

5 浸透破壊に関する詳細検討

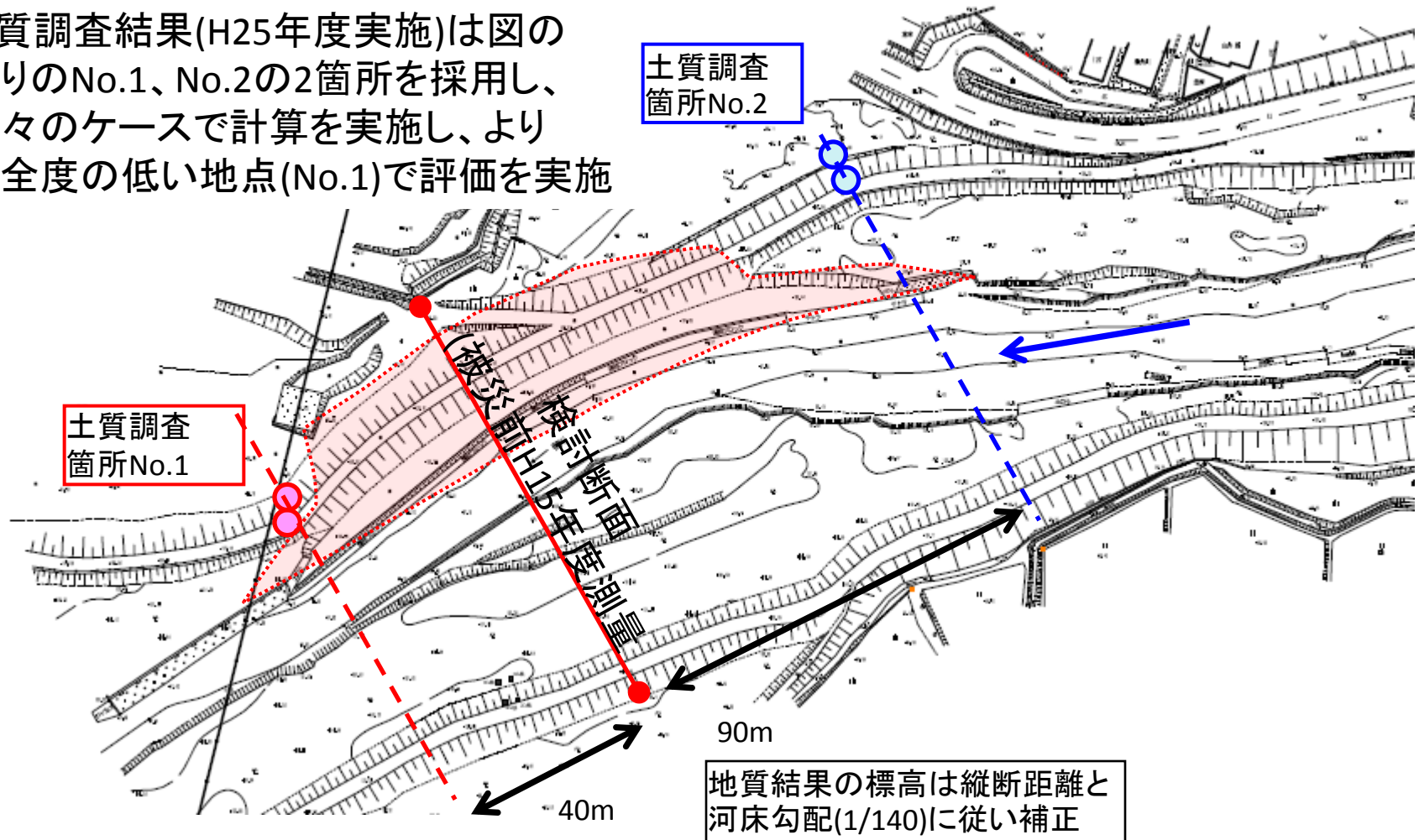
- 5-1 浸透流解析:解析条件
- 5-2 浸透流解析:野田橋上流左岸
- 5-3 浸透流解析:決壊箇所
- 5-4 解析結果に基づく浸透破壊に関する考察

5-1 浸透流解析：解析条件

決壊箇所の上流でボーリング調査を実施

断面は決壊時の再現を目的とするため被災前のものを採用(H15年度測量)

