

KIYI VE LİMAN YAPILARI

INS-449

DR. ÖĞR. ÜYESİ KAĞAN CEBE

DERS-4

- AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

KAYNAKLAR:

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

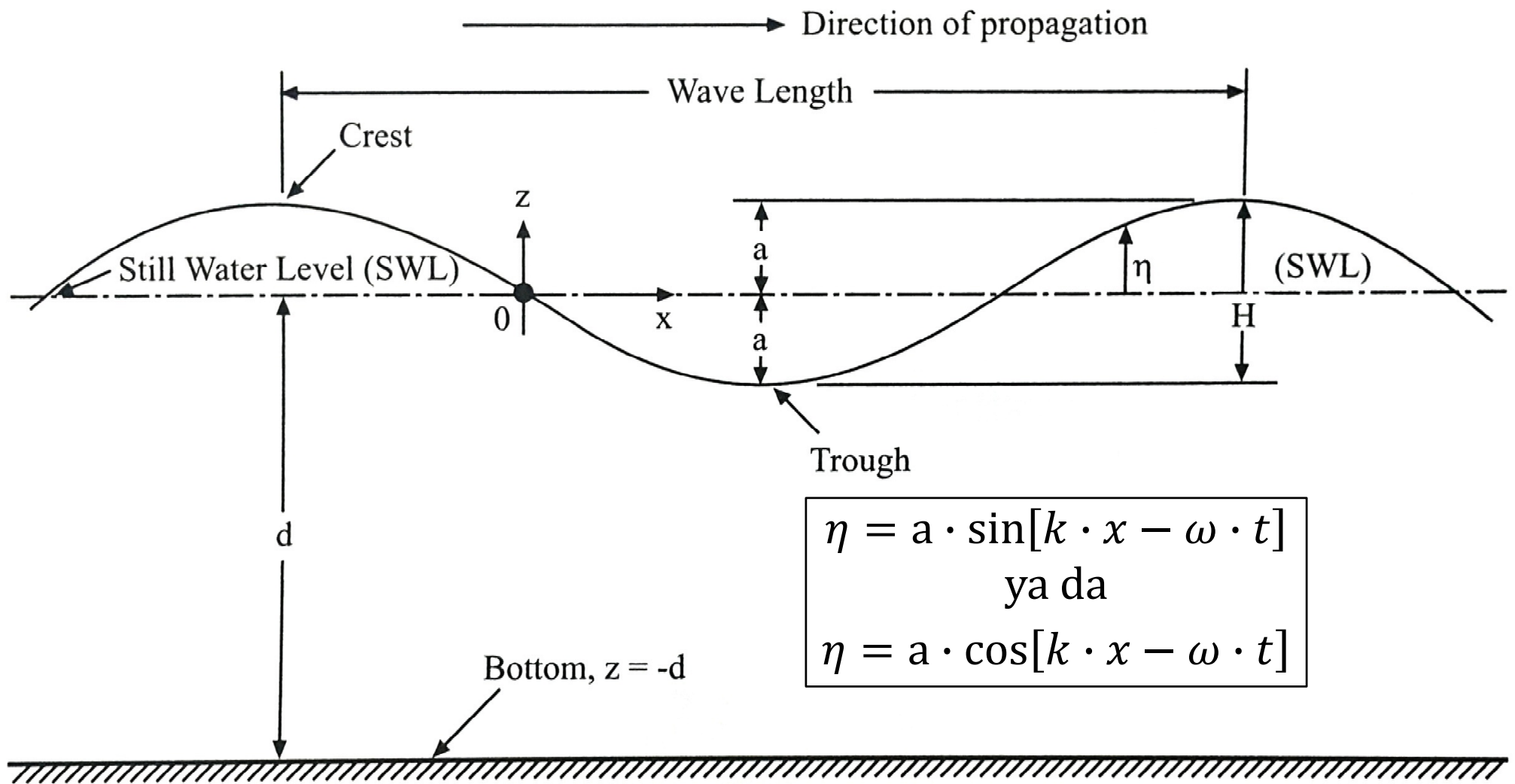


Figure. 4.3 Definition Sketch for Sinusoidal Wave (SPM, 1984)

KÜÇÜK GENLİKLİ DALGA TEORİSİ

2 boyutlu çevrintisiz akım için verilen sınır koşullarına göre dalga profili için Laplace denklemi çözülür. Periyodiklik şartını sağlamak için dalga profili sinüs ya da cosinüs denklemi olarak elde edilir.

$$\eta = a \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \right] \quad \text{ya da} \quad \eta = a \cdot \cos \left[2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \right]$$

Periyotları belirleyici olarak denklemde dalga numarası ($k=2\pi/L$) ve açısal frekans ($\omega=2\pi/T$) parametreleri kullanılır.

$$\eta = a \cdot \sin[k \cdot x - \omega \cdot t] \quad \text{ya da} \quad \eta = a \cdot \cos[k \cdot x - \omega \cdot t]$$

Bu ifade x 'e ve t 'ye göre periyodiktir. Dalga ilerlemesi ile birlikte hareket edildiğinde dalga formuna göreceli olarak tüm zamanlarda gözlemcinin konumu sabit kalacaktır.

KÜÇÜK GENLİKLİ DALGA TEORİSİ

X doğrultusunda hareket eden dalga için hız potansiyeli Bernoulli denkleminde yerine konursa küçük genlikli dalga için dalga yayılma hızı ve dalga boyu formülü elde edilir:

dalga yayılma hızı :

$$c = \frac{g \cdot T}{2\pi} \cdot \tanh[k \cdot d]$$

dalga boyu (L=c*T) :

