۷-۳-۲- جریان در حالت غیرمحصور یا اشباع نسبی (Unconfined):

همان طور که توضیح داده شد مدل SEEP2D در دو حالت اشباع و غیر اشباع قابل مسائل را شبیه سازی می‌نماید. **از نظر مدل SEEP حالت کاملاً اشباع Confined و اشباع نسبی Unconfined است.** در مسئله قبلی شبیه‌سازی در حالت اشباع (Confined) نشان داده شد. مسئله دوم در این فصل مربوط به حالت Unconfined است. دو روش حل برای این حالت وجود دارد:

- روش مش تغییر شکل یافته بر محیط اشباع (Saturated with deforming mesh)

- روش ناحیه اشباع/ غیر اشباع

در روش اول محاسبات فقط برای ناحیه اشباع انجام می‌شود و مش ایجاد شده به سطح نشت تغییر شکل داده می‌شود. در روش دوم مش تغییر شکل داده نمی‌شود و محاسبات جریان هم در ناحیه اشباع و غیر اشباع انجام می‌شود. روش ناحیه اشباع/ غیر اشباع خود به دو نوع زیر تقسیم می‌شود:

- روش Saturated/Unsaturated with linear front
- روش Van Genuchten saturated/unsaturated model
- مبانی این دو روش در محیط‌های اشباع/غیر اشباع به شرح زیر توضیح داده می‌شود.

۷-۳-۲-۱- روش Saturated/Unsaturated with linear front

مدل SEEP از معادله دیفرانسیلی زیر برای شبیه‌سازی جریان در محیط غیر اشباع استفاده می‌کند.

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}+K_{xy}\frac{\partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}+K_{yx}\frac{\partial h}{\partial x}\right)=0 \qquad (۳)$$

که در آن:

h: سطح کلی (مجموع ارتفاع و سطح فشار)

K: هدایت هیدرولیکی می‌باشد.

در این معادله سطح کلی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$h = h_p + h_{el} - h_d \qquad (۴)$$

که در آن :

h: سطح کلی

h_p: سطح فشار

h_{el}: سطح ارتفاع

h_d: سطح مبنا (datum)

ضریب k استفاده شده در رابطه لاپلاس مربوط به ضریب هدایت هیدرولیکی حالت اشباع می‌باشد. یعنی با مثبت بودن سطح فشار (h_p) در رابطه دوم k قابل استفاده می‌باشد. در حالت غیراشباع که سطح فشار (h_p) منفی است، ضریب هدایت هیدرولیکی در این حالت (k) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$k = k_r k_s \qquad (۵)$$

که در آن:

K_s: هدایت هیدرولیکی در حالت اشباع

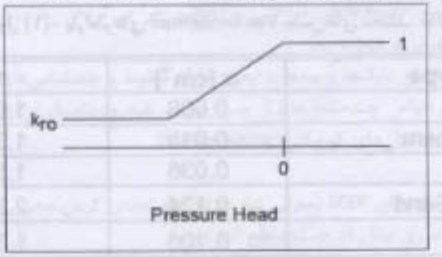
K_r: هدایت هیدرولیکی نسبی

برای محاسبه kr از روش تابع فرانتال (Frontal Function) به شرح زیر استفاده می‌شود:

۷-۳-۲-۲- تابع فرانتال (Frontal Function):

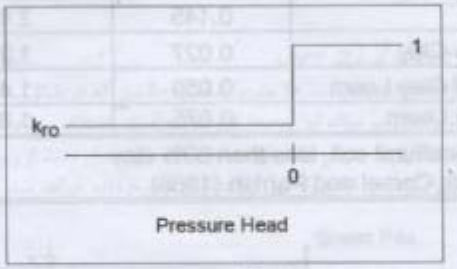
تابع فرانتال برای شبیه‌سازی جریان در حالت غیر اشباع در مدل‌های عددی بکار گرفته می‌شود. و با پارامترهای k_{ro} و h_o برای هر ناحیه‌ای از مواد در مدل مشخص می‌شود. در محیط‌های اشباع که $h_p>0$ است، $k_r=1$ می‌باشد. و در نواحی غیراشباع که $h_p<h_o$ است مقدار kr برابر k_{ro} می‌باشد. و برای مقادیر h_p بین ۰ و h_o، مقدار kr

بین ۱ تا k_{ro} به صورت خطی متغیر است. در شکل زیر نیز این موضوع دیده می‌شود.



شکل(۴)- تابع فرانتال

اگر $h_0=0$ باشد تابع فرانتال به شکل زیر در می‌آید:



شکل (۵)- سطح فشار

به صورت خلاصه به ازای مقادیر مختلف h_p مقدار k_r طبق روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$k_r = 1 \qquad h_p > 0 \qquad (۶)$$

$$k_r = (k_{ro} - 1)\left(\frac{h_p}{h_o}\right) + 1 \qquad h_0 < h_p < 0 \qquad (۷)$$

$$k_r = k_{ro} \qquad h_p < h_0 \qquad (۸)$$

۷-۳-۲-۳- روش Van Genuchten برای محاسبه ضریب هدایت هیدرولیکی:

در مواردی که ضریب هدایت مواد تشکیل دهنده اندازه گیری نشده باشد بر اساس جنس مواد می‌توان این ضریب را به روش Van Genuchten محاسبه کرد. Van Genuchten در سال ۱۹۸۰ روشی را توسعه داد که ابتدا پارامتری به اسم اشباع موثر (effective saturation) بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{S} = \left[1 + (\alpha h_p)^n\right]^{-m} \qquad (۹)$$

که در آن h_p سطح فشار است.

- ضرایب Van Genuchten است که بر حسب جنس مواد از جدول زیر بدست می‌آید:

جدول (۱)- پارامترهای Van Genuchten جنس‌های مختلف خاک

Soil Type	α [cm^{-1}]	n
Clay**	0.008	1.09
Clay Loam	0.019	1.31
Loam	0.036	1.56
Loam Sand	0.124	2.28
Silt	0.106	1.37
Silt Loam	0.020	1.41
Silty Clay	0.005	1.09
Silty Clay Loam	0.010	1.23
Sand	0.145	2.68
Sandy Clay	0.027	1.23
Sandy Clay Loam	0.059	1.48
Sandy Loam	0.075	1.89
** Agricultural soil, less than 60% clay Source: Carsel and Parrish (1988)		

$$m = 1 - \frac{1}{n} \quad (10)$$

$$k_r = \bar{S}^{\frac{1}{2}} \left[1 - \left(1 - \bar{S}^{\frac{1}{m}} \right)^{m} \right]^2 \quad (11)$$

که در آن K_r ضریب هدایت هیدرولیکی نسبی می‌باشد.