

不圧地下水帯への塩分侵入阻止効果に及ぼす揚水履歴の影響に関する考察

Influence of Pump-up Hysteresis to Defend from Saline Intrusion into Unconfined Aquifer

徳島大学工学部 正員 尾 島 勝
徳島大学工学部 正員 西 内 剛 三

1. ま え が き

地下水利用率の高い海岸部地下水の塩分濃度の上昇や塩水楔の内陸部侵入による弊害が各地で社会問題になり、現在これらの原因解明およびその防止対策の確立の緊急性はきわめて高い。さて、このような地下密度流現象の理論的取り扱い、淡水と塩水を非混合2流体とする楔理論と、これらを混合2流体とする分散・拡散理論とに大別され、自然条件下の定常ならびに非定常現象に対してはすでに多くの解明が成されている。しかしながら、揚水および注水ならびに遮水矢板などの人為的条件の変化に伴う地下密度流現象の実態把握やその非定常過程の解明についてはいまだ十分とは言えず、地下水の適正利用計画ならびに塩水化防止対策の確立のために多くの応用的研究が進められつつある。例えば、上田らによる井戸による最適取水に関する研究¹⁾、崎山による淡水注入による塩水排除の研究²⁾、効率的上層取水の研究³⁾、川谷による帯水層への海水侵入防止に関する研究⁴⁾、佐藤による遮水壁打設に伴う地下水挙動の研究⁵⁾などが挙げられる。著者らも塩水化防止策を見出すために、現地観測や模型実験などによってすでにいくらかの成果を得ているが^{6), 7)}ここでは揚水履歴の相連による塩水化現象の変化ならびに塩分侵入阻止効果に及ぼす影響について砂層模型実験より得られた知見を示す。なお、一部は本年度の土木学会年次学術講演会で発表した。

2. 実験方法

長さ300cm、幅41cm、高さ60cmの前面アクリライト板張りの密度流水槽中に長さ180cm、層厚45cmの均一砂層模型を造り、砂層の中央線上に内径5cmの9本の観測井戸を塩水貯留槽側から15cm間隔で設置した。使用した実験砂の物理特性は、比重2.69、有効径0.17mm、均等係数2.00、透水係数0.17cm/sec、間隙率0.32であり、図-1に示した粒径加積曲線をもつフルイ砂である。実験水槽本体と砂層模型を図-2に示した。

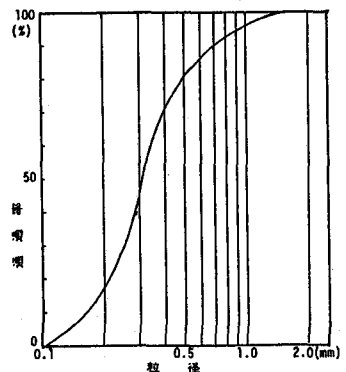


図-1 粒径加積曲線(砂層モデル)

塩水貯留槽には塩水供給タンクより一定の塩素イオン濃度 $C_0=18300$ ppmが常時⑤のバルブを通して供給され、④の可変水頭余水吐により一定水深35.0cmに保たれる。また上流側からは⑥のバルブを通して淡水が供給され余水吐により一定水深36.6cmに保たれる。淡水は厚さ5cmの砂礫整流層を通して③の境界メッシュ内の砂層模型へ浸透する。①は所定の深さの根入れ長をもつ遮水矢板である。②の観測井戸中には底から3.75, 11.25, 18.75, 26.25cmの位置に中心をもつ直径10mmの電気伝導度計測用センサーが固定され、東亜電波工業製CM-5B型電気伝導度計へ多点切換装置を通して接続されており、短時間では多点の同時計測が可能である。

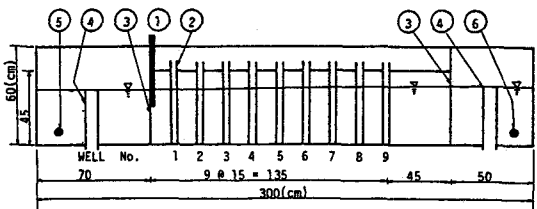


図-2 砂層実験モデル

揚水条件および矢板開度条件の異なる表-1に示した実験を行った。

揚水井戸の底から20~25cmの位置にストレーナをもつサイフォンからの揚水を上部揚水、3~8cmの位置での揚水を下部揚水、またその揚水量が定常淡水流量にほぼ等しい場合を平衡揚水、定常淡水流量の約1/2の場合を過少揚水と呼ぶ。

無揚水実験をA、揚水井戸がNo.2の場合をB、No.5の場合をCとし、上部揚水を数字1、2、下部揚水を3、4とし奇数番号の実験が平衡揚水である。また矢板開度条件はダッシュを付して表わした。さらにC-3系列と同じ揚水位置で揚水付加時間のみが異なるものをDとした。

実験時の計測量は、1)各観測井戸の各測点における電気伝導度、2)水槽前面に現われる過マンガン酸カリウム着色の塩水楔形状、3)揚水量とその電気伝導度、であり、5分毎の計測間隔で塩分侵入が平衡状態に至るまで繰り返す。

3. 砂層内塩分挙動に関する考察

図-3に示された地点塩分濃度

変化図に現わされた塩分侵入現象(×10³)を説明すれば次のようである。

測点No.1-1(X=15cm, Z=3.75cm)では、塩分侵入開始後約30分で200ppmの塩分濃度を感知してから80分までは濃度は急激に増大し、それ以後はしだいに濃度変化速度が減少しつつ260分頃まで

は緩やかに増加を続け、それ以後

はほとんど一定値(17,500ppm)を示し、砂層内部への塩分侵入現象が平衡状態に至るまで変化しない。続いて測点No.1-2(15, 11.25), No.1-3(15, 18.75), No.1-4(15, 26.25)と順次上方の測点で濃度を感知し始め、時間とともに増大するがその濃度変化速度は上層部ほど小さく、定常濃度値も小さい。測点No.2-1(30, 3.75)では、実験開始後約130分で濃度を感知し始め、No.1-1測点における濃度変化速度よりはやや小さいが330分でほぼNo.1-1と同じ定常濃度値に達している。さらに内部の測点No.3-1(45, 3.75)では、290分頃から濃度が上昇しているが、その変化速度はNo.2-1のそれよりもさらに小さい。

このような各測点における塩分濃度変化の様相の相違は、非混合の2層流あるいは分散を考慮しない密度流現象としては説明できず、塩水化域内の濃度分布に着目した現象解析が必要となることがわかる。

そこで、各測点における濃度値から塩水槽の初期濃度Coに対しC/Coが0.25, 0.5, 0.75となる座標値を求めて等塩分濃度線図を描き、その時間変化図および各実験ケースの平衡塩界面形状(C/Co=0.25)を求

表-1 実験タイプおよび実験条件

矢板なし

TYPE	揚水井戸	揚水高さ	揚水量 (cc/min)	定常流量 (cc/min)	透水係数 (cm/sec)
A-0				84	0.107
B-1	No.2	upper	135	135	0.172
B-2	No.2	upper	68	125	0.160
B-3	No.2	lower	108	108	0.138
B-4	No.2	lower	50	90	0.115
C-1	No.5	upper	109	109	0.139
C-2	No.5	upper	57	103	0.132
C-3	No.5	lower	105	105	0.135
C-4	No.5	lower	57	105	0.134
D-3	No.5	lower	84	84	0.107

矢板の開口幅20cm

TYPE	揚水井戸	揚水高さ	揚水量 (cc/min)	定常流量 (cc/min)	透水係数 (cm/sec)
A'-0				84	0.116
B'-1	No.2	upper	78	78	0.107
B'-2	No.2	upper	43	79	0.109
B'-3	No.2	lower	75	75	0.103
B'-4	No.2	lower	45	82	0.114
C'-1	No.5	upper	85	85	0.118
C'-2	No.5	upper	44	81	0.112
C'-3	No.5	lower	84	84	0.116
C'-4	No.5	lower	44	80	0.111
D'-3	No.5	lower	84	84	0.116

矢板の開口幅10cm

TYPE	揚水井戸	揚水高さ	揚水量 (cc/min)	定常流量 (cc/min)	透水係数 (cm/sec)
A''-0				78	0.113
B''-1	No.2	upper	70	70	0.104
B''-2	No.2	upper	44	79	0.115
B''-3	No.2	lower	75	75	0.108
B''-4	No.2	lower	44	80	0.116
C''-1	No.5	upper	77	77	0.112
C''-2	No.5	upper	38	69	0.100
C''-3	No.5	lower	74	74	0.108
C''-4	No.5	lower	41	74	0.108
D''-3	No.5	lower	78	78	0.113

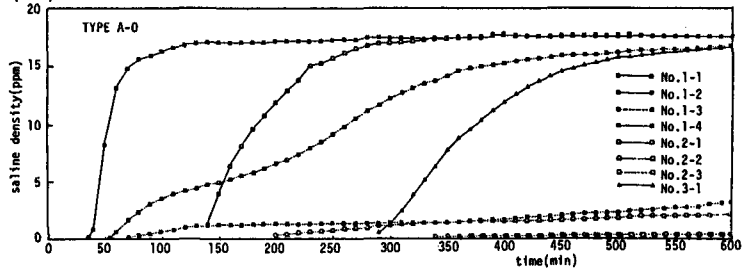


図-3 地点塩分濃度変化図(A-O)

め、以下のような考察結果を得た。

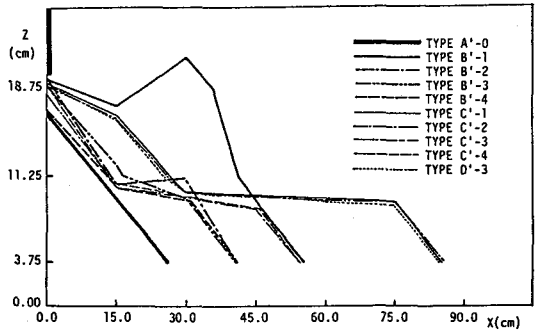
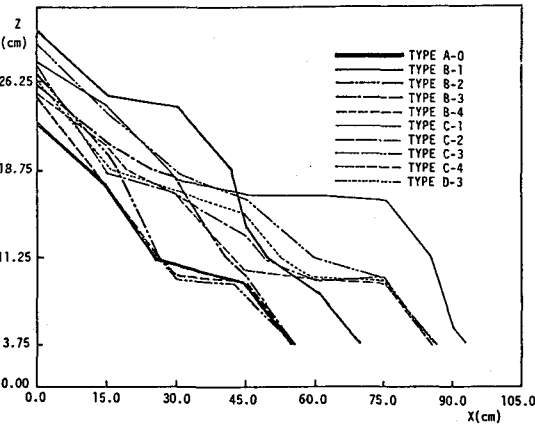


図-4 平衡塩境界面形状

図-4には、無矢板条件および矢板

表-2 塩分濃度フラックス

開口幅 20 cm の各実験の平衡塩境界面形状を示した。また、表-2には、平衡状態における $C/C_0 = 0.25, 0.5, 0.75$ のそれぞれの等濃度線図から、各等濃度線区分の面積にその区分の平均濃度値を乗じて算出した値を塩分濃度フラックスとして示した。この塩分濃度フラックス値は、砂層内に侵入した単位幅当りの塩分量を定量的に考察しうる一つの指標である。

これらの図表から明らかにされる塩分挙動を要約すれば次のようである。

TYPE	C/C ₀ の区分による面積 S (cm ²)				平均濃度 C _{av} (g/cm ³)	C/C ₀ の区分による濃度フラックスとその割合											S _{tot} (SC)	[SC] _{tot}	[SC] _{tot} (%)
	1.00-0.75	0.75-0.50	0.50-0.25	0.25		1.00-0.75	0.75-0.50	0.50-0.25	0.25	1.00-0.75	0.75-0.50	0.50-0.25	0.25	1.00-0.75	0.75-0.50	0.50-0.25			
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	11	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	6	1.24	1.23	1.00					
B'-1	574	127	166	867	535.50	430.50	80	83.50	12	41.50	8	1.14	1.12	0.63					
B-2	226	84	121	431	241.75	169.50	70	42.00	17	30.25	13	0.57	0.51	0.29					
B'-2	642	128	152	922	583.50	481.50	83	64.00	11	38.00	6	1.22	1.23	1.00					
B-3	290	84	95	469	283.25	217.50	77	42.00	15	23.75	8	0.62	0.59	0.49					
B'-3	290	77	89	455	285.00	224.75	79	36.50	13	22.25	8	0.61	0.60	0.59					
B-4	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	78	422	260.00	205.50	79	35.00	13	19.50	8	0.56	0.55	0.56					
B'-4	130	54	91	283	153.25	103.50	67	27.00	18	22.75	15	0.37	0.32	0.33					
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	448.50	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	0.25					
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	129	39	46	214	127.75	96.75	76	19.50	15	11.50	9	0.28	0.27	0.17					
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	684	177	181	942	571.75	438.00	77	88.50	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	1.40	1.00					
D'-3	612	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					

- 1) 揚水条件が付加されれば、揚水量・揚水位置・揚水高さのいかにかわらず塩水化域は無揚水時に比べて拡大するが、とくに揚水による吸引の影響が強く現われる揚水井戸近傍では塩水化域形状の凹凸が顕著である。
- 2) 矢板開度が小さくなるほど砂層上部への塩水化域の拡大は抑えられ淡水深の保持がなされるが、塩分の侵入はいずれの揚水条件においても揚水地点にまで達しており、その塩水化域面積の無揚水条件下の塩水化域面積に対する比は、矢板開度が小さくなるほど大きくなる。
- 3) C-3系列とD-3系列とを比較すれば、揚水付加時間が異っても平衡状態における塩水楔の侵入長はほぼ等しく、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はみられない。したがって最終塩水化域形状のみを論じる場合には、揚水付加時間の相違は影響しないと思われる。
- 4) 揚水条件が付加されれば当然塩分侵入量も増大するが、矢板条件の相違によって濃度フラックスの割合（換言すれば、塩水化域内濃度分布）に明らかな相違が生じる。すなわち、無矢板の場合にはいずれの実験においても濃度フラックスの割合はほぼ同じであるから、それぞれの塩水化域形状の大きさが異なるにもかかわらず揚水条件の相違による影響が現われないということになる。しかし、矢板開口幅が小さくなるほど高濃度フラックスの割合が減り低濃度フラックスの割合が増す傾向が認められ、塩水化域内の濃度分散が大きくなることを示している。しかも、平衡揚水と過少揚水あるいは揚水位置の相違によって濃度フラックスの割合が異なることから、分散効果もそれぞれ異なると言えよう。

4. 塩分侵入阻止効果に関する考察

矢板開口幅（開口比）の相違による塩分侵入阻止効果について、濃度感知開始時刻、地点塩分濃度変化図、等濃度線時間変化図および表-2に示した塩分濃度フラックスを用いて考察する。

塩分侵入を最初に感知する測点No.1-1における濃度感知開始時刻は、上部平衡揚水のB-1系列（B-1, B'-1, B''-1）の場合、それぞれ（25分, 43分, 52分）、上部過少揚水のB-2系列では（31分, 46分, 136分）、下部平衡揚水のB-3系列では（20分, 40分, 81分）、下部過少揚水のB-4系列では（29分, 52分, 165分）であり、矢板開口比が小さくなるにしたがい塩分侵入現象が緩慢になっていくことがわかる。また、等濃度線時間変化図から砂層下層部（ $Z=3.75\text{ cm}$ ）における平均的な塩分侵入速度を算出すれば、例えばB-2系列では、矢板開口比が約60%になれば侵入速度は約66%になり、開口比が約30%になれば侵入速度は約33%に減少している。これらの結果から、塩分侵入現象の進行速度の鈍化を一つの塩分侵入阻止効果と評価するならば、開口比が小さくなるほど阻止効果は増大し、とくに揚水量が少ないほど、また揚水位置が塩水槽から遠いほどその効果は大きいといえる。

各実験の地点塩分濃度変化図から、各測点における濃度変化速度（ $\partial c / \partial t$ ）の最大値を求めれば表-3に示すとおりである。

表-3 各測点における $\partial c / \partial t$ の最大値

測 点	B-1 系列			B-3 系列			B-2 系列		
	開 口 比			開 口 比			開 口 比		
	1.00	0.57	0.29	1.00	0.57	0.29	1.00	0.57	0.29
No.1-1	880	800	520	840	630	380	760	460	120
No.2-1	860	390	370	690	420	270	—	—	—
No.3-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No.4-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No.5-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No.1-2	340	130	110	260	40	20	140	10	80
No.2-2	260	50	—	—	—	—	—	—	—
No.1-3	—	—	—	—	—	—	30	—	20

測 点	C-1 系列			C-3 系列			C-4 系列		
	開 口 比			開 口 比			開 口 比		
	1.00	0.57	0.29	1.00	0.57	0.29	1.00	0.57	0.29
No.1-1	500	520	290	970	580	400	800	410	100
No.2-1	240	280	180	620	260	250	—	—	—
No.3-1	1000	180	160	680	250	280	—	—	—
No.4-1	160	180	160	450	160	180	—	—	—
No.5-1	160	160	100	440	170	210	—	—	—
No.1-2	—	—	—	280	60	50	—	—	—

すべての実験系列のほとんどの測点において、開口比が小さくなるに従ってこれらの値も減少しており塩分侵入現象が鈍化していくことがわかる。しかし、平衡揚水であるC-1およびC-3系列では、塩水槽に近い測点では上述の変化の様相を示しているのに対し、揚水位置に近い砂層内部測点ほど開口比の減少にともなうこの値の減り方が少なく、揚水による吸引の影響の方が開口比の減少による塩分侵入の阻止効果よりも相対的に大きくなっていることがわかる。

総塩分侵入量の大小が塩分侵入阻止効果を評価する一つの有力な指標である。したがって表-2および図-5から次のような考察結果を得た。

- i) 無矢板無揚水条件のA-0よりも塩分侵入量の大きいものを順に示せば、C-1（2.33倍）、C-3（1.91倍）、B-1（1.78倍）、C-2（1.61倍）、B-2（1.23倍）、C'-1（1.21倍）、C'-3（1.19倍）、B'-1（1.12倍）、C''-3（1.02倍）、B-3（1.01倍）、C-4（1.01倍）である。すなわち、A-0の2倍程度もの大きな塩分侵入量となるのは無矢板平衡揚水の場合であり、また淡水流量の約1/2程度の過少揚水であっても無矢板上部揚水の場合には塩分侵入量はA-0に比べてかなり多いことがわかる。したがって、無矢板の場合には揚水条件のいかんにかかわらず塩水化の程度は確実に悪化することになり、ここに示した矢板等による塩分侵入阻止工法を行う必要がある。

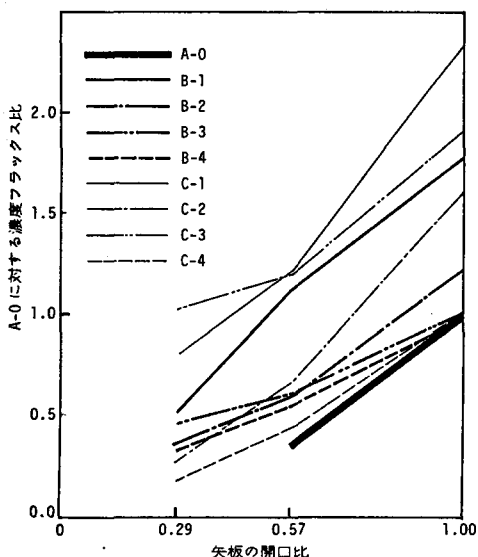


図-5 塩分侵入阻止効果の評価図

ii) 図-5 は矢板による塩分侵入阻止効果を揚水履歴の相違も含めて総合的に評価するために、表-2 中に示した $\{SC\}/\{SC\}_{A-0}$ の値を縦軸に、それぞれの実験条件の開口比を横軸にとって表現したものであり、この直線の勾配が大きいほど矢板による阻止効果が大きいことを意味する。したがって、矢板の挿入により開口比が約 40 % 減少したときの阻止効果が最も大きいのは C-1 系列であり、次いで C-2 系列、C-4 系列、C-3 系列、B-1 系列、B-2 系列の順となる。すなわち、塩水化域の砂層上部への拡大に対する拘束効果が強い実験系列ほど阻止効果が大きいといえる。

