

BÖLÜM 6 – TEMEL ZEMİNİ VE TEMELLER İÇİN DEPREME DAYANIKLI TASARIM KURALLARI

6.0. SİMGELER

- A_o = **Bölüm 2'**de tanımlanan Etkin Yer İvmesi Katsayısı
- C_h = Toprak basıncının hesabında kullanılan yatay eşdeğer deprem katsayısı
- C_v = Toprak basıncının hesabında kullanılan düşey eşdeğer deprem katsayısı
- H = Üniform zeminin toplam yüksekliği veya tabakalı zemin durumunda tabaka kalınlıklarının toplamı
- h_1 = Zeminin en üst tabakasının kalınlığı
- I = **Bölüm 2'**de tanımlanan Bina Önem Katsayısı
- i = Aktif veya pasif basınç tarafındaki zemin yüzeyinin yatayla yukarıya doğru yaptığışev açısı
- K_{as} = Statik aktif basınç katsayısı
- K_{ad} = Dinamik aktif basınç katsayısı
- K_{at} = Toplam aktif basınç katsayısı
- K_{ps} = Statik pasif basınç katsayısı
- K_{pd} = Dinamik pasif basınç katsayısı
- K_{pt} = Toplam pasif basınç katsayısı
- P_{ad} = Zemin kütlelerinden oluşan dinamik aktif basınç kuvvetinin bileşkesi
- P_{pd} = Zemin kütlelerinden oluşan dinamik pasif basınç kuvvetinin bileşkesi
- $p_{ad}(z)$ = Zemin kütlelerinden oluşan dinamik aktif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu
- $p_{pd}(z)$ = Zemin kütlelerinden oluşan dinamik pasif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu
- $p_v(z)$ = Düşey toprak basıncının derinliğe göre değişim fonksiyonu
- Q_{ad} = Düzgün yayılı dış yükten oluşan dinamik aktif basınç kuvvetinin bileşkesi
- Q_{pd} = Düzgün yayılı dış yükten oluşan dinamik pasif basınç kuvvetinin bileşkesi
- $q_{ad}(z)$ = Düzgün yayılı dış yükten oluşan dinamik aktif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu
- $q_{pd}(z)$ = Düzgün yayılı dış yükten oluşan dinamik pasif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu
- q_o = Düzgün yayılı dış yükün genliği

R_{za}	= Zemin dayanma (istinat) duvarlarında kesit hesabına esas dinamik iç kuvvetlerin elde edilmesi için kullanılan azaltma katsayısı
z	= Zemin serbest yüzeyinden itibaren aşağıya doğru ölçülen derinlik
z_{cd}	= Aktif veya pasif basınç kuvvetinin bileşkesinin zemin üst yüzeyinden itibaren aşağıya doğru ölçülen derinliği
α	= Duvar-zemin arakesitinin düşeyle aktif veya pasif basınç tarafına doğru yaptığı açı
δ	= Zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı
φ	= Zeminin içsel sürtünme açısı
\emptyset	= Donatı çapı
γ	= Zeminin kuru birim hacim ağırlığı
γ_b	= Zeminin su altındaki birim hacim ağırlığı
γ_s	= Zeminin suya doymuş birim hacim ağırlığı
λ	= Toplam aktif ve pasif basınç katsayılarının hesabında eşdeğer deprem katsayılarına bağlı olarak hesaplanan açı

6.1. KAPSAM

Deprem bölgelerinde yapılacak yeni binalar ile deprem performansı değerlendirilecek veya güçlendirilecek mevcut binalarda zemin koşullarının belirlenmesi; betonarme, çelik, ve yığma bina temellerinin ve zemin dayanma (istinat) yapılarının tasarımı, bu konulardaki yönetmelik ve standartlarla birlikte öncelikle bu bölümde verilen kural ve koşullara uyularak yapılacaktır.

6.2. ZEMİN KOŞULLARININ BELİRLENMESİ

6.2.1. Zemin Grupları ve Yerel Zemin Sınıfları

6.2.1.1 – Bu Yönetmelikte yerel zemin koşullarının tanımlanması için esas alınan zemin grupları **Tablo 6.1**'de, yerel zemin sınıfları ise **Tablo 6.2**'de verilmiştir. **Tablo 6.1**'deki zemin parametrelerine ilişkin değerler, zemin gruplarının belirlenmesinde yol göstermek üzere verilen standart değerlerdir.

