

KIYI VE LİMAN YAPILARI

INS-449

DR. ÖĞR. ÜYESİ KAĞAN CEBE

DERS-5

- BASINÇ DAĞILIMI

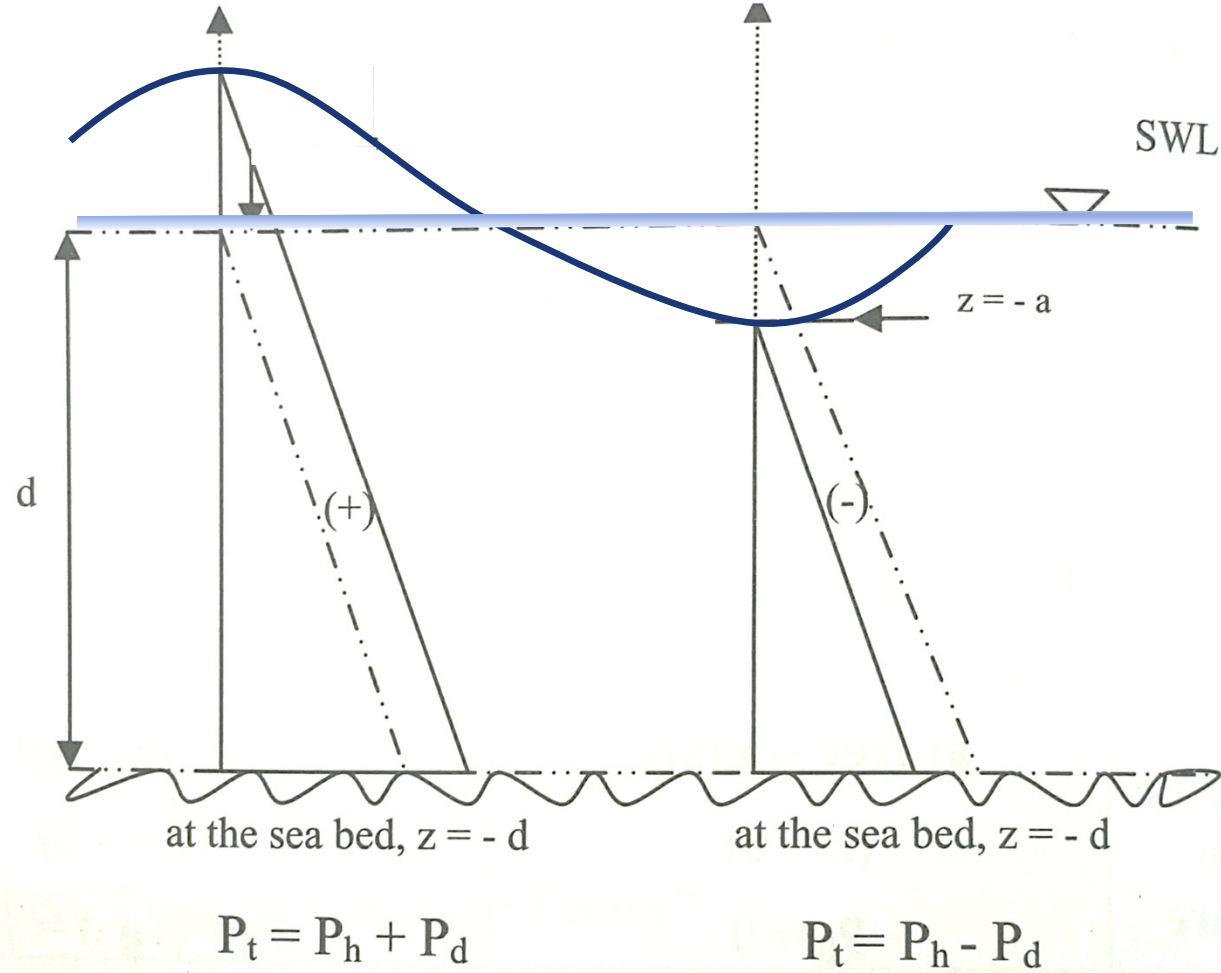
KAYNAKLAR:

- YÜKSEL, Y. & ÇEVİK, E. KIYI MÜHENDİSLİĞİ, BETA YAY.
- ERGİN, A. COASTAL ENGINEERING, METU PRESS.

DALGA HAREKETİ ALTINDA BASINÇ DAĞILIMI

Dalga hareketi altında toplam basınç (P_t) iki bileşenden oluşmaktadır;

- dinamik basınç bileşeni
- statik basınç bileşeni.



DALGA HAREKETİ ALTINDA BASINÇ DAĞILIMI

Dalga hareketi altında toplam basıncı oluşturan (P_t) dinamik ve statik basınç bileşenleri, sıkıştırılmaz akışkanın çevrintisiz akımı için lineerleştirilmiş hareket denklemi (Bernoulli denklemi) ile hesaplanabilir.

$$\frac{P_t}{\rho} = \frac{\partial \phi}{\partial t} - g \cdot z$$

Önceki konulardan;

$$\phi = \frac{a \cdot g}{\omega} \cdot \frac{\cosh[k(d+z)]}{\sinh(kd)} \sin(kx - \omega t)$$

$$\omega^2 = g \cdot k \cdot \tanh(k \cdot d)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{a \cdot \omega^2}{k} \cdot \frac{\cosh[k(d+z)]}{\sinh(kd)} \cos(kx - \omega t)$$

