

四万十川支川後川安並地区における 漏水対策工事の報告

北川 誠純

四国地方整備局 中村河川国道事務所 工務第一課 (〒787-0015 高知県四万十市右山2033-14)

四万十川流域は、台風の常襲地帯であり、国内有数の多雨地帯であることから、四万十川支川後川の堤防では、漏水被害等の洪水による被害が頻繁に発生している。これら被害の防止・軽減に向けた対策が急務となっている。

渡川水系では、河川堤防の浸透に対する照査（詳細点検）を平成18年度までに実施し、48.4kmのうち22.2kmがこの安全性を満足しておらず、洪水時に堤防が危険な状態にある。そのため、対策の必要な箇所において、順次強化対策が実施している。

漏水被害の頻発する後川安並地区において、その強化対策のうち、盤ぶくれ破壊への対策を効率的かつ経済的な堤防の質的強化工法として、ウェルドレイン工法の開発を行い、実施した。

キーワード 河川堤防質的整備、漏水対策、コスト縮減

1. はじめに

四万十川及び支川後川・中筋川の堤防の堤体材料は、河道の掘削土や河床材等の現地発生土による嵩上げ・拡幅が繰り返され、堤体の土質構成は複雑かつ不均一な状態にある。そのため、強度並びに浸透に対して脆弱であり、漏水被害が頻繁に発生している。

当報告は、後川安並地区において開発・実施した「ウェルドレイン工法」による漏水対策工法について紹介する。当工法は、従来工法の組み合わせたもので、効果の確実性と共に、大幅なコスト縮減も図ることが出来た。

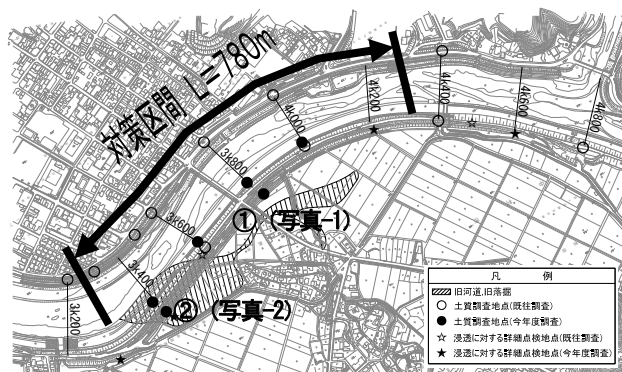


図-2 漏水対策区間



図-1 位置図



写真-1 パイピング現象による噴砂（平成17年9月台風14号）

2. 現場特性

(1) 地盤特性

安並地区の堤防は、氾濫平野や浸透に対して要注意地形となる旧河道上に堤防が築造されており、過去より漏水被害が頻発し、近年でも平成17年台風14号、平成19年台風4号においても、漏水被害が発生している。



写真-2 洪水時の観測孔における地下水噴出（平成21年8月台風9号）

(2) 地盤特性

a) 堤体

堤体盛土は地質調査、築堤履歴調査から当堤防は、**図-3**に示すように川表側は粘性土が主体となっており、その川裏側は砂礫層が主体となる拡幅盛土が施工されていることが確認された。

b) 基礎地盤

基礎地盤の堆積層序は、上位から均一な粘性土を主体とし、腐植物・木片を一部混入する粘土層(Ac)があり、その下の層には円礫φ5~30mmを主体とするN値30程度の砂礫層(Ag)がある。高水敷きは、バックホウによるトレンチ調査により砂を主体とする砂層(Ac)であることが確認された。

3. 安並堤防の浸透に対する安全性

(1) 浸透に対する安全性照査方法

浸透による堤防の安全性照査は、「河川堤防の構造検討の手引き」により、降雨あるいは、河川水の堤体への浸透に起因するすべり破壊とパイピング破壊について、照査を実施した。

(2) 浸透に対する安全性照査結果

照査結果により、すべり破壊に対する照査では、堤体盛土、基礎地盤ともに、せん断強度が高いことから、所要の安全率を満足する結果になった。

パイピング破壊に対する照査では、盛土直下の基礎地盤(Ac層)の透水性が低く($k=1.0 \times 10^{-5}$)、裏法尻部の浸潤面が上昇するため、水平方向の局所動水勾配は、所要の照査基準を満足しない結果となった。

また、堤内地に2~3mの層厚を持った粘性土が分布し、川表側の高水敷きは砂層($k=3.0 \times 10^{-3}$)であることから、河川水等がこの砂層を回り込み、礫層を通り、堤内地に浸透するため、盤ぶくれに対しても所要の照査基準を満足しない結果となった。

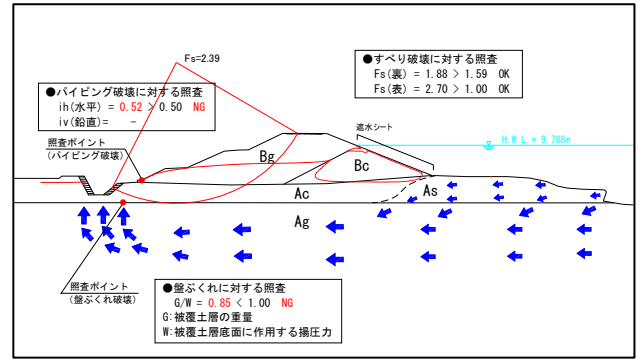


図-4 浸透に対する安全照査結果

4. 漏水対策工法の検討

(1) 漏水対策の検討

対策工として、堤体の浸透によるパイピング現象からの堤防破壊及び基礎地盤の浸透による盤ぶくれからの堤防破壊の2つの現象に対する対策を実施する必要がある。

a) 堤体対象とした対策

対策工の選定は、裏側法先部に地先道路若しくは、民地が接しており、用地確保が困難であるため、断面拡幅工法は適用できない。また、表の裏面被覆工法は、遮水シートが設置されている。

これにより、施工性・経済性に優れているドレーン工法を選定した。

b) 基礎地盤を対象とした対策

対策工の選定は、基礎地盤の砂礫層はN値が高く矢板は困難であり、かつ既存の地下水流況に影響を与えることから採用が出来ない。

これまで用地がない場合の盤ぶくれに対する対策としては、ウエル工法、ドレーン工法が実施されているが、本箇所では、施工性、経済性、維持管理の観点から、効率的な地下水被圧水を抜くウエル工法と維持管理が不要であるドレーン工法を基本とした工法を検討した。

ウエル工法は、基礎地盤からの浸透水を裏法尻に設置

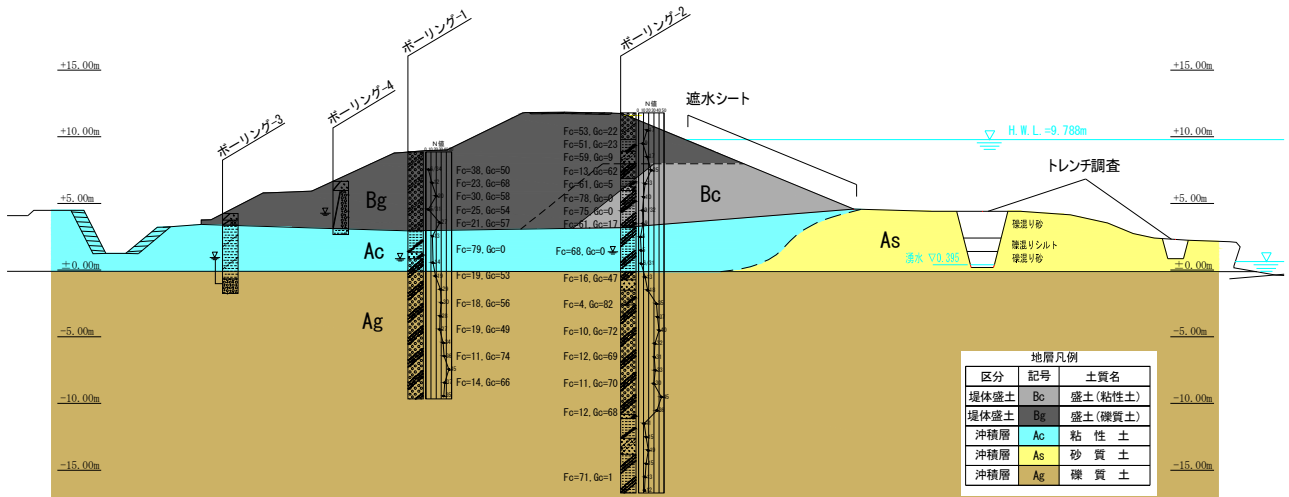
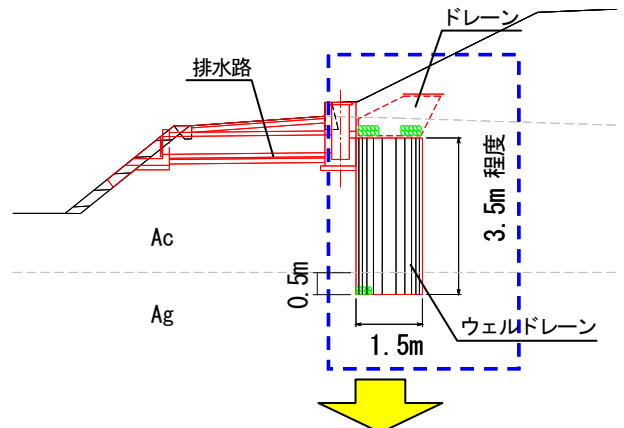


図-3 堤防地質横断面図

した減圧井戸等により排水することにより浸透圧を低減するものであり、効率的に浸透圧の低減が出来るが、ポンプを稼働しなければいけないため、ポンプの維持管理が必要である。

また、ドレーン工法は、通常の深さ(2m程度)であれば、施工性・経済性・維持管理に優れ、効果的な工法であるが、本箇所は不透水層(粘性土層)が3.5m程度と厚いため、ドレーンを設置するための掘削が大規模になり堤防の1/3を掘削する必要があり、現実的には不可能である。これにより、ドレーン工法の維持管理、ウェル工法の施工性の長所を生かし、ウェルドレーン工法を開発した。



	工法		
	ウェルドレーン工法	ウェル工法	ドレーン工法
概要図			
概要	ウェルドレーンを不透水層に貫入させ、基礎地盤内で被圧した水を速やかに排水し、裏法反近隣の浸透圧を低減する。	減圧井戸等を不透水層に貫入させ、基礎地盤内で被圧した水を速やかに排水し、裏のり反近隣の浸透圧を低減する。	連続施工したドレーン工を不透水層に貫入させ、基礎地盤内で被圧した水を速やかに排水し、裏のり反近隣の浸透圧を低減する。
施工性	【長所】ペント法(オールケーシング掘削)により、仮設掘削の低減が可能となる 【短所】新工法であるため実績がない	【長所】アースオーガー法、ペント法(オールケーシング掘削)等により、仮設掘削の低減が可能となる	【短所】ドレーン規模が大きく、掘削土量が非常に多くなる
維持管理	【長所】基本的に維持管理を必要としない	【短所】ポンプの維持管理が必要となる	【長所】基本的に維持管理を必要としない
概算工事費(100mあたり)	¥1,100,000 ※ウェルドレーン5本分	¥3,160,000 ※維持管理費用含まず	¥11,600,000

表-1 浸透に対する対策工法の比較表

c) 対策工法の選定

対策工は、盤ぶくれ対策としてウェルドレーン工と堤脚部のパイピング現象による堤防破壊の対策としてドレーン工を併用する工法とした。

(2)ウェルドレーン工法の特徴

特徴としては、粘性土層下部の被圧水を自然排水することにより、粘性土層下部の揚圧力を低減できる。

オールケーシング掘削機で、掘削、排土することにより、周辺地盤の掘削を最小限にすることが可能になり、施工性・安全性が向上する。

(3)ウェルドレーン工法の構造

ウェルドレーンの径は、オールケーシング掘削機で施工性及び堤体の安定性を考慮し、掘削幅が過大にならないよう1.5mとした。

ウェルドレーンの深さとしては、地下水の通っている砂礫層に十分に貫入させるために、砂礫層に50cm貫入させる深さとした。

また、フィルター材として、吸出防止材を設置するために、鉄筋カゴを組み立て、削孔内に挿入し、その中にドレーン材を投入し、ウェルドレーンと削孔との隙間には間詰材として、砂を充填した。