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} \cdot \tanh[k \cdot d]$$

SIĞ VE DERİN DENİZ KOŞULLARINDA TEMEL DALGA EŞİTLİKLERİ

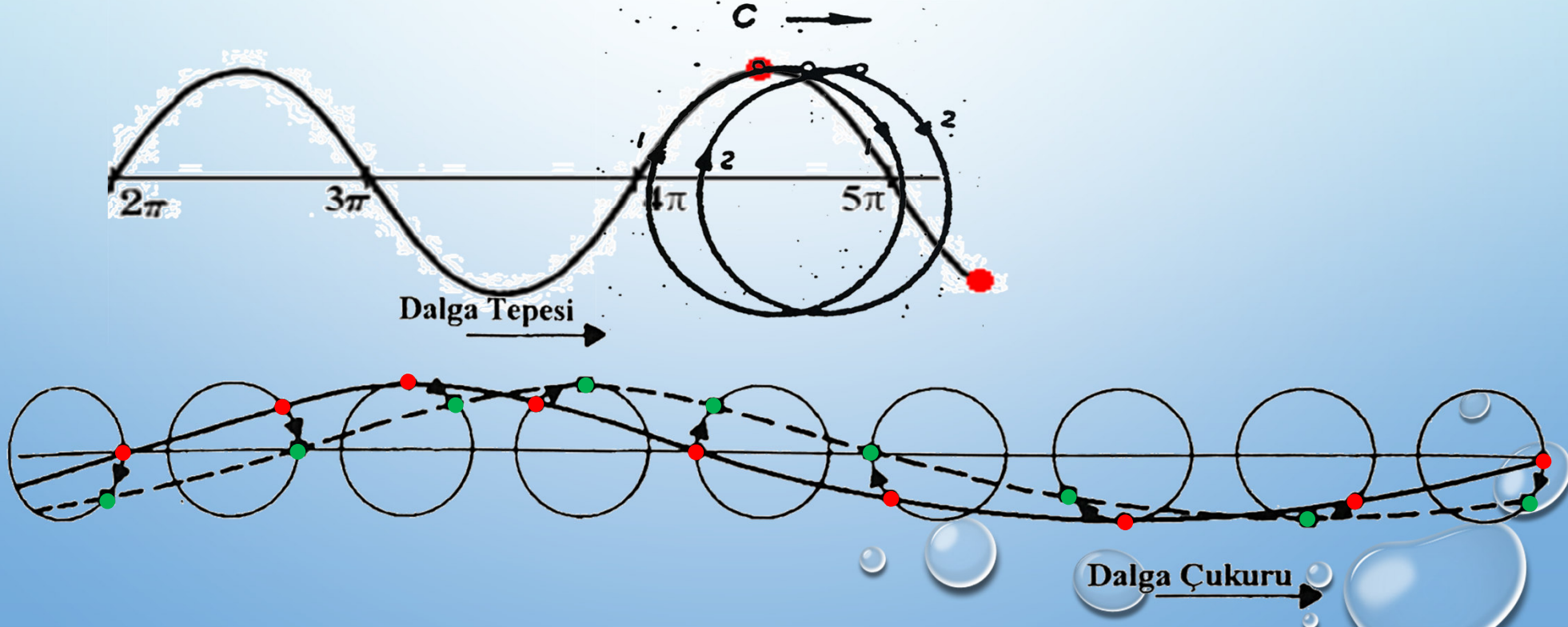
Siğ su koşullarında $\tanh(kd) = kd$,

derin su koşullarında $\tanh(kd) = 1$ alınabilir.

SIĞ SU ($d/L \leq 1/20$)	GEÇİŞ BÖLGESİ ($1/20 \leq d/L \leq 1/2$)	DERİN SU ($d/L > 1/2$)
$c = \sqrt{gd}$	$c = \frac{g \cdot T}{2\pi} \cdot \tanh[k \cdot d]$	$c_0 = 1.56 \cdot T$
$L = T\sqrt{gd}$	$L = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} \cdot \tanh[k \cdot d]$	$L_0 = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} = 1.56 \cdot T^2$

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

- Dalga hareketi ile birlikte su kütlesindeki akışkan partikülleri de hareket ederler. Bu hareket daha çok dalganın periyodik hareketi ile birlikte devam eden yörüngesel bir harekete benzer.



AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

- Pozitif x doğrultusunda ilerleyen dalgalar için akışkan partikülünün iki hız bileşeni vardır. Bunlardan ilki dalga ilerleme yönü olan x ekseninde u hızı, diğeri ise ona dik olan düşey z eksenindeki w hızıdır.

Yörüngesel hız bileşenleri hız potansiyel denklemlerinin x ve z eksenine göre türevi alınarak elde edilir.

$$u = -\frac{\partial \phi}{\partial x}$$

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

$$w = -\frac{\partial \phi}{\partial z}$$

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

Burada dalga numarası ($k=2\pi/L$) ve açısal frekans ($\omega=2\pi/T$) olduğunu hatırlayalım.

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

- Denklemlerde verilen akışkan partiküllerinin hız bileşenlerinin büyüklükleri öncelikle dalga genliği (a) ve periyoduna (T) bağlıdır. Bunun yanı sıra partiküllerin hız bileşenleri su derinliği (d), partikülün su yüzeyine düşey mesafesine de (z) bağlıdır. Sinüs ve kosinüs fonksiyonları ise akışkan taneciğinin periyodik hareketini yansıtmaktadır.

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

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

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

- Sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının alabileceği maksimum değer 1 olduğu için denklemin sol tarafında kalan ifade hız bileşeninin maksimum değerini verir.

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

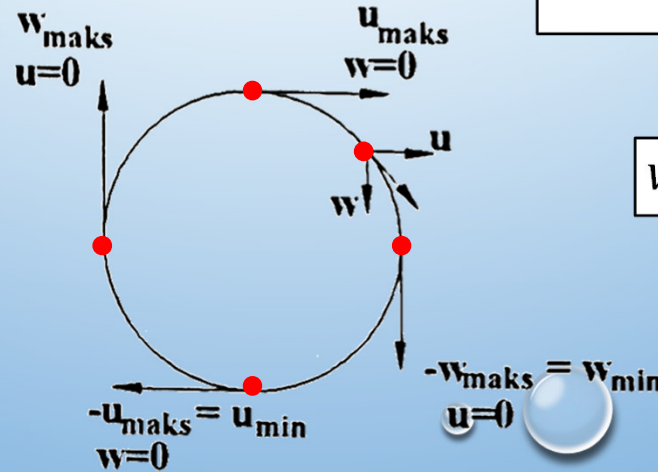
$$u_{max} = a \cdot \omega \frac{\cosh[k(z + d)]}{\sinh(kd)}$$

