

Zeminlerde Gerilme Dağılışının Bilgisayar ile Analizi

Devrim Alkaya¹, Burak Yeşil^{2*}

¹ Yard. Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Denizli

^{2*} Öğretim Gör, Düzce Üniversitesi, DMYO, İnşaat Teknolojisi Bölümü, Düzce

burakyesil@duzce.edu.tr, burakyesil06@hotmail.com

Özet: Gerilme analizi ve deformasyon problemleri konusunda Zemin mekaniğinde araştırmalar halen devam etmektedir. Zeminde doğal gerilmelerin ve yükleme sonrası oluşan gerilme artışlarının hesaplanması için çok sayıda formül, abak kullanılmakta yada basitleştirilmiş yöntemlerden yararlanılmaktadır. Mühendislerin alışık oldukları yapı-betonarme programları içerisinde gerilme analizi yapan modüllerin olmaması oturma hesaplarının yapılmaması veya eksik yapılması sonucunu doğurmaktadır. Bu eksikliğin giderilebilmesi ve gerilme artışlarını hesaplarını hızlı, güvenilir yapabilen ve mühendisin farklı alternatifleri hızla analiz edebilmesini sağlamak amaçlı tablolama programları kullanılarak program geliştirilmiştir. Geoteknik mühendisliğinde zemin etüdüleri öncesi zemin inceleme derinliğinin tespiti, projelerin tamamlanması sonrası oluşacak oturma hesapları için gerilme artışı hesaplarının kolaylaştırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Zemin mekaniği, Gerilme analizi, Yazılım, Geoteknik mühendisliği

Computer Aided Analysis of Stress Distribution in Soils

Abstract: The investigations on stress analysis and deformation problems continue in soil mechanics. Many formulas, charts or simplified methods are used for the calculation of natural stresses in the soil or the increase of stresses after loading. The engineers are accustomed to using construction/reinforced concrete software but these software do not have modules for stress analysis and this partly/fully prevents making consolidation calculations. A software is developed by using spreadsheet software for overcoming this gap and for the rapid, reliable calculation of stress increase and for enabling the engineer to calculate different alternatives rapidly. It was aimed to determine the soil investigation depth before the land surveys in geotechnical engineering and to simplify the calculations of stress increase for consolidations that will generate after the completion of the projects.

Keywords: Soil mechanics, Stress analysis, Software, Geotechnical engineering

1. Giriş

Zemin inceleme derinliğinin belirlenmesi ve deformasyon problemlerinde, özellikle de oturma hesaplarında, göçmeden önceki safhalarda, yüzey veya yüzeye yakın yüklerden dolayı oluşan zemin ortamında oluşan gerilmelerin bilinmesi gerekir. Zeminin karmaşık yapıda olmasından dolayı, zemin için gerçekçi gerilme- deformasyon analizleri yapmak oldukça zordur. Bu nedenle, yaklaşık olmasına rağmen, Elastisite

Teorisi kullanılarak gerçeğe en yakın şekilde hesaplar yapılmaktadır.

Bu çalışmada çeşitli yüklerinden, zemin ortamında oluşan düşey gerilme artışları ($\Delta\sigma_z$), açıklanmış ve problemlerin çözümünde geliştirilen bilgisayar programı tanıtılmıştır.

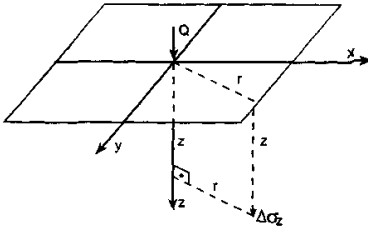
2. Gerilme Analizi

Gerilme analizlerinde büyük çoğunlukla elastisite teorisi kullanılmaktadır. Elastisite Teorisi kullanılırken, şu basitleştirici kabuller yapılır; 1) Zemin, elastik olup, gerilme-deformasyon ilişkisi doğrusaldır. Başka bir deyişle Hooke Yasası geçerlidir. 2) Zemin ortamı homojendir. 3) Zemin ortamı izotropdur. Yani, özellikleri bir noktada, her doğrultuda aynıdır. 4) Zemin ortamı, yarım sonsuzdur. Gerçekte bu kabullerin çoğu gerçekçi değildir. Ancak, Elastisite Teorisi, bu basitleştirici kabullerle, pratikte kullanılabilir, makul sonuçlar vermektedir. (Uzuner 2012)

