

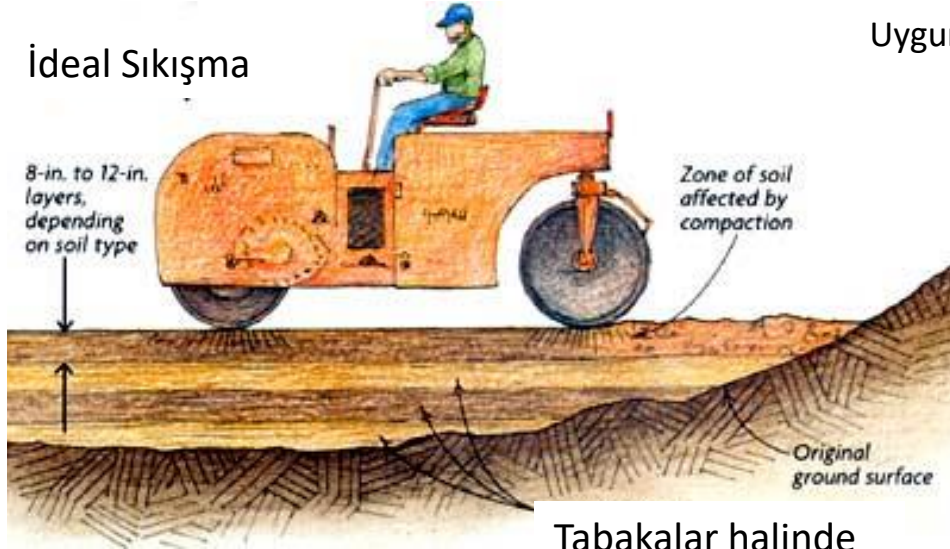
JFM304

Zeminlerde Ani Sıkışma

4. KOMPAKSİYON : ZEMİNLERDE ANİ SIKIŞMA

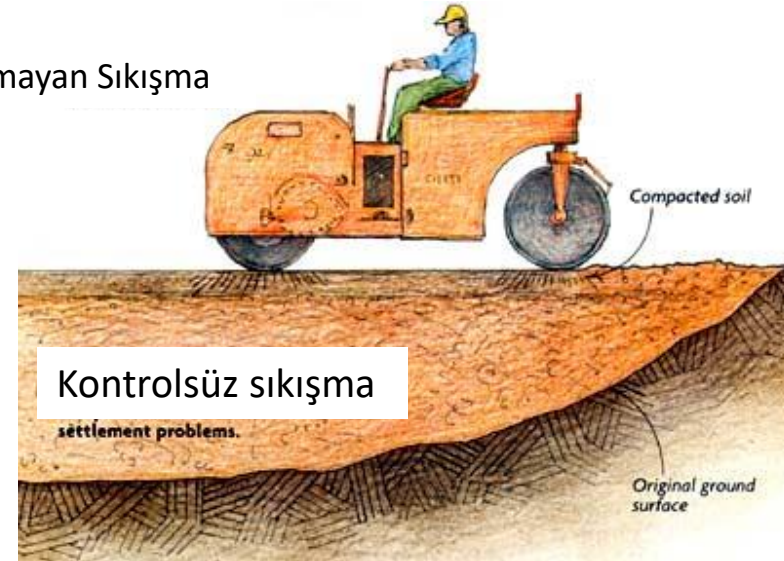
Her tür dolgu, toprak barajlar gibi mühendislik yapılarında kullanılacak gevşek ve/veya yumuşak kıvamdaki zeminlerin birim ağırlık değerini yükseltmek için sıkıştırma işlemi yapılmalıdır. Sıkıştırılan zeminin taşıma gücü ve dayanım parametrelerinde artış gözlenir. Dolgu ve şevlerde stabilite artışı yanında, yapılar altındaki istenmeyen oturmalar da bu şekilde azaltılabilmektedir.