$$u = u_{max} \cdot \cos(kx - \omega t)$$

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

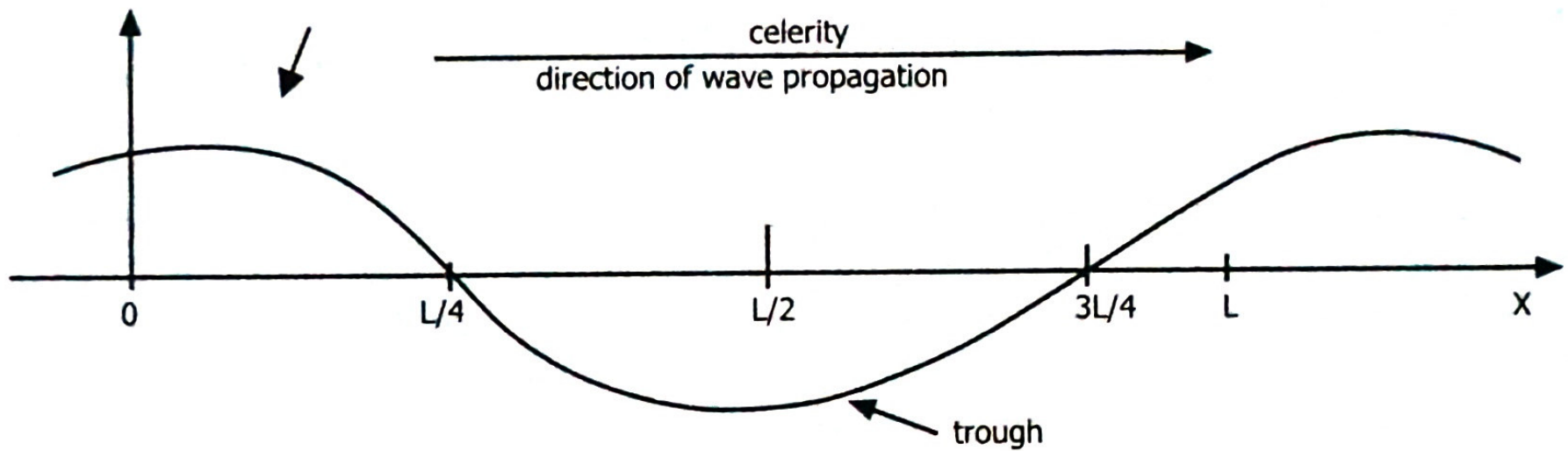
$$w_{max} = a \cdot \omega \frac{\sinh[k(z + d)]}{\sinh(kd)}$$

$$w = w_{max} \cdot \sin(kx - \omega t)$$



AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

$$\eta = a \cos(kx - \sigma t)$$



velocities
 $t=0$



$$u=+; w=0$$



$$u=0; w=+$$



$$u=-; w=0$$



$$u=0; w=-$$



$$u=+; w=0$$

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

Dalga hareketi altında akışkan partikülleri aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Akışkan partikülü her bir noktada dairesel / eliptik bir yörünge izler.
- Yatay ve düşey hız bileşenleri arasında 90° lik bir faz farkı vardır.
- Yatay hız bileşeni (u), dalga tepesi altında maksimum değere sahiptir, dalga genliğinin sıfır olduğu yerde sıfırdır.
- Yatay hızlar dalga tepesi altında dalga yayılma doğrultusunda, dalga çukuru altında buna ters doğrultudadır.
- Düşey hız bileşeni (w), dalga tepesi ve dalga çukuru altında sıfırdır.
- Düşey hız bileşeni (w), dalga genliğinin sıfır olduğu yerden (Sakin Su Seviyesi, SSS-SWL) aşağı doğru harekete başladığında maksimum, yukarı doğru salınımına başladığında minimum değere sahip olur.
- Taban yakınında düşey hızlar sıfırdır, partiküller sadece yatay hareket yapabilir.

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

- Hız bileşenlerine ait fonksiyonların sol tarafında bulunan hiperbolik fonksiyonlarda sığ su ve derin su koşullarındaki asimtotlar uygulanırsa:

Hiperbolik Fonksiyonlar	Hiperbolik Fonksiyonların Açılımları	Sığ su, $0 < kd < 0.1\pi$ $0 < \frac{d}{L} < \frac{1}{20}$	Derin su, $kd > \pi$ $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
$\sinh(kd)$	$\frac{e^{kd} - e^{-kd}}{2}$	kd (hata<% 1.5)	$\frac{1}{2}e^{kd}$ (hata<%0.19)
$\cosh(kd)$	$\frac{e^{kd} + e^{-kd}}{2}$	1 (hata<% 5)	$\frac{1}{2}e^{kd}$ (hata<%0.19)

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

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

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

DERİN SU:

$$\sinh(kd) = 0.5 e^{kd}$$

$$\sinh(k(z+d)) = \cosh(k(z+d)) = 0.5 e^{(kz+kd)} = 0.5 (e^{kz} \cdot e^{kd})$$

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

$$u = a \cdot \omega \frac{0.5 (e^{kz} \cdot e^{kd})}{0.5 \cdot e^{kd}} \cos(kx - \omega t)$$

$$u = a \cdot \omega \cdot e^{kz} \cos(kx - \omega t)$$

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

$$w = a \cdot \omega \frac{0.5 (e^{kz} \cdot e^{kd})}{0.5 \cdot e^{kd}} \sin(kx - \omega t)$$

$$w = a \cdot \omega \cdot e^{kz} \sin(kx - \omega t)$$

Hız bileşenleri (k.z) çarpımının $-\pi$ değerinden büyük olduğu yerde pozitif değer alır. k.z değerinin π değerinden küçük olduğu yerde sıfırdır.

$$z < -L/2 \text{ için}$$

$$kz < -\frac{2\pi L}{L} = -\pi$$

$$e^{-\pi} \cong 0$$

$L/2$ den daha derinde akışkan partiküllerinin hız bileşenleri sıfır olur. Yani dalga boyunun yarısı kadar derinlikte ve daha derin yerlerde akışkan partiküllerinde dalgadan kaynaklı bir hareket olmaz.

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

SİĞ SU:

$$\sinh(kd) = kd$$

$$\sinh(k(z+d)) = k(z+d)$$

$$\cosh(k(z+d)) = 1$$

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

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

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

$$u = \frac{a \cdot \omega}{k \cdot d} \cos(kx - \omega t)$$

$$w = a \cdot \omega \cdot \left(\frac{z}{d} + 1 \right) \sin(kx - \omega t)$$

z değeri azaldıkça x yönündeki hız bileşeni (u) değişmez ancak z yönündeki hız bileşeni (w) üstel olarak azalır.

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

Akışkan Partiküllerinin Yörüngesi/Hızı	DERİN SU ($d/L \leq 1/20$) Dairesel Yörünge	GEÇİŞ BÖLGESİ ($1/20 \leq d/L \leq 1/2$) Eliptik Yörünge	SIĞ SU ($d/L > 1/2$) Eliptik Yörünge
Yatay Partikül Hızı (u)	$u = a \cdot \omega \cdot e^{kz} \cos(kx - \omega t)$	$u = a \cdot \omega \frac{\cosh[k(z + d)]}{\sinh(kd)} \cos(kx - \omega t)$	$u = \frac{a \cdot \omega}{k \cdot d} \cos(kx - \omega t)$
Düşey Partikül Hızı (w)	$w = a \cdot \omega \cdot e^{kz} \sin(kx - \omega t)$	$w = a \cdot \omega \frac{\sinh[k(z + d)]}{\sinh(kd)} \sin(kx - \omega t)$	$w = a\omega \left(\frac{z}{d} + 1 \right) \sin(kx - \omega t)$

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

Akışkan partiküllerinin dalga hareketi sırasında yörüngeleri üzerindeki deplasmanı, yatay ve düşey hız bileşenlerinin zamana göre entegrasyonu ile hesaplanabilir.