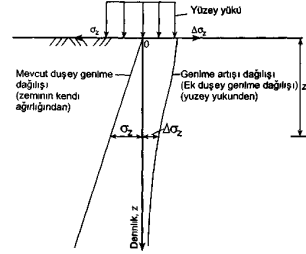
Zemine verilen yüklerden dolayı, zemin ortamında, sadece düşey doğrultuda gerilme artışları meydana gelmez, diğer doğrultularda da gerilme artışları oluşur. Sınırlı yüzey alan yüklerinden zemin ortamında oluşan düşey gerilme artışları, derinlikle azalır. Sığ bir derinlikte etkiyen yükler de, yaklaşık olarak yüzey yükleri gibi düşünülebilir.

$$\Delta\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \left[\frac{1}{1+(r/z)^2} \right]^{5/2} \frac{Q}{z^2} = K_B \frac{Q}{z^2} \quad (1)$$

K_B : Boussinesq etki faktörü. Düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$, zeminin elastisite modülü (E) ve poisson oranından (ν) bağımsızdır.



Şekil 2. Nokta yük.



Şekil 1. Zeminde mevcut düşey gerilme ve düşey gerilme artışı dağılımları.

Gerilme analizleri için noktasal (tekil), çizgisel yük, üniform yüklü dairesel alan, üniform yüklü dikdörtgen alan gibi yük kabülleri yapılarak zemin içinde oluşan gerilme artışları hesaplanmaktadır.

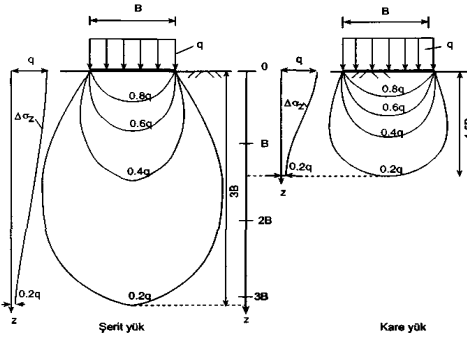
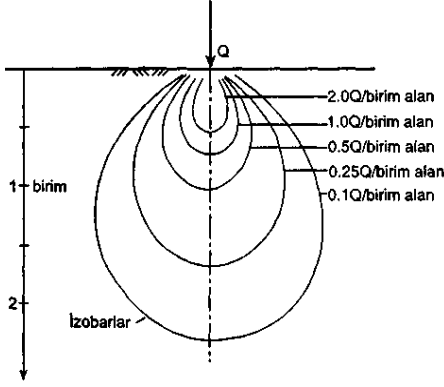
2.1. Nokta (tekil) yük

Boussinesq (1885), lineer, elastik, homojen, izotrop, yarım sonsuz ortamda, bir yüzey tekil yükünden oluşan gerilme problemine çözüm getirmiştir (Şekil 2). Boussinesq, Q yüzey yükünden dolayı, z derinliğinde, r yatay uzaklığındaki bir noktada oluşan düşey gerilme artışı için aşağıdaki bağıntıyı vermiştir (Denklem 1).

Yüzey yüklerinden dolayı, zeminde oluşan gerilme artışlarının dağılımları, çeşitli biçimlerde gösterilebilir.

a) İzobarlar

İzobar (eşbasınç eğrisi), eşit düşey gerilme artışlarına sahip noktaları birleştiren eğri olup, Şekil 9.5'te tekil yükten oluşan izobarlar görülmektedir.

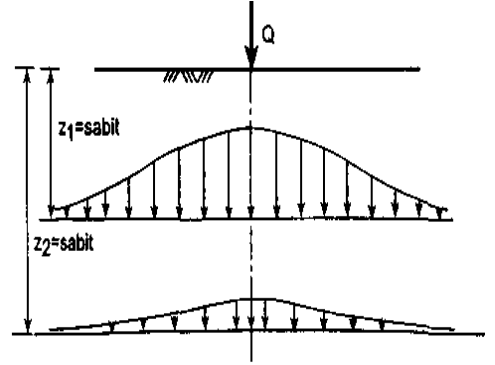


Şekil 3. Nokta yük için üniform şerit ve kare yükten oluşan izobarlar.

Şekil 3'te, üniform şerit ve üniform kare yükten oluşan izobarlar görülüyor. 0.2q değeri; şerit yükte 3B derinliğine, kare yükte ise 1.5 B derinliğine kadar iniyor.

b) Yatay bir düzlemde veya doğrultuda düşey gerilme dağılışı

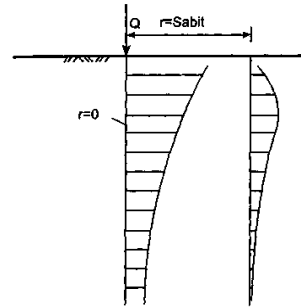
Herhangi bir derinlikte, yatay bir düzlem veya doğrultu üzerindeki düşey gerilme artışının dağılışı grafik olarak gösterilebilir. Şekil 4'te, Q nokta yükünün altında, z1 ve z2 sabit derinliklerinde, yatay doğrultulardaki düşey gerilme artışlarının dağılışı görülüyor.



