

Problem 7.3: Derin suda fırtına tarafından oluşturulan ve kıyıya doğru ilerleyen dalganın düşey yüzölü bir dalgakıran üzerine tesiri söz konusudur. Dalgakıran Şekil 7.3.1'deki gibi taş dolgu dalgakıran üzerine inşa edilen bir dik yüzölü duvardan oluşmaktadır. Tasarım dalga yüksekliği $H=1.87\text{m}$ ve periyodu $T=4.7\text{ s}$ 'dir. Düşey duvarın temeli ve deniz tabanı maksimum su seviyesinden 3m ve 8m derindedir. Taban eğimi yatay kabul edilecektir. Düşey duvara etkiyecek maksimum kuvveti ve A noktasına göre devrilme momentini bulunuz.

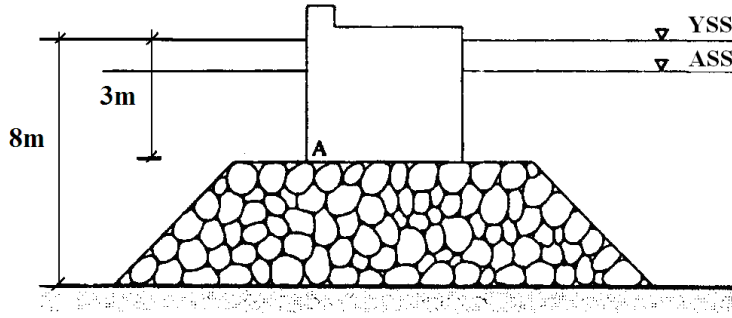
Çözüm 7.3:

Derin su dalga boyu;

$$L_0 = 1.56T^2 = 1.56 \times 4.7^2 = 34.5 \text{ m}$$

$d/L_0 = 8/34.5 = 0.23$ olduğuna göre yapı önündeki dalga boyu Ağırılık Dalgaları tablosundan $L=32\text{m}$ olarak bulunur.

$H/d = 1.87/8 = 0.23$ kırılma yok, klopati söz konusu o halde deniz tabanındaki oluşan maksimum basınç;



Şekil p7.3.1

$$p_{\text{maks}} = \rho g \left[\frac{H}{\cosh(kd)} + d \right]$$

$$k = 2\pi/L \quad kd = 2\pi d/L = 2\pi \times 8/32 = 1.57$$

$$p_{\text{maks}} = 1030 \times 9.81 \left[\frac{1.87}{2.51} + 8 \right] = 88.4 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

Su seviyesindeki salınım miktarı;

$$h_0 = \frac{\pi H^2}{L} \cotanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = \frac{\pi 1.87^2}{32} \cotanh(1.57) = 0.37\text{m}$$

Lineer dağılım kabulü ile; $d+H+h_0 = 8+1.87+0.37 = 10.24 \text{ m}$. SSS'den z 'nin aşağı doğru değeri (+) alınırsa klapotiden dolayı düşey duvar üzerindeki basınç (3 m derinlikteki basınç);

$$p_{\text{maks}} = \rho g \frac{(z + H + h_0)}{(d + H + h_0)} \left[\frac{H}{\cosh(kd)} + d \right] = \frac{88.4 \times 10^3}{10.24} (z + h_0 + H)$$

$$= 8.63 \times 10^3 (3 + 0.37 + 1.87) = 8.63 \times 10^3 \times 5.24 \text{ N/m}^2$$

düşey duvarın yüzeyindeki kuvvet;

$$F_{maks} = \frac{1}{2} \rho g (d + H + h_0) \left[\frac{H}{\cosh(kd)} + d \right] = (d + H + h_0) p_{maks} / 2$$

burada duvar yüksekliği 3 m'dir. O halde d için 3 m alınacağından

$$F_{maks} = 8.63 \times 10^3 \times 5.24^2 / 2 = 118.5 \times 10^3 \text{ N/m}^2 \text{ (birim genişlik için)}$$

A noktasına göre moment (lineer dağılımından dolayı)

$$M_A = 118.5 \times 10^3 \times 5.24 / 3 = 206.9 \times 10^3 \text{ Nm/m}$$

olarak bulunur.

