

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

ΑΡΜΟΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ "Χώρου" και "Επιφάνειας"

1. Αρμονικά Κύματα P & S
2. Ανάκλαση-Διάθλαση Κυμάτων P & S
3. Επιφανειακά Κύματα RAYLEIGH
4. Επιφανειακά Κύματα LOVE
5. Πρακτικές Εφαρμογές της Κυματικής Θεωρίας
6. Ασκήσεις

Πρόσθετη βιβλιογραφία:

- ✚ Steven Kramer:
Κεφάλαιο 5 (εκτός 5.5)
- ✚ Γιώργος Γκαζέτας: Κεφάλαιο 6
- ✚ Άλλη βιβλιογραφία σχετική με «Θεωρία διάδοσης Κυμάτων» ή / και «Τεχνική Σεισμολογία»

4.1 ΑΡΜΟΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ P & S

Ειδική, αλλά πολύ βασική (γιατί??) περίπτωση κυματομορφής αποτελούν τα **Αρμονικά Κύματα**:

$$f_a(Ct + x) = Ae^{i\frac{\omega}{C}(Ct+x)}$$

$$f_b(Ct - x) = Ae^{i\frac{\omega}{C}(Ct-x)}$$

όπου

$$k = \omega/C = 2\pi/(T \cdot C) = 2\pi/\lambda = \text{κυματικός αριθμός}$$

ή, πιο απλά

$$f_a(Ct + x) = A[\cos(\omega t + kx) + i \cdot \sin(\omega t + kx)]$$

- $Real f_a(Ct + x) = A \cdot \cos(\omega t + kx)$
- $Im f_a(Ct + x) = A \cdot \sin(\omega t + kx)$

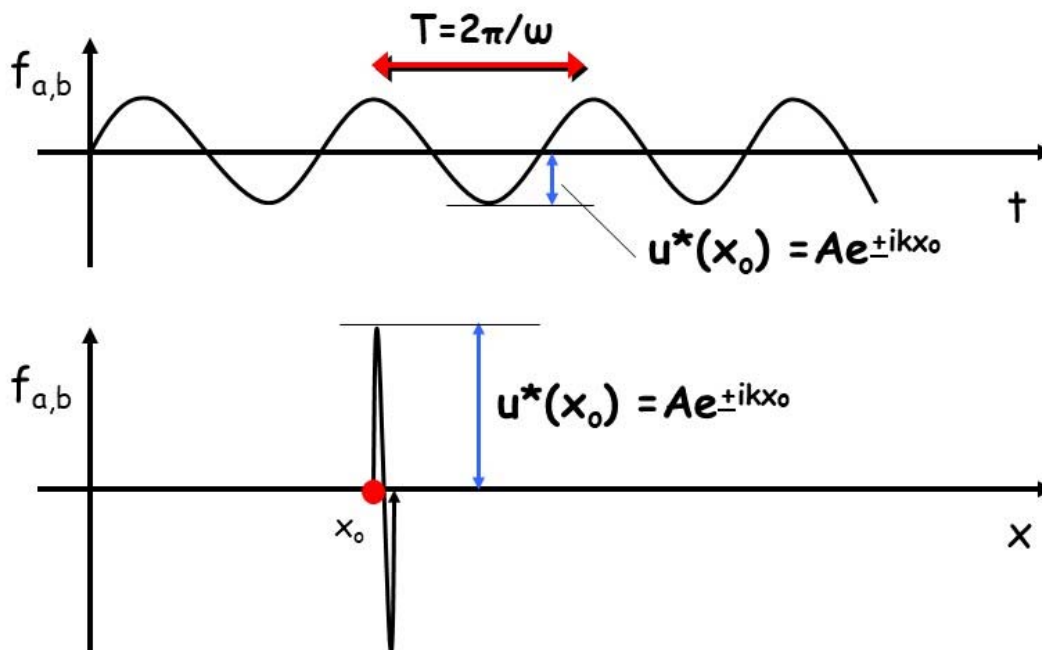
$$f_b(Ct - x) = Ae^{i\frac{\omega}{C}(Ct-x)} = Ae^{i(\omega t - kx)}$$

- $Real f_a(Ct - x) = A \cdot \cos(\omega t - kx)$
- $Im f_a(Ct - x) = A \cdot \sin(\omega t - kx)$

Σχόλιο: Εκ πρώτης όψεως τουλάχιστον, η μιγαδική Θεώρηση είναι πλέον σύνθετη, εξυπηρετεί όμως αφάνταστα τους αναλυτικούς υπολογισμούς και περιορίζει τα λάθη (**γιατί ??**)

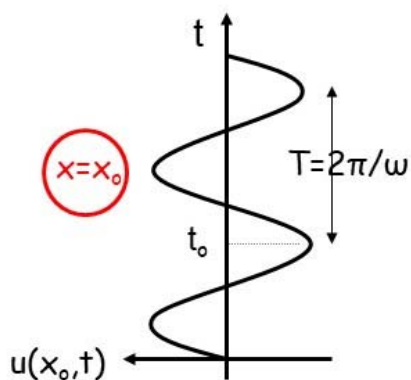
ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ εδαφικού σημείου
(δηλαδή για $x=x_0$)

$$f_{a,b} = Ae^{\pm ikx_0} e^{i\omega t} = u^*(x_0) e^{i\omega t} \Rightarrow \text{αρμονική ταλάντωση με συχνότητα } \omega = 2\pi/T$$



ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ του εδάφους σε δεδομένη ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ
(δηλαδή για $t=t_0$)

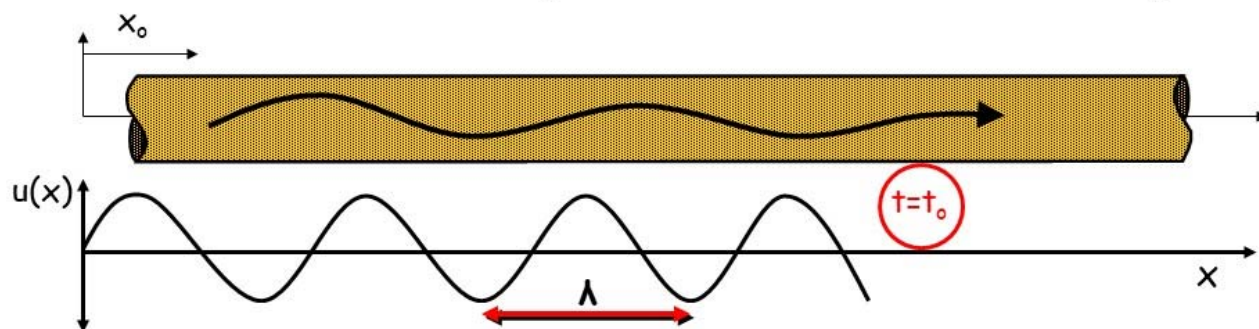
$$f_{a,b} = Ae^{i\omega t_0} e^{\pm ikx} = u^*(t_0) e^{\pm ikx}$$

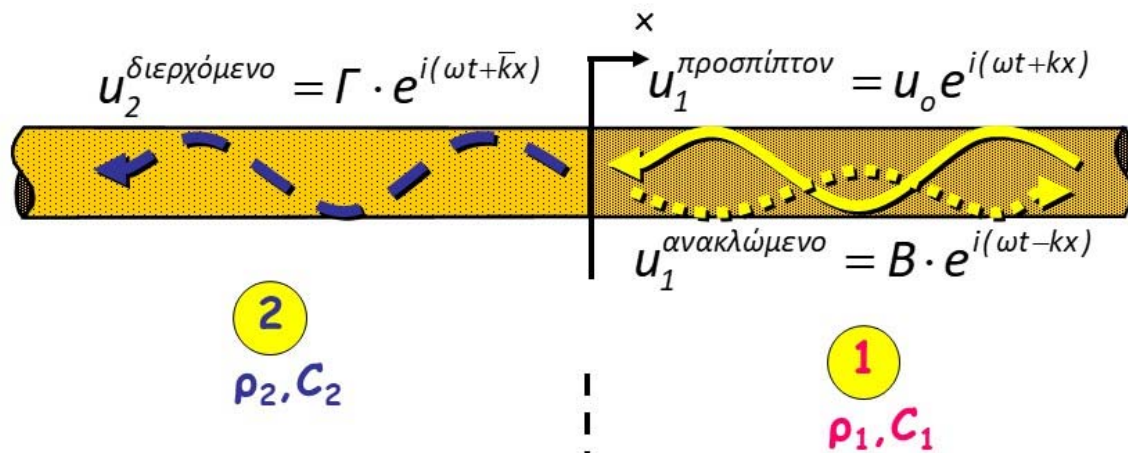


Όπως προηγουμένως,
αλλά τώρα τον ρόλο της συχνότητας ω
τον παίζει ο κυματικός αριθμός k ...

$$k\lambda = 2\pi \Rightarrow \lambda = 2\pi/k$$

$$[k = \omega/C \Rightarrow \lambda = 2\pi/\omega C = T \cdot C]$$





$$u_2 = \Gamma e^{i(\omega t + \bar{k}x)}$$

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= \bar{M} \varepsilon_x = -\bar{M} \frac{\partial u_2}{\partial x} = \\ &= -\bar{M} \Gamma \bar{k} e^{i(\omega t + \bar{k}x)} \end{aligned}$$

$$u_1 = u_o e^{i(\omega t + kx)} + B e^{i(\omega t - kx)}$$

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= M \varepsilon_x = -M \frac{\partial u_1}{\partial x} = \\ &= -M u_o k e^{i(\omega t + kx)} + M B k e^{i(\omega t - kx)} \end{aligned}$$

$$\sigma_1 = -M u_o k e^{i(\omega t + kx)} + M B k e^{i(\omega t - kx)} \quad \& \quad \sigma_2 = -\bar{M} \Gamma \bar{k} e^{i(\omega t + \bar{k}x)}$$

Συνοριακές συνθήκες:

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \quad \sigma_1 = \sigma_2 \\ \quad \quad u_1 = u_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{συμβατότητα αξονικών} \\ \text{τάσεων \& μετατοπίσεων} \\ \text{στο σύνορο.....} \end{array}$$

$$\sigma_1^{(o)} = \sigma_2^{(o)} \Rightarrow -\bar{M} \Gamma \bar{k} e^{i\omega t} = -M u_o k e^{i\omega t} + M B k e^{i\omega t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_o - B = \frac{\bar{k}}{k} \frac{\bar{M}}{M} \Gamma = \frac{C_2 \rho_2}{C_1 \rho_1} \Gamma$$

$$\text{όπου } k = \omega / C, \quad M = C^2 \rho \text{ και } kM = \omega C \rho$$

Συνοριακές συνθήκες (συνέχεια) :

$$\left. \begin{aligned} u_1(o) = u_2(o) &\Rightarrow u_o + B = \Gamma \\ u_o - B &= \frac{\rho_2 C_2}{\rho_1 C_1} \Gamma \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} B &= \frac{1 - \frac{\rho_2 C_2}{\rho_1 C_1}}{1 + \frac{\rho_2 C_2}{\rho_1 C_1}} u_o \\ \Gamma &= \frac{2}{1 + \frac{\rho_2 C_2}{\rho_1 C_1}} u_o \end{aligned}$$

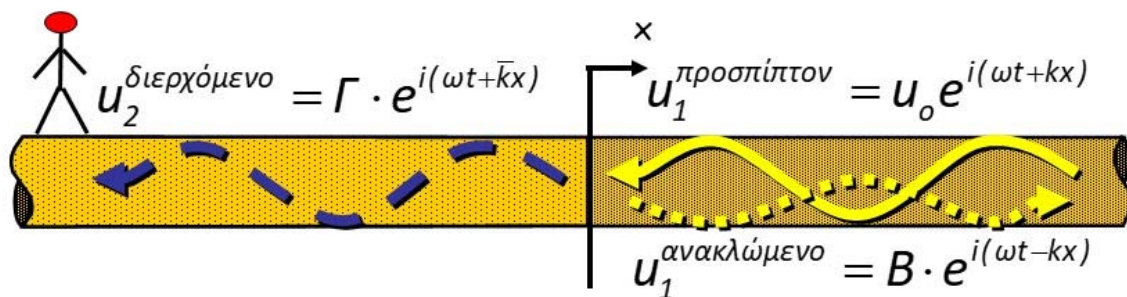
Συνήθειες Περιπτώσεις:

ελεύθερο άκρο: $\rho_2 C_2 = 0 \rightarrow B = u_o$ & $\Gamma = 2u_o$

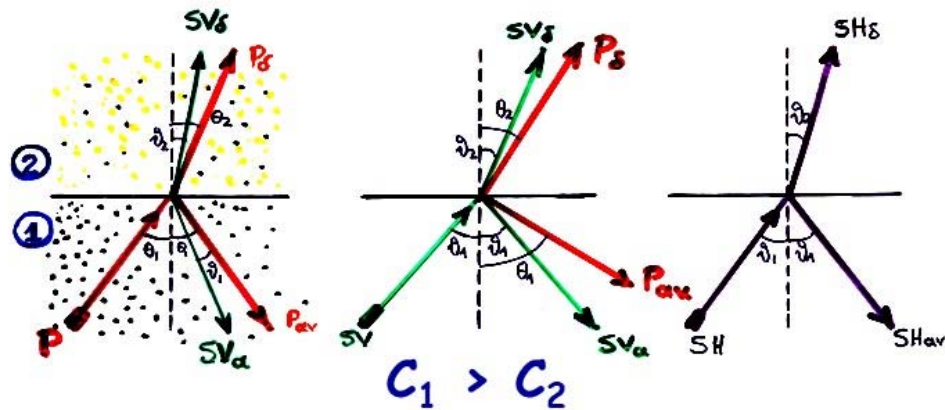
πακτωμένο άκρο: $\rho_2 C_2 = \infty \rightarrow B = -u_o$ & $\Gamma = 0$

[έχουν φυσικό νόημα τα παραπάνω αποτελέσματα ??]

Έχουν φυσικό νόημα τα παραπάνω αποτελέσματα (για ελεύθερο και για πακτωμένο άκρο) ??



4.2 ΑΝΑΚΛΑΣΗ - ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ P & S



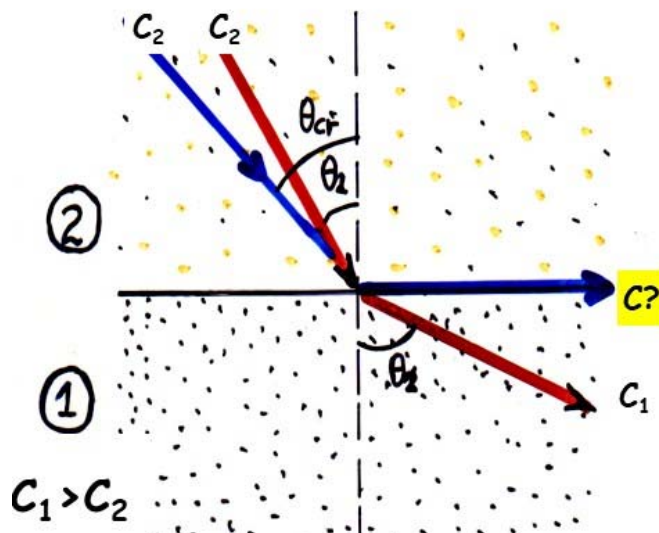
Προσπίπτον κύμα: $\begin{bmatrix} P \\ SV \\ SH \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} (P_\alpha, P_\delta) \text{ \& } (SV_\alpha, SV_\delta) \\ (SV_\alpha, SV_\delta) \text{ \& } (P_\alpha, P_\delta) \\ (SH_\alpha, SH_\delta) \end{bmatrix}$ Ανακλώμενα & Διερχόμενα κύματα

Νόμος SNELLius
(Ibn Sahl, 980):

$$\frac{\sin \theta_1}{C_{P_1}} = \frac{\sin \theta_2}{C_{P_2}} = \frac{\sin \vartheta_1}{C_{S_1}} = \frac{\sin \vartheta_2}{C_{S_2}}$$

Κρίσιμη γωνία πρόσπτωσης

(για διάδοση κύματος από «μαλακό» σε πιο «σκληρό» μέσο):



$$\frac{\sin \theta_1}{C_1} = \frac{\sin \theta_2}{C_2} \Rightarrow \sin \theta_1 = \sin \theta_2 \frac{C_1}{C_2}$$

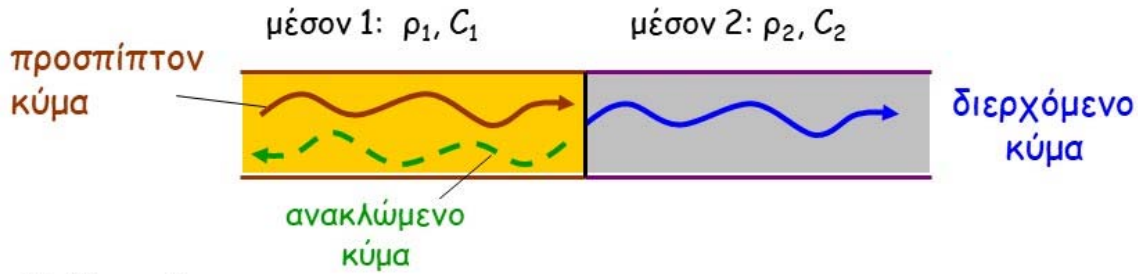
Όσο αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης θ_2 τόσο το διαθλώμενο κύμα αποκλίνει από την καθετότητα, μέχρι μια κρίσιμη τιμή $\theta_2 = \theta_{cr}$ για την οποία το διαθλώμενο κύμα διαδίδεται παράλληλα προς την διεπιφάνεια, με ταχύτητα ίση προς (C_1 ή C_2 ???)

Τι συμβαίνει όταν $\theta_2 > \theta_{cr}$?

ΕΥΡΟΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ

ανακλώμενου και διαθλώμενου κύματος

Στην απλή περίπτωση 1-Δ διάδοσης κύματος σε «δύο μέσα εν επαφή», που εξετάσαμε προηγουμένως...



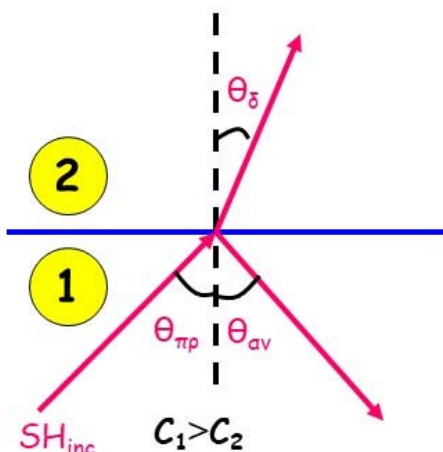
αποδείξαμε ότι...

$$u_{\text{ανακλ.}} = \frac{1 - \rho_2 C_2 / \rho_1 C_1}{1 + \rho_2 C_2 / \rho_1 C_1} u_{\text{προσπ.}} \quad \& \quad u_{\text{διερχ.}} = \frac{2}{1 + \rho_2 C_2 / \rho_1 C_1} u_{\text{προσπ.}}$$

Ερώτηση: Τι συμβαίνει στη συνήθη περίπτωση διέλευσης σεισμικού κύματος από το βραχώδες υπόβαθρο (μέσον 1) σε επιφανειακή στρώση εδάφους (μέσον 2); Το εύρος της ταλάντωσης θα αυξηθεί ή θα μειωθεί;

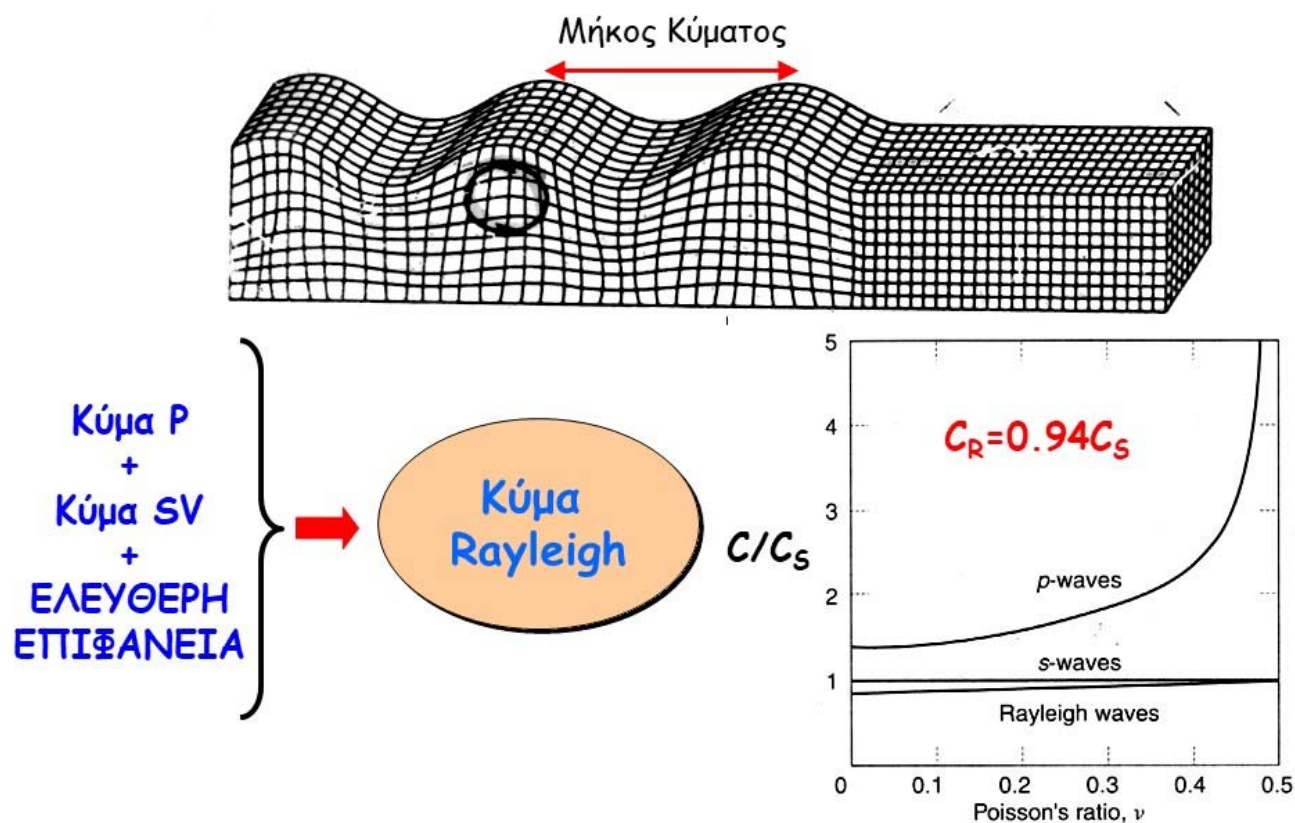
Το εύρος της ταλάντωσης των ανακλώμενων και διαθλώμενων κυμάτων σε 2-Δ συνθήκες υπολογίζεται επίσης από την συνθήκη συμβιβαστών τάσεων και παραμορφώσεων στην διεπιφάνεια. Σε αυτή την περίπτωση όμως, οι υπολογισμοί περιπλέκονται σημαντικά λόγω της πλάγιας πρόσπτωσης του κύματος ($\theta_{\text{πρ}} > 0^\circ$). Για τον λόγο αυτό, αναλυτικές λύσεις εντοπίζονται μόνο για την απλούστερη σχετικά περίπτωση των SH κυμάτων.....

Ανάκλαση-διάθλαση κυμάτων SH (Richter 1958)



$$\frac{u_{\text{ανακλ.}}}{u_{\text{προσπ.}}} = \frac{1 - \frac{\rho_2 C_2 \cos \theta_\delta}{\rho_1 C_1 \cos \theta_\pi}}{1 + \frac{\rho_2 C_2 \cos \theta_\delta}{\rho_1 C_1 \cos \theta_\pi}}$$
$$\frac{u_{\text{διαθλ.}}}{u_{\text{προσπ.}}} = 1 + \frac{u_{\text{ανακλ.}}}{u_{\text{προσπ.}}} = \frac{2}{1 + \frac{\rho_2 C_2 \cos \theta_\delta}{\rho_1 C_1 \cos \theta_\pi}}$$

4.3 Επιφανειακά Κύματα RAYLEIGH



Μετατοπίσεις του εδάφους κατά την διέλευση κύματος Rayleigh

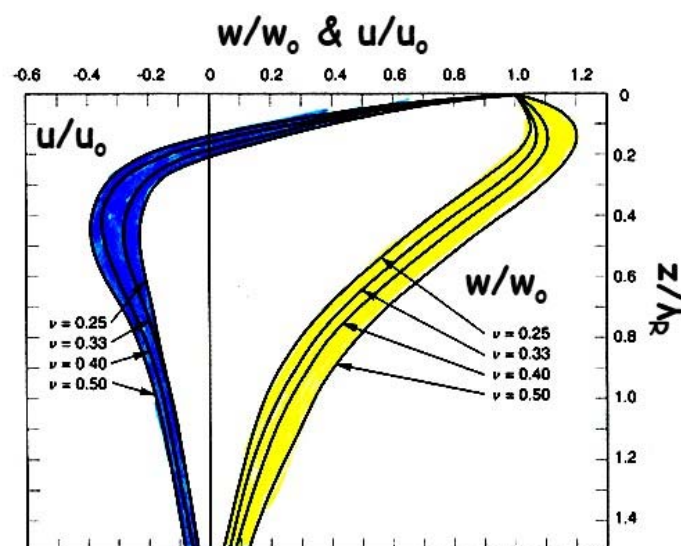
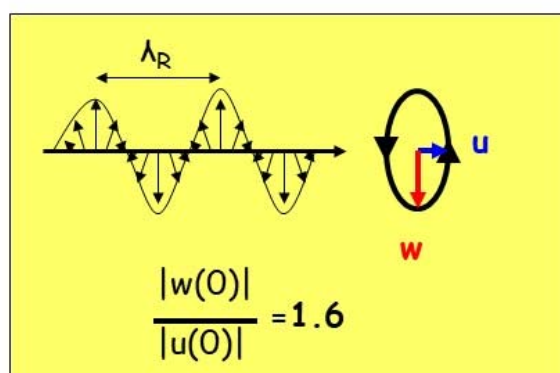
$$u = u(z, x, t) = iB \left\{ 0.55 e^{-2z/\lambda_R} - e^{-5.8z/\lambda_R} \right\} e^{i(\omega t - k_R x)}$$

$$w = w(z, x, t) = B \left\{ 1.66 e^{-2z/\lambda_R} - 0.92 e^{-5.8z/\lambda_R} \right\} e^{i(\omega t - k_R x)}$$

$k_R = \omega/C_R$ κυματικός αριθμός

$\lambda_R = C_R T$ μήκος κύματος

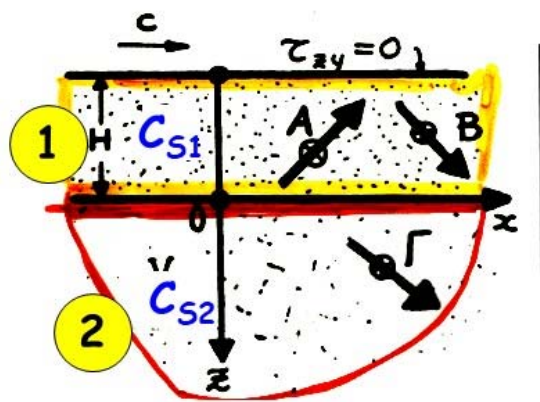
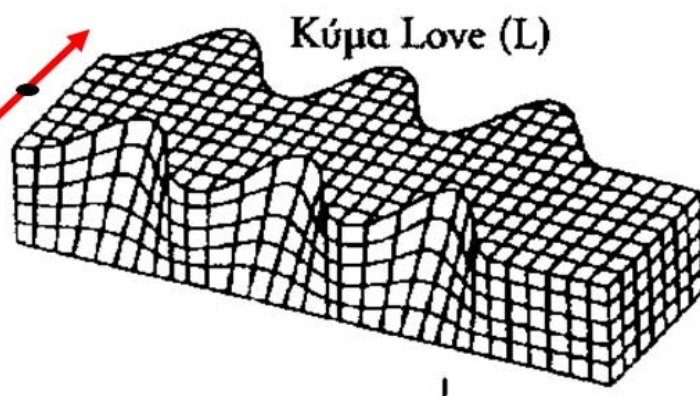
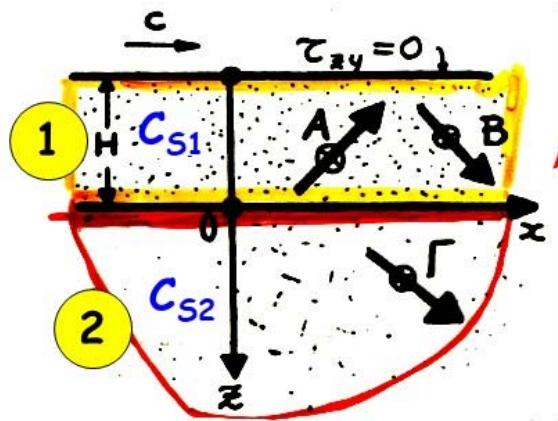
B = σταθερή παράμετρος



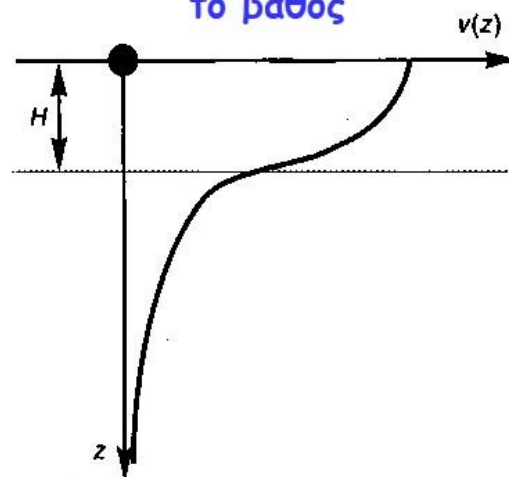
4.4 Επιφανειακά Κύματα LOVE

Εμφανίζονται σε 2-στρωτο εδαφικό σχηματισμό

Πρόκειται για κύματα SH που έχουν «παγιδευτεί» στο επιφανειακό «μαλακό» στρώμα εδάφους



Μεταβολή της μετατόπισης με το βάθος



Κυματική εξίσωση

$$u_1 = (Ae^{ir_1 k_L z} + Be^{-ir_1 k_L z}) e^{i(\omega t - k_L x)}$$

$$u_2 = \Gamma e^{-ir_2 k_L z} e^{i(\omega t - k_L x)}$$

$$k_L = \omega / C_L$$

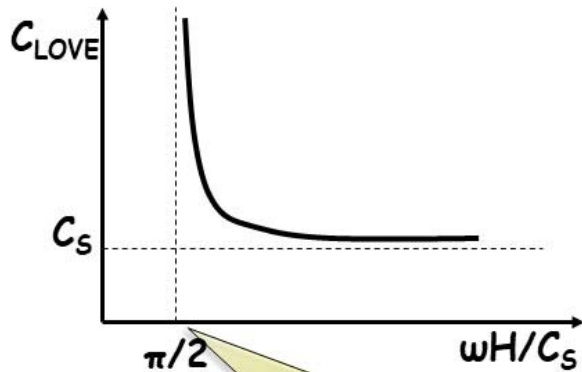
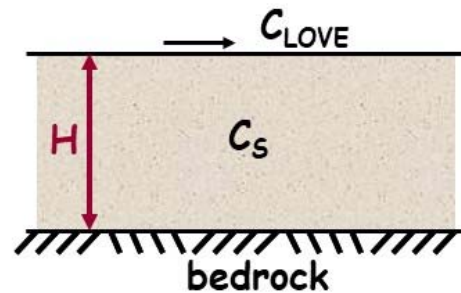
$$r_1 = \sqrt{\frac{C_L^2}{C_{s1}^2} - 1}, \quad r_2 = \sqrt{\frac{C_L^2}{C_{s2}^2} - 1}$$

Ειδική περίπτωση:

Μαλακό έδαφος επί άκαμπτου βράχου (δηλ. $C_{S2}=\infty$)

$$C_{LOVE} = \frac{\omega H}{\left\{ \left(\frac{\omega H}{C_s} \right)^2 - \left[\frac{\pi}{2} \right]^2 \right\}^{1/2}}$$

(γιατί??)



συχνότητα "αποκοπής"
 $\omega_c = (\pi/2) C_s/H$

✚ Τελικώς, τα κύματα LOVE δεν υφίστανται για συχνότητες μικρότερες από την συχνότητα "αποκοπής»

$$\omega < \omega_c = (\pi/2) C_s/H$$

(που είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης του μαλακού στρώματος)

Παρατηρήσεις (συνέχεια)

✚ Κύματα Διασποράς:

Αποτελεί κωδική ονομασία για τα κύματα LOVE (και άλλα ??) των οποίων η ταχύτητα διάδοσης εξαρτάται από την συχνότητα της ταλάντωσης, ακόμη και αν το μέσον είναι ομοιόμορφο.

✚ Συνέπειες της Διασποράς:

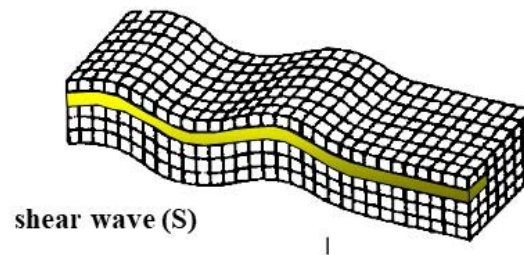
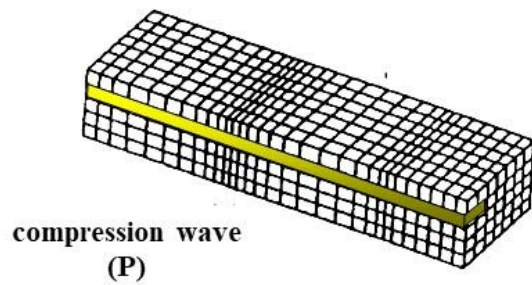
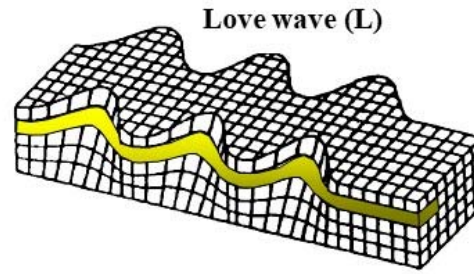
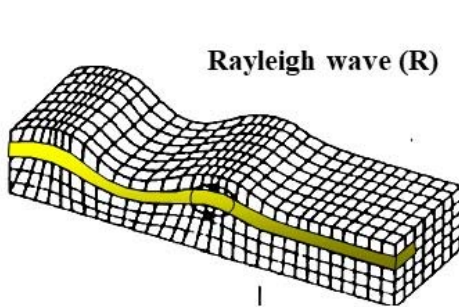
Η ταχύτητα διάδοσης C_{LOVE} μειώνεται με την αύξηση της συχνότητας ω (μείωση της περιόδου T).

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα..... οι αρμονικές συνιστώσες της ταλάντωσης με χαμηλή συχνότητα να διαχωρίζονται από τις υψηλές, δεδομένου ότι διαδίδονται ταχύτερα. Έτσι:

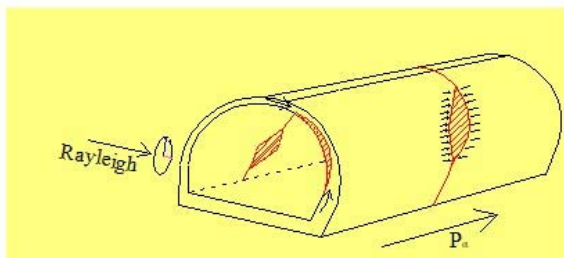
- (α) Η διάρκεια της δόνησης να αυξάνεται με την απόσταση από την πηγή
- (β) Το συχνотικό περιεχόμενο της δόνησης (π.χ. το ελαστικό φάσμα απόκρισης ή το φάσμα Fourier) να διαφοροποιείται με την απόσταση από την πηγή

4.5 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

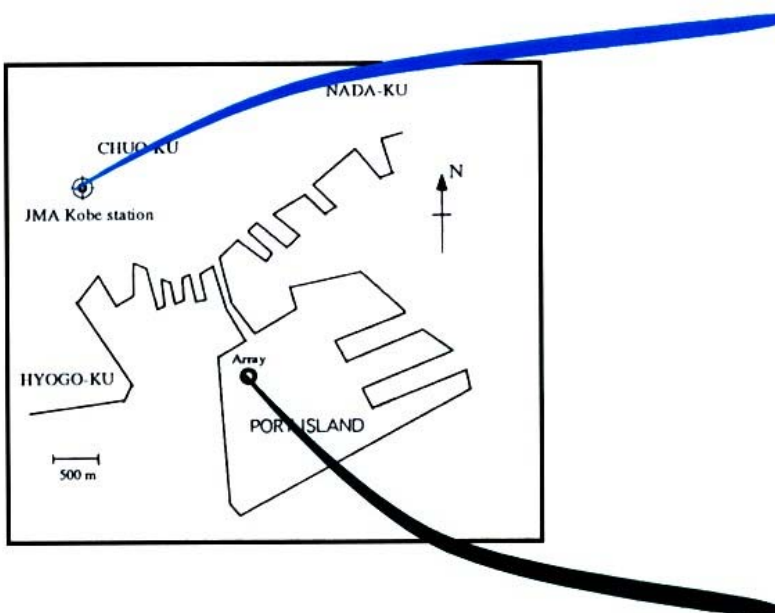
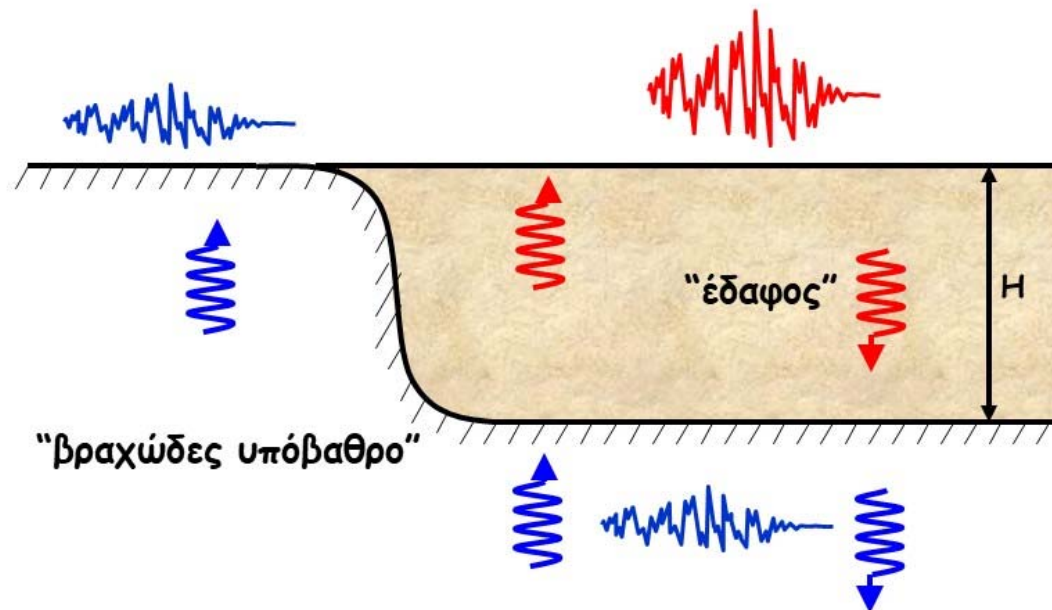
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΣΗΡΑΓΓΩΝ



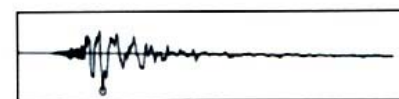
Αποκόλληση
σκυροδέματος και
λυγισμός οπλισμού
λόγω θλίψης



Εδαφική Ενίσχυση του σεισμικού κραδασμού



Βραχώδες υπόβαθρο,
 $a_{\max}=0.82g$



Επίχωση εδάφους,
 $a_{\max}=0.32g$

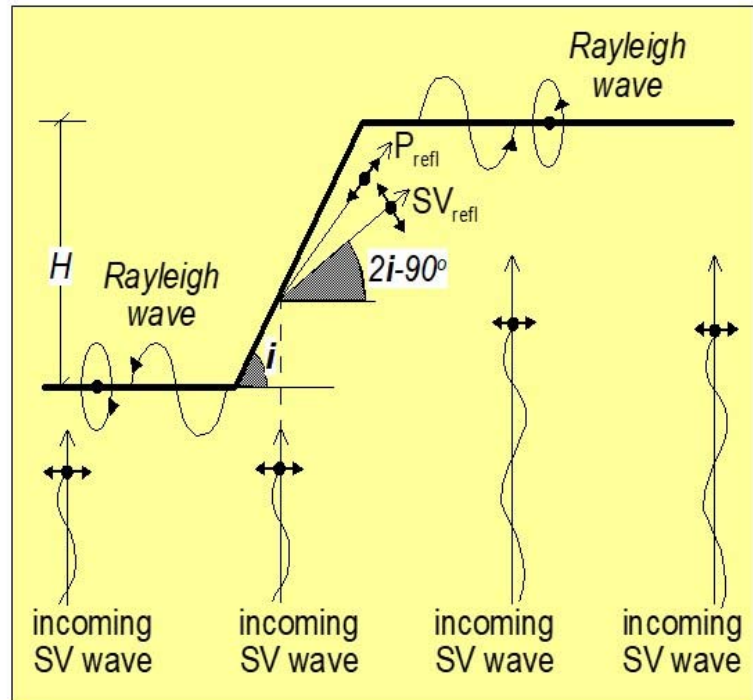
Kobe, Japan 1995

Σεισμική απόκριση πρανών υψηλών επιχωμάτων και φραγμάτων

- Σε κάθε σημείο της ελεύθερης επιφάνειας συμβάλλουν τέσσερα κύματα: ένα κατακόρυφα μεταδιδόμενο SV, ένα ανακλώμενο SV και ένα ανακλώμενο P, και τέλος ένα επιφανειακό κύμα Rayleigh.

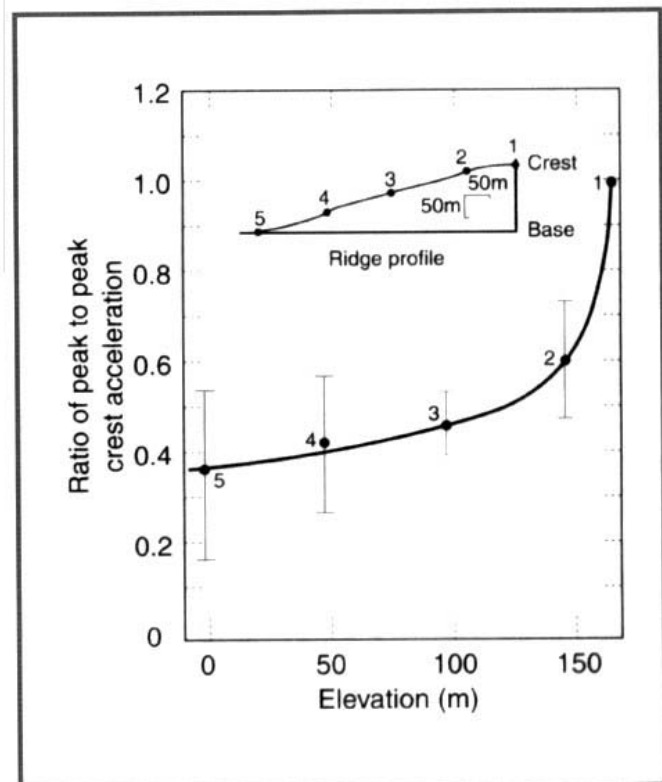
- Τα κύματα αυτά έχουν διαφορετικές ταχύτητες μετάδοσης και διαφορετικά μήκη διαδρομής και επομένως η άφιξη τους γίνεται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, μπορεί δε να οδηγήσει τόσο σε **αύξηση** όσο και σε **μείωση** της εδαφικής κίνησης.

- Επιπλέον, τα τρία τελευταία κύματα έχουν και **κατακόρυφη** συνιστώσα

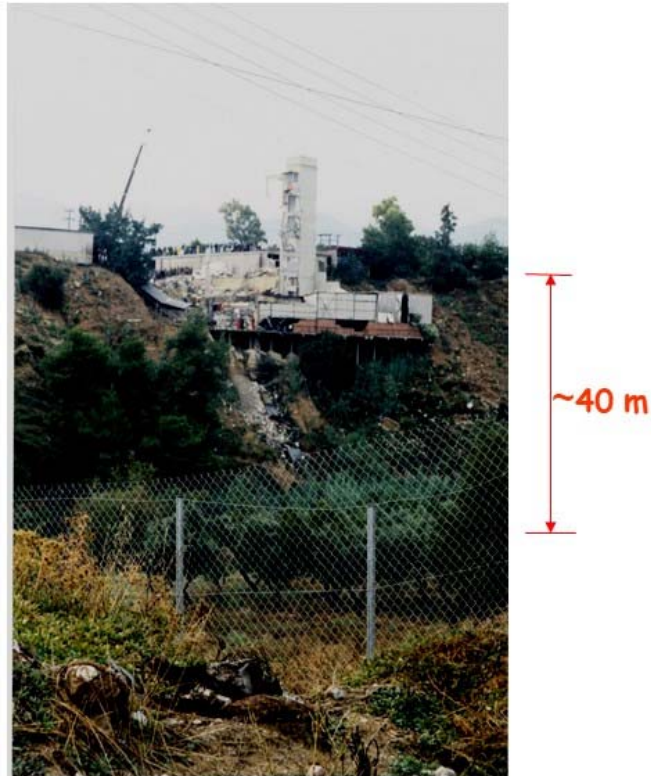


**σεισμικό δίκτυο
Matsuzaki, JAPAN
(5 σεισμοί)**

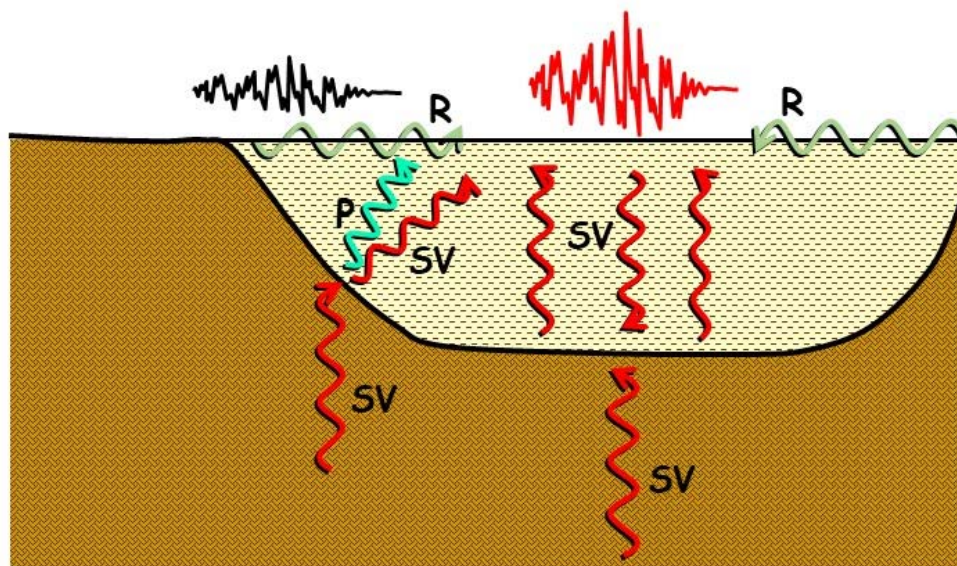
**Η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση
στην κορυφή απότομων πρανών
είναι ίση με 250% της
επιτάχυνσης στους πρόποδες**



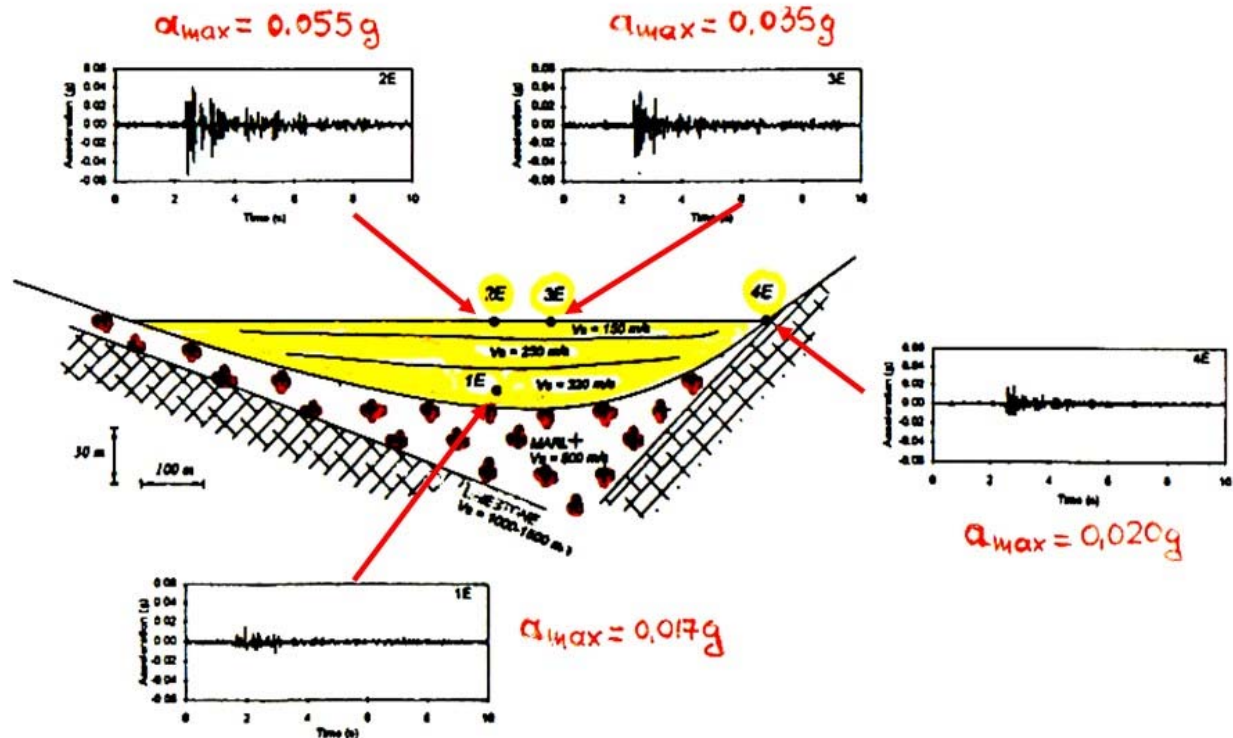
Εργοστάσιο RICOMEX
(μετά τον σεισμό της Αθήνας, 1999)



Σεισμική απόκριση κοιλάδων



Σεισμικό δίκτυο ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ



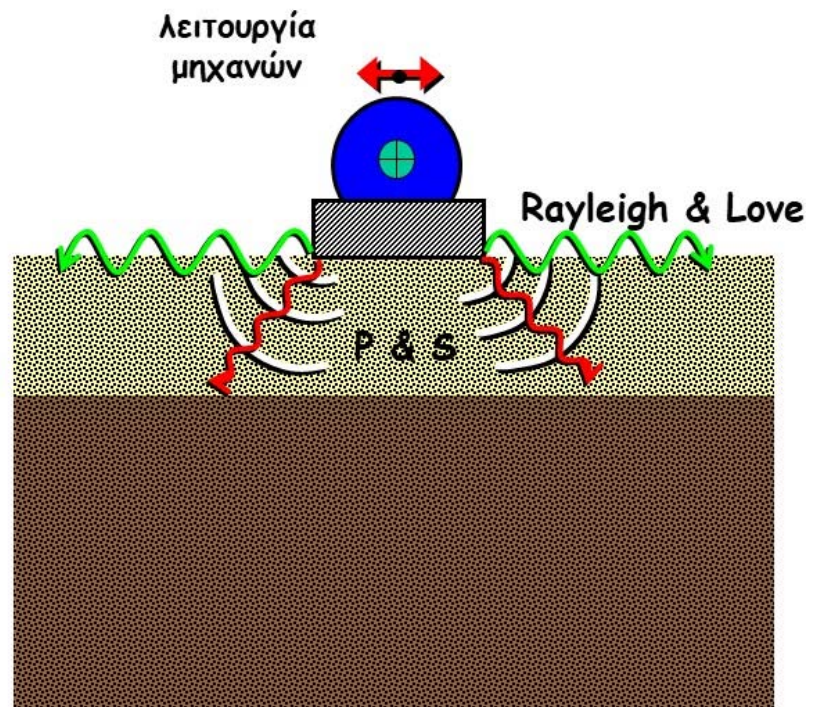
Ταλαντώσεις Θεμελίων

Χωρίς κυματική διάδοση δεν
θα είχαμε.....

- ✚ Ταλαντώσεις στην επιφάνεια του εδάφους (και σε βάθος), που προκαλούν προβλήματα στο δομημένο περιβάλλον

αλλά ούτε.....

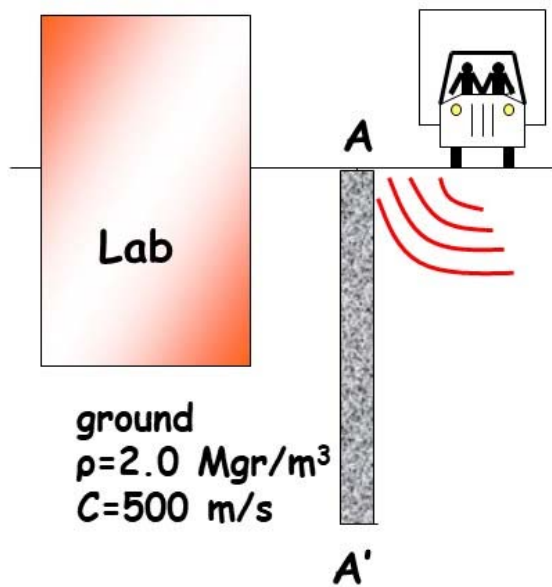
- ✚ Απώλεια ενέργειας (ακτινοβολίας) που συμβάλλει στην απομείωση των ταλαντώσεων



Κ.Λ.Π. . . .

4.6 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Άσκηση 4.1:

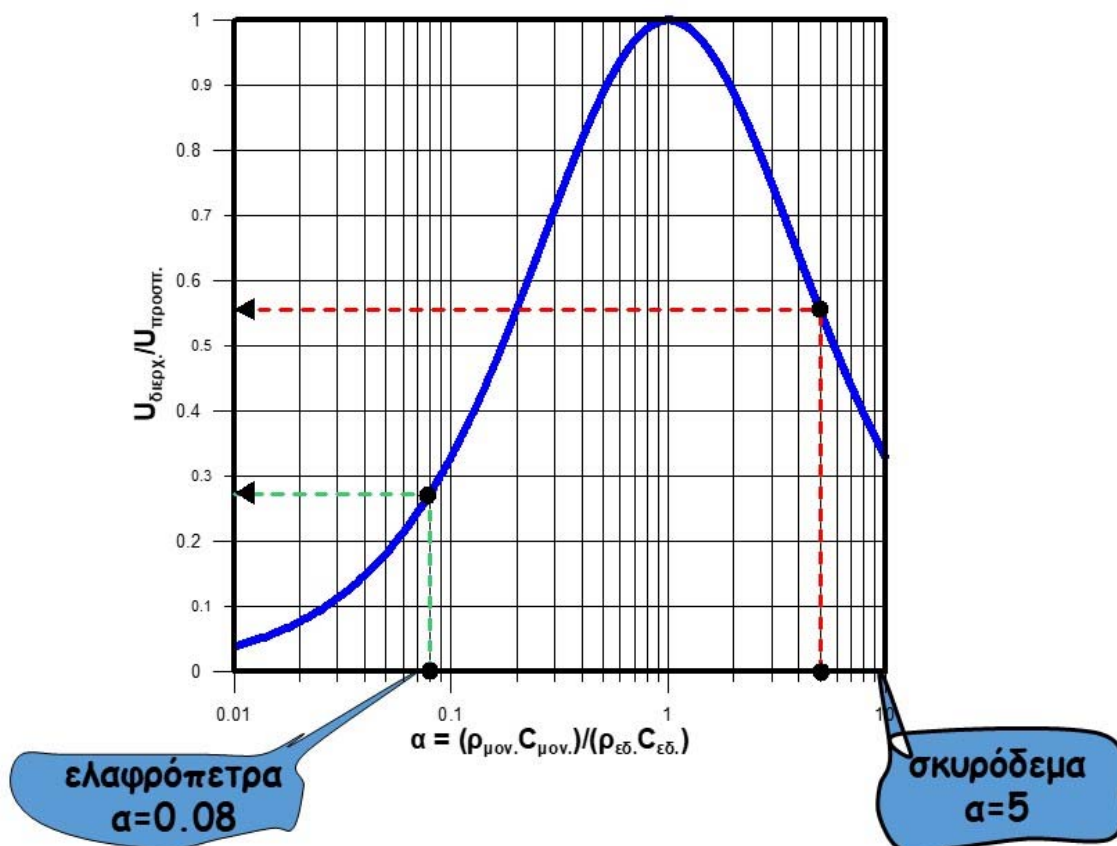


Για την προστασία από κυκλοφοριακές ταλαντώσεις ενός εργαστηρίου μετρήσεων ακριβείας (π.χ. εργαστήριο γεωτεχνικής) προτάθηκε να κατασκευασθεί η βαθιά τάφρος AA'. Ποιο από τα δύο ακόλουθα υλικά πλήρωσης είναι το πλέον κατάλληλο;

(α) σκυρόδεμα, με $\rho=2.5 \text{ Mgr/m}^3$ & $C=2000 \text{ m/s}$, ή

(β) ελαφρόπετρα, με $\rho=0.8 \text{ Mgr/m}^3$ & $C=100 \text{ m/s}$?

Λύση



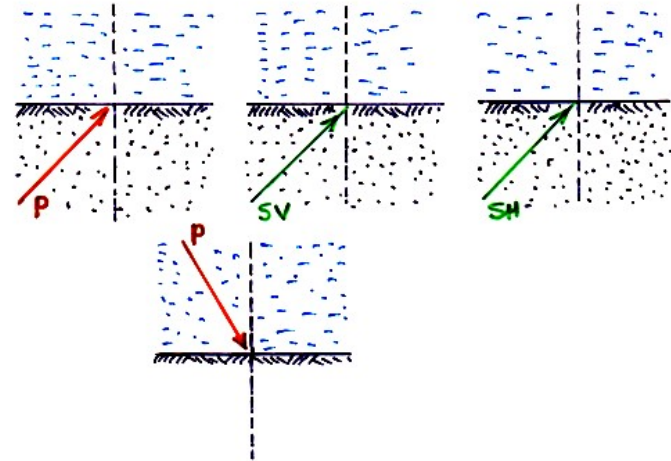
Άσκηση 4.2:

(α) Να σχεδιασθούν τα ανακλώμενα και διαθλώμενα κύματα (είδος κύματος και διεύθυνση διάδοσης) για τις παραπλεύρως ειδικές περιπτώσεις.

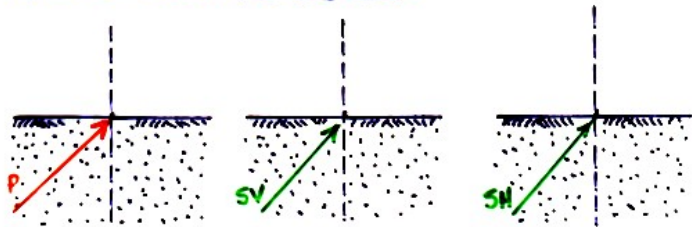
(β) Τι σημαίνει ακριβώς όταν λέμε ότι «δεν έχουμε διατμητικά κύματα (SH & SV) στο αέρα και στο νερό»? Δεν έχω ταλάντωση ή κάτι άλλο??.

Ειδικές Περιπτώσεις

α. Διεπιφάνεια υγρού-στερεού



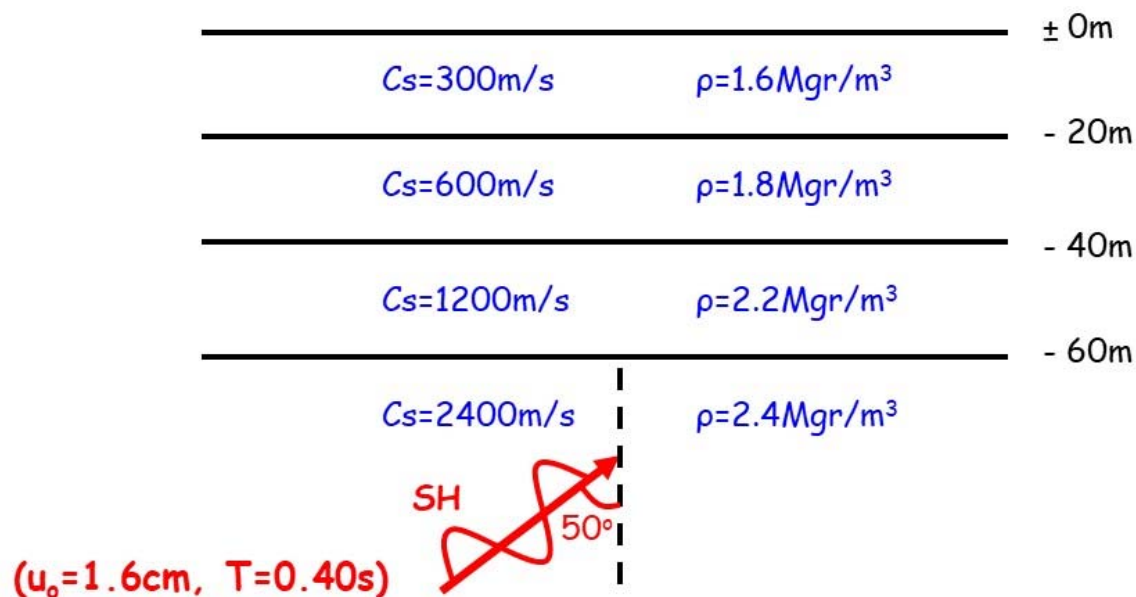
β. Ελεύθερη επιφάνεια



Άσκηση 4.3:

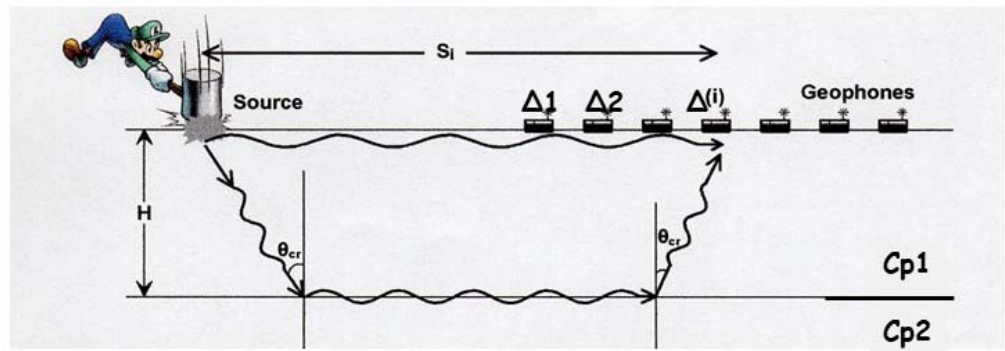
Να σχεδιασθεί η διαδρομή του δεδομένου κύματος SH μέσα στην πολύστρωτη εδαφική τομή του σχήματος και να υπολογισθεί η μέγιστη οριζόντια σεισμική επιτάχυνση σε κάθε εδαφική στρώση.

Τι πρακτικά συμπεράσματα προκύπτουν από αυτή την απλή εφαρμογή?



Άσκηση 4.4:

(Μέθοδος
Σεισμικής
Διάθλασης για
την γεωφυσική
διασκόπηση
του εδάφους)



Στον Πίνακα που ακολουθεί συνοψίζεται η απόσταση των δεκτών ($\Delta 1, \Delta 2 \dots$) από την Πηγή (Π) σεισμικών κυμάτων P καθώς και ο χρόνος «πρώτης άφιξης» των σεισμικών κυμάτων σε κάθε δέκτη. Η στρωματογραφία στην θέση των μετρήσεων μπορεί να θεωρηθεί απλοποιητικά ότι αποτελείται από ένα «μαλακό» αργιλικό στρώμα επί «στιφρής» Μάργας.

Με βάση τις μετρήσεις αυτές να υπολογισθεί το πάχος H του επιφανειακού στρώματος καθώς και οι ταχύτητες C_{p1} και C_{p2} του επιφανειακού στρώματος αργίλου και της υποκείμενης Μάργας.

S_i (m)	10	20	30	40	60	80	100
t_{pi} (ms)	40	80	120	149	189	229	269

Άσκηση 4.5:

Για να αποκτήσετε την αίσθηση του βάθους από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους το οποίο επηρεάζουν τα κύματα, να υπολογισθεί αναλυτικά

1) Το ανηγμένο βάθος επιρροής z/λ_R όπου οι εδαφικές μετατοπίσεις ελαττώνονται στο 10% της τιμής που έχουν στην επιφάνεια του εδάφους.

2) Η τιμή (εύρος) του βάθους επιρροής σε περίπτωση «μαλακού εδάφους», «στιφρού εδάφους-μαλακού βράχου» και «βράχου»;

(Από «Σημειώσεις Εδαφοδυναμικής» Γ. Γκαζέτα)

Άσκηση 4.6:

Στην επιφάνεια στρώματος ομοιόμορφης ξηρής άμμου με δείκτη πόρων $e=0.75$ λειτουργεί δονητής με συχνότητα 50Hz ο οποίος προκαλεί κύματα Rayleigh μήκους κύματος $\lambda_R=4.50m$.

1) Να εκτιμήσετε την ταχύτητα διάδοσης διατμητικών και διαμήκων κυμάτων σε βάθος 1.50m και 6.00m

Πόσο θα μεταβληθούν οι ανωτέρω ταχύτητες εάν στο στρώμα της άμμου εφαρμοσθεί βαθιά δονητική συμπύκνωση και ο δείκτης πόρων μειωθεί σε $e=0.60$;

[Υπόδειξη: να θεωρηθεί ότι η ταχύτητα C_R αντιστοιχεί σε βάθος $z \approx \lambda_R/3$]

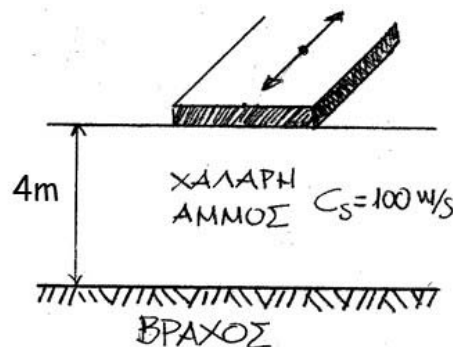
Άσκηση 4.7

- α. Να υπολογιστεί αναλυτικά το ανηγμένο βάθος επιρροής z/λ_R για το οποίο οι κατακόρυφες εδαφικές μετατοπίσεις ενός κύματος **Rayleigh** μειώνονται στο 50% της τιμής που έχουν στην ελεύθερη επιφάνεια.
- β. Εάν τα κύματα Rayleigh διαδίδονται σε ξηρό έδαφος με μέτρο διάτμησης $G=400\text{MPa}$, δείκτη πόρων $e=0.70$ και πυκνότητα στερεών κόκκων $\rho_s=2.7\text{Mg/m}^3$, να σχεδιαστεί η μεταβολή του βάθους επιρροής με τη συχνότητα για τιμές από $f=0.1\text{Hz}$ έως $f=20\text{Hz}$.

Άσκηση 4.8:

Στην επιφάνεια του στρώματος ομοιόμορφης ξηρής άμμου του σχήματος ταλαντώνεται αρμονικά, κατά την εγκάρσια οριζόντια κατεύθυνση, επιμήκης θεμελίωση μηχανής. Εξετάζονται δύο πιθανές συχνότητες λειτουργίας της μηχανής: $f=6.0\text{Hz}$ και $f=15.0\text{Hz}$.

- 1) Ποια από τις δύο συχνότητες λειτουργίας θα προκαλέσει μικρότερη ενόχληση στους περίοικους;
- 2) Να εκτιμήσετε την ταχύτητα διάδοσης τυχόν κυμάτων LOVE για τις παραπάνω συχνότητες λειτουργίας της μηχανής



Άσκηση 4.9

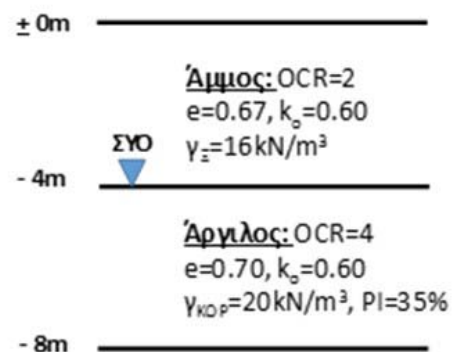
Δίνεται φυσικό πρανές ύψους $H=50\text{m}$ και γωνία κλίσης ως προς την οριζόντια ίση προς $\alpha=60\text{deg}$. Το έδαφος να θεωρηθεί ομοιόμορφο με $C_s=400\text{m/s}$ και $\nu=0.25$.

- Να υπολογισθούν οι ταχύτητες των κυμάτων P και R .
- Για κατακόρυφα διαδιδόμενα (στο υπόβαθρο) κύματα SV , να ορισθούν και να σχεδιαστούν οι σχετικές διαδρομές των κυμάτων που θα φτάσουν τελικά σε σημείο I με απόσταση $S=50\text{m}$ πίσω από τη στέψη του πρανούς.
- Αν η διάρκεια της σεισμικής δόνησης στο ελεύθερο πεδίο είναι $t=4\text{s}$, πόση θα είναι η διάρκεια της δόνησης στο σημείο I ;

Άσκηση 4.10:

Στην εδαφική τομή του Σχήματος εκτελείται δοκιμή σεισμικής διάθλασης με πηγή S κυμάτων. Να υπολογίσετε τον χρόνο πρώτης άφιξης κυμάτων S σε δύο γεώφωνα επάνω στην επιφάνεια του εδάφους, με απόσταση 10m και 20m από την πηγή.

[Νοέμβριος 2018]



Άσκηση 4.11:

Να αποδειχθεί ότι η ταχύτητα διάδοσης κύματος LOVE σε έδαφος επί άκαμπτου βράχου δίνεται από την σχέση:

$$C_L = \frac{\omega H}{\left\{ \left(\frac{\omega H}{C_s} \right)^2 - \frac{\pi^2}{4} \right\}^{1/2}}$$

[Νοέμβριος 2018]

Άσκηση 4.12:

Σε στρώμα εδάφους με πάχος $H=10\text{m}$, επί σχεδόν άκαμπτου βράχου, μετρήθηκε $C_L=200\text{m/s}$ για συχνότητα δόνησης $\omega=55\text{rad/s}$. Να υπολογισθεί η ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων C_S καθώς και η συχνότητα αποκοπής ω_c του στρώματος εδάφους. [Νοέμβριος 2018]

Άσκηση 4.13:

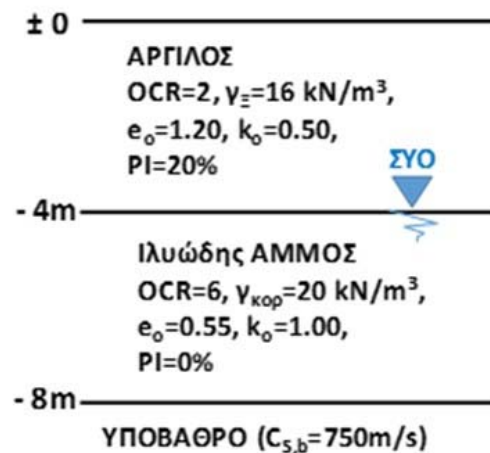
- α. Να υπολογιστεί αναλυτικά το ανηγμένο βάθος επιρροής z/λ_R για το οποίο οι κατακόρυφες εδαφικές μετατοπίσεις ενός κύματος **Rayleigh** μειώνονται στο 50% της τιμής που έχουν στην ελεύθερη επιφάνεια.
- β. Εάν τα κύματα Rayleigh διαδίδονται σε ξηρό έδαφος με μέτρο διάτμησης $G=400\text{MPa}$, δείκτη πόρων $e=0.70$ και πυκνότητα στερεών κόκκων $\rho_s=2.7\text{Mg/m}^3$, να σχεδιαστεί η μεταβολή του βάθους επιρροής με τη συχνότητα για τιμές από $f=0.1\text{Hz}$ έως $f=20\text{Hz}$.

Άσκηση 4.14:

Για την εδαφική τομή του Σχήματος.....

(α) Να υπολογισθούν οι ταχύτητες διάδοσης σεισμικών κυμάτων C_S και C_P σε βάθη $z=2.0\text{m}$ και $z=6\text{m}$.

(β) Σεισμικό κύμα SV προσπίπτει στην δι-επιφάνεια με το υπόβαθρο (-8m) υπό γωνία 35° προς την κατακόρυφο. Να προσδιορισθούν οι τύποι των σεισμικών κυμάτων που θα φθάσουν στην ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους, να σχεδιασθούν οι διαδρομές τους και να υπολογισθεί η διαφορά στους χρόνους 1^{ης} άφιξης.



[Φεβρουάριος 2019]