Şekil 4. Nokta yük altında, yatay doğrultulardaki gerilme artışlarının dağılışı.

c) Düşey bir düzlemde veya doğrultudaki düşey gerilme dağılışı

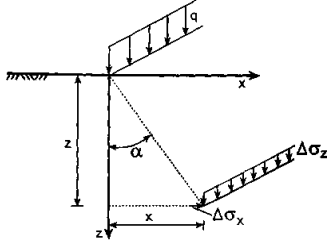
Herhangi bir r = sabit uzaklıktaki bir düzlem veya doğrultudaki düşey gerilme artışının dağılışı da grafik olarak gösterilebilir. Şekil 5'te tekil yükten dolayı, sabit uzaklıklardaki düşey doğrultular boyunca, düşey gerilme artışlarının dağılışı görülüyor.



Şekil 5. Tekil yükten düşey doğrultularda oluşan düşey gerilme artışlarının dağılışı.

2.2. Çizgisel yük (Üniform)

Şekil 6'da, bir çizgisel yükten oluşan yatay ve düşey gerilme artışları, $\Delta\sigma_z$ ve $\Delta\sigma_x$, görülmektedir.



Şekil 6. Çizgisel yükten oluşan düşey ve yatay gerilme artışları.

$$\Delta\sigma_z = \frac{2qz^3}{\pi(x^2 + z^2)^2}$$

veya
$$= \frac{2q}{\pi z} \left[\frac{1}{1 + (x/z)^2} \right]^2 = \frac{q}{z} I_L \quad (3)$$

ile ve yatay gerilme artışı değeri, $\Delta\sigma_x$, ($\nu = 0.5$ kabul edilerek) de,

$$\Delta\sigma_x = \frac{2qx^2z}{\pi(x^2 + z^2)^2} \quad (4)$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} (\alpha + \sin\alpha \cos(\alpha + 2\beta)) \quad \text{veya} \quad \Delta\sigma_z = qI_s \quad (5)$$

$$I_s = \frac{\alpha + \sin\alpha \cos\alpha(\alpha + 2\beta)}{\pi} \quad (6)$$

hesaplanabilir (Denklem 5, 6). Yatay gerilme artışı da,

$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi} (\alpha - \sin\alpha \cos(\alpha + 2\beta)) \quad (7)$$

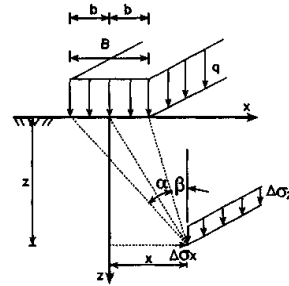
ile hesaplanabilir (Denklem 7). Bağıntılarda ilk parantezden hemen sonra gelen α radyan cinsindedir.

Bir q çizgisel yükünden, z derinliğinde ve x uzaklıkta oluşan düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$, değeri;

$$I_L = \frac{2}{\pi} \left[\frac{1}{1 + (x/z)^2} \right]^2 \quad (2)$$

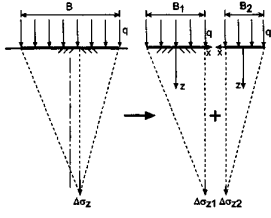
2.3. Üniorm Şerit Yük

Üniorm bir şerit yükten oluşan düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$, (Şekil 7),



Şekil 7. Üniorm şerit yükten oluşan düşey ve yatay gerilme artışları.

Şerit yükün kendi alanı altında gerilme artışını hesaplamak için, hesaplamayı iki parçaya ayırmak ve süperpozisyon kuralını uygulamak gerekir (Şekil 8).



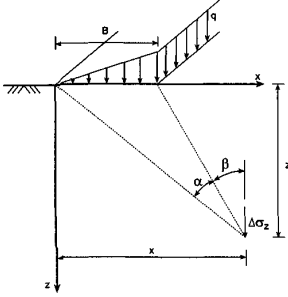
Şekil 8. Şerit yükün iki parçaya ayrılması.

Böyle bir yükten meydana gelen düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$ aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir (Denklem 8, 9).

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} \left(\frac{x}{B} \alpha - \frac{1}{2} \sin 2\beta \right) \quad (8)$$

2.4. Üçgen Şerit Yük

Üçgen şerit yük, uzunluğu büyük olan ve genişlik boyunca, doğrusal (linear) olarak değişen bir yükür (Şekil 9).



