

Received-Makale Geliş Tarihi 28.02.2026  
Published-Yayınlanma Tarihi 30.04.2026  
Volume-Cilt (Issue-Sayı), ss/pp 13 (130),664-675

Research Article / Araştırma Makalesi  
10.5281/zenodo.19958594

**Merve Soylu**

<https://orcid.org/0009-0004-6260-4616>  
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde/ TÜRKİYE  
ROR Id: <https://ror.org/03ejnre35>

**Assoc. Prof. Dr. Tuğba İnan Günaydın**

<https://orcid.org/0000-0003-0861-4835>  
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde / TÜRKİYE  
ROR Id: <https://ror.org/03ejnre35>

## Türkiye’de ve Farklı Ülkelerin Yönetmeliklerinde Konsol Tasarımı

### Cantilever Design in Turkey and According to Regulations of Other Countries

#### ÖZET

Dünya'nın oluşumundan itibaren sismik hareketlerin olduğu bölgelerde depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Deprem yüzyıllardır insanların yaşamını, yapıları, yapılaşmayı ve çevreyi etkileyen önlenemeyen bir doğal afetdir. Fakat deprem sırasında ve sonrasında oluşabilecek hasarları en aza indirgeyebilmek olasıdır. Bu çalışmada Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2018) ve farklı ülkelerin yönetmeliklerinde konsol tasarımında dikkat edilmesi gereken şartlar ve alınacak önlemlerin incelenmesi amaçlanmaktadır. İncelenen yönetmeliklerde farklı koşullar ve farklı formüller kullanılmaktadır. Yönetmeliklerdeki bu çeşitliliklerin özellikle buldukları ülkenin depremsellik ve zemin koşullarındaki farklılıklardan kaynaklandığı görülmektedir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre alınan konsol tasarım kararları deprem sırasında yapının davranışı açısından önemlidir. Yapıların deprem performansına etki eden birçok etken bulunmaktadır. Depremde hasara uğraması durumunda kullanıcılara ya da yapının taşıyıcı sistemine zarar veren, yapının kullanılmamasına neden olabilen, yapının taşıyıcı sisteme bağlı ama serbest çalışabilen çeşitli konsol modelleri için deprem hesabı yapılması önem arz etmektedir. Yapıların tasarımın ilk aşamalarından yapıım sonrasına kadar uygulamalarının bilinçli bir şekilde yapılması depremin etkilerini en aza indirgemesine katkı sağlayacaktır. Yapıların deprem sonrası hasar alması ya da yıkılmasının nedenleri olarak; uygun olmayan çıkımlar, yapının yapılacağı zeminin koşulları, kullanılan malzemeler, tasarımlardaki deprem bilinci olmadan alınan kararlar, denetim aşamalarındaki ihmaller, taşıyıcı sistem hataları ve mimari tasarım kararları gibi aşamalar bilinmekle birlikte deprem bilinçli tasarım kararları almanın deprem sırasında ve sonrasında hasarları en aza indirgeyeceği aşikârdır.

**Anahtar Kelimeler:** Konsol, deprem yönetmelikleri, tasarım kararları, deprem.

#### ABSTRACT

It is known that earthquakes have occurred in regions with seismic activity since the formation of the Earth. Earthquakes are an unavoidable natural disaster that has affected human lives, structures, urban development, and the environment for centuries. However, it is possible to minimize the damage that may occur during and after an earthquake. This study aims to examine the conditions and precautions that must be considered in cantilever design as outlined in the Turkish Building Seismic Code (TBDY-2018) and the codes of various other countries. The codes under review employ different conditions and formulas. This diversity in the codes appears to stem primarily from differences in seismic activity and soil conditions specific to each country. According to the findings of this study, the design decisions made for cantilevers are critical in terms of the building's behavior during an earthquake. There are numerous factors that influence a building's seismic performance. It is essential to perform seismic analysis for various cantilever models—which are connected to the building's structural system but can move freely—as these models can cause damage to occupants or the structural system, or render the building unusable in the event of an earthquake. Ensuring that building practices are carried out conscientiously from the initial design stages through to post-construction will help minimize the effects of earthquakes. The causes of post-earthquake damage or collapse of buildings include: inappropriate projections, the conditions of the site where the building is to be constructed, the materials used, decisions made without seismic awareness in the design phase, negligence during inspection phases, structural system errors, and architectural design decisions; however, it is clear that making design decisions with seismic awareness will minimize damage both during and after an earthquake.

**Keywords:** Cantilever, regulations, design decisions, earthquake.

## 1. GİRİŞ

Konsol; bir yapı elemanının bir ucu sabitlenmiş, diğer ucu serbest olacak şekilde uzanmasını ifade eden, ağırlığını ve taşıdığı yükleri sabitlendiği noktaya aktaran mimarlık ve mühendislik terimidir. Konsollar hem estetik hem de işlevsellik açısından genellikle binaların dış cephelerinde, balkonlar, saçaklar veya köprülerde mimari tasarım kararları olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tarihsel olarak, konsol kirişler ilk olarak Çin'de kullanılmıştır. Konsol kirişli yapılar, 19. yüzyılda mimar ve mühendislerin daha sağlam ve daha uzun köprüler inşa etmenin yollarını aramaya başlamalarıyla ortaya çıkmıştır; bu süreçte, yapıyı çok sayıda destekle destekleyip yükü eşit olarak dağıtırken, daha uzun ve daha sağlam yapılar inşa edilebileceğini keşfetmişlerdir. Fowler, Baker ve Watanabe gibi birçok mühendis, bu konudaki düşünce sürecine katkıda bulunmuş ve inşaat çalışmalarını ilerletmiştir (Bradbury, 2018).

Birçok gelişmenin ardından, ilk konsol köprü 1800'lerin sonlarında, orta destekleri olmayan ve nehirler üzerinde büyük bir açıklığa sahip konsol konseptini kullanan Heinrich Gerber tarafından Almanya'da inşa edilmiştir. Daha sonra 1906'da Frank Lloyd Wright da Chicago'daki Robie evinin inşasında konsolları kullanmıştır (Beydoun vd., 2021).

Yapılarda konsol uygulaması, hızla ilerleyen teknolojiyle farklı malzeme ve uygulamaların ortaya çıkması, 3 boyutlu olarak modellenmesi gibi ilgili meslek gruplarının imkanlarının da kullanılabilmesiyle birlikte ileri düzeylere çıkabilmektedir. Yapılarda konsollarla geçilen açıklık boyutlarının artması tasarımcılar arasında bir prestij unsuru olarak ortaya çıkmaktadır (Gökşen vd., 2021).

Açık veya kapalı konsol çıkımlar, plan boyutlarını genişletmek ve balkonlar için alan yaratmak amacıyla Türk kent yapısında sıkça karşılaşılan düzensiz bir kütle dağılımı biçimidir (Özmen & Ünay, 2007). Konsol cepheler ayrıca mimari ve estetik nedenlerle de popülerdir.

Sismik bölgelerde inşa edilen yapılarda konsol kirişler çok kritik öneme sahiptir. Konsol kirişler, döngüsel yükler uygulandığında dinamik titreşime neden olabilir. Konsol kirişlerin tasarımında özel dikkat gösterilmelidir. Konsol kiriş, depremden kaynaklanan dikey titreşim nedeniyle hem yukarı hem de aşağı doğru hareket edebilir. Kirişin hem üst hem de alt kısmında bir eğilme momenti oluşacaktır. Bu nedenle, kirişin veya döşemenin hem üst hem de alt kısmına yeterli donatı sağlanmalıdır. Gerekli dengeyi sağlamak için yeterli kesme bağlantıları sağlanmalıdır. Bu, ilgili standartlara ve detaylı kılavuzlara göre yapılmalıdır (Karki & Parajuli, 2023).

Çok katlı betonarme binalardaki ağır balkonlar ve çıkma katlar, kütle merkezini yukarı kaydırmakta; buna bağlı olarak deprem sırasında sismik yanal kuvvetleri ve devrilme momentlerini artırmaktadır. Ağır beton parapetlerle çevrelenmiş geniş çıkma konsol açıklıklarına sahip balkonlu binalar, Türkiye'de meydana gelen son depremlerde, normal binalara kıyasla daha ağır hasarlar almıştır (Sucuoğlu & Yazgan, 2003).

Dünyanın oluşumundan itibaren, sismik hareketlerin olduğu bölgelerde depremlerin meydana geldiğini bunun sonucunda çok sayıda insanın kaybedildiğini ve yapıların zarar gördüğünü araştırmalar göstermektedir. Bu nedenle tasarım süreçlerindeki alınan kararlar ve sonrasında da uygulama aşamaları önem arz etmektedir. Literatürdeki ilgili tanımlardan da öngörülebileceği üzere mimari tasarımın ilk aşamalarından itibaren yönetmeliklere uygun kararların alınması deprem gibi önlenemeyen doğal afet karşısında yapıların ve kullanıcıların zarar görmemesi açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2018) ve farklı ülkelerin yönetmeliklerinde konsol tasarımında dikkat edilmesi gereken şartlar ve önlemler detaylı olarak incelenmiştir.

## 2. TÜRKİYE'DEKİ YÖNETMELİKLERDE KONSOL TASARIMI

Kapalı çıkımlarla ilgili olarak 03.07.2017 tarihli ve 30113 sayılı Resmî gazetede yayımlanan "Planlı alanlar imar yönetmeliği "(PAİY), ikinci bölüm, genel ilkeler, madde 5'in 30. fıkrasının b bendinde;

"İçerisinde konut yer alan zemin hariç (**Değişik ibare: RG-12/8/2023-32277**) 7 kat ve üzeri binalarda kapalı çıkma yapılamaz. Ancak kapalı çıkma yapılamaması nedeniyle parselin plan ve bu Yönetmelikle verilen emsal haklarının kullanılmadığı durumlarda; arka bahçe mesafesi 2 metrenin altına düşmemek kaydı ile arka bahçeye en fazla 1 metre taşacak şekilde, sadece kolon ve/veya perdelerden (bunların zemin altında temele kadar devam eden bölümleri dahil) oluşan kapalı çıkmasız bina uygulamalarında, belirtilen taşıyıcı sistemin çevrelediği alan bahçe mesafesi ve taban alanı ihlali sayılmaz. Emsal haklarının bu şekilde dahi tamamen kullanılmaması halinde, parselin yol sınırlarına 4 metreden fazla yaklaşmamak kaydı ile ön bahçeye en fazla 1 metre taşacak şekilde aynı uygulamaya müsaade edilir. Bu alanın hiçbir kenarı duvar veya herhangi bir malzeme ile kapatılmaz ve bahçe niteliği ortadan kaldırılamaz. Bu fıkra kapsamındaki

uygulamalarda hiçbir şekilde çıkmalı olarak tasarlanmış olan binaya göre emsal artışı sağlanamaz. (**Değişik son cümle:RG-11/3/2025-32838**) Kapalı çıkma yapılabilen yerinde dökme betonarme binalarda ise; çıkmayı teşkil eden konsolun mesnetlendiği/bağlantılı olduğu düşey taşıyıcı elemanların, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin eki Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esasların Tablo 4.1.'inde yer alan A12, A13 veya A32 tipi taşıyıcı sistemlerin kullanıldığı binalar hariç olmak üzere, kirişler ile birbirine bağlanması suretiyle çerçeve teşkil edilmesi zorunludur." olarak sınırlandırma getirilmiştir.

TBDY-2018'de konsol ile ilgili olarak belirtilen yönetmelik maddeleri şu şekildedir:

B3 türü düzensizliğin (taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği) bulunduğu binalara ilişkin koşullarda;

- “Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez” olarak yönetmelikte belirtilmiştir.

Bu kısımda kolonun yukarıdan gelip altta bir kirişin ortasında ya da ucunda bitmesi B3 türü düzensizliğe yol açması nedeniyle bu durumlar yapılarada deprem sırasında çatlaklar ve sehim oluşmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle güvenli tasarım kararlarının alınması önem arz etmektedir.

Düşey deprem etkisinde;

- Deprem tasarım sınıfları “DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a” olan aşağıda verilen elemanları içeren binalarda hesabın, elemanların yerel düşey titreşim modları esas alınarak sadece bu elemanlar için 2.3.5'te yer alan düşey elastik ivme spektrumuna bakılarak 4.8.2'de belirtilen mod birleştirme yönteminde yapılması gerekmektedir.

Düşey deprem etkisi  $E_d^{(Z)}$  'in hesabı yapılırken taşıyıcı sistemlerin tümünde  $R/I = 1$ ,  $D = 1$  alınması gerekmektedir.

- Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 metre ya da daha fazla olan kirişlerden oluşan binalar,
- Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 metre ya da daha fazla olan konsollardan oluşan binalar,
- Kirişlere oturan kolonlara sahip binalar,
- Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

Bu kısımdaki açıklık mesafelerine uyulması deprem performansı açısından önem arz etmektedir.

Deprem etkisi altında yapısal olmayan bina elemanları için genel kurallar bölümünde;

- Depremde hasar aldığı anda insanlara ya da binanın taşıyıcı sistemine zarar verebilecek ya da binanın kullanılmamasına neden olabilecek, taşıyıcı sisteme bağlı ama serbest çalışan farklı çıkıntılar (balkon, parapet, baca ve konsol gibi), cephe ve ara bölme panoları, mimari elemanlar ile mekanik ve elektrik donanımlar ve bunların yapıya bağlantıları için uygun deprem hesabı yapılmasını zorunlu kılmaktadır.
- Tablo 1'de yer alan konsol elemanlar (yanal desteği olmayan, ağırlık merkezinin altında olan ve ağırlık merkezinin üstünde olan) için katsayılara uygun hesap yapılması gerekmektedir.

Bu bölümde konsol elemanlarda uygun katsayılarla hesaplarının yapılmasının önemi vurgulanmaktadır.

**Tablo 1.** Mimari elemanlarda büyüme ve davranış katsayıları

Mimari eleman	$B_e$	$R_e$
Yapısal olmayan yığma iç duvarlar ve bölmeler	1.0	1.5
Yapısal olmayan diğer iç duvarlar ve bölmeler	1.0	2.5
Yanal desteği olmayan veya yanal desteği ağırlık merkezinin altında olan konsol elemanlar (parapetler, konsol iç duvarlar, bacalar vb)	2.5	2.5
Yanal desteği ağırlık merkezinin üstünde olan konsol elemanlar (parapetler, konsol dış duvarlar, bacalar vb)	1.0	2.5
Dış duvarlar ve bağlantıları	1.0	2.5
Cephe kaplama panelleri	1.0	1.5
Yapı sisteminden bağımsız çatı katları	2.5	3.5
Asma tavanlar	1.0	2.5
Depolama kabinleri ve laboratuvar ekipmanları	1.0	2.5
Erişim katları	1.0	1.5
Reklam panoları	2.5	2.5
Diğer rijit mimari elemanlar	1.0	2.5
Diğer esnek mimari elemanlar	2.5	2.5

**Kaynak:** (TBDY, 2018)

Deprem etkisi altında yerinde dökme betonarme bina taşıyıcı sistemleri için genel kurallar bölümünde:

Enine donatı koşullarında;

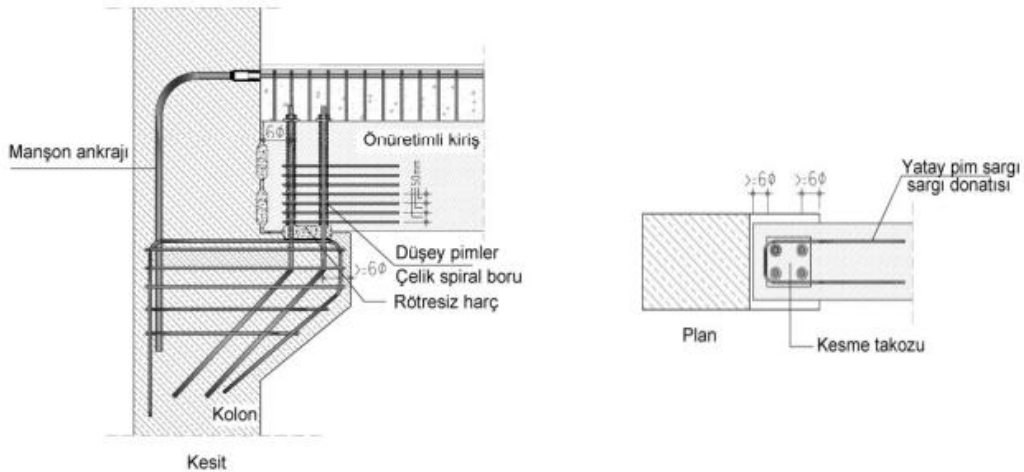
- Her bir kolonun alt ve uçlarında özel sarılma bölgeleri oluşturulacağı belirtilmektedir.
- Sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, döşeme üst kotundan yukarıya doğru veya kolona bağlanan yüksekliği en büyük kirişin alt yüzünden başlayarak aşağıya doğru ölçülmek üzere, kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından, kolon en büyük kesit boyutunun 1.5 katından ve 500 mm'den, daha küçük olmayacaktır. Konsol kolonlarda sarılma bölgesi kolon alt ucunda oluşturulacak ve uzunluğu kolon büyük boyutunun iki katından daha küçük alınmayacaktır olarak belirtilmektedir.

Bu bölümde sarılma bölgelerine ve uyulması gereken şartlarına vurgu yapılmaktadır.

Önüretimli betonarme bina tasarımına ilişkin genel kurallar bölümünde;

- Kirişin kolonda oluşturulan konsol üzerine oturduğu mesafede etriye aralığının en fazla  $4\phi_L$  ve 75 mm olması gerekmektedir.
- Kirişin, kolonda oluşturulan konsol üzerine oturduğu bölgede ters U şeklindeki kiriş etriyeleri, alt plakaya kaynatılmış en az 50 mm yüksekliğindeki çelik plakalara köşe kaynak dikişiyle bağlanması gerekmektedir. Etriyelerin doğrudan alt plakaya kaynaklanmasına izin verilmemektedir.
- Manşonlu pimli bağlantılarda negatif moment yerinde dökme betonarme ile, pozitif moment ise kolon konsolunda bırakılan en az 4 adet pimin kesme kapasitesi ile taşınmaktadır (Şekil 1.).
- Kolon konsolu ile kiriş alt yüzeyinin temasını sağlamak için, konsol üzerinde ve kiriş altında özel kesme dişleri bırakılmalı ve kolon ile kiriş arasındaki tüm boşluklar çimento harcı ile doldurulmalıdır.

**Şekil 1.** Manşonlu-pimli bağlantılar



**Kaynak:** (TBDY, 2018)

Bu bölümde etriye aralıklarının ve uygulamalarının nasıl olması gerektiği belirtilmiştir.

Düzenli yerinde dökme betonarme binalarda konsolla ilgili olarak;

- Bina kat planında en çok açıklığın 7.5 metre, en az açıklığın ise 3 metre olması gerekmektedir. Taşıyıcı sistemin doğrultularında en az iki açıklık bulunmalıdır. Asansör veya merdiven çevresinde oluşturulabilecek U veya C enkesitli perdelerin serbest uçları arasındaki açıklık hariç olmak üzere, her bir doğrultuda komşu iki açıklık arasındaki fark, iki açıklıktan uzun 380 olanın 1/5'inden fazla olmamalıdır. Binada konsol kirişler varsa, konsol uzunluğu 2 m'den ve komşu açıklığın 1/3'ünden fazla olmamalıdır.

TBDY-2018'de konsol tasarımında uyulması gereken şartlar verilmiş olup, tasarım aşamalarında bu kriterlere dikkat edilmesi konsol tasarımının deprem sırasında davranışı açısından önem arz etmektedir.

### 3. FARKLI ÜLKELERİN YÖNETMELİKLERİNDE KONSOL TASARIMI

Deprem yönetmelikleri ülkelerin geçmiş deprem tecrübeleri, sismik riskleri ve mühendislik yaklaşımlarına göre ortaya çıkmaktadır. Dünya üzerinde birçok ülkenin kendi deprem yönetmeliği bulunmaktadır. Bu yönetmelikler binalardaki düzensizliklerde içinde olmak üzere birçok konuda ayrılarak bazı koşulları zorunlu kılmaktadırlar. Bu bölümde konsol tasarımının farklı ülkelere ait yönetmeliklerde nasıl ele alındığı ve uygulanması gereken çözüm önerilerinden bahsedilmektedir.

#### 3.1. Eurocode-8 Yönetmeliği

EN 1998 Eurocode 8, deprem bölgelerindeki binaların ve diğer inşaat mühendisliği işlerinin tasarımı ve inşası için geçerlidir. Eurocode yönetmeliğine uygun olarak tasarlanan binalarda uyulması gereken ana prensipler; insan hayatının korunması, yapıda oluşacak hasarların sınırlandırılması, sivil savunma için önemli yapıların kullanılabilirliğinin devam ettirilmesi olarak belirlenmiştir (Tablo 2.).

Bu yönetmelikte konsol ile ilgili alınan kararlar aşağıda belirtilmektedir:

Sismik dalganın dikey bileşeni;

Düşey elastik ivme spektrumu  $a_{vg} > 0.25 \text{ g}$  ( $2.5 \text{ m/s}^2$ ) olduğu aşağıda belirtilen durumlarda;

- 20 m veya daha fazla açıklığa sahip yatay veya yataya yakın yapı elemanlarında,
- 5m'den fazla yatay veya yataya benzer konsol elemanlarda,
- Yatay veya yataya benzer öngermeli elemanlarda,
- Düşey taşıyıcıları destekleyen kirişlerde,
- Temelden izole edilmiş yapılarda göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

**Tablo 2.** Yapısal olmayan elemanlarda  $q_a$ 'nın üst değerleri

Yapısal olmayan eleman türü	Davranış faktörü $q_a$ 'nın üst değerleri
Konsol parapetler veya süslemeler, Tabelalar ve reklam panoları, Toplam yüksekliğinin yarısından fazlası boyunca desteklenmemiş konsol görevi gören bacalar, direkler ve ayakları üzerinde duran tanklar.	1.0
Toplam yüksekliğinin yarısından azı boyunca desteksiz konsol görevi gören bacalar, direkler ve ayaklı tanklar, kütle merkezinde veya üzerinde yapıya desteklenmiş veya gergi ile bağlanmış olanlar	2.0

**Kaynak:** (Eurocode 8)

- Tasarım konsepti, Yapısal tipler ve üç süneklilik sınıfı için davranış faktörlerinin üst sınır değeri enerjiyi dağıtma kapasitesi düşük-dcl konsollar; kirişler, iki veya üç bağlantılı kemerler; bağlantı elemanları ile birleştirilmiş kafes kirişler için 1.5 olarak alınmaktadır.

Eurocode-8 yönetmeliğinde; konsol tasarımı ile ilgili olarak uyulması gereken kriterler verilmiş olup, bu kriterlere dikkat edilmesi tasarımda yönetmeliğin ana prensiplerine uygunluğu, deprem bilinçli tasarım kararları açısından önem arz etmektedir.

#### 3.2. ABD (ACI 318-19) Yönetmeliği

Bu yönetmelik, American Concrete Institute (ACI) tarafından yayımlanan “Building Code Requirements for Structural Concrete” ve buna eşlik eden “Commentary”nin 2019 baskısı olan ABD standardı yönetmeliktir. Halk sağlığı ve güvenliğini sağlamak için gerekli olan yapısal beton tasarım ve inşaa gerekliliklerini içermektedir.

Bu yönetmelikte konsol ile ilgili alınan kararlar aşağıda belirtilmektedir:

- Kirişe dik döşeme donatısı, konsol görevi gördüğü varsayılan çıkıntılı döşeme genişliği üzerindeki faktörlü yüke dayanacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Konsol bir elemana bağlanan köşe bağlantısı üzerinden çapraz bir kesit boyunca moment aktarımına dikkat edilmelidir.

Bu kısımda; döşeme donatısının döşeme genişliğindeki yüke karşı hasar almaması için uygun şekilde tasarlanmasına, moment aktarımlarına dikkat edilmesine vurgu yapılmaktadır.





### 3.3. Rusya (SNIP) Yönetmeliği

Rusya'daki betonarme yönetmelikleri, SNIP 2.03.01-84 ve SP 52-101-2003, Comecon tarafından yayımlanan ST SEV 1406-78 ilkeler kılavuzunda belirtilen yapı analiz yöntemlerini, tasarım şartlarını, malzemelerin seçimlerini, boyutlandırma ve donatılardırma ilkelerini temel almaktadır. Rusya Federasyonu'nda tüm yapısal tasarımlar SNIP adlı bir bina yönetmeliğine tabidir.

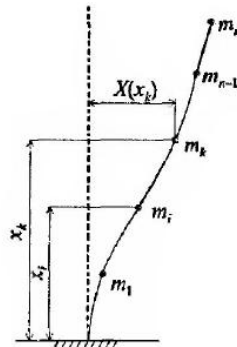
Bu yönetmelikte konsol ile ilgili alınan kararlar aşağıda belirtilmektedir:

- Rus yük şartnamesinde; elemanların malzeme özellikleri dikkate alınmaksızın ikinci tasarımın sınır durumunda her elemanda sehim kontrolü yapılması gerekmektedir.
- Yapı elemanlarındaki sehim kısıtlamaları; ölü ve hareketli yüklerden kaynaklı sehimlerde açıklığın 1/150'sini, konsol elemanladaysa konsol uzunluğunun 1/75'ini geçