

DUVARLAR

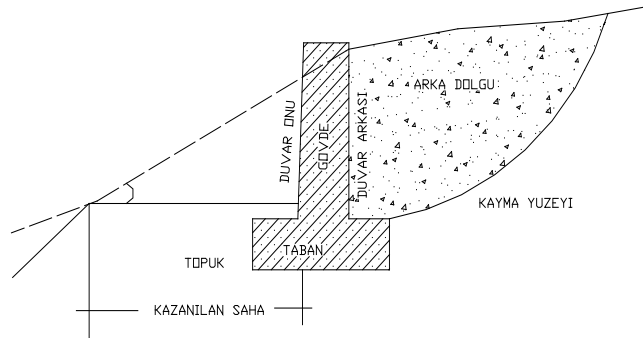
Yapılarda duvarlar yük taşıması yönünden 2 grupta toplanırlar

1. Karkas yapılar (Ahşap, çelik, betonarme) Karkas yapılarda duvarlar yük taşımazlar, duvarlar istenirse kaldırılabilir. Yapı üzerine gelen yükler kolon ve kirişler yardımıyla taşınıp zemine iletilirler.
2. Yığma yapılar . Kolon ve kiriş yoktur, Yapıdan gelen yükler duvarlar yardımıyla zemine iletilirler. Bu yapılar kagir malzeme (taş, tuğla, biriket, kerpiç)den yapılırlar. Bu yapılarda duvarlar kaldırılamaz

Bu bölümde peyzaj yapıları içerisinde önemli bir yer tutan istinat duvarlarının türleri ve boyutlandırılması üzerinde durulacaktır.

İstinat Duvarları İle İlgili Genel Bilgiler.

İstinat duvarların atmosferle temas halindeki yüzü Duvar Önü, zeminle temas halindeki yüzüne Duvar Arkası denir. Duvarın yapımında sonra arkası uygun malzemelerle doldurulur. İstinat duvarları yatay hareketlere karşı yeterli mesnet teşkil edecek bir taban ve buna ankastre bir gövdeden oluşur. Tabanın ön tarafındaki alt uca Topuk adı verilir.

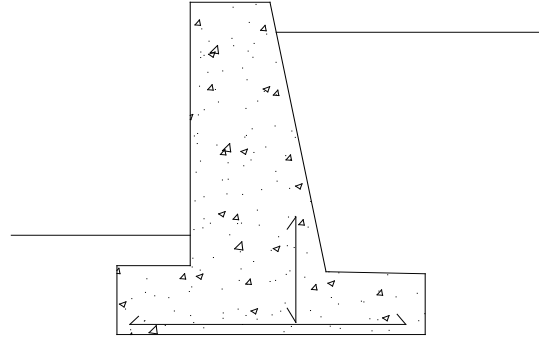


İstinat Duvarlarının Türleri

1. Ağırlık (Masif) İstinat Duvarları

Kagir istinat duvar adıyla da anılırlar, genellikle çimento ve kireç harçlı taş duvar örgülü ya da demirsiz betonla yapılırlar. Bu tür istinat duvarları genel toprak itkisini

kendi ağırlığı ile dengelemeye çalışırlar. Bu nedenle belirli yükseklikleri aşmamalıdır(4-5 m). Kagir malzemenin çekme dayanımı olmadığı için çekme gerilmesine izin verilmez.

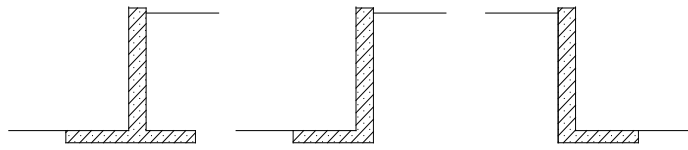


YARI AĞIRLIK İSTİNAT DUVARI

3. Betonarme İstinat Duvarları

3.1. Basit Konsol Betonarme İstinat Duvarları

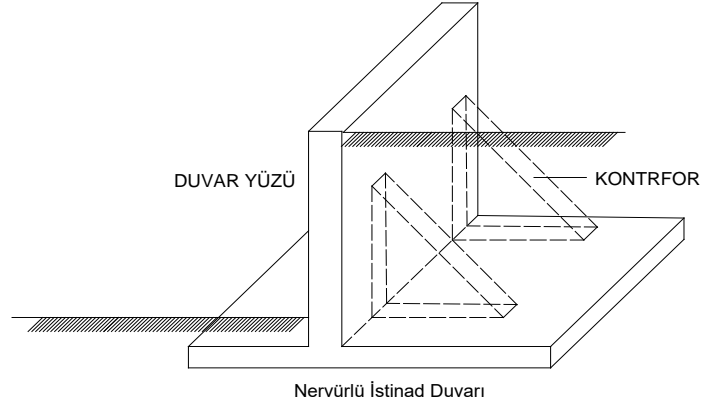
Genellikle L, \perp , \lrcorner , biçimlerinde olabilirler. Alçak ve orta yükseklikteki istinat duvarları için uygundur (7 – 8 m). Toprak kazısının mümkün olmadığı durumlarda taban dışarıya doğru uzatılacak biçimde \lrcorner tipi duvar kullanılır. L ve \perp biçimindekiler gövde arkasındaki toprak yükü nedeniyle sistemin stabilitesi bakımından olumlu özellikler oluşturur.



Betonarme İstinat Duvarları

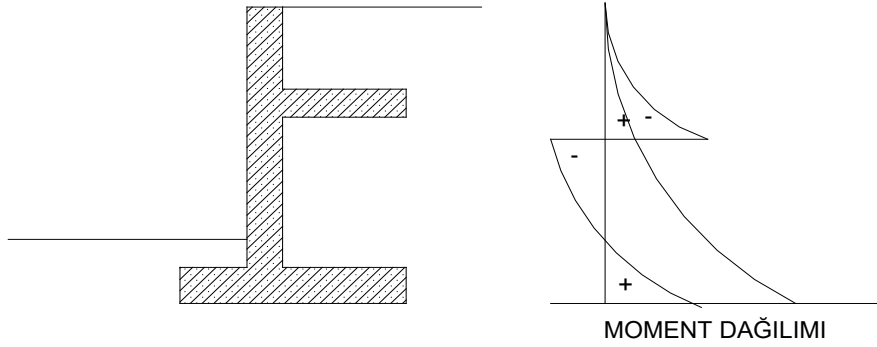
3.2. Nervürlü (Kontrfor) İstinat Duvarları

Basit betonarme istinat duvarlarına belirli aralıklarda kama şeklinde destek elemanları konulması ile oluşturulur. Böylece gövde ve taban elemanı, mesnetli plaklar şekline dönüştürülmüş olur.



3.3. Yatay Konsol Plaklı İstinad Duvarları

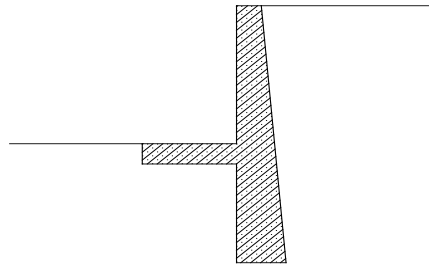
Yüksekliği fazla olan istinat duvarlarında gövdeden yatay çıkmalar şeklinde hafifletme konsolları kullanarak daha ekonomik istinat duvarları yapılabilir. Konsol plaklar altında boşluklar oluştuğu için üzerindeki zemin ağırlığı nedeniyle negatif momentler oluşarak duvarın devrilmesi engellenmiş olur.



YATAY KONSOL PLAKLI İSTİNAD DUVARLARI

3.4. Zemine Ankastre İstinad Duvarları.

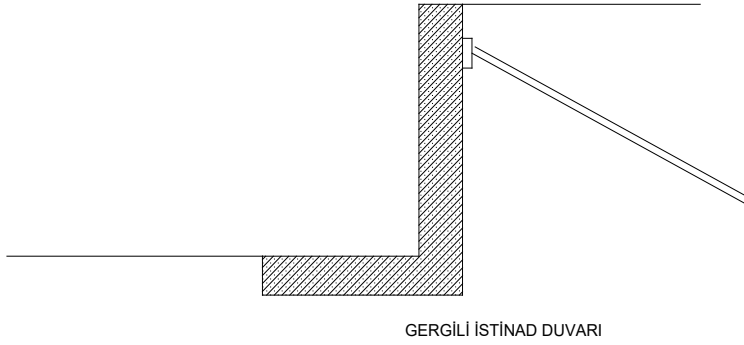
İstinad duvarlarının taban kısmının, dolgu olması nedeniyle yapılmasının olanaksız olduğu durumlarda duvarın stabilizesini sağlamak amacıyla gövde daha derinlere ankre edilir. Gövdenin alt kısmı, toprak içerisinde pasif toprak basıncı nedeniyle duvar arkasında oluşacak basınca negatif yönde bir yarar sağlamaktadır.



ZEMİNE ANKASTRE İSTİNAD DUVARI

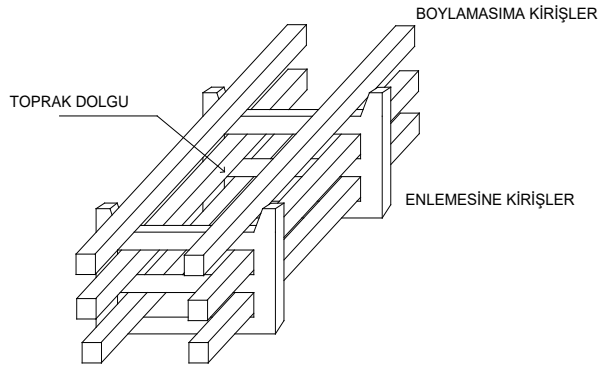
3.5. Gergili İstinat Duvarları

İstinat duvarlarının arkasında sağlam zemin bulunması durumunda, bu sağlam zemine yapılan ankraj ile gövdenin çekilmesi sağlanarak gövdenin boyutlandırılmasında ekonomiye gidilir.



3.6. Kafes İstinat Duvarları

Prefabrike betonarme kiriş elemanlarının, istiflenerek yanları kapalı üstü açık sandık şeklinde bölmeler, içleri taş yada toprakla doldurularak teşkil edilirler. Kendi bünyeleri içerisinde drenajı temin etmeleri, sökülüp takılabilir olmaları, tamamlanır tamamlanmaz yük taşıyabilmeleri, küçük oturmalarından etkilenmemeleri ve bakımlarının kolay olması gibi tercih edilebilecek üstünlükleri vardır.

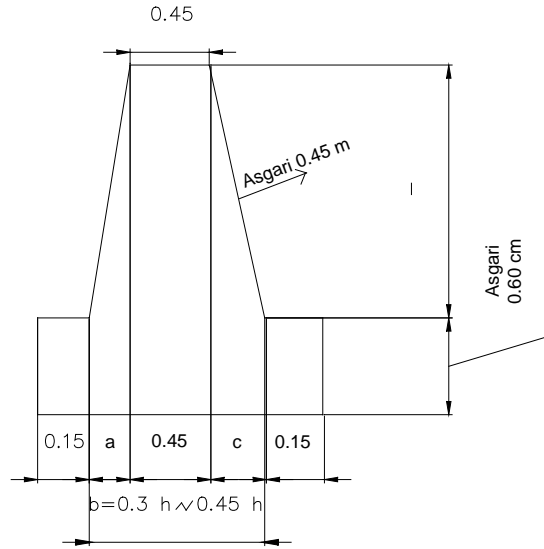


Prefabrik Kirişli Kafes İstinat Duvarları

İstinat Duvarlarının Ön Boyutlandırılması

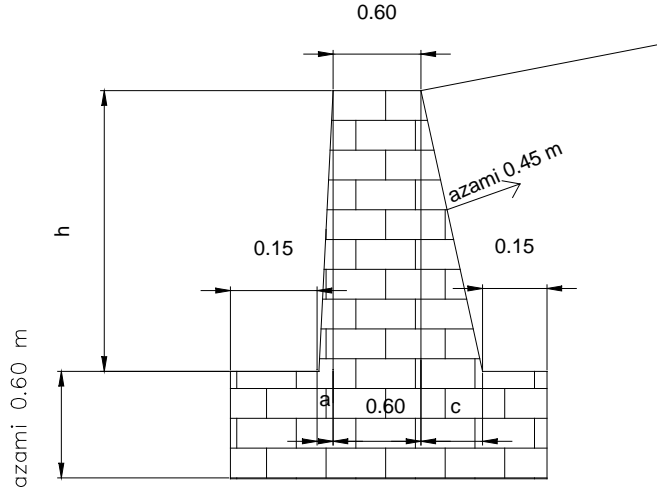
İstinat duvarlarının ön boyutlandırılması bugüne kadarki deneyimlerden yararlanılarak yapılır. İstinat duvarının yüksekliğine bağlı olarak en kesit boyutları yaklaşık olarak belirlenir. Seçilen bu boyutlara göre istinat duvarlarının stabilite kontrolleri yapılarak kesitin yeterliliği araştırılır., gerekli ise hesaba göre boyutlarda gerekli değişiklikler yapılır. Değişik istinat duvarları için ön boyutlandırma değerleri çizelgede gösterilmiştir.

Beton Ağırlık İstinat Duvarları



H	b	a	c
1.52	0.73	0.13	0.15
1.83	0.88	0.15	0.27
2.13	1.02	0.18	0.39
2.44	1.17	0.20	0.51
2.74	1.31	0.23	0.63
3.05	1.46	0.25	0.75
3.35	1.61	0.28	0.87
3.66	1.75	0.30	0.99
3.93	1.90	0.33	1.11
4.27	2.05	0.35	1.23
4.57	2.19	0.38	1.36

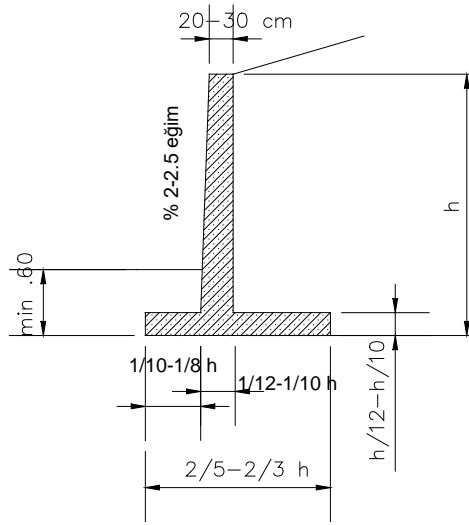
Kagir Ağırlık İstinat Duvarı



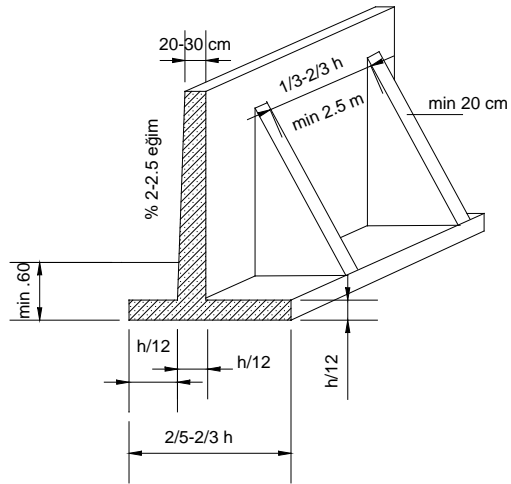
Kagir Ağırlık İstinat Duvarı

H	b	A	c
1.52	1.01	0.13	0.28
1.83	1.22	0.15	0.46
2.13	1.42	0.18	0.63
2.44	1.62	0.20	0.81
2.74	1.82	0.23	0.99
3.05	2.03	0.25	1.17
3.35	2.23	0.28	1.35
3.65	2.44	0.30	1.52
3.96	2.64	0.33	1.70
4.27	2.84	0.36	1.88
4.57	3.05	0.38	2.06

Betonarme Konsol İstinat Duvarı

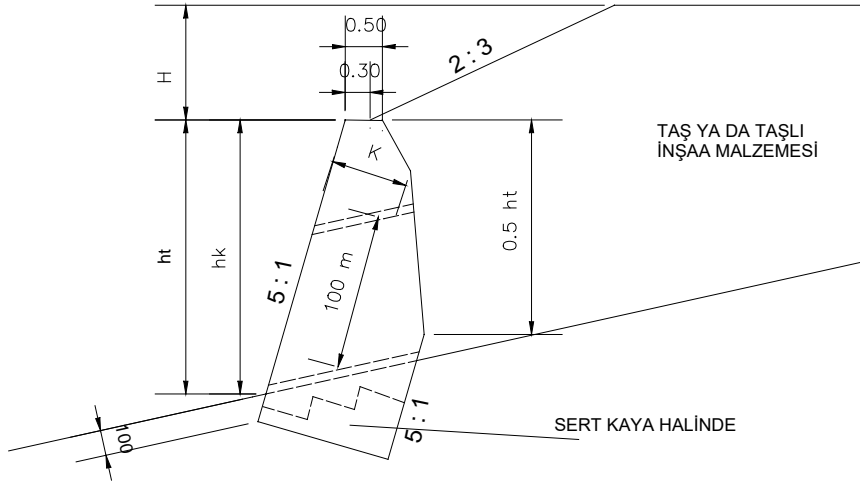


Betonarme Nervürlü İstinat Duvarı



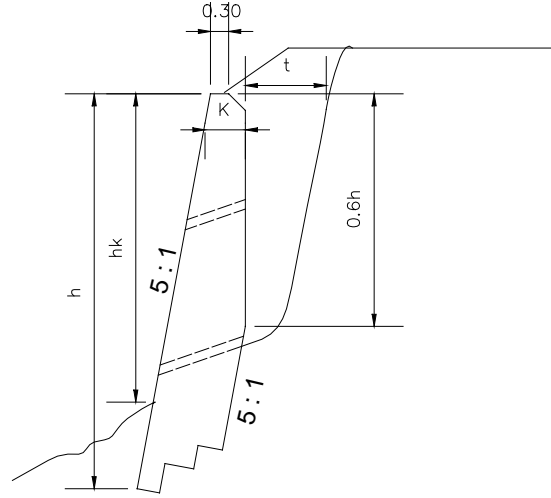
İSTİNAD VE İKSA DUVAR TİPLERİ

HARÇLI İSTİNAD DUVARI



Yük. H m.	DUVAR KALINLIĞI (K) cm											
	ht (ya da hk) Yükseklik (m).											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	50	55	70	90	110	125	145	165	180	200	220	240
1	50	60	80	100	120	135	155	175	190	210	230	250
2	50	65	85	105	125	145	165	185	205	225	245	265
3	50	65	90	110	130	150	170	195	210	235	255	275
4	50	65	90	110	135	155	175	200	220	245	265	285
5	50	65	90	110	135	160	180	205	225	250	270	290
6	50	65	90	110	135	160	185	210	230	255	275	295
7	50	65	90	110	135	160	185	210	235	260	280	300
8	50	65	90	110	135	160	185	210	235	265	285	305
9	50	65	90	110	135	160	185	210	235	265	290	310
10	50	65	90	110	135	160	185	210	235	265	290	315

HARÇLI İSTİNAD DUVARI



Kayalık zeminlerde harçlı istinat duvarlarında cetvellerde aşağıdaki değişikliklerin yapılması gereklidir. Bu cetvelde boş bırakılan yerler için bir önceki cetvel kullanılacaktır.

DUVAR KALINLIĞI ((K) cm.												
Kaya mesafesi t m	hk Yükseklik (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
1.00				70	70	75	80	85	85	85	85	85
1.50						95	110	120	125	125	125	125
2.00						110	125	140	150	155	155	160
2.50										185	190	195

İstinat Duvarlarına Gelen Kuvvetler.

İstinat duvarları konumlarına göre değişik kuvvetlerle karşılaşılır. Duvarların ekonomik ve sağlam bir şekilde boyutlandırılması için duvarı etkileyen kuvvetlerin oldukça doğru olarak tespit edilmeleri gerekmektedir. Bu kuvvetler şu şekilde sıralanabilir.

- Duvarın kendi ağırlığı.

Genellikle ağırlık türü istinat duvarlarında yanal itkiyi karşılayan en büyük kuvvet duvarın ağırlığıdır. Duvar tabanında oluşan kuvvet taban- zemin arasındaki sürtünme nedeniyle ters yönde bir kuvvet oluşturur. Bu sürtünme ile duvara gelen yatay kuvvetler karşılanır.

Duvar malzemesinin birim hacim ağırlığı ----- δ (t / m³)

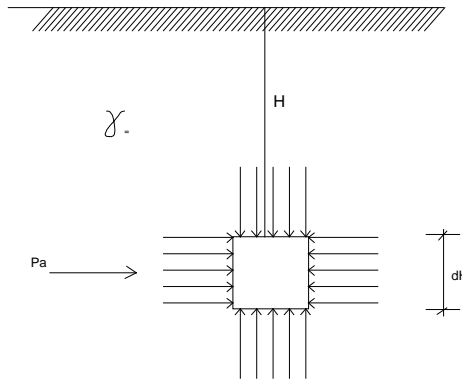
Duvar kesit alanı -----V (m²)

Duvar ağırlığı ----- W (ton) = $\delta \times V \times 1m$

- Duvar arkasındaki zeminin yanal etkisi

İstinat duvarları genellikle bir yanal basıncı taşımak amacıyla yapılırlar. Yanal basınç ile ilgili ilk çalışmalar , Coulomb (1776), Poncelet (1840) ve Rankine (1857) tarafından yapılmıştır. Bugün hala iki asır önce geliştirilen bu hipotezler kullanılmaktadır.

Zemin yüzünden H (m) derinlikte bir dH elemanı alalım.



Şekil Sükunette H derinliğindeki dH elemanına etki eden yükler.

Düşey Basınç = (δH) ve

Yatay Basınç = $(K_o \times \delta H)$ dir.

Burada K_o , zemin yapısına bağlı bir katsayı olup, sükunette 0.4 – 0.6 arasında alınabilir.

H derinliğinde dH elemanına etki eden toplam basınç kuvveti :

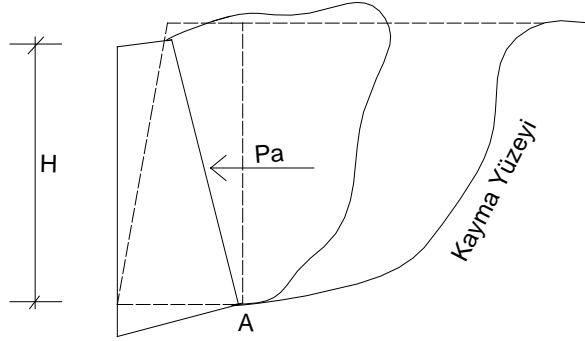
$$\int dp_a = \int_0^H (K_0 \delta H) dH$$

$P_a = \frac{1}{2} K_0 \delta x H^2$ yazılabilir.

Duvar denge durumunda iken toprak etkisini hesaplamak oldukça güçtür. Ancak bazı kabuller ile duvarın hareket ettiği düşünülerek toprak basıncının iki sınırı olduğu görülür. Bunlar aktif toprak basıncı ve pasif toprak basıncıdır.

Aktif Toprak Basıncı.

Duvar, toprak itkisi ile çok az zemin dışına doğru itiliyorsa.

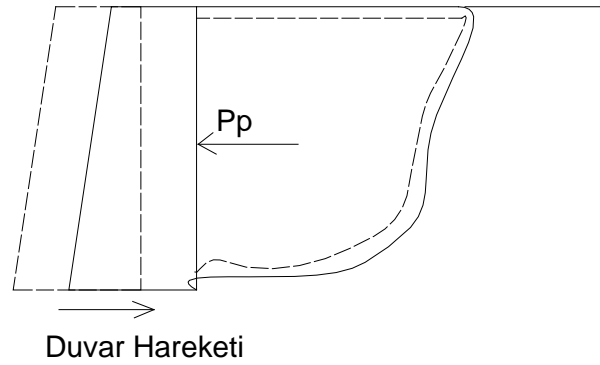


Bu durumda, mevcut sükunetteki zemin gerilmelerinde bir gerilme azalması başlayacak, bu azalma belli sınır değeri aştıktan sonra zeminin dengesi bozularak bir kayma yüzeyi meydana gelecektir. Bu kayma yüzeyi boyunca dışarı doğru hareket etmeye çalışan zemin kaması ortaya çıkacaktır. Bu anda duvara kamanın yapmış olduğu toprak basıncına Aktif toprak basıncı denir.

$P_a = \frac{1}{2} K_a \delta x H^2$ değeri ile hesaplanır.

Pasif Toprak Basıncı

Duvar, arkasındaki zemine doğru çok az hareket ediyorsa.



Bu durumda ise mevcut sükunetteki zemin gerilmelerinde bir artma meydana gelecek, belli bir sınırı aştıktan sonra zeminde kabarma başlayacak ve kayma yüzeyi meydana gelecektir. Bu anda toprak kamasının duvara yapmış olduğu toprak basıncına Pasif Toprak Basıncı denir.

$P_p = 1/2 K_p \times \delta \times H^2$ değeri ile hesaplanır.

Pasif toprak basıncının değeri aktif toprak basıncının değerinden daha büyüktür.

Duvar Önündeki Toprak Basıncı

İstinat duvarının tabanı zemine gömülü olduğundan duvarın öne doğru hareketi sırasında temel zemine doğru hareket edeceğinden stabilite hesaplarında olumlu etki yapacak pasif basınç gerilmeleri de taban üzerinde ortaya çıkacaktır.

Suların Yapacağı Basınçlar.

İstinat duvarı arkasın

da hiçbir zaman, yer altı ve ter üstü sularının toplanması istenmez. Bu suların duvarda yapacağı hidrostatik basıncın göz ardı edilmemesi gerekir. Ayrıca suyun zemin danelerini yüzdürme kuvveti de hesaplamalara dahil edilmelidir.

Deprem Tesiri

Depremi ortaya koyduğu yatay ivme, istinat duvarında yaklaşık % 10 kadar ani yanal basınç artmasına neden olabilir.

Don Tesiri

Zeminde yer altı su seviyesinin yüksek ya da zeminin suya doymuş olduğu durumlarda, zemin soğuk mevsimlerde belirli bir derinliğe kadar donar. Duvarın arkasında ve topukta meydana gelecek buz mercleklerinden dolayı ilkbaharda buzların erimesiyle bu kısımlar yumuşayacak ve oturmalar meydana gelecektir. Bu ters etki duvarın devrilmesine neden olabilir. Zeminin uygun bir şekilde drenajı, don etkisine karşı alınacak önlemlerin en uygun olanıdır.

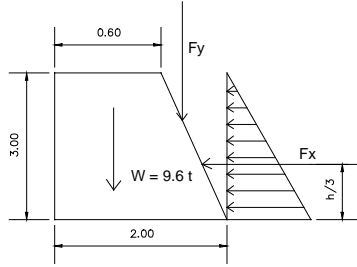
Üst Yük (Sürşarj) Etkisi.

İstinat duvarlarının arkasındaki zemin üzerine, işlevleri gereği genelde ek ya da dış yükler etki edebilir. Ulaşım araçları, bir yapı yapılması vb gibi etkiler zemin üzerinde, üniform yük, tekil yük gibi ek yük etkisi yaratırlar.

Problem -

Aşağıda şekilde görülen istinat duvarına

- Duvarın birim uzunluğuna gelen ölü yükü bulunuz ?
- Duvara etki eden bileşke toprak yükünü bulunuz ?



Taş Malzeme birim ağırlığı = δ_k 2400 kg/m³

Tutulan toprağın şev açısı(sürtünme açısı) $\emptyset = 40^\circ$

Δt 1.6 t/ m toprağın birim hacmi

$$a. A = (a + b) \times h / 2 = (2 + 0.60) \times 3 / 2 = 4.00 \text{ m}^2$$

$$W = A \times 1 \times \delta = 4.00 \times 1 \times 2400 = 9600 \text{ kg} = 9.6 \text{ t}$$

- Duvara etki eden bileşke toprak yükü

- Düşey toprak yükü

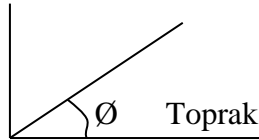
$$F_y = V \times \delta t = 1.40 \times 3 / 2 \times 1 \times 1.6 = 3.36 \text{ t} \downarrow$$

$$V = (2.00 - 0.60) \times 3 / 2 \quad \delta t = \text{toprağın hacim ağırlığı}$$

- Yatay Toprak Yükü

$$\text{Yatay Toprak yükü} = \delta h^2 / 2 (1 - \sin \emptyset / 1 + \sin \emptyset)$$

Toprağın sürtünmeden dolayı



$$1.6 \times (3)^2 / 2 (1 - \sin 40 / 1 + \sin 40) = 1.58 \text{ t} \leftarrow$$

$$\text{Bileşke } F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(1.58)^2 + (3.36)^2} = 3.71 \text{ t}$$

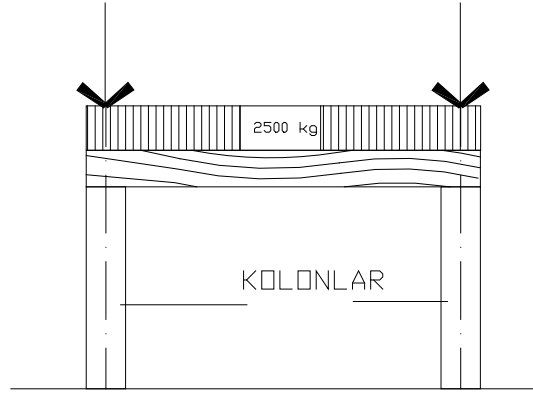
W, bu şeklin sendroidine etki etmektedir.

1. Kolon

Kolon eksenine dik olarak yük taşıyan düşey elemanlardır. Ekonomik şekil kare, dikdörtgen ya da dairedir.

Bu elemanlar daha çok, boy eksenlerine paralel olan yükleri taşıyacak biçimde tasarlanırlar.

Payzaj mimarlığı proje ve uygulamalarında kullanılan pergola, gazebo, yaya köprüsü, büfe gibi yapı sistemlerinde kolonlara uygulanan yükler kolonun ekseninin merkezinden yatay düzleme dik geçen eksenine uygulanan tekil yük olarak kabul edilir.



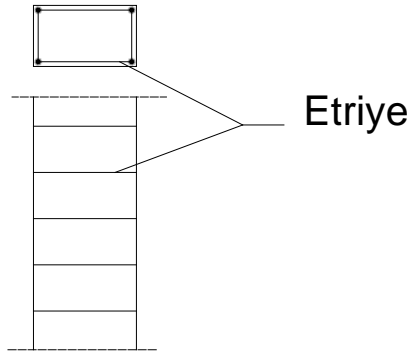
Şekil : Kolonlarda Yükleme.

Şekilde kolonlara 2500 kg yük uygulanmıştır ve bu yük, kirişi taşıyan iki kolona 1250 kg olmak üzere eşit olarak dağıtılmıştır. Yükün uygulandığı nokta, kolonların ekseninin merkezi ya da boyuna eksen çizgisi kabul edilebilir.

Kolonlar donatı ve işlevleri açısından aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

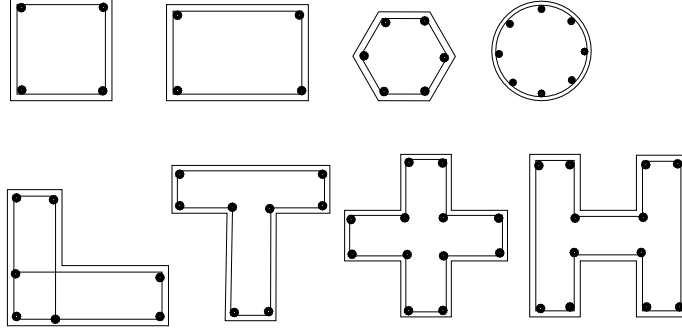
1. Etriyeli kolon.

Düşey donatıları saran enine donatıları etriyelerden meydana gelen betonarme kolon.



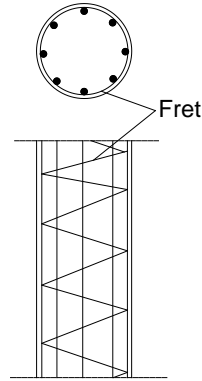
Şekil: Etriyeli kolon.

Basit etriyeli kolonlar, yapılışındaki basitlik ve çok kalifiye demir işçiliği istememeleri bakımından uygulamada en sık karşılaşılan türlerdir. Değişik nedenleri çözümlmek için çok farklı en kesitleri bulunmaktadır. En çok kullanılan en kesit şekilleri kare ve dikdörtgendir. Ancak bazı yapılarda yararlı hacimlerin biçimleri bozmamak için duvarların içinde kalacak biçimde L, T, + .H ve benzeri biçimlerde yapılırlar. Basit kuvveti etkisinde bulunan basit etriyeli bir kolonun eksenini doğrultusundaki çelik çubuklar betonla birlikte bu kuvvete karşı koyarlar. Kolonlarda yükü taşıyan boyuna çubuklardan başka, kesit içinde boyuna çubukların çevresini saran ve etriye adı verilen enine donatı da bulunur.



Şekil : Basit kolon biçimleri.

2. Fretli Kolon. Taşıma gücü, kapalı halka ya da dairesel spiral şeklindeki enine donatı donatı ile arttırılmış kolon. Fretli kolonların yatay kesitleri çokgen ya da daire şeklindedir.



Şekil : Fretli kolon

3. Islak Kolon. İçine sıhhi tesisat borusu gömülmüş betonarme kolon.
4. Kısa Kolon : Ara giriş. Vb gibi öğelerle kesildiği için kat boyunca gitmeyen ve boyu kat kolonlarından daha kısa olan kolon.

5. Uzun Kolon: Narinliđi nedeniyle burkulma etkisi altında taşıma gücünü yitiren kolon. Betonarme kolonlarda kolon yüksekliği, en küçük kenerin 15 katından daha büyük olması durumunda bu olayın ortaya çıktığı kabul edilir.
6. Boru Kolon: Bu tür kolonlar betonla doldurulmuş çelik borulardan oluşmaktadır.

Betonarme Kolonlarda En Keit Özellikleri ve Boyutları.

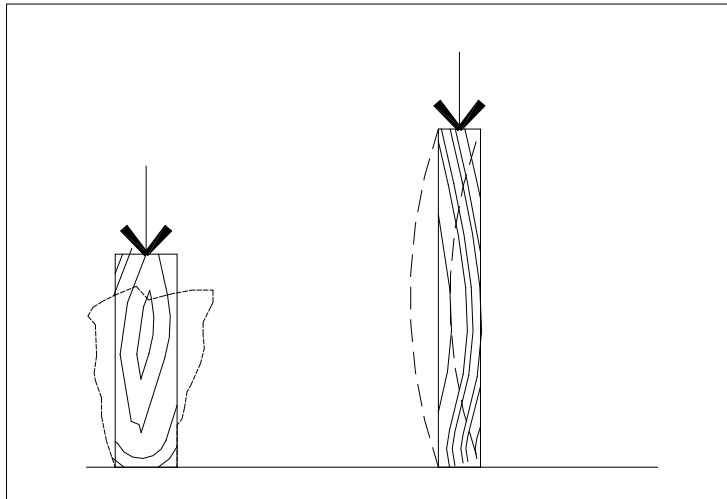
Betonarme şartnamesine göre, pencere kolonları gibi yük taşımayan özel türlerin dışında tüm kolonların en kesitlerindeki en küçük boyut 20 cm den küçük olamaz. Deprem Bölgelerinde minimum kesit ölçüsü 24 m verilmiştir.

Boyuna donatı.Basit etriyeli kolonlarda ana görev boyuna onatıya yüklenmiştir. Düz eksenli olarak kullanılan kolonlarda ekler ya kaynak ya da bindirme ile birleştirilir.

Kolon Kırılmaları

Kolonlarda deformasyon genelde iki biçimde ortaya çıkmaktadır: Ezilme ve burkulma şeklinde.

Peyzaj yapılarında genelde hafif konstrüksiyonlar kullanılır ve kiriş ve kolonlara uygulanan yükler diğer mühendislik yapılarına oranla daha azdır. Bu nedenle, kolonlarda ezilme ya da burkulma ile ortaya çıkabilecek deformasyonlar bazı özel yapı sistemleri dışında daha hafif düzeyde olmaktadır.



Ezilme

Burkulma

Kolon Kırılmaları

Narinlik Oranı: Bir kolonun uzunluğuna ve enkesitine doğrudan bağlı olan burkulma gerilmesine karşı koyabilme düzeyidir. Kolonun uzunluğu ve enkesitinin boyutları ile burkulma gerilmesi arasındaki ilişki;

$R = (100 I) / d$ eşitliği ile ifade edilmektedir.

R = Narinlik oranı.

I = Kolonun mesnetsiz uzunluğu (m)

d = Kolonun enkesitinin en küçük ölçüsü (cm).

Örneğin , 10 cm × 10 cm boyutlarında ve 2.5 m mesnetsiz kolonun narinlik oranı nedir?

$R = (100 I) / d = (100 \times 2.5) / 9.0 = 250 / 9.0 = 27.78$ olarak hesaplanır. Burada kolonun en küçük enkesit ölçüsü 10 cm dir. Gerçek ölçü % 10 luk bir azalma ile 9.0 cm olarak kabul edilmiştir.

Kolonlarda Maksimum Eksensel Yükleme: Peyzaj mimarlığı çalışmalarında ahşap malzemenin kullanımı diğer malzemelere oranla daha yoğundur. Bu nedenle, kolonların eksensel yüklenmelerinde ahşap malzeme ön planda tutulacaktır.

Ahşap kolonlarda maksimum ya da emniyetle taşıyabilecekleri yük, elastisite modülünün, narinlik oranına olan oranını ifade eder. Bu ilişki;
 $f_c = (0,76 E) / [(100 I)^2 / d]$ eşitliği ile ifade edilmektedir.

Eşitlikte ;

f_c = Maksimum eksensel yükleme (kg/cm²)

d = Kolon enkesitinin en küçük ölçüsü (cm),

I = Kolonun mesnetsiz uzunluğu (m),

E = Elastisite modülü sabit olarak alınmıştır.

Durumu sayısal bir örnekle açıklarsak, 15 cm × 15 cm boyutlarında ve mesnetsiz uzunluğu 1,8 m olan Kızılçam dan imal edilmiş bir kolonun elastisite modülü 113 000, enkesitin en küçük ölçüsü 13,5 cm (normal ölçü 15 cm % 10 azalma ile) kabul edilirse kolonun maksimum eksensel yüklenmesi:

$$f_c = (0,76 E) / [(100 L)^2 / d]$$

$$f_c = (0,76 \times 113\ 000) / [(100 \times 1,8)^2 / 13,5]$$

$$f_c = 85\ 850 / [(180)^2 / 13,5]$$

$$f_c = 85\ 850 / 2400$$

$f_c = 35,78 \text{ kg/cm}^2$ olarak hesaplanır.

Bu durumda kolonun lifleri doğrultusunda izin verilebilir maksimum basınç yükü; $35,78 \text{ kg/cm}^2$ dir ve bu miktardan daha büyüğü kolonda burkulmaya neden olmaktadır.

Hesaplamalarda, kolonun gerçek birim gerilmesinin de bulunması gerekmektedir. Kolonda gerçek birim gerilmesi:

$f = P / A$ eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır. Eşitlikte;

f = Kolonun gerçek birim gerilmesi (kg/cm^2),

P = Kolonun kırılma yükü (kg),

A = Kolonun enkesit alanını (cm^2) ifade etmektedir.

Konuyu sayısal bir örnekte açıklarsak; Bir önceki örnekte kolonun $13,5 \text{ cm} \times 13,5 \text{ cm} = 182,25 \text{ cm}^2$ ve toplam enkesit alanına olan kırılma yükü 3632 kg (Çam kerestesi için) kabul edilirse, kolonun gerçek birim gerilmesi:

$$f = P / A$$

$$f = 3632 \text{ kg} / 182,25 \text{ cm}^2$$

$f = 19,93 \text{ kg} / \text{cm}^2$ olarak hesaplanır.

Aynı kolonun güvenlik faktörü ya da güvenlik katsayısının hesaplanmasında f_c / f eşitliği kullanılmaktadır. Buna göre kolonun güvenlik katsayısı:

$$f_c / f = 35,78 \text{ kg/cm}^2 / 19,93 \text{ kg/cm}^2 = 1,80 \text{ dir.}$$

Peyzaj mimarlığı uygulamalarında, tasarlanan bir kolonda burkulma olayını ortadan kaldırmak için genelde enkesit alanı $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ den daha küçük enkesitli kolonların kullanılmaması tavsiye edilir. Kolonun enkesit alanı ne kadar küçük olursa burkulma o kadar büyük olur.

Örnek :Bir önceki örnekte kolonun enkesit alanı $5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ olarak alınırsa (kolonun enkesitinin en küçük nominal ölçüsü 5 cm , gerçek ölçü % 20 azalma ile 4 cm) kolonun maksimum eksensel yüklenmesi;

$$f_c = (0,76 E) / [(100 I)^2 / d]$$

$$f_c = (0,76 \times 113000) / [(100 \times 1,8)^2 / 4]$$

$$f_c = 85850 \times / [(180)^2 / 4]$$

$$f_c = 85850 / [32400 / 4] = 10,60 \text{ kg/cm}^2 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bu değer 13,5 cm \times 13,5 cm enkesit alanlı kolonun gerçek birim gerilmesinden oldukça küçüktür. (19,93 > 10,60). Kolon burkulmadan dolayı deforme olabilir. İkinci bir örnek olarak: 10 cm \times 10 cm (gerçek ölçü 9,0 cm) enkesitli mesnetsiz uzunluğu 1,8 m olan bir kolonun maksimum eksensel yüklenmesi,

$$f_c = (0,76 E) / [(100 I)^2 / d]$$

$$f_c = (0,76 \times 113000) / [(100 \times 1,8)^2 / 9]$$

$$f_c = 85880 / [(180)^2 / 9]$$

$$f_c = 85880 / [32400 / 9] = 23,86 \text{ kg/cm}^2 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Maksimum eksensel yüklenme 23,86 kg /cm² ve kolonun gerçek birim gerilmesi 19,93 kg/cm² olduğuna göre, kolonda burkulmadan kaynaklanan deformasyon oluşmayacaktır.