Buna göre partikülün yatay deplasmanı α , düşey deplasmanı β olarak adlandırılırsa:

$$\alpha = \int u \cdot dt$$

$$\beta = \int w \cdot dt$$

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

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

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

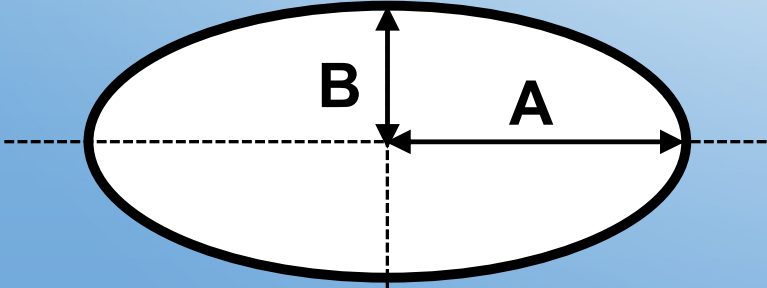
$$\beta = a \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \cos(kx - \omega t)$$

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

Akışkan partiküllerinin yata ve düşey deplasman eşitliklerinde hiperbolik fonksiyonları eşitliğin diğer tarafına alıp, eşitliğin her iki tarafının karesini alırsak, denklemlerin toplamı eliptik bir denklem oluşturur.

$$\left[\frac{\alpha}{a} \cdot \frac{\sinh(kd)}{\cosh[k(z+d)]} \right]^2 = \sin^2(kx - \omega t) \quad \left[\frac{\beta}{a} \cdot \frac{\sinh(kd)}{\sinh[k(z+d)]} \right]^2 = \cos^2(kx - \omega t)$$

$$1 = \frac{\alpha^2}{A^2} + \frac{\beta^2}{B^2}$$



$$A = a \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)}, \quad \text{ANA EKSEN}$$

$$B = a \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)}, \quad \text{TALI EKSEN}$$

! Yüzeyde, B, dalga genliğine (a) eşittir. $z = 0$, $B = a$

AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

DERİN SUDA: $\sinh(kd) = 0.5 e^{kd}$, $\sinh(k(z+d)) = \cosh(k(z+d)) = 0.5 e^{(kz+kd)}$

$$A = a \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} = a \frac{0.5e^{k(z+d)}}{0.5e^{kd}} = a \cdot e^{kz}$$

$$B = a \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} = a \frac{0.5e^{k(z+d)}}{0.5e^{kd}} = a \cdot e^{kz}$$

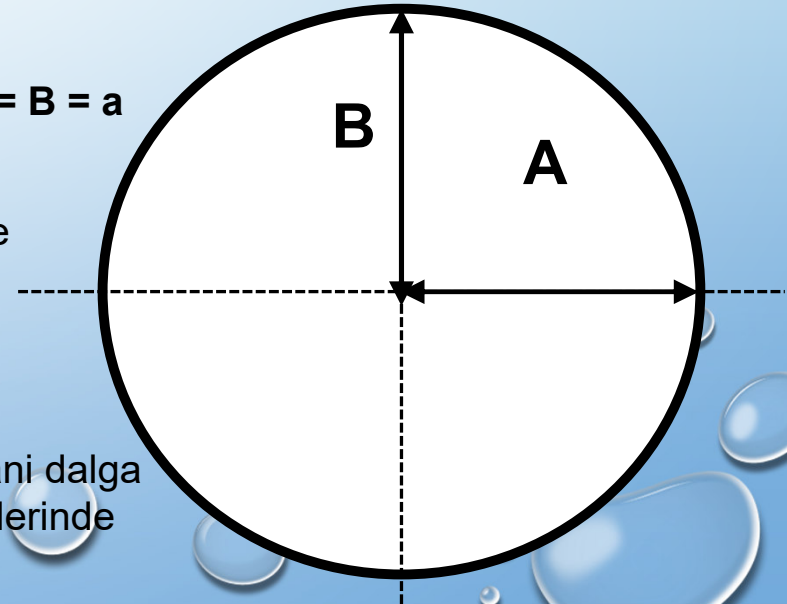
$$A = B \quad \text{DAİRE}$$

! Derin suda , yüzeyde A ve B, dalga genliğine (a) eşittir. $z = 0$, $A = B = a$

A ve B akslarına ait formül $k.z$ çarpımının $-\pi$ değerinden büyük olduğu yerde pozitif değer alır. $k.z$ değerinin $-\pi$ değerinden küçük olduğu yerde sıfırdır.

$$z < -L/2 \text{ için} \quad kz = -\frac{2\pi L}{L} < -\pi \quad e^{-\pi} \cong 0$$

$L/2$ den daha derinde akışkan partiküllerinin hız bileşenleri sıfır olur. Yani dalga boyunun yarısı kadar derinlikte ve daha derin yerlerde akışkan partiküllerinde dalgadan kaynaklı bir hareket olmaz.



AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

SIĞ SUDA:

$$\sinh(kd) = kd$$

$$\sinh(k(z+d)) = k(z+d)$$

$$\cosh(k(z+d)) = 1$$

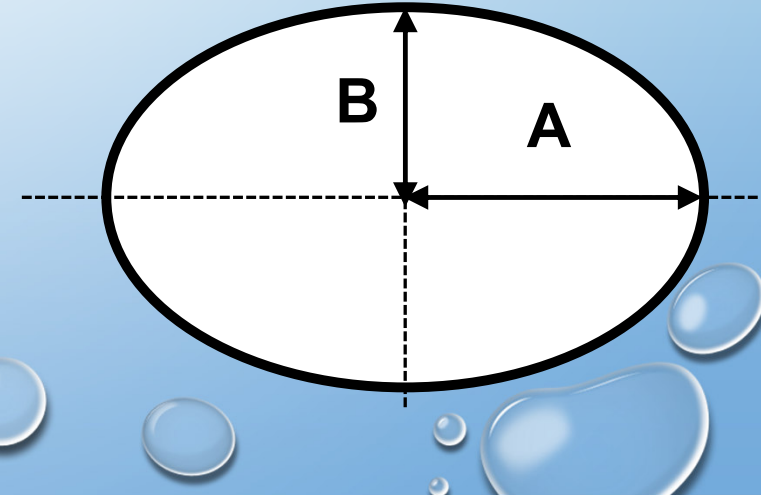
$$A = a \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} = a \frac{1}{k \cdot d}$$

$$B = a \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} = a \frac{k(z+d)}{k \cdot d} = a \left(1 + \frac{z}{d}\right)$$

$A > B$ ELİPS

! Yüzeyde, B, dalga genliğine (a) eşittir. $z = 0$, $B = a$

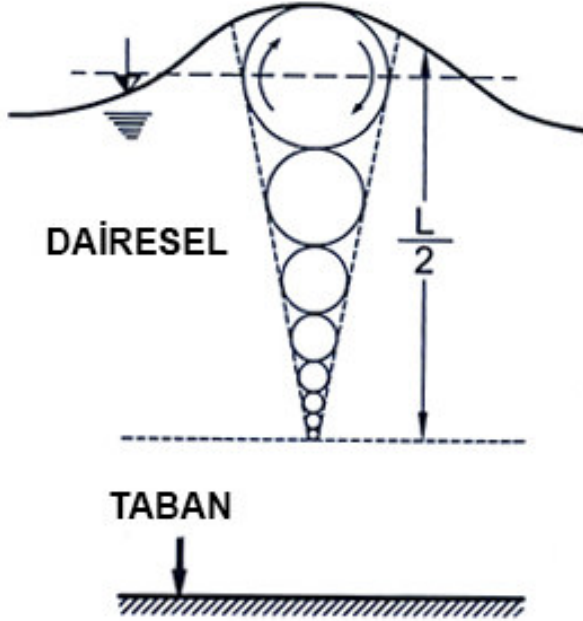
$d/L < 20$ olan sığ su koşullarında ana eksen (A) her zaman tali eksenden (B) büyüktür. Bu nedenle partikül yörüngesi elips şeklindedir.



AKIŞKAN PARTİKÜLLERİNİN KİNEMATİĞİ

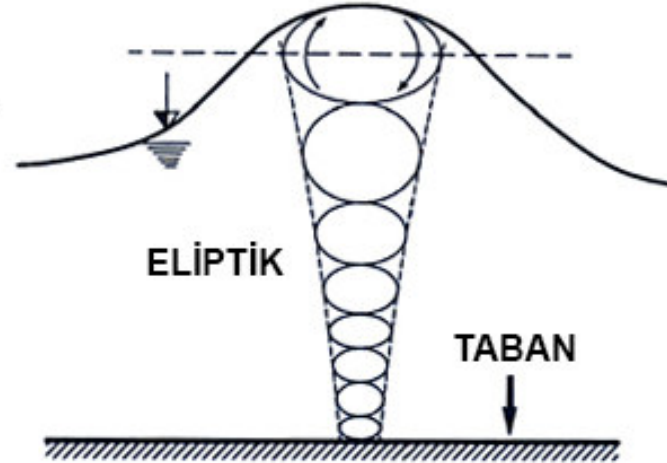
DERİN SU

$$\frac{d}{L} \gg \frac{1}{2}$$



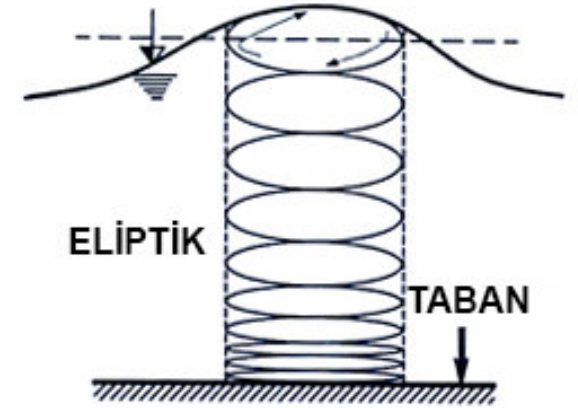
GEÇİŞ BÖLGESİ

$$\frac{1}{2} < \frac{d}{L} < \frac{1}{20}$$



SİĞ SU

$$\frac{d}{L} \ll \frac{1}{20}$$



Örnek: Periyodu 10s ve yüksekliği 2m olan bir derin su dalgası kıyıya doğru ilerlemektedir. Dalga kıyıya yaklaştıkça dalga yüksekliğinin değişmediği kabul edilirse,

a) Derinliğin 100m olduğu bölgede, su yüzeyindeki ve 80m derinlikteki maksimum yörüngesel hız bileşenlerini ve partikül yörüngesinin ana ve tali akslarını (A ve B) hesaplayınız.

Derin su dalgası için $L_o = 1.56 \times T^2 = 156m$

$d/L_o = 100/156 = 0.641 > 0.5$ derin su bölgesindedir. Dalga parametreleri değişmez, partikül dairesel yörüngede hareket eder, $u_{max} = w_{max}$ ancak aralarında $\pi/2$ faz farkı vardır.

u_{max} , $x=0$ ve $t=0$ 'da oluşur.

$$\cos(kx - \omega t) = \cos 0 = 1$$

$$k = 2\pi/156 = 0.040, \omega = 2\pi/10 = 0.6283$$

Derin su koşullarında $u_{max} = w_{max}$

ancak ikisi arasında $\pi/2$ faz farkı vardır.

$$w_{max} = 0.6283m/s$$

$$u = a \cdot \omega \frac{\cosh[k(z + d)]}{\sinh(kd)} \cos(kx - \omega t)$$
$$u_{max} = 1 \cdot 0.6283 \frac{\cosh[0.04 \times 100]}{\sinh(0.04 \times 100)}$$
$$u_{max} = 1 \cdot 0.6283 \frac{27.308}{27.290} = 0.6287m/s$$

$$u = a \cdot \omega \cdot e^{kz} \cos(kx - \omega t) = 1 \times 0.6283 = 0.6283m/s$$

Su yüzeyinde A ve B için genel formülle çözersek:

$$A = a \frac{\cosh[k(z + d)]}{\sinh(kd)} = a \cdot e^{kz}, \quad \text{ANA EKSEN}$$

$$B = a \frac{\sinh[k(z + d)]}{\sinh(kd)} = a \cdot e^{kz}, \quad \text{TALI EKSEN}$$

$$A = 1 \frac{\cosh[0.04 \times 100]}{\sinh(0.04 \times 100)} = 1 \quad B = 1 \frac{\sinh[0.04 \times 100]}{\sinh(0.04 \times 100)} = 1$$

!Derin suda, yüzeyde, A ve B dalga genliğine (a) eşittir.

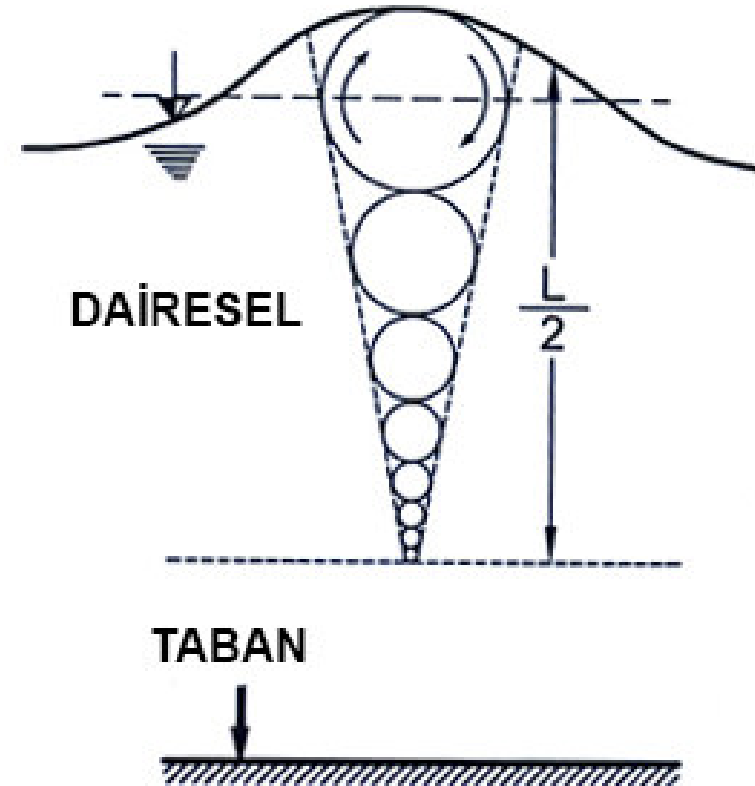
80m derinlikte

$$u_{\max} \text{ ve } w_{\max} = 0$$

$$A \text{ ve } B = 0$$

DERİN SU

$$\frac{d}{L} \gg \frac{1}{2}$$



b) Derinliğin 39m olduğu bölgede, yüzeyde, 30m derinlikteki ve taban yakınındaki maksimum yörüngesel hız bileşenlerini ve partikül yörüngesinin ana ve tali akslarını (A ve B) hesaplayınız.

$d/L_0 = 39/156 = 0.25 < 0.5$ geçiş bölgesindedir. Periyot dışında tüm dalga parametreleri değişir, partikül eliptik yörüngede hareket eder.

GWT'den $\tanh(kd)=0.933$, $d/L=0.268$, $kd=1.68$, $\sinh(kd)=2.60$ ve $\cosh(kd)=2.76$ okunur.

$d/L=0.268$, $L=145.52m$, $k = 2\pi/145.52 = 0.043$, $\omega = 2\pi/10 = 0.6283$

Yüzeyde: $z=0$, $d+z = 39m$, $kd=1.68$

$$u_{max} = 1 \times 0.6283 \frac{2.76}{2.60} = 0.670m/s$$

$$A = a \frac{\cosh[k(d+z)]}{\sinh(kd)} = 1 \frac{2.76}{2.60} = 1.069m$$

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

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

$$w_{max} = 1 \times 0.6283 \frac{2.60}{2.60} = 0.6283m/s$$

$$B = a \frac{\sinh[k(d+z)]}{\sinh(kd)} = 1 \frac{2.60}{2.60} = 1m$$

! Geçiş bölgesinde, yüzeyde B, dalga genliğine (a) eşittir.

30m Derinlikte: $z=-30$, $d+z=9m$

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

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

$$u_{max} = 1 \times 0.6283 \frac{\cosh[0.043 \times 9]}{2.60}$$

$$u_{max} = 1 \times 0.6283 \frac{1.076}{2.60} = 0.260m/s$$

$$w_{max} = 1 \times 0.6283 \frac{\sinh[0.043 \times 9]}{2.60}$$

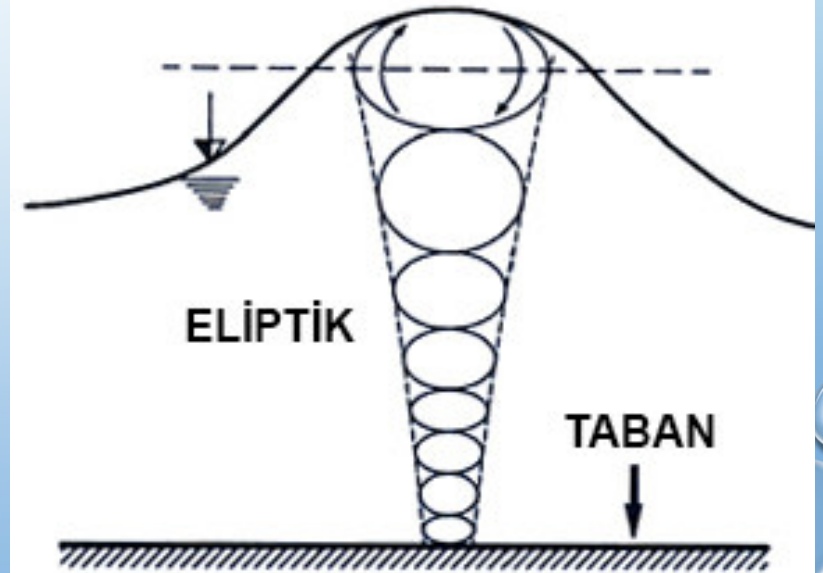
$$w_{max} = 1 \times 0.6283 \frac{0.394}{2.60} = 0.096m/s$$

$$A = a \frac{\cosh[k(d + z)]}{\sinh(kd)} = 1 \frac{1.076}{2.60} = 0.413m$$

$$B = a \frac{\sinh[k(d + z)]}{\sinh(kd)} = 1 \frac{0.394}{2.60} = 0.153m$$

GEÇİŞ BÖLGESİ

$$\frac{1}{2} < \frac{d}{L} < \frac{1}{20}$$



Tabanda: $z=-39$, $d+z = 0$

$$u_{max} = 1 \times 0.6283 \frac{\cosh[0]}{2.60} = 0.240 \text{ m/s}$$

$$w_{max} = 1 \times 0.6283 \frac{\sinh[0]}{2.60} = 0$$

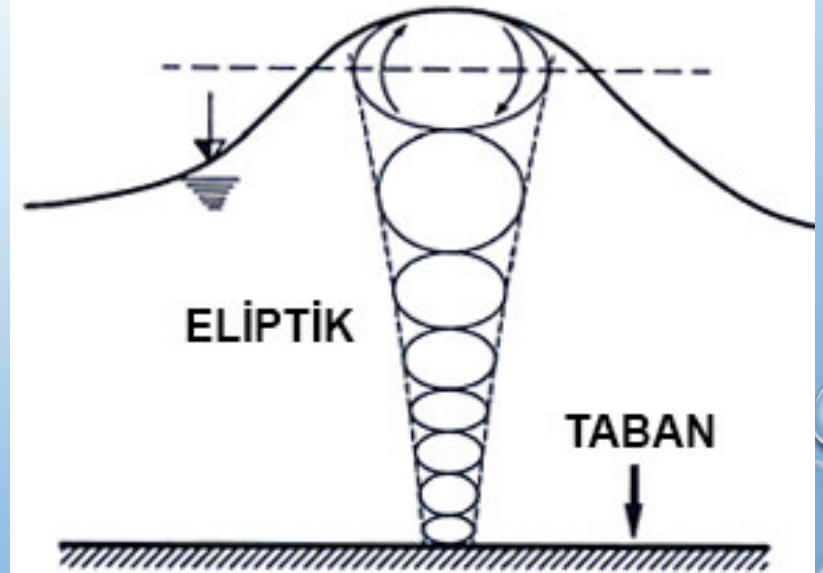
$$A = a \frac{\cosh[0]}{\sinh(kd)} = 1 \frac{1}{2.60} = 0.385 \text{ m}$$

$$B = a \frac{\sinh[0]}{\sinh(kd)} = 1 \frac{0}{2.60} = 0$$

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

GEÇİŞ BÖLGESİ

$$\frac{1}{2} < \frac{d}{L} < \frac{1}{20}$$



c) Derinliğin 2.4m olduğu bölgede, yüzeyde ve taban yakınındaki maksimum yörüngesel hız bileşenlerini hesaplayınız.

$d/L_0 = 2.4/156 = 0.0154 < 0.0157$ sığ su bölgesindedir. Periyot dışında tüm dalga parametreleri değişir, partikül eliptik yörüngede hareket eder.

GWT'den $\tanh(kd)=0.298$, $d/L=0.0490$ ve $kd=0.308$ okunur.

$d/L=0.049$, $L=49m$, $k = 2\pi/49 = 0.128$, $\omega = 2\pi/10 = 0.6283$

Yüzeyde: $z=0$, $d+z = 2.4m$, $kd=0.308$

$$u_{max} = \frac{1 \times 0.6283}{0.308} = 2.040m/s$$

$$A = a \frac{1}{k \cdot d} = \frac{1}{0.308} = 3.247m$$

$$u = \frac{a \cdot \omega}{k \cdot d} \cos(kx - \omega t)$$

$$w = a\omega \left(\frac{z}{d} + 1 \right) \sin(kx - \omega t)$$

$$w_{max} = 1 \times 0.6283 = 0.6283m/s$$

$$B = a \left(1 + \frac{z}{d} \right) = 1m$$

! Sığ suda, yüzeyde B, dalga genliğine (a) eşittir.

Tabanda: $z=-2.4$, $d+z = 0$

$$u_{max} = \frac{1 \times 0.6283}{0.308} = 2.040 \text{ m/s}$$

! u_{max} yüzeydeki ile aynı değere sahiptir.

$$w_{max} = 1 \times 0.6283 \times (1 - 1) = 0$$

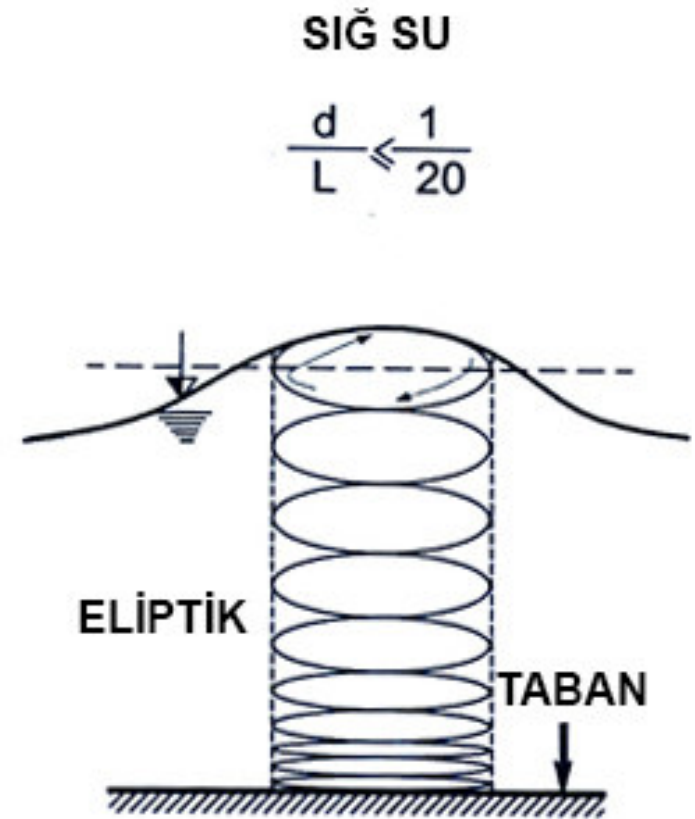
$$A = a \frac{1}{k \cdot d} = \frac{1}{0.308} = 3.247 \text{ m}$$

! A yüzeydeki ile aynı değere sahiptir.

$$B = a \left(1 + \frac{z}{d}\right) = 0$$

$$u = \frac{a \cdot \omega}{k \cdot d} \cos(kx - \omega t)$$

$$w = a\omega \left(\frac{z}{d} + 1\right) \sin(kx - \omega t)$$



Örnek: Dalga profili $\eta=3 \cdot \cos(0.0628x-0.785t)$ formunda olan ve derin su koşullarında ilerleyen dalganın

a) $t=0s$ 'de $x=25m$ 'de ve $z=-8m$ derinlikte bulunan akışkan partikülünün yatay ve düşey hız bileşenlerini hesaplayınız.

$$k = 2\pi/L = 0.0628$$

$$\omega = 2\pi/T = 0.785$$

$$L = 2\pi/0.0628 = 100m$$

$$T = 2\pi/0.785 = 8s$$

$$\eta = a \cdot \cos[k \cdot x - \omega \cdot t]$$

$$a = 3m$$

$$L_o = 1.56 T^2 = 100m \quad \text{Derin Su}$$

Derin Su Koşullarında:

Yüzeyden 50m derinliğe kadar akışkan partikülleri dairesel bir yörüngede hareket edecektir.

$$z = -8$$

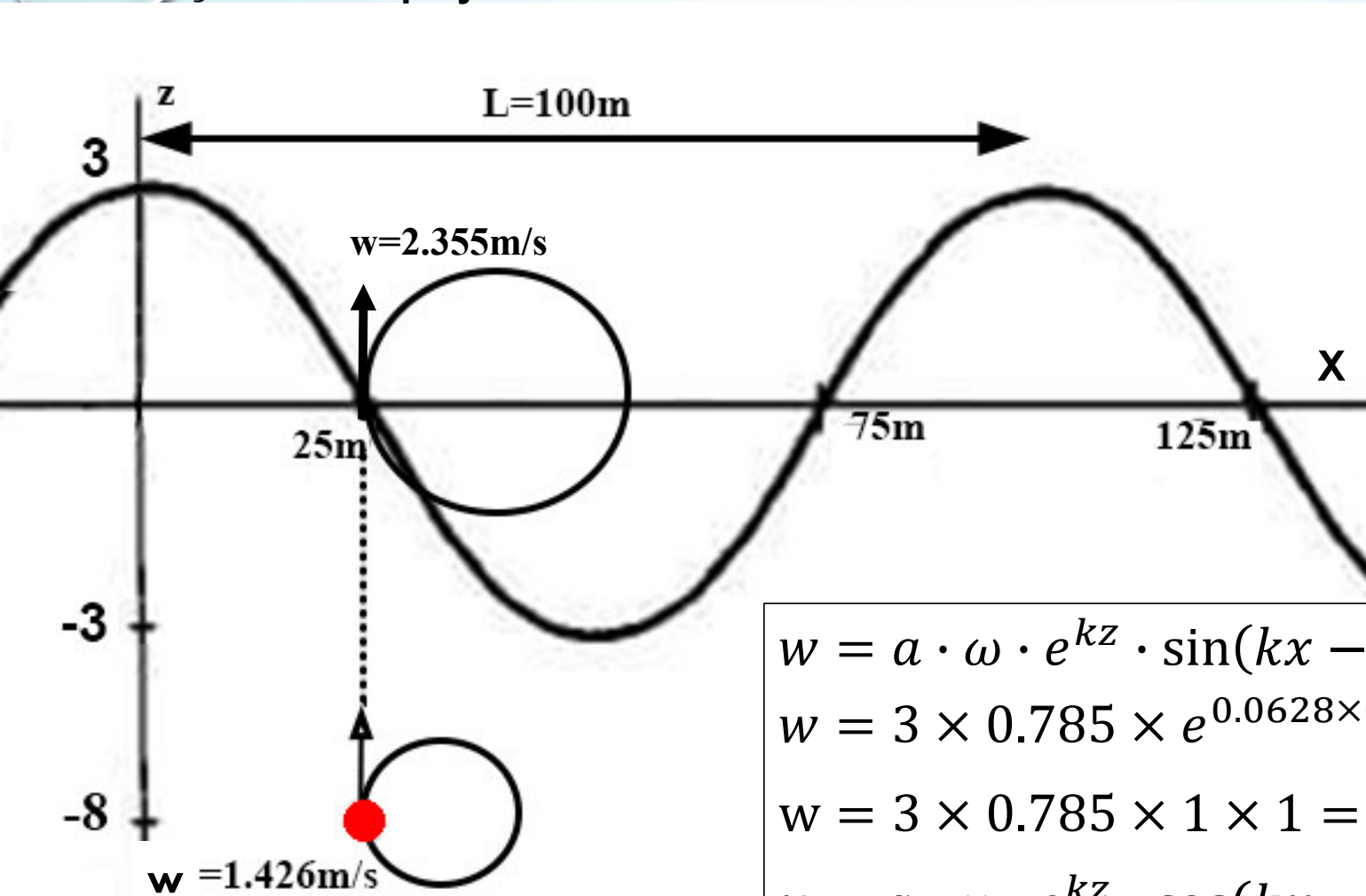
$$w = a \cdot \omega \cdot e^{kz} \cdot \sin(kx - \omega t)$$

$$w = 3 \times 0.785 \times e^{0.0628 \times -8} \times \sin(0.0628 \times 25)$$

$$w = 3 \times 0.785 \times 0.6051 \times 1 = 1.426 \text{ m/s}$$

$$u = a \cdot \omega \cdot e^{kz} \cdot \cos(kx - \omega t) = 0$$

b) Aynı dalganın $t=0s$ 'de $x=25m$ 'de ve yüzeyde bulunan akışkan partikülünün düşey hız bileşenini hesaplayınız.



$$w = a \cdot \omega \cdot e^{kz} \cdot \sin(kx - \omega t)$$

$$w = 3 \times 0.785 \times e^{0.0628 \times 0} \times \sin(0.0628 \times 25)$$

$$w = 3 \times 0.785 \times 1 \times 1 = 2.355 \text{ m/s}$$

$$u = a \cdot \omega \cdot e^{kz} \cdot \cos(kx - \omega t) = 0$$

Örnek: Periyodu 8s olan bir dalga grubu, derinliğin 19m olduğu bir bölgede ilerlemektedir. Su yüzeyindeki akışkan partiküllerinin yörüngesi aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$\frac{\alpha^2}{5.20} + \frac{\beta^2}{4} = 1$$

a) Bu dalga grubuna ait dalga profil denklemini yazınız.

$$T=8s, L_0=1.56T^2 = 100m, d/L_0 = 19/100=0.19 \text{ geçiş bölgesi}$$

$$\text{GWT'den } d/L=0.217, L=87.56m$$

! Yüzeyde, B, dalga genliğine (a) eşittir. z = 0, B = a

$$B = a = 2m, k = 2\pi/L = 2\pi/87.56 = 0.072, \omega = 2\pi/T = 2\pi/8 = 0.785$$

$$\eta = a \cdot \cos[k \cdot x - \omega \cdot t]$$

$$\eta = 2 \cdot \cos[0.072x - 0.785t]$$

b) $t=0$ ve $x= 3L/4$ mesafesinde yüzeyde bulunan akışkan partikülünün hızını bulunuz.

$d/L_0 = 19/100=0.19$ geçiş bölgesi, GWT'den $\sinh(kd) = 1.82$, $\cosh(kd) = 2.08$ okunur. $z=0$

$$u = 0$$

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

$$w = 2 \times 0.785 \frac{\sinh(kd)}{\sinh(kd)} \sin\left(\frac{2\pi}{L} \frac{3L}{4}\right)$$

$$w = 2 \times 0.785 \sin\left(\frac{3\pi}{2}\right) = -1.57 \text{ m/s}$$

