

仁淀川新居地区における漏水対策矢板について

四国地方整備局 高知河川国道事務所 工務第一課 仲田 隆宏

1、はじめに

波介川河口導流事業は、現在の波介川の合流点を仁淀川の河口まで下げ、洪水時には水位の高くなる仁淀川からの逆流の影響を除き、波介川の洪水を安全に仁淀川河口まで流下させ、洪水の被害を軽減させるものである。平成16年2月に地元の「新居を守る会」との工事着工同意を得て、これから本格的に工事着手していく事業である。今回の工事は、透水矢板を用いた漏水対策工事（L=240m）を実施したものである。なお、透水矢板とは、矢板に孔を1mピッチに開けたもので、洪水時には基盤漏水を防ぎ、かつ平常時には地下水の通水を妨げないものである。



図-1．事業及び工事概要

2、新居地区の現状と課題

今回施工した新居地区は、水田やハウス栽培等の優良な農地が広がっているが、その反面、透水性の高い砂礫層が広く分布しており、洪水時には堤内側で漏水をたびたび引き起こしている。また、河口域に位置しており、地下水の塩水化が進んでいる。そこで求められる矢板の機能は、漏水対策として堤体の安定確保と基盤漏水の抑止、平常時の地下水の流れを確保することにより、塩水化の進行を防止するという、相反する面を満足させることである。そこで、矢板に孔を開けることにより、その二つの機能を確保できると考え、室内試験及び現場試験において、開孔率（孔の大きさ、数）を決定した。なお、開孔率とは、全面積に対する開孔部（孔）の面積の比である。

3、室内試験

開孔部の通水能を調べて解析に反映させるために、開孔率0.2, 0.5, 1.0, 1.5%について室内透水試験を実施した。その結果を浸透流解析し、漏水に対する安全率を満



写真-1．透水試験装置

足させる透水矢板の透水係数を逆算すると $k=4.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ となり、その時の開孔率は 0.2%程度となる。なお、使用した解析は、有限要素法による断面二次元非定常浸透流解析 (GW-USAF/W) である。

4、現場試験

室内試験の結果から 0.2%の開孔率の矢板 (40mm@1m) を用いて、図-2 に示すように 3 ケースのヤードにおいて、それぞれに揚水井戸と矢板の内外に水位観測孔を設けた。そして、透水係数を求めるための揚水試験、平常時の通水を確認するための地下水位観測、塩水化の関係を把握するための塩素イオン濃度観測を実施した。

4.1、揚水試験結果

図-3 に示すとおり、止水矢板のヤードにおいて最も観測孔の内外水位の差が大きく、次に透水矢板、そして矢板なしでは、その差はほとんど見られない。これは止水矢板については、四方が止水矢板により囲まれているため、地下水の供給が底面からのみであるのに対し、透水矢板では底面だけでなく、側方部の孔を通しての地下水の供給もあるためである。これは止水矢板で囲まれた範囲を井戸とみなしたとき、井戸底からの揚水量と水位低下量の関係が井戸式 $Q =$