iii) 各実験系列毎に矢板による塩分侵入阻止効果を評価するために表-2 中の右端に示した $\{SC\}_{矢板}/\{SC\}_{矢なし}$ を示した。すなわち、これらの数値の比較により矢板による塩分侵入阻止効率に及ぼす揚水履歴の相違による影響を明らかにできる。無揚水条件の場合には約 40 % の開口比の減少により塩分侵入量は 74 % も減り、開口比が 30 % になれば塩分侵入は No.1 の観測井戸にまでも到達しないほど矢板による阻止効果は大きい。しかし何らかの揚水条件が付加されれば、揚水による影響のために同じ矢板開口比であってもその阻止効率は当然のことながら低下する。そこでこれらの数値にもとずき矢板による阻止効果の大きい順を示せば C-2 系列、C-4 系列、B-2 系列、C-1 系列、B-4 系列、B-3 系列、B-1 系列、C-3 系列となり上記の順序とは明らかに異なる。このことから、揚水量が少ないほど阻止効率の低下に及ぼす影響は少なく、また過少揚水の場合には塩水を吸引する効果の小さい揚水条件ほど阻止効率の低下に及ぼす影響も少ないことがわかる。

iv) 揚水付加時間の異なる C-3 系列と D-3 系列の比較のために改めて塩分濃度フラックスを表-4 に示す。無矢板の場合 D-3 の塩分侵入量は A-0 の約 1.5 倍であり、C-3 の約 1.9 倍に比べてかなり大きい塩分侵入量の減少であるが矢板開口比が小さくなれば揚水付加時間の短い D 系列の方がむしろ塩分侵入量が増大する傾向にあることが注目される。しかも矢板による阻止効果は明らかに D 系列よりも C 系列の方が大きく、このことから一度塩分侵入をきたした地下帯に対する護岸矢板の挿入による塩分侵入阻止工法の効果は、揚水条件の改善をはからない限りあまり期待できないように思われる。

表-4 塩分濃度フラックス (C-3, D-3 系列)

TYPE	平均濃度 フラックス	等濃度線間の塩分量の総塩分量に対する比率		
		0.75—1.00	0.50—0.75	0.25—0.50
A-0	476.25	81%	12%	7%
D-3	703.75	82%	12%	6%
C-3	907.50	82%	12%	6%
A'-0	169.25	82%	11%	7%
D'-3	538.75	71%	20%	9%
C'-3	571.75	77%	15%	8%
A''-0	—	—	—	—
D''-3	515.75	73%	18%	9%
C''-3	486.00	70%	20%	10%

板による阻止効果は明らかに D 系列よりも C 系列の方が大きく、このことから一度塩分侵入をきたした地下帯に対する護岸矢板の挿入による塩分侵入阻止工法の効果は、揚水条件の改善をはからない限りあまり期待できないように思われる。

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する。

塩水の流れの連続式 $\partial A/\partial t + \partial (AU)/\partial x = 0$ (1) を考慮して、分散物質の保存則を变形すれば次のようになる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (UC)}{\partial x} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (A \langle \hat{u} \cdot \hat{c} \rangle) \dots\dots\dots (2)$$

ここに、A はある鉛直断面における塩水化域面積であり、U は塩水の侵入流速の断面平均値、C は塩分濃度の断面平均値、 $\langle \hat{u} \hat{c} \rangle$ は移流分散項である。ここで $\langle \hat{u} \hat{c} \rangle = D_L \partial C/\partial x$ (3) のように移流分散係数 (D_L) を用いて断面平均濃度の主流方向変化率と結びつけば、式(2)は次式のように表わされる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + C \frac{\partial U}{\partial x} = -D_L \left\{ \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{1}{h_2} \frac{\partial C}{\partial x} \cdot \frac{\partial h_2}{\partial x} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

式(4)を次式のように差分表示し、10 分毎の断面平均濃度 C_i^j と塩水深 h_i^j を求め U_i^j としては No.1-1 測点における $C/Co = 0.5$ の侵入速度を代表値として採った。この平均流速のとり方には検討の余地が残るがまず第一近似と考えた。したがって左辺第 3 項は無視される。

$$\frac{C_{i+1}^j - C_i^j}{\Delta t} + U_i^j \frac{(C_{i+1}^j - C_i^j)}{\Delta x} + C_i^j \frac{(U_{i+1}^j - U_i^j)}{\Delta x} = -DL \left\{ \frac{C_{i+1}^j - 2C_i^j + C_{i-1}^j}{(\Delta x)^2} + \frac{1}{h_i^j} \frac{(C_{i+1}^j - C_i^j)(h_{i+1}^j - h_i^j)}{(\Delta x)^2} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

図-6 は、DLの時間変化を示した例である。無矢板無揚水のA-0 や揚水による吸引の影響があまり強くない過少揚水の場合には、DLの値は時間の経過とともに減少してそれぞれほぼ一定値に漸近する。すなわち、ここに示したA-0 では $DL=1.5 \sim 1.6 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$ であり、C-2、B-2およびB'-2では $2.2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、B-4およびB'-4では $1.0 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、C'-2およびC'-4では $0.8 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$ である。これらの結果から総括的に揚水と矢板の影響を判断すれば、揚水条件の付加は分散係数値の増大として表わされ、矢板条件の付加は逆に分散係数

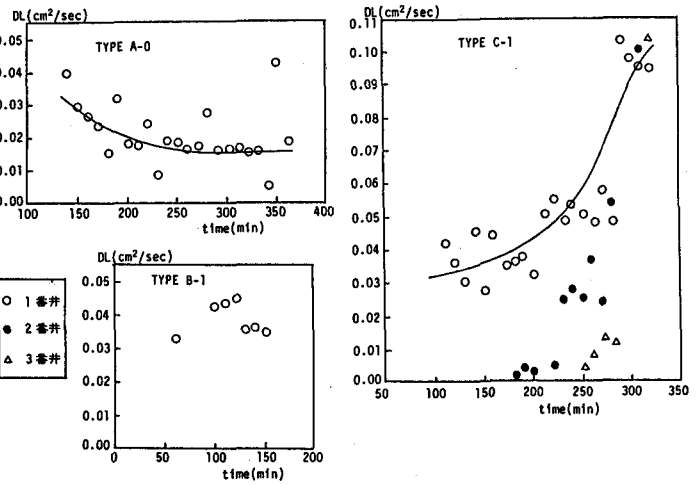


図-6 DLの時間的变化

値の減少として表わされるといえる。一方、平衡揚水の実験タイプでは図中のC-1のように吸引の影響が強い。

図-7 は各井戸間の塩分侵入流速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。

これらの図から明らかなとおり、矢板開口幅が小さくなるほど同じ侵入流速に対するDL値は小さくなっており、矢板条件の相違による濃度分散特性に差異が生じていることがわかる。しかし、同一矢板条件下における揚水条件の相違によるDL-Uの関係にはほとんど差異がみられず、したがって平衡状態に至るまでの塩分侵入過程における分散特性には大きな変化はないといえよう。

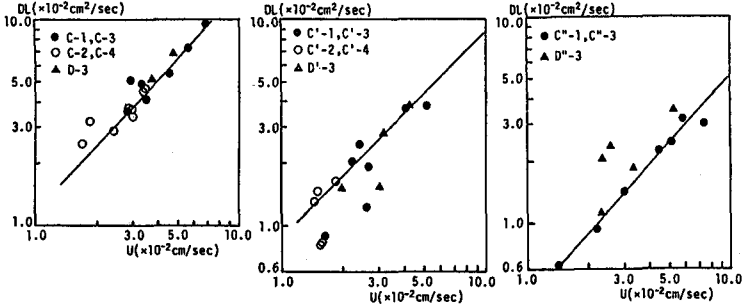


図-7 分散係数と塩分侵入流速との関係

6. あとがき

本研究では、砂層模型実験により揚水履歴の相違による塩水化現象の変化と護岸矢板の塩分侵入阻止効果に及ぼす影響について明らかにした。未だ定量的な解析評価にまでは至っていないが塩水化域内の濃度分布特性の把握の重要性を示し、いくつかの新しい知見が得られたと思う。今後さらに揚水による吸引効果と矢板による阻止効果の定量的分離をはかるとともに塩分侵入過程の理論的表現の改良に努めたい。

参考文献

- 1) 上田年比古・神野健二・藤野和徳：土木学会論文報告集，301号，1980。
- 2) 崎山正常：土木学会論文報告集，268号，1977。
- 3) 崎山正常：土木学会論文報告集，291号，1979。
- 4) 川谷健：神戸大学工学研究所報告，22号，1980。
- 5) 佐藤邦明：Soils and Foundations，22巻1号，1982。
- 6) 尾島勝・鎌田義人・板東敏雄：海岸工学講演会論文集，27号，1980。
- 7) 尾島勝・天羽誠二：海岸工学講演会論文集，29号，1982。