Ani Sıkıştırma (Kompaksiyon) : Mekanik enerji yardımı ile zemin boşluklarındaki havanın uzaklaştırılmasına bağlı birim ağırlık artırılmasıdır. Sıkışmanın derecesi zeminin **“kuru birim ağırlığı”** ile belirlenir. Kuru bir zemine su eklenmesi, tanelerin mekanik enerji ile sıkıştırılması esnasında daha kolay hareket ederek yoğun bir paketlenmeye maruz kalmasına neden olur. Su içeriği arttıkça, belirli bir noktaya kadar kuru yoğunluk da artış gösterir. **“Kuru yoğunluğun, katıların yoğunluğunun toplam hacme oranı olduğunu hatırlayınız”**.



Tabakalar halinde sıkıştırma

Uygun olmayan Sıkıştırma

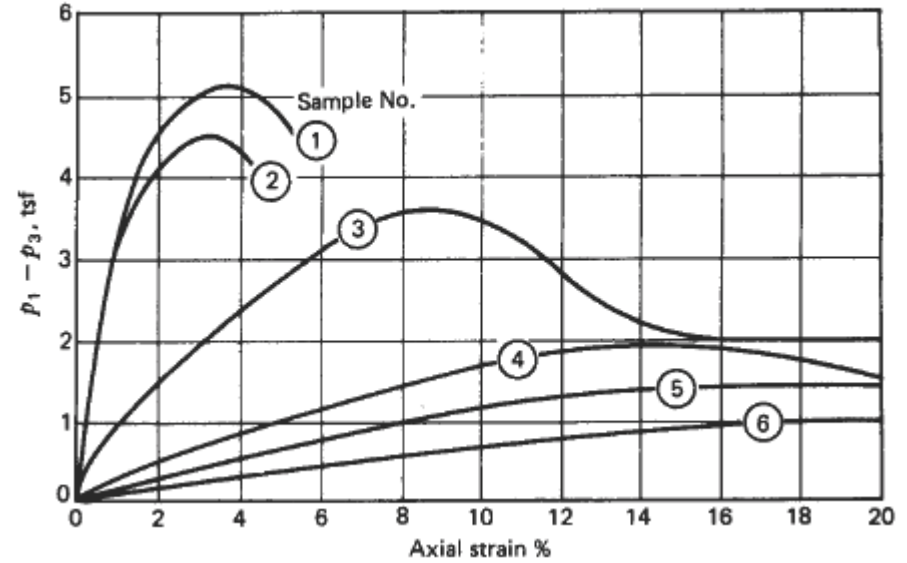
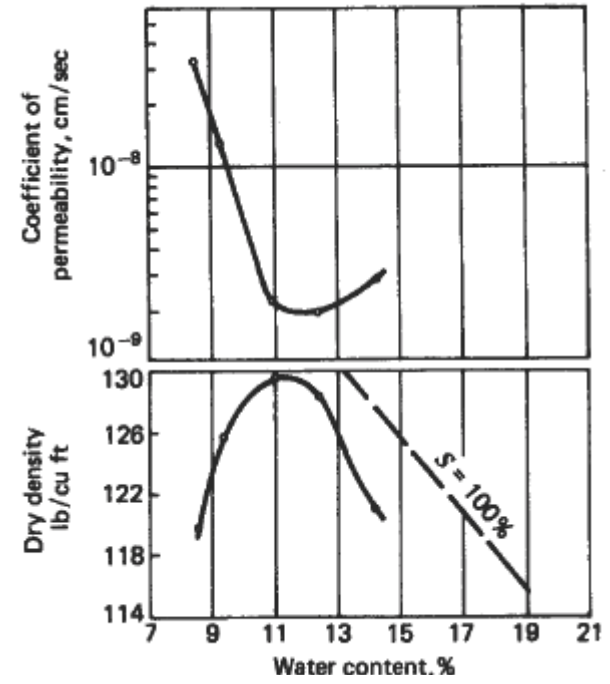


Zeminler Neden Sıkıştırılır?

