

دینامیک خاک تشت موج

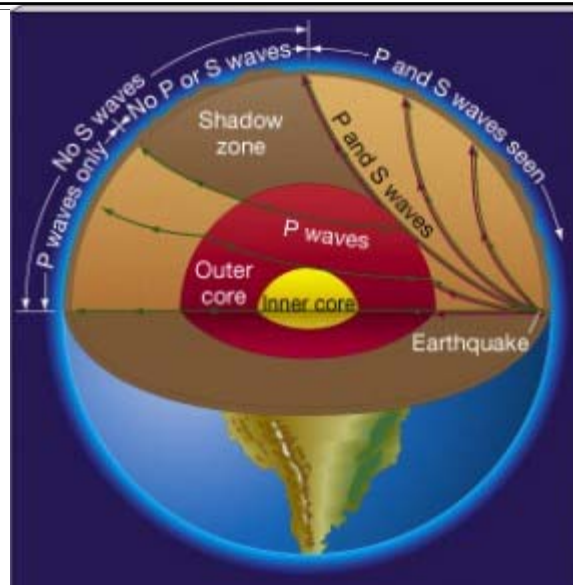
- Hasan Ghasemzadeh

<http://wp.kntu.ac.ir/ghasemzadeh>

K.N. Toosi University of Technology

Soil Dynamics

1



انتشار امواج در محیط

- ۱- انتشار امواج در نیم فضای الاستیک
 - امواج فشاری
 - امواج برشی
 - امواج رایلی
 - امواج لاور
- ۲- مقایسه سرعت امواج زلزله و تغییر شکل آنها
- ۳- حوزه نزدیک و دور
- ۴- شکست موج

2

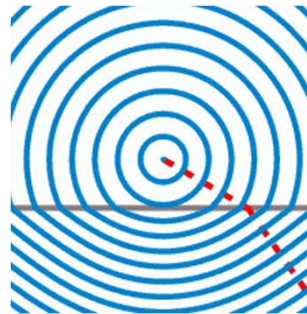
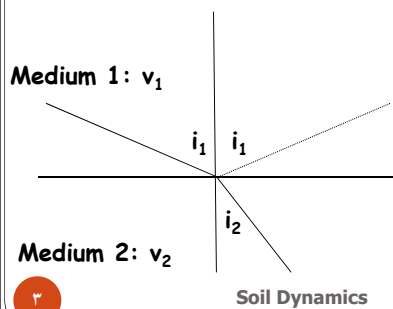
Soil Dynamics

شکست موج

امواج در برخورد با لایه‌های مختلف منعکس و منکسر می‌شوند

• قانون اسنل

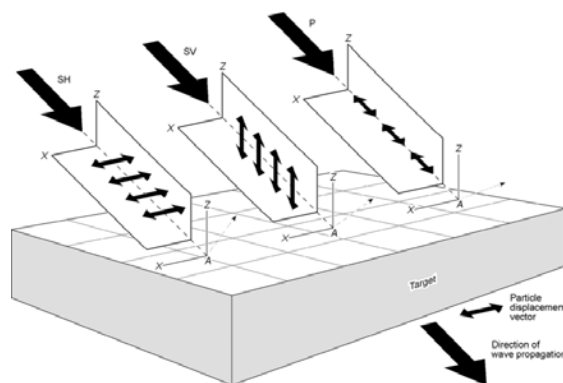
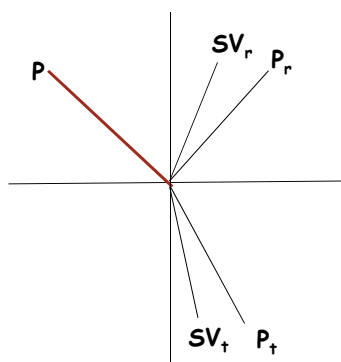
$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{v_1}{v_2}$$



۳

شکست موج

امواج فشاری در برخورد با لایه‌های مختلف به صورت فشاری و برشی قایم منعکس و منکسر می‌شوند



۴

Soil Dynamics

شکست موج

امواج برشی در برخورد با لایه‌های ناهمسانگرد به دو موج تبدیل می شوند
(در دو جهت پلاریزه می شوند)

Soil Dynamics

شکست موج

سرعت موج در برخورد با یک محیط همسانگرد عرضی بسته به زاویه برخورد
موج با محور تقارن θ تغییر می کند برای حالت ناهمسانگردی ضعیف:

$$c_p(\theta) \approx c_p(1 + \delta \sin^2 \theta \cos^2 \theta + \varepsilon \sin^4 \theta)$$

$$c_{SV}(\theta) \approx c_s(1 + (c_p/c_s)^2(\varepsilon - \delta) \sin^2 \theta \cos^2 \theta)$$

$$c_{SH}(\theta) \approx c_s(1 + \gamma \sin^2 \theta)$$

Thomsen (1986)

$$\delta = \frac{(C_{13} + C_{44})^2 - (C_{33} - C_{44})^2}{2C_{33}(C_{33} - C_{44})}$$

$$\varepsilon = \frac{C_{11} - C_{33}}{2C_{33}} \quad \gamma = \frac{C_{66} - C_{44}}{2C_{44}}$$

$$c_p = \sqrt{C_{33}/\rho} \quad c_s = \sqrt{C_{44}/\rho}$$

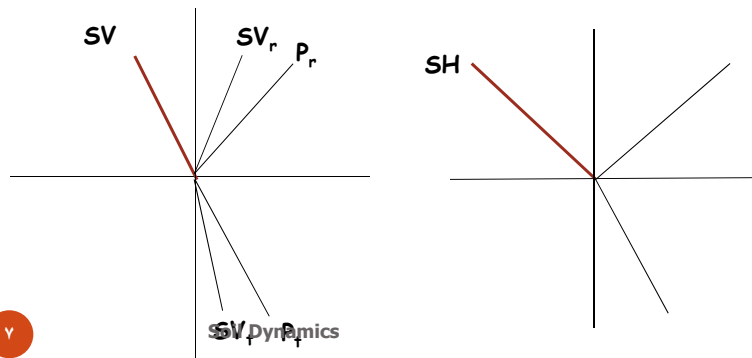
$\begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \tau_{23} \\ \tau_{31} \\ \tau_{12} \end{bmatrix}$	$=$	$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{11}-2C_{66} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{11}-2C_{66} & C_{11} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{13} & C_{13} & C_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{66} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{31} \\ \varepsilon_{12} \end{bmatrix}$
---	-----	--	---

Soil Dynamics

vertical transverse isotropic medium (VTI)

شکست موج

امواج برشی قائم در برخورد با لایه‌های مختلف به صورت فشاری و برشی قائم منعکس و منکسر می‌شوند
 امواج برشی افقی در برخورد با لایه‌های مختلف به صورت امواج برشی افقی منعکس و منکسر می‌شوند

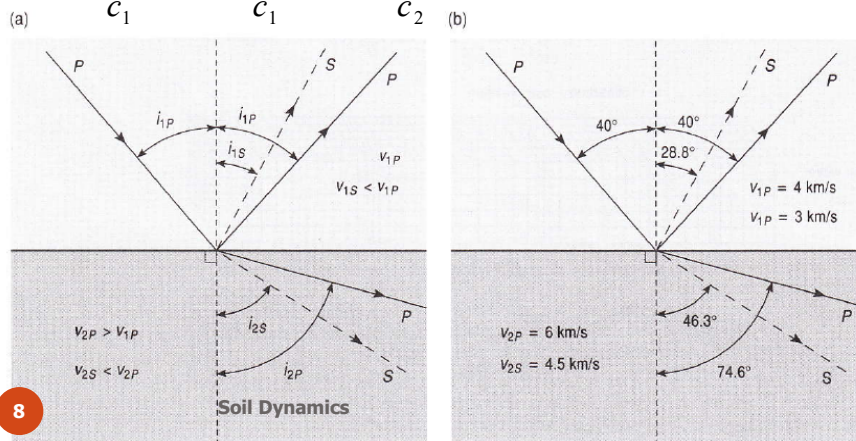


شکست موج

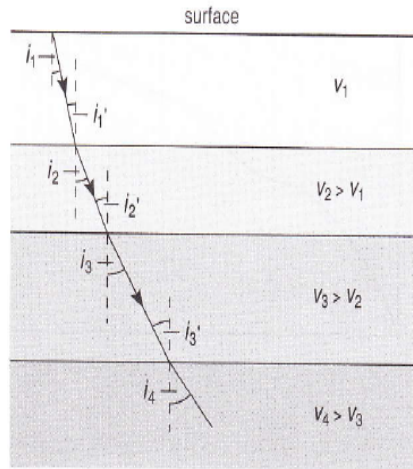
امواج در برخورد با لایه‌های مختلف منعکس و منکسر می‌شوند