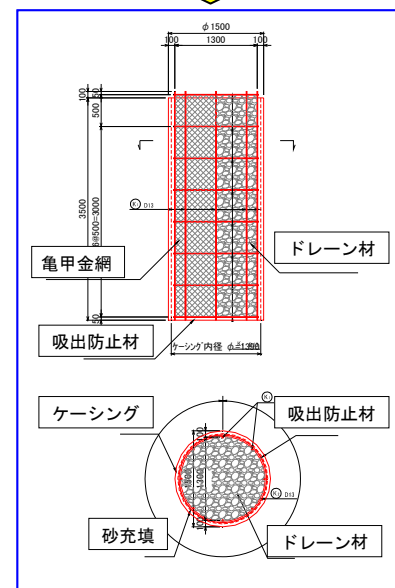


図-5 ウェルドレーンの構造図

(4)ウェルドレーンピッチの算定

効率的に地下水を排出するため、ウェルドレーンの設置間隔については、三次元の飽和-不飽和浸透流解析を行った。モデル図を図-6に示す。

本検討においては、河川水の透水層への回りこみによる川裏側表層の粘性土底面における圧力水頭に着目し、モデルは簡便化のため、河川縦断勾配を持たないフラットものとして設定した。解析に用いる透水係数は、試験値を採用することを基本とし、透水層を $k=3 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 、難透水層を $k=1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ とした。

照査箇所としては2箇所のウェルドレーンの中間点に着目し、無対策時と20、40、60、80、100mの各ウェルドレーンピッチにおいて、河道内水位ピーク時における難透水層底面に作用する圧力水頭低下量を算出した結果、必要低下量を満足するウェルドレーンピッチは20mが妥当である結果となった。図-7にウェルドレーンピッチを20mとした場合でのコンター図を示す。

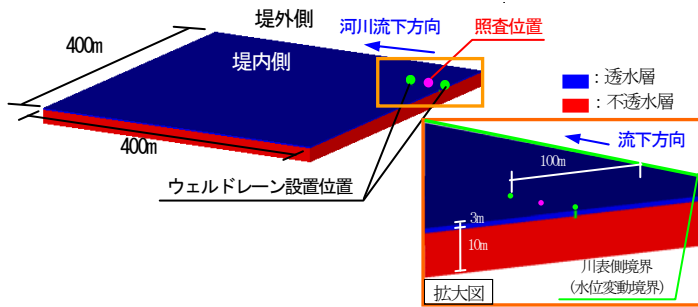


図-6 三次元飽和-不飽和浸透流解析モデル図

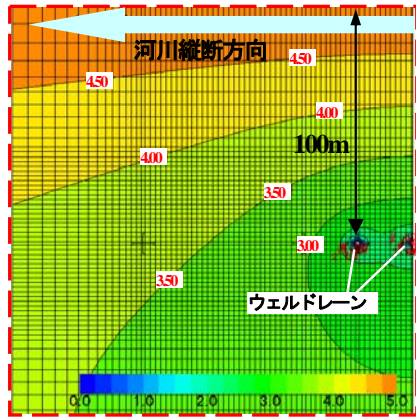


図-7 圧水頭コンター図(ウェルドレーン 20m ピッチ)

5. 施工

(1) 施工方法

施工手順は、施工ヤードを掘削により確保し、オールケーシング掘削機により礫層まで掘削を行い、鉄筋カゴを組み立てたものを削孔内に据え付け、ドレーン材を投入、間詰材(砂)の充填を行い、その後ケーシングを引き抜き、ウェルドレーンを完成させる。その後、ウェルドレーン上部に堤脚部のパイピング現象による堤防破壊対策のドレーン工法を施工し、排水口のゲートを設置する。



写真-3 オールケーシング掘削機にて削孔 (STEP1)



写真-4 鉄筋カゴの据付 (STEP2)



写真-5 ドレーン材の充填 (STEP3)



写真-6 ケーシングの引き抜き (STEP4)



写真-7 ウェルドレーン完成 (STEP5)



写真-8 排水路完成 (STEP6)

6. おわりに

今後の漏水対策工等においても、現場条件に合わせ、効果的・経済的な工法を選定し、コスト縮減を図る。

また、漏水対策実施箇所において、洪水時における堤防の安全性の確認とともに漏水対策工法の効果検証を目的に、観測孔による洪水時の堤体内水位を観測し、河川堤防のモニタリングを実施する。