

平成29年台風21号による木津川基盤漏水の 対策工実施および事後検証について

田中 大樹

近畿地方整備局 淀川河川事務所 工務第一課 (〒573-1191大阪府枚方市新町2-2-10)

2017年(平成29年)台風21号で、木津川下流部の佐山地区（右岸6.0k付近）等にて、堤内側の基礎地盤が浸透破壊することによる大規模な漏水被害が発生した。このため、淀川河川事務所では、調査検討の結果、基盤漏水対策工として堤内基盤排水工法（ウェルドレーン工法）を選定し、現地施工を行った。また、漏水対策工が完成した後の2019年10月台風19号出水で、木津川下流部で2017年と同程度まで河川水位が上昇したが、対策工としてのウェルドレーンが機能したことにより漏水被害が抑制された。本稿では、堤内基盤排水工法としてウェルドレーンを選定し、設計、施工及び効果検証を行った結果について報告する。

キーワード 堤防、基盤漏水、パイピング、浸透流解析、ウェルドレーン

1. はじめに

2017年台風21号で、木津川下流部の佐山地区（右岸6.0k付近）では複数の箇所にて堤内側の基礎地盤から大きな噴砂を伴う漏水が発生した。多くは堤防に近い箇所であったが、比較的堤防から離れた場所においても噴砂が発生した。この漏水現象は、洪水時の河川水の水压によって基礎地盤より水が噴き出す現象である「パイピング（盤ぶくれ+噴砂）」であり、この水の噴き上げに伴い地盤中の土砂も一緒に噴き上がったものと推察された。

漏水箇所周辺の調査の結果、地質的特徴として、概ね4～5mの被覆土層（粘土層(Ac2)）があり、その下位に透水性地盤である沖積砂礫層(Asg2)及び段丘堆積層(Tg)が河川まで連続して分布していることや、透水層の透水係数は 10^{-2} ～ 10^{-3} cm/sオーダーで非常に高透水であり、透水層の地下水は被圧していることが明らかとなった。



図-1 木津川漏水箇所位置図

2. 基盤漏水対策工法の検討

(1) 対策工法の選定

当地区の被災状況は、河川水位の上昇に伴い透水層の揚圧力が上昇し、基礎地盤より漏水が発生するパイピングである。このため、堤防で採用される代表的な基礎地盤対策工¹⁾より、適用可能性を比較検討した結果、施工性及び周辺井戸等への影響を考慮して、対策工法として堤内基盤排水工法を選定した。

また、堤内基盤排水工法には、透水層の水を抜くドレーンを連続配置する形式と離散配置する形式があり、マニュアル²⁾では信頼性、確実性、施工性の点で連続配置形式が推奨されているが、対象箇所の被覆土層が約4mと厚く、横断面を逆台形とする連続配置形式の場合は施工幅が広くなり、用地の制約や堤体への影響が発生するため、堤防沿いに鉛直ドレーンを設置する離散配置形式（ウェルドレーン）とした。

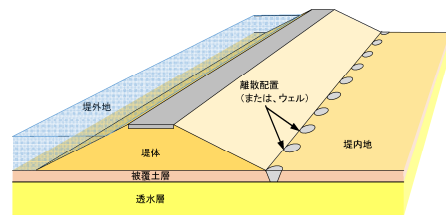


図-2 ウェルドレーンのイメージ²⁾

(2) 対策工の配置検討

ウェルドレーンは堤防沿いに点状に配置されることになるため、3次元浸透流解析により地下水位分布を算定し、洪水時の安全性が確保される配置を検討した。

検討した解析モデルのモデル化範囲、解析モデル図を図-3、図-4に示す。地質構造は堤体及び堤内地の地質調査結果を用いて設定した。各地層の透水係数は、地質調査結果を参考とするとともに、出水時の河川水位及び地下水位データを用いた検証解析（再現計算）を行って決定した。

このモデルを用いて、ウェルドレーンの配置間隔の検討を行った。設計外力は、2017年台風21号出水規模の河川水位とし、ウェルドレーンの配置間隔を変更した時の安全性を照査した。解析の結果、ウェルドレーン間隔20mで必要な安全率を満足させるものとなることから、本地区の漏水対策工としてのウェルドレーンは20m間隔とした。