DALGA HAREKETİ ALTINDA BASINÇ DAĞILIMI

Toplam basınç bileşeni;

$$\frac{P_t}{\rho} = \frac{a \cdot \omega^2}{k} \cdot \frac{\cosh[k(d+z)]}{\sinh(kd)} \cos(kx - \omega t) - g \cdot z$$

$\omega^2 = g \cdot k \cdot \tanh(k \cdot d)$ ifadesini denklem içerisinde kullanırsak.

$$\frac{P_t}{\rho} = a \cdot \frac{\cosh[k(d+z)]}{\sinh(kd)} \cos(kx - \omega t) - z \quad \eta = a \cdot \cos(kx - \omega t) \quad \text{ve} \quad \gamma = \rho \cdot g$$

$$\frac{P_t}{\gamma} = \underbrace{\frac{\cosh[k(d+z)]}{\cosh(kd)}}_{K_p} \cdot \eta - z$$

$$K_p = \frac{\cosh[k(d+z)]}{\cosh(kd)}$$

K_p : basınç katsayısı, tüm derinliklerde 1'den küçüktür.

DALGA HAREKETİ ALTINDA BASINÇ DAĞILIMI

Toplam basınç;

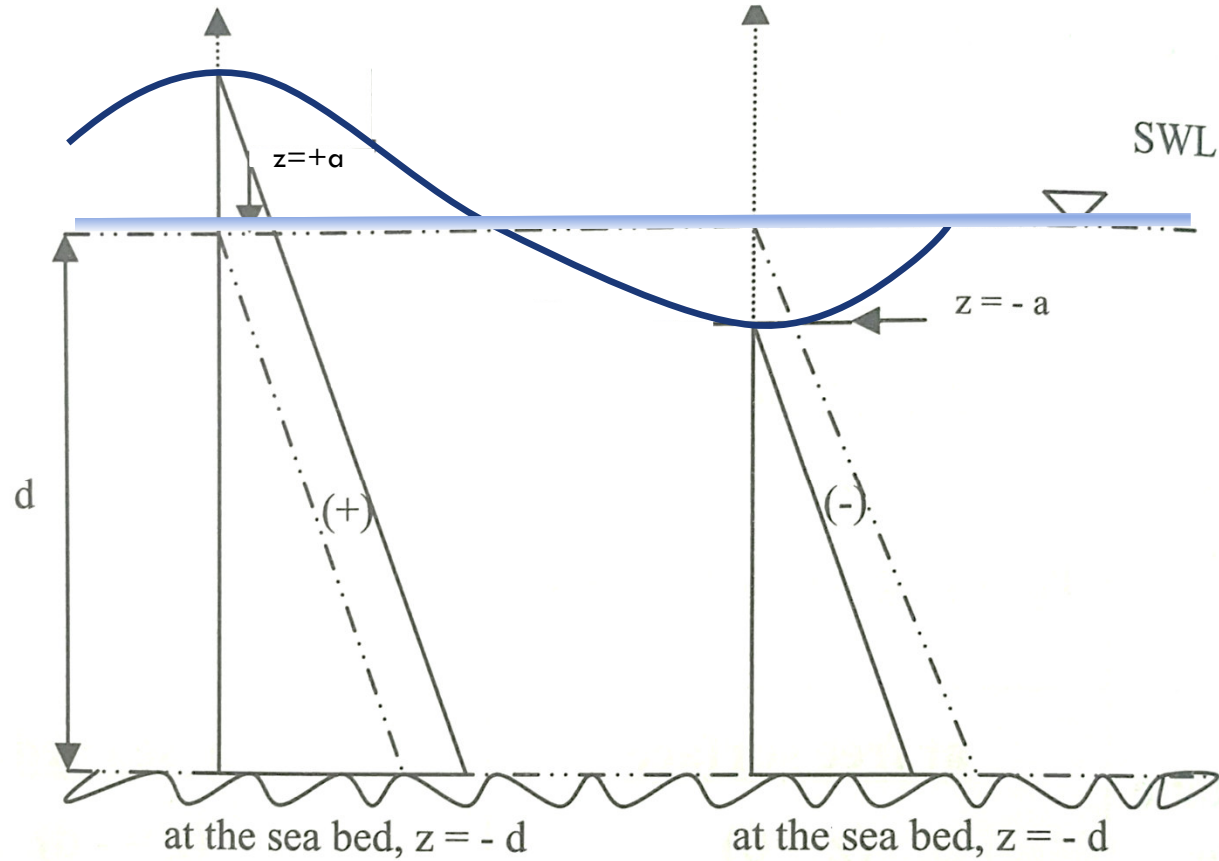
$$P_t = K_p \cdot \rho \cdot g \cdot \eta - \rho \cdot g \cdot z$$

Dinamik Dalga
Basıncı
(P_d)

Hidrostatik
Basınç
(P_h)

İlk terim dalga hareketi ile birlikte ortaya çıkan ivmeden kaynaklanan basınç değişimini ifade etmektedir.

İkinci terim ise SSS'deki hidrostatik basınçtır. Burada z , SSS üzerinde pozitif, SSS altında negatif değer alacaktır.

