

(Advection)

(Diffusion)

()
POLLUTE

Determination of the Diffusion Coefficients for Sandy and Clayey Soils and Prediction of the Contaminant Transport Through Sandy-Clayey Layers Using the Laboratory Models

K. Badv

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Urmia University

Abstract

New methods for determination of the diffusion coefficients in granular and fine grained soils using the laboratory models were presented in this paper. Repeatable test results proved the accuracy of the obtained diffusion coefficients under applied boundary conditions. For simulation of the hydrogeologic conditions consisting of two layered soils (fine grained soil over a granular soil) a laboratory model was designed and the model behavior was accurately predicted using the predetermined diffusion coefficients and the PIPING model. The contaminant transport mechanisms in these tests were advection and diffusion and the observations showed that due to low seepage velocity under applied boundary conditions, diffusion is the dominant mechanism.

Key words: Diffusion Coefficient, The Contaminant transport, Advection and Diffusion, Double Layers Soil, Laboratory Models

z	$= c$	۳۷		۲
)	$= \theta; t$	۳۸		۳
$= v$ (	$n = \theta$	۳۹		۴
	$v_a = nv$)	۴۰		۵
	$= k_d$	$= \rho$ (	۴۱	۶
)	$= D$	۴۲		۷
	(Dispersion	۴۳		۸
	) D_{md}	۴۴		۹
	D_e (Mechanical Dispersion	۴۵	[2,1]	۱۰
		۴۶		۱۱
$D = D_{md} + D_e$	(	۴۷		۱۲
		۴۸		۱۳
	(D_e)	۴۹		۱۴
	Rowe .	۵۰		۱۵
(		۵۱		۱۶
(		۵۲	[3]	۱۷
	($\theta = n$)	۵۳		۱۸
	[3] ($\theta < n$)	۵۴		۱۹
		۵۵		۲۰
$D_e = \frac{D_e(ref)\theta}{\theta_{ref}}$	(	۵۶		۲۱
		۵۷		۲۲
$= \theta$	$= D_e$	۵۸		۲۳
	$D_{e(ref)}$	۵۹		۲۴
	$\theta_{ref} = n$	۶۰		۲۵
		۶۱		۲۶
		۶۲		۲۷
		۶۳		۲۸
		۶۴		۲۹
		۶۵		۳۰
		۶۶		۳۱
(		۶۷		۳۲
		۶۸		۳۳
		۶۹	[5,4]	۳۴
$\frac{1}{2}$	POLLUTE	$(\theta + \rho k_d) \frac{\delta c}{\delta t} = \theta D \frac{\delta^2 c}{\delta z^2} - \theta v \frac{\delta c}{\delta z}$	(	۳۵



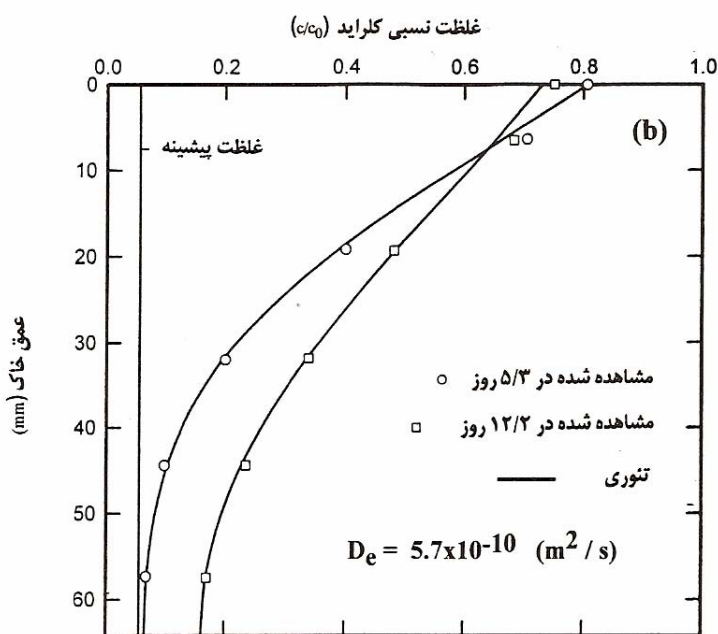
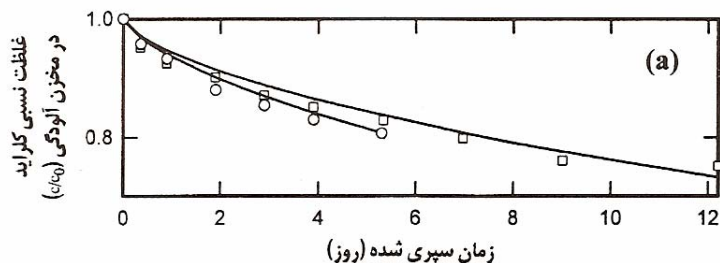
[CINa]

Pneumatic Porewater squeeze)

apparatus

POLLUTE

۱۰۷	(Finite Layer Technique)	۷۰
۱۰۸		۷۱
۱۰۹		۷۲
۱۱۰		۷۳
۱۱۱		۷۴
۱۱۲		۷۵
۱۱۳		۷۶
۱۱۴		۷۷
۱۱۵		۷۸
۱۱۶		۷۹
۱۱۷	(/)	۸۰
۱۱۸		۸۱
۱۱۹		۸۲
۱۲۰	)	۸۳
۱۲۱		۸۴
۱۲۲		۸۵
۱۲۳		۸۶
۱۲۴	(barrier)	۸۷
۱۲۵		۸۸
۱۲۶	/	۸۹
۱۲۷	(	۹۰
۱۲۸	)	۹۱
۱۲۹	(/)	۹۲
۱۳۰		۹۳
۱۳۱	(	۹۴
۱۳۲		۹۵
۱۳۳		۹۶
۱۳۴	)	۹۷
۱۳۵		۹۸
۱۳۶	[CINa]	۹۹
۱۳۷	([CF]	۱۰۰
۱۳۸	(Source Reservoir)	۱۰۱
۱۳۹	()	۱۰۲
۱۴۰		۱۰۳
۱۴۱		۱۰۴
۱۴۲		۱۰۵
۱۴۳		۱۰۶



Art

()

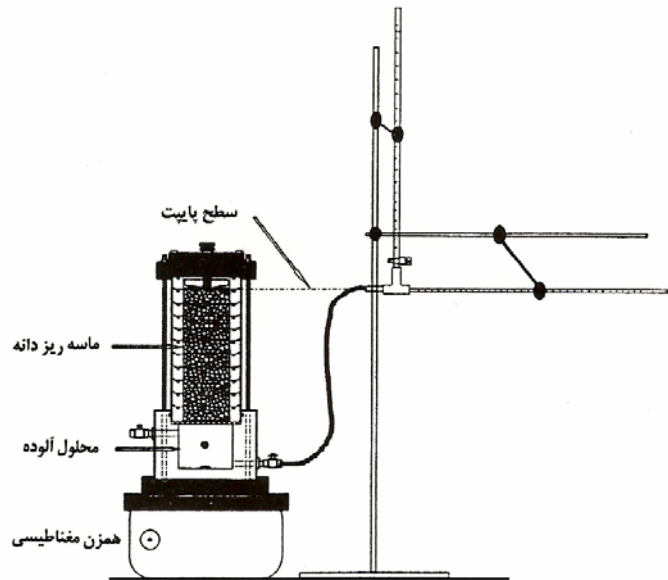
(a)

(b)

۱۹۴
۱۹۵

۱۹۱
۱۹۲
۱۹۳
۱۹۶
۱۹۷
۱۹۸
۱۹۹

/	/	(mm)
۰/۳۱-۰/۲۸	/ - /	(θ)
۹۶/۳		(%)
۱۷۶۰		(mg/l)
۱۲/۲	/	()
/ * -	/ * -	(m^2 / s)



۲۰۰
۲۰۱
۲۰۲
۲۰۳
۲۰۴
۲۰۵
۲۰۶
۲۰۷
۲۰۸
۲۰۹
۲۱۰
۲۱۱
۲۱۲
۲۱۳
۲۱۴
۲۱۵
۲۱۶

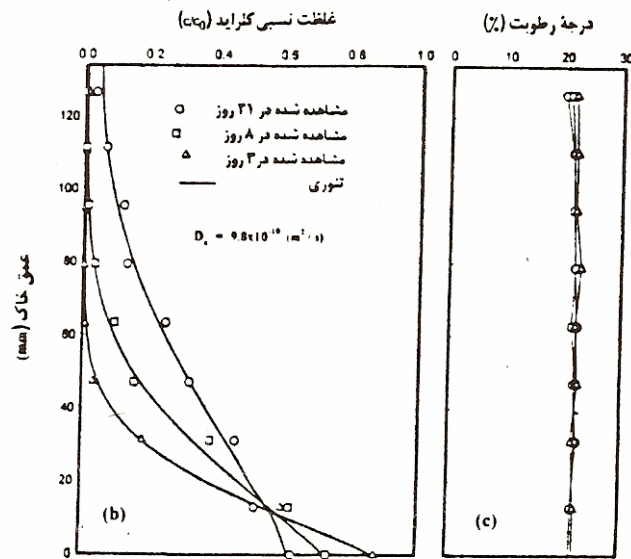
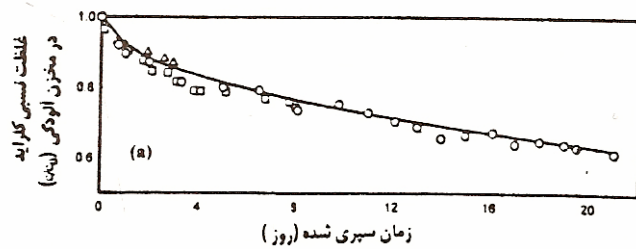
۲۱۹
۲۲۰

۲۱۷
۲۱۸

[ClNa]

()	۲۳۰	()	۲۲۱
	۲۳۱		۲۲۲
	۲۳۲		۲۲۳
/ * (m ² /s)	۲۳۳	[CINa]	۲۲۴
	۲۳۴		۲۲۵
()	۲۳۵		۲۲۶
	۲۳۶		۲۲۷

[7] (Wash Method)

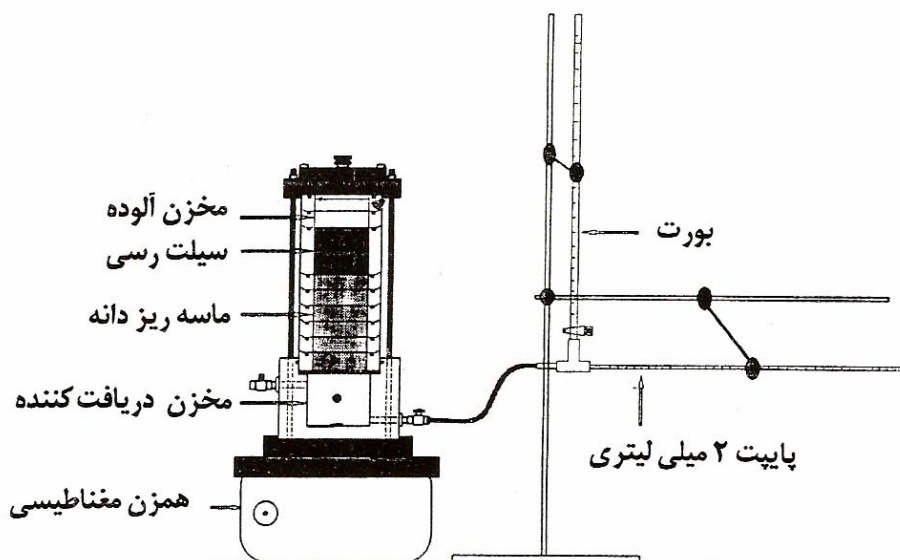


(A)

()	۲۴۳		۲۴۳
	۲۴۴		۲۴۴
	۲۴۵		۲۴۵
	۲۴۶		۲۴۶
	۲۴۷		۲۴۷
	۲۴۸		۲۴۸
	۲۴۹		۲۴۹
	۲۵۰		۲۵۰
	۲۵۱		۲۵۱
	۲۵۲		۲۵۲
	۲۵۳		۲۵۳
	۲۵۴		۲۵۴
	۲۵۵		۲۵۵
	۲۵۶		۲۵۶
	۲۵۷		۲۵۷
	۲۵۸		۲۵۸
	۲۵۹		۲۵۹
	۲۶۰		۲۶۰
()	۲۶۶	-	۲۶۱
()	۲۶۷		۲۶۲
()	۲۶۸		۲۶۳
	۲۶۹	()	۲۶۴
	۲۷۰		۲۶۵

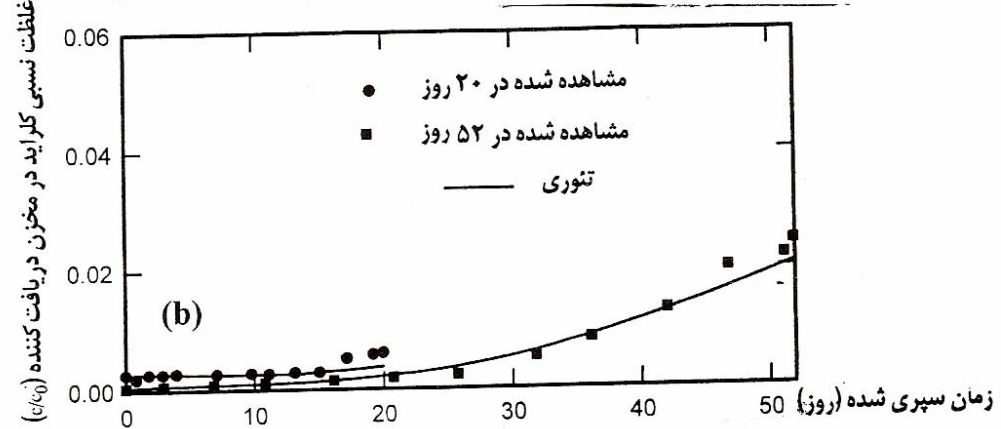
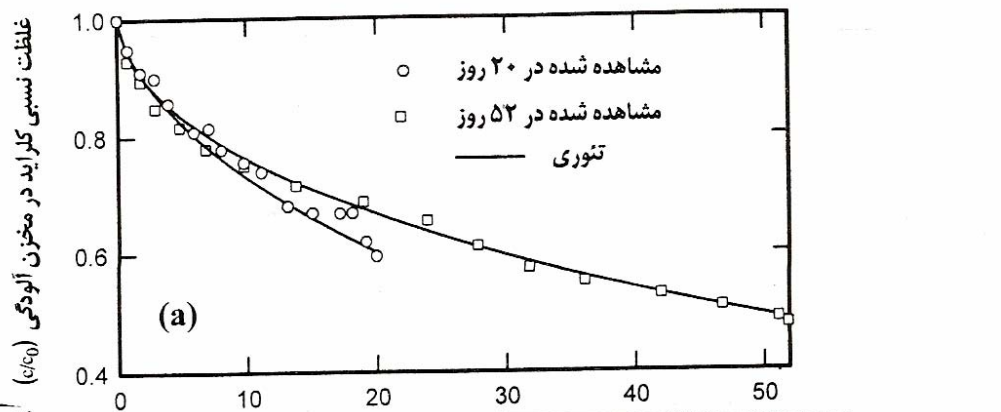
	۲۷۶		۲۷۱
	۲۷۷		۲۷۲
Receptor)	۲۷۸	()	۲۷۳
	(Reservoir ۲۷۹ Source)		۲۷۴
		(Reservoir	۲۷۵
			۲۸۰
		-	۲۸۱
			۲۸۲

			(mm)
% - %	% - %	% - %	(θ)
			(%)
			(mg/l)
			()
/ * -	/ * -	/ * -	(m ² /s)

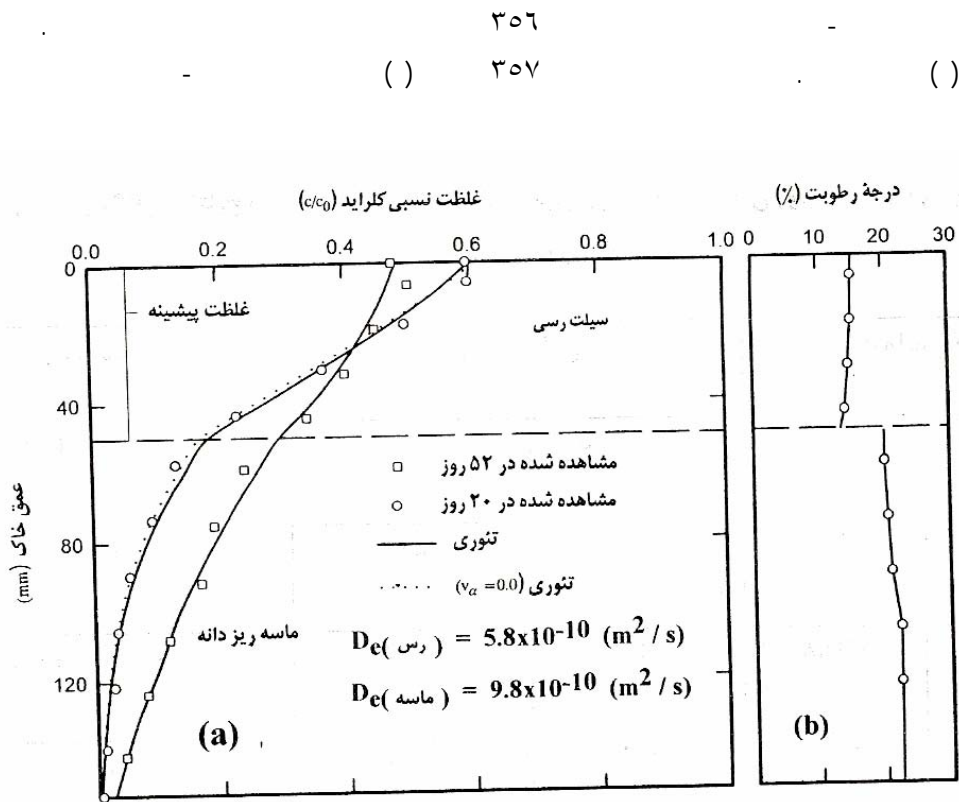


۲۸۳
۲۸۴
۲۸۵
۲۸۶
۲۸۷
۲۸۸
۲۸۹
۲۹۰
۲۹۱
۲۹۲
۲۹۳
۲۹۴
۲۹۵
۲۹۶
۲۹۷
۲۹۸
۲۹۹
۳۰۰

۳۱۷	)	۳۰۱
۳۱۸	(	۳۰۲
۳۱۹		۳۰۳
۳۲۰		۳۰۴
۳۲۱		۳۰۵
۳۲۲		۳۰۶
۳۲۳		۳۰۷
۳۲۴	()	۳۰۸
۳۲۵		۳۰۹
۳۲۶		۳۱۰
۳۲۷		۳۱۱
۳۲۸		۳۱۲
۳۲۹		۳۱۳
)	(a) ۳۳۰	۳۱۴
(b) (	۳۳۱	۳۱۵
		۳۱۶
		۳۳۲
		۳۳۳
		۳۳۴
		۳۳۵
		۳۳۶
		۳۳۷
		۳۳۸
		۳۳۹
		۳۴۰
		۳۴۱
		۳۴۲
		۳۴۳
		۳۴۴
		۳۴۵
		۳۴۶
		۳۴۷
		۳۴۸
		۳۴۹
		۳۵۰
		۳۵۱
		۳۵۲



(b) (a)



	۳۵۶		۳۵۳
()	۳۵۷	()	۳۵۴
			۳۵۵
			۳۵۸
			۳۵۹
			۳۶۰
			۳۶۱
			۳۶۲
			۳۶۳
			۳۶۴
			۳۶۵
			۳۶۶
			۳۶۷
			۳۶۸
			۳۶۹
			۳۷۰
			۳۷۱
			۳۷۲
			۳۷۳
			۳۷۴
			۳۷۵
() (b) (a)	۳۹۰		۳۷۶
	۳۹۱		۳۷۷
	۳۹۲		۳۷۸
	POLLUTE ۳۹۳		۳۷۹
	۳۹۴		۳۸۰
()	۳۹۵		۳۸۱
	۳۹۶		۳۸۲
	۳۹۷		۳۸۳
()	۳۹۸ POLLUTE		۳۸۴
ROLLUTE	۳۹۹		۳۸۵
()	$(v_a=0\text{m/s})$ ۴۰۰		۳۸۶
()	۴۰۱		۳۸۷
	۴۰۲		۳۸۸
	۴۰۳		۳۸۹

۴۰۶	(va= / *= - m ² /s)	۴۰۴
۴۰۷		۴۰۵
		۴۰۸
		۴۰۹
		۴۱۰
		۴۱۱

				(mm)
/	/	/	/	(θ)
/	/	/	/	(%)
				(mg/l)
				()
/ * -	/ * -	/ * -	* -	(m ² /s)

	۴۱۲
۴۲۸	۴۱۳
۴۲۹	- ۴۱۴
۴۳۰	۴۱۵
POLLUTE ۴۳۱	۴۱۶
۴۳۲	۴۱۷
۴۳۳	۴۱۸
۴۳۴	۴۱۹
۴۳۵	۴۲۰
[1] Schackelford, C.D., and Daniel, D.E., 1991. ۴۳۶	۴۲۱
“Diffusion in a saturated soil. II: Results for ۴۳۷	۴۲۲
compacted clay.”, Journal of Geotechnical ۴۳۸	۴۲۳
Engineering, ASCE, Vol. 33 No. 3, 485-505. ۴۳۹	
[2] Rowe, R.K, Caers, C.J., and Barone, F., 1988. ۴۴۰	۴۲۴
“Laboratory determination of diffusion and ۴۴۱	۴۲۵
distribution coefficients using undis-turbed ۴۴۲	
soil.” Canadian Geotechnical Journal, Vol. 25, ۴۴۳	۴۲۶
108-118. ۴۴۴	۴۲۷

[1] Schackelford, C.D., and Daniel, D.E., 1991. “Diffusion in a saturated soil. II: Results for compacted clay.”, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 33 No. 3, 485-505.

[2] Rowe, R.K, Caers, C.J., and Barone, F., 1988. “Laboratory determination of diffusion and distribution coefficients using undis-turbed soil.” Canadian Geotechnical Journal, Vol. 25, 108-118.

- [6] Rowe, R.K., and Booker, J.R., 1994. "POLLUTE-V6. A program for modeling pollutant migration through soil." Geotechnical Research Center, The University of Western Ontario, Canada. ۴۹۷ [3] Rowe, R.K., and Badv, K., 1996. "Advective-Diffusive contaminant migration in unsaturated sand and gravel." Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 122, No. 12, 965-975. ۴۹۸ ۴۹۹ ۵۰۰ ۵۰۱ ۵۰۲ [4] Goodall, D.C., and Quigley, R.M., 1977. "Pollutant migration from two sanitary landfill sites near Sarnia, Ontario." Canadian Geotechnical Journal, vol. 14, 223-226. ۵۰۳ ۵۰۴ ۵۰۵ ۵۰۶ [5] King, K.S., Quigley, R.M., Fernandez, F., Reades, D.W., and Bacopoulos, A., 1993. "Hydraulic conductivity and diffusion monitoring of the Keele Valley landfill liner, Maple, Ontario, Canada." Canadian Geotechnical Journal, Vol. 30, 124-134. ۴۴۰ ۴۴۶ ۴۴۷ ۴۴۸ ۴۴۹ ۴۵۰ ۴۵۱ ۴۵۲ ۴۵۳ ۴۵۴ ۴۵۵ ۴۵۶ ۴۵۷ ۴۵۸ ۴۵۹ ۴۶۰ ۴۶۱ ۴۶۲ ۴۶۳ ۴۶۴ ۴۶۵ ۴۶۶ ۴۶۷ ۴۶۸ ۴۶۹ ۴۷۰ ۴۷۱ ۴۷۲ ۴۷۳ ۴۷۴ ۴۷۵ ۴۷۶ ۴۷۷ ۴۷۸ ۴۷۹ ۴۸۰ ۴۸۱ ۴۸۲ ۴۸۳ ۴۸۴ ۴۸۵ ۴۸۶ ۴۸۷ ۴۸۸ ۴۸۹ ۴۹۰ ۴۹۱ ۴۹۲ ۴۹۳ ۴۹۴ ۴۹۵ ۴۹۶