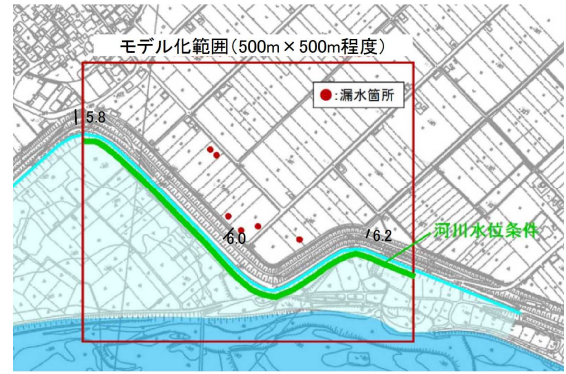


図-3 主な漏水箇所と解析モデル化範囲

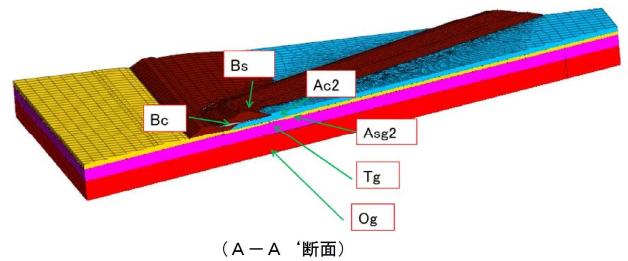
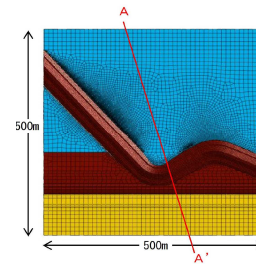


図-4 解析モデル

3. 対策工の施工

ウェルドレーンの位置及び構造図を図-5に示す。設置位置は、地元等との協議で用地外の設置が困難であったため堤防用地内の法尻付近とした。ウェルドレーンの径はφ900、深度は透水層であるTg層確認まで貫入させるものとし、施工時に20m～60m間隔で実施したチェック

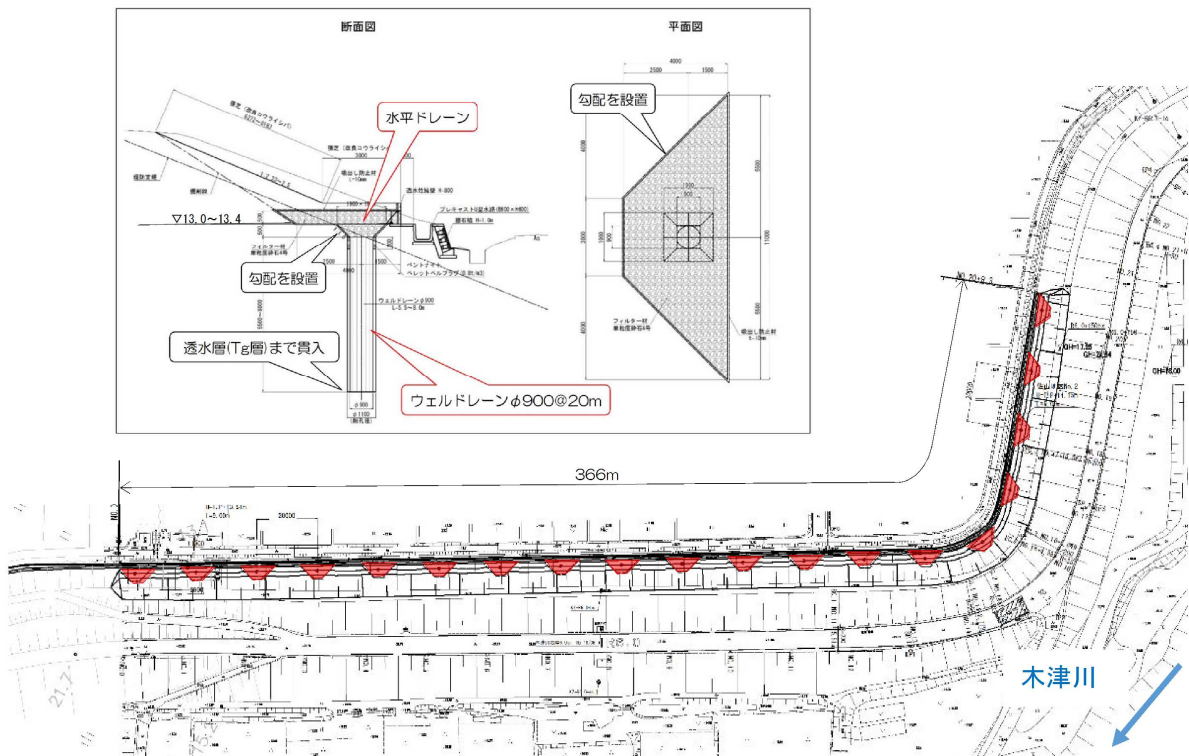


図-5 ウェルドレーンの位置、構造図

ボーリングで透水層を確認しながら各ウエルの深度を決定した。ドレーン材料は、単粒度碎石（4号）とし、ウエルドレーン上部には、排水水を水路に接続するとともに、堤体浸透する水を排出する水平ドレーンを設置した。