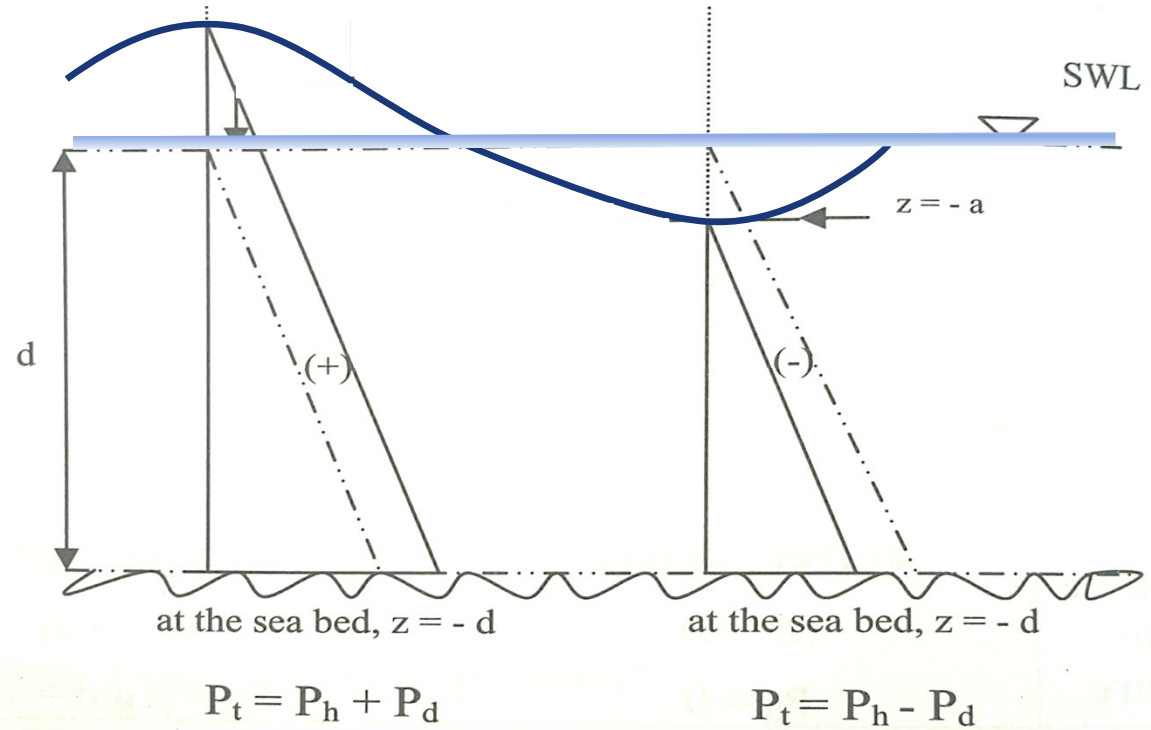


$$P_t = P_h + P_d$$

$$P_t = P_h - P_d$$

$$P_t = K_p \cdot \rho \cdot g \cdot \eta - \rho \cdot g \cdot z$$

$$K_p = \frac{\cosh[k(d+z)]}{\cosh(kd)}$$



Dinamik Dalga Basıncı

$$P_d = \rho \cdot g \cdot a \cdot \cos(kx - \omega t)$$

Tabanda ($z=-d$)

$$P_d = \rho \cdot g \cdot a \frac{1}{\cosh(k \cdot d)} \cos(kx - \omega t)$$

Hidrostatik Basıncı

$$P_h = 0$$

Tabanda ($z=-d$)

$$P_h = -\rho \cdot g \cdot z$$

Basıncın Düşey Değişimi:

Dinamik basınç dağılımı sebebiyle dalga hareketi altında toplam basınç düşeyde lineer olarak artmaz.

Dalga tepesi altında: $t=0$ ve $x=0$;

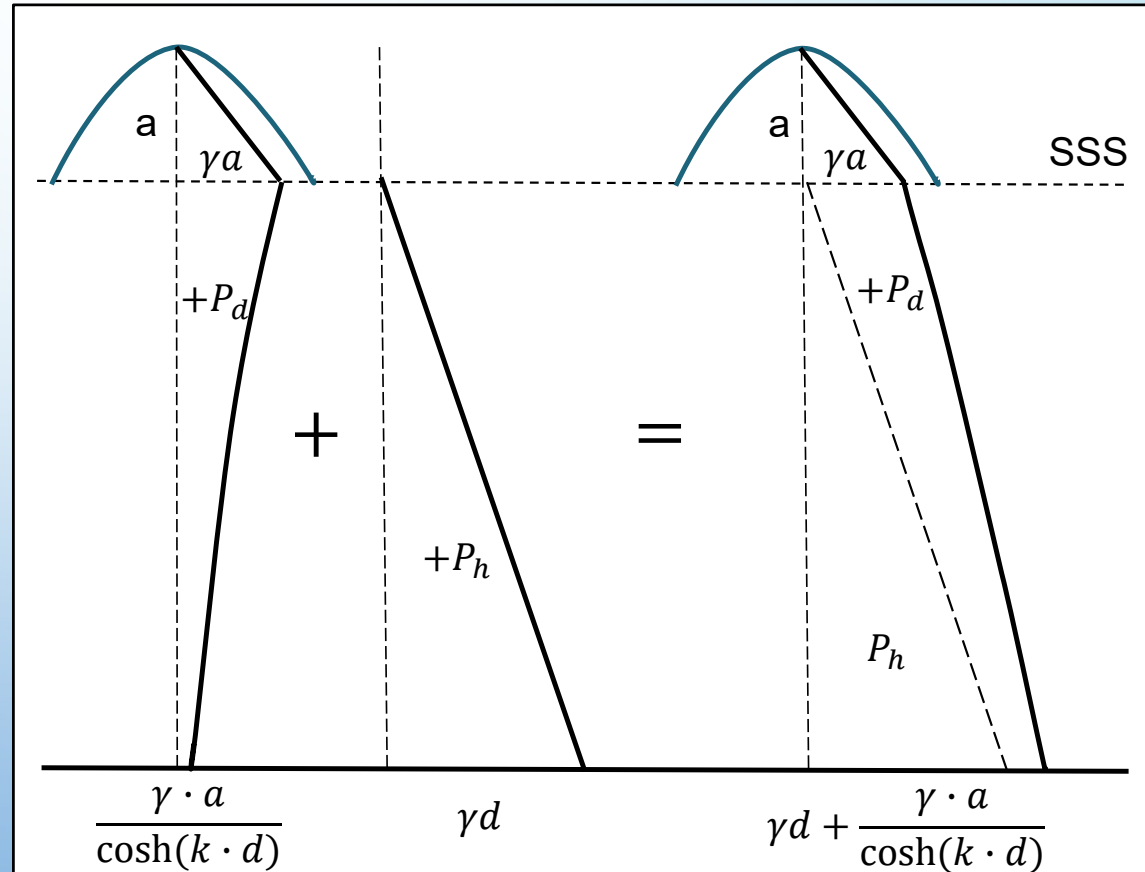
$$\eta = a \cdot \cos(kx - \omega t) = a$$

SSS üzerinde z pozitif değer alacaktır.

$$P_t = P_d + P_h$$

$$P_t = -\gamma \cdot z + \gamma \cdot a \cdot K_p$$

$$P_t = -\gamma \cdot z + \gamma \cdot a \frac{\cosh[k(d+z)]}{\cosh(kd)}$$



Basıncın Düşey Değişimi:

Dinamik basınç dağılımı sebebiyle dalga hareketi altında toplam basınç düşeyde lineer olarak artmaz.

Dalga çukuru altında: $t=0$ ve $x=L/2$;

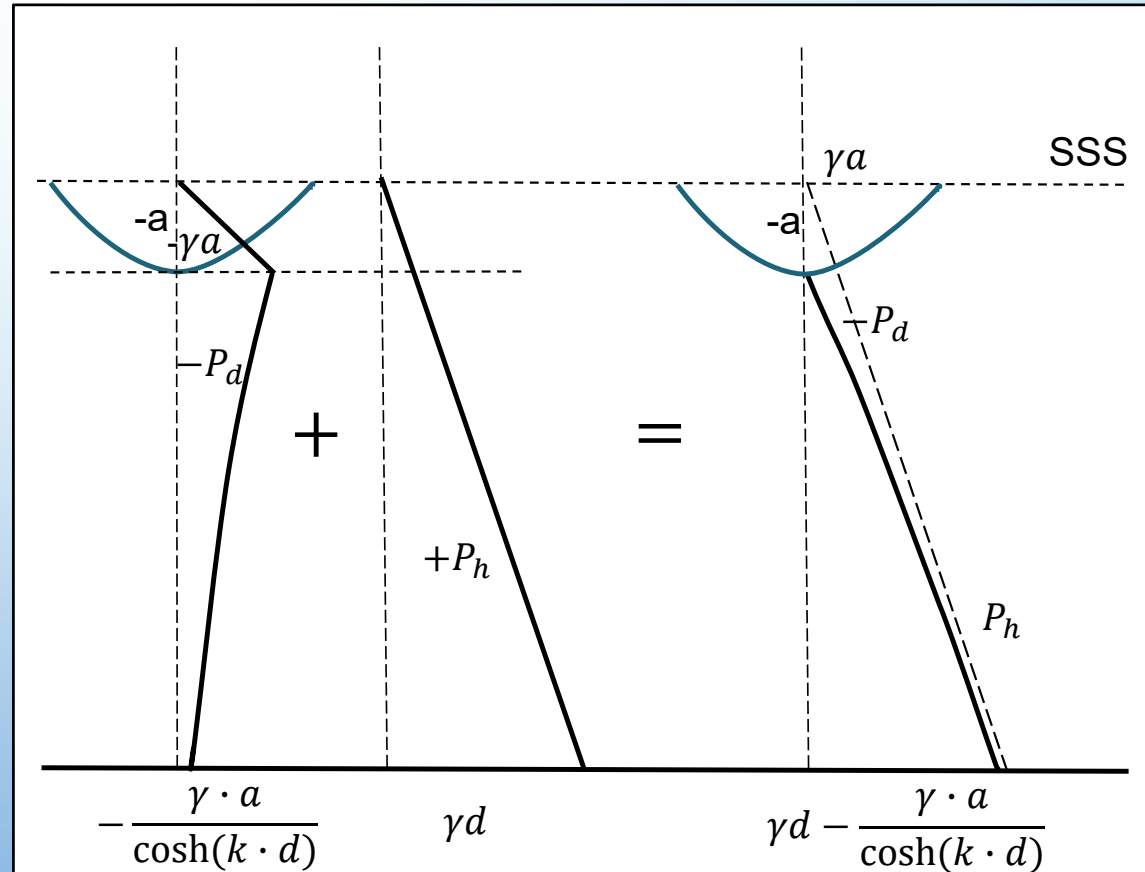
$$\eta = a \cdot \cos(kx - \omega t) = -a$$

SSS altında z negatif değer alacaktır.

$$P_t = P_d + P_h$$

$$P_t = -\gamma \cdot z - \gamma \cdot a \cdot K_p$$

$$P_t = -\gamma \cdot z - \gamma \cdot a \frac{\cosh[k(d+z)]}{\cosh(kd)}$$



Örnek: T=9s, H=1.5m olan dalga 4m derinlikte ilerlemektedir. Dalga tepesi altındaki basıncın düşey dağılımını çiziniz. ($\rho=1000\text{kgs/m}^2$)

a) Dalga tepesi altında $z=0$, $z=-2\text{m}$ ve $z=-4\text{m}$ 'deki dinamik dalga basınç değerlerini ve toplam basınç değerlerini hesaplayarak grafik üzerinde gösteriniz.

$$L_0 = 1.56 T^2 = 1.56 \times 9^2 = 123.36\text{m}$$

$$d/L_0 = 4 / 123.36 = 0.03$$

$$\text{GWT'den } d/L = 0.0714, \cosh(kd) = 1.10$$

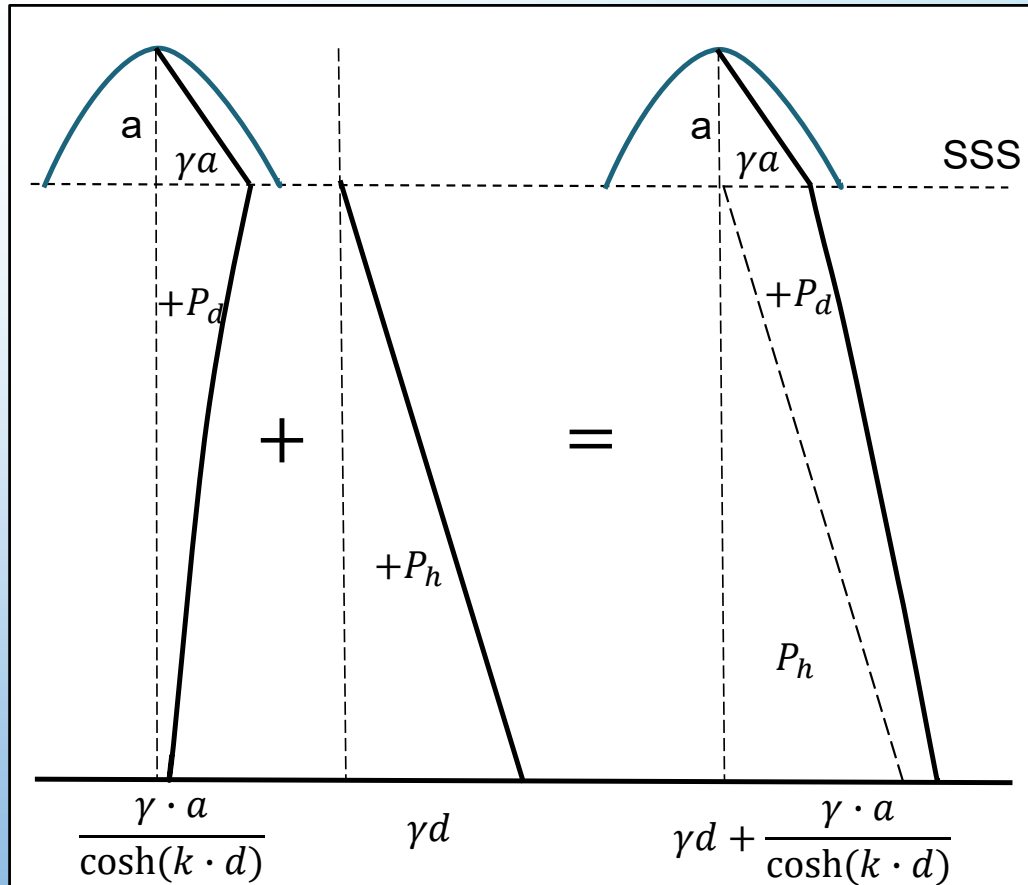
$$d/L = 0.0714, L = 4/0.0714 = 56\text{m}, k = 2\pi/56 = 0.112$$

$$a = H/2 = 1.5/2 = 0.75\text{m}$$

$$\gamma = \rho \cdot g = 1000 \times 9.81 = 9810\text{kg/m}^3$$

$$P_t = P_d + P_h$$

$$P_t = -\gamma \cdot z + \gamma \cdot a \frac{\cosh[k(d+z)]}{\cosh(kd)}$$



a) Dalga tepesi altında $z=0$, $z=-2\text{m}$ ve $z=-4\text{m}$ 'deki dinamik dalga basınç değerlerini ve toplam basınç değerlerini hesaplayarak grafik üzerinde gösteriniz. (devam)

$$P_t = P_d + P_h$$

$$P_t = -\gamma \cdot z + \gamma \cdot a \frac{\cosh[k(d+z)]}{\cosh(kd)}$$

$z=0$ için

$$P_t = -9810 \cdot 0 + 9810 \cdot 0.75 = 7358\text{Pa}$$

$z=-2$ için

$$P_t = -9810 \cdot -2 + 9810 \cdot 0.75 \frac{\cosh[k(4-2)]}{\cosh(kd)}$$

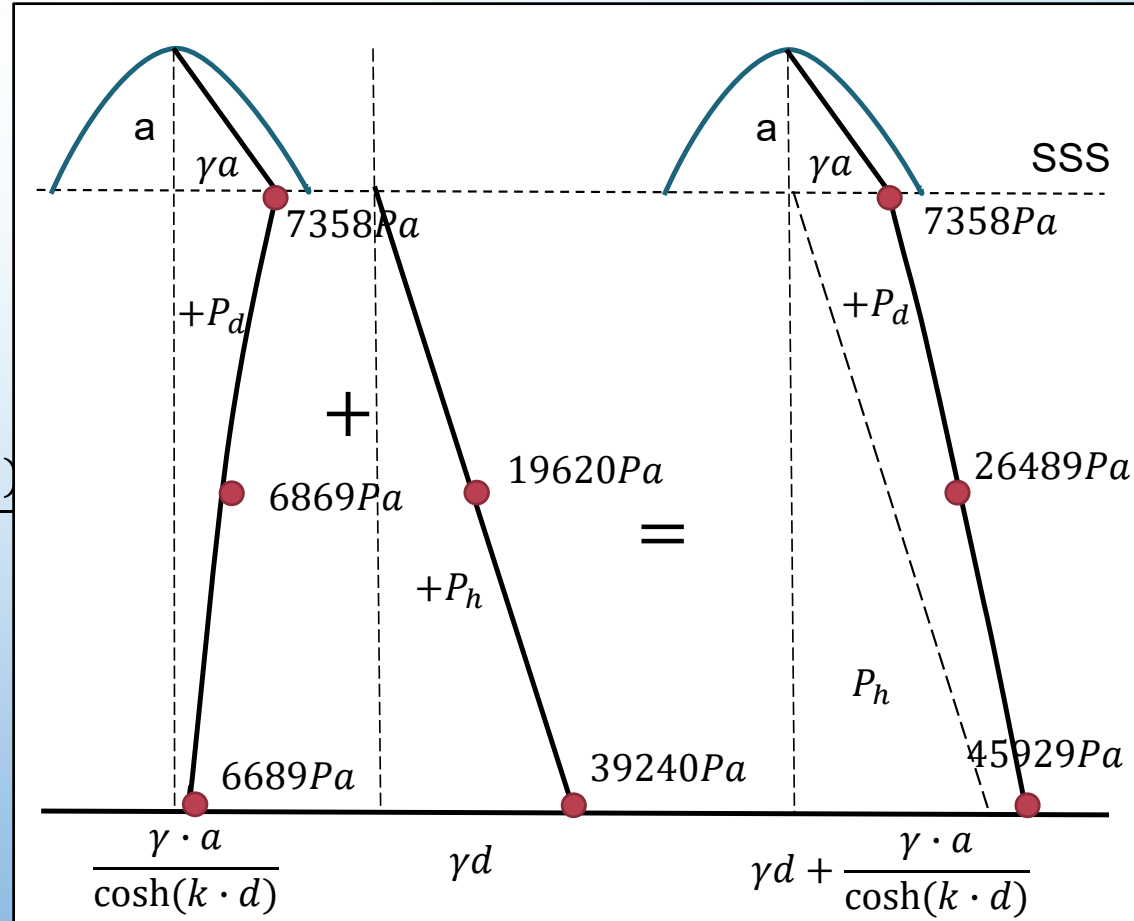
$$P_t = 19620 + 9810 \cdot 0.75 \frac{1.027}{1.10}$$

$$P_t = 19620 + 6869 = 26489\text{Pa}$$

$z=-4$ için

$$P_t = -9810 \cdot -4 + 9810 \cdot 0.75 \frac{1}{1.10}$$

$$P_t = 39240 + 6689 = 45929\text{Pa}$$



b) Dalga çukuru altında $z=0$, $z=-2\text{m}$ ve $z=-4\text{m}$ 'deki dinamik dalga basınç değerlerini ve toplam basınç değerlerini hesaplayarak grafik üzerinde gösteriniz. (devam)

$$P_t = P_d + P_h$$

$$P_t = -\gamma \cdot z - \gamma \cdot a \frac{\cosh[k(d+z)]}{\cosh(kd)}$$

$z=0$ için

$$P_t = -9810 \cdot 0 - 9810 \cdot 0.75 = -7358\text{Pa}$$

$z=-2$ için

$$P_t = -9810 \cdot -2 - 9810 \cdot 0.75 \frac{\cosh[k(4-2)]}{\cosh(kd)}$$

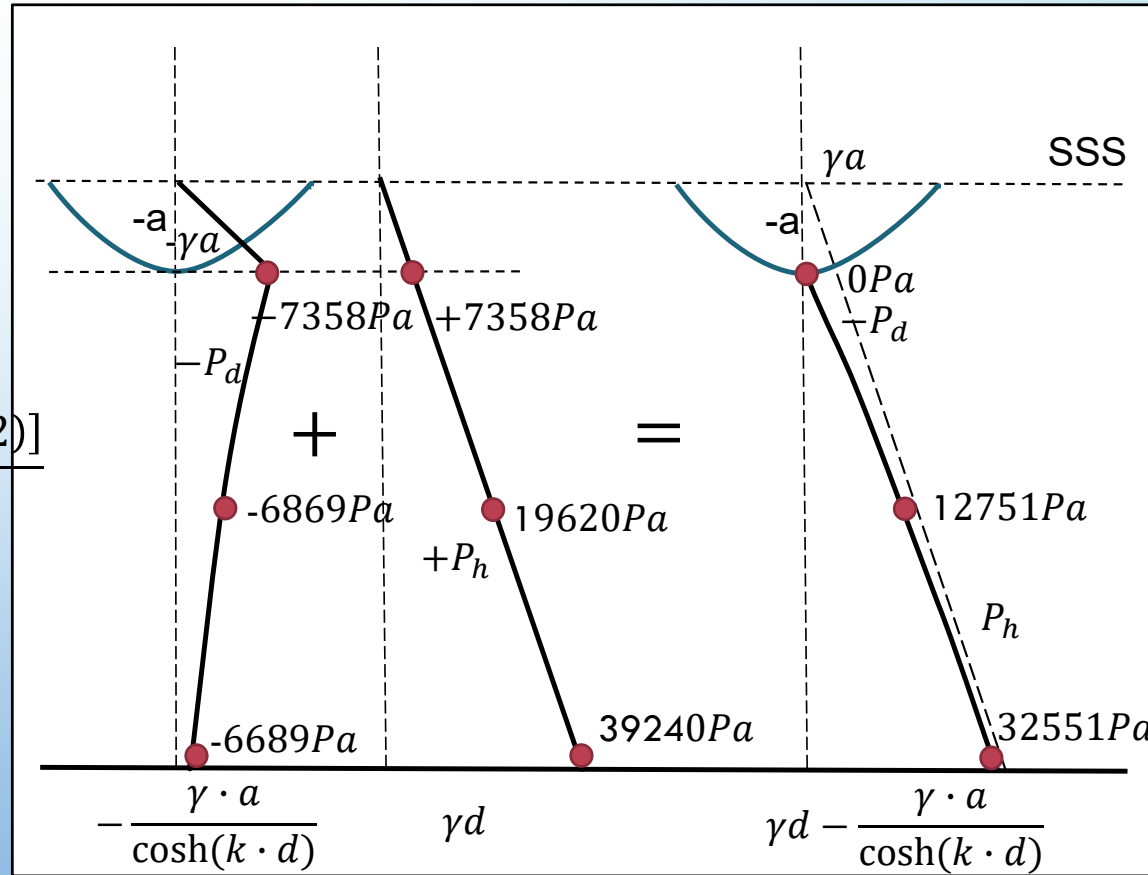
$$P_t = 19620 - 9810 \cdot 0.75 \frac{1.027}{1.10}$$

$$P_t = 19620 - 6869 = 12751\text{Pa}$$

$z=-4$ için

$$P_t = -9810 \cdot -4 - 9810 \cdot 0.75 \frac{1}{1.10}$$

$$P_t = 39240 - 6689 = 32551\text{Pa}$$



Örnek: d=13m derinlikteki deniz tabanına yerleştirilmiş olan kalibrasyonlu bir basınç cihazı $\Delta p=1.46\text{kg/cm}^2$ 'lik bir maksimum basıncı f=0.11Hz'lik bir frekansla ölçmektedir. Deniz suyu için $\rho=1040\text{kgs/m}^2$

a) Dalga yüksekliğini (H), boyunu (L) ve hızını (C) hesaplayınız.

$$P_t = K_p \cdot \rho \cdot g \cdot \eta - \rho \cdot g \cdot z$$

Cihaz kalibrasyonlu olduğu için sadece dinamik dalga basıncından kaynaklanan basınç farkını göstermektedir. Dalga hareketin altında maksimum dinamik basınç dalga tepesi altında oluşur.

$$\Delta p = 1.46\text{kg/cm}^2 = 1.46 \times 100 \times 100 = 14600 \text{ kg/m}^2, \quad z=-d$$

$$\Delta p = K_p \cdot \rho \cdot g \cdot a \quad K_p(-d) = \frac{\cosh[k(d+z)]}{\cosh(kd)} = \frac{1}{\cosh(kd)}$$

$$\Delta p = \frac{\gamma \cdot a}{\cosh(kd)} = 14600 \text{ kg/m}^2$$

a) Dalganın yüksekliğini (H), boyunu (L) ve hızını (C) hesaplayınız (devam).

$$f=0.11\text{Hz} \quad T = 1/f = 1/0.11 = 9.09\text{s}$$
$$L_0 = 1.56 T^2 = 1.56 \times (9.09)^2 = 129\text{m}$$

$$d/L_0 = 13/129 = 0.1 \quad \text{GWT'den } \tanh(kd) = 0.709, \cosh(kd) = 1.42$$
$$L = L_0 \tanh(kd) = 129 \times 0.709 = 91.46\text{m}$$

$$\gamma = \rho g = 1040 \times 9.81 = 10200 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta p = \frac{\gamma \cdot a}{\cosh(kd)} = 14600 \text{ kg/m}^2$$

$$a = \Delta p \cosh(kd) / \gamma = 14600 \times 1.42 / 10200 = 2.03\text{m}$$

$$\text{Küçük genlikli dalgalar için } H = 2a = 4.06\text{m}$$

$$C = L/T = 91.46 / 9.09 = 10.1 \text{ m/s}$$

b) cosinüs eğrisi formundaki dalganın $\theta=kx-\omega t = 90^\circ$ ve $\theta=kx-\omega t = 180^\circ$ faz açısı için yüzeydeki akışkan partikülünün yatay ve düşey hız bileşenlerini hesaplayınız.

$$u = a \cdot \omega \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \cos(kx - \omega t)$$

$$w = a \cdot \omega \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \sin(kx - \omega t)$$

$$\cos(90) = 0, \sin(90) = 1$$

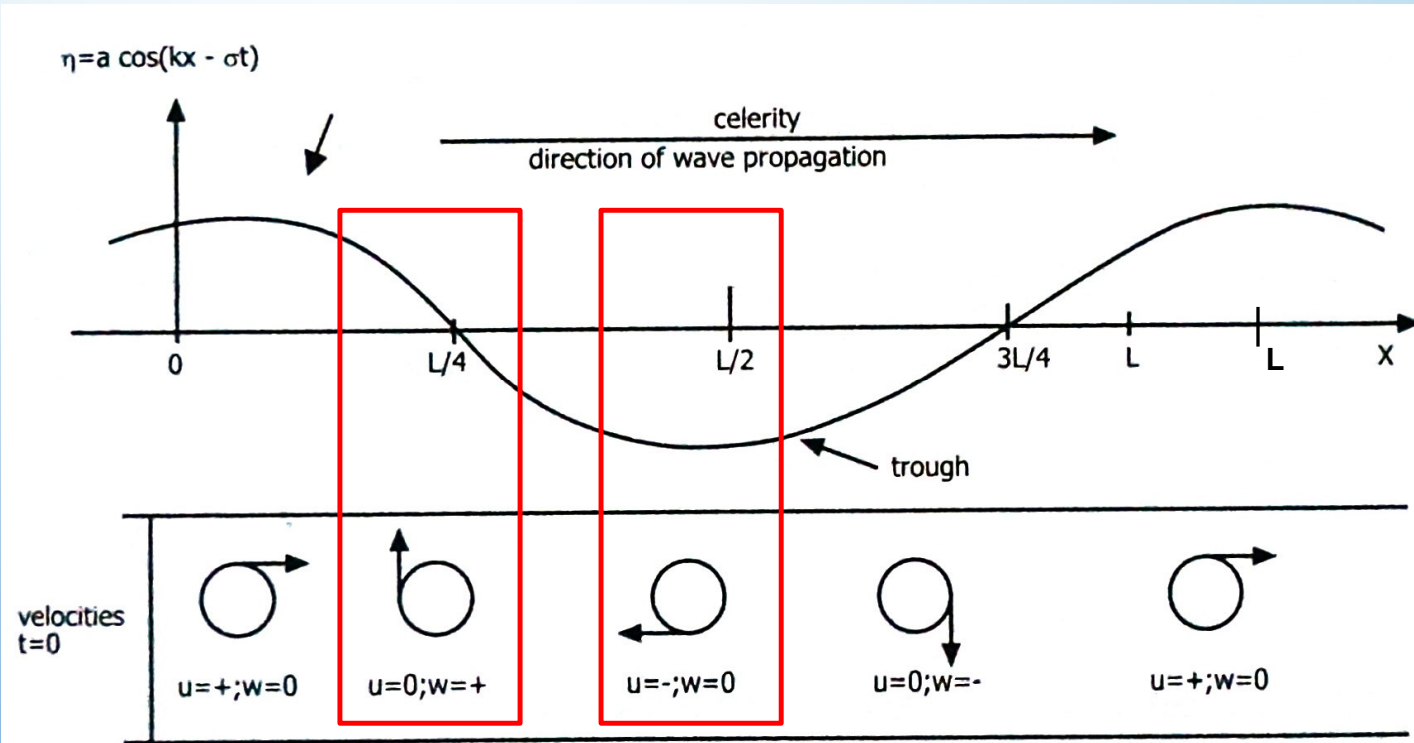
$$\cos(180) = -1, \sin(180) = 0$$

90° faz açısında
yatay hız bileşeni yok.
düşey hız bileşeni maksimum

180° faz açısında
düşey hız bileşeni yok.
yatay hız bileşeni minimum

Akışkan yüzeyde $z=0$

$$\frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} = 1$$



b) **cosinüs eğrisi formundaki dalganın $\theta=kx-\omega t = 90^\circ$ ve $\theta=kx-\omega t = 180^\circ$ faz açısı için yüzeydeki akışkan partikülünün yatay ve düşey hız bileşenlerini hesaplayınız. (devam)**

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi/9.09 = 0.6912$$

90° faz açısında: $\cos(90) = 0, \sin(90) = 1$

$$u = a \cdot \omega \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \underbrace{\cos(kx - \omega t)}_0 \quad w = a \cdot \omega \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \underbrace{\sin(kx - \omega t)}_1$$

$$u = 0$$

$$w = a \cdot \omega = 2.04 \times 0.6912 = 1.41 \text{ m/s}$$

180° faz açısında: $\cos(180) = -1, \sin(180) = 0$

$$u = a \cdot \omega \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \underbrace{\cos(kx - \omega t)}_{-1} \quad w = a \cdot \omega \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \underbrace{\sin(kx - \omega t)}_0$$

$$u = -\frac{a \cdot \omega}{\tanh(kd)} = -\frac{2.04 \cdot 0.6912}{0.709} = -1.98 \text{ m/s}$$

$$w = 0$$

b) cosinüs eğrisi formundaki dalganın $\theta=kx-\omega t = 90^\circ$ ve $\theta=kx-\omega t = 180^\circ$ faz açısı için yüzeydeki akışkan partikülünün yatay ve düşey hız bileşenlerini hesaplayınız. (devam)