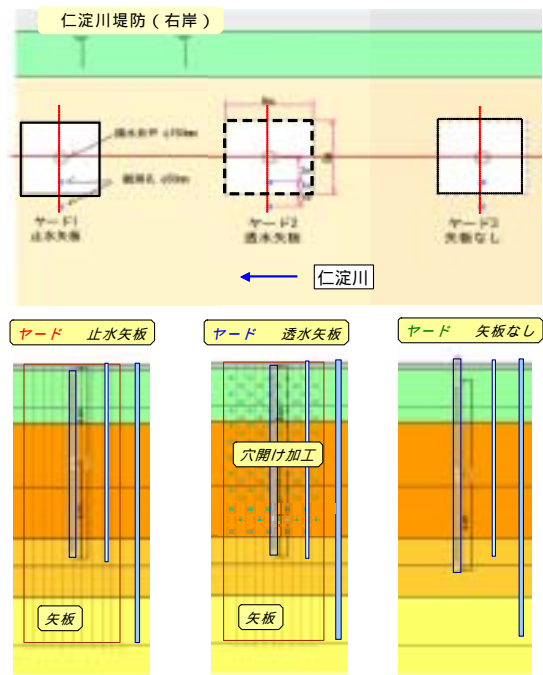


図-2. 試験ヤード配置及び地質断面図

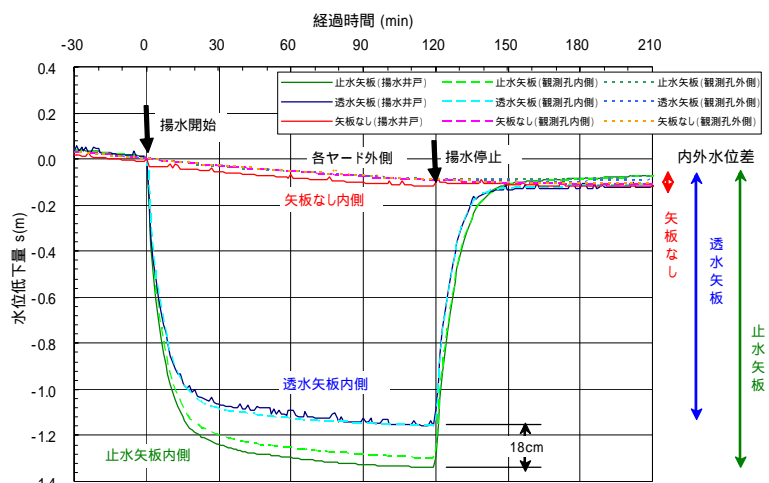


図-3. 揚水試験時の水位低下量

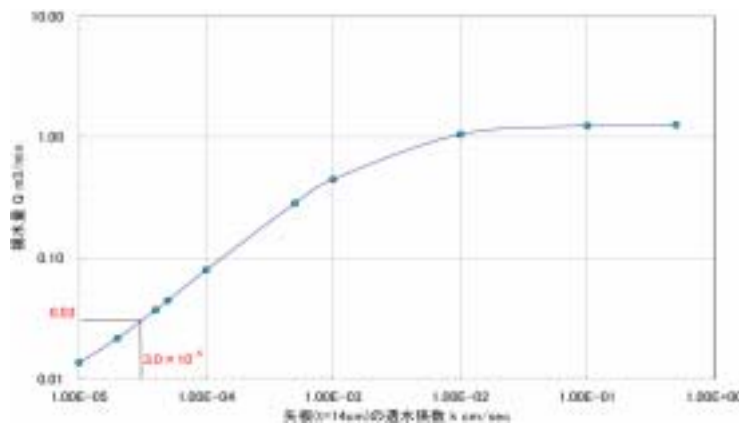


図-4. 矢板の透水係数と揚水量の関係

4kr₀(H - h₀)と一致することからも検証出来る。透水矢板の透水係数は浸透流解析で、透水矢板の透水係数を種々変更した軸対象モデルを用いたシミュレーションを行い、その結果は、図-4 に示すような関係が得られた。この関係から、現場での実際の揚水量である 0.03m³/min の時の透水係数を求めれば、それが透水矢板の透水係数であり、その値は k_(t=14cm) = 3.0 × 10⁻⁵cm/sec となる。この値を用いて漏水に対する透水矢板の効果検討したところ表-1 のとおりとなり、止水矢板と同様に漏水対策効果あることが確認された。