ウエルドレーンは20mピッチで19本設置し、施工延長は366mであった。ウエルドレーンの施工の手順と施工上の配慮事項は以下の通りである。

① 作業ヤードの準備

堤内地（堤防法尻から内側）の借地が出来なかったため、堤防法尻付近を掘削して施工ヤードを確保したが、施工場所が狭く資材の仮置き場が確保できなかったため、全数量を小運搬した。

② ウエルドレーンの施工

オールケーシング掘削機（BAUER BG20）による掘削を行い、その後、同機により鉄筋かご据付け、ドレーン材の充填、間詰材(砂)の充填を行い、ケーシングを引抜きした。

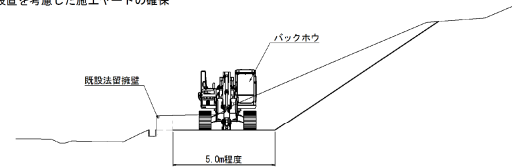
ここで、鉄筋かごについては、D13の鉄筋での骨組みであったため、吊り下げ時に形状が崩れることやかご本体が落下する危険があった。このため、単管での補強を行うとともに縦筋に吊り金具を溶接して取り付ける等の工夫を行った。またドレーン材の充填には鉄製漏斗を用いて、所定の位置に確実に投入するようにした。

③ 水平ドレーン部の施工、盛土

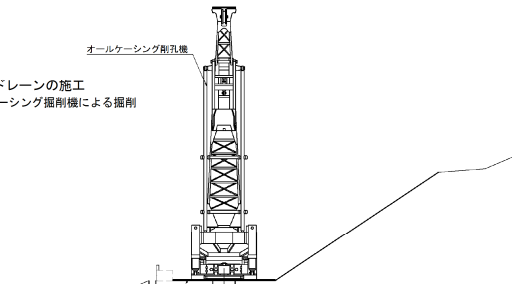
水平ドレーン部を施工した後、盛土及び法面整形を行った。

本工事の施工期間は約6ヵ月、施工費は約110百万円（税込、水路等付帯設備含む）であり、2019年3月に完成した。

①作業ヤードの準備
掘削機の設置を考慮した施工ヤードの確保



②ウエルドレーンの施工
オールケーシング掘削機による掘削



鉄筋かご据付け（吸出防止材巻付け）
ドレーン材充填
ケーシング引抜き

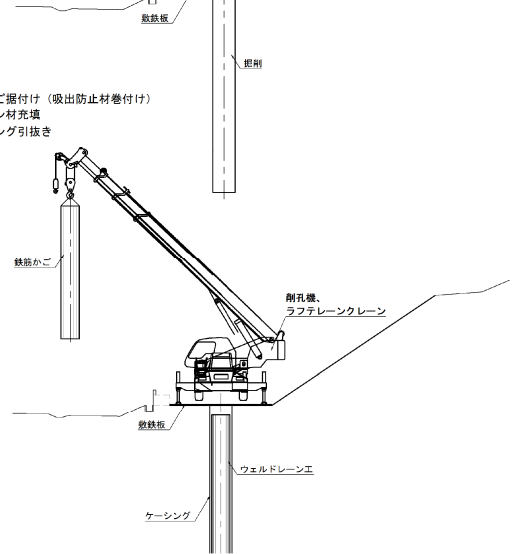


図-6 ウエルドレーンの施工手順

4. 対策工の事後検証

(1) 2019年台風19号出水時のモニタリング結果

ウエルドレーン完成後の2019年10月台風19号出水では、近畿地方中部で激しい雨が降り、木津川佐山地区では、右岸6.0kの痕跡水位でT.P.+17.31m2017年台風21号出水（T.P.+17.67m）と同程度まで河川水位が上昇した。この出水時に、堤体・堤内地の状況、透水層の地下水位（圧力水頭）、河川水位のモニタリングを実施した。

佐山地区の漏水の状況は、噴砂を伴う基盤漏水2箇所と小規模な基盤漏水1箇所が発生した。漏水箇所はいずれも2017年台風21号で漏水した箇所であった。なお、2017年と比較すると、漏水箇所数は9箇所以上から3箇所に減少しており、噴砂口の規模及び噴砂・漏水量も小さくなっている。また、2017年出水で漏水のあった木津川に最も近い箇所では発生しなかった。

出水時に、透水層の圧力水頭がウエルドレーン頂部の

設置敷高(T.P.+13.4m程度)以上となると、ウエルドレーンから排水されていることを確認した。なお、ウエルドレーンからの排水に濁りや土砂の流出は確認されず、出水前後の堤防横断測量の結果では、堤体に変化が見られなかった。

漏水発生箇所では、出水後にトレンチ調査を実施した。近傍の平均的な被覆土(粘性土)層厚は4m程度であるが、漏水箇所では、粘土層内に緩い砂層が鉛直に貫入して被覆土層厚が薄くなっている状況を確認した。また、噴砂土の粒度試験の結果、噴砂は粘性土層(Ac層)直下の砂礫層(Asg2層)の土であることが明らかとなった。

