

徳島大学工学部 正員 ○尾島 勝
徳島大学工学部 正員 西田 剛三

1. まえがき

著者らは、上記課題に関する研究成果を才27回海嶺および今年度の中四年嶺に発表した。今回は実験条件として平衡浸塩界面形成後に揚水条件が付加された場合の現象解析を新たに試みることに、実験精度の向上を期し、我々が提案している塩分濃度フラックスによる塩分侵入阻止効果の定量評価を行い、さらに合数係数の算出法を改めて塩分濃度変化特性を考察したので、ここに報告する。

2. 実験砂槽と実験方法

図1に示した長さ300cm、幅41cm、高さ60cmの浸塩流水槽の中中部に内径5cmの9本の井戸を設置した均一砂層模型($D_0=0.17$ cm, $U_0=2.00$, $k=0.17$ cm/sec, $\lambda=0.32$)をつくり、揚水条件および護岸矢板の周度条件の異なる30種の実験を行った。表-1中の実験タイプ表示は、無揚水で

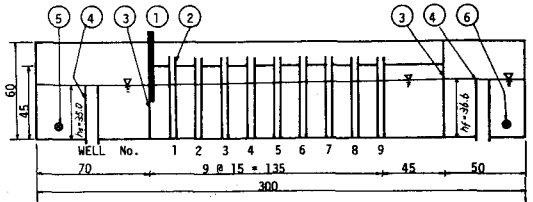


図-1 砂槽実験モデル

A, 揚水地点がNo.2の場合をB, No.5の場合をCとし、砂層上部(20~25cm)の揚水を1,2,下部(3~8cm)での揚水を3,4とした。なお、1,3は定常浸水流量にほぼ等しい揚水量(平衡揚水)、2,4はその約1/2の過少揚水である。また、無矢板(開口比1)をダッシュ無し、矢板の開口幅20cm(開口比0.57)を'、開口幅10cm(開口比0.29)を"で表わし、平衡浸塩界面形成後に揚水条件が付加されたものをDで表わした。基本測定量は初期定常浸水流量、5分毎の計測時における各観測井戸の4~3測点(底面より3.75, 11.25, 18.75, 26.25cm)に設定した計22点の周時計測の電気伝導度(塩分濃度換算)および揚水量とその塩分濃度である。

3. 塩分侵入阻止効果に関する考察

矢板開口比の相違による塩分侵入阻止効果について考察した。まず、1)各実験の濃度感知開始時刻と侵入速度図(O.H.P.)によって、塩分侵入の時間変化の様相の相違を検討し、次に、2)地点濃度変化図(O.H.P.)からその変化特性を明らかにし、最後に3)表-1に示した塩分濃度フラックスを用いて、塩水化の程度の詳細ならびに濃度分散に及ぼす矢板条件の相違による影響を明らかにした。考察結果を要約して示せば次のようである。

1)過少揚水の場合には、揚水位置のいかんにかかわらず矢板開口比が30%程度に低くれば、濃度感知開始時刻は無矢板の場合の4.4~5.7倍も遅れ、平衡揚水の場合の2~4倍の遅れに比べて明らかに塩分侵入の阻止効果は大きいと判断できる。また、ある一定濃度($C_0=0.25, 0.50, 0.75$)の侵入状態を示した侵入速度図からも、例えばB-2系列では矢板の開口比の減少とともに侵入速度はそれぞれ前者の約1/2, 約1/3と減少していることから、塩分侵入の阻止効果が大きいことがわかる。しかし、揚水量が多い平衡揚水の実験では揚水による吸引の影響が強くなり、開口比の相違による差異が明確にならない。