• قانون اسنل

$$\frac{\sin(i_{inci})}{c_1} = \frac{\sin(i_{refl})}{c_1} = \frac{\sin(i_{refr})}{c_2}$$



شکست موج



شکست موج در چندین لایه

زاویه بحرانی:
زاویه است که زاویه شکست قائمه شود

$$\frac{\sin i_1}{\sin 90} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\sin i_c = \frac{v_1}{v_2}$$

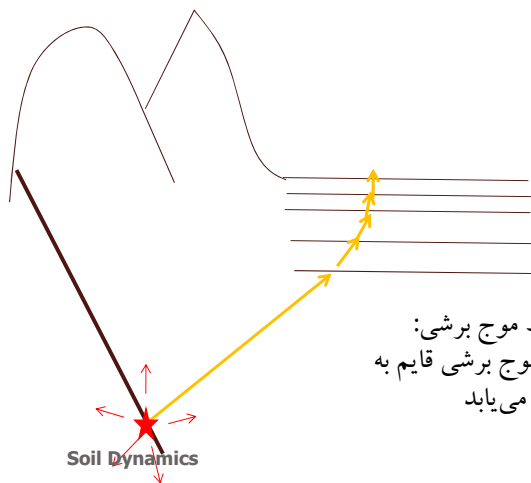
Figure 4.12 Refractions at parallel interfaces.

Soil Dynamics

9

شکست موج

شکست موج در چندین لایه



تخریب در سطح توسط موج برشی:
بیشتر انرژی به صورت موج برشی قائم به
طرف سطح زمین انتشار می یابد

Soil Dynamics

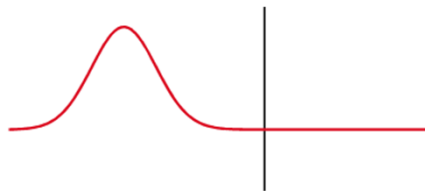
10

شکست موج

انکسار و انعکاس موج

$Z_1 \quad v_1, \rho_1$

$Z_2 \quad v_2, \rho_2$



$Z = \rho v$ امپدانس محیط

v سرعت موج
 ρ جرم حجمی سنگ

در صورت تفاوت امپدانس بین دو محیط باشد انعکاس موج را خواهیم داشت

ضریب بازتاب در حالت قائم برابر است با

$$R_{refl} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

11
Soil Dynamics

شکست موج

انکسار و انعکاس موج

$$E_{refl} = \frac{P_{refl}}{P_{inci}} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2 = R_{refl}^2$$