表-1 . 透水矢板の漏水対策検討結果

測点	検討手法	無対策	止水矢板	透水矢板	備考	
No.20	G/W	算定値	0.95	2.19	2.09	表土厚:2.00m 湿潤密度:1.8tf/m ³
		基準値	1.0	1.0	1.0	
		判定	OUT	OK	OK	
	局所動水勾配	iv	0.688	-	0.025	止水矢板については水面が 地表面に達していない。
		基準値	< 0.5	< 0.5	< 0.5	
		判定	OUT	OK	OK	
		ih	0.415	0.392	0.393	
		基準値	< 0.5	< 0.5	< 0.5	
		判定	OK	OK	OK	
	円弧滑り川裏水位上昇時	Fs	1.434	1.463	1.463	F _{s0} =1.2 i=1.1, z=1.1 F _s 1.2 × 1.1 × 1.1=1.452
		基準値	1.452	1.452	1.452	
		判定	OUT	OK	OK	

4. 2、地下水位観測（平常時の地下水の通水確保）

図-5 に示すとおり、地下水の変動は河川水位の潮位変動より、幾分遅れて変動し、その振幅は河川水位と比較して小さい。地下水位の変動については、透水矢板、止水矢板、矢板なしヤード、及び堤内地下水位を比較しても差異はみられないことから、通常時の地下水の通水については影響がないと考えられる。

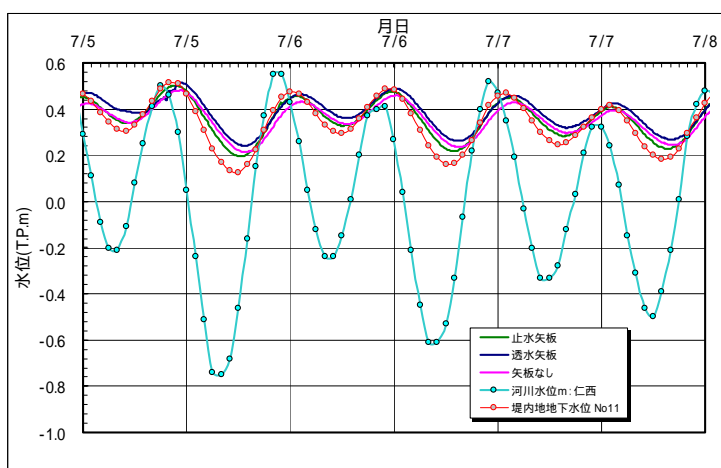
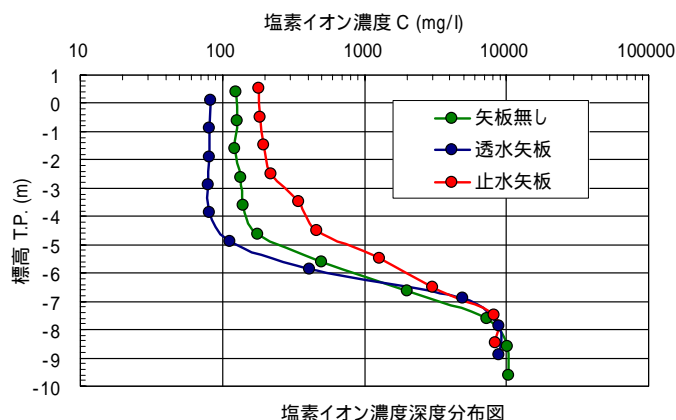


図-5 . 平常時の水位変動状況

4. 3、塩素イオン濃度（塩水化の現状維持）

図-6 に示すとおり、止水矢板では、下層部の塩素イオン濃度の高い地下水のみが底面から入ってくるため、塩素イオン濃度が高くなる傾向を示す。また一旦、高濃度の地下水が入ると、上層部の塩素イオン濃度の低い地下水が入ってこないため、塩素イオンが蓄積される一方になり、塩水化が進むことが懸念される。それに対し、透水矢板



塩素イオン濃度深度分布図

図-6 . 塩素イオン濃度分布図

については下層部の塩素イオン濃度の高い地下水を遮断しつつ、上層部の塩素イオン濃度の低い地下水が孔を通して入ってくるため、それが混合することにより、塩素イオン濃度が低下するという希釈効果があると考えられる。