2)地点濃度変化図より、各測点における2%の最大変化率を求めた(O.H.P.)。その結果、すべての実験系列のほと

表-1 塩分濃度フラックス

TYPE	C/C ₀ の区分による面積					C/C ₀ の区分による濃度フラックスとその割合					S			[SC]		
	1.00-0.75	0.75-0.50	0.50-0.25	0.25	25	1.00-0.75	%	0.75-0.50	%	0.50-0.25	%	S ₀	[SC] ₀	[SC] ₁	[SC] ₂	[SC] ₃
A-0	515	117	126	758	476.25	386.25	81	58.5	12	31.50	7	1.00	1.00	1.00		
A'-0	185	38	46	269	169.25	138.75	82	19.0	12	11.50	7	0.35	0.36	0.36		
B-1	940	190	187	1317	846.75	705.00	83	95.00	11	46.75	5	1.74	1.78	1.00		
B'-1	574	127	166	867	535.50	430.50	80	63.50	12	41.50	8	1.14	1.12	0.63		
B"-1	226	84	121	431	241.75	169.50	70	42.00	17	30.25	13	0.57	0.51	0.23		
B-2	642	128	152	922	583.50	481.50	83	64.00	11	38.00	6	1.22	1.23	1.00		
B'-2	290	84	95	469	283.25	217.50	77	42.00	15	23.75	8	0.62	0.59	0.49		
B"-2	147	62	112	321	169.25	110.25	65	31.00	18	28.00	17	0.42	0.36	0.23		
B-3	515	114	143	772	479.00	386.25	81	57.00	12	35.75	7	1.02	1.01	1.00		
B'-3	299	77	89	465	285.00	224.75	79	38.50	13	22.75	8	0.61	0.60	0.59		
B"-3	215	73	80	368	217.75	161.25	74	36.50	17	20.00	9	0.49	0.46	0.45		
B-4	507	104	114	725	460.75	380.25	83	52.00	11	28.50	6	0.96	0.97	1.00		
B'-4	274	70	76	422	260.00	205.50	79	35.00	13	19.50	8	0.56	0.56	0.56		
B"-4																
C-1	1282	146	301	1729	1109.75	961.50	87	73.00	6	75.25	7	2.28	2.33	1.00		
C'-1	598	167	182	947	577.50	468.50	78	83.50	14	45.50	8	1.25	1.21	0.52		
C"-1	310	196	210	716	383.50	232.50	61	98.00	26	52.50	14	0.94	0.80	0.35		
C-2	829	190	206	1225	768.25	621.75	81	95.00	12	51.50	7	1.62	1.61	1.00		
C'-2	302	116	124	542	315.50	226.50	72	58.00	18	31.00	10	0.72	0.66	0.41		
C"-2																
C-3	997	215	209	1421	907.50	747.75	82	107.50	12	52.25	6	1.87	1.91	1.00		
C'-3	584	177	181	942	571.75	438.00	77	86.50	15	45.25	8	1.24	1.20	0.63		
C"-3	455	191	197	843	486.00	341.25	70	95.50	20	49.25	10	1.11	1.02	0.54		
C-4	790	187	205	1182	737.25	592.50	80	93.50	13	51.25	7	1.56	1.54	1.00		
C'-4	305	121	126	552	320.75	228.75	71	60.50	19	31.50	10	0.73	0.67	0.44		
C"-4	130	43	51	224	131.75	97.50	74	21.50	16	12.75	10	0.30	0.28	0.18		
D-3	767	170	174	1111	703.75	575.25	82	85.00	12	43.50	6	1.47	1.48	1.00		
D'-3	512	210	199	921	538.75	384.00	71	105.00	20	49.75	9	1.22	1.13	0.77		
D"-3	501	187	188	876	515.75	375.75	73	93.50	18	47.00	9	1.16	1.08	0.73		

んどの測点において、開口比が小さくなるに従いこの値も小さくなってゐる。しかし、平衡地下水のC-1 およびC-3 系列では、表に示されるとおり塩水槽に近い測点では上述の開口比の相違による変化の様相が明確に現れてゐるのに対し、砂層内部の地下水地点に近い測点では濃度変化率の減少の割合は小さく、地下水による吸引の影響の方が開口比の相違による影響よりも相対的に大きくなるといえる。

3) 表-1 のように算出した塩分濃度フラックスから $[SC]/[SC]_0$ の値を用いて塩水化の程度を評価した(O.H.R.)。

その結果、淡水流量とほぼ等しい平衡地下水の場合には、塩水化は確実に進むといふことであり、ここで示した矢板等による阻止工法を行わなければならないといえる。各実験系列毎の $[SC]/[SC]_0$ の値の比較により、矢板の効果が評価できる。すなわち、砂層内への侵入塩分総量の減少の割合が最も大きいのはC-1 系列、次いでC-2 系列、これに続くのがB-1 およびB-2 系列であり、上部地下水の場合に矢板による阻止効果が強く発揮されるといふよう。

