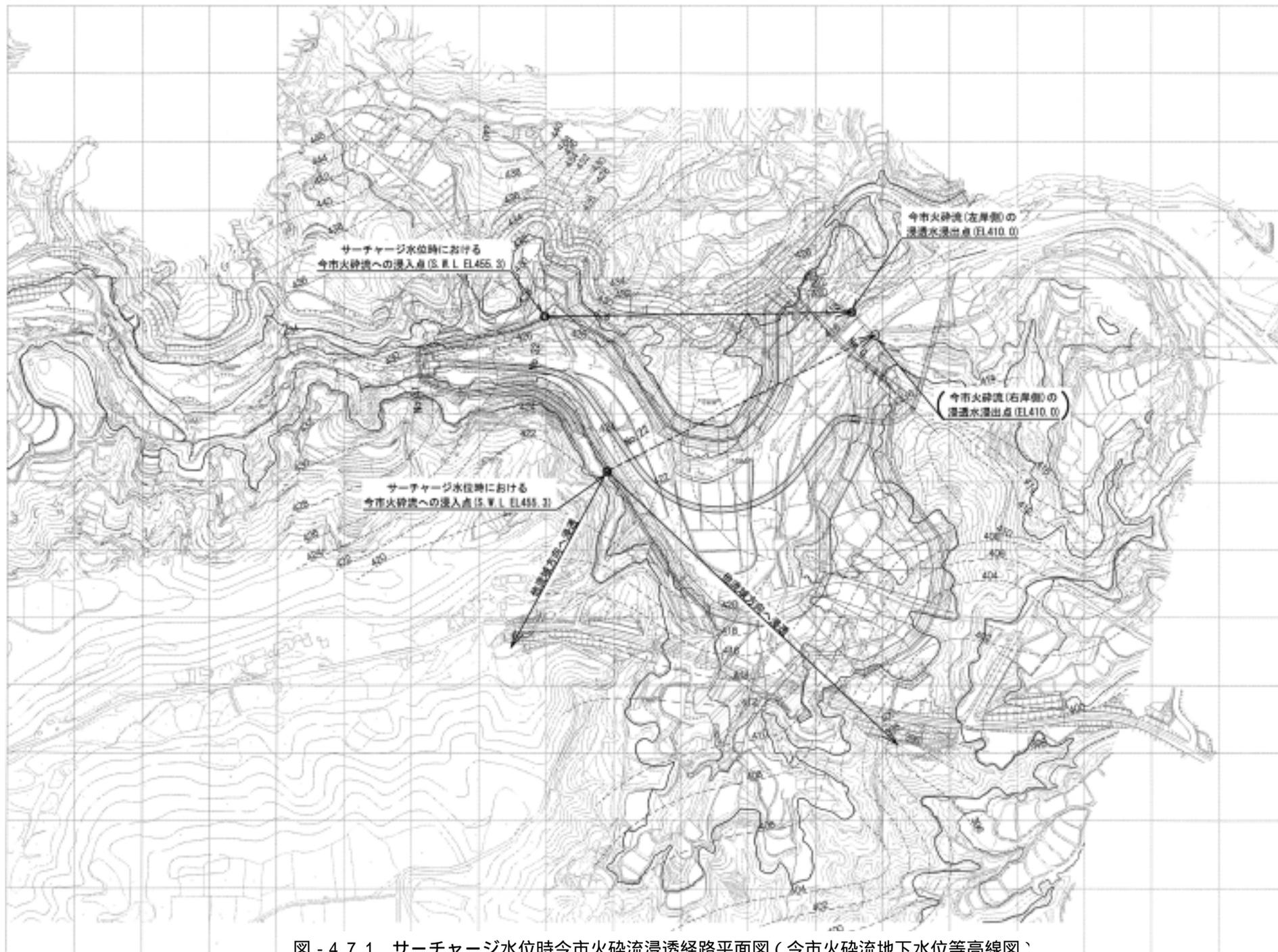
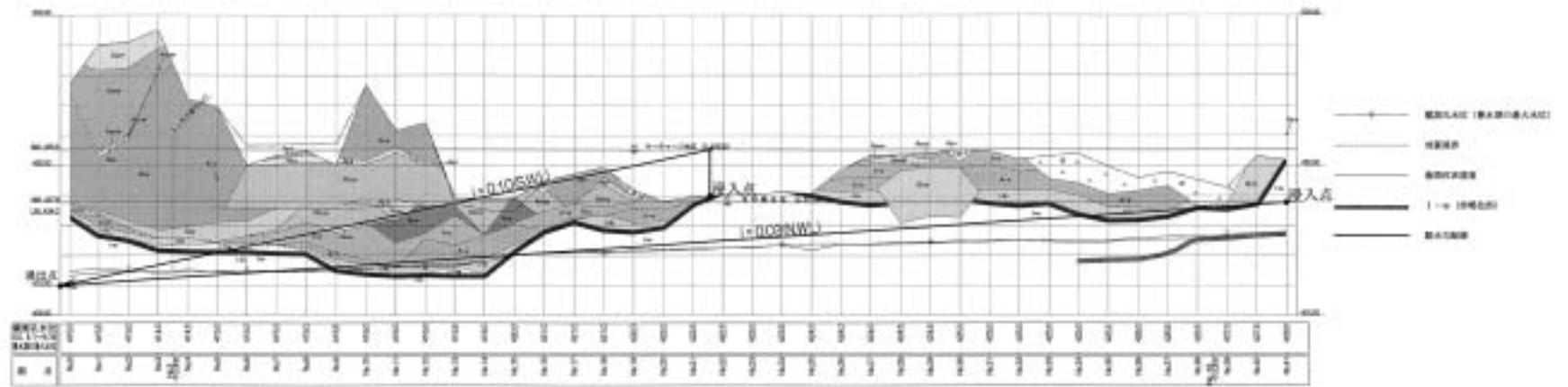
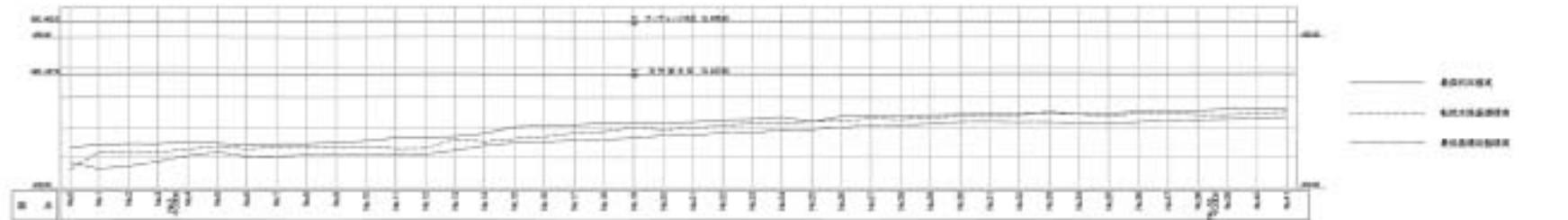