- 地質調査結果(H25年度実施)は図の通りのNo.1、No.2の2箇所を採用し、各々のケースで計算を実施し、より安全度の低い地点(No.1)で評価を実施

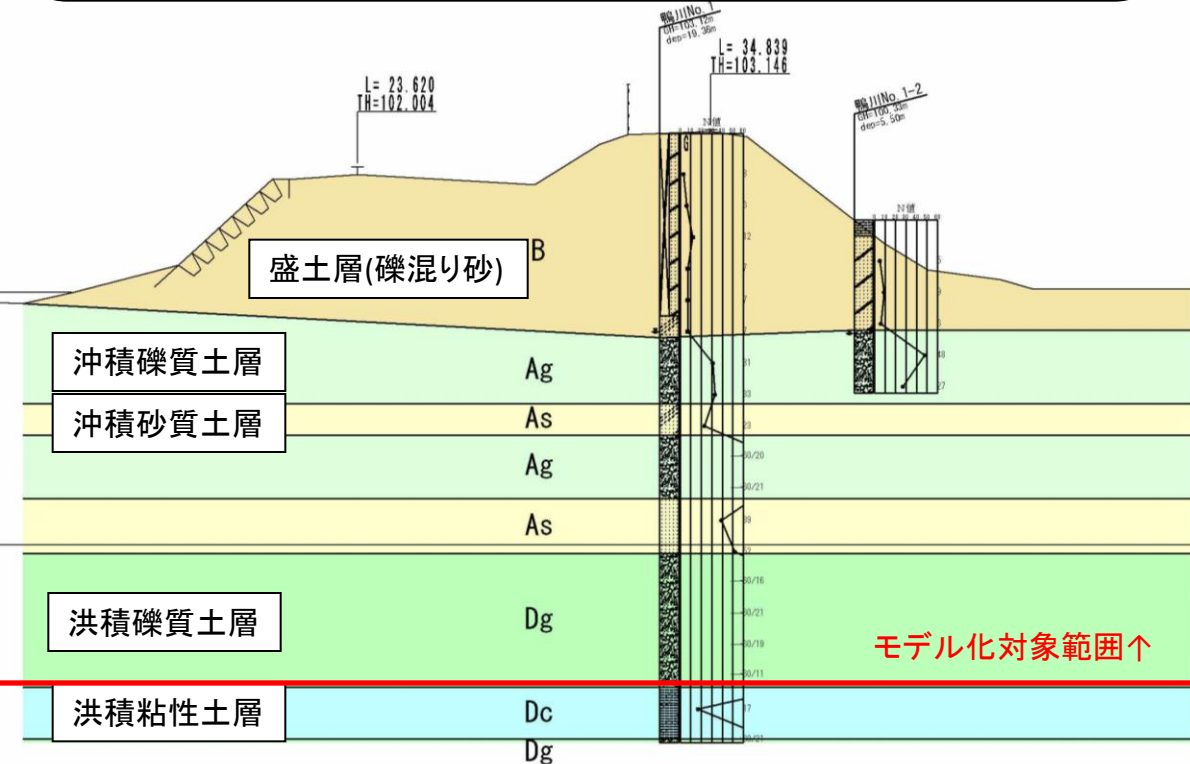


5-1 浸透流解析：解析条件

No.1地点(下流側)

堤防は礫混り砂主体の盛土層で一部に粘性土が分布。
 N値はほとんどが10までで緩い相対密度の地層。
 沖積層は砂質土と礫質土の互層。N値はほとんどが30
 以上のよく締まった地層。
 砂質土・礫質土とも下部になるに従ってN値が大きくなる
 傾向。

調査地点	試験深度 (GL-m)	地層	N値	試験方法	透水係数 k (m/sec)	平衡水位 (GL-m)
No. 1	3.00~3.00	盛土層 (E)	12	孔底法	5.04×10^{-6}	-
	7.00~8.00	沖積礫質土層 (Ag)	31	回復法	7.20×10^{-6}	6.30
No. 2	3.00~3.00	盛土層 (E)	7	孔底法	7.41×10^{-6}	-
	7.00~8.00	沖積礫質土層 (Ag)	29	回復法	1.02×10^{-4}	5.10



鴨川No. 1
 GH=103.146m
 dep=19.35m

表 5.1.1(1) 鴨川 No.1 地点の地盤の地層区分表

記号	GL-m	地層	土質名	特徴
B	5.80	盛土層	礫混り砂	0.10mまでクラッシュラン。
	6.50			シルト質砂
Ag	8.60	沖積礫質土層	砂礫	礫はφ2~5mm程度が主体。最大礫径φ50mm程度。砂は細~中砂主体。含水多い。
As	9.60	沖積砂質土層	シルト質砂	細~中砂主体。シルトが均質にやや多く混入。含水少ない。
Ag	11.60	沖積礫質土層	砂礫	礫はφ2~5mm程度が主体。最大礫径φ50mm程度。砂は中~粗砂主体。含水中位。
As	13.35	沖積砂質土層	砂	細~中砂主体。含水中位。12.60m~粗砂主体。13.20~13.35m間、砂混りシルト挟む。
Dg	60/16	沖積礫質土層	砂礫	礫はφ5~10mm程度が主体。
	60/21			最大礫径φ50mm程度。砂は中~粗砂主体。含水多い。
Dc	17.60	沖積粘性土層	砂質シルト	シルト主体。微~細砂が混入。非常に硬い。
Dg	19.36	沖積礫質土層	砂礫	礫φ2~5mm。粗砂主体。

5-1 浸透流解析：解析条件

堤体の c, ϕ は周辺の地質調査との比較結果から概ね等しいと考えることが可能
 → 周辺の既往三軸圧縮試験結果を参考に設定。

基礎地盤の ϕ はN値を基に道路橋下部構造設計指針による推測式*を参考に設定。

表 5.7.3(1) 鴨川No.1 地点の地盤定数提案値

深度 GL-m	地層	平均 N値	単位体 積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)		内部摩擦角 ϕ (°)		変形係数 E (MN/m ²)
				I 式	II 式*	I 式	II 式*	
0.50	B	7	17	0	25.2	31.8	25.2	4.9
6.50	Ag	32	20	0	36.9	37.1	36.9	22.4
8.60	As	23	18	0	33.5	35.1	33.5	16.1
9.60	Ag	60	20	0	45.0	39.4	45.0	42.0
11.60	As	35	19	0	37.9	36.4	37.9	24.5
13.35	Dg	60	20	0	45.0	38.4	45.0	42.0
17.60	Dc	32	18	200.0	0	0	0	22.4
19.25	Dg	60	20	0	45.0	37.7	45.0	42.0