(2) 漏水対策工の効果検証

検証した3次元解析モデルを用いて、2019年台風19号出水時の外力条件でウエルドレーン有無の計算を行うことにより、ウエルドレーンの対策効果を検討した。計算結果より、ウエルドレーンの効果により堤内地の地下水位が最大1.6m程度、漏水箇所(R5地点)でも1.0m程度低下

したと推定された。

これより、対策工としてのウェルドレーンの設置は、堤内地の地下水位を低下させ、基礎地盤のパイピングに対する安全性を向上させる効果があったと言える。

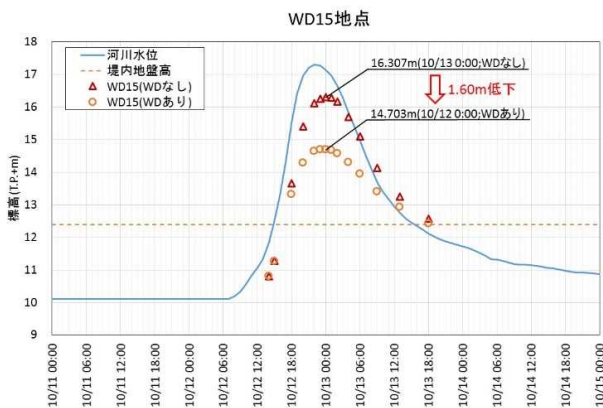
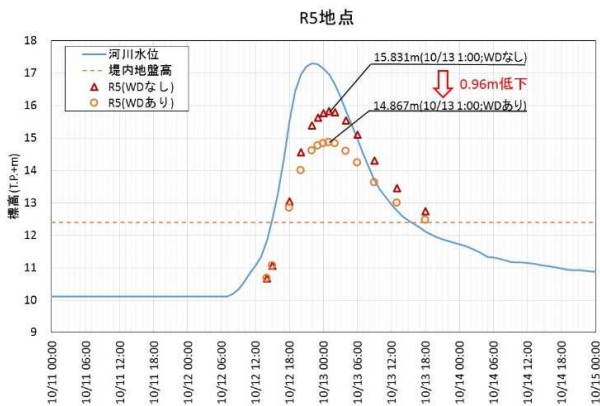
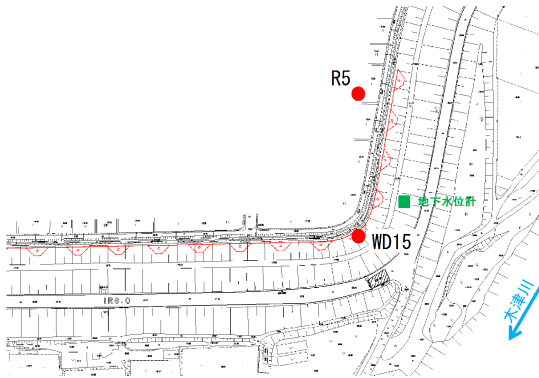


図7 ウェルドレーン有無の地下水位比較

5. おわりに

木津川佐山地区では、基盤漏水対策としてのウェルドレーンを設置したことにより、出水時の堤内地の地下水位を低下させ、基礎地盤の浸透破壊に対する安全性を向上させることができた。

一方、今次出水はウェルドレーンの設計水位以下であったが、堤内地の3箇所でも漏水が発生した。現地調査の結果から、佐山地区では被覆土層が非常に薄い箇所が存在し、このような地質構造の箇所では設計水位以下でも浸透破壊による漏水が発生することが明らかとなった。

ウェルドレーンは、全国的に設置事例も少なくその効果について十分検証されていない工法であるため、事務所では、引き続きモニタリングを実施していくとともに対策工の検証に取り組んでいくものとしている。

謝辞：本検討については、淀川河川事務所内に設置されている『淀川河川事務所管内堤防破壊時の堤防調査委員会』（委員長：岡二三生 京都大学名誉教授）に有益なご助言を頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 財団法人国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），平成24年2月
- 2) 国立研究開発法人 土木研究所：堤内基盤排水工法マニュアル（試行版），平成29年1月
- 3) 有本浩太郎，嶋田剛士：平成29年台風21号による木津川基盤漏水の調査報告，平成30年度近畿地方整備局研究発表会
- 4) 與田敏昭，文字聖，田中大樹，岡二三生：木津川における堤内基盤排水工法の検討（その1），第55回地盤工学研究発表会（投稿中）
- 5) 與田敏昭，文字聖，田中大樹，岡二三生：木津川における堤内基盤排水工法の効果と漏水原因の検討，2020年度土木学会全国大会（投稿中）