図 - 4.7.1 サーチャージ水位時今市火砕流浸透経路平面図 (今市火砕流地下水位等高線図)

右岸



河床



左岸

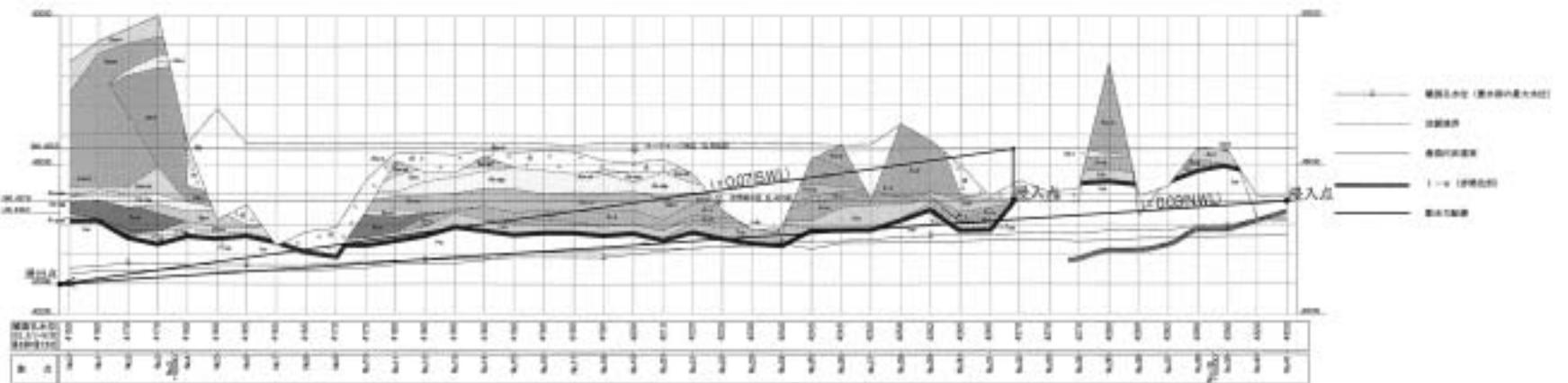


図 - 4.7.2 サーチャージ水位時今市火砕流浸透経路縦断図 (両岸地下水位縦断図)

4.8 造成アバットメント背面の軟質層パイピング抵抗性検討事例（稲葉ダム）

4.8.1 概要

稲葉ダムにおいては、造成アバットメント背面に分布する透水性が高い軟質層に沿ってパイピングが発生した場合における抵抗性検討を実施している。

検討条件を、表 - 4.8.1に示す。

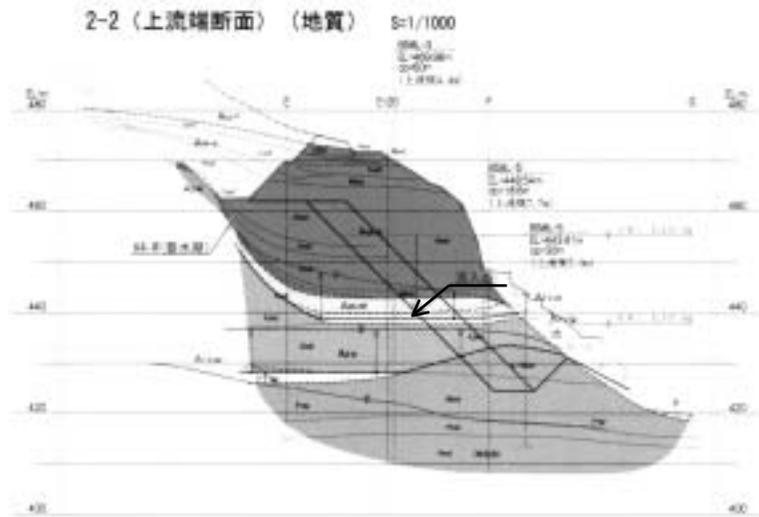
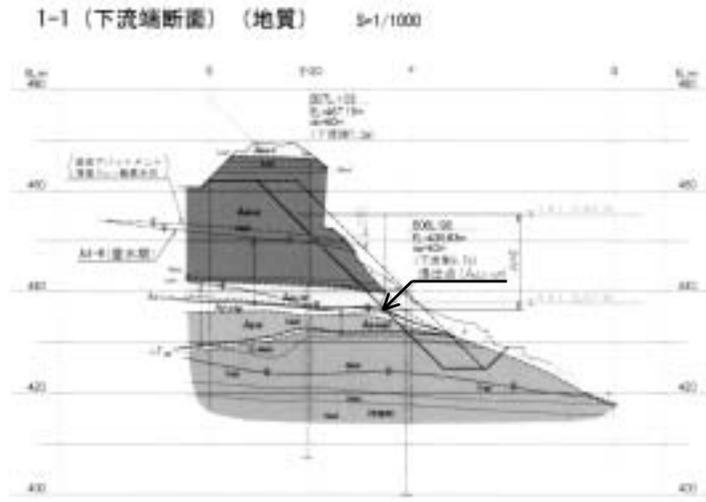
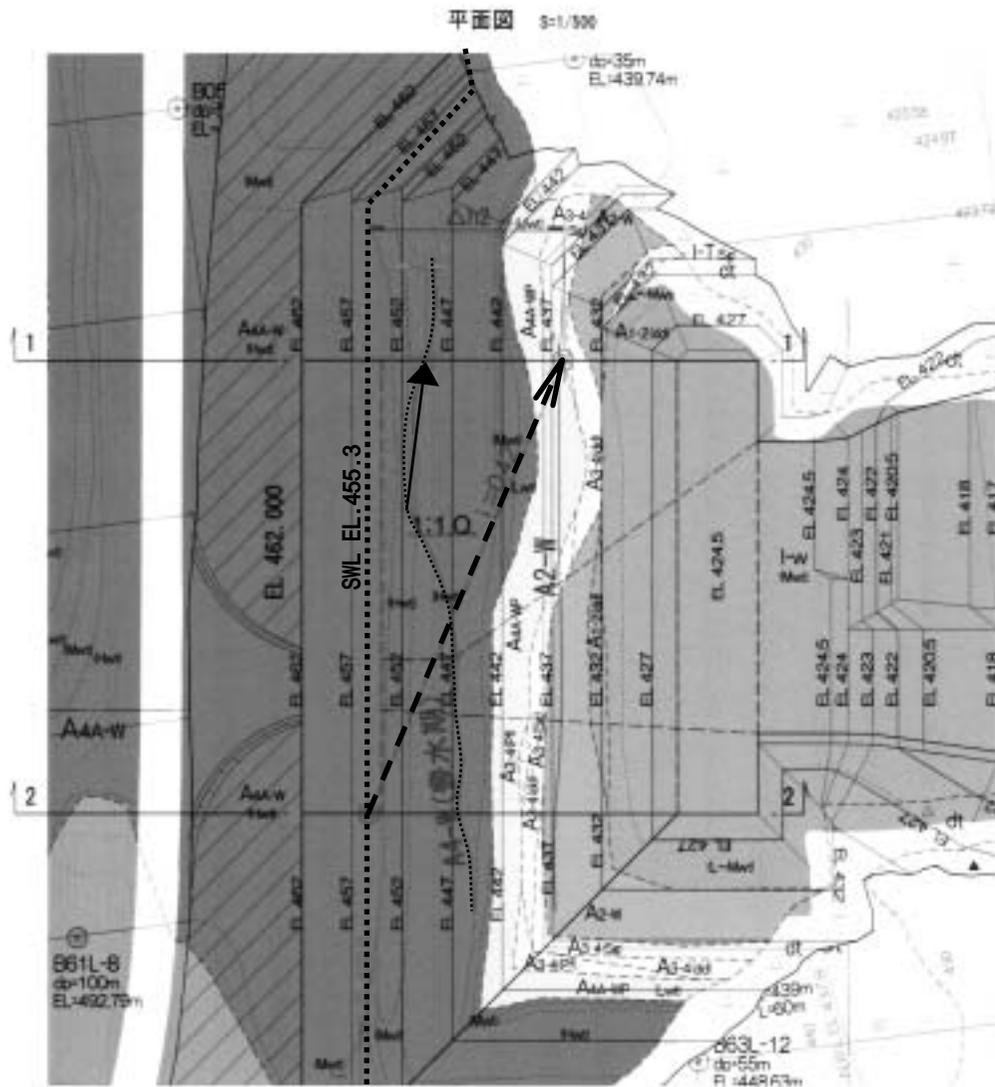
表 - 4.8.1 軟質層パイピング抵抗性検討条件

項目	検討条件
検討対象軟質層	〔左岸〕 A_{4A-W} （シラス状） $A_{3-4(sg)}$ （砂礫層） 〔右岸〕 $I-W \sim A_{3-W}$ はさみ層
水頭条件	・豊水期（降雨時）：最大地下水位～想定浸出点標高 ・試験湛水時：サーチャージ水位～想定浸出点標高
限界動水勾配 i_{cr}	〔左岸〕 A_{4A-W} ：8.0 $A_{3-4(sg)}$ ：1.5 〔右岸〕 $I-W \sim A_{3-W}$ はさみ層：8.0（いずれも想定値）

4.8.2 抵抗性検討

各検討条件毎に平面的な浸入点及び浸出点を想定し、算出される動水勾配 i と限界動水勾配 i_{cr} の比により安全性の評価を行った。検討結果を図 - 4.8.1～4.8.3に示す。安全性の評価値である i_{cr}/i はいずれも高値を示していることから、軟質層のパイピング抵抗性については特に問題ないものと判断する。

図 - 4.8.1 A4A-W (Aso-4火砕流強溶結部) 浸透水によるA4A-W (シラス状) のパイピング抵抗性検討図



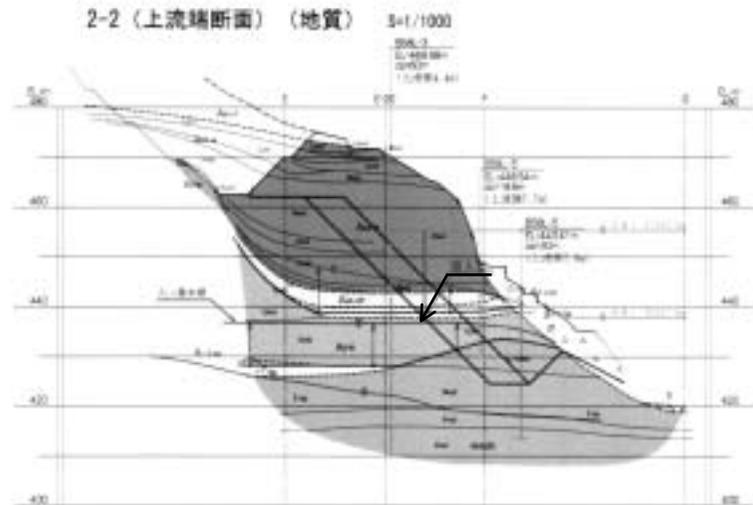
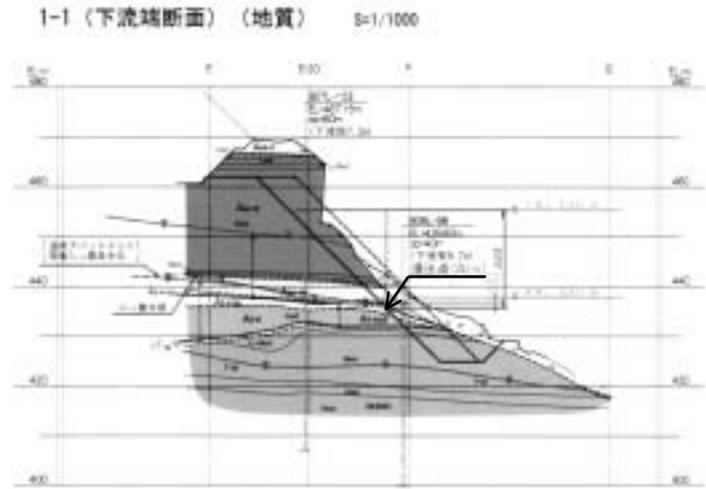
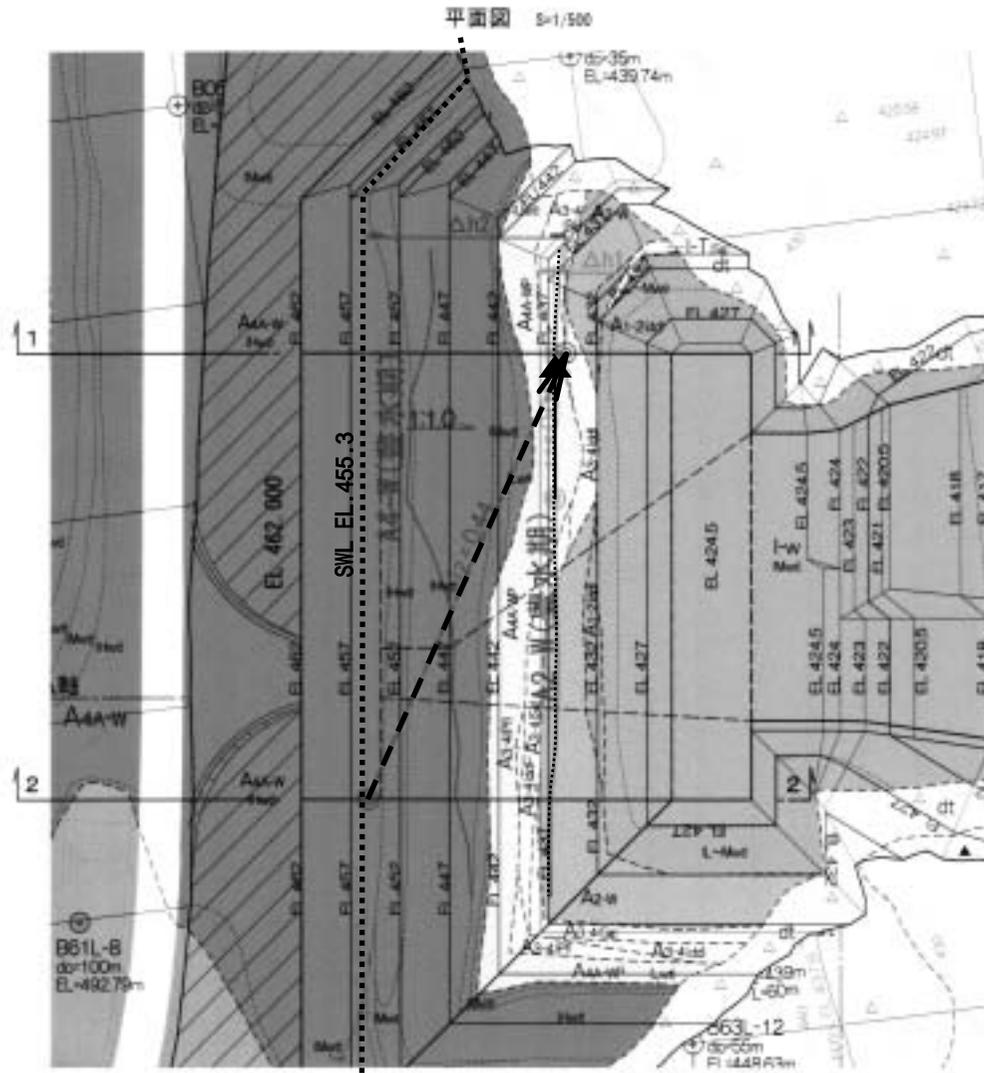
左岸側パイピング抵抗性検討 (A4A-W・シラス状)

検討条件	貯水位 (EL. m)	浸出点標高 (EL. m)	浸透路長 L (m)	水頭 Δh (m)	動水勾配 i	限界動水勾配 i _{cr}	安全性の評価 i _{cr} /i
湧水期 (降雨時)	最高地下水位	431.1	448.4	14.6	1.7	8	66.7
試験灌水時の水頭不良時	S.W.L.	455.3	436.4	44.9	18.9	8	19.0

△h: i 動水頭
 Δh_c: i_c 試験灌水時の水頭不良時

地下水位 (水頭線)
 浸出点の地下水位
 浸透水の浸透路

図 - 4.8.2 A2-w (Aso-2火砕流非溶結部) 浸透水によるA3-4 (sg) (砂礫層) のパイピング抵抗性検討図

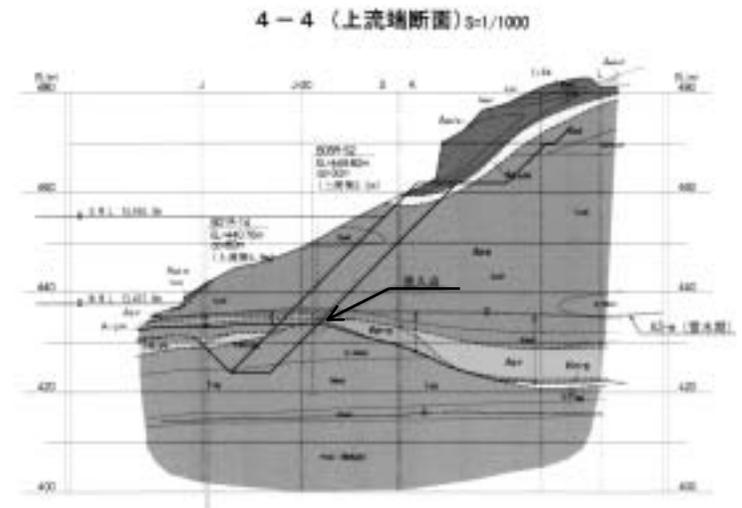
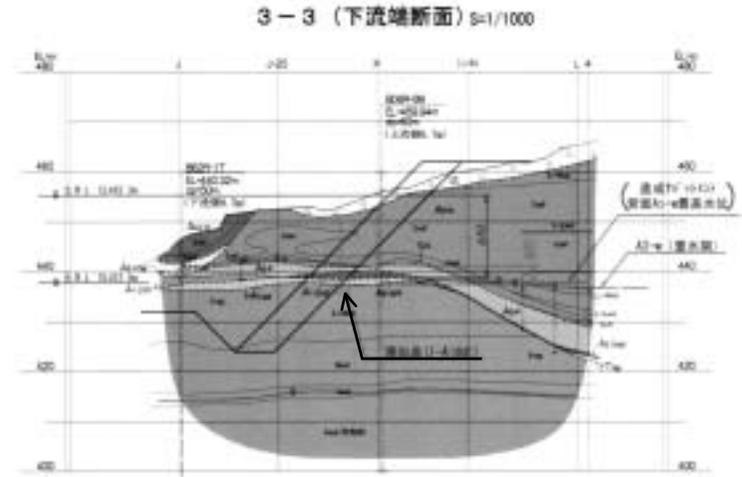


左甲側パイピング抵抗性検討 (A3-4 (sg) - 砂礫)

検討条件	貯水位 (EL.m)	浸透点標高 (EL.m)	浸透路長 L (m)	水頭 Δh (m)	動水勾配 i	限界動水勾配 i_{cr}	安全性の評価
貯水層 (降注時)	相模川下水位	436.9	14.6	0.8	0.04	1.5	37.3
試験透水時の水密不良時	S.W.L	455.3	44.9	18.7	0.44	1.5	3.4

△h : i 浸透時
 △h : i 試験透水時の水密不良時
 — 地下水位 (水頭線)
 — 浸透点標高下層
 — 浸透点標高

図 - 4.8.3 A3-w (Aso-3火砕流弱熔給部) 浸透水によるI-w~A3-w間はさみ層のパイピング抵抗性検討図



右岸側パイピング抵抗性検討 (I-w~A3-w間のはさみ層)

検討条件	貯水位 (EL. m)	浸出水標高 (EL. m)	浸透距離 L (m)	水頭 Δh (m)	水頭比 i	取水可配 (取水可配)	安全性の評価 i_{cr} / i
貯水期 (降雨時)	最高地下水位	443.2	437.5	5.7	0.36	8	22.2
試験浸水時の水密不良時	S.W.L.	455.3	438.8	16.5	0.36	8	22.2

Δh (1) : 降雨時
 Δh (2) : 試験浸水時の水密装置不良時
 地下水位 (水頭線)
 浸出水層下層
 浸透水層

4.9 造成アバットメント計測計画の事例（稲葉ダム）

4.9.1 ダム本体計測計画の概要

稲葉ダム本体の計測計画の概要を表 - 4.9.1に取りまとめて示し、造成アバットメントの計測計画に関する補足説明を次項以降に示す。

表 - 4.9.1 稲葉ダム本体の計測計画概要表

：造成アバットメントの計測計画に関する事項

目的	想定される事象	確認すべき事項	計測項目	計器	計測箇所	備考(関連事項等)
工事中の 施工管理	・コンクリート硬化時に発生する水和熱により、温度応力が生じ、コンクリートに温度ひび割れが発生する可能性がある。	・打設時のコンクリート温度と打込規制温度との関係 ・打設後のコンクリート温度上昇量	・コンクリート温度	・温度計 (打設コンクリートの温度管理) ・熱電対(埋設計器)	・打設面(打設時のコンクリート温度) ・最大断面(7BLOCK)の上下流方向7測線上で5標高毎に計測	・打込み温度制限(コンクリート温度) ・完成後の安全管理における変形量の解析に合わせて使用する。
	・造成アバットメントが変形することにより、堤体ジョイントが開く可能性がある。	・造成アバットメント上の堤体ブロックの挙動(応力状態)	・継目の開き ・(応力状態)	・継目計 ・(コンクリート圧縮応力計)	・造成アバットメント上の堤体ジョイント面(J1, J2, J14, J15)において、堤高の1/3標高程度に上下流2ヶ所で計測	・造成アバットメントの完成後の安全管理用埋設計器とともに構造解析にも使用する。 ・全漏水量と個別漏水量を把握
完成後の 安全管理	・貯留水および浸透水が、横継目、貯水池対策工との接合部、基礎排水孔より漏水する可能性がある。	・横継目および基礎地盤内からの漏水量の全量ならびに漏水箇所毎の個々の漏水量	・漏水量	・基礎排水孔 ・継目排水孔 ・三角堰	・横継目からの漏水量は、継目配水管により通廊へ導く(吐口部で個別計測可能) ・6BLOCKの主漏水測定所(基礎排水孔漏水量の全量および左岸、河床部+右岸からの漏水量を個別計測可能) ・9BLOCKの簡易漏水測定所(右岸の基礎排水孔漏水量を個別計測可能) ・左岸側ボーリング孔(B04L-19等) ・右岸側ボーリング孔(B05R-55等)	・造成アバットメントを迂回する浸透流に関しては、貯水池対策工計測計画の一環として監視する。
	・貯水池から漏水が発生した場合に、造成アバットメントを迂回する浸透流が増加する可能性がある。	・迂回浸透流の相対的変化(浸透流速、流向)と周辺井戸施設等への影響	・地下水位(間隙水圧) ・浸透流速、流向 ・井戸調査(水質等)	・水位計 ・流向、流速計		
	・貯留水圧、自重、揚圧力、温度応力、地震力等の堤体に作用する荷重により、堤体の変形することが予想される。	・堤体および基礎岩盤の経時的な変形量(挙動)を計測する。	・変形量(温度) (堤体、基礎岩盤)	・ブラムライン(ノーマル・リバーズ) ・岩盤圧縮変位計 ・(温度計)	・最大断面となる7BLOCK(ノーマル・リバーズブラムライン) ・埋設計器管理測線(7BLOCK) (岩盤圧縮変位計)	・堤体変形量は、堤体コンクリート温度の影響を強く受けるため、熱電対および測温付ひずみ計(埋設計器)による計測結果と合わせて解析する。
	・造成アバットメントは、軟質な基礎部の変形に伴って、造成アバットメント内に引張応力および堤体の変形への影響が発生することが予想される。	・造成アバットメントおよび堤体の変形量 ・造成アバットメントに作用する揚圧力 ・造成アバットメント内の応力分布	・変形量 ・応力 ・ひずみ ・揚圧力	・継目計 ・応力計 ・ひずみ計 ・間隙水圧計 ・圧縮応力計	・造成アバットメント上の堤体ジョイント面(継目計、圧縮応力計) ・造成アバットメント基礎面(軟質部)(ひずみ計、圧縮応力計、間隙水圧計) ・造成アバットメント基礎面(堅岩部)(ひずみ計、圧縮応力計、間隙水圧計)	・また、堤体変形量は、造成アバットメントの変形量にも影響を強く受けるため、造成アバットメントの計測と合わせて解析する必要がある。
	・当ダムの基礎岩盤性状(高透水性)、主止水工(貯水池対策工:表面遮水)を考慮すると、基礎岩盤内の浸透流の状態が設計時の想定と異なる可能性がある。	・堤体に作用している揚圧力と設計揚圧力との関係 ・基礎岩盤内の浸透流の状態	・揚圧力	・フライング管式(基礎排水孔) ・間隙水圧計 ・間隙水圧計	・ダム軸方向は通廊内の基礎排水孔(フライング管) ・上下流方向は埋設計器管理測線(7BLOCK)上の基礎面(間隙水圧計) ・造成アバットメント基礎面(間隙水圧計)	・貯水池対策工の管理項目となる迂回浸透観測と合わせた浸透状況の解析を行う。
	・地震による瞬間的な作用荷重が堤体の安全性に影響を与える可能性がある。	・堤体設計震度との関係(臨時点検) ・設計の高度化(動的解析)に使用する地震データ	・地震時最大加速度 ・地震時加速度波形	・地震計(強震計)		・最大断面に設置
設計の高度化 (調査研究)	・堤体コンクリートの温度応力により、堤体に部分的なクラックが発生する可能性がある。	・堤体温度と応力値、ひずみの関係	・変形量 ・応力 ・ひずみ ・揚圧力	・岩盤圧縮変位計 ・応力計 ・ひずみ計 ・間隙水圧計 ・圧縮応力計	・堤体埋設計器管理測線(7BLOCK)(ひずみ計、応力計、無応力計) ・造成アバットメント基礎面(ひずみ計、岩盤圧縮変位計、圧縮応力計、間隙水圧計) ・造成アバットメント基礎面(ひずみ計、圧縮応力計、間隙水圧計)	・造成アバットメントの反力分布、応力分布、変形状態は、完成後の安全管理用埋設計器と合わせて解析する。
	・造成アバットメントの設計において想定(反力分布等)と異なる現象が発生する可能性がある。	・造成アバットメントの設計・解析値と実挙動の関係				
貯水池操作	・洪水および貯水池操作による貯水位の変動	・刻一刻の貯水位を精度良く計測する。	・貯水位	・水位計(正:フロート式,副:水晶式) ・量水標	・緊急放流設備の呑口標高まで計測が可能な6BLOCK(水位計、量水標)	-