$$T_{refr} = \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

$$T = 1 + R$$

$$T^2 + R^2 = 1$$

نسبت انرژی موج بازتاب شده در حالت قائم برابر است با

ضریب گذر در حالت قائم برابر است با

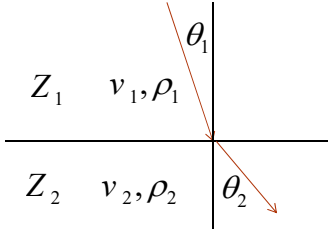
رابطه ضریب گذر و بازتاب

رابطه انرژی گذر و بازتاب

از بازتاب موج می توان به تغییرات خواص لایه های پی برد

12
Soil Dynamics

شکست موج



$Z_1 \quad v_1, \rho_1$
 $Z_2 \quad v_2, \rho_2$

انکسار و انعکاس موج

برخورد مایل

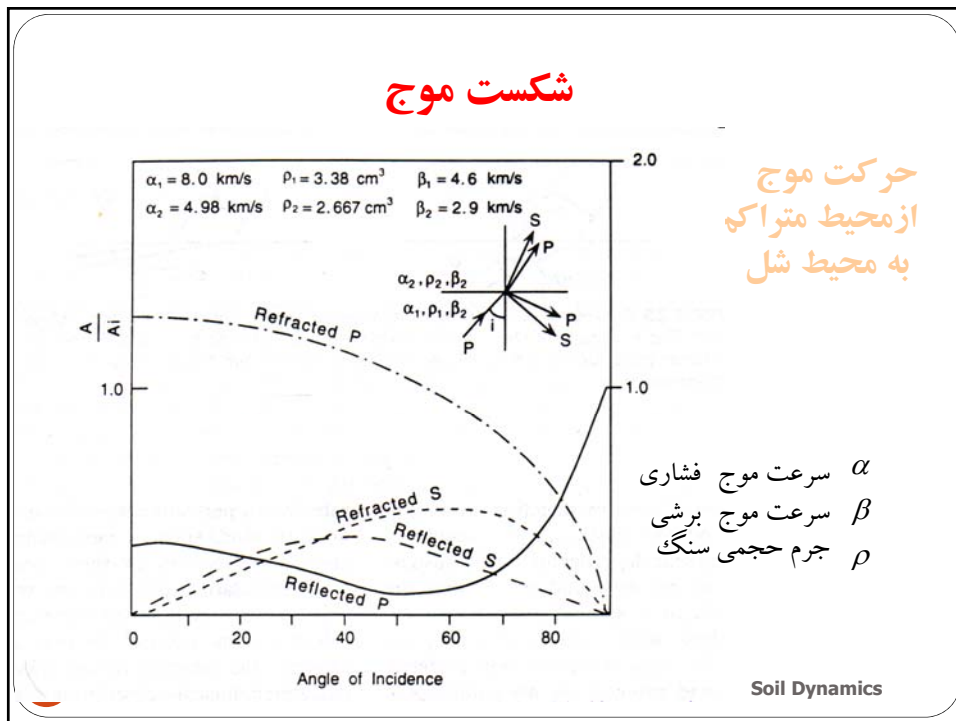
$$T = \frac{2Z_2 \cos \theta_1}{Z_2 \cos \theta_1 + Z_1 \cos \theta_2}$$
 ضریب گذر در حالت مایل برابر است با

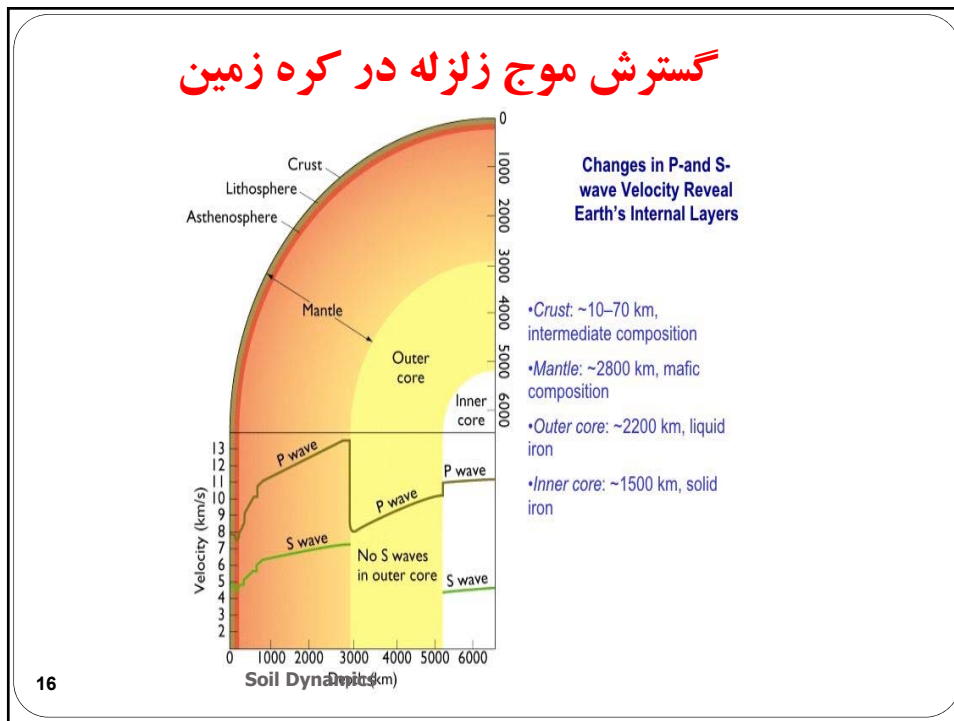
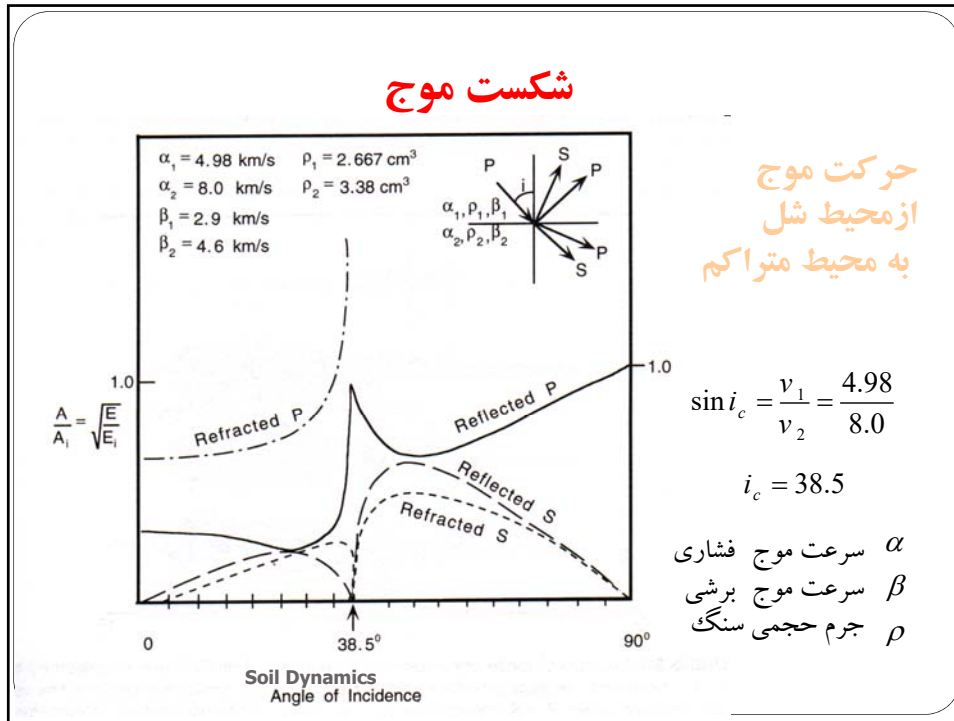
$$R = \frac{Z_2 \cos \theta_1 - Z_1 \cos \theta_2}{Z_2 \cos \theta_1 + Z_1 \cos \theta_2}$$
 ضریب بازتاب در حالت مایل برابر است با

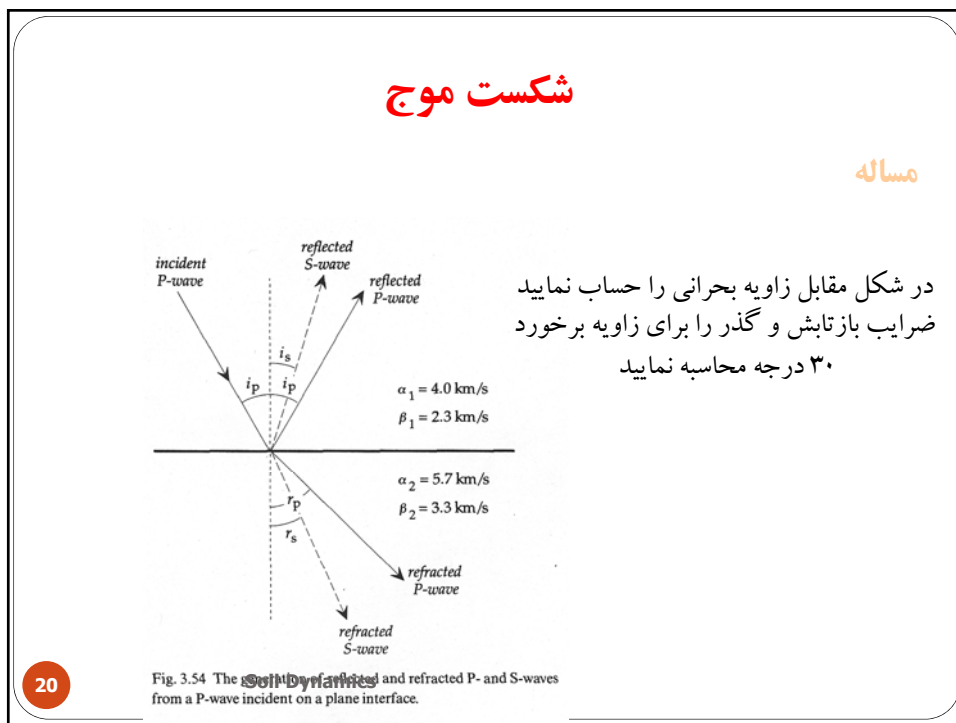
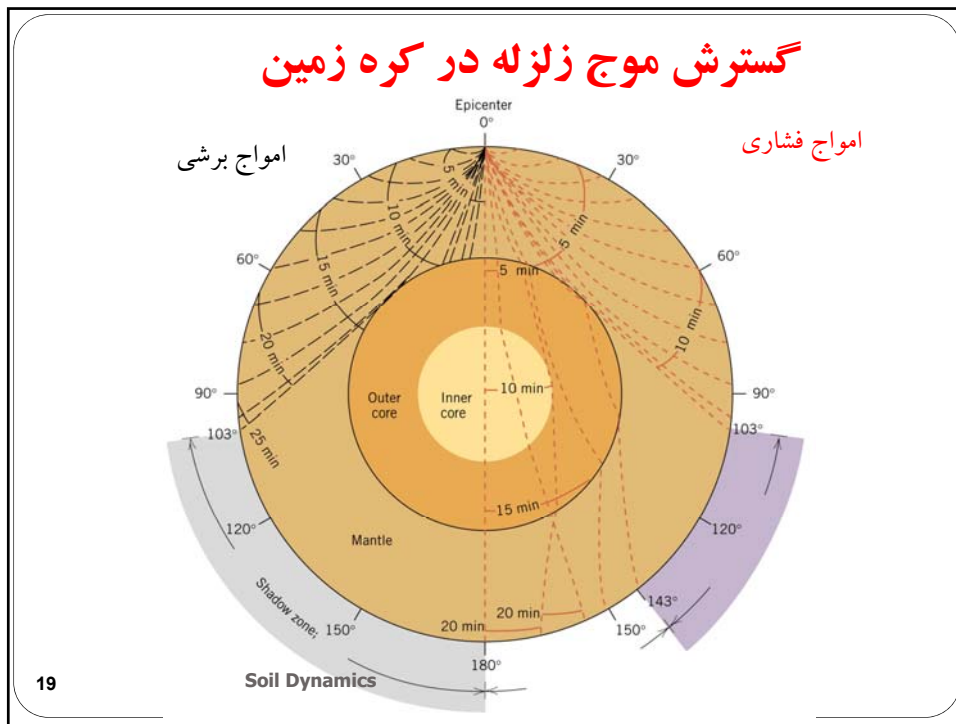
فرمول های فوق را بر حسب k_1, k_2 عدد موج لایه اول و دوم نیز می توان نوشت.

