

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

株式会社ニュージェック 正会員 ○與田敏昭
 近畿地方整備局淀川河川事務所 文字 聖
 近畿地方整備局淀川河川事務所 田中大樹
 京都大学名誉教授 フェロー会員 岡二三生

1. はじめに

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。この対策工として、堤内地での井戸等への影響が懸念されることや維持管理等の理由により堤内基盤排水工法（ウェルドレーン工法）を選定した。ウェルドレーンの設計はマニュアル¹⁾に準拠し、ウェルドレーンが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洪水時の安全性が確保される配置及び諸元を決定した^{2),3)}。木津川佐山地区のウェルドレーンはφ900mm、深度は透水層であるTg層確認まで貫入させており、20mピッチで19本、施工延長366mであり、平成31年3月に概成した。

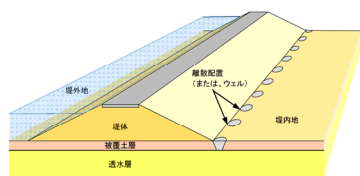


図-1 ウェルドレーンのイメージ

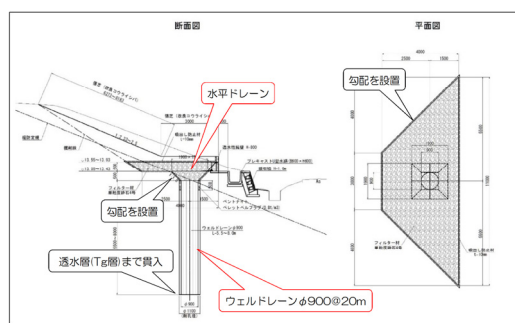


図-2 ウェルドレーンの構造

2. 堤内基盤排水工法の効果

ウェルドレーン完成後の令和元年10月台風19号で、近畿地方中部で激しい雨が降り、木津川佐山地区では、平成29年台風21号出水と同程度まで河川水位が上昇した。この出水で、佐山地区では基盤漏水3箇所が発生したが、いずれも平成29年台風21

号と同じ箇所からの漏水であった。なお、平成29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た。

出水時のモニタリングで、透水層の圧力水頭がウェルドレーン頂部の設置敷高以上となると、ウェルドレーンから排水されていることを確認した。なお、ウェルドレーンからの排水に濁りや土砂の流出は確認されなかった。

また、構築した3次元解析モデルを用いて、令和元年台風19号出水時の外力条件でウェルドレーン有無の計算を行うことにより、ウェルドレーンの対策効果を検討した。計算結果より、ウェ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、漏水箇所でも1.0m程度低下したと推定された。

これより、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-3 令和元年台風19号での漏水箇所

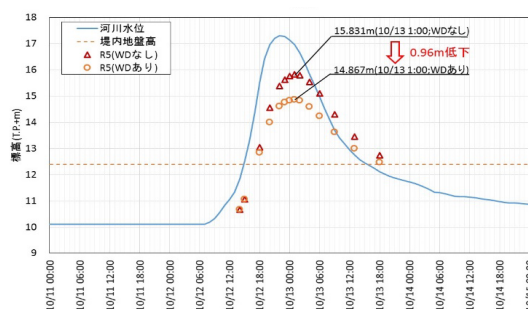


図-4 ウェルドレーン有無の水位比較(R5地点)

キーワード 堤防、パイピング、浸透流解析、ウェルドレーン
 連絡先 〒531-0074 大阪市北区本庄東 2-3-20 株式会社ニュージェック

3. 漏水原因の検討

台風 19 号出水での河川水位は、ウェルドレーンの設計水位以下であったが堤内地の 3 箇所で漏水が発生したため、漏水原因を検討した。

(1) 安全率の算定

佐山地区は、被覆土層（平均層厚 4m 程度）があるため、手引き⁴⁾等に準拠した浸透破壊（盤ぶくれ）に対する照査方法にて安全率を算定する。一方、漏水後に実施したトレンチ調査より、粘土層に砂層が貫入している状況が確認されたため、漏水箇所に粘性土の被覆がなく砂質土である場合も想定して、被覆土層がない条件での照査も行った。