4.9.2 造成アバットメントの計測計画

1) 計測計画の概要

当ダムの造成アバットメントは、基礎の複雑な地質条件とそれに起因した構造上・施工上の特徴および設計・解析手法（安定性の照査，構造解析）など、既往の施工事例に基づいた安全性の検証が難しい特殊な構造・工法である。

よって、工事中の施工管理を含めて完成後の安全管理と構造解析のために、ダム本体計測計画の一環としての監視・計測の中で、造成アバットメント部に着目した計測計画を設定した。以下に、造成アバットメントの計測計画において配慮すべき事項と、施工手順と合わせた計測フローの概要を示す。

(1) 計測計画において配慮すべき事項

地質条件

- 造成アバットメントの基盤地質は、溶結凝灰岩を主体とするが、溶結度の高い堅岩部に挟み層や溶結度の低い軟質部などのD級岩盤を狭在する複雑な分布を示す。
- 地山の地下水分布は、高透水性を示す溶結度の高い堅岩部と遮水層として機能する挟み層や溶結度の低い軟質部の分布により、宙水構造を示す。

構造上の特徴

- 造成アバットメント背面部（傾斜部）の中間標高付近に分布するD級岩盤とその他の堅岩部との変形性の違いにより、造成アバットメント内に引張応力が発生することが想定される（2次元FEM解析により検討済み）。
- 堅岩部およびD級岩盤の分布範囲が想定範囲と異なる場合、造成アバットメントの安定性（せん断抵抗面，応力分布）への影響が生じる。

施工上の特徴

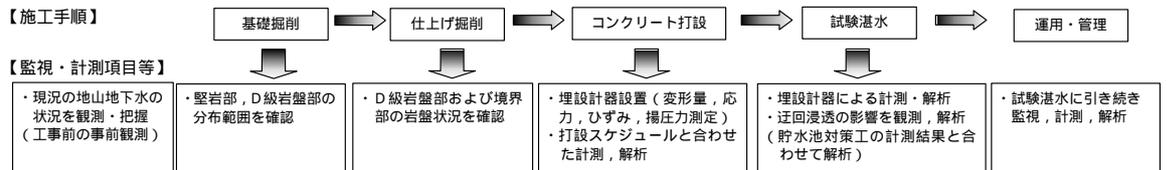
- D級岩盤部の掘削施工において、基礎岩盤を緩ませない慎重な施工と掘削後の風化・浸食防止に対して細心の注意が必要となる。特に、堅岩部とD級岩盤部との境界部は構造上の重要な箇所であるとともに、地下水の浸透により浸食されることも予想される。