1. Yoğunluk/birim ağırlık artırmak
2. Oturmaları azaltmak
3. Dayanımı artırmak
4. Geçirimliliği azaltmak



<https://www.bkt-tires.com/around-bkt/blog/post/soil-compaction-how-to-avoid-it>



Schroeder, vd.(2001)

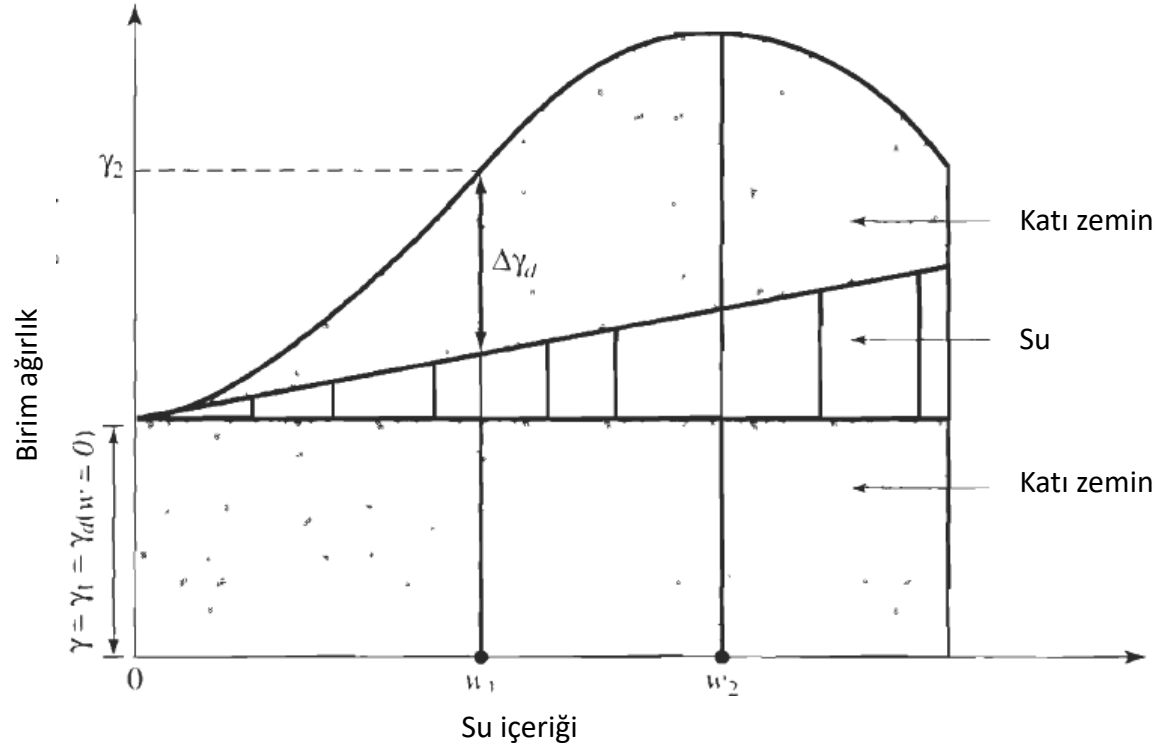
Tamamen kuru bir zeminde (su içeriği ve doygunluk sıfır) kuru birim ağırlık ile normal birim ağırlık eşit olacaktır.

