

砂槽モデルによる地下水かん養に関する実験

徳島大学工学部 正員 尾島 勝
 徳島大学大学院 学生員 O井上芳孝
 田電コンサルタント 正員 面内剛三

1. まえがき 本研究は、遮水壁を用いて地下水の長期的貯留を意図するかん養工法における地下水かん養量および流動量に着目し、砂槽モデル実験を行なうことによってそのかん養効果を明らかにすることを目的としている。本実験では、砂層中に遮水壁を打設することによって生じる地下水流、水面形および流下流量の非定常性に着目し、遮水壁上流側の地下水貯留効果ならびに遮水壁下流側の地下水減少効果の検討を行なった。

2. 実験モデルおよび実験方法 本実験に用いた砂層モデルを図-1に示し、実験条件を表-1に示した。砂層の物理諸量は、 $G_s = 2.67$, $d_{10} = 0.34 \text{ mm}$, $U_c = 2.90$, $k = 0.2 \text{ cm/sec}$, $e = 0.40$ であり、均質等方性とみなす。実験方法としては、所定の動水勾配(I)の初期定常流れをつくった後、所定の開度(d)まで砂槽の全幅にわたり遮水壁を打設し、砂層内測点の水位をマンメータで取り出して打設と同時に10秒間隔で写真撮るとともに、侵入流量(Q_i)と流出流量(Q_o)を30秒毎に計測する。

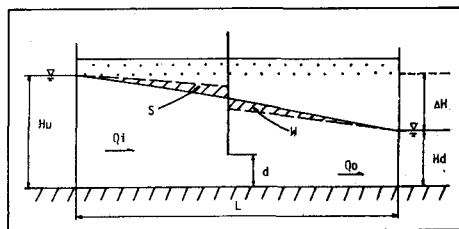


図-1 実験モデル

表-1 実験諸元

実験タイプ	Hu(cm)	Hd(cm)	ΔH (cm)	d(cm)	L(cm)	$I = \Delta H/L$	$n = 1 - 2d/(Hu + Hd)$
A-1 A-2 A-3	30.0	15.0	15.0	9.0	300.0	1/20	0.600
B-1 B-2 B-3	30.0	15.0	15.0	6.0	300.0	1/20	0.733
C-1 C-2 C-3	30.0	15.0	15.0	3.0	300.0	1/20	0.867
D-1 D-2 D-3	30.0	18.0	12.0	9.0	300.0	1/25	0.625
E-1 E-2 E-3	30.0	18.0	12.0	6.0	300.0	1/25	0.750
F-1 F-2 F-3	30.0	18.0	12.0	3.0	300.0	1/25	0.875
G-1 G-2 G-3	30.0	20.0	10.0	9.0	300.0	1/30	0.640
H-1 H-2 H-3	30.0	20.0	10.0	6.0	300.0	1/30	0.760
I-1 I-2 I-3	30.0	20.0	10.0	3.0	300.0	1/30	0.880

なお、図-1中のS, Wは、初期定常水面形と任意時刻における水面形から計算される遮水壁上流側の貯留量および下流側の減少量である。

3. 実験結果の解析 $I = 1/30$ の場合の定常水面形を図-2に示した。 $I = 1/20$, $I = 1/25$ の場合のそれらと比較して次のことがわかった。

i) 初期動水勾配が一定であれば、遮へい率(n)が大きくなるほど初期定常水面形からの変動が大きく、遮水壁の上流側では水位は上昇し、下流側では低下する。ii) 遮へい率が一定であれば、初期動水勾配が大きければ上流側での水位上昇量および下流側での水位低下量は増大する。iii) 遮水壁断面における水面形状は遮水壁面に対し直交しておらず、従って静止水面を形成しているとはいえず、このような境界条件を理論解析の過程に導入することは極めて難しいことがわかった。

表-2および図-3に定常状態における貯留量(S)と減少量(W)の値と、その変化特性を示した。図の縦軸には完全止水時の貯留量($S_T = (H_u - H_d)BL/8$)に対する無次元値として S , W を評価している。これらの図表より次のことがわかった。