- 造成アバットメントのコンクリート打設(ダム本体に対し2リフト先行)において、D級岩盤分布範囲を渡る際は、基礎の変形に伴う造成アバットメントの発生応力および堤体変形に与える影響を確認しながら施工する必要がある。

設計・解析手法の特徴

- 複雑な地質条件および造成アバットメントの構造的な特徴から、安全性の確認および設計の高度化を目的として、反力分布, 背面水圧(揚圧力), 応力変形について実測による検証・解析が重要と考えている。

(2) 計測フロー



2) 造成アバットメントの施工管理

(1) 基礎掘削時における施工管理

造成アバットメントの基礎岩盤条件(堅岩部・D級岩盤の分布)は、造成アバットメントの安定性および応力変形に与える影響が大きいため、基礎掘削時の岩盤スケッチに基づいて構造解析による検証が必要となる。

また、貯水池周辺道路の1割勾配掘削面(写真 - 4.9.1 ~ 4.9.2)の状況から、基礎掘削面の安定性については特に問題ないと判断しているが、左岸側で高透水性の A_{4-w} (強溶結 C_H 級岩盤)の直下に浸透破壊抵抗性の小さな A_{4-wp} (シラス状)や $A_{3-4(sg)}$ (砂礫)が分布する境界付近では、浸透水による浸食などで緩みが生じることとも予想される。

よって、高透水性の A_{4-w} と直下のD級岩盤(A_{4-wp} , $A_{3-4(sg)}$)との境界部に対しては、仕上げ掘削時に岩盤状況を詳細に観察し、緩みが生じている場合には写真 - 4.9.1内に示しているような対策(追掘削)を考えている(造成アバットメントの発生応力分布からも引張応力への剛性が増加する対応となる)。



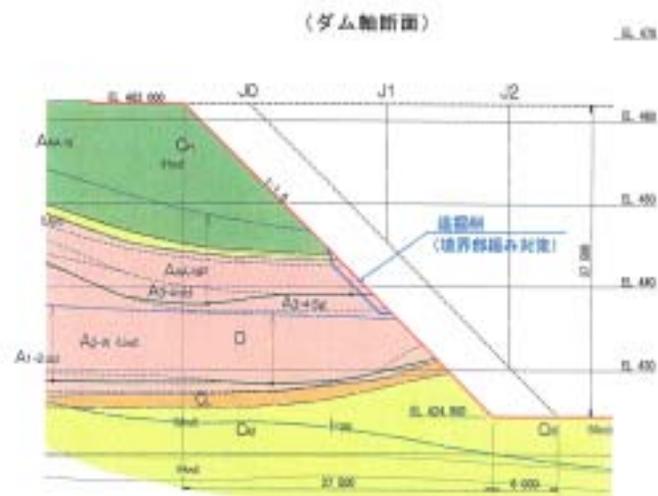
貯水池側の道路掘削法面全景。
Aso-3火砕流から上位の降下火山灰までが分布。写真右よりA3-w, A3-4 (灰白色部), A4A-w, A4A-p, ACと続く。



上記写真の赤丸印付近の状況。
A4A-wとA3-4間に1m未満の火砕流（黒色部）が分布。
ハンマー部はA4A-wpとA4A-wの境界。



上記写真の青丸印付近の状況。
ハンマー部はA3-4の降下軽石とA3-wの境界。



基礎岩盤緩み対策模式図

写真 - 4.9.1 道路掘削法面状況(1)



A3-wの全景。下流（右）側は風化が見られ、ブロック状に見える。



I-wの明～中層結部の風化群。



ハンマー部を境に分布するA4A-w（左）とA3-4（右）。



ハンマー部はA3-4（sg）。



左記写真の拡大状況。



A3-pの風化が進み緩んでいる状況。

写真 - 4.9.2 道路掘削法面状況(2)

(2) 打設時の施工管理

造成アバットメントには継目を設置せずクーリング，カーテングラウチングも実施しないため、施工管理としての温度計，継目計，岩盤変位計の設置は特に必要ない（打設コンクリートの温度管理は行う）。

ただし、軟質なD級岩盤に造成アバットメントおよびダム本体の自重が作用した際に、D級岩盤の変形に伴い造成アバットメントが変形し引張応力が発生することが予想される。

よって、後述する完成後の安全管理のための埋設計器により、打設スケジュールに合わせて造成アバットメントの応力・変形量の変化を計測する。

また、造成アバットメント上に座乗する堤体ブロックの継目（J1,J2,J14,J15）には、完成後の安全管理のために継目計および圧縮応力計を設置するため、打設時においても造成アバットメントの挙動が堤体へ与える影響を計測・監視する（図 - 4.9.1参照）。

3) 完成後の安全管理

(1) 浸透水計測

造成アバットメントを迂回する浸透水については、貯水池対策工における迂回浸透観測（地下水観測）と合わせて浸透状況を把握する計画である。

(2) 揚圧力計測

揚圧力（及び背圧）については、ダム本体と同様に完成後における揚圧力作用状況を圧力値として計測する必要がある。

したがって、現況地下水位（宙水）および軟質層の分布（亀裂，空隙の程度の違い）を考慮して、図 - 4.9.2に示すように間隙水圧計を配置することとする。

また、造成アバットメント背面を浸透する浸透流の状況も、上述の貯水池対策工における迂回浸透観測（地下水観測）と合わせて把握する計画である。