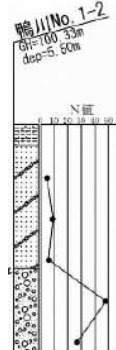


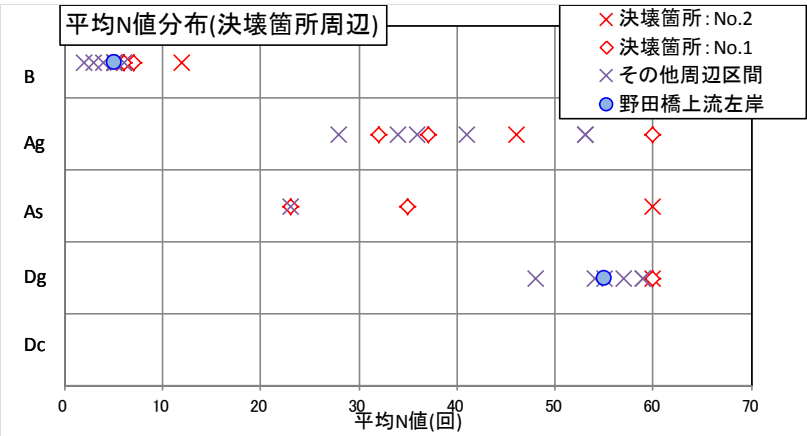
表 5.7.3(2) 鴨川No. 1-2地点の地盤定数提案値

深度 GL-m	地層	平均 N値	単位体 積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)		内部摩擦角 ϕ (°)		変形係数 E (MN/m ²)
				I 式	II 式*	I 式	II 式*	
0.50	B	-	17	-	-	-	-	-
3.50	B	6	17	0	24.4	31.3	24.4	4.2
5.50	Ag	37	20	0	38.5	39.2	38.5	25.9

*B層は粘性土層と砂質土層の2層に区分した。
 *算定式等で求めた土質定数は小数点2桁以下を切捨てとした。

堤体を構成する盛土層に関しては、
 周辺の地質調査との比較結果と、
 概ね等しいと考えることが可能であるため、
 周辺の三軸圧縮試験結果を参考に c, ϕ を設定

モデル化対象範囲↑



*B層は砂質土層とした。
 *算定式等で求めた土質定数は小数点2桁以下を切捨てとした。

* $\phi = \sqrt{15N} + 15$

5-1 浸透流解析：解析条件

野田橋上流左岸地点の解析条件を設定した。

堤体の c, ϕ は三軸圧縮試験結果を採用

(周辺試験結果の最低値・最大値を用いた解析も実施)

基礎地盤の ϕ はN値を基に道路橋下部構造設計指針による推測式※を参考に設定。

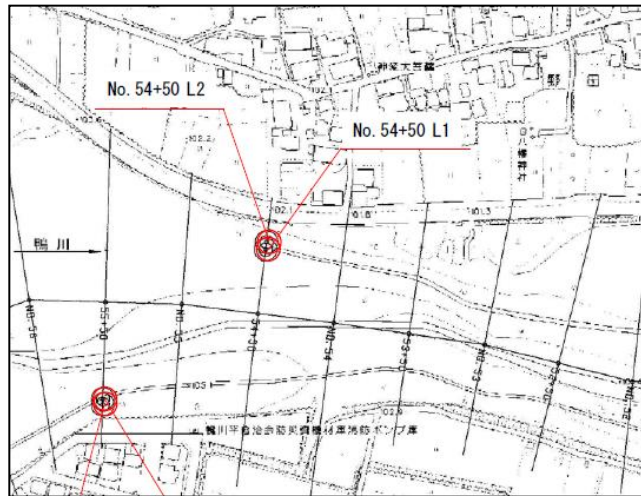


図 対象地点位置(No.54+50m)

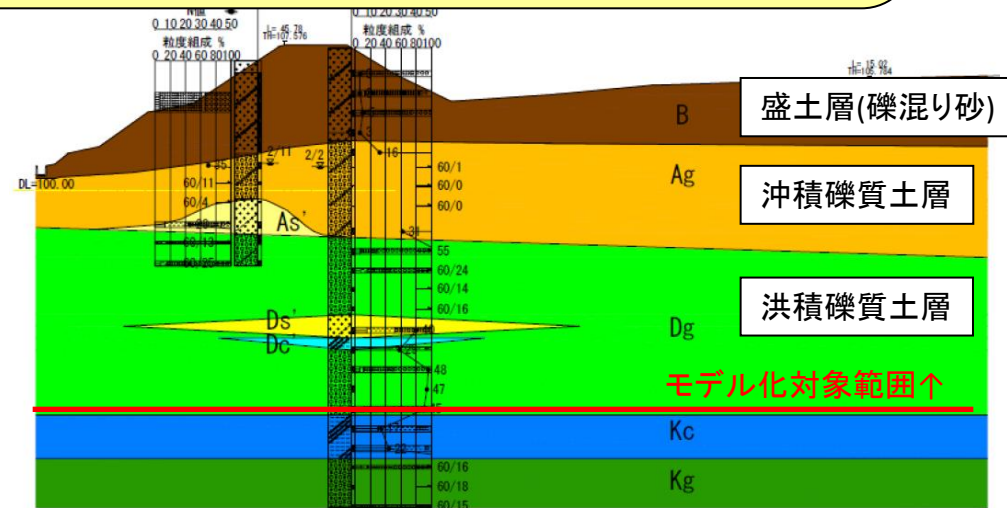


表 土質定数(No.54+50m) 図 地質調査結果(No.54+50m)

土層記号	区分	土質区分	平均N値 (N値範囲)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	強度定数(C, ϕ)						透水係数 k_s (m/s)				
					試験方法		試験値		推定値		採用値		試験値	推定値(粒度)	採用値
					試験値	採用値	C (kN/m ²)	ϕ (°)	C (kN/m ²)	ϕ (°)	C (kN/m ²)	ϕ (°)			
B	堤体	礫質土	3 (3~5)	16.5	16.5	CD	0.0	34.2	-	28.3	1	34.2	3.3×10^{-4} (室内)	$5.2 \times 10^{-5} \sim$ 1.4×10^{-4}	3.0×10^{-4}
Ag	基礎地盤	礫質土	36 (16~60)	-	20	-	-	-	-	38.7	-	38	-	-	4.0×10^{-4}
As	基礎地盤	砂質土	23 (23~60)	-	18	-	-	-	-	38.0	-	38	-	1.1×10^{-7}	1.0×10^{-7}
Dg	基礎地盤	礫質土	55 (45~60)	-	20	-	-	-	-	38.5	-	38	9.6×10^{-5} (現場)	$5.9 \times 10^{-5} \sim$ 3.3×10^{-3}	1.0×10^{-4}