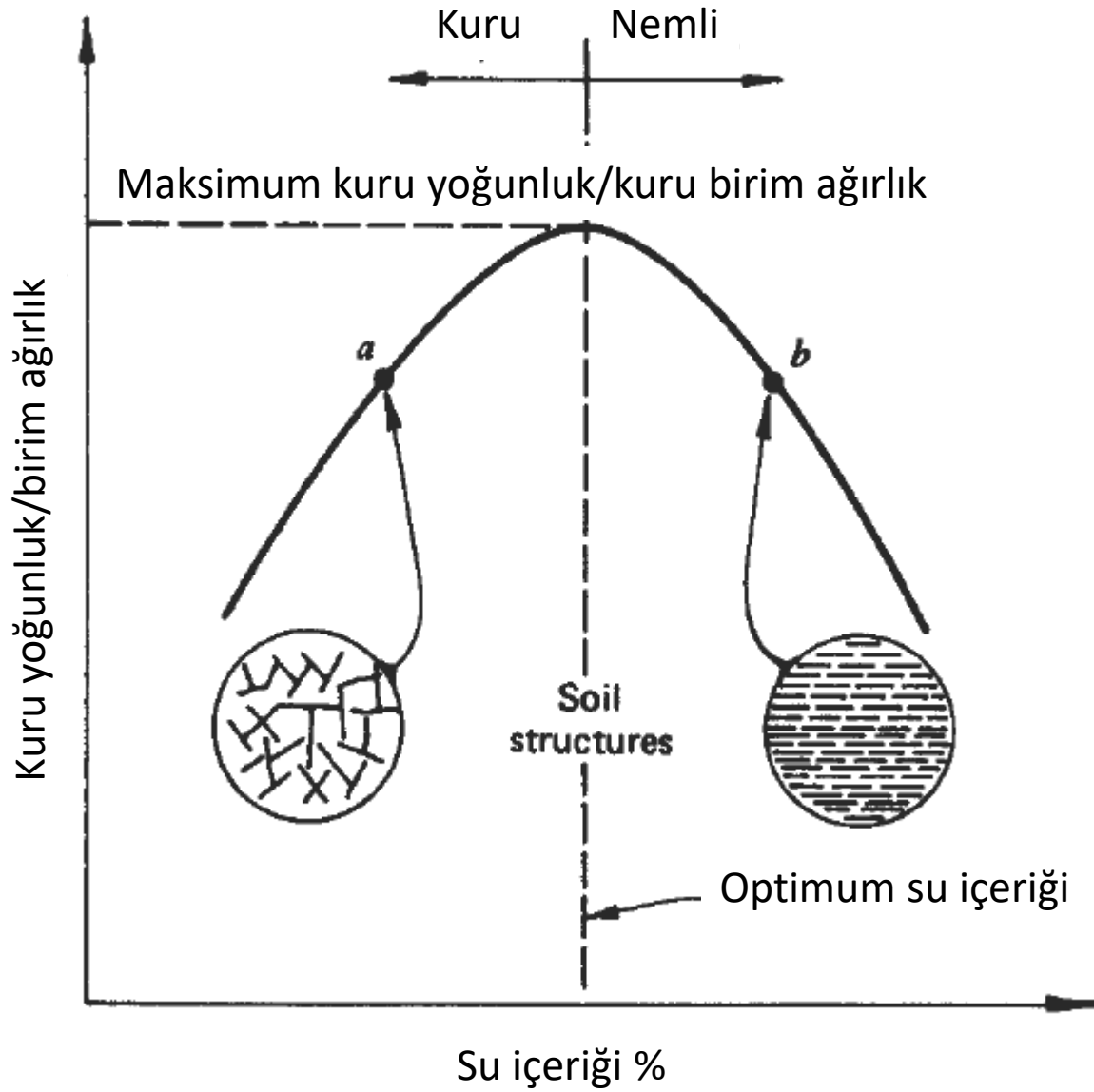
$$\gamma = \gamma_{d(\omega=0)} = \gamma_1$$

Su içeriğinin kontrollü ve orantılı bir şekilde artması ile birim hacimdeki katıların yoğunluğu artacaktır. Su içeriğinin ω_1 olduğu noktada birim ağırlık γ_2 olacaktır.

Bu noktada kuru birim ağırlık; $\gamma_{d(\omega=\omega_1)} = \gamma_{d(\omega=0)} + \Delta\gamma_d$

Su içeriğinin w_2 olduğu noktadan sonraki her su içeriği artışı ile kuru birim ağırlık azalmaya başlar. Bu olayın temel sebebi; katı taneler tarafından doldurulması gereken boşlukların su ile dolmaya başlaması ve suyun sıkışabilirliğinin çok düşük olmasıdır.

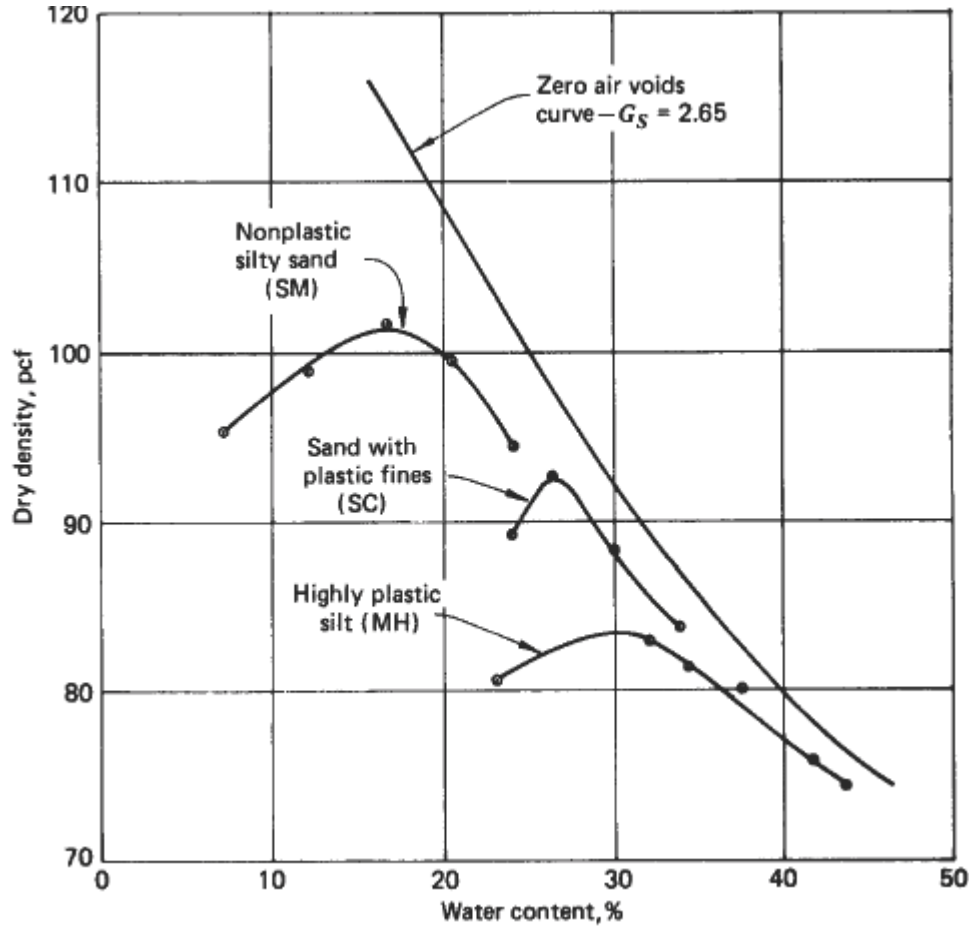




Zeminler kuru ve/veya doygunluğa yakın durumda sıkışabilirler. İdeal bir sıkışma sağlanabilmesi için iki parametre gereklidir.

1. Optimum su içeriği
2. Maksimum kuru yoğunluk/birim ağırlık

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \omega}$$



Farklı plastik özelliğe sahip zeminlerde sıkışma

İnce taneli zeminleri sıkıştırabilmek için İri taneli zeminlere göre daha fazla mekanik enerji gerekmektedir.

Dolayısıyla, farklı zeminleri sıkıştırmak için uygulanan deney prosedürleri farklıdır.

Tamamen suya doymun bir zeminde ($S_r=1.0$), hava yüzdesi (A) sıfır olacaktır.

Doymunluğa ulaşmış zeminde çizilen sıfır hava eğrisinin nemli kısma paralel olduğuna dikkat ediniz. Bu eğriye paralel çizilen diğer doymunluk eğrilerini oluşturabilmek için optimum su içeriğinden daha yüksek su içeriği koşulları geçerli olmalıdır.