①被覆土がない場合

$$F_s = \frac{\gamma' / \gamma_w}{H_T / H} = \frac{i_c}{i}$$

ここで、 H_T は圧力水頭、 H_P は全水頭、 F_s は安全率、 i_c は Terzaghi の限界動水勾配である。

②被覆土がある場合

手引きによる照査方法⁴⁾より以下となる。

$$G / W > 1.0 \quad \dots\dots\dots a)$$

ここで、 G ：被覆土層の重量、 W ：被覆土層基底面に作用する揚圧力である。

この方法は、以下のように誘導できる。安全率を圧力水頭について考えると、力のつり合い式は、

$$\gamma_t H L - \gamma_w F_s H_P L = \gamma_t H L - \gamma_w F_s (H_T - (-H)) L = 0$$

となり、以下のように安全率が求まる。

$$F_s = \frac{\gamma_t H}{(H_T + H) \gamma_w} = \left(\frac{G}{W} \right) = \frac{\gamma' + \gamma_w}{(H_T / H + 1) \gamma_w} = \frac{i_c + 1}{i + 1} \quad \dots\dots b)$$

(2) 安全率算定結果

堤内地の圧力水頭が最大となる地点において、ウェルドレーン有無の安全率を算定した。また、漏水箇所(R5)においてトレンチ調査で確認された層厚（被覆土なし）での安全性を照査した。

その結果、今次出水に対しては、被覆土層の有無に関わらずウェルドレーンの効果により必要な安全率が確保されることになった。しかし、漏水箇所の R5 地点では層厚が薄いため、ウェルドレーンがあっても安全率が基準値以下となっており、層厚不足によりパイピングが発生したことが示された。

表-1 安全率算定結果

		WD	WDあり	WDなし	WDあり	
		地点	最大地点	最大地点	R5（漏水箇所）	
		条件	層厚4m ※調査平均値	層厚4m ※調査平均値	H29トレンチ掘削 での確認層厚	$F_s=1.0$ となる層厚
被覆土がない場合	砂層厚(m)	H	4.00	4.00	1.80	2.78
	全水頭(m)(地盤面基準)	H_T	3.05	3.89	2.47	2.47
	限界動水勾配(-)	i_c	0.89	0.89	0.89	0.89
	動水勾配(-)	i	0.76	0.97	1.37	0.89
	安全率(-)	$F_s(=i_c/i)$	1.16	0.91	0.65	1.00
被覆土がある場合 a)	被覆土層厚(m)	H	4.00	4.00		
	(kN/m ²)	G	71.20	71.20		
	圧力水頭(m)	H_P	7.14	7.99		
	(kN/m ²)	W	70.03	78.35		
	安全率(-)	$F_s(=G/W)$	1.02	0.91		
被覆土がある場合 b)	被覆土層厚(m)	H	4.00	4.00		
	全水頭(m)(地盤面基準)	H_T	3.05	3.89		
		$i_c + 1$	1.96	1.96		
		$i + 1$	1.76	1.97		
	安全率(-)	$F_s(=i_c+1/i+1)$	1.11	0.99		

4. まとめ

佐山地区では、出水による河川水位の上昇に対して、河道とつながっている透水層を通じて堤内地の地下水位が堤内地盤高以上となったが、ウェルドレーンが被覆土層に作用する揚圧力を低減し、堤内地の地下水位低下に一定の効果を発揮した。しかし、河川水位がウェルドレーン設計水位以下であったにも関わらず、堤内地の 3 箇所で漏水が発生した。

これは、被覆土層にこれまでの漏水等により粘土層に砂層が貫入して被覆土厚が薄くなっている箇所や、被覆土層が無い箇所が存在しており、これらの箇所では安全率が基準値以下となるため漏水や噴砂が発生したと想定される。

本検討については、「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) 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
2) 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）
3) 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 2），第 55 回地盤工学研究発表会（投稿中）
4) 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