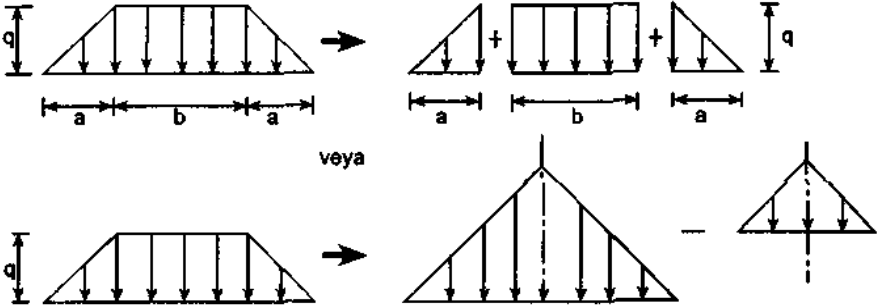
Şekil 9. Üçgen şerit yük altında düşey gerilme artışı.

α , radyan cinsindedir.

$$\Delta\sigma_z = I_T q, I_T = \frac{1}{\pi} \left(\frac{x}{B} \alpha - \frac{1}{2} \sin 2\beta \right) \quad (9)$$

2.5. Yamuk şerit yük

Yamuk şerit yük; uzunluğu büyük olan ve en kesiti yamuk biçimli olan bir yük türüdür (Şekil 10). Pratikte; uzun şevli dolgular böyle bir yük gibi düşünülebilir.



Şekil 10. Yamuk şerit yük ve eşdeğerleri.

Yamuk şerit yükten oluşan gerilme artışları; iki üçgen ve bir uniform şerit yükün toplamı, veya iki üçgen şerit yükün farkı olarak hesaplanabilir.

$$\Delta\sigma_z = \left[1 - \left\{ \frac{1}{1 + (R/z)^2} \right\}^{3/2} \right] q = K_c q \quad (10)$$

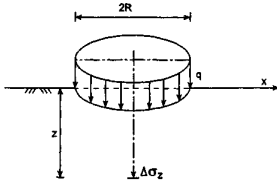
2.6. Ünlform Yüklü Daire Alan

Böyle bir alanın ortası altında (Şekil 11) ve z derinliğindeki bir noktada düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$,

ile hesaplanır (Denklem 10). Çeşitli z/R için kısa bir tablo, Tablo 1'de görülmektedir.

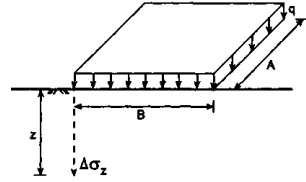
Tablo 1. Üniorm yayılı yükle yüklü daireesel alanın merkezi altındaki gerilme artışları için etki faktörleri, Kc

z/R	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	10.
Kc	1.0	0.992	0.949	0.864	0.756	0.646	0.547	0.424	0.284	0.146	0.087	0.057	0.015



Şekil 11. Üniorm yayılı yükle yüklü daire alanın merkezi altında düşey gerilme artışı.

derinliğindeki bir noktada, düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$,



Şekil 12. Üniorm yüklü dikdörtgen alanın bir köşesi altında düşey gerilme artışı.

2.7. Üniorm Yüklü Dikdörtgen Alan

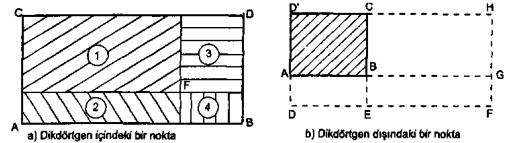
Üniorm yayılı yükle yüklü dikdörtgen bir alanın bir köşesi altında (Şekil 12) ve z

$$\Delta\sigma_z = \frac{2q}{\pi z} \left[\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \left(\frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} \right) + \tan^{-1} \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2-m^2n^2+1} \right] = K_q \quad (11)$$

ile veriliyor (Denklem 11). Bu Bağıntıda, 2. terimin (tan-1...) birimi radyandır. Ters trigonometrik fonksiyon radyan modunda (kipinde) çalıştırılır. Yine bu bağıntıda, 2. terim (tan-1...) (-) çıkarsa, bu terime π (3.14...) eklenmelidir. K etki faktörü olup, m ve n değerlerine göre tabloleştirilmiştir (Newmark, 1940).

Dikdörtgen alan içindeki bir F noktası (Şekil 13a) altında gerilme artışını hesaplamak için, alan, F noktasından geçen doğrularla alanlarına bölünür. Her bir alandan F noktasında oluşan gerilmeler toplanır (Denklem 12).

$$\Delta\sigma_z = (K_1 + K_2 + K_3 + K_4)q \quad (12)$$



Şekil 13. Dikdörtgen alan içinde ve dışındaki noktalar.

Tüm formüller (üniorm şerit yük, üçgen şerit yük, dikdörtgen üniorm yük vb.)'in sonuçları, ilgili tablolarla kabaca kontrol edilmelidir. Zira, formüllerle yanlış sonuçlar elde etmek (formüllerin kullanılışında yanlışlıklar, formüllerdeki basım hataları vb.) sıklıkla olasıdır. Tablolar, formüllerin bir tür sağlaması gibi kullanılmalıdır. Formüller tam sonuç verirken, tablolar birazcık yaklaşık sonuçlar verir.

Üniorm yüklü bir alanın içindeki veya dışındaki bir nokta altında oluşan gerilme, süperpozisyon kuralı uygulanarak ile hesaplanabilir.

Dikdörtgen alan dışındaki bir F noktası (Şekil 13b) altındaki gerilmeyi hesaplamak için, F noktasından geçen doğrularla, alanlar oluşturulur. F noktası altındaki gerilme,

superpozisyon kuralı ile aşağıdaki gibi hesaplanır (Denklem 13).

$$\Delta \sigma_z = q (K_{DFHD}' - K_{DFGA} - K_{EFHC} + K_{EFGB}) \quad (13)$$

2.8. Newmark Etki Diyagramı

Üniform yayılı yüküyle yüklü herhangi bir biçimli bir alanın içinde veya dışında, herhangi bir nokta altındaki gerilme, grafik olarak, Newmark etki diyagramı (Newmark, 1942) ile bulunabilir.

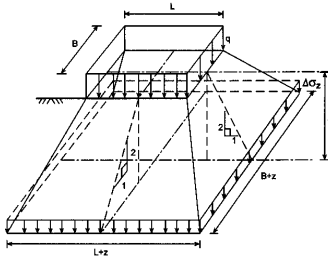
Bu yöntemde, önce üniform yüklü alanın ölçekli bir planı, şeffaf bir kağıt üzerine çizilir. Şeklin ölçüğü; noktanın derinliği, diyagramın üzerinde belirtilmiş diyagram ölçek uzunluğuna eşit olacak şekilde seçilir. Ölçekli çizilen şekilde, altında gerilme artışı aranan nokta, diyagramın merkezi üzerine getirilerek, alan sınırları içinde kalan elemanlar sayılır (n). Buradan gerilme artışı, aşağıdaki gibi hesaplanır (Denklem 14).

$$\Delta \sigma_z = inq \quad (14)$$

i, diyagramın etki değeri olup, her diyagram için bellidir.

2.9. Yaklaşık Yöntem

Bir dikdörtgen alanın altında, düşey gerilme artışı, yaklaşık olarak da hesaplanabilir. Burada, gerilme artışı dağılışının derinlik boyunca, 2:1 eğimi ile (Düşeyle 26.5 derecelik bir yayılış) gittiği kabul edilir (Şekil 14).



Şekil 14. Yaklaşık gerilme artışı.

Buna göre, q yayılı yükü ile yüklü LxB alanının z derinliği altındaki $\Delta \sigma_z$ gerilme artışı

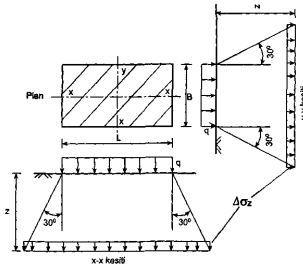
$$\Delta \sigma_z = \frac{qBL}{(B+z)(L+z)} \quad (15)$$

olur (Denklem 15).

Üniform yayılı yük ile yüklü bir dikdörtgen alan altındaki düşey gerilme artışını hesaplamak için kullanılan bir diğer yaklaşık yöntemde, düşeyle 30° lik bir yayılış kabul edilir (Şekil 15).

Bu yöntemde, z derinliğindeki gerilme artışı, $\Delta \sigma_z$, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Denklem 16).

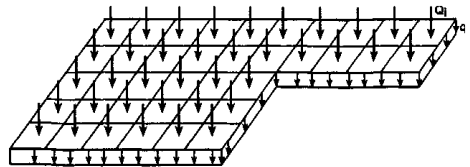
$$\Delta \sigma_z = \frac{qBL}{(B+1.155z)(L+1.155z)} \quad (16)$$



Şekil 15. Düşeyle 30° lik dağılış yöntemi.

2.10. Eşdeğer Tekil (Nokta) Yük Yöntemi

Üniform yayılı yüküyle yüklü alan, küçük alanlara bölünerek, her bir alanın yükü, o alan ortasında etkiyen tekil yüke dönüştürülür (Şekil 16).



Şekil 16. Eşdeğer tekil yük yöntemi.

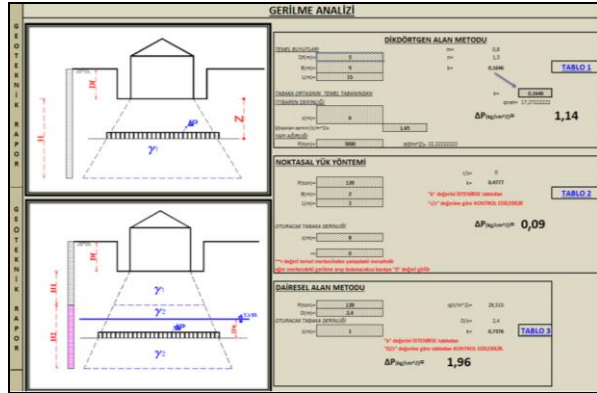
Aranılan noktada, tekil yüklerden dolayı oluşan gerilmeler, aşağıdaki gibi hesaplanır (Denklem 17).

$$\Delta\sigma_z = \frac{1}{Z^2} \sum_{i=1}^n K_{B_i} Q_i \quad (17)$$

Dikdörtgen vb. taban alanlı ve şevli üniform yayılı yük, yaklaşık üniform yayılı yük gibi dikkate alınabilir.

Geliştirilen yazılım ile zemindeki gerilme analizi hızlı ve güvenilir şekilde yapılabilmektedir. Şekil 17’de dikdörtgen alan yöntemi, dairesel alan metodu ve noktasal yük yöntemine göre farklı derinliklerde zeminde oluşan gerilmenin hesabı gösterilmektedir. Bu hesaplar yapılırken her yöntem için önerilen tablolar kullanılmaktadır (Şekil 19, 20).

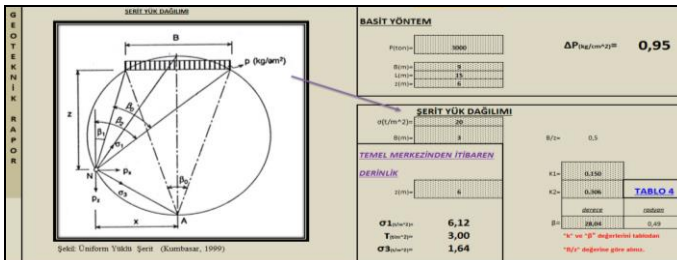
3. Gerilme Analizinin Geliştirilen Yazılım ile Yapılması



Şekil 17. Gerilme analizinin dikdörtgen ve dairesel alan ile noktasal yük yöntemiyle yapılması.

Program geliştirilirken oluşturulan resimlerle program girdilerinin daha anlaşılır olması hedeflenmiştir. Kullanıcı verileri girerken

nerede nasıl bir değer kullandığını bunu hangi şekilde elde edebileceği referanslarla belirtilmiştir.



Şekil 18. Gerilme analizinin basit yöntem ve şerit yük dağılımıyla yapılması.

GERİ		DİKDÖRTGEN ALAN METODU TABLO 1																		GERİ
		n																		
m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,5	3	5	10	∞
0,1	0,0047	0,0092	0,0132	0,0168	0,0198	0,0222	0,0242	0,0258	0,027	0,0279	0,0293	0,0301	0,0306	0,0309	0,0311	0,0314	0,0315	0,0316	0,0316	0,0316
0,2	0,0092	0,0179	0,0259	0,0328	0,0387	0,0435	0,0474	0,0504	0,0528	0,0547	0,0573	0,0599	0,0626	0,0651	0,0671	0,0686	0,0698	0,0707	0,0714	0,0719
0,3	0,0132	0,0259	0,0374	0,0474	0,0559	0,0629	0,0686	0,0731	0,0766	0,0794	0,0832	0,0856	0,0871	0,088	0,0887	0,0895	0,0898	0,0901	0,0902	0,0902
0,4	0,0168	0,0328	0,0474	0,0602	0,0711	0,0801	0,0873	0,0931	0,0977	0,1013	0,1063	0,1094	0,1114	0,1126	0,1134	0,1145	0,115	0,1154	0,1154	0,1154
0,5	0,0198	0,0387	0,0559	0,0711	0,084	0,0947	0,1034	0,1104	0,1158	0,1202	0,1263	0,13	0,1324	0,134	0,135	0,1363	0,1368	0,1374	0,1375	0,1375
0,6	0,0222	0,0435	0,0629	0,0801	0,0947	0,1069	0,1168	0,1247	0,1311	0,1361	0,1431	0,1475	0,1503	0,1521	0,1533	0,1548	0,1555	0,1561	0,1562	0,1562
0,7	0,0242	0,0474	0,0686	0,0873	0,1034	0,1168	0,1277	0,1368	0,1436	0,1491	0,157	0,162	0,1652	0,1672	0,1686	0,1704	0,1711	0,1719	0,172	0,172
0,8	0,0258	0,0504	0,0731	0,0931	0,1104	0,1247	0,1368	0,1461	0,1537	0,1598	0,1684	0,1739	0,1774	0,1797	0,1812	0,1832	0,1841	0,1849	0,185	0,185
0,9	0,027	0,0528	0,0766	0,0977	0,1158	0,1311	0,1436	0,1537	0,1619	0,1684	0,1777	0,1836	0,1874	0,1898	0,1915	0,193	0,1947	0,1956	0,1958	0,1958
1	0,0279	0,0547	0,0794	0,1013	0,1202	0,1361	0,1491	0,1598	0,1684	0,1752	0,1851	0,1914	0,1955	0,1981	0,1999	0,2024	0,2034	0,2044	0,2046	0,2046
1,2	0,0293	0,0573	0,0832	0,1063	0,1263	0,1431	0,157	0,1684	0,1777	0,1851	0,1958	0,2028	0,2073	0,2103	0,2124	0,2151	0,2163	0,2175	0,2177	0,2177
1,4	0,0301	0,0589	0,0856	0,1094	0,13	0,1475	0,162	0,1739	0,1836	0,1914	0,2028	0,2102	0,2151	0,2184	0,2206	0,2236	0,225	0,2263	0,2265	0,2266
1,6	0,0306	0,0599	0,0871	0,1114	0,1324	0,1503	0,1652	0,1774	0,1874	0,1955	0,2073	0,2151	0,2203	0,2237	0,2261	0,2284	0,2309	0,2324	0,2326	0,2326
1,8	0,0309	0,0606	0,088	0,1126	0,134	0,1521	0,1672	0,1797	0,1899	0,1981	0,2103	0,2184	0,2237	0,2274	0,2299	0,2333	0,235	0,2366	0,2368	0,2369
2	0,0311	0,061	0,0887	0,1134	0,135	0,1533	0,1686	0,1812	0,1915	0,1999	0,2124	0,2206	0,2261	0,2299	0,2325	0,2361	0,2378	0,2395	0,2399	0,2399
2,5	0,0314	0,0616	0,0895	0,1145	0,1363	0,1548	0,1704	0,1832	0,1938	0,2024	0,2151	0,2236	0,2284	0,2333	0,2361	0,2401	0,242	0,2439	0,2443	0,2443
3	0,0315	0,0618	0,0898	0,115	0,1368	0,1555	0,1711	0,1841	0,1947	0,2034	0,2163	0,225	0,2309	0,235	0,2378	0,242	0,2439	0,2441	0,2443	0,2443
5	0,0316	0,062	0,0901	0,1154	0,1374	0,1561	0,1719	0,1849	0,1956	0,2044	0,2175	0,2263	0,2324	0,2366	0,2395	0,2439	0,2461	0,2461	0,2461	0,2461
10	0,0316	0,062	0,0902	0,1154	0,1375	0,1562	0,172	0,185	0,1958	0,2046	0,2177	0,2265	0,2326	0,2368	0,2399	0,2443	0,2465	0,2465	0,2465	0,2465
∞	0,0316	0,062	0,0902	0,1154	0,1375	0,1562	0,172	0,185	0,1958	0,2046	0,2177	0,2266	0,2326	0,2369	0,2399	0,2443	0,2465	0,2465	0,2465	0,2465

Şekil 19. Dikdörtgen alan metodunda kullanılan m ve n değerleri.

GERİ		NOKTASAL YÜK YÖNTEMİ TABLO 2						DAİRESEL ALAN YÖNTEMİ TABLO 3									
		t/z		K		t/z		K		D/z		K		D/z		K	
0	0,4775	1	0,0844	2	0,0085	0	0	2	0,6465	0	0	2	0,6465	4	0,9106		
0,1	0,4657	1,1	0,0658	2,1	0,007	0,2	0,0148	2,2	0,6956	6	0,9684			6	0,9684		
0,2	0,4329	1,2	0,0513	2,2	0,0058	0,4	0,0571	2,4	0,7376	8	0,9857			8	0,9857		
0,3	0,3849	1,3	0,0402	2,3	0,0048	0,6	0,1213	2,6	0,7733	10	0,9925			10	0,9925		
0,4	0,3294	1,4	0,0317	2,4	0,004	0,8	0,1996	2,8	0,8036	12	0,9956			12	0,9956		
0,5	0,2733	1,5	0,0251	2,5	0,0034	1	0,2845	3	0,8293	14	0,9972			14	0,9972		
0,6	0,2214	1,6	0,02	2,6	0,0029	1,2	0,3695	3,2	0,8511	16	0,9981			16	0,9981		
0,7	0,1762	1,7	0,016	2,7	0,0024	1,4	0,4502	3,4	0,8697	20	0,999			20	0,999		
0,8	0,1386	1,8	0,0129	2,8	0,0021	1,6	0,5239	3,6	0,8855	40	0,9999			40	0,9999		
0,9	0,1083	1,9	0,0105	2,9	0,0018	1,8	0,5893	3,8	0,899	200	1			200	1		

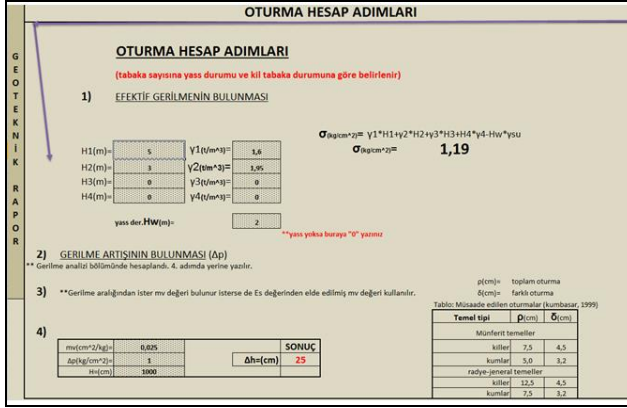
Şekil 20. Noktasal yük yöntemi ile dairesel alan metodunda K değerleri.

GERİ		ŞERİT YÜK DAĞILIMI TABLO 4			
B/z	β(derece)	k1(kayma gerilmes)	k2(dışey basınc)		
0	0,00	0,000	0,000		
0,1	5,44	0,032	0,064		
0,2	11,26	0,090	0,127		
0,3	28,04	0,150	0,308		
0,8	43,36	0,220	0,462		
1	53,08	0,235	0,550		
1,2	61,56	0,280	0,624		
1,5	73,44	0,306	0,716		
2	90,00	0,318	0,817		
2,2	102,40	0,311	0,881		
3	112,38	0,294	0,920		
3,5	120,30	0,274	0,943		
4	126,52	0,255	0,960		
4,5	132,04	0,236	0,970		
5	136,14	0,220	0,977		
5,5	140,02	0,205	0,983		
6	143,08	0,191	0,986		
6,5	145,44	0,179	0,989		
7	148,06	0,168	0,991		
8	151,56	0,150	0,994		
9	154,56	0,135	0,996		
10	157,24	0,122	0,997		
100	177,44	0,012	1,000		
∞	180,00	0,000	1,000		

Şekil 21. Şerit yük dağılımı tablosu.

Gerilme analizlerinde bir diğeri ise basit yöntemle ve şerit yük dağılımıyla gerilme analizi yapmaktır. Bu çalışmada geliştirilen program ile bu analizler de kolayca yapılabilmektedir (Şekil 18). Özellikle şerit yük dağılımında K1, K2 ve β değerleri tablodan alınabilmektedir (Şekil 21). Programda tablolar ve program ana menüleri arası geçişler geri ve ileri butonları ile rahatlıkla yapılabilmektedir.

Ayrıca efektif gerilme analizleri de diğeri hesaplarında kullanılmak üzere yapılabilmektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Etkif gerilmeyle oturma hesapları.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Zemin inceleme derinliğinin belirlenmesi ve deformasyon problemlerinde, özellikle de oturma hesaplarında, geçmeden önceki safhalarda, yüzey veya yüzeye yakın yüklerden dolayı oluşan zemin ortamında oluşan gerilmelerin hesaplanması için Boussinesq teoremi esas alınarak bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Hazırlanan program ile yük tanımlanabilmekte ve istenen derinlikte oluşan gerilme artışları çok hızlı bir biçimde hesaplanabilmektedir. Geoteknik mühendisliğinde zemin etüdüleri öncesi zemin inceleme derinliğinin tespiti, projelerin tamamlanması sonrası oluşacak oturma hesapları için gerilme artışı hesaplarının kolaylaştırılması amaçlanmıştır.

5. Kaynaklar

[1] Bayram Ali Uzuner (2012), Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği, 8.Baskı - 697 Sayfa

[2] Newmark, N. M. (1940), "Stress Distribution in Soils," Proc., Purdue Conf. on Soil Mech. and Its Applications, pp. 295-303.

[3] Boussinesq, M. J. (1885), "Application des potentiels a l'etude de l'equilibre et du mouvement des solides elastiques, principalement au calcul des deformations et des pressions que produisent, dans ces solides, des efforts quelconques exerces sur une petite partie de leur surface ou de leur interieur: Memoire suivi de notes etendues sur divers points de physique mathematique et d'analyse," GauthierVillars, Paris, pp. 722.

[4] Yeşil B. (2011), Geoteknik Mühendisliğinde Bilgisayar Destekli Tasarım, Yüksek Lisans Tezi, Yöneten: Aklaya D., Pamukkale Üniversitesi, Denizli