また、最終的な塩水化領域中での濃度フラックスの割合についてみれば、開口比が小さくなるに従い高濃度の割合が減少していることから、塩水化領域全体としての分散効果が増大していると判断できる。

4. 平衡浸透界面形成後の地下水に伴う塩分挙動に関する考察

図-2 に $S_0 = 0.25$ の等濃度線から決定した塩水化域形状を矢板条件別に付けて示している。図から明らかなように、地下水付加時間が異なり、最も最終塩水化域の先端位置には変化はなく、また、矢板が挿入された場合には塩水化域形状にもほとんど差異がないことから、最終塩水化域形状のみを論じる場合には、地下水付加時間は問題にならないといふよう。

したがって、塩水化の程度を判別するもう一つの重要な指標である濃度フラックスによって、地下水付加条件の相違による影響について考察する。表-1 に示した濃度フラックスのうち、ここで必要とするものを改めて示す(O.H.R.)。すなわち、無矢板の場合、D-3 の平均濃度フラックスはA-0 の約1.5倍であり、C-3 のそれは約1.9倍であり、地下水付加条件の相違による塩分侵入量の減少は約40%となる。しかし、塩水化域に占める各濃度フラックスの割合は同じであり、分散効果の明確な相違はない。同様の見方と矢板開口比0.57 の場合についてみれば、D-3 はA-0 の約3.2倍でありC-3 はA-0 の約3.4倍である。すなわち、総塩分侵入量には大差はないが、D-3 の方が高濃度フラックスの割合が増加しており、それだけ分散効果が大きいと解釈できる。また、D-3 とD-3 のD-3 に対する値はそれぞれ約77%、約73%に減少しているのに対し、地下水条件が最初から付加されたC系列では、それぞれ63%、54%の値であるから、矢板による塩分侵入の阻止効果はC系列の方が大きいといえる。

5. 分散係数による濃度変化特性の考察

塩分挙動を一次元移流分散現象として解析した。その基本式は次式である。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (UC)}{\partial x} = -D_L \left\{ \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{1}{h_2} \frac{\partial C}{\partial z} \frac{\partial h_2}{\partial z} \right\}$$

ここに、 D_L は分散係数、 C 、 U は塩分濃度および塩水侵入速度の断面平均値、 h_2 は左の断面における塩水深である。

図-3 は各井戸間の塩分侵入速度とそれに対応する分散係数の平均値との関係を示したものである。このような解析では、地下水条件の付加は分散係数値の増大として表現され、矢板条件の付加は逆に分散係数値の減少として表現されることになる(O.H.R.)。

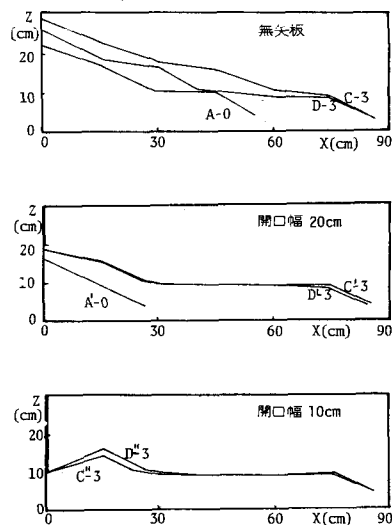


図-2 塩水化域形状の比較

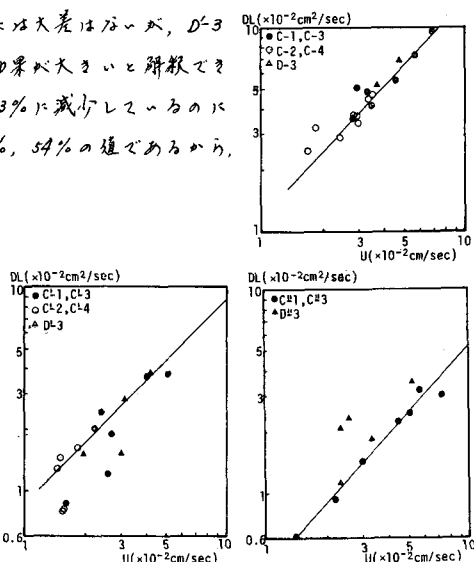


図-3 分散係数と塩分侵入速度の関係