

Zeminlerin Fiziksel Özellikleri ve Zemin Sınıflandırması

Zemin Mekaniği

...mühendislik uygulamalarında zemin mekaniği ile ilgili sorunların hemen hemen tamamı zeminlerden değil zeminin boşluklarında yer alan sudan kaynaklanır. Suyun hiç olmadığı bir gezegende zemin mekaniğine de hiç ihtiyaç olmayacaktır..

Karl Terzaghi, 1939

OLUŞUM AÇISINDAN SINIFLANDIRMA

1. Sedimanter (taşınmış) zemin

- Yerçekimi
 - Su
 - Rüzgâr
 - Buzul
 - Canlılar
- } Taşınma unsurları

(Alüvyonel ortam adı verilir. Verilen kesit birkaç defa tekrarlanabilir.)

2. Rezidüel zemin (yerinde oluşmuş)

Taşınma hızı ayrışma hızından yavaş ise oluşabilir.

GİRİŞ

- *Zemin*, inşaat mühendisleri için kayaların ayrışması ve parçalanması ile oluşan, mineral danelerinin çimentolanmamış veya zayı çimentolanmış birikimidir. Zemin tabakasını genel olarak kaya tabakası izler.
- Zemin katı, sıvı ve gazdan oluşan üç fazlı bir sistemdir.

- Zemin tanelisel bir malzemedir. Taneler birbirlerine az veya çok tutunmuş olabilirler.

Dünya zemini



Ay zemini



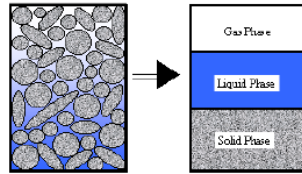
Mars zemin



- Zeminlerin mühendislik özellikleri (kayma mukavemeti, sıkışabilirlik, çekme mukavemeti , ve b.) zemini oluşturan taneler arasındaki etkileşime bağlıdır. Zeminin tanelerinin kendi özellikleri ancak ikincil derecede etkilidir.



- Zemin çok fazlı bir malzemedir..
- Aynı anda **kati** , **sıvı** ve **gaz** fazlarını kapsayabilir.
- Sıvı ve gaz fazları zemin taneleri arasındaki boşluklarda veya gözeneklerde yer alır.

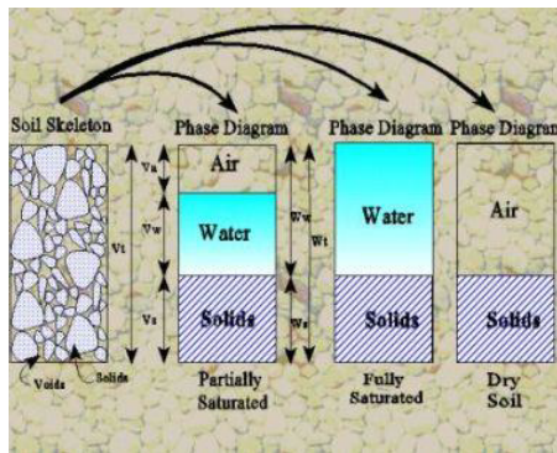


•Bu üç faz arasındaki etkileşimin veya bu üç fazın göreceli oranlarının zemin davranışı üzerinde önemli etkisi vardır.

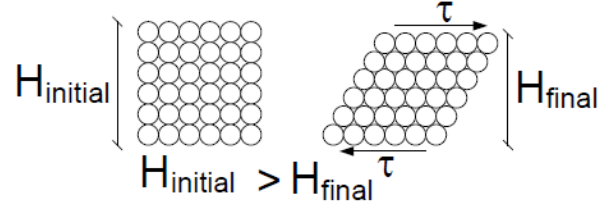
•Normal şartlarda zemin ortamındaki sıvı sudur, gaz ise havadır.

- Bu yüzden bu ders anlatılırken sıvı yerine su, gaz yerine hava terimleri kullanılacaktır.

- Zeminin içindeki su boşluk suyu olarak adlandırılır ve zemin davranışı bakımından çok önemli bir öğedir.
- Bütün boşluklar suyla doluyorsa zemin doygundur.
- Bazı boşluklar suyla doluyorsa zemin kısmen doygundur ve hepsi havayla doluyorsa kurudur.



Zemin taneleri ve zemin fazları arasındaki etkileşim zemin mekaniği problemlerinin kaynağıdır ve çözümleri bu etkileşimin iyi anlaşılmasına dayanır.

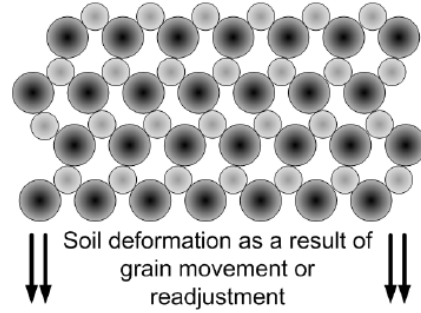


genleşme

Zemin taneleri ve zemin fazları arasındaki etkileşim zemin mekaniği problemlerinin kaynağıdır ve çözümleri bu etkileşimin iyi anlaşılmasına dayanır.

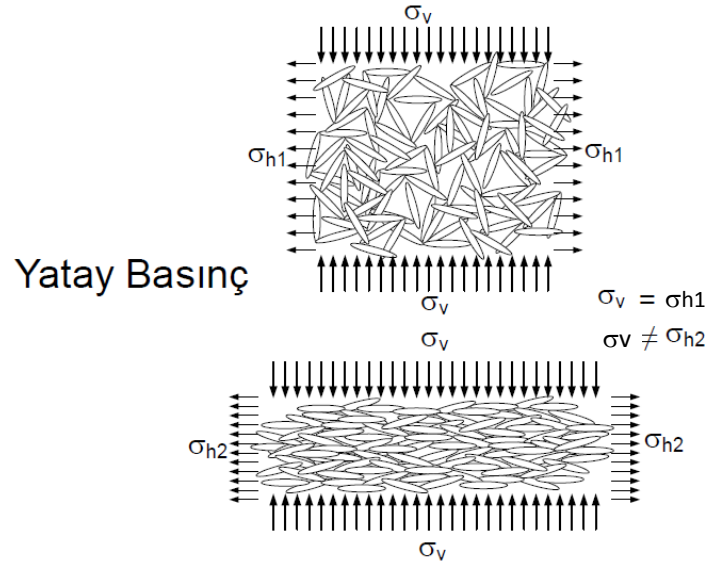
kompaksiyon

Stabilitesi
düşük



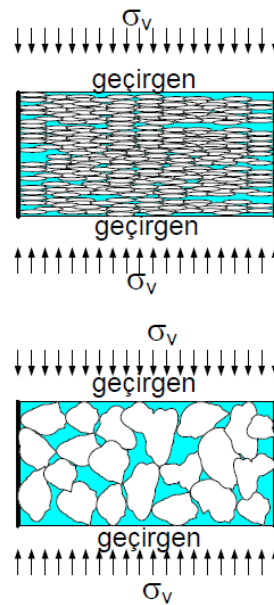
Stabilitesi
daha
yüksek

Taneler arası ve fazlar arası etkileşimin önemli rol oynadığı tipik zemin problemleri



Taneler arası ve fazlar arası etkileşimin önemli rol oynadığı tipik zemin problemleri

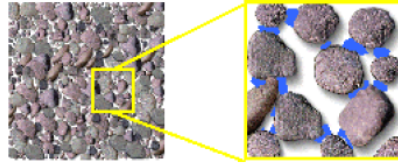
**Sıkışabilirlik
(Konsolidasyon)**



Taneler arası ve fazlar arası etkileşimin önemli rol oynadığı tipik zemin problemleri



Kapilar kuvvet etkisi (doğun olmayan zemin)



Taneler arası ve fazlar arası etkileşimin önemli rol oynadığı tipik zemin problemleri



Akıcı kum durumu
(sızıntı basıncı)



Zeminlerin farklı ortam ve koşullardaki davranışını tanımlayabilmek için öncelikle zeminlerin fiziksel özelliklerini tanımlamak gerekir. Bunun için

- Zemini oluşturan tanelerin tip ve şekillerinin genel anlamda tanımlanması,
- Zeminin bileşenleri katı, su ve havanın (zeminin mevcut durumundaki)göreceli oranlarının belirlenmesi gerekir.

Faz İlişkileri

- Zemindeki katı tanecikler, su ve havanın göreceli oranları zeminin sahip olduğu durumu ifade etmek için gereklidir ve belirlenmelidir.
- Zeminin her bir bileşeninin oranını tarif etmek için geliştirilen tanımlamalar ilişikte verilmektedir .
- Bu ilişkileri ezberlemeniz mutlak surette gereklidir!

İNDİS ÖZELLİKLERİ ve FAZ İLİŞKİLERİ

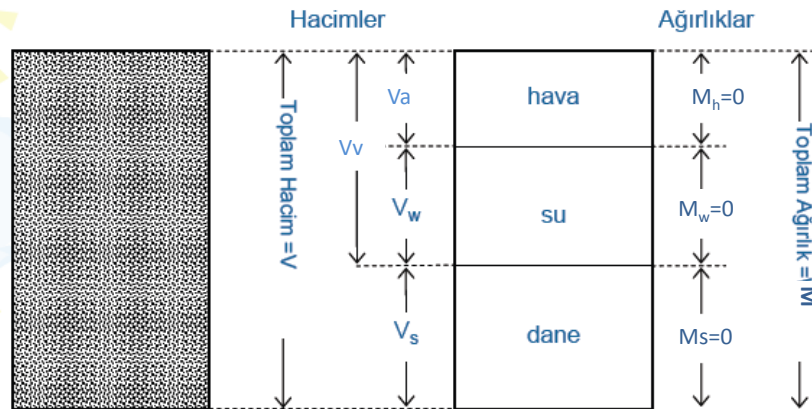
Zeminler üç fazlı sistemler olduğundan, zeminin mühendislik açısından tanınip sınıflandırılabilmesi, zemini oluşturan her üç fazın ayrı ayrı özellikleri ile bunların birbirine gerek hacim gerekse ağırlıkça olan durumlarının bilinmesini gerekli kılar.

➤ Bünye özellikleri:

- w_n : Doğal su muhtevası, içeriği
- n : Porozite
- e : Boşluk oranı
- γ : Birim hacim ağırlık ($\gamma_n, \gamma_s, \gamma_k, \gamma_d, \gamma'=\gamma_A$)
- S : Doygunluk yüzdesi s
- G_s : Özgül ağırlık
- ρ : Yoğunluk ($\rho_k, \rho_n, \rho_d, \rho_w= 1 \text{ gr/cm}^3$), $\rho_w= 1000 \text{ kg/m}^3$)

Doğal ve idealize prizmalar üzerinde gerekli tanımlar aşağıda yapılmaktadır:

Bu ders kapsamındaki problem çözümlerinde aşağıdaki Ağırlık, M ve Hacim, V tanımlamaları kullanılacaktır.



• **Önemli ilişkiler ve tanımlar:**

1. $V_v = V_{a1} + V_w$
2. $M_s = M_k$; Tane kuru ağırlığı
3. Su muhtevası; $\omega = (M_w / M_s) * 100$
4. Boşluk oranı; $e = V_v / V_s$
5. Porozite; $n = V_v / V$
6. Dane birim hacim ağırlığı; $\gamma_s = W_s / V_s$
7. Doğal birim hacim ağırlık, $\gamma_n = W / V$
8. Kuru birim hacim ağırlık; $\gamma_k = W_k / V$
9. Doymun birim hacim ağırlık ;

$$\gamma_D = \frac{W_k + V_v \gamma_w}{V}$$

10. Efektif birim hacim ağırlık;

$$\gamma' = \gamma_A = \gamma_D - \gamma_w$$

11. Doymunluk derecesi; $S = V_w / V_v$

($S=1$ ise zemin suya doymun,
 $S=0$ ise zemin kurudur).

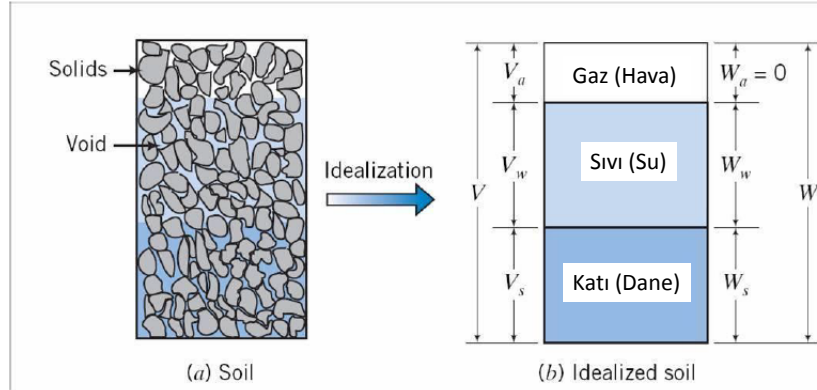
12. Porozite-boşluk oranı ilişkisi

$$n = \frac{e}{1+e} \quad \text{veya} \quad e = \frac{n}{1-n}$$

13. $G_s = \gamma_s / \gamma_w$ veya $GS = \frac{\rho_s}{\rho_w}$

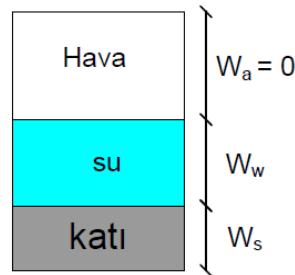
Faz İlişkileri

- Ağırlık (veya kütle) ile hacim ilişkilerini tarif etmek için faz diyagramı kullanılır.



Su muhtevası (w)

- Su muhtevası zemindeki suyun ağırlığının katı taneciklerin ağırlığına oranıdır. Aşağıdaki şekilde W yerine ağırlık olarak M kullanılacaktır.
- Çoğunlukla yüzde olarak ifade edilir.



$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

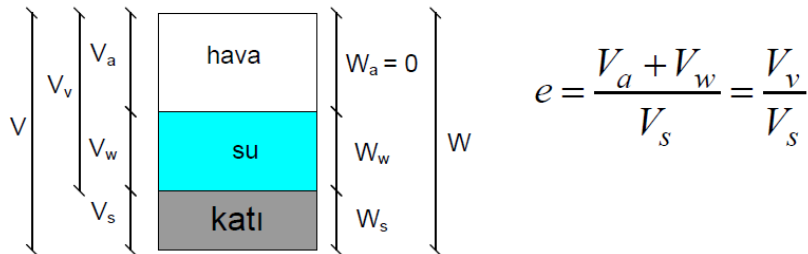
Förmülde W yerine ağırlık olarak M kullanılacaktır.

Elde edilişi;

- Zemin nümunesi tartılır ($W_s + W_w$)
- Etüvde kurutulur
- Kuru ağırlık bulunur (W_s)

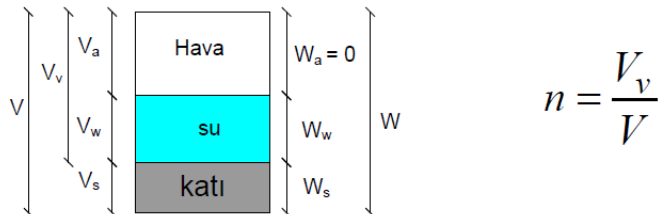
Boşluk Oranı (e)

- Boşluk oranı boşluk hacminin katı tane hacmine oranıdır.
- Genellikle ondalık sistemde ifade edilir.



Porozite (n)

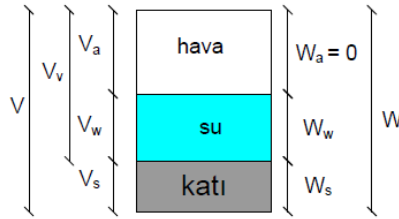
- Porozite zemindeki boşlukların hacminin toplam hacme oranıdır.
- Genellikle yüzde olarak ifade edilir.



$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_v}{V_s + V_v} = \frac{V_v/V_s}{V_s/V_s + V_v/V_s} = \frac{e}{1+e} \longrightarrow n = \frac{e}{1+e}$$

Özgül Yoğunluk(G_s)

- Özgül yoğunluk zeminin katı taneciklerinin birim hacim ağırlığının suyun birim hacim ağırlığına oranıdır.