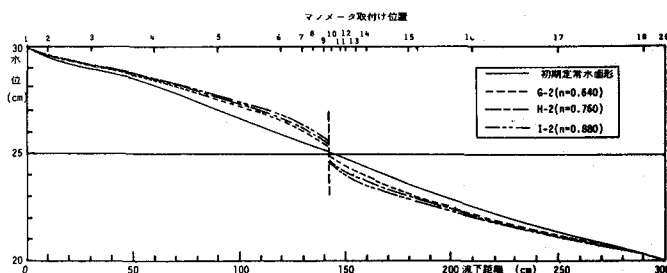
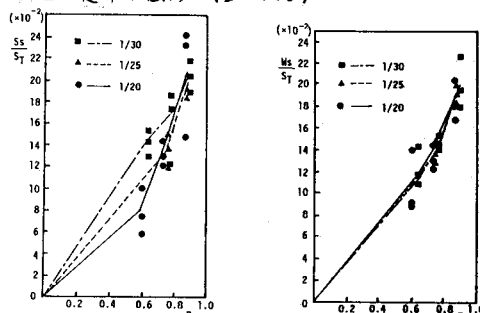
図-2 定常水面形 ($I = 1/30$)

図-3 貯留量と減少量の変化特性

動水勾配(I)が一定であれば、遮へい率(n)が大きくなるほど、貯留量、減少量ともに増大する。しかし、遮へい率が一定の場合、上流側貯留量には明らかに初期動水勾配の相違による影響がみられるのに対し、減少量には初期動水勾配による影響がほとんどあらわれない。

図-4および表-3に定常流出流量 Q_{os} と初期定常流出流量 Q_{of} とを比較して示したもので、これらの図表より、流出流量は I が一定であれば、 n が大きくなるほどその減少量は増大するが、遮へい率が9割近くになっても約2割程度しか減少せず、実際の現場への適用をはかる場合、地下水流動の遅延効果をあまり期待できないということになることがわかる。

図-5に非定常水面形の一例を示した。これをみれば、遮水壁打設開始と同時に遮水壁の上下流ともに、打設に伴う過剰間隙水圧の発生により一時的にわずかにピエゾ水頭が上昇。図-4 流出流量の変化特性

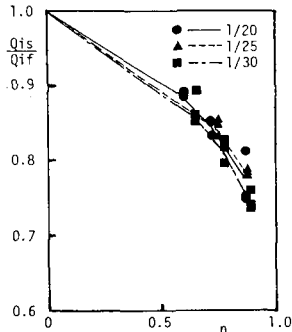


図-6に $I=1/20$ の場合の最終定常状態における貯留量に対する任意時刻の貯留量および減少量の経時変化を示した。 $I=1/25, 1/30$ のそれらと比較して、貯留量は、遮水壁打設完了後にわずかに最終定常時貯留量よりも増加し、その後漸次減少して定常値に達する。一方、減少量の変化は貯留量に比べて緩慢であり、定常到達時間もそれだけ長くなることがわかった。また、減少量よりも貯留量の方が大きいと判断され、遮水壁による地下水かん養効果が期待できることがわかった。

図-7に $I=1/25$ の場合の侵入流量および流出流量の経時変化を示した。これより流出流量は遮水壁打設完了まではほとんど減少せず、打設完了後は侵入流量の減少の割合より緩慢な変化で最終定常値にまで減少することがわかった。

