

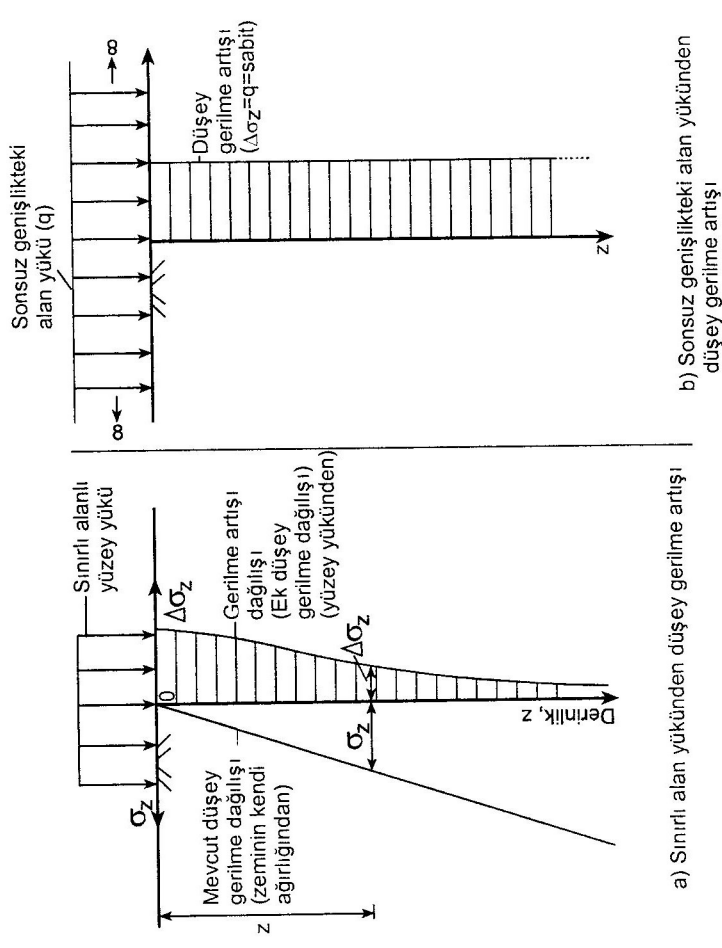
9. BÖLÜM

ZEMİNDE GERİLME DAĞILIŞI

9.1 Giriş

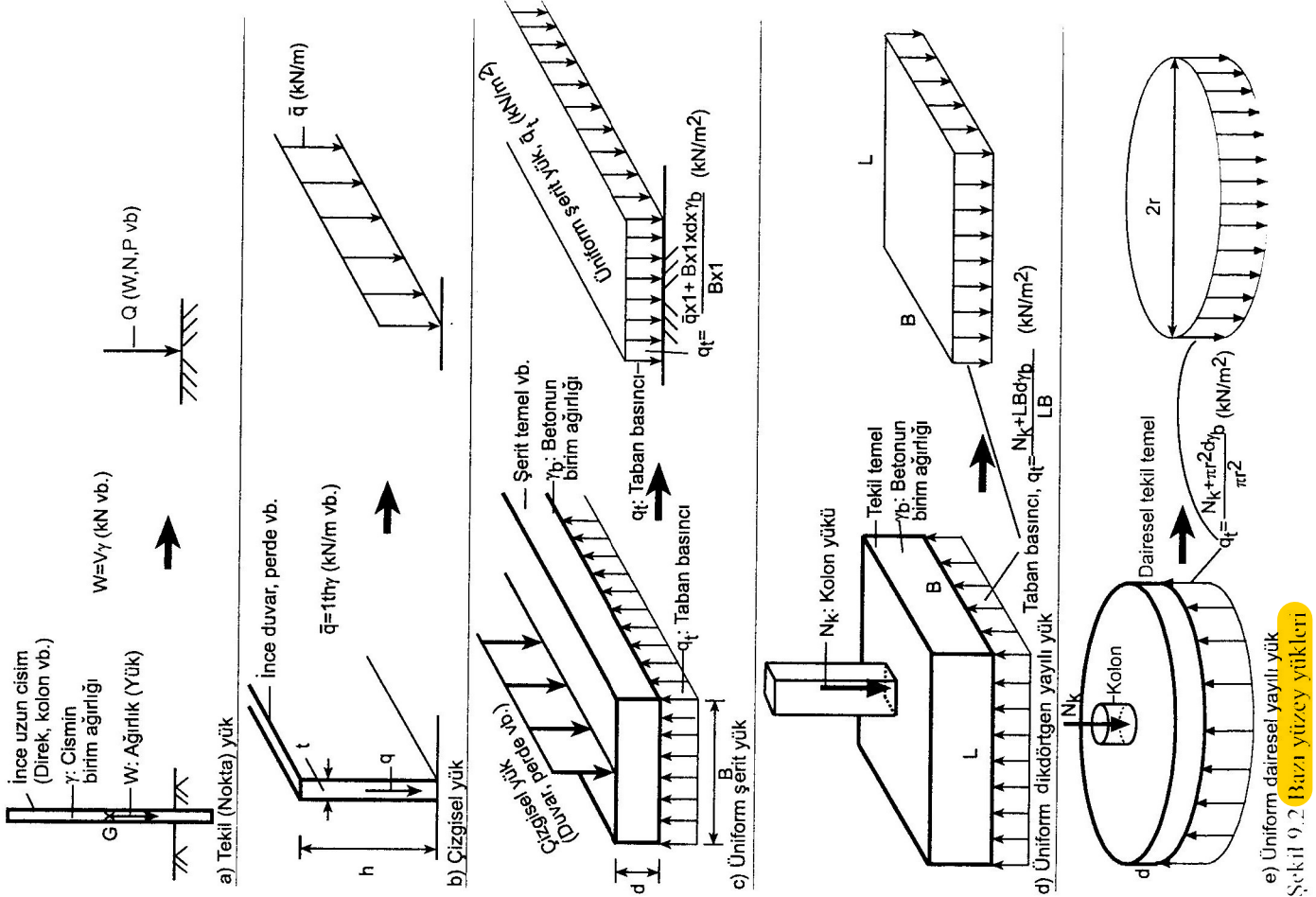
Birçok problemde (deformasyon problemlerinde, özellikle de oturma hesaplarında), kırılma (göçme)'den önceki safhalarda, yüzey veya yüzey yakın yüklerden, zemin ortamında oluşan gerilmelerin, yeti değişimlerinin (deformasyonların) bilinmesi gerekir. Zeminin karmaşık olmasından dolayı, zemin için gerçekçi gerilme- deformasyon analizleri yapmak oldukça zordur. Bu nedenle, yaklaşık olmasına rağmen, genellikle Elastisite Teorisi kullanılır. Elastisite Teorisi kullanılırken, zemin için şu basitleştirici kabuller yapılır. 1) Zemin, elastik olup, gerilme-deformasyon ilişkisi doğrusal (lineer) dir. Başka bir deyişle Hook Yasası geçerlidir. 2) Zemin ortamı homojendir. Diğer bir deyişle, elastik sabitler, Elastisite Modülü, E ve poisson oranı, ν her noktada aynıdır. 3) Zemin ortamı izotropdur. Yani, özellikleri bir noktada, her düzlemin altında aynıdır. 4) Zemin ortamı, yarım sonsuzdur. Yani, bir düzlemin altında her yönde, sonsuz uzunlukta uzanır. Gerçekte bu kabullerin çoğu gerçekçi değildir. Ancak, Elastisite Teorisi, bu basitleştirici kabullerle pratikte kullanılabilir, makul sonuçlar vermektedir.

Bu Bölümde, çeşitli yüzey yüklerinden, zemin ortamında oluşan **düşey ek gerilmeler (düşey gerilme artışları)**, $\Delta\sigma_z$, açıklanmaktadır (Şekil 9.1). Zeminin kendi ağırlığından dolayı oluşan düşey gerilmeler, σ_z , 4. Bölümde açıklanmıştır. Yüzey yüklerinden dolayı, zemin ortamında, sadece düşey doğrultuda gerilme artışları meydana gelmez, diğer doğrultularda (yatay vb.)'de gerilme artışları oluşur. Sınırlı yüzey alan yüklerinden zemin ortamında oluşan düşey gerilme artışları, derinlikle azalır (söner). Burada konu dar derinlikte etkiyen yükler de, yaklaşık artışları açıklanacaktır. Sığ bir derinlikte etkiyen yükler de, yaklaşık olarak yüzey yükleri gibi düşünülebilir (Şekil 9.2).

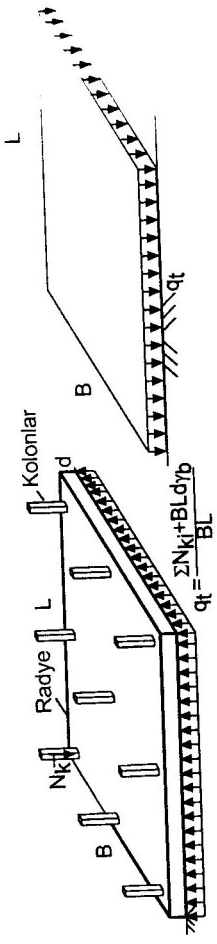


Şekil 9.1 Zeminde mevcut düşey gerilme ve düşey gerilme artışı dağılımları

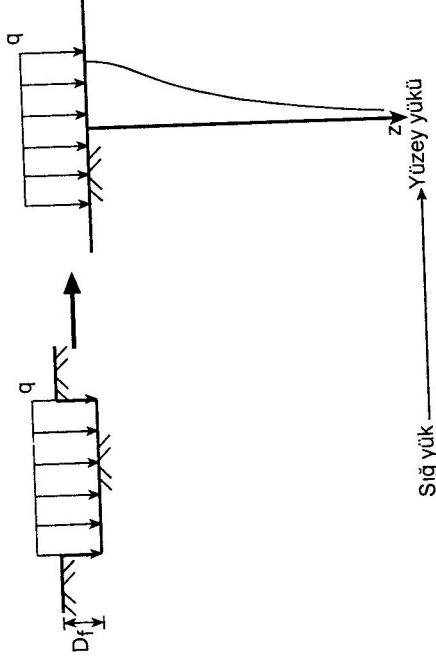
Tipik bazı yüzey (veya sığ) yükleri, Şekil 9.2-3'de verilmiştir.



Şekil 9.2 Bazı yüzey yükleri



Şekil 9.3 Bir radyeden oluşan üniorm dikdörtgen alan yükü



Şekil 9.4 Sığ yükün yaklaşık olarak yüzey yükü gibi alınması

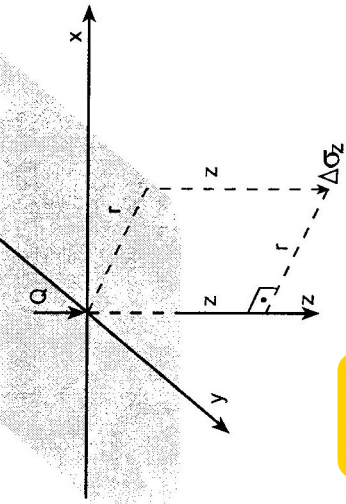
9.2. Nokta (tekil) yük

Boussinesq (1885), lineer, elastik, homojen, izotrop, yarımsız ortamda, bir yüzey tekil yükünden oluşan gerilme problemini çözümler (Şekil 9.5).

Boussinesq, Q yüzey yükünden dolayı, z derinliğinde, r yarıçap uzaklığındaki bir noktada oluşan düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$, için şu bağıntıyı verdi.

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

K_B : Boussinesq etki faktörü olup, Tablo 9.1'de çeşitli r/z oranları için verilmiştir. Düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$, zeminin elastisite modülü (E) ve poisson oranından (ν) bağımsızdır.

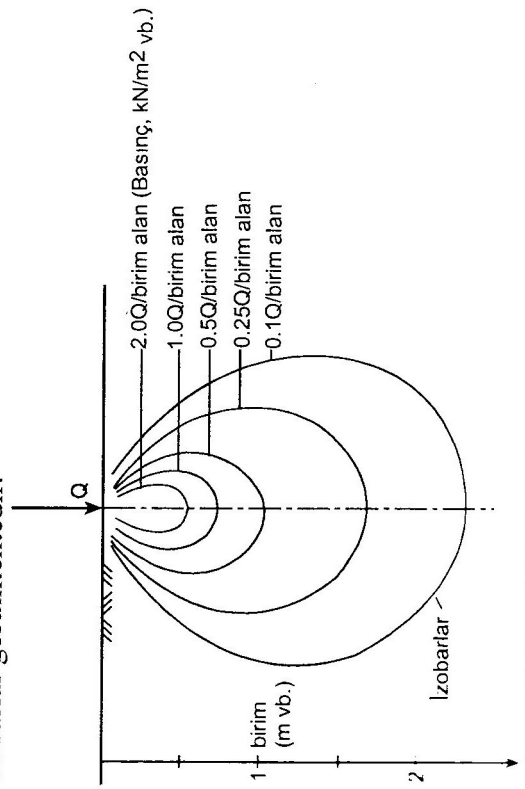


Şekil 9.5 Nokta yük.

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

a) İzobarlar

İzobar (basınç soğanı, eşbasınç eğrisi), eşit düşey gerilme artışlarına sahip noktaları birleştiren eğri olup, Şekil 9.6'da tekil yükten oluşan izobarlar görülmektedir.

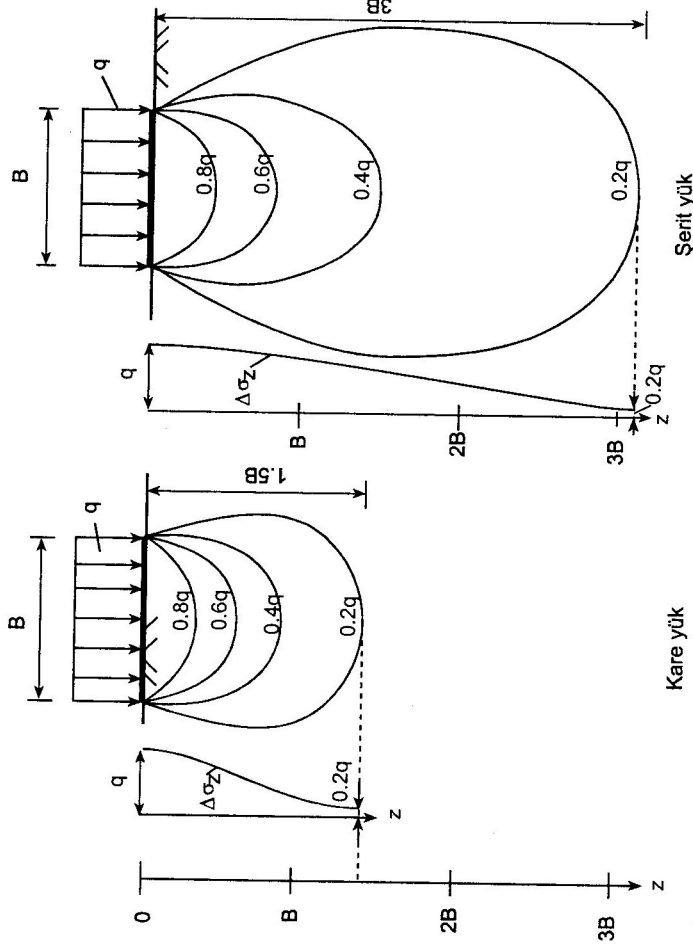


Şekil 9.6 Nokta yük için izobarlar

Tablo 9.1 Tekil yük için Boussinesq faktörleri, K_B (Bağıntı 9.1)

r/z	K_B	r/z	K_B	r/z	K_B	r/z	K_B	r/z	K_B	r/z	K_B	r/z	K_B
0.00	0.4775	0.50	0.2733	1.00	0.0844	1.50	0.0251	2.00	0.0085	2.50	0.0034	3.00	0.0015
0.01	0.4773	0.51	0.2679	1.01	0.0823	1.51	0.0245	2.01	0.0084	2.51	0.0033	3.01	0.0014
0.02	0.4770	0.52	0.2625	1.02	0.0803	1.52	0.0240	2.02	0.0082	2.52	0.0033	3.02	0.0014
0.03	0.4764	0.53	0.2571	1.03	0.0783	1.53	0.0234	2.03	0.0081	2.53	0.0032	3.03	0.0013
0.04	0.4756	0.54	0.2518	1.04	0.0764	1.54	0.0229	2.04	0.0079	2.54	0.0032	3.04	0.0013
0.05	0.4745	0.55	0.2466	1.05	0.0744	1.55	0.0224	2.05	0.0078	2.55	0.0031	3.05	0.0012
0.06	0.4733	0.56	0.2414	1.06	0.0727	1.56	0.0219	2.06	0.0076	2.56	0.0031	3.06	0.0012
0.07	0.4717	0.57	0.2363	1.07	0.0709	1.57	0.0214	2.07	0.0075	2.57	0.0030	3.07	0.0011
0.08	0.4699	0.58	0.2313	1.08	0.0691	1.58	0.0209	2.08	0.0073	2.58	0.0030	3.08	0.0011
0.09	0.4679	0.59	0.2263	1.09	0.0674	1.59	0.0204	2.09	0.0072	2.59	0.0029	3.09	0.0010
0.10	0.4657	0.60	0.2214	1.10	0.0658	1.60	0.0200	2.10	0.0070	2.60	0.0029	3.10	0.0010
0.11	0.4633	0.61	0.2165	1.11	0.0641	1.61	0.0195	2.11	0.0069	2.61	0.0028	3.11	0.0009
0.12	0.4607	0.62	0.2117	1.12	0.0626	1.62	0.0191	2.12	0.0068	2.62	0.0028	3.12	0.0009
0.13	0.4579	0.63	0.2070	1.13	0.0610	1.63	0.0187	2.13	0.0066	2.63	0.0027	3.13	0.0008
0.14	0.4548	0.64	0.2040	1.14	0.0595	1.64	0.0183	2.14	0.0065	2.64	0.0027	3.14	0.0008
0.15	0.4516	0.65	0.1973	1.15	0.0581	1.65	0.0179	2.15	0.0064	2.65	0.0026	3.15	0.0007
0.16	0.4482	0.66	0.1934	1.16	0.0567	1.66	0.0175	2.16	0.0063	2.66	0.0026	3.16	0.0007
0.17	0.4446	0.67	0.1889	1.17	0.0553	1.67	0.0171	2.17	0.0062	2.67	0.0025	3.17	0.0006
0.18	0.4409	0.68	0.1846	1.18	0.0539	1.68	0.0167	2.18	0.0060	2.68	0.0025	3.18	0.0006
0.19	0.4370	0.69	0.1804	1.19	0.0526	1.69	0.0163	2.19	0.0059	2.69	0.0025	3.19	0.0005
0.20	0.4329	0.70	0.1762	1.20	0.0513	1.70	0.0160	2.20	0.0058	2.70	0.0024	3.20	0.0004
0.21	0.4286	0.71	0.1721	1.21	0.0501	1.71	0.0157	2.21	0.0057	2.71	0.0024	3.21	0.0004
0.22	0.4242	0.72	0.1681	1.22	0.0489	1.72	0.0153	2.22	0.0056	2.72	0.0023	3.22	0.0003
0.23	0.4197	0.73	0.1641	1.23	0.0477	1.73	0.0151	2.23	0.0055	2.73	0.0023	3.23	0.0003
0.24	0.4151	0.74	0.1603	1.24	0.0466	1.74	0.0147	2.24	0.0054	2.74	0.0022	3.24	0.0002
0.25	0.4103	0.75	0.1565	1.25	0.0454	1.75	0.0144	2.25	0.0053	2.75	0.0022	3.25	0.0002
0.26	0.4054	0.76	0.1527	1.26	0.0443	1.76	0.0141	2.26	0.0052	2.76	0.0021	3.26	0.0002
0.27	0.4004	0.77	0.1491	1.27	0.0433	1.77	0.0138	2.27	0.0051	2.77	0.0021	3.27	0.0001
0.28	0.3954	0.78	0.1455	1.28	0.0422	1.78	0.0135	2.28	0.0050	2.78	0.0021	3.28	0.0001
0.29	0.3902	0.79	0.1420	1.29	0.0412	1.79	0.0132	2.29	0.0049	2.79	0.0020	3.29	0.0001
0.30	0.3849	0.80	0.1386	1.30	0.0303	1.80	0.0129	2.30	0.0048	2.80	0.0021	3.30	0.0001
0.31	0.3796	0.81	0.1353	1.31	0.0393	1.81	0.0126	2.31	0.0047	2.81	0.0020	3.31	0.0001
0.32	0.3742	0.82	0.1320	1.32	0.0384	1.82	0.0124	2.32	0.0047	2.82	0.0019	3.32	0.0001
0.33	0.3687	0.83	0.1288	1.33	0.0374	1.83	0.0121	2.33	0.0046	2.83	0.0019	3.33	0.0001
0.34	0.3632	0.84	0.1257	1.34	0.0365	1.84	0.0119	2.34	0.0045	2.91	0.0017	3.34	0.0017
0.35	0.3577	0.85	0.1226	1.35	0.0357	1.85	0.0116	2.35	0.0044	2.99	0.0015	3.35	0.0015
0.36	0.3521	0.86	0.1196	1.36	0.0348	1.86	0.0114	2.36	0.0043	2.99	0.0015	3.36	0.0015
0.37	0.3465	0.87	0.1166	1.37	0.0340	1.87	0.0112	2.37	0.0043	2.99	0.0015	3.37	0.0015
0.38	0.3408	0.88	0.1138	1.38	0.0332	1.88	0.0109	2.38	0.0042	3.08	0.0013	3.38	0.0013
0.39	0.3351	0.89	0.1110	1.39	0.0324	1.89	0.0107	2.39	0.0041	3.08	0.0013	3.39	0.0013
0.40	0.3294	0.90	0.1083	1.40	0.0317	1.90	0.0105	2.40	0.0040	3.19	0.0011	3.40	0.0011
0.41	0.3238	0.91	0.1057	1.41	0.0309	1.91	0.0103	2.41	0.0040	3.19	0.0011	3.41	0.0011
0.42	0.3181	0.92	0.1031	1.42	0.0302	1.92	0.0101	2.42	0.0039	3.31	0.0009	3.42	0.0009
0.43	0.3124	0.93	0.1005	1.43	0.0295	1.93	0.0099	2.43	0.0038	3.31	0.0009	3.43	0.0009
0.44	0.3068	0.94	0.0981	1.44	0.0288	1.94	0.0097	2.44	0.0038	3.50	0.0007	3.44	0.0007
0.45	0.3011	0.95	0.0956	1.45	0.0282	1.95	0.0095	2.45	0.0037	3.50	0.0007	3.45	0.0007
0.46	0.2955	0.96	0.0933	1.46	0.0275	1.96	0.0093	2.46	0.0036	3.75	0.0005	3.46	0.0005
0.47	0.2899	0.97	0.0910	1.47	0.0269	1.97	0.0091	2.47	0.0035	4.13	0.0003	3.47	0.0003
0.48	0.2843	0.98	0.0887	1.48	0.0263	1.98	0.0089	2.48	0.0035	4.91	0.0001	3.48	0.0001
0.49	0.2788	0.99	0.0865	1.49	0.0257	1.99	0.0087	2.49	0.0034	5.15	0.0001	3.49	0.0001

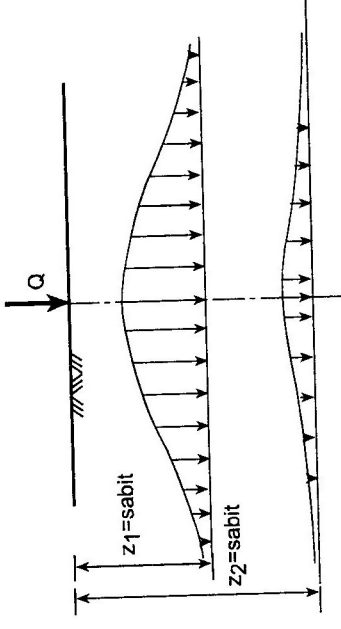
Şekil 9.7'de, üniform şerit ve üniform kare yükten oluşan izobarları görülmüyor. $0.2q$ değeri; şerit yükü ile $3B$ derinliğine, kare yükte ise $1.5 B$ derinliğine kadar iniyor.



Şekil 9.7 Üniform kare ve üniform şerit yükten oluşan izobarlar.

b) Yatay bir düzlemde veya doğrultuda düşey gerilme dağılışı

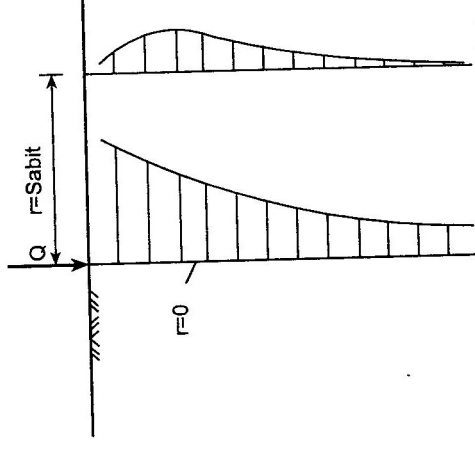
Herhangi bir derinlikte, yatay bir düzlem veya doğrultu üzerindeki düşey gerilme artışının dağılışı grafik olarak gösterilebilir. Şekil 9.8'de, Q nokta yükünün altında, z_1 ve z_2 sabit derinliklerinde, yatay doğrultulardaki düşey gerilme artışlarının dağılışı görülmüyor.



Şekil 9.8 Nokta yük altında, yatay doğrultulardaki gerilme artışlarının dağılışı.

c) Düşey bir düzlemde veya doğrultudaki düşey gerilme dağılışı

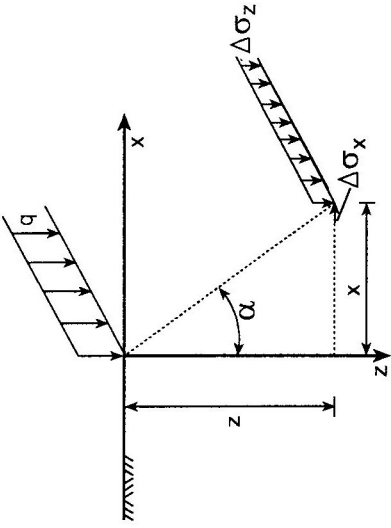
Herhangi bir r =sabit uzaklıktaki bir düzlem veya doğrultudaki düşey gerilme artışının dağılışı da grafik olarak gösterilebilir. Şekil 9.9'da tekil yükten dolayı, sabit uzaklıklardaki düşey doğrultular boyunca, düşey gerilme artışlarının dağılışı görülmüyor.



Şekil 9.9 Tekil yükten düşey doğrultularda oluşan düşey gerilme artışlarının dağılışı.

9.3 Çizgisel yük (Üniform)

Şekil 9.10'da, bir çizgisel yükten oluşan yatay ve düşey gerilme artışları, $\Delta\sigma_x$ ve $\Delta\sigma_z$ görülmektedir.



Şekil 9.10 Çizgisel yükten oluşan düşey ve yatay gerilme artışları

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

$$\Delta\sigma_z = \frac{2qz^3}{\pi(x^2 + z^2)^2} \text{ veya } \quad (9.2)$$

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

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

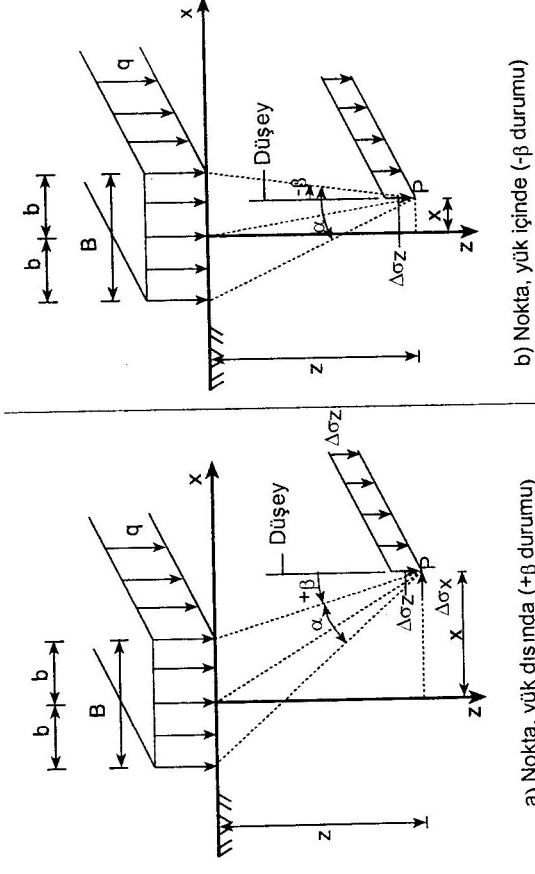
$$\Delta\sigma_x = \frac{2qx^2z}{\pi(x^2 + z^2)^2} \text{ veya } \Delta\sigma_x = \frac{q}{z} I_L (x/z)^2 \quad (9.3)$$

ile hesaplanır. I_L katsayıları, Tablo 9.2'de görülmüyor.

Tablo 9.2 Çizgisel yük için I_L katsayıları (Bağıntı 9.2)

x/z	I_L	x/z	I_L	x/z	I_L	x/z	I_L
0.00	0.637	0.40	0.473	0.75	0.261	1.20	0.117
0.05	0.633	0.45	0.440	0.80	0.237	1.30	0.088
0.10	0.624	0.50	0.407	0.85	0.216	1.40	0.073
0.15	0.609	0.55	0.375	0.90	0.194	1.50	0.060
0.20	0.589	0.60	0.344	0.95	0.176	1.60	0.050
0.25	0.564	0.65	0.315	1.00	0.159	1.70	0.042
0.30	0.536	0.70	0.286	1.10	0.130	1.80	0.035
				1.20	0.101	2.0	0.025
				1.30	0.088	2.5	0.017
				1.40	0.073	3.0	0.011
				1.50	0.060	4.0	0.007
				1.60	0.050	5.0	0.005
				1.70	0.042	6.0	0.003
				1.80	0.035		

9.4 Üniorm şerit yük



a) Nokta, yük dışında (+β durumu)

b) Nokta, yük içinde (-β durumu)

Şekil 9.11 Üniorm şerit yükten oluşan düşey ve yatay gerilme artışları

Üniorm bir şerit yükten oluşan düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$, (Şekil 9.11),

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} [\alpha + \sin \alpha \cos(\alpha + 2\beta)] \text{ veya } \Delta\sigma_z = q I_s, \quad (9.4)$$

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

Tablo 9.3'de, üniorm şerit yük etki faktörleri, I_s , görülmüyor. Yatay gerilme artışı da,

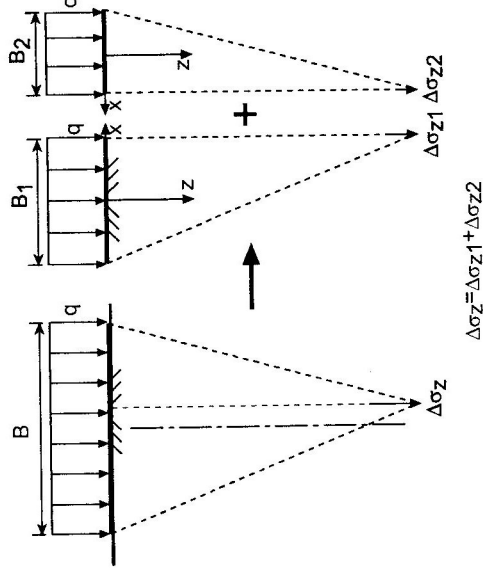
$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi} [\alpha - \sin \alpha \cos(\alpha + 2\beta)] \quad (9.5)$$

x/b	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.0
z/b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2	1.000	0.997	0.996	0.992	0.979	0.909	0.775	0.651	0.500	0.500	1.000
0.4	0.977	0.973	0.955	0.906	0.773	0.651	0.498	0.370	0.285	0.214	0.500
0.6	0.937	0.928	0.896	0.825	0.691	0.598	0.495	0.385	0.305	0.243	0.500
0.8	0.881	0.869	0.829	0.755	0.638	0.566	0.489	0.409	0.334	0.274	0.500
1.0	0.818	0.805	0.766	0.696	0.598	0.540	0.480	0.425	0.370	0.328	0.500
1.2	0.755	0.743	0.707	0.646	0.564	0.517	0.468	0.425	0.386	0.353	0.500
1.4	0.696	0.685	0.653	0.602	0.534	0.495	0.455	0.425	0.409	0.384	0.500
1.6	0.642	0.633	0.605	0.562	0.506	0.474	0.440	0.425	0.413	0.398	0.500
1.8	0.593	0.585	0.563	0.526	0.497	0.474	0.453	0.440	0.433	0.428	0.500
2.0	0.550	0.543	0.524	0.494	0.472	0.453	0.440	0.433	0.428	0.425	0.500
2.5	0.462	0.458	0.445	0.426	0.400	0.386	0.370	0.366	0.353	0.348	0.500
3.0	0.396	0.393	0.385	0.372	0.355	0.345	0.334	0.328	0.325	0.321	0.500
3.5	0.345	0.343	0.338	0.329	0.317	0.310	0.302	0.299	0.295	0.291	0.500
4.0	0.306	0.304	0.301	0.294	0.285	0.280	0.275	0.272	0.269	0.266	0.500
5.0	0.248	0.247	0.245	0.242	0.237	0.234	0.231	0.229	0.227	0.225	0.500
6.0	0.208	0.208	0.207	0.205	0.202	0.200	0.198	0.192	0.192	0.191	0.500
8.0	0.158	0.157	0.157	0.156	0.155	0.154	0.153	0.150	0.150	0.149	0.500
10	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.125	0.124	0.123	0.123	0.122	0.500
15	0.085	0.085	0.085	0.084	0.084	0.084	0.084	0.083	0.083	0.083	0.500
20	0.064	0.064	0.064	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.500
50	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.500
100	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.500

Tablo 9.3 Uniform şerit yükten oluşan düşey gerilme artışları için I_s etki faktörleri (katsayıları) (Bağıntı 9.4)

ile hesaplanabilir (Şekil 9.11). Bağlantılarda ilk parantezden hemen sonra gelen α radyan cinsindedir. Gerilme artışının arandığı nokta (P) şerit yükün genişliğinin dışında ise, Bağıntı 9.5'deki β (+) olarak (Şekil 9.11a durumu), yükün altında ise (-) olarak (Şekil 9.11b durumu) alınır.

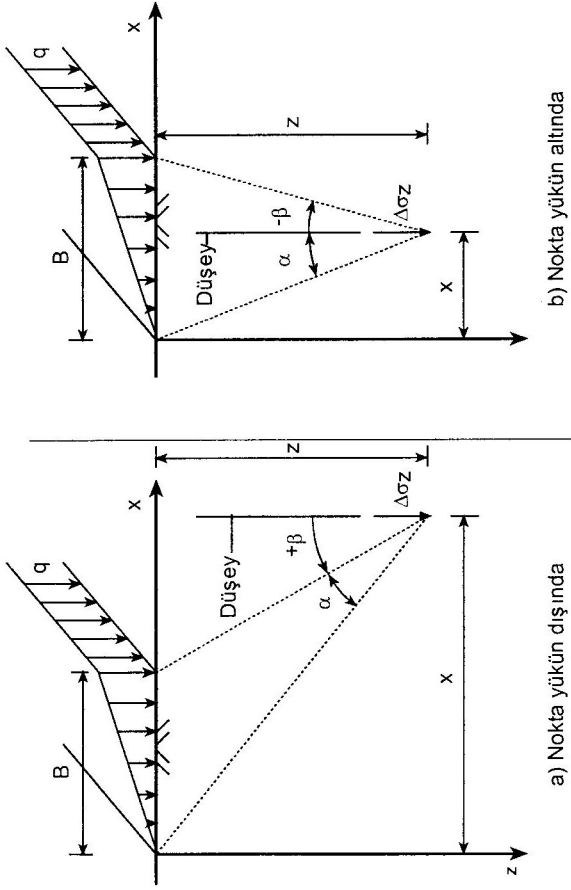
Şerit yükün kendi alanı altında gerilme artışı hesaplamak için bir seçeneğe de, şerit yükü iki parçaya ayırmak ve superpozisyon kullanılabilir (Şekil 9.12).



Şekil 9.12 Şerit yükün iki parçaya ayrılması

9.5 Üçgen şerit yük

Üçgen şerit yük, uzunluğu büyük olan ve genişlik boyunca, doğrusal (linear) olarak değişen bir yükür (Şekil 9.13).



Şekil 9.13 Üçgen şerit yük altında düşey gerilme artışı

Böyle bir yükten meydana gelen düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$ aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir.

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} \left(\frac{x}{B} \alpha - \frac{1}{2} \sin 2\beta \right) \quad (9.6)$$

α , radyan cinsindedir.

$$\Delta\sigma_z = I_T q, \quad I_T = \frac{1}{\pi} \left(\frac{x}{B} \alpha - \frac{1}{2} \sin 2\beta \right) \quad (9.7)$$

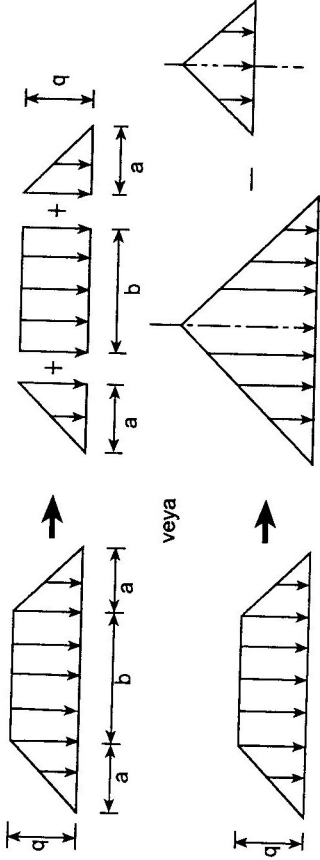
Üçgen şerit yük etki faktörleri, I_T , Tablo 9.4'de verilmektedir. Nokta yükün dışında ise β (+) olarak, içinde ise (-) olarak alınır (Şekil 9.13).

Tablo 9.4 Üçgen şerit yükten oluşan düşey gerilme artışları için etki faktörleri, I_T (Bağıntı 9.7)

z/B	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	1.25	1.5	2.0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	0.900	0.500	0.000	0.000	0.000
0.2	0.000	0.000	0.000	0.002	0.061	0.209	0.395	0.577	0.697	0.648	0.437	0.050	0.009	0.001
0.4	0.001	0.000	0.001	0.003	0.013	0.110	0.227	0.372	0.497	0.527	0.379	0.136	0.042	0.007
0.6	0.018	0.003	0.008	0.031	0.140	0.232	0.334	0.409	0.414	0.380	0.328	0.177	0.080	0.018
0.8	0.032	0.006	0.016	0.049	0.155	0.225	0.294	0.339	0.337	0.317	0.285	0.187	0.106	0.032
1.0	0.046	0.005	0.011	0.025	0.064	0.159	0.211	0.258	0.283	0.270	0.250	0.184	0.121	0.046
1.2	0.057	0.008	0.016	0.034	0.075	0.157	0.227	0.245	0.243	0.235	0.221	0.175	0.126	0.057
1.4	0.066	0.011	0.021	0.041	0.083	0.151	0.202	0.215	0.213	0.207	0.197	0.165	0.127	0.066
1.6	0.072	0.015	0.026	0.048	0.087	0.143	0.182	0.190	0.189	0.184	0.178	0.154	0.124	0.072
1.8	0.076	0.018	0.031	0.053	0.089	0.135	0.164	0.171	0.170	0.166	0.161	0.143	0.120	0.076
2.0	0.078	0.021	0.035	0.057	0.089	0.127	0.152	0.150	0.154	0.151	0.148	0.134	0.115	0.078
2.5	0.078	0.028	0.042	0.062	0.086	0.110	0.117	0.122	0.124	0.123	0.121	0.134	0.103	0.078
3.0	0.074	0.033	0.046	0.062	0.080	0.095	0.103	0.105	0.104	0.104	0.102	0.113	0.091	0.074
3.5	0.069	0.037	0.048	0.060	0.073	0.084	0.087	0.089	0.090	0.089	0.089	0.098	0.081	0.069
4.0	0.055	0.038	0.048	0.058	0.067	0.075	0.077	0.078	0.079	0.079	0.078	0.085	0.073	0.064
5.0	0.048	0.039	0.045	0.051	0.057	0.061	0.062	0.063	0.063	0.063	0.063	0.062	0.060	0.055
6.0	0.038	0.032	0.041	0.046	0.049	0.052	0.052	0.053	0.053	0.053	0.053	0.052	0.051	0.048
8.0	0.031	0.032	0.035	0.037	0.038	0.039	0.039	0.040	0.040	0.040	0.040	0.039	0.039	0.038
10.0	0.021	0.028	0.029	0.030	0.031	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.031	0.031
15.0	0.016	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
20.0	0.016	0.015	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
50.0	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006

9.6 Yamuk şerit yük

Yamuk şerit yük; uzunluğu büyük olan ve enkesiti yamuk biçimli olan bir yük türüdür (Şekil 9.14). Pratikte; uzun şevli dolgular vb. böyle bir yük gibi düşünülebilir.



Şekil 9.14 Yamuk şerit yük ve eşdeğerleri.

Yamuk şerit yükten oluşan gerilme artışları; iki üçgen ve bir üniform şerit yükün toplamı, veya iki üçgen şerit yükün farkı olarak hesaplanabilir (Şekil 9.14).

9.7 Üniform yüklü daire alan

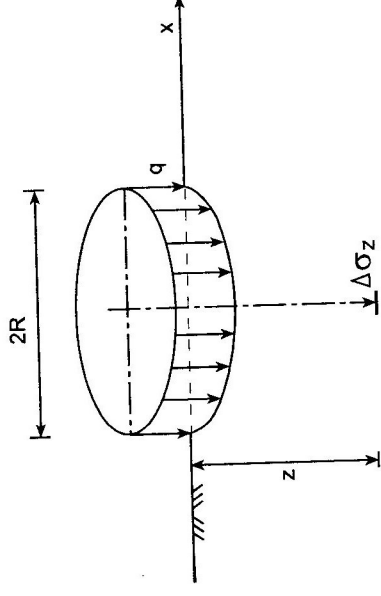
Böyle bir alanın ortası altında (Şekil 9.15) ve z derinliğindeki bir noktada düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$,

$$\Delta\sigma_z = \left[1 - \left\{ \frac{1}{1 + (R/z)^2} \right\}^{3/2} \right] q = K_c q \quad (9.8)$$

ile hesaplanır. Çeşitli z/R için kısa bir tablo, Tablo 9.5'de görülmüyor (Dikkat! Tabloda K_c , z/R cinsinden veriliyor.). Dairesel alanın merkezi altı dışındaki noktalar için de benzer tablo vardır.

Tablo 9.5 Üniform yayılı yükü yüklü dairesel alanın merkezi altındaki gerilme artışları için etki faktörleri, K_c , (Bağntı 9.8 ve Şekil 9.15)

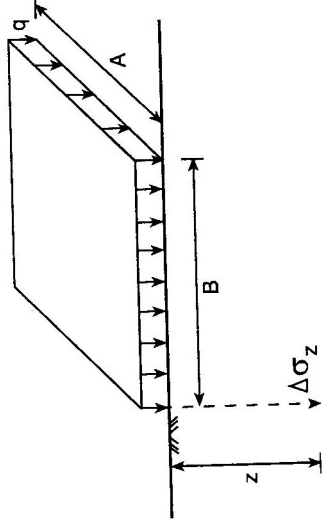
z/R	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	10.
K_c	1.0	0.992	0.949	0.864	0.756	0.646	0.547	0.424	0.284	0.146	0.087	0.057	0.015



Şekil 9.15 Üniform yayılı yükü yüklü daire alanın merkezi altında düşey gerilme artışı

9.8 Üniform yüklü dikdörtgen alan

Üniform yayılı yükü yüklü dikdörtgen bir alanın bir köşesi altında (Şekil 9.16) ve z derinliğindeki bir noktada, düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_z$,



Şekil 9.16 Üniform yüklü dikdörtgen alanın bir köşesi altında düşey gerilme artışı

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{4\pi} \left[\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} + \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} \right] + \tan^{-1} \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2-m^2n^2+1} = Kq \quad (9.9)$$

ile veriliyor. Bu Bağıtıda, 2. terimin (\tan^{-1} ...) birimi radyandır (Ters trigonometrik fonksiyon radyan modunda (kipinde) çalıştırılır. Gene bu bağıtıda, 2. terim (\tan^{-1} ...) (-) çıkarsa, bu terime π (3.14...) eklenmelidir. K etki faktörü olup, m ve n değerlerine göre tablolaştırılmıştır (Newmark, 1935). Tablo 9.6'da, çeşitli m ve n değerleri için K etki faktörleri verilmektedir.

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

Üniform yüklü bir alanın içindeki veya dışındaki bir nokta altında oluşan gerilme, **superpozisyon kuralı** (Bileşkenin çözümü, bileşenlerin çözümlerinin toplamına eşittir.) uygulanarak, Bağıtı 9.7 veya Tablo 9.6 ile hesaplanabilir.

Dikdörtgen alan içindeki bir F noktası (Şekil 9.17a) altında gerilme artışını hesaplamak için, alan, F noktasından geçen doğrularla 1, 2, 3, 4 alanlarına bölünür. Her bir alandan F noktasında oluşan gerilmeler toplanır.

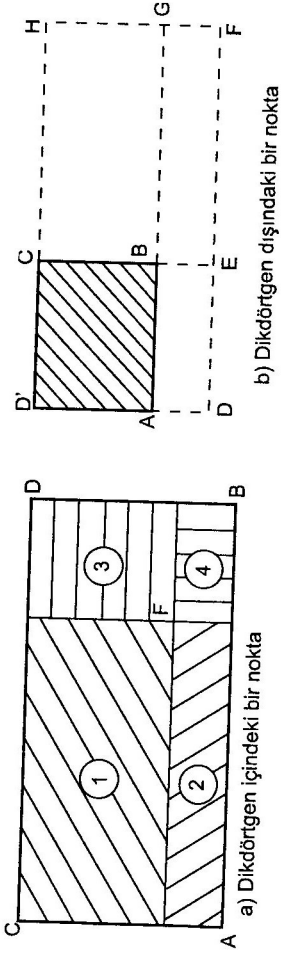
$$\Delta\sigma_z = (K_1 + K_2 + K_3 + K_4)q \quad (9.10)$$

Tablo 9.6 Üniform yüklü dikdörtgen alanlar için K etki faktörleri, (Bağıtı 9.9)
m=B/z, n=A/z veya m=A/z, n=B/z

m	n									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	0.0047	0.0092	0.0132	0.0168	0.0198	0.0222	0.0242	0.0258	0.0270	0.0279
0.2	0.0092	0.0179	0.0259	0.0328	0.0387	0.0435	0.0474	0.0504	0.0528	0.0547
0.3	0.0132	0.0259	0.0374	0.0474	0.0559	0.0629	0.0686	0.0731	0.0766	0.0794
0.4	0.0168	0.0328	0.0474	0.0602	0.0711	0.0801	0.0873	0.0931	0.0977	0.1013
0.5	0.0198	0.0387	0.0559	0.0711	0.0840	0.0947	0.1034	0.1104	0.1158	0.1202
0.6	0.0222	0.0435	0.0629	0.0801	0.0947	0.1069	0.1168	0.1247	0.1311	0.1361
0.7	0.0242	0.0474	0.0686	0.0873	0.1034	0.1168	0.1277	0.1365	0.1436	0.1491
0.8	0.0258	0.0504	0.0731	0.0931	0.1104	0.1247	0.1365	0.1461	0.1537	0.1598
0.9	0.0270	0.0528	0.0766	0.0977	0.1158	0.1311	0.1436	0.1537	0.1619	0.1684
1.0	0.0279	0.0547	0.0794	0.1013	0.1202	0.1361	0.1491	0.1598	0.1684	0.1752
1.2	0.0293	0.0573	0.0832	0.1063	0.1263	0.1431	0.1570	0.1684	0.1777	0.1851
1.4	0.0301	0.0589	0.0856	0.1094	0.1300	0.1475	0.1620	0.1739	0.1836	0.1914
1.6	0.0306	0.0599	0.0871	0.1114	0.1324	0.1503	0.1652	0.1774	0.1874	0.1955
1.8	0.0309	0.0606	0.0887	0.1126	0.1340	0.1521	0.1672	0.1797	0.1899	0.1981
2.0	0.0311	0.0610	0.0887	0.1134	0.1350	0.1533	0.1686	0.1812	0.1915	0.1999
2.5	0.0314	0.0616	0.0895	0.1145	0.1363	0.1548	0.1704	0.1832	0.1938	0.2024
3.0	0.0315	0.0618	0.0898	0.1150	0.1368	0.1555	0.1711	0.1841	0.1947	0.2034
5.0	0.0316	0.0620	0.0901	0.1154	0.1374	0.1561	0.1719	0.1849	0.1956	0.2044
10.0	0.0316	0.0620	0.0902	0.1154	0.1375	0.1562	0.1720	0.1850	0.1958	0.2046
∞	0.0316	0.0620	0.0902	0.1154	0.1375	0.1562	0.1720	0.1850	0.1958	0.2046

m	n									
	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	5.0	10.0	∞
0.1	0.0293	0.0301	0.0306	0.0309	0.0311	0.0314	0.0315	0.0316	0.0316	0.0316
0.2	0.0573	0.0589	0.0599	0.0606	0.0610	0.0616	0.0618	0.0620	0.0620	0.0620
0.3	0.0832	0.0856	0.0871	0.0880	0.0887	0.0895	0.0898	0.0901	0.0902	0.0902
0.4	0.1063	0.1094	0.1114	0.1126	0.1134	0.1145	0.1150	0.1154	0.1154	0.1154
0.5	0.1263	0.1300	0.1324	0.1340	0.1350	0.1363	0.1368	0.1374	0.1375	0.1375
0.6	0.1431	0.1475	0.1503	0.1521	0.1533	0.1548	0.1555	0.1561	0.1562	0.1562
0.7	0.1570	0.1620	0.1652	0.1672	0.1686	0.1704	0.1711	0.1719	0.1720	0.1720
0.8	0.1684	0.1739	0.1774	0.1797	0.1812	0.1832	0.1841	0.1849	0.1850	0.1850
0.9	0.1777	0.1836	0.1874	0.1898	0.1915	0.1930	0.1947	0.1956	0.1958	0.1958
1.0	0.1851	0.1914	0.1955	0.1981	0.1999	0.2024	0.2034	0.2044	0.2046	0.2046
1.2	0.1958	0.2028	0.2073	0.2103	0.2124	0.2151	0.2163	0.2175	0.2177	0.2177
1.4	0.2028	0.2102	0.2151	0.2184	0.2206	0.2236	0.2250	0.2263	0.2266	0.2266
1.6	0.2073	0.2151	0.2203	0.2237	0.2261	0.2294	0.2309	0.2324	0.2326	0.2326
1.8	0.2103	0.2184	0.2237	0.2274	0.2299	0.2333	0.2350	0.2366	0.2369	0.2369
2.0	0.2124	0.2206	0.2261	0.2299	0.2325	0.2361	0.2378	0.2395	0.2399	0.2399
2.5	0.2151	0.2236	0.2294	0.2333	0.2361	0.2401	0.2420	0.2439	0.2443	0.2443
3.0	0.2163	0.2250	0.2309	0.2350	0.2378	0.2420	0.2439	0.2461	0.2465	0.2465
5.0	0.2175	0.2263	0.2324	0.2366	0.2395	0.2439	0.2461	0.2486	0.2491	0.2492
10.0	0.2177	0.2265	0.2326	0.2368	0.2399	0.2443	0.2465	0.2491	0.2498	0.2499
∞	0.2177	0.2266	0.2326	0.2369	0.2399	0.2443	0.2465	0.2492	0.2499	0.2500

Tablo 9.6 Üniform yüklü dikdörtgen alanlar için K etki faktörleri, (Bağıtı 9.9)



Şekil 9.17 Dikdörtgen alan içinde ve dışındaki noktalar.

Dikdörtgen alan dışındaki bir F noktası (Şekil 9.17b) altındaki gerilmeyi hesaplamak için, F noktasından geçen doğrularla, alanlar oluşturulur. F noktası altındaki gerilme, superpozisyon kuralı ile aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\Delta\sigma_z = q (K_{DFHD'} - K_{DFGA} - K_{EFHC} + K_{EFGB}) \quad (9.11)$$

9.9 Newmark etki diyagramı

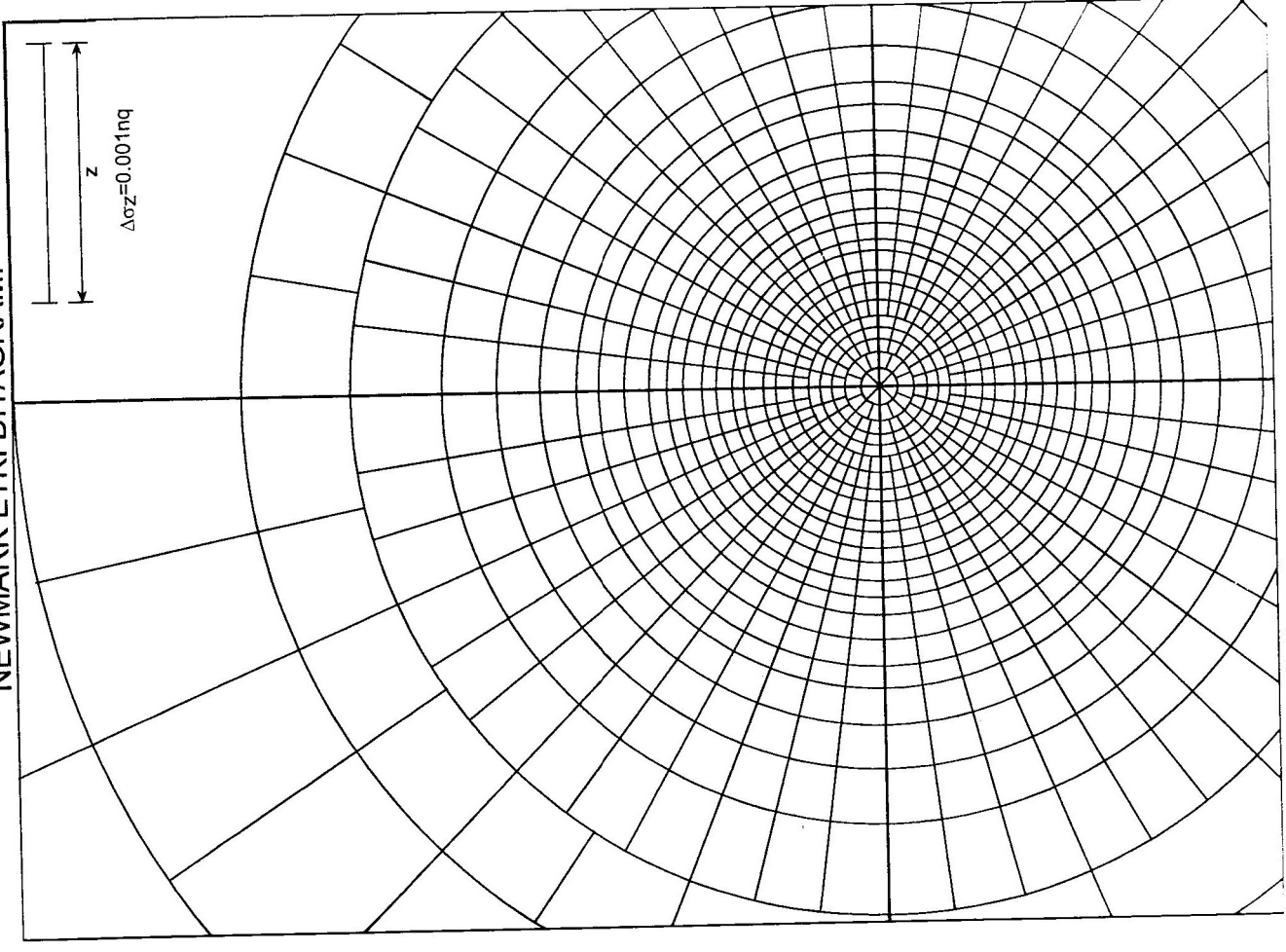
Üniform yayılı yükü herhangi bir biçimli bir alanın içinde veya dışında, herhangi bir nokta altındaki gerilme, grafik olarak, Newmark etki diyagramı (Newmark, 1942) ile bulunabilir. Şekil 9.18'de böyle bir diyagram görülmektedir.

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

$$\Delta\sigma_z = inq \quad (9.12)$$

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

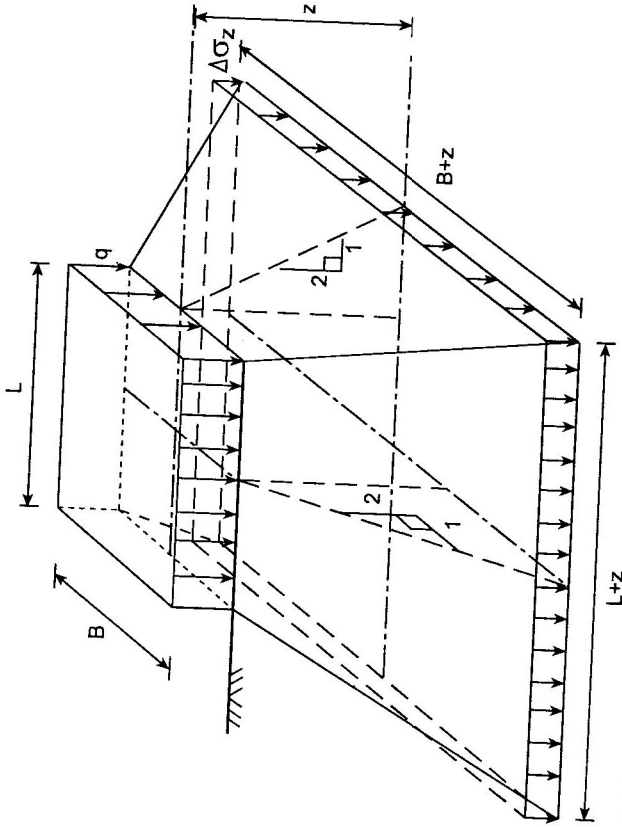
NEWMARK ETKİ DİYAGRAMI



Şekil 9.18 Newmark etki diyagramı.

9.10 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 dereceyle bir yayılış) gittiği kabul edilir (Şekil 9.19).



Şekil 9.19 Yaklaşık gerilme artışı.

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

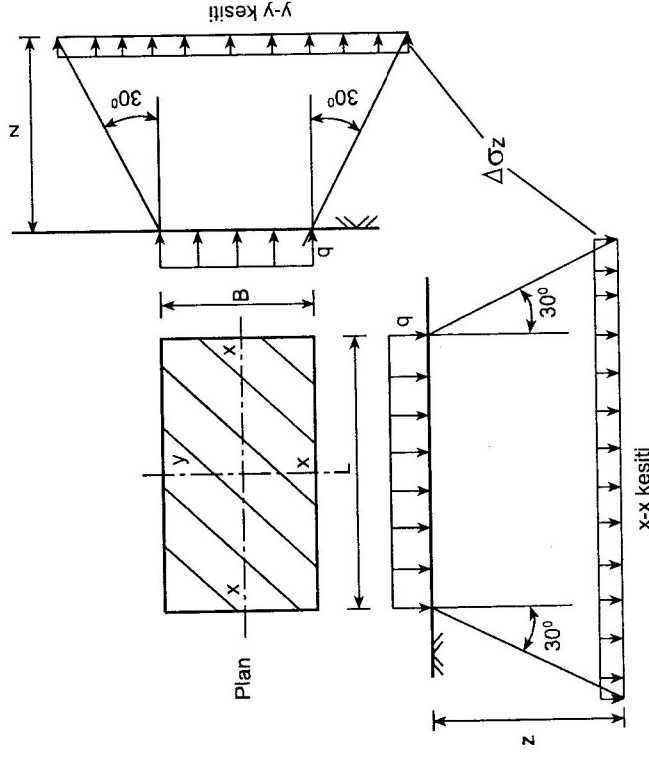
$$\Delta\sigma_z = \frac{qBL}{(B+z)(L+z)} \quad (9.13)$$

olur.

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 9.20).

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

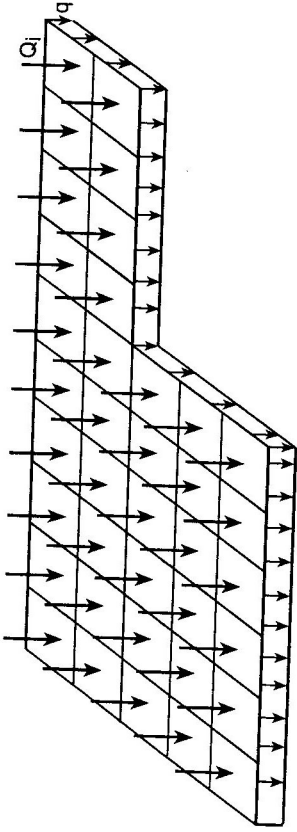
$$\Delta\sigma_z = \frac{qBL}{(B+1.155z)(L+1.155z)} \quad (9.14)$$



Şekil 9.20 Düşeyle 30° lik dağılış yöntemi.

9.11 Eşdeğer tekil (nokta) yük yöntemi

Üniform yayılı yükü yüklü alan, küçük alanlara bölünerek, her bir alanın yükü, o alan ortasında etkileyen tekil yüke dönüştürülür (Şekil 9.21)



Şekil 9.21 Eşdeğer tekil yük yöntemi.

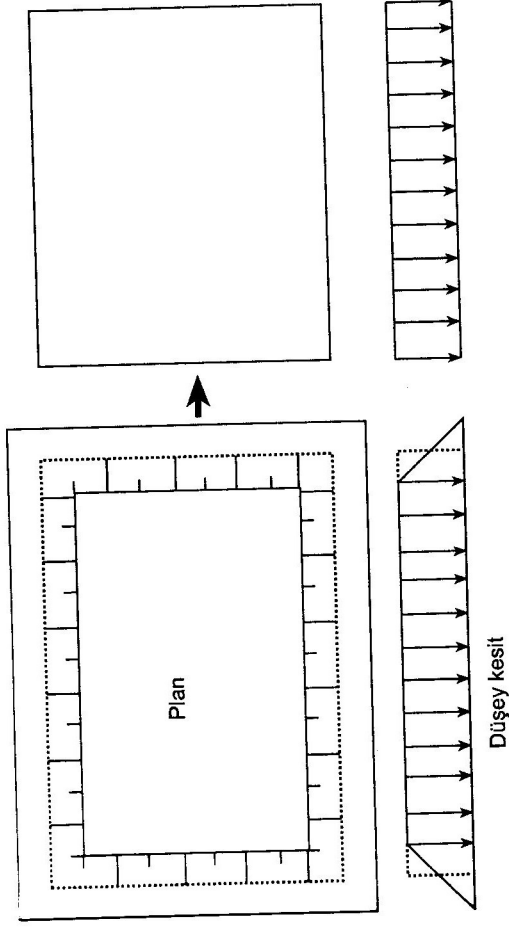
Aranılan noktada, tekil yüklerden dolayı oluşan gerilmeler, Bağıntı 9.1 ile toplanır.

$$\Delta\sigma_z = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^n K_{B_i} Q_i \quad (9.15)$$

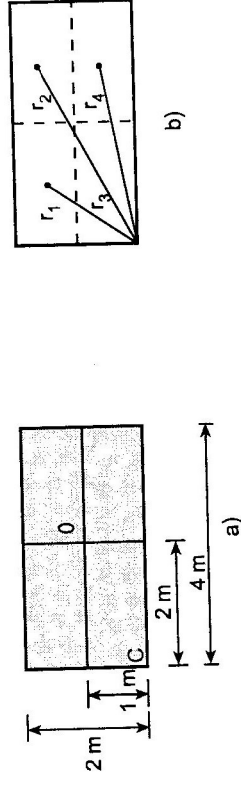
Dikdörtgen vb. taban alanlı ve şevli üniform yayılı yük, yaklaşık eşdeğer üniform yayılı yük gibi dikkate alınabilir (Şekil 9.22).

9.12 Çözümlü örnek problemler

Problem 9.1) 80 kN/m² lik üniform bir yayılı yükü 2 m x 4 m lik dikdörtgen bir alanın ortasının ve bir köşesinin altında, 5 m derinlikteki noktalarda oluşan gerilme artışlarını, a) dikdörtgen alan katsayıları ile ve üniform yüklü dikdörtgen alan formülüyle (Bağıntı 9.9), b) alanı 4 eşit parçaya bölerek, eşdeğer tekil yük yöntemiyle (Şekil 9.23), c) yaklaşık yöntemle (2:1 ve 30°), d) Newmark yöntemiyle bulunuz (Şekil 9.23).



Şekil 9.22 Şevli üniform yayılı yük ve eşdeğeri



Şekil 9.23 Problem 9.1

Çözüm

a) Dikdörtgen alan katsayılarıyla (Şekil 9.23a).

C köşesi altında,

$$z = 5 \text{ m}, \quad m = 2/5 = 0.4 \quad n = 4/5 = 0.8$$

Tablo 9.6'dan $K = 0.0931$

$$\Delta\sigma_z = 0.0931 \times 80 = 7.448 \approx 7.5 \text{ kN/m}^2$$

Gerilme artışı Bağlantı 9.9 ile bulalım.

$$\Delta\sigma_z = 80 \times \frac{1}{4\pi} \left[\frac{2 \times 0.4 \times 0.8 \times (\sqrt{0.4^2 + 0.8^2} + 1)}{(0.4^2 + 0.8^2 + 0.4^2 \times 0.8^2 + 1)} \times \frac{(0.4^2 + 0.8^2 + 2)}{(0.4^2 + 0.8^2 + 1)} + \operatorname{atan} \frac{2 \times 0.4 \times 0.8 \times (\sqrt{0.4^2 + 0.8^2} + 1)}{(0.4^2 + 0.8^2 - 0.4^2 \times 0.8^2 + 1)} \right]$$

$$= 80 \times 0.0931 = 7.448 \approx 7.5 \text{ kN/m}^2$$

Burada m ve n , tablodaki değerler ile tesadüfen tam çakıştı. Çakışmasa, tablo ile hesaplanacak sonuç yaklaşıklık içerir. Gerçi, yaklaşıklık interpolasyon yapılarak epeyce azaltılabilir. Ancak interpolasyon da zahmetli bir işlemdir. Oysa, formül tam sonuç verir.

O orta noktası altında,

O'dan geçen doğrularla, alanı 4 eşit parçaya ayıralım. Her bir alan için,

$$z = 5 \text{ m}, \quad n = 1/5 = 0.2, \quad m = 2/5 = 0.4, \quad \text{Tablo 9.6'dan } K = 0.0328$$

$$\Delta\sigma_z = 4 \times K \times q = 4 \times 0.0328 \times 80 = 10.5 \text{ kN/m}^2$$

b) Eşdeğer tekil yük yöntemi ile (Şekil 9.23b)

Alanı 4 eşit parçaya bölerek, her bir alanın ortasında,

$$Q = 1 \times 2 \times 80 = 160 \text{ kN'luk bir yük etkir.}$$

C köşesi altında,

$$r_1 = \sqrt{1.5^2 + 1^2} = 1.80 \text{ m} \quad r_1 / z = 1.5 / 5 = 0.36 \quad K_1 = 0.3521$$

$$r_2 = \sqrt{1.5^2 + 3^2} = 3.35 \text{ m} \quad r_2 / z = 3.5 / 5 = 0.67 \quad K_2 = 0.1839$$

$$r_3 = \sqrt{0.5^2 + 1^2} = 1.12 \text{ m} \quad r_3 / z = 1.12 / 5 = 0.22 \quad K_3 = 0.4242$$

$$r_4 = \sqrt{3^2 + 0.5^2} = 3.04 \text{ m} \quad r_4 / z = 3.04 / 5 = 0.61 \quad K_4 = 0.2165$$

Her bir tekil yükün köşe noktasına olan uzaklığı hesaplanarak, K etki faktörleri Tablo 9.1'den alınır. Bağlantı 9.1 ve 9.15'den gerilme artışları hesaplanır.

$$\Delta\sigma_z = \frac{160}{5^2} \times (0.3521 + 0.1839 + 0.2165 + 0.4242) = 7.5 \text{ kN/m}^2$$

O orta noktası altında,

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = \sqrt{1^2 + 0.5^2} = 1.12 \text{ m} \quad r / z = 1.12 / 5 = 0.22$$

$$K = 0.4242$$

$$\Delta\sigma_z = 4 \times 0.4242 \times \frac{160}{5^2} = 10.9 \text{ kN/m}^2$$

olarak hesaplanır.

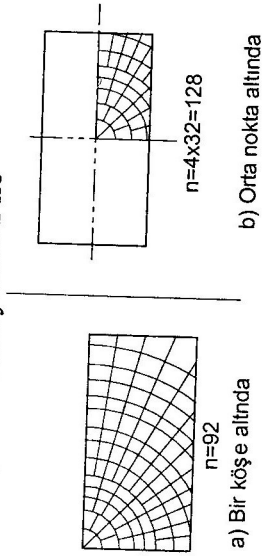
c) Yaklaşıklık yöntemle (Şekil 9.23c)

Bu yöntemde, 5 m derinlikte gerilme artışı üniform olup, köşe ve orta noktalar için ayırdır. Bağlantı 9.13'den

$$\Delta\sigma_z = \frac{80 \times 2 \times 4}{(2+5) \times (4+5)} = 10.2 \text{ kN/m}^2 \text{ ve Bağlantı 9.14'den}$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{80 \times 2 \times 4}{(2+1.15 \times 5) \times (4+1.15 \times 5)} = 8.47 \text{ kN/m}^2 \text{ bulunur.}$$

d) Newmark yöntemi ile

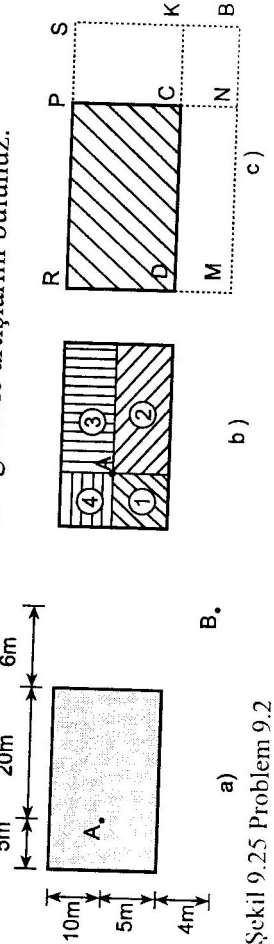


Şekil 9.24 Newmark Yöntemi ile çözüm

Üniform yüklü alan; z derinliği (5 m), diyagramın ölçek doğrusuna eşitlenerek seçilen ölçükle çizilir. Şeffaf kağıda ölçüklü olarak çizilen alanın C köşe noktası, diyagramın ortası üzerine konulursa, alanların sayısı 92 olarak sayılır (Şekil 9.24a). Saymada merkezden dışa doğru gidilir, eksikler göz kararı tama dönüştürülür.

$\Delta\sigma_z = 0.001 \times 92 \times 80 = 7.36 \text{ kN/m}^2$. Benzer biçimde, O orta noktası için, $\sigma_z = 0.001 \times 128 \times 80 = 10.24 \text{ kN/m}^2$ bulunur (Şekil 9.24b).

Problem 9.2) 15 mx25 m lik dikdörtgen bir alan, 120 kN/m² lik üniform bir yük ile yüklenmiştir. Şekil 9.25a'da, A noktasının 10 m ve B noktasının 5 m altındaki noktalarda gerilme artışlarını bulunuz.



Şekil 9.25 Problem 9.2

Cözüm

A noktası altındaki gerilme artışı için, alanı, A dan geçen ve kenarlara paralel olan doğrularla parçalara bölelim (Şekil 9.25b).

$$1 \text{ alanı için } m = 5/10 = 0.5 \quad n = 5/10 = 0.5 \quad K = 0.0840$$

$$2 \text{ alanı için } m = 20/10 = 2 \quad n = 5/10 = 0.5 \quad K = 0.1350$$

$$3 \text{ alanı için } m = 20/10 = 2 \quad n = 10/10 = 1 \quad K = 0.1999$$

$$4 \text{ alanı için } m = 10/10 = 1 \quad n = 5/10 = 0.5 \quad K = 0.1202$$

A noktası altında, gerilme artışı,

$$\Delta\sigma_z = (0.0840 + 0.1350 + 0.1999 + 0.1202) \times 120 = 64.7 \text{ kN/m}^2 \text{ bulunur.}$$

B noktası altında gerilme artışı hesaplamak için, Şekil 9.25c'deki gibi, kenarlara paralel çizilen doğrularla, dikdörtgen alanlar oluşturulur.

$$\text{BSRM alanı için } m = 31/5 = 6.2 \approx 5 \quad n = 19/5 = 3.8 \approx 3 \quad K_1 = 0.2464$$

$$\text{BKDM alanı için } m = 31/5 = 6.2 \approx 5 \quad n = 4/5 = 0.8 \quad K_2 = 0.1849$$

$$\text{BSPN alanı için } m = 6/5 = 1.2 \quad n = 19/5 = 3.8 \approx 3 \quad K_2 = 0.2163$$

$$\text{BKCN alanı için } m = 6/5 = 1.2 \quad n = 4/5 = 0.8 \quad K_2 = 0.1684$$

Alanların superpozisyonundan,

$$\text{RDCP} = \text{BSRM} - \text{BKDM} - \text{BSPN} + \text{BKCN}$$

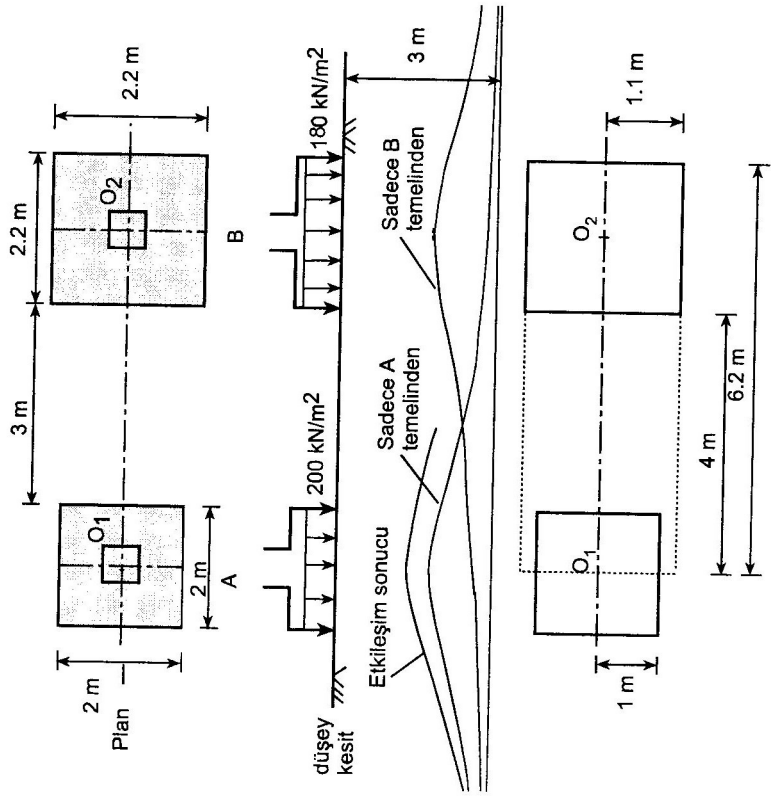
$$\Delta\sigma_z = 120 \times (0.2464 - 0.1849 - 0.2163 + 0.1684) = 1.632 (\approx 1.6) \text{ kN/m}^2$$

bulunur. Aynı işlem formülle yapılırsa,

$$\Delta\sigma_z = 120 \times (0.2480 - 0.1850 - 0.2171 + 0.1684) = 1.716 (\approx 1.7) \text{ kN/m}^2$$

bulunur. Burada tablonun yaklaşıkliği açıkça görülüyor.

Problem 9.3) Diğer bilgilerin Şekil 9.26'da verildiği durumda, zemin yüzüne oturan A tekil temelının altında 200 kN/m^2 , B tekil temelının altında ise 180 kN/m^2 lik üniform taban basıncı oluşmaktadır. Temellerin birbirini etkilediğini (Biri diğerinin merkezi altındaki gerilme artışına neden oluyor. Benzer etkiyi diğeri de yapıyor.) dikkate alarak, A tekil temelının ortası altında, 3 m derinlikte meydana gelen düşey gerilme artışını hesaplayınız.



Şekil 9.26 Problem 9.3.

Çözüm

O_1 noktasının 3 m altında, A temelinden dolayı gerilme artışı, $\Delta\sigma$

$$m = n = \frac{1}{3} = 0.333 \approx 0.3, K = 0.0374, \Delta\sigma = 0.374 \times 200 \times 4 = 29.92 \text{ kN/m}^2$$

O_1 noktasının 3 m altında, B temelinden dolayı gerilme artışı, $\Delta\Delta\sigma$

$$m = \frac{6.2}{3} = 2.07 \approx 2, n = \frac{1.1}{3} = 0.37 \approx 0.4, K = 0.1134$$

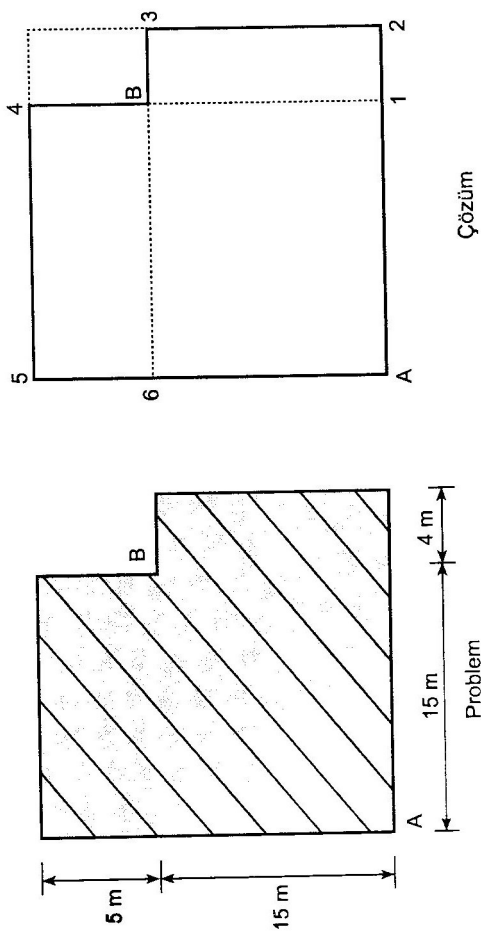
$$m = \frac{4}{3} = 1.33 \approx 1.3, n = \frac{1.1}{3} \approx 0.4, K = \frac{0.1063 + 0.1094}{2} = 0.1079$$

$$\Delta\Delta\sigma = 2 \times 180 \times (0.1134 - 0.1079) = 1.98 \text{ kN/m}^2 \text{ bulunur.}$$

Toplam gerilme artışı

$$\Sigma\Delta\sigma = 29.92 + 1.98 = 31.9 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Problem 9.4) Diğer bilgilerin Şekil 9.27'de verildiği durumda, 160 kN/m^2 lik üniform yükte yüklü alanda, A ve B noktalarının 6 m altında meydana gelen gerilme artışlarını, dikdörtgen alan katsayılarını kullanarak bulunuz.



Çözüm

Cözüm

A noktası için

$$A123B456 = A236 + A145 - A1B6$$

$$A236 \text{ için, } m = \frac{19}{6} \approx 3, n = \frac{15}{6} \approx 2.5, K = 0.2420$$

$$A145 \text{ için, } m = \frac{15}{6} \approx 2.5, n = \frac{20}{6} \approx 3, K = 0.2420$$

$$A1B6 \text{ için, } m = n = \frac{15}{6} \approx 2.5, K = 0.2401$$

$$\Delta\sigma_{Az} = 160x(0.2420 + 0.2420 - 0.2401) = 39 \text{ kN/m}^2$$

B noktası için

$$B456A123 = B123 + B6A1 + B45$$

$$B123 \text{ için, } m = \frac{4}{6} \approx 0.7, n = \frac{15}{6} = 2.5, K = 0.1704$$

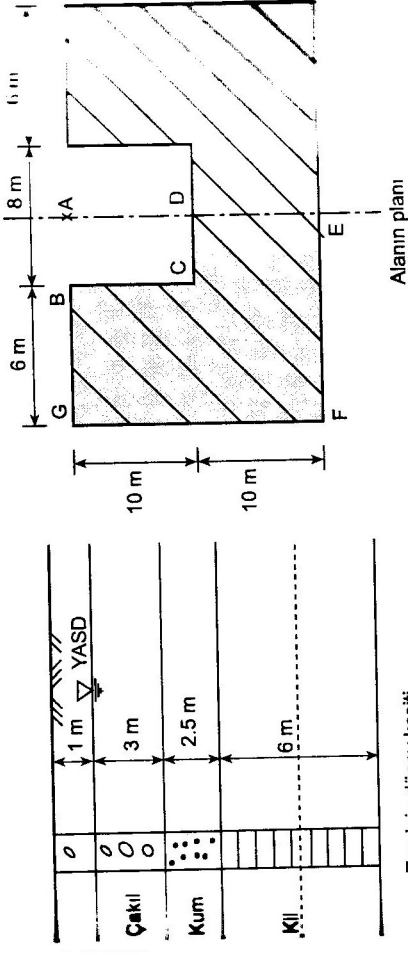
$$B6A1 \text{ için, } m = n = \frac{15}{6} = 2.5, K = 0.2401$$

$$B6A1 \text{ için, } m = n = \frac{15}{6} = 2.5, K = 0.2401$$

$$B456 \text{ için, } m = \frac{15}{6} = 2.5, n = \frac{5}{6} \approx 0.8, K = 0.1832$$

$$\Delta\sigma_{Bz} = 160x(0.1704 + 0.2401 + 0.1832) = 95 \text{ kN/m}^2$$

Problem 9.5 Diğer bilgilerin Şekil 9.28'de verildiği durumda, zemin yüzüne oturan 200 kN/m^2 lik üniform yüküyle yüklü alanın, A noktasında, kil tabakasının ortasındaki düşey gerilme artışı hesaplayınız.



Şekil 9.28 Problem 9.5

Cözüm

$$BGFEDC = AGFE - ABCD, \quad z = 9.5 \text{ m}$$

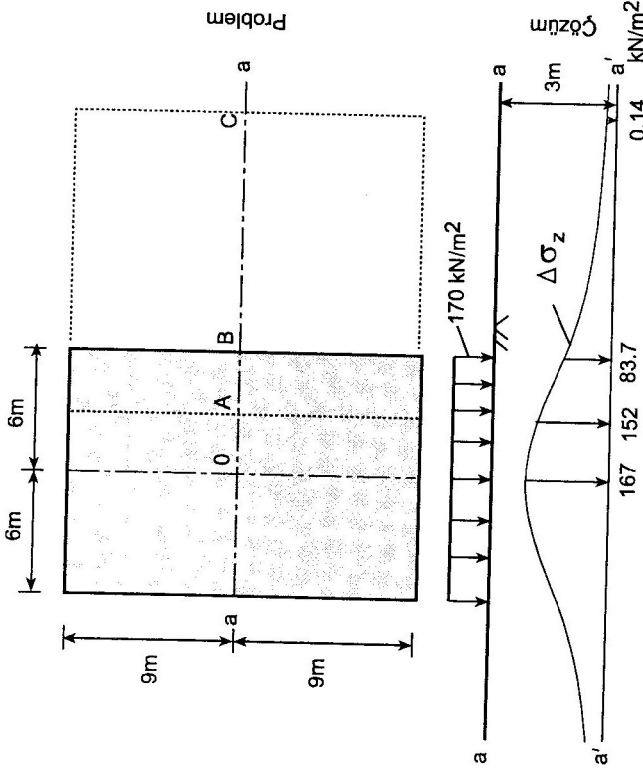
$$AGFE \text{ için, } m = \frac{10}{9.5} \approx 1, \quad n = \frac{20}{9.5} \approx 2, \quad K = 0.1999$$

$$ABCD \text{ için, } m = \frac{4}{9} \approx 0.4, \quad n = \frac{10}{9.5} \approx 1, \quad K = 0.1013$$

$$\Delta\sigma_A = 2x(0.1999 - 0.1013) \times 200 = 39.4 \text{ kN/m}^2$$

Problem 9.6 Diğer bilgilerin Şekil 9.29'da verildiği 170 kN/m^2 üniform yayılı yüküyle yüzeydeki alanın a-a eksenini altında 3 m derinlikteki bir yatay doğrultudaki düşey gerilme artışı hesaplayınız.

çiziniz. Bunun için orta noktadan itibaren sırayla 0-3-6-18 m uzaklıktaki noktaları kullanınız.



Şekil 9.29 Problem 9.6

Cözüm

O noktası için

6 mx9 m lik dikdörtgen için $m=6/3=2$, $n=9/3=3$, $K=0.2378$

$$\Delta\sigma_z = 4 \times 170 \times 0.2378 = 161.7 \text{ kN/m}^2$$

A noktası için

9 mx9 m lik dikdörtgen için $m=n=9/3=3 \rightarrow K=0.2439$

3 mx9 m lik dikdörtgen için $m=3/3=1$, $n=9/3=3 \rightarrow K=0.2034$

$$\Delta\sigma_z = 2 \times (0.2439 + 0.2034) \times 170 = 152.1 \text{ kN/m}^2$$

B noktası için

9 mx12 m lik dikdörtgen için $m=9/3=3$, $n=12/3=4 \approx 5$ $K=0.2461$

$$\Delta\sigma_z = 2 \times 170 \times (0.2461) = 83.7 \text{ kN/m}^2$$

C noktası için

9 mx24 m lik dikdörtgen için $m=9/3=3$, $n=24/3=8 \approx 10 \rightarrow K=0.2465$

12 mx9 m lik dikdörtgen için $m=12/3=4 \approx 5$, $n=9/3=3 \rightarrow K=0.2461$

$$\Delta\sigma_z = 2 \times 170 \times (0.2465 + 0.2461) = 0.014 \text{ kN/m}^2$$

Problem 9.7) Diğer bilgilerin Şekil 9.30'da verildiği üniform yükle yükten dolayı, S noktasındaki düşey gerilme artışı hesaplayınız.

Cözüm

Burada (Şekil 9.30) $x=0$, $b=1.15$ m, $z=4$ m, $x/b=0$, $z/b=4/1.15=3.48 \approx 4$. Tablo 9.3'den

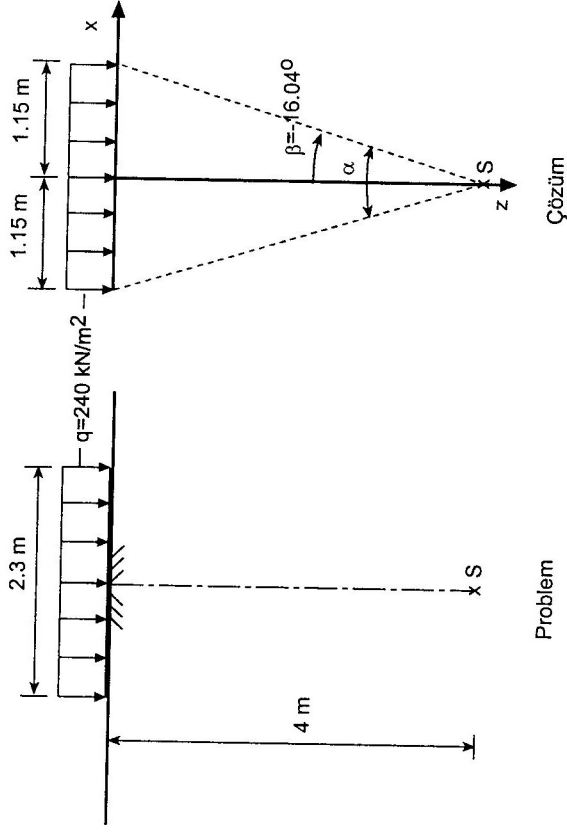
$$I_s=0.306 \text{ alınır.}$$

$\Delta\sigma_s=0.306 \times 240 \approx 73.44$ kN/m² olarak hesaplanır. Tabloda aradığımız bulma işlemi (interpolasyon) yapılmadığı için sonuç yaklaşık olur.

Hesapları formülle yapalım (Şekil 9.30). $\alpha=2 \times \tan^{-1}(1.15/4)=32.08^\circ$

(0.55989 radyan), $\beta=-16.04$, Bağıntı 9.4'den

$$\Delta\sigma_s = \frac{240}{\pi} x [0.5598 + \sin 32.08x \cos(32.08 - 2x16.04)] = 83.34 \text{ kN/m}^2$$



Problem

Çözüm

Şekil 9.30 Problem 9.6

Aynı problem ikiye ayrılarak süperpozisyon kuralı ile de çözülebilir.

Problem'in yarısını düşünelim (Şekil 9.31). Burada $x=0.575$ m,

$b=0.575$ m, $z=4$ m, $x/b=1$, $z/b=4/0.575=6.96 \approx 6$ dir. Tablo 9.3'den

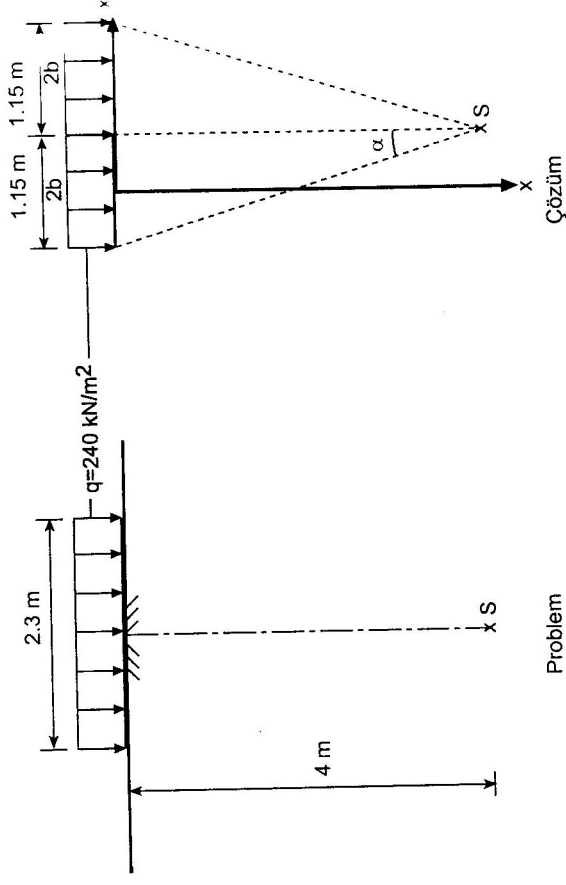
$I_s=0.198$ alınır.

$\Delta\sigma_s = 2x \cdot 0.198 \cdot 240 = 95.04 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanır.

Hesapları formülle yapalım. $\alpha = \tan^{-1}(1.15/4) = 16.04^\circ$ (0.2799498

radyan), $\beta=0$, Bağıntı 9.4'den

$$\Delta\sigma_s = 2x \frac{240}{\pi} x (0.28 + \sin 16.04x \cos 16.04) = 83.35 \text{ kN/m}^2$$

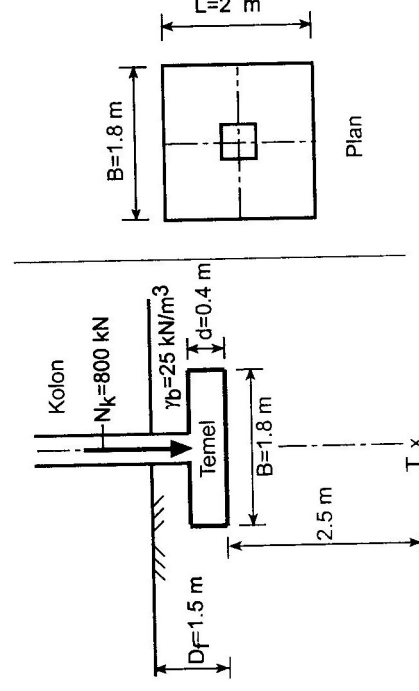


Problem

Çözüm

Şekil 9.31 Problem 9.6

Problem 9.8) Diğer bilgilerin Şekil 9.32'de verildiği, $2\text{ m} \times 1.8\text{ m}$ alanlı tekil temelden dolayı, temel ortası altında T noktasındaki net dikey gerilme artışı bulunuz.



Şekil 9.32 Problem 9.8

Cözüm

Temeli ortasından dört parçaya bölümler (Şekil 9.32). Bir parça için üniform yüküyle yükü dikdörtgen alan formülüyle

$$z=2.5 \text{ m}, m=0.9/2.5=0.36, n=1/2.5=0.4, K=0.0553 \text{ olarak bulunur.}$$

Tablodan ise bu değer $m \approx 0.4$, $n=0.4$ için $K=0.0602$ dir.

Temel tabanındaki basınç,

$$q_t = \frac{800 + 2 \times 1.8 \times 0.4 \times 25}{1.8 \times 2} = 836 / 3.6 = 232.22 \text{ kN/m}^2 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Net temel taban basıncı (daha önce var olan γD_f düşey basıncına göre değişiklik)

$$q_{\text{net}} = q_t - \gamma D_f = 232.22 - 1.5 \times 19 = 203.5 \text{ kN/m}^2$$

T noktasındaki net düşey gerilme artışı,

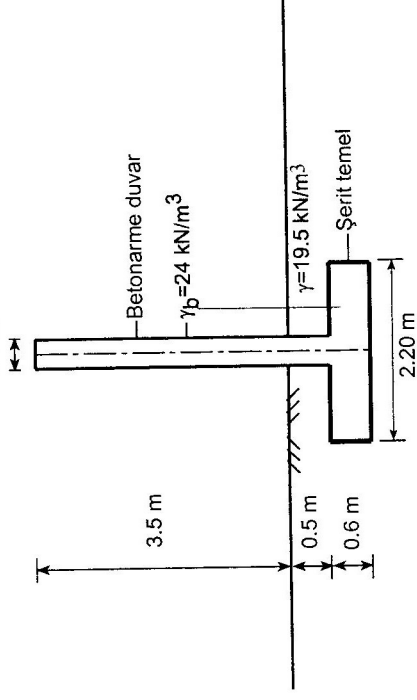
$$\Delta \sigma_{\text{net}} = 4 \times 203.5 \times 0.0553 = 45.014 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Problem 9.9) Diğer bilgilerin Şekil 9.33'de verildiği duvar taşıyan şerit temelden dolayı, H noktasındaki net düşey gerilme artışı bulunuz.

Cözüm

Problem uzun olduğundan birim uzunluk için (1 m) hesap yapılacaktır. Duvarın ve temelin ağırlığı, W_d ve W_t ,

$$W_d = h d \gamma_b = 4 \times 0.4 \times 24 = 38.4 \text{ kN/m}, \quad W_t = 2.2 \times 0.6 \times 24 = 31.68 \text{ kN/m}$$



Şekil 9.33 Problem 9.9

Temel taban basıncı,

$$q_t = \frac{38.4 + 31.68}{2.2 \times 1} = 31.855 \text{ kN/m}^2,$$

$$q_{\text{net}} = 31.855 - 1.1 \times 19.5 = 10.405 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak bulunur. Bu şerit}$$

yükten H noktasında meydana gelen net düşey gerilme artışı, $\Delta \sigma_{\text{net}}$,

$$2b = 2.2 \text{ m}, \quad b = 2.2/2 = 1.1 \text{ m}, \quad \tan \alpha = 1.1/4 = 0.275,$$

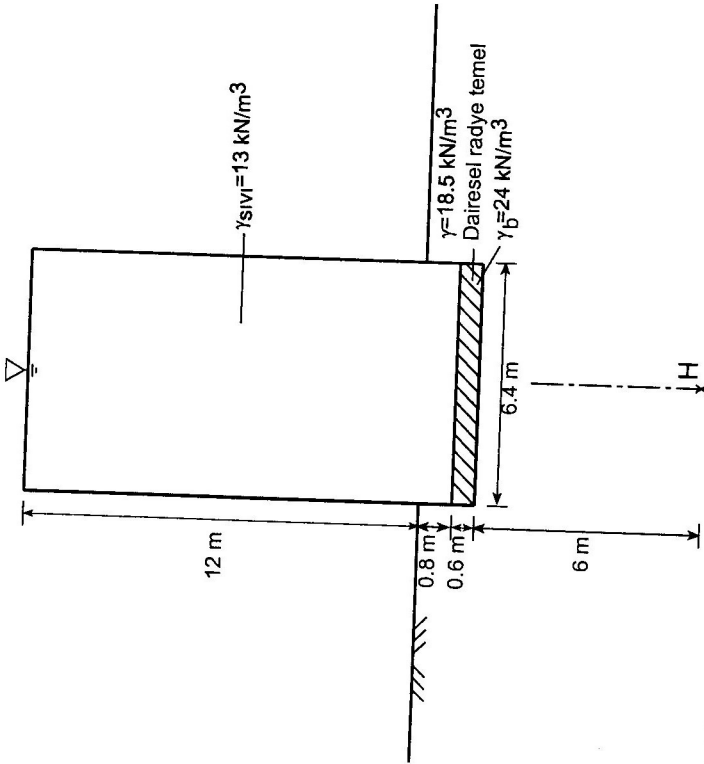
$$\alpha = 15.38^\circ \quad (0.268 \text{ radyan}),$$

$$\Delta \sigma_{\text{net}} = 2 \times \frac{10.405}{\pi} \times (0.268 + \sin 15.38^\circ \cos 15.38^\circ) = 3.47 \text{ kN/m}^2 \text{ ve}$$

$$\text{Tablo ile, } x = 0.55 \text{ m}, \quad x/b = 0.55/0.55 = 1, \quad z/B = 4/0.55 = 7.27 \approx 7,$$

$$K = 0.153, \quad \Delta \sigma_{\text{net}} = 2 \times 10.405 \times 0.153 = 3.184 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Problem 9.10) Diğer bilgilerin Şekil 9.34'de verildiği, içi sıvı dolu silindirik tankın ortası altında H noktasındaki net gerilme artışı hesaplayınız. Çelik tankın kendi ağırlığını ihmal ediniz.



Şekil 9.34 Problem 9.10

Cözüm

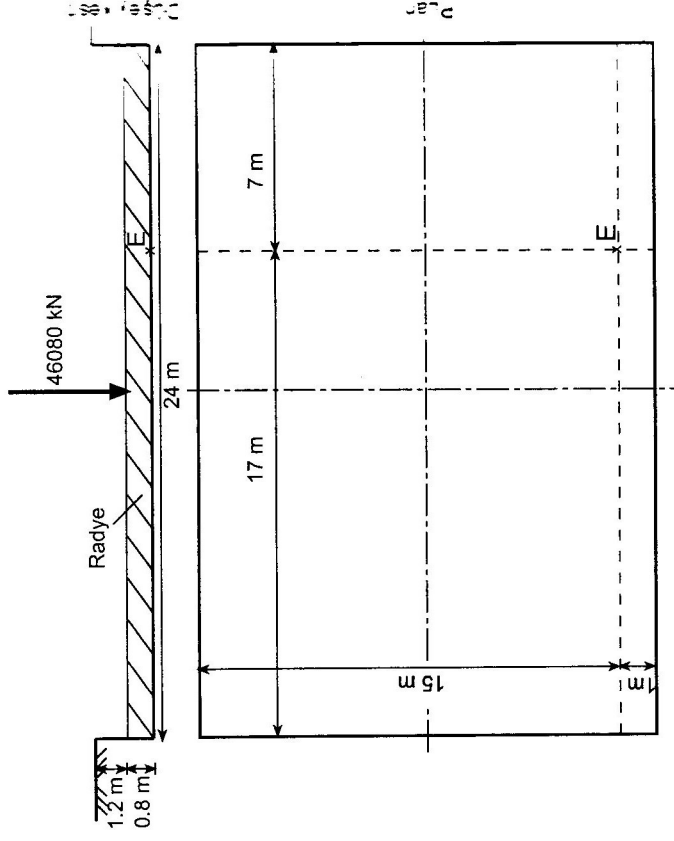
Taban basıncı $q_f = (\pi \times 3.2^2 \times 12.8 \times 13 + \pi \times 3.2^2 \times 0.6 \times 24) / \pi \times 3.2^2$

$= 180.8 \text{ kN/m}^2$, $q_{\text{net}} = 180.8 - 1.4 \times 18.5 = 143.8 \text{ kN/m}^2$. Bu üniform dairesel yükten H noktasında oluşan net düşey gerilme artışı, $\Delta\sigma_c$,

$$\Delta\sigma_c = \left[1 - \left\{ \frac{1}{1 + (3.2/6)} \right\}^{3/2} \right] \times 143.8 = 0.313 \times 143.8 = 45.016 \text{ kN/m}^2$$

Tablo ile, $z/R = 6/3.2 = 1.875 \approx 2.0 \rightarrow K_c = 0.284$, $\Delta\sigma_c = 0.284 \times 143.8 = 40.84 \text{ kN/m}^2$ bulunur.

Problem 9.11) Diğer bilgilerin Şekil 9.35'de verildiği taban alanı $24 \text{ m} \times 16 \text{ m}$ olan ince (esnek) radyenin E noktası altında 8 m derinliğinde net düşey gerilme artışı hesaplayınız. Radyeye üst yapıdan toplanan 46080 kN düşey yük gelmektedir.



Şekil 9.35 Problem 9.11

Cözüm

Taban basıncı, $q_f = (46080 + 24 \times 16 \times 0.8 \times 24) / (24 \times 16) = 139.2 \text{ kN/m}^2$.

Net taban basıncı, $q_{\text{net}} = 139.2 - 2 \times 19 = 101.2 \text{ kN/m}^2$ bulunur.

E noktasında alanı dört parçaya bölersek,

15 m x 17 m, $m=15/8=1.875$, $n=17/8=2.125$, $K=0.2321$,

1 m x 7 m, $m=1/8=0.125$, $n=7/8=0.875$, $K=0.0332$,

1 m x 17 m, $m=1/8=0.125$, $n=17/8=2.125$, $K=0.0389$,

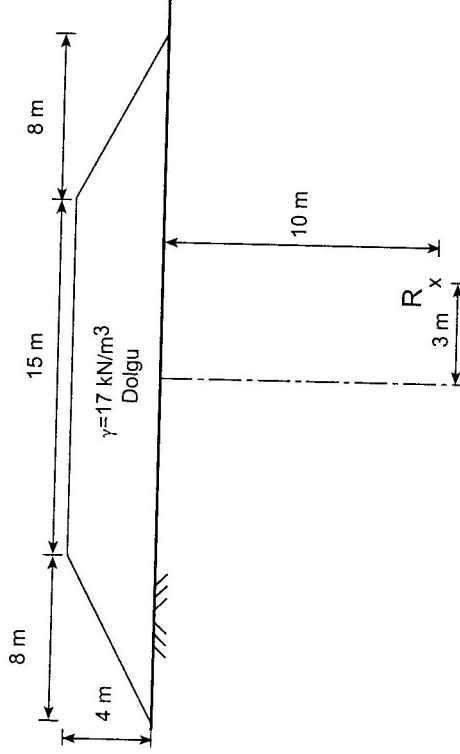
7 m x 15 m, $m=7/8=0.875$, $n=15/8=1.875$, $K=0.1882$,

$$\Delta\sigma_E = (0.2321 + 0.0332 + 0.0389 + 0.1882) \times 101.2 = 49.83 \text{ kN/m}^2$$

olarak bulunur. Tablo ile,

$$\Delta\sigma_E = (0.2299 + 0.0270 + 0.0311 + 0.1915) \times 101.2 = 48.53 \text{ kN/m}^2$$

Problem 9.12) Diğer bilgilerin Şekil 9.36'da verildiği uzun dolgudan dolayı, R noktasındaki düşey gerilme artışını bulunuz.

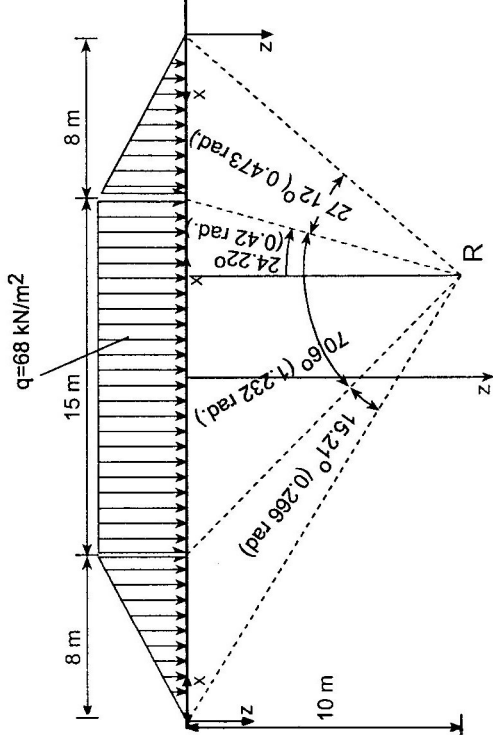


Şekil 9.36 problem 9.12

Cözüm

Dolgu, üniform şerit ve üçgen şerit yüklerle ayrılabilir (Şekil 9.37).

$q=4 \times 17=68 \text{ kN/m}^2$, $z=10 \text{ m}$, ilgili formülleri uygularsak,



Şekil 9.37 Problem 9.12

8 m'lik üçgen yük için,

$x=8.5 \text{ m}$, $B=8 \text{ m}$, $\alpha=0.266 \text{ rad}$, $\beta=46.4^\circ$, $\Delta\sigma=2.5048 \text{ kN/m}^2$,

15 m'lik üniform şerit yük için,

$x=7.5 \text{ m}$, $b=7.5 \text{ m}$, $\alpha=46.04+24.22=70.26^\circ$, $\beta=-24.22^\circ$,

$\Delta\sigma=46 \text{ kN/m}^2$

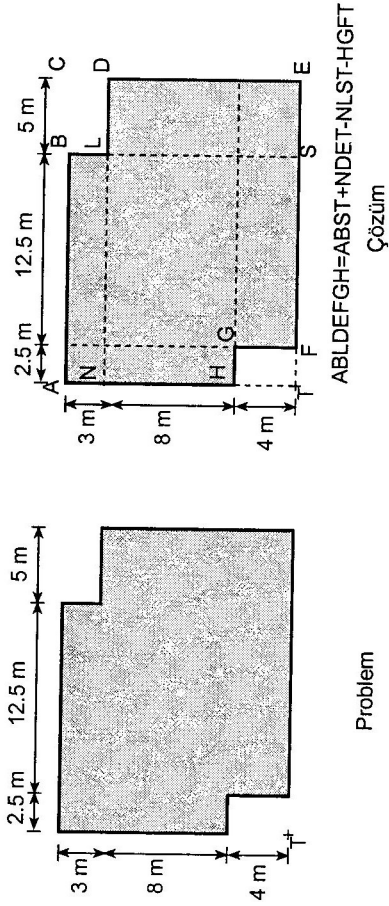
8 m'lik üçgen şerit yük için,

$x=12.5 \text{ m}$, $\alpha=0.473 \text{ rad}$, $\beta=24.22^\circ$, $\Delta\sigma=7.9 \text{ kN/m}^2$ bulunur.

Toplam düşey gerilme artışı,

$$\Sigma \Delta \sigma = 2.5048 + 46 + 7.9 = 56.4 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Problem 9.13) Diğer bilgilerin Şekil 9.38’de verildiği alan 170 kN/m^2 lik üniform bir yayılı yükün etkisindedir. T noktası altında 6 m derinlikteki düşey gerilme artışı dikdörtgen alan katsayıları ile bulunuz.



Şekil 9.38 Problem 9.13

Cözüm

$$ABLDEFHG = ABST + NDET - NLST - HGFT$$

$$ABST \text{ için } m = 15/6 = 2.5, n = 2.5, K = 0.2401$$

$$NDET \text{ için } m = 20/6 = 3.3333, n = 15/6 = 2.5, K = 0.2427$$

$$NLST \text{ için } m = 12/6 = 2, n = 15/6 = 2.5, K = 0.2361$$

$$HGFT \text{ için } m = 2.5/6 = 0.4167, n = 4/7 = 0.5714, K = 0.0802$$

$$K_{ABLDEFHG} = 0.2401 + 0.2427 - 0.2361 - 0.0802 = 0.1665$$

$$\Delta \sigma = 0.1665 \times 170 = 28.305 \text{ kN/m}^2$$

10. BÖLÜM

ŞEVLERİN STABİLİTESİ

10.1 Giriş

Eğik (eğimli) yüzeye sahip doğal veya yapay (oluşturulmuş) zemin kitlesine şev denilir. Şev yüzeyinin, yatayla yaptığı açıya şev açısı (α), bu açının tanjantının tersine şev eğimi, m , denilir. $m = 1/\tan\alpha$ ($\cotan\alpha$) = a/b (örneğin 2:1, 3:1 vb.) (Şekil 10.1).

Doğal yamaçlar, doğal yamaçlarda kazı sonucu oluşturulan eğik yüzeyler, toprak baraj ve dolguların eğik yüzleri, şevlere örnek olarak verilebilir. Şev yüzeyi altındaki zeminin göçmesine (kırılmasına), şev kayması (toprak kayması, heyelan vb.) denilir. Şekil 10.1’de tipik bir şev kayması ve ilgili terimler görülmektedir.