5、透水矢板の効果範囲

現場試験及び室内実験をモデル化した浸透流解析の結果より、開孔率と透水矢板の透水係数の関係を図-7に示す。開孔率1%の場合の透水矢板の透水係数は 10^{-3} cm/secのオーダーにあり、砂(細砂)の透水係数に近い値となる。また開孔率を0.1%とした場合は、 $k=4.2 \times 10^{-5}$ cm/secであり、シルト相当の透水係数とほぼ等しい値となる。したがって、透水矢板の漏水対策工としての効果を期待する場合は、開孔率を0.1%~1.0%と設定すると透水矢板の透水係数は、 10^{-4} cm/secの程度となるので透水矢板としての機能が期待できる。さらに

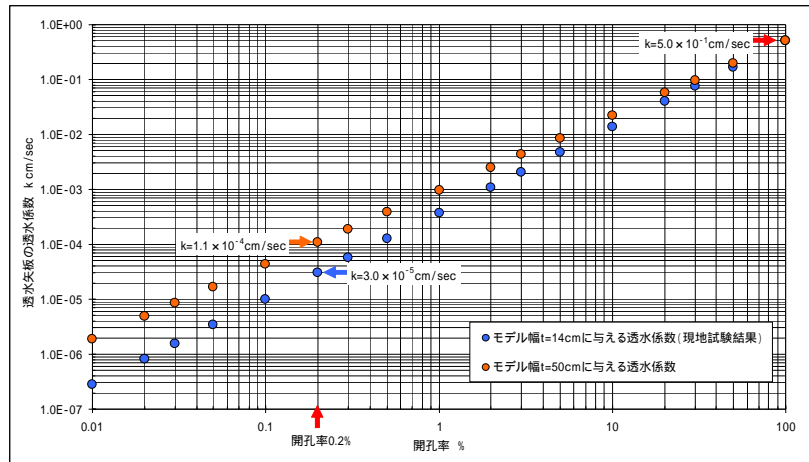


図-7. 開孔率と透水係数の関係

透水矢板の開孔率	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01	0.001
k (cm/sec)	10^{-1}	10^{-1}	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
排水	良	良	好	好	中	中	中	中	中	中
土質	きれいな砂利	きれいな砂、きれいな砂と砂利の混合物	清潔に細かい砂、有機質および無機質シルト、砂・シルト・年度の混合物、水成シル、層をなした年度の堆積物など	植物と風化の結果できた“不透水性”の土	“不透水性”の土、たとえば風化地層の下の均等な粘土					
その直接的決定法	原位置で行う土の直接試験、適切に指導すれば信頼性有り、相当の経験を要す		揚水試験	定水位透水試験、少し経験を要す						
その間接的決定法	粒度分布から計算、きれいな粘着力のない砂と砂利だけに適用		定水位透水試験、信頼性あり、経験を要す	定水位透水試験、信頼性なし、多くの経験を要す		定水位透水試験、かなり信頼性あり、相当の経験を要す				

(Casagrande, A. および Fellenz, R.E., 参考による) に加筆

図-8. 透水矢板と土の透水係数との比較

透水矢板の汎用性の面から評価すると0.2%~0.5%の範囲で開孔率を設定すればより確実に効果を発揮すると考えられる。

6、終わりに

以上のことから、矢板にある一定の開孔率の孔を開けることにより、洪水時には漏水対策効果を発揮し、かつ平常時には地下水の通水を確保するという、相反する目的を満足させることが出来たと考えられる。この方法は今までに例のないことで現在、特許を申請して審査請求中である。今後、地下水観測等のモニタリングを経年的に実施し、透水性矢板の効果の検証を行う予定である。最後に、実験、解析方法及び特許申請について、ご指導頂いた独立行政法人土木研究所の三木総括研究官をはじめとする多くの方々へ深く感謝致します。