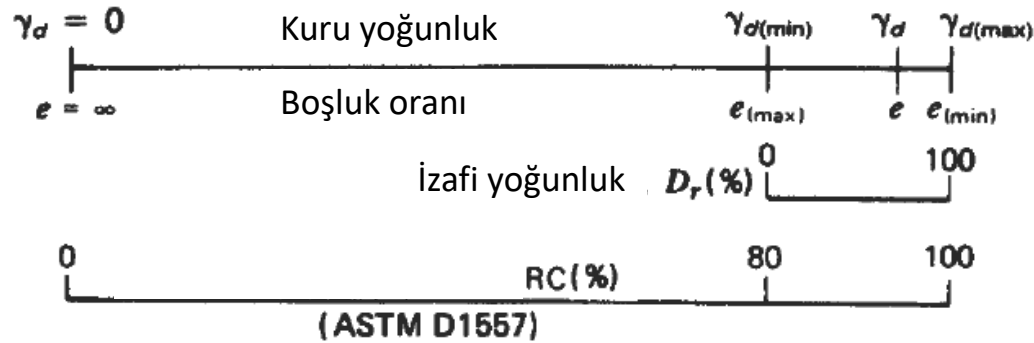
$$\gamma_{d(zav)} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + wG_s}$$

$$I_D(R_D) = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \longleftrightarrow \text{Kumlu ve çakıllı zeminlerin sıkışma özellikleri temelde izafi yoğunluğa bağlıdır}$$

İzafi Sıkışma (RC)

İri taneli zeminlerde laboratuvar ve arazide sıkılaştırma derecesinin ifade edilmesi için kullanılır. Laboratuvarda maksimum kuru yoğunluk deneysel olarak elde edilebilir. Arazide laboratuvara göre çok daha fazla zeminin sıkıştırılması gerekeceğinden ideal sıkışma şartlarının kontrol edilmesi gereklidir. İzafi yoğunluk (R_D , D_r) ile aralarında kesin bir ayırım bulunmamakla beraber, arazideki kuru yoğunluk değerine göre, izafi sıkışma değeri %100'den fazla olabilirken, izafi yoğunlukta buna benzer bir durum bulunmaz.

$$RC = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d(max)}} \times 100$$



$$D_r = \left[\frac{e_{(max)} - e}{e_{(max)} - e_{(min)}} \right] 100 = \frac{\gamma_{d(max)}}{\gamma_d} \left[\frac{\gamma_d - \gamma_{d(min)}}{\gamma_{d(max)} - \gamma_{d(min)}} \right] 100$$

$$RC = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d(max)}} \times 100$$

İzafi sıkışma (RC) ile izafi sıklık arasındaki ilişki (Lee and Singh, 1971)

Sıkışmada Laboratuvar Testleri

Standart Proktor : İri taneli zeminlerin standart ölçülerdeki bir kalıp (mold) içinde 25. kg lık tokmak (çekiç) ile üç tabaka halinde sıkıştırılması esasına dayanır. Her deneyde kalıp tamamen su ile karıştırılmış katı zeminden oluşan toplam bir hacim ve kütleye sahip olacaktır. Zeminin tamamen kuru halinden su ile karıştırılarak ideal koşullarda sıkıştırılmış olması için optimum su içeriği ve maksimum kuru yoğunluğa ulaşması gereklidir.

Modifiye Proktor : İnce taneli taneli zeminlerin (özellikle kil) standart ölçülerdeki bir kalıp (mold) içinde 4.5 kg lık tokmak ile beş tabaka halinde sıkıştırılması esasına dayanır.

$$E = \frac{W.H.L.N}{V}$$

E : Sıkıştırma kuvveti, kPa
N : Her tabaka için darbe adedi
V : Mold hacmi, cm³

H: Çekicinin düşüş yüksekliği, cm
L: Tabaka sayısı
W: Çekiğin ağırlığı, kN

Standart Proktor Testi

30 cm: düşme yüksekliği

2.5 kg: çekiğin kütlesi

25 düşme/katman

3 katman

Mold hacmi: 1/30 ft³

Enerji: 12,375 ft·lb/ft³

Modifiye Proktor Testi

45 cm: düşme yüksekliği

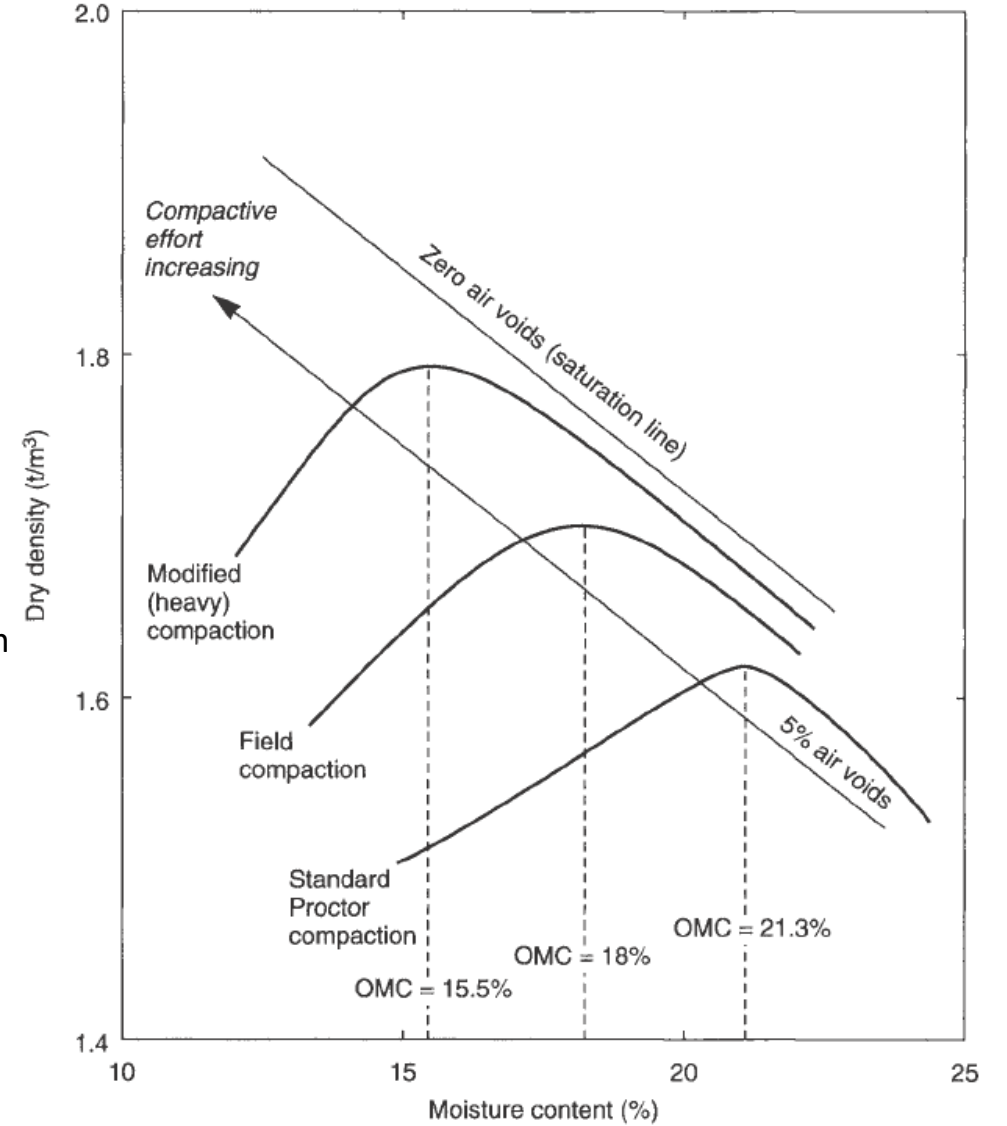
4.5kg: çekiğin kütlesi

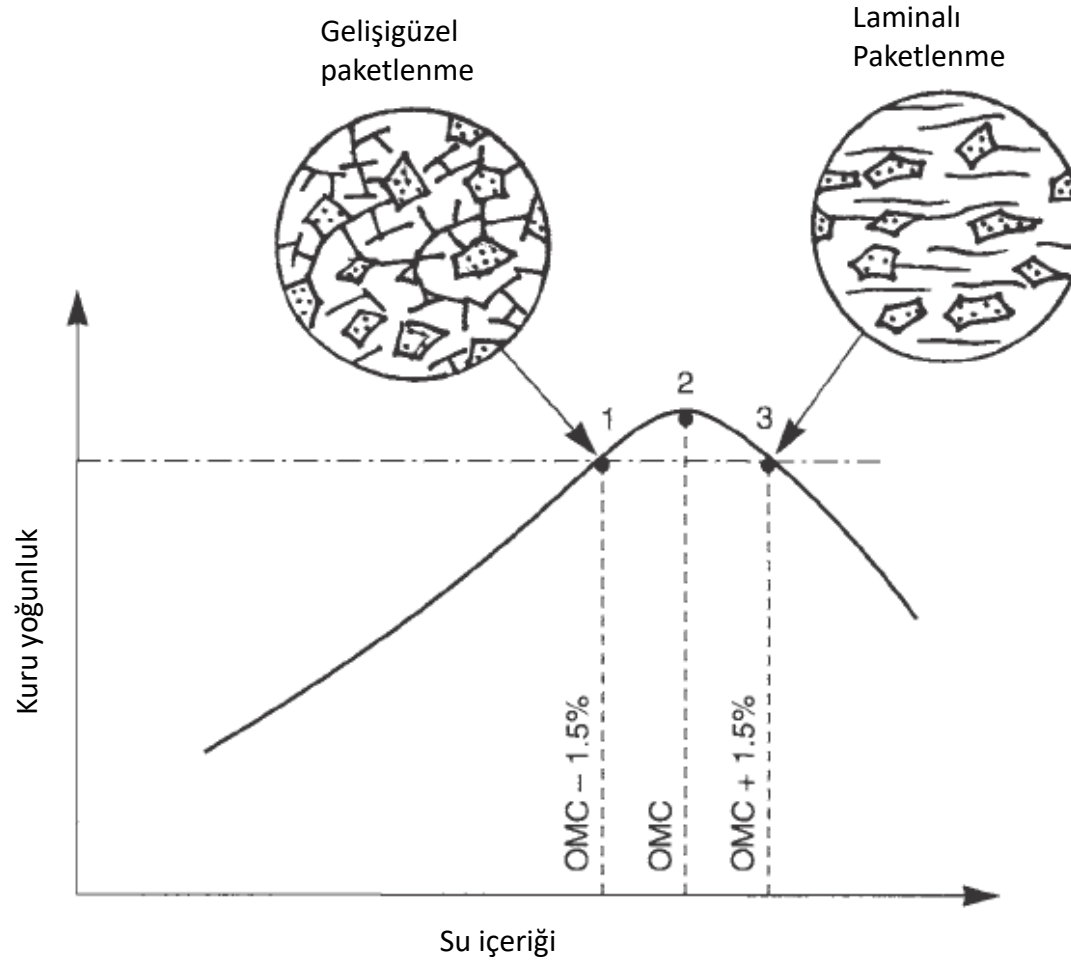
25 düşme/katman

5 katman

Mold hacmi: 1/30 ft³

Enerji 56,250 ft·lb/ft³





| | |
|------------------|-----------|
| Dry density | 2 . 1 = 2 |
| Moisture content | 3 . 2 . 1 |
| Porosity | 1 = 3 . 2 |
| Saturation | 3 . 2 . 1 |
| Shear strength | 1 . 2 @ 3 |
| Stiffness | 1 . 2 @ 3 |
| Permeability | 1 . 2 @ 3 |



Arazide yoğunluk ve sıklık kontrol metodları

(a) Kum Konisi, (b) Nükleer yoğunluk ölçümü