※ $\phi = \sqrt{15N} + 15$

5-1 浸透流解析：解析条件

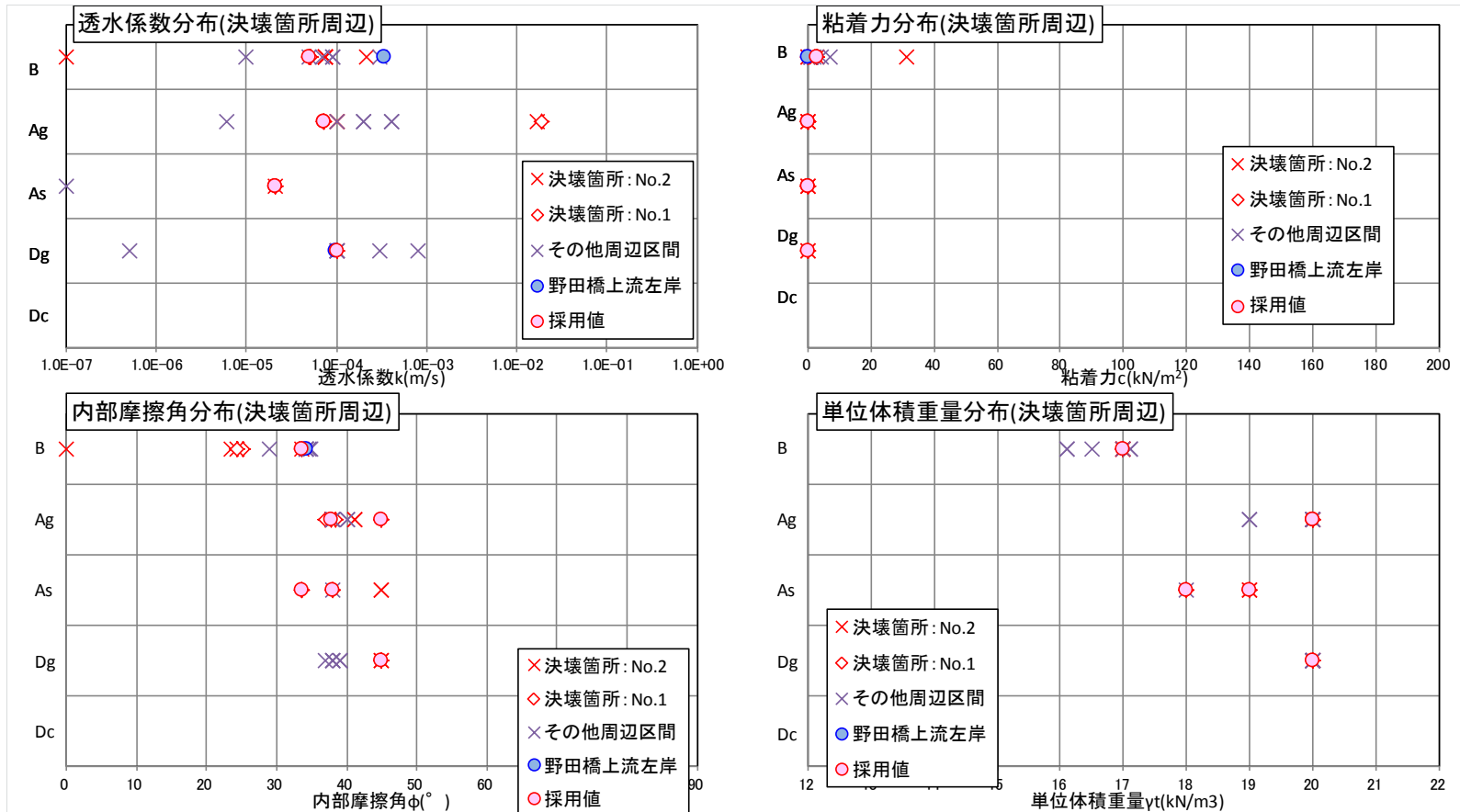
浸透流解析実施にあたって土質定数を設定した。

既往の調査結果と比較して概ね同様の地質結果とみる事が可能。

→ 既往検討と同様にk、 γ は試験値を採用。堤体のc、 ϕ は三軸圧縮試験結果を採用
(周辺試験結果の最低値・最大値を用いた解析も実施)

基礎地盤の ϕ はN値を基に道路橋下部構造設計指針による推測式※を参考に設定。

透水係数は信頼性が高いと考えられる現場透水試験結果を採用



※ $\phi = \sqrt{15N} + 15$

5-1 浸透流解析：解析条件

浸透流解析実施にあたっての外力条件を設定した。

○降雨条件

流域内上流地点に位置し、対象流域を代表するガリバー地点降雨(実績値)を採用

○水位条件

水位波形を貯留関数法により再現し設定。
ピーク流量は合理式と整合。痕跡水位と良好に一致。

パラメータ調整の考え方

ピーク流量が合理式算出結果と整合するようにKを中心に調整。

飽和雨量は滋賀県他流域での設定状況を参考に設定。

その他のパラメータは一般値を基に必要に応じて微調整

表 貯留関数法パラメータ

K:	39.692	Rsa: 飽和雨量	200.000
P:	0.333	RL: 損失雨量	0.000
Tl: 遅滞時間	1.000	QB: 基底流量	2.000
f1: 一次流出率	0.500	A(km ²):	36.220