6.2.1.2 – Aşağıda belirtilen binalarda, gerekli saha ve laboratuvar deneylerine dayanan zemin araştırmalarının yapılması, ilgili raporların düzenlenmesi ve proje dökümanlarına eklenmesi zorunludur. Raporlarda **Tablo 6.1** ve **Tablo 6.2**'ye göre tanımlanan zemin grupları ve yerel zemin sınıfları açık olarak belirtilecektir.

- Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde toplam yüksekliği 60 m'den fazla olan tüm binalar,
- Bütün deprem bölgelerinde, bina yüksekliğinden bağımsız olarak, **Bölüm 2**'de **Tablo 2.3** ile tanımlanan *Bina Önem Katsayısı*'nın $I = 1.5$ ve $I = 1.4$ olduğu binalar.

6.2.1.3 – Yukarıdaki **6.2.1.2**'nin kapsamı dışında kalan diğer binalar için ise, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, zemin gruplarının ve yerel zemin sınıflarının **Tablo 6.1** ve **Tablo 6.2**'deki tanımlara göre belirlenmesini sağlayacak yerel bilgilerin ya da gözlem sonuçlarının deprem hesap raporlarında belirtilmesi veya bu konuda yayınlanmış kaynaklara referans verilmesi zorunludur.

6.2.1.4 – Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, **Tablo 6.1**'de (C) ve (D) gruplarına giren zeminlerde, deprem yükleri altında kazıkların yatay yataklanma parametreleri ile yatay ve eksenel yük taşıma güçlerinin belirlenmesi, saha ve laboratuvar deneylerini içeren zemin araştırmalarına göre yapılacaktır.

6.2.2. Sıvılaşma Potansiyelinin İrdelenmesi

Bütün deprem bölgelerinde, yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyinden itibaren 10 m içinde olduğu durumlarda, **Tablo 6.1**'de (D) grubuna giren zeminlerde *Sıvılaşma Potansiyeli*'nin bulunup bulunmadığının, saha ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi ve sonuçların belgelenmesi zorunludur.

TABLO 6.1 – ZEMİN GRUPLARI

<i>Zemin Grubu</i>	<i>Zemin Grubu Tanımı</i>	<i>Stand. Penetr. (N/30)</i>	<i>Relatif Sıklık (%)</i>	<i>Serbest Basınç Direnci (kPa)</i>	<i>Kayma Dalgası Hızı (m/s)</i>
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul ayaçlar.....	—	—	>1000	>1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl	> 50	85-100	—	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	> 32	—	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmışçimentolu tortul kayalar.....	—	—	500-1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl	30-50	65-85	—	400-700
	3. Çok katı kil ve siltli kil.....	16-32	—	200-400	300-700

(C)	1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	—	—	< 500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10-30	35-65	—	200-400
	3. Katı kil ve siltli kil.....	816	—	100-200	200-300
(D)	1.Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları.....	—	—	—	< 200
	2. Gevşek kum.....	< 10	< 35	—	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil.....	< 8	—	< 100	< 200

TABLO 6.2 – YEREL ZEMİN SINIFLARI

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 6.1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

TABLO 6.2'YE İLİŞKİN NOTLAR :

- Temel tabanı altındaki en üst zemin tabakası kalınlığının 3 metreden az olması durumunda, bir alttaki tabaka, **Tablo 6.2**'de belirtilen en üst zemin tabakası olarak gözönüne alınabilir.
- Temel sisteminin düşey ya da düşeye göre eğimi 1/6'ya eşit veya daha az eğik kazıklardan oluşması durumunda, **Tablo 6.2**'de belirtilen en üst zemin tabakası, en kısa kazığın alt ucundaki tabaka olarak yorumlanabilir. Ancak bu durumda **Bölüm 2**'ye göre yapılacak deprem hesabında kazıkların, bina taşıyıcı sisteminin elemanları olarak üstyapı ile birlikte gözönüne alınması veya yatay ve düşey kazık rijitliklerinin kazık başlıklarının altında eşdeğer yaylarla idealleştirilmesi zorunludur. Hesaplarda, grup etkisi de dikkate alınarak kazıkların zemine yatay ve düşey doğrultulardaki yataklanmaları (kazık-zemin etkileşimi) ile birlikte, kazık başlıklarının ve bağkirişlerinin rijitlik ve eylemsizlik özellikleri mutlaka gözönüne alınacaktır.
- Yukarıdaki (b) paragrafında belirtilen koşulların uygulanmaması veya **6.3.3.1**'e göre üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde kazık eğiminin düşeye göre 1/6'dan daha fazla yapılması durumlarında, **Tablo 6.2**'de belirtilen en üst zemin tabakası, kazık başlıklarının altındaki ilk tabaka olarak alınacaktır.

6.3. TEMELLERE İLİŞKİN KURAL VE KOŞULLAR

6.3.1. Genel Kurallar

Bina temelleri, deprem sırasında oturma veya farklı oturmalardan ötürü üstyapıda hasara neden olmayacak biçimde, oturdukları zeminin özellikleri gözönüne alınarak, zemin mekaniği ve temel inşaatı ilkelerine göre yapılacaktır. Bu bölümde temellerle ilgili olarak verilen kurallar; betonarme, çelik, ve yığma binaların temelleri için geçerlidir.

6.3.2. Zemin Emniyet Gerilmeleri ve Kazıkların Emniyetli Taşıma Yükleri

6.3.2.1 - Temel zemini olarak **Tablo 6.1**'de (A), (B) ve (C) gruplarına giren zeminlerde, statik yüklere göre tanımlanan zemin emniyet gerilmesi ve kazıklı temellerde kazığın yatay ve eksenel yükler için emniyetli taşıma yükü, deprem durumunda en fazla %50 arttırılabilir.

6.3.2.2 - Temel zemini olarak **Tablo 6.1**'de (D) grubuna giren zeminlerde, deprem durumunda zemin emniyet gerilmesi ve kazıkların emniyetli taşıma yükü arttırılamaz.

6.3.3. Kazıklı Temellere İlişkin Koşullar

6.3.3.1 – Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, düşeye göre eğimleri $1/6$ 'dan daha fazla olan eğik kazıklar kullanılmayacaktır.

6.3.3.2 – Kazıklı temeller, eksenel yüklere ek olarak depremden oluşan yatay yüklere ve etkilere göre de hesaplanacaktır.

6.3.3.3 - Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kılıflı ya da kılıfsız yerinde dökme fore kazıklarda, 3 metreden az olmamak üzere, kazık başlığının altındaki kazık boyunun üstten $1/3$ 'ünde boyuna donatı oranı 0.008'den az olamaz. Bu bölgeye konulacak spiral donatı çapı 8 mm'den az ve spiral adımı 200 mm'den fazla olmayacak, ayrıca üstten en az iki kazık çapı kadar yükseklikte spiral donatı adımı 100 mm'ye indirilecektir.

6.3.3.4 - Betonarme prefabrike çakma kazıklarda boyuna donatı oranı 0.01'den az olamaz. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kazık başlığının altındaki kazık boyunun üstten $1/3$ 'ünde enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacaktır. Bu bölgede, etriye aralığı veya spiral donatı adımı 200 mm'den fazla olmayacak, ayrıca üstten en az iki kazık çapı (dikdörtgen kesitli kazıklarda en büyük boyutun iki katı) kadar yükseklikte etriye aralığı ya da spiral donatı adımı 100 mm'ye indirilecektir. Enine donatı koşulları, öngerilmeli prefabrike çakma kazıklarda da aynen uygulanacaktır.

6.3.4. Temel Bağ Kirişleri

6.3.4.1 – Betonarme ve elik binalarda tekil temelleri veya kazık başlıklarını her iki doğrultuda, sürekli temelleri ise kolon veya perde hizalarında birbirlerine bağlayan bağkirişleri düzenlenecektir. Temel zemini **Tablo 6.1**'deki (A) grubuna giren zeminlerde bağ kirişleri yapılmayabilir veya sayısı azaltılabilir.

6.3.4.2 – Bağ kirişleri, temel kazısına uygun olarak, temel altından kolon tabanına kadar olan yükseklikteki herhangi bir seviyede yapılabilir.

6.3.4.3 – Binanın bulunduğu deprem bölgesine ve **Tablo 6.1**'de tanımlanan zemin gruplarına bağlı olarak, bağ kirişlerinin sağlaması gereken minimum koşullar **Tablo 6.3**'te verilmiştir.

TABLO 6.3 - BAğ KİRİŐLERİNE İLİŞKİN MİNİMUM KOŞULLAR

<i>KOŞULUN TANIMI</i>	<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>Zemin Grubu (A)</i>	<i>Zemin Grubu (B)</i>	<i>Zemin Grubu (C)</i>	<i>Zemin Grubu (D)</i>
1. Bağ kirişinin minimum eksenel kuvveti (*)	1, 2 3, 4	%6 %4	%8 %6	%10 %8	%12 %10
2. Minimum enkesit boyutu (mm) (**)	1, 2 3, 4	250 250	250 250	300 250	300 250
3. Minimum enkesit alanı (mm ²)	1, 2 3, 4	62500 62500	75000 62500	90000 75000	90000 75000
4. Minimum boyuna donatı	1, 2 3, 4	4Ø14 4Ø14	4Ø16 4Ø14	4Ø16 4Ø16	4Ø18 4Ø16

(*) *Bağ kirişinin bağlandığı kolon veya perdelerdeki en büyük eksenel kuvvetin yüzdesi olarak*

(**) *Minimum enkesit boyutu, bağ kirişinin serbest açıklığının 1/30'undan az olamaz.*

6.3.4.4 -Kesit hesabında bağ kirişlerinin hem basınç, hem de çekme kuvvetlerine çalışacağı gözönünde tutulacaktır. Zemin ya da taban betonu tarafından sarılan bağkirişlerinin basına çalışması durumunda, burkulma etkisi gözönüne alınmayabilir. Çekme durumunda ise, çekme kuvvetinin sadece donatı tarafından taşındığı varsayılacaktır. Bağ kirişlerinin etriye çapı 8 mm'den az ve etriye aralığı 200 mm'den fazla olmayacaktır.

6.3.4.5 – Bağ kirişleri yerine betonarme döşemeler de kullanılabilir. Bu durumda, döşeme kalınlığı 150 mm'den az olmayacaktır. Döşemenin ve içine konulan donatının, **Tablo 6.3**'te bağ kirişleri için verilen yatay yüklere eşiit yükleri güvenli biçimde aktarabildiği hesapla gösterilecektir.

6.3.5. Yığma Binalarda Duvar Altı Temelleri

6.3.5.1 – Yığma bina temelleri, taşıyıcı duvarların altında betonarme duvaraltı temel olarak yapılacaktır. Duvar altı temelinin derinliği; zemin özellikleri, yeraltı su düzeyi ve yerel don derinliği gözönüne alınarak saptanacaktır. Bodrumsuz binalarda temellerin üzerine yapılacak taş veya beton duvarların üst kotu, kaldırım kotundan en az 0.50 m yukarıda olacaktır.

6.3.5.2 – Duvar altı temellerinin beton kalitesi en az C16 olacaktır. **Tablo 6.1**'de tanımlanan zemin gruplarına göre, duvar altı temellerinin boyutlarına ve donatılarına ilişkin koşullar **Tablo 6.4**'te verilmiştir.

6.3.5.3 - **Tablo 6.1**'de (A), (B) veya (C) gruplarına giren zeminlerin bulunduğu eğimli arazide temeller basamaklı olarak yapılabilir. Basamaklı temellere ilişkin koşullar da **Tablo 6.4**'te verilmiştir.

6.3.5.4 – Duvar altı temellerine konulacak boyuna donatıların hem üstte ve hem altta yatay aralıkları 0.30 m'yi geçmeyecek; köşelerde, kesişme noktalarında ve basamaklı temel durumlarında sürekliliği sağlayacak biçimde bindirme yapılacaktır.

TABLO 6.4 – DUVAR ALTI TEMELLERİNE İLİŞKİN KOŞULLAR

<i>KOŞULUN TANIMI</i>	<i>Zemin Grubu (A),(B)</i>	<i>Zemin Grubu (C)</i>	<i>Zemin Grubu (D)</i>
Minimum temel genişliği (mm) Duvar kalınlığına ek (iki yandan) pabuç genişliği(mm)	500 2×150	600 2×200	700 2×250
Minimum temel yüksekliği (mm)	300	400	400
Altta ve üstte minimum temel boyuna donatısı	3Ø12	3Ø14	4Ø14
Temelde minimum etriye	Ø8/30	Ø8/30	Ø8/30
Minimum basamak yatay aralığı (mm)	1000	1500	Ø
Minimum basamak bindirme uzunluğu (mm)	300	400	Ø
Maksimum basamak yüksekliği (mm)	300	300	Ø

6.4. DEPREMDE TOPRAK BASINCI VE ZEMİN DAYANMA (İSTİNAT) YAPILARI

6.4.1. Toplam Aktif ve Pasif Basınç Katsayıları

6.4.1.1 – Statik toprak basıncı ile depremden oluşan ek dinamik toprak basıncının toplamını hesaplamak için kullanılacak *Toplam Aktif Basınç Katsayısı*, *Kat ve Toplam Pasif Basınç Katsayısı*, K_{pt} , emniyetli yönde kalmak üzere zeminin kohezyonu ihmal edilerek, **Denk.(6.1)** ile verilmiştir.

$$K_{at} = \frac{(1 \pm C_v) \cos^2(\varphi - \lambda - \alpha)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha + \lambda)} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \lambda - i)}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) \cos(i - \alpha)}} \right]^{-2} \quad (6.1a)$$

$$K_{pt} = \frac{(1 \pm C_v) \cos^2(\varphi - \lambda + \alpha)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta - \alpha + \lambda)} \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \lambda + i)}{\cos(\delta - \alpha + \lambda) \cos(i - \alpha)}} \right]^{-2} \quad (6.1b)$$

6.4.1.2 – Denk.(6.1)'deki λ açısı **Denk.(6.2)** ile tanımlanmıştır.

(a) Kurudaki zeminlerde,

$$\lambda = \arctan \left[\frac{C_h}{(1 \pm C_v)} \right] \quad (6.2a)$$

(b) Su seviyesinin altındaki zeminlerde,

$$\lambda = \arctan \left[\frac{\gamma_s}{\gamma_b} \frac{C_h}{(1 \pm C_v)} \right] \quad (6.2b)$$

6.4.1.3 – Zeminin su altında veya suya doymun olması durumunda Denk.(6.1)'de δ yerine $\delta/2$ gözönüne alınacaktır.

6.4.1.4 – Denk.6.2'de yer alan yatay eşdeğer deprem katsayısı C_h **Denk.(6.3)** ile tanımlanmıştır.

(a) Düşeyde serbest konsol olarak çalışan zemin dayanma (istinat) yapılarında,

$$C_h = 0.2 (I + 1) A_o \quad (6.3a)$$

(b) Yatay doğrultuda bina döşemeleri veya ankrajlarla mesnetlenmiş zemin dayanma (istinat) yapı ve elemanlarında,

$$C_h = 0.3 (I + 1) A_o \quad (6.3b)$$

6.4.1.5 – Denk.(6.1) ve **Denk.(6.2)**'de yer alan düşey eşdeğer deprem katsayısı C_v , **Denk.(6.4)** ile tanımlanmıştır. Ancak, yatay doğrultuda bina döşemeleri ile mesnetlenmiş bodrum duvarlarında $C_v = 0$ alınacaktır.

$$C_v = \frac{2C_h}{3} \quad (6.4)$$

Denk.(6.1)'de, **Denk.(6.2)** ile uyumlu olarak, yatay toprak basıncı bakımından daha elverişsiz sonuç verecek şekilde, $+C_v$ veya $-C_v$ durumları gözönüne alınacaktır.

bileşkelerin zemin üst yüzeyinden itibaren derinliğini gösteren z_{cd} , **Denk.(6.10)** ve **Denk.(6.11)** ile verildiği şekilde elde edilir.

$$Q_{ad} = q_o K_{ad} H \cos \alpha / \cos(\alpha - i) \quad (6.10a)$$

$$Q_{pd} = q_o K_{pd} H \cos \alpha / \cos(\alpha - i) \quad (6.10b)$$

$$z_{cd} = H / 3 \quad (6.11)$$

6.4.3. Tabakalı Zemin Durumunda Dinamik Toprak Basınçları

Yukarıda **Denk.(6.6)** ve **Denk.(6.9)** ile verilen bağıntılar, zeminin tabakalı olması durumunda da uygulanabilir. Bu durumda, her bir tabaka için o tabakaya ait K_{ad} veya K_{pd} katsayıları kullanılacak ve z derinliği daima serbest zemin yüzeyinden aşağıya doğru gözönüne alınacaktır. Her bir tabakaya ait ek dinamik aktif veya pasif basınç kuvvetinin bileşkesi ve tabaka içindeki derinliği, **Denk.(6.6)** ve **Denk.(6.9)**'un ilgili tabaka boyunca entegre edilmesi ile bulunabilir.

6.4.4. Zemin Dayanma (İstinat) Yapılarına İlişkin Koşullar

6.4.4.1 – Statik toprak basınçlarına ek olarak **Denk.(6.6)** ve **Denk.(6.9)**'da verilen dinamik toprak basınçları ve yapının kendi kütesine etkileyen eylemsizlik kuvvetleri de gözönüne alınarak yapılan hesapta, kaymaya karşı güvenlik katsayısı en az 1.0 ve devrilmeye karşı güvenlik katsayısı en az 1.2 olacaktır.

6.4.4.2 - Betonarme zemin dayanma (istinat) duvarlarında ve betonarme veya çelik palplanşlı duvarlarda kesit hesabında esas alınacak iç kuvvetler, statik toprak basıncından oluşan iç kuvvetlere ek olarak, **Denk.(6.6)** ve **Denk.(6.9)**'da verilen dinamik toprak basınçlarına göre hesaplanan iç kuvvetlerin $R_{za} = 1.5$ katsayısına bölünmesi ile elde edilecektir. Geçici çelik palplanşlı duvarlarda $R_{za} = 2.5$ alınabilir.