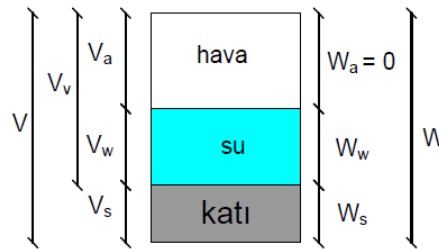
$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

Suyun bir. hac. ağı.,
9.81kN/m³;

- Zeminlerde G_s değişimi yaklaşık 2.6 ile 2.8 arasındadır.
- Çoğu problemlerde zemin için G_s değeri az bir hata ile 2.7 olarak alınabilir.

Doygunluk Derecesi (S)

- Doygunluk derecesi zeminin boşluklarındaki suyun hacminin boşluk hacmine oranıdır.
- Genellikle yüzde olarak ifade edilir.

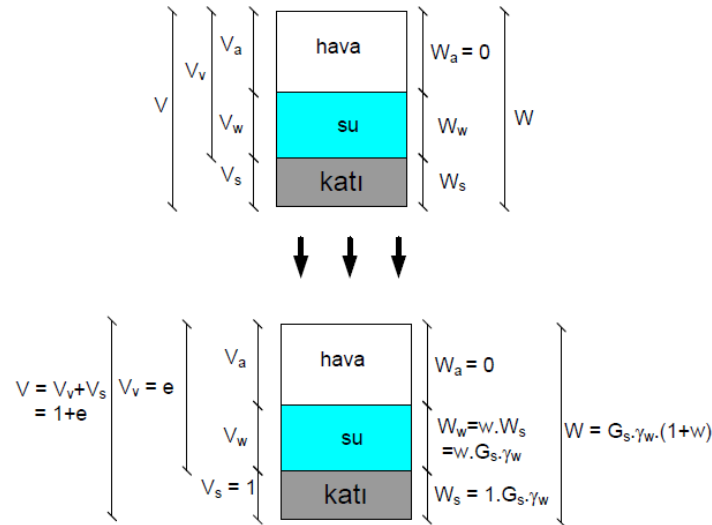


$$S = \frac{V_w}{V_v}$$

Eğer $S=1$ veya 100% ise, zemin doygundur, $S=0$ ise kurudur.

$$S = \frac{V_w}{V_v} = \frac{V_w}{V_v} \frac{V_s}{V_s} = \frac{V_w}{V_s e} = \frac{W_w}{V_s \gamma_w e} \frac{W_s}{W_s} = \frac{W_w}{W_s} \frac{G_s}{e} \rightarrow S = \frac{w G_s}{e}$$

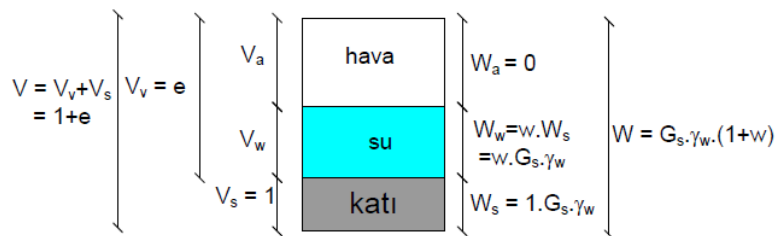
Gerekli ilişkileri elde etmek için faz diyagramının kullanımı



Birim hacim ağırlık (γ)

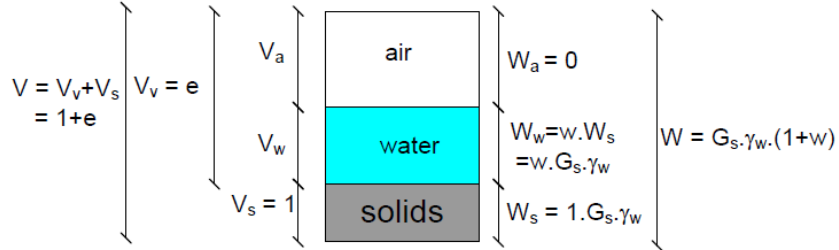
- Birim hacimdeki zeminin ağırlığı birim hacim ağırlıktır.
- Kütleli birim hacim ağırlık terimi de aynı anlamda kullanılır.

$$\gamma = \frac{W}{V}$$



$$\gamma = \frac{G_s \gamma_w (1 + w)}{1 + e} \text{ veya } S = \frac{w G_s}{e} \longrightarrow \gamma = \left(\frac{G_s + S e}{1 + e} \right) \gamma_w$$

Birim hacim ağırlık (γ)



Doygun bir. hac. ağı., $S=1$ (γ_{sat}) $\gamma_{sat} = \left(\frac{G_s + e}{1 + e} \right) \gamma_w$

Kuru, $S=0$ (γ_d) $\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \left(\frac{G_s}{1 + e} \right) \gamma_w = \frac{\gamma}{1 + w}$

Su altındaki birim hacim ağırlık (γ') $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = \left(\frac{G_s - 1}{1 + e} \right) \gamma_w$

Yoğunluk (ρ)

- Aynı parametreler ağırlık cinsinden değil de kütle cinsinden ifade edilebilir. Bunlar **yoğunluk**, ρ , **kuru yoğunluk**, ρ_d ve **suyun yoğunluğudur**, ρ_w .

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \text{yoğunluk}$$

$$\rho_d = \frac{M_s}{V} \quad \text{Kuru yoğunluk}$$

$$\rho_w = \frac{M_w}{V_w} \quad \text{Suyun yoğunluğu (1000kg/m}^3\text{, } \gamma_w = 62.4\text{lb/ft}^3\text{)}$$

Rölatif (Göreceli) Sıkılık(D_r)

- Göreceli sıkılık iri taneli zeminlerin mevcut istiflenme sıkılığının olası en sıkı ve en gevşek durumlara göre hangi seviyede olduğunu ifade eden ve deneysel olarak bulunan bir indekstir.

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

e_{\max} → maksimum boşluk oranı (en gevşek durum)

e_{\min} → minimum boşluk oranı (en sıkı durum)

e → mevcut boşluk oranı

- Göreceli sıkılık aşağıdaki gibi de yazılabilir.

$$D_r = \frac{\gamma_d - (\gamma_d)_{\min}}{(\gamma_d)_{\max} - (\gamma_d)_{\min}} \left(\frac{(\gamma_d)_{\max}}{\gamma_d} \right) \quad \gamma_k = \gamma_d$$

- Rölatif sıkılık iri taneli zeminlerin mukavemetini ifade eden korelasyonlarda kullanılmaya uygundur–sıkı zeminlerin mukavemeti gevşek olanlardan yüksektir.

Rölatif Sıkılık

(%)

0-15

15-35

35-65

65-85

85-100

Sıkılık

Çok gevşek

Gevşek

Orta Gevşek

Sıkı

Çok sıkı

SORU Yer altı suyu altındaki bir seviyeden kil numunesi alınmıştır. Su muhtevası deneyinden elde edilen veriler;

Teneke kabın kütlesi= 10.88gr

Kabın kütlesi+ nemli zemin= 116.02gr

Kabın kütlesi + kuru zemin= 85.34gr

a. Su muhtevasını hesaplayınız,

b. Boşluk oranı ve birim hacim ağırlık için anlamlı değerler bulunuz.

Gs değerini 2.65 alınız.

SORU Yer altı suyu altında yer alan temiz ve açık renkli kuartz kumundan oluşmuş bir tabakanın su muhtevası 25.6% dir. Bu zeminin minimum ve maksimum boşluk oranları 0.380 ve 1.109 dur. Bu zemin için uygun göreceli sıkılık değerini bulunuz.

Gs değerini 2.65 alınız.

- Problem çözümlerinde kullanmanız gereken bazı förmüller bir sonraki sayfada size verilmiştir.
- Formüllerin bu şekillerini kullanmaya dikkat edelim.

Problem Çözümlerinde Kullanılacak İlişkiler

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% = \frac{M_w}{M_s} \times 100\%$$

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{W_d}{V}$$

$$\rho = \frac{M}{V}, \rho_d = \frac{M_s}{V}$$

$$G_s = \frac{W_s/V_s}{\gamma_w} = \frac{M_s/V_s}{\gamma_w}$$

Diğer İlişkiler

$$W = W_s + W_w$$

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a$$