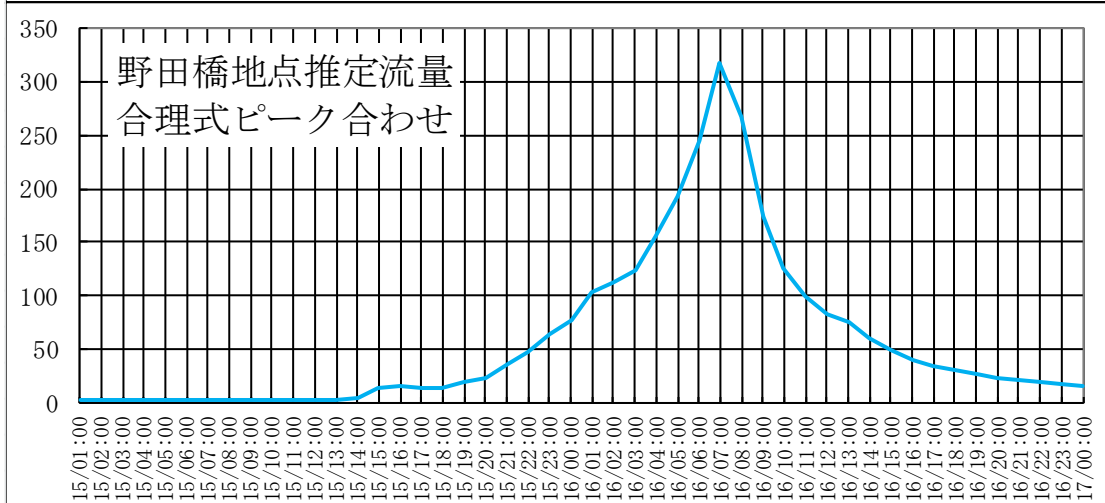
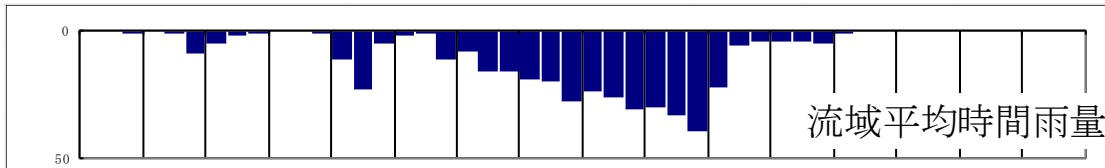


図 貯留関数法による平成25年台風18号出水時流量再現結果

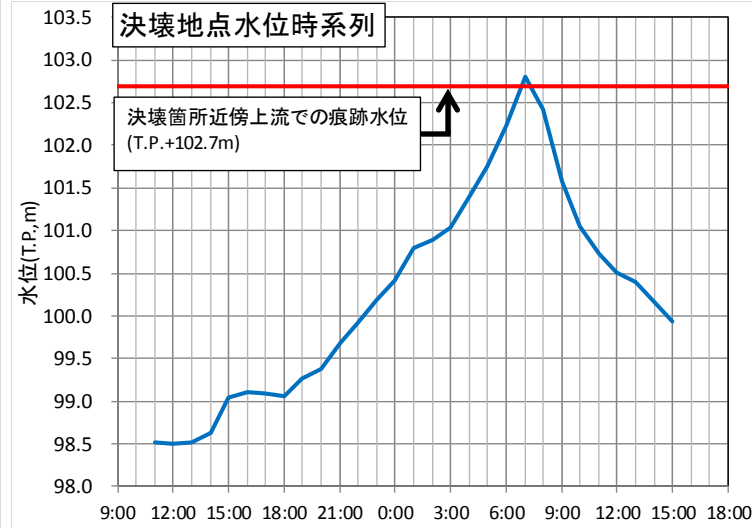


図 再現水位検証結果(痕跡水位)

5-2 浸透流解析：野田橋上流左岸

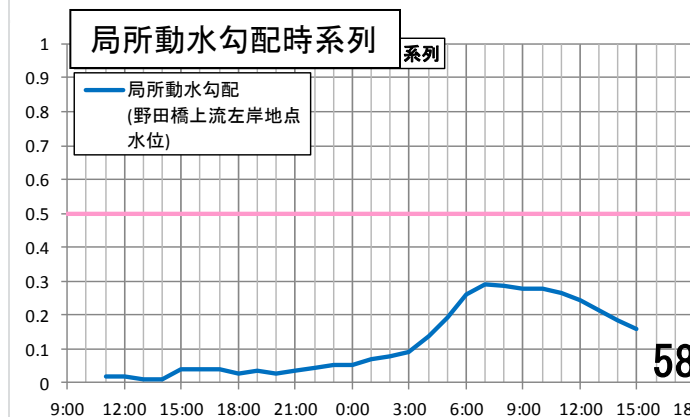
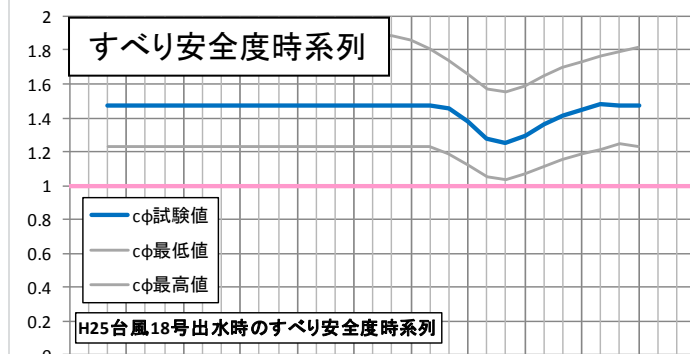
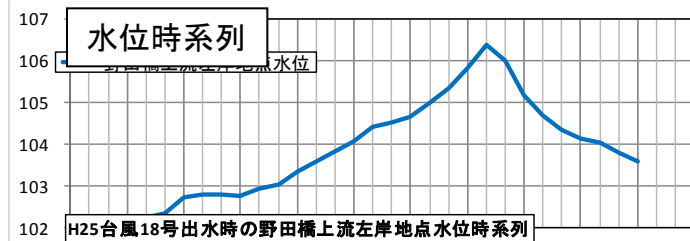
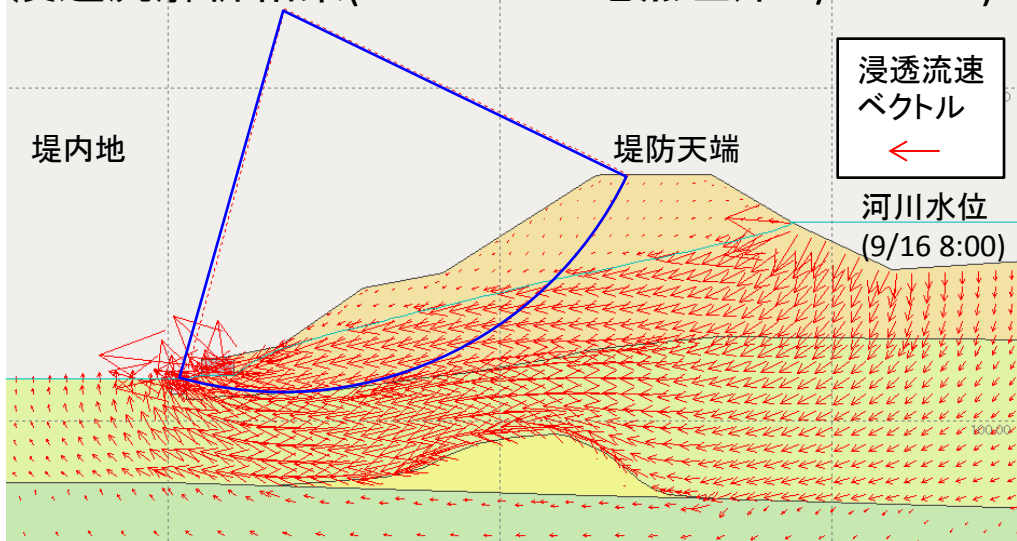
野田橋上流地点での浸透流解析を実施した。