Problem 7.4: 10 m su derinliğinde bir düşey yüzölçüm dalgakıran inşa edilecektir. Derin su belirgin dalga yüksekliği 4 m, periyodu 9 s olan bir dalganın yaklaşım açısı 30°'dir. Dalgakıranın liman tarafında müsaade edilecek dalga yüksekliği 0.75 m'dir. 15 m yüksekliğinde ve 6 m genişliğinde inşa edilecek bu yapının devrilmeye ve kaymaya karşı emniyet faktörlerini hesaplayınız. Beton için sürtünme faktörünü $\mu=0.8$ ve betonun özgül ağırlığını $\gamma_c=24 \text{ kN/m}^3$ olarak alınız.

Çözüm 7.4:

$$\text{Derin su dalga boyu } L_0 = 1.56 T^2 = 1.56 \times 9^2 = 126 \text{ m}$$

$$d/L_0 = 10/126 = 0.0794$$

$$\text{için ağırlık dalgaları tablosundan } d/L = 0.122 \quad L = 82.97 \text{ m}$$

$$K_s = 0.956 \quad \sin \alpha_0 / \sin \alpha = L_0 / L \quad \sin 30 / \sin \alpha = 126 / 82.97$$

$$\sin \alpha = 0.329 \quad \alpha = 19^\circ \text{ (10 m su derinliğinde dalganın batimetri ile yaptığı açı)}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 30}{\cos 19}} = 0.957$$

$$H = H_0 \cdot K_r \cdot K_s = 4 \times 0.956 \times 0.957 = 3.66 \text{ m}$$

$$d/H = 10/3.66 = 2.73 > 1.2 \text{ veya } H/d = 3.66/10 = 0.366 < 0.8 \text{ dalga kırılmamaktadır.}$$

Açık deniz tarafında;

$$h_0 = \frac{\pi H^2}{L} \coth \left(\frac{2\pi d}{L} \right) = \frac{\pi \times 3.66^2}{82.97} \coth \left(\frac{2\pi \times 10}{82.97} \right) = 0.79 \text{ m}$$

Liman tarafında;

$$h_0 = \frac{\pi \times 0.75^2}{82.97} \coth \left(\frac{2\pi \times 10}{82.97} \right) = 0.03 \text{ m}$$

Duvarın her iki tarafında hidrostatik basınç olacağından ihmal edilebilir ve açık deniz tarafında tabanda maksimum basınç

$$p_{maks2} = \rho g \frac{H}{\cosh(kd)} = 10 \frac{3.66}{1.31} = 27.9 \text{ kN/m}^2$$

bulunur.

Yüzeydeki basınç $z=0$ için;

$$P_{maks1} = \rho g \frac{z + H + h_0}{d + H + h_0} \left[\frac{H}{\cosh(kd)} + d \right]$$

$$P_{maks1} = \rho g \frac{H + h_0}{d + H + h_0} \left[\frac{H}{\cosh(kd)} + d \right] = P_{maks1} = \frac{H + h_0}{d + H + h_0} \left[\rho g \left(\frac{H}{\cosh(kd)} + d \right) \right]$$

$$P_{maks1} = \frac{H + h_0}{d + H + h_0} [P_{mak2} + \rho g d]$$

$$P_{maks1} = \frac{3.66 + 0.79}{10 + 3.66 + 0.79} [27.9 + 10 \times 10] = 39.4 \text{ kN/m}^2$$

Liman tarafında;

$$P'_{maks2} = \rho g \frac{H}{\cosh(kd)} = 10 \times \frac{0.75}{1.31} = 5.7 \text{ kN/m}^2$$

$$P'_{maks1} = \rho g (H - h_0) = 10 \times (0.75 - 0.03) = 7.2 \text{ kN/m}^2$$

Kuvvetler (kN)		Moment kolu (m)	Moment (kNm)	Devirmeye çalışan moment (kNm)
$W=6 \times (5 \times 24 + 10 \times 14)$	=1560.0	3.0	4680	
$U_1=1/2 \times 6 \times 5.7$	=17.1	2.0	34.2	
$U_2=1/2 \times 6 \times 27.9$	=83.7	4.0		334.8
$\Sigma V=W+U_1-U_2$	=1493.4			
$F_1=1/2 P_{mak1} \times (H+h_0)=1/2 \times 39.4 \times 4.45$	=87.7	11.48		1006.8
$F_2=10 \times 27.9$	=279.0	5.0		1385.0
$F_3=1/2 \times (39.4 - 27.9) \times 10$	=57.5	6.67		383.5
$F_4=1/2 \times (0.75 \times 7.2)$	=2.6	9.52		24.8
$F_5=P'_{mak2} (10 - (H-h_0))=5.7 \times 9.28$	=52.9	4.64		245.5
$F_6=1/2 \times (7.2 - 5.7) \times 9.28$	=7.5	6.16		46.2
ΣH	=487.2		4714.2	3426.6

$$F_{s_{deviren}} = \frac{\sum M_{direnç}}{\sum M_{deviren}} = \frac{4714.2}{3426.6} = 1.37$$

$$F_{s_{kayma}} = \frac{\mu \sum V}{\sum H} = \frac{0.8 \times (1493.4)}{487.2} = 2.45$$

Bileşke kuvvetin yeri ve şiddeti, R,

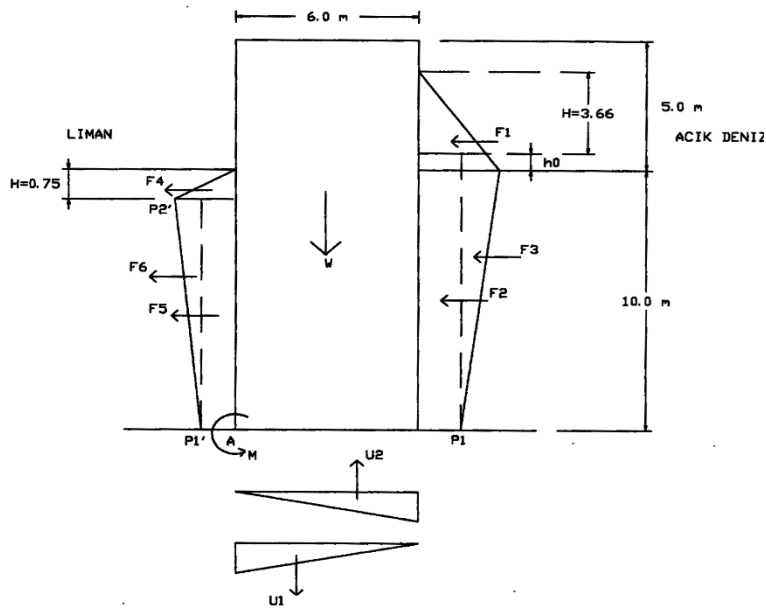
$$R = (1493.4^2 + 487.2^2)^{0.5} = 1571 \text{ kN}$$

$$\sum M_{deviren} = \sum H \cdot y$$

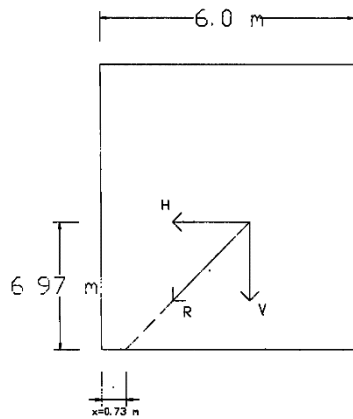
$$3426.6 = 487.2y \quad y = 7.03 \text{ m}$$

$$1493.4(6/2 - x) - 487.2(7.03) = 0$$

$$x = 0.73 \text{ m}$$

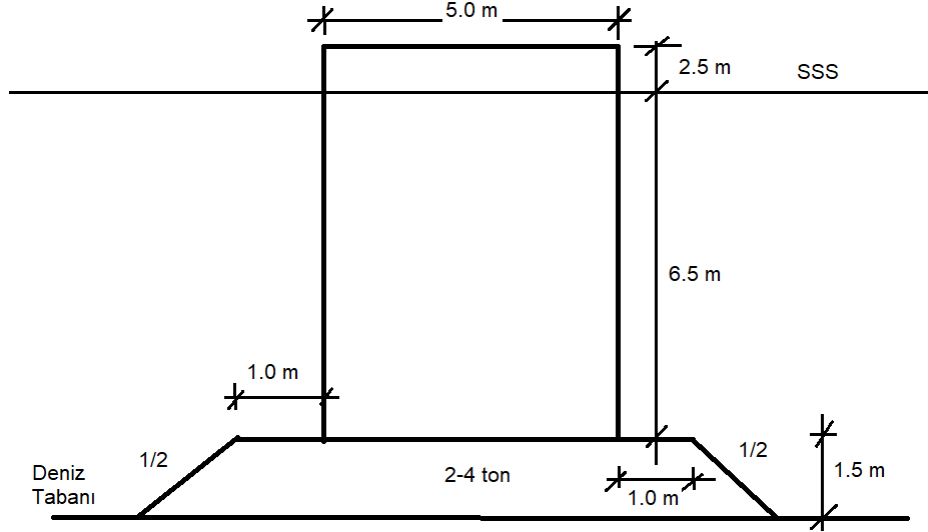


Şekil p7.4.1 Düşey yüzlü dalgakırana etkili kuvvetler



Şekil p7.4.2 Bileşke kuvvet ve yeri

Soru Derin deniz belirgin dalga yüksekliği $H_{s0}=4\text{m}$, belirgin dalga periyodu $T_s=8\text{ s}$, deniz suyu özgül ağırlığı 10.20 KN/m^3 olduğu proje alanında inşa edilecek keson yapının stabilitesini hesaplayınız. Deniz tabanı eğimi $1/30$, keson beton yapı ile temel taş dolgu arasındaki sürtünme faktörü $\mu=0.5$, hesaplamalarda kaymaya karşı güvenlik faktörü 1.1 ve devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise 1.2 olarak dikkate alınacaktır (Ergin, 2019*).



Yapının topuğundaki su derinliği $d=8\text{m}$

$$L_0 = 1.56T^2 = 1.56 \times 8^2 = 100\text{ m.}$$

$$\frac{h}{L_0} = \frac{8}{100} = 0.08 < 0.2 \text{ yapı surf bölgesi içinde kalmaktadır}$$

$$H_s = \min \{ (\beta_0 H'_0 + \beta_1 h), \beta_{\text{maks}} H'_0, K_s H'_0 \}$$

$$H'_0 = H_0 K_r K_d = H_0 = H_{s0} = 4\text{m}$$

$$K_s = 0.9548 \text{ (ADKT)}$$

$$\beta_0 = 0.028 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.38} \exp \left[20 \tan^{1.5}(\theta) \right] = 0.028 (0.04)^{-0.38} \exp \left[20 (1/30)^{1.5} \right] = 0.1705$$

$$\beta_1 = 0.52 \exp \left[4.2 \tan(\theta) \right] = 0.5981$$

$$\beta_{\text{maks}} = \max \left\{ 0.92, 0.32 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.29} \exp \left[2.4 \tan(\theta) \right] \right\}$$

$$\beta_{\text{maks}} = \text{maks} \left\{ 0.92, 0.32 (0.04)^{-0.29} \exp \left[\frac{2.4}{30} \right] \right\} = \text{maks} \{ 0.92, 0.8816 \} = 0.92$$

$$H_s = \min \{ (\beta_0 H'_0 + \beta_1 h), \beta_{\text{maks}} H'_0, K_s H'_0 \} = \min \{ (0.1075 \times 4 + 0.5981 \times 8), (0.92 \times 4), 0.9548 \times 4 \}$$

$$H_s = \min \{ (5.2148), (3.68), (3.82) \} = 3.68 \text{ m}$$

h_b =Dalgakıran topuğundan $5H_s$ mesafede su derinliği

$$h_b = h + 5H_s = 8 + 5 \times 3.68 \times (1/30) = 8.61 \text{ m}$$

$H_{\text{maks}} = \text{Tasarım dalga yüksekliği} (\approx 1.8H_s)$

$$\frac{h_b}{L_0} = \frac{8.61}{100} = 0.0861 < 0.2$$

$$H_{\text{maks}} = \min \{ (\beta_0^* H'_0 + \beta_1^* h_b), \beta_{\text{maks}}^* H'_0, 1.8K_s H'_0 \}$$

$$H'_0 = H_0 K_r K_d = H_0 = H_{s0} = 4 \text{ m}$$

$$\beta_0^* = 0.052 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.38} \exp [20 \tan^{1.5}(\theta)] = 0.1994$$

$$\beta_1^* = 0.63 \exp [3.8 \tan(\theta)] = 0.7151$$

$$\beta_{\text{maks}}^* = \text{maks} \left\{ 1.65, 0.53 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.29} \exp [2.4 \tan(\theta)] \right\} = 1.65$$

$$H_{\text{maks}} = \min \{ (\beta_0^* H'_0 + \beta_1^* h_b), \beta_{\text{maks}}^* H'_0, 1.8K_s H'_0 \} = 6.6 \text{ m}$$

$$\eta^* = 0.75 [1 + \lambda_1 \cos \beta] H_{\text{maks}}$$

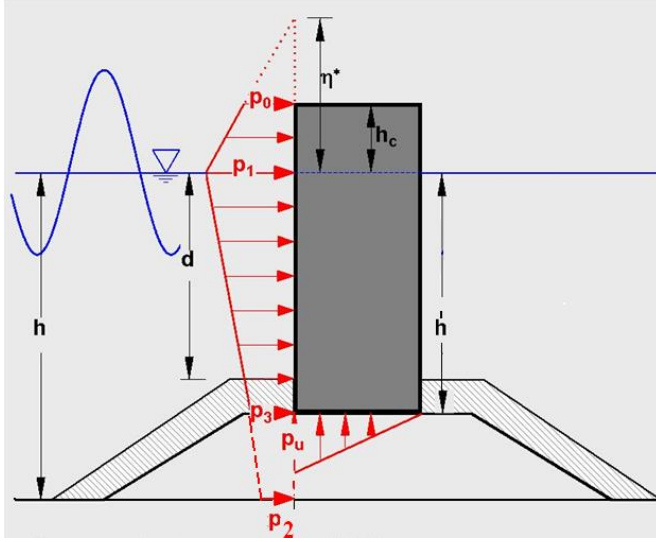
λ_1 =Konfigürasyon faktörü (=1)

β =Yaklaşım açısı (genellikle 15° 'dir, güvenli tarafta kalmak için 0 alınır)

$$\eta^* = 0.75 [1 + (1) \cos(0)] 6.6 = 9.9 \text{ m}$$

Duvar önündeki dalga basıncı

$$\frac{h}{L_0} = \frac{8}{100} = 0.08 \rightarrow \text{ADKT} \quad \frac{h}{L} = 0.1232 \rightarrow L = 64.9 \text{ m}$$



$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left[\frac{4\pi \frac{h}{L}}{\sinh\left(4\pi \frac{h}{L}\right)} \right]^2 = 0.6 + \frac{1}{2} \left[\frac{4\pi \frac{8}{64.9}}{\sinh\left(4\pi \frac{8}{64.9}\right)} \right]^2 = 0.8374$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \frac{h_b - d}{3h_b} \left(\frac{H_{maks}}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_{maks}} \right\}$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \frac{8.61 - 6.5}{3 \times 8.61} \left(\frac{6.6}{6.5} \right)^2, \frac{2 \times 6.5}{6.6} \right\} = \{0.0843, 1.9697\} = 0.0843$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left[1 - \frac{1}{\cosh\left(2\pi \frac{h}{L}\right)} \right]^2 = 1 - \frac{6.5}{8} \left[1 - \frac{1}{\cosh\left(2\pi \frac{8}{64.9}\right)} \right]^2 = 0.8051$$

$$p_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) (\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2 \cos^2 \beta) \rho g H_{maks}$$

$\lambda_2 = \text{Yapı tipine bağlı düzeltme faktörü} (=1)$

$$p_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos 0) (0.8374 \times 1 + 0.0843 \times 1 \times \cos^2 0) 10 \times 6.6 = 60.8 \text{ kN / m}^2$$

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh\left(2\pi \frac{h}{L}\right)} = \frac{60.8}{\cosh\left(2\pi \frac{8}{64.9}\right)} = 46.2 \text{ kN / m}^2$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1 = 0.8051 \times 60.8 = 49 \text{ kN / m}^2$$

Kaldırma Basıncı

$$p_u = \frac{1}{2}(1 + \cos \beta) \alpha_1 \alpha_3 \lambda_3 \rho g H_{\text{maks}}$$

λ_3 =Yapı tipine bağlı düzeltme faktörü (=1)

$$p_u = \frac{1}{2}(1+1)(0.8374 \times 0.8051 \times 1)10 \times 6.6 = 44.5 \text{ kN / m}^2$$

Güvenlik tahkiki

Toplam dalga basıncı kuvveti

$$p = \frac{1}{2}(p_1 + p_3)h' + \frac{1}{2}(p_1 + p_4)h_c^*$$

$$h_c^* = \min(h_c, \eta^*) = 2.5 \text{ m}$$

$$p_4 = \begin{cases} p_1 \left(1 - \frac{h_c}{\eta^*}\right); & \eta^* > h_c \\ 0 & ; \eta^* \leq h_c \end{cases} \rightarrow p_4 = 60.8 \left(1 - \frac{2.5}{9.9}\right) = 45.5 \text{ kN / m}^2$$

$$p = \frac{1}{2}(60.8 + 49)6.5 + \frac{1}{2}(60.8 + 45.5)2.5 = 489.8 \text{ kN / m}$$

Dalga basıncından dolayı toplam moment

$$M_p = \frac{1}{6}(2p_1 + p_3)(h')^2 + \frac{1}{2}(p_1 + p_4)h'h_c^* + \frac{1}{6}(p_1 + 2p_4)(h_c^*)^2$$

$$M_p = \frac{1}{6}(2 \times 60.8 + 49)(6.5)^2 + \frac{1}{2}(60.8 + 45.5)6.5 \times 2.5 + \frac{1}{6}(60.8 + 2 \times 45.5)(2.5)^2$$

$$M_p = 2223.5 \text{ kN / m}$$

Toplam kaldırma basıncı kuvveti

$$U = \frac{1}{2}p_u B = 0.5 \times 44.5 \times 5 = 111.3 \text{ kN / m}$$

Kaldırma basıncından dolayı toplam moment

$$M_u = \frac{2}{3}UB = \frac{2}{3} \times 111.3 \times 5 = 370.8 \text{ kN / m}$$

Kayma tahkiki

$$F.S. = \frac{(M_g - U)\mu}{p}$$

$$M_g = \gamma_c B(h' + h_c) - \gamma_w B h' = 755 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_w B h' = \text{Kaldırma kuvveti}$$

$$F.S. = \frac{(755 - 111.3) 0.5}{489.8} = 0.657 < 1.1 \text{ emniyetli değil}$$

Devrilme tahkiki

$$F.S. = \frac{(M_g t - M_u)}{M_p}, \quad t = B / 2$$

$$F.S. = \frac{(755 \times (5 / 2) - 370.8)}{2223.5} = 0.682 < 1.2 \text{ emniyetli değil}$$

(*) Ergin, A., 2019, “Coastal Engineering”, METU Press