4. あとがき 本実験では生起現象の再起性が十分であったとはい切れず、今後は遮水壁打設方法等の改良をし、より良い実験結果の集積をはか、ていく必要がある。

表-2 定常時における貯留量と減少量

I	S_r (cm ³)	各 諸 量	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
1/20	22500	n	0.600	0.600	0.600	0.733	0.733	0.733	0.867	0.867	0.867
		S_s (cm ³)	1292	2226	1656	3208	2750	2923	3306	5298	5415
		S_s (cm ³)	3135	2055	1966	2800	3637	2931	4010	4071	4572
		S_s/S_r	0.057	0.099	0.074	0.143	0.122	0.130	0.147	0.236	0.241
		S_s/S_r	0.139	0.091	0.087	0.124	0.162	0.130	0.178	0.181	0.203
1/25	18000	n	0.625	0.625	0.625	0.750	0.750	0.750	0.875	0.875	0.875
		S_s (cm ³)	2861	2975	2933	2693	2461	2152	3300	3402	3601
		S_s (cm ³)	2536	2730	2638	1976	2479	2843	3189	3572	3717
		S_s/S_r	0.159	0.163	0.163	0.150	0.137	0.120	0.183	0.189	0.200
		S_s/S_r	0.141	0.152	0.147	0.110	0.136	0.158	0.177	0.198	0.201
1/30	15000	n	0.640	0.640	0.640	0.760	0.760	0.760	0.880	0.880	0.880
		S_s (cm ³)	2154	1943	2323	2797	2514	1849	2826	3058	3242
		S_s (cm ³)	1753	1631	1735	2301	2099	2162	2923	2846	3409
		S_s/S_r	0.144	0.130	0.155	0.187	0.174	0.123	0.188	0.204	0.215
		S_s/S_r	0.117	0.109	0.117	0.153	0.140	0.144	0.195	0.190	0.227

表-3 初期流出流量と定常流出流量

I	各 諸 量	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
1/20	n	0.600	0.600	0.600	0.733	0.733	0.733	0.867	0.867	0.867
	Q_{of} (cm ³ /30sec)	334	331	316	320	321	310	313	335	338
	Q_{os} (cm ³ /30sec)	297	290	280	275	270	265	253	267	264
	Q_{os}/Q_{of}	0.889	0.876	0.886	0.859	0.841	0.855	0.808	0.797	0.781
	Q_{os}/Q_{of}	0.889	0.876	0.886	0.859	0.841	0.855	0.808	0.797	0.781
1/25	n	0.625	0.625	0.625	0.750	0.750	0.750	0.875	0.875	0.875
	Q_{of} (cm ³ /30sec)	283	280	280	345	344	333	337	330	327
	Q_{os} (cm ³ /30sec)	240	235	235	294	290	285	260	261	255
	Q_{os}/Q_{of}	0.848	0.839	0.839	0.852	0.843	0.856	0.795	0.791	0.780
	Q_{os}/Q_{of}	0.848	0.839	0.839	0.852	0.843	0.856	0.795	0.791	0.780
1/30	n	0.640	0.640	0.640	0.760	0.760	0.760	0.880	0.880	0.880
	Q_{of} (cm ³ /30sec)	282	281	276	277	241	238	236	236	237
	Q_{os} (cm ³ /30sec)	239	238	235	224	199	196	105	189	184
	Q_{os}/Q_{of}	0.848	0.847	0.851	0.809	0.826	0.824	0.777	0.794	0.776
	Q_{os}/Q_{of}	0.848	0.847	0.851	0.809	0.826	0.824	0.777	0.794	0.776

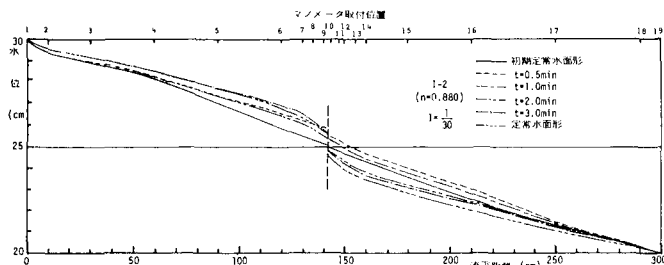


図-5 非定常水面形 ($I=1/30$)

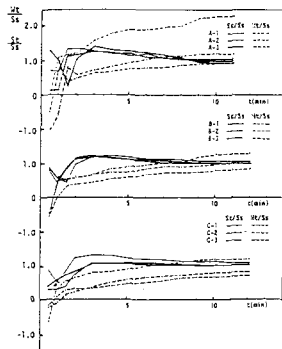


図-6 貯留量および減少量の変化特性 ($I=1/20$)

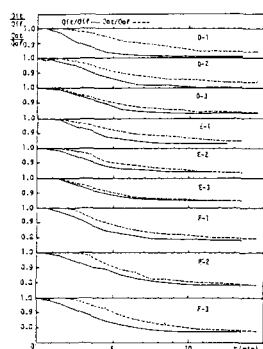


図-7 流出流量および侵入流量の経時変化