台風18号出水時の外力条件では、既設のカゴマットの効果もありすべり、パイピングともに基準内に収まり破壊には至らない結果。



野田橋上流左岸にはカゴマットが設置されており、常時漏水が確認されている

浸透流解析結果(No.54+50m地点左岸 9/16 8:00)

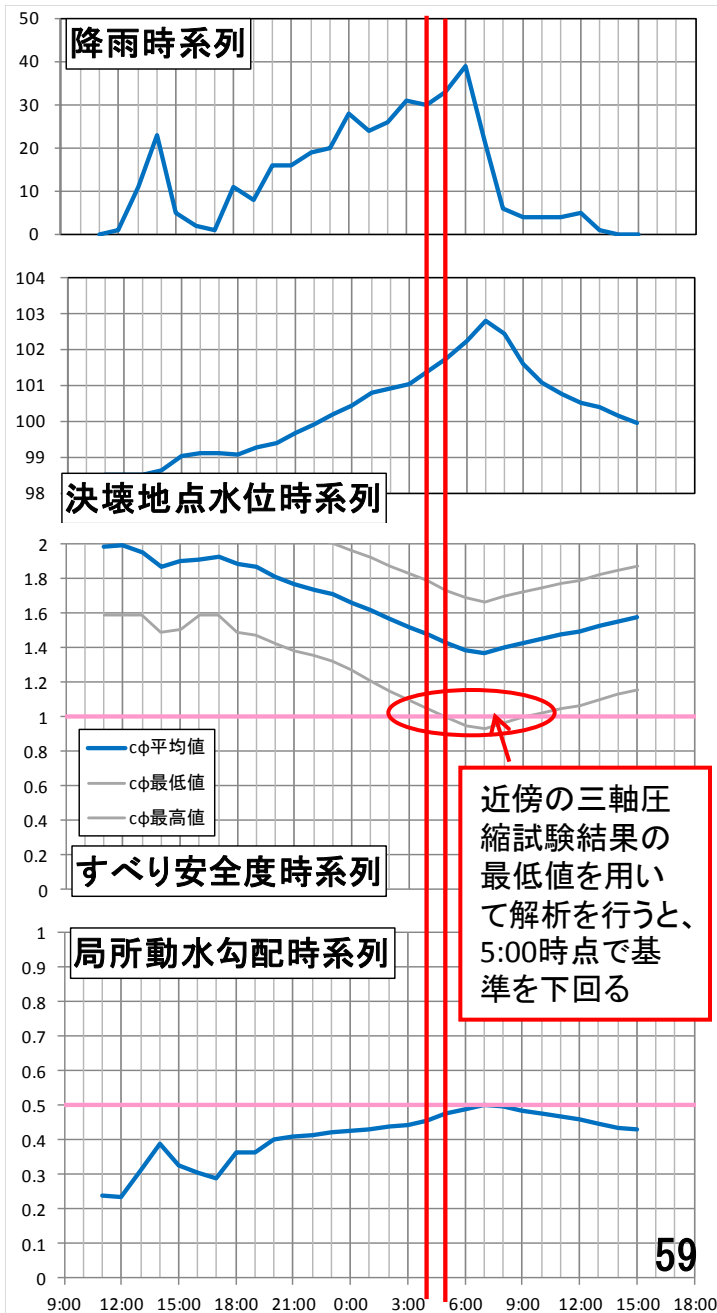
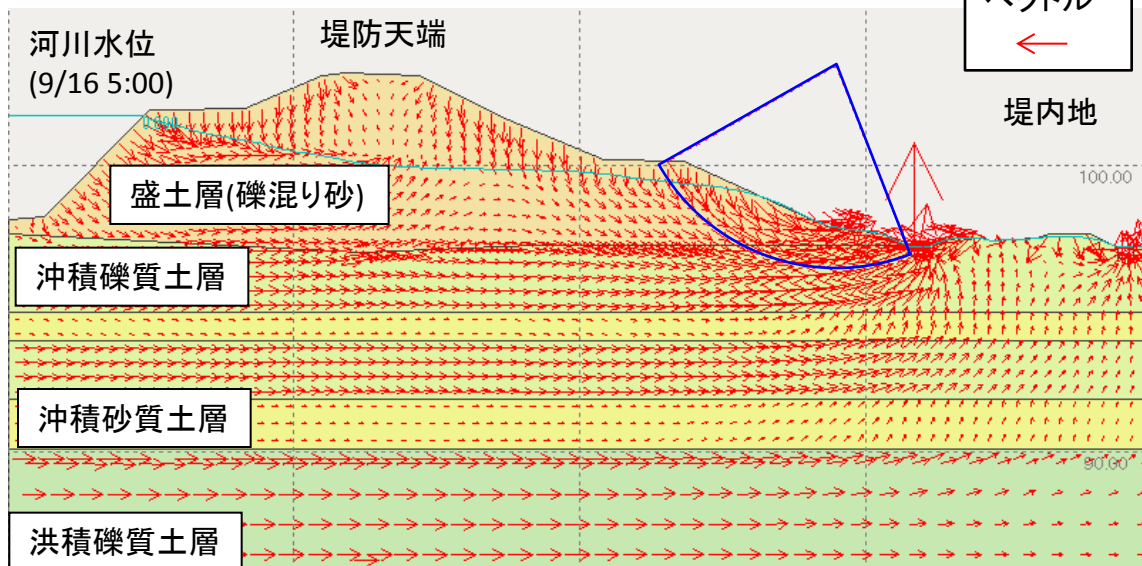


5-3 浸透流解析：決壊箇所

決壊地点での浸透流解析を実施した。

近傍の三軸圧縮試験結果から平均的な定数を設定した場合、すべりに対する安全性が維持される結果となったが、土質の状況によってはすべり破壊の基準を下回る結果となっている。

浸透流解析結果(決壊地点 9/16 5:00)



5-4解析結果に基づく浸透破壊に関する考察

野田橋上流左岸地点

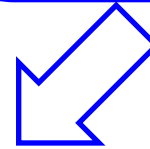
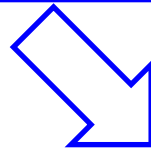
以前より漏水の指摘があった地点であるが、台風18号出水時に特筆すべき変状は報告されていない※。

台風18号出水時の外力を用いた浸透流解析結果からは、すべり破壊、パイピング破壊に対する安全性は維持される結果となった。

決壊箇所

台風18号出水以前に近傍で漏水等の変状は報告されていない。

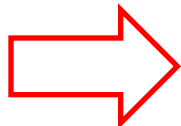
台風18号出水時の外力を用いた浸透流解析結果からは、すべり破壊、パイピング破壊に対する安全性は概ね維持される結果であるが、土質状況によってはすべり破壊が発生する可能性がある結果となった。



野田橋上流左岸では安全性が維持される結果なのに対して、決壊箇所では場合によってはすべり破壊が発生する可能性がある結果となった。

したがって、浸透破壊のみによる決壊の可能性は高くはないが、すべり破壊の可能性は否定できない。

ただし、本浸透流解析は堤防形状に変状がないことを前提としたものであり、侵食破壊による堤防損壊があった場合に浸透の影響により破壊が促進され決壊に至った可能性は十分に考えられる。



浸透破壊が決壊の直接的原因となった可能性は高くはないが、決壊に影響を及ぼした可能性はあると考えられる。

6 鴨川決壊要因まとめ

6 鴨川決壊要因まとめ

侵食破壊について

狭窄部や湾曲部では大きな掃流力が発生したが、**根固ブロック設置箇所**の被害は比較的軽微。

一方で**護岸のみ整備の区間**では、大きな掃流力が長時間発生し、護岸被災により**堤体・高水敷**が著しく侵食されるほど被害が拡大



決壊箇所では根固ブロックは部分的整備。護岸のみ整備区間と同様に護岸被災が発生し、**堤体・高水敷**が侵食された結果、**堤防決壊**に至った可能性が考えられる。

決壊箇所の横断面の特徴

高水敷幅が5m未満と狭く、堤防高さが5.6mと高いため、出水時の**侵食**あるいは**浸透**の影響を受けやすい形状といえる。



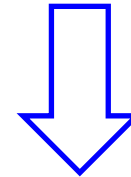
侵食・浸透のいずれかの要因によりひとたび堤体破壊が開始すると、**両方の要因**により堤体破壊が加速される可能性がある。

浸透破壊について

台風18号出水時の外力条件では、浸透のみによる堤体破壊の可能性は低いが、一連区間の中で**浸透への耐性が比較的弱い箇所**と考えられる。



浸透破壊が決壊の直接的原因となった可能性は高くはないが、**決壊に影響を及ぼした可能性**はあると考えられる。



長時間の出水に由来した**河床洗掘**による護岸被災発生および堤体侵食と、堤体断面積の減少に伴う**浸透破壊**の2つの要因による**複合的な決壊の可能性**が考えられる。

7 復旧方法について

7 復旧方法について

平成25年台風18号出水での被災を受けて、再度災害防止のため、鴨川河川災害復旧助成事業を実施していく。

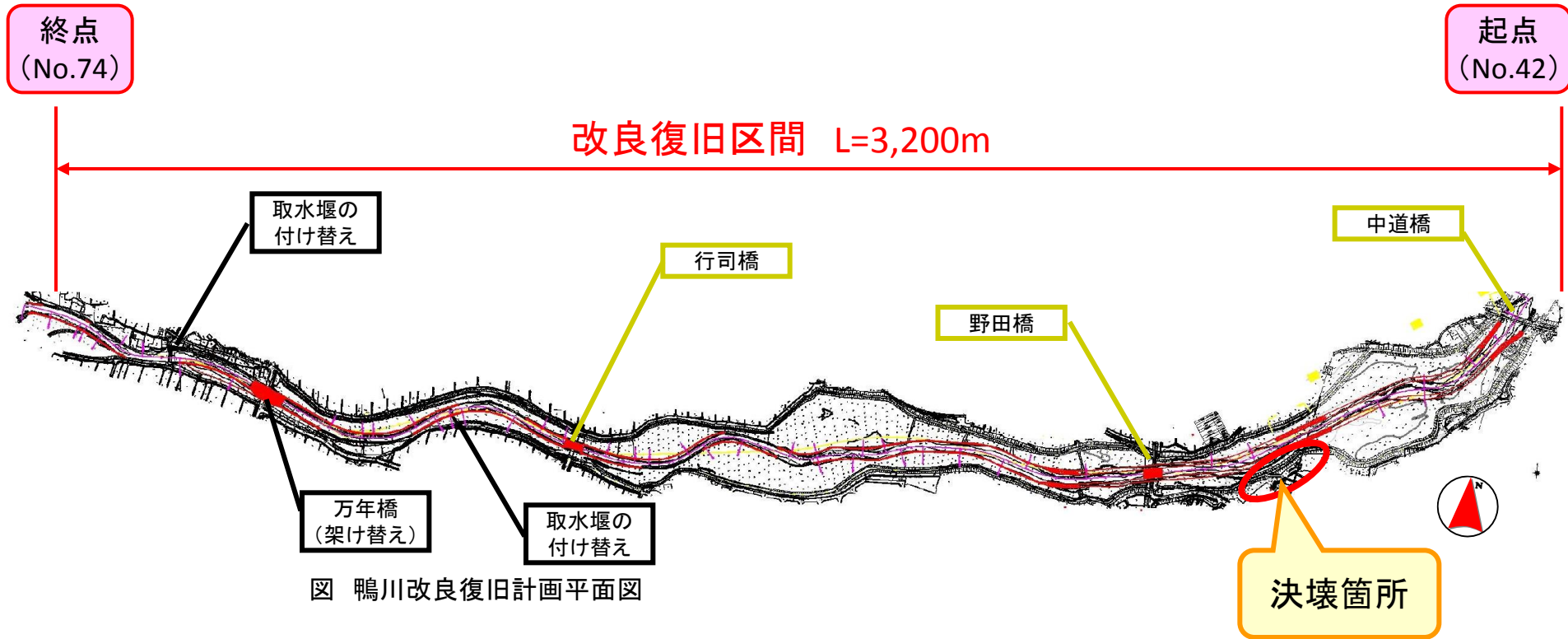


図 鴨川改良復旧計画平面図

鴨川はNo.42までは改修済である(1/10確率)。台風18号の被災流量が概ね河川整備計画1/10レベルと同規模であったため、河川整備計画を踏襲して改良復旧を行うことにより洪水被害を解消し、再度災害の防止を図る。

7 復旧方法について

河道設定の考え方は基本的に以下の通りとし、多自然川づくりアドバイザーと協議しながら現在詳細検討中である。

- ・流下能力確保策：低水路拡幅を中心とした河積拡大
- ・河床洗掘対策：護岸の根入れ1mを基本とし、最大洗掘深評価の結果必要に応じて根固めブロックを適切に配置(特に湾曲部外岸側に重点的に配置)

低水路拡幅を中心とした河積拡大

低水路河岸は5分勾配を基本とする

残土処分と浸透路長確保の観点から堤防腹づけを実施

No. 54
B1=102.41
P1=101.678

計画諸元	
計画高水量 (m ³ /S)	320
流速 (m/S)	5.482
河床勾配	1/130
水面幅 (m)	18.5

認可・実施 年度・番号	当初 平成	第 年度	変更 番号
河川名	鴨川		
工事名	滋賀県高島市野田池		
地名	滋賀県高島市野田池		
図面名	標準横断面図1		
縮尺	S=1/100		
図面番号	枚の内		
滋賀県高島土木事務所			

図 鴨川改良復旧計画横断面図イメージ

護岸の根入れ1mを基本とし、最大洗掘深評価の結果必要に応じて根固めブロックを適切に配置(特に湾曲部外岸側に重点的に配置)

7 復旧方法について

特に決壊箇所周辺では、侵食・浸透への十分な強度を確保するため、高水敷幅の確保と矢板打設を含めた対策を現在実施中である。

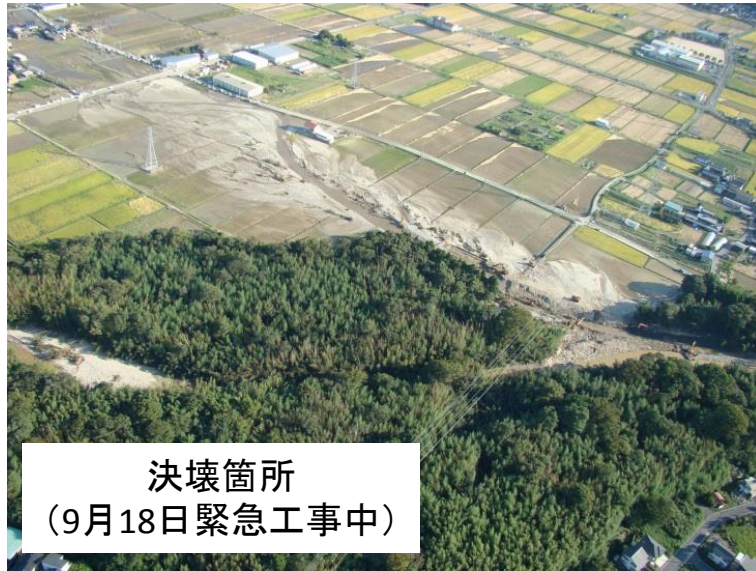


図 鴨川改良復旧計画平面図イメージ(決壊箇所周辺)