Soil Dynamics

13





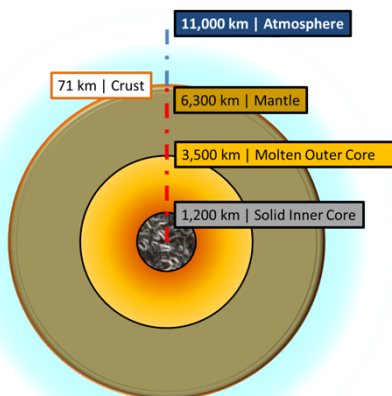


در شکل مقابل زاویه بحرانی را حساب نمایید
ضرایب بازتابش و گذر را برای زاویه برخورد
۳۰ درجه محاسبه نمایید

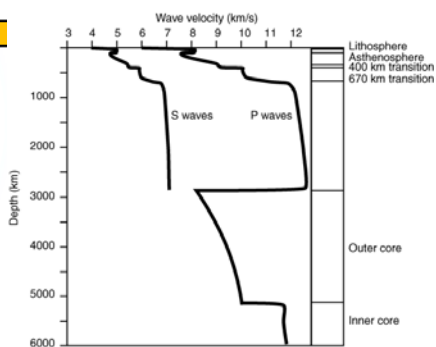
شکست موج

مساله

حرکت موجی که با زاویه ۱۵ درجه از یک طرف زمین حرکت می کند و به طرف دیگر می رسد را محاسبه کنید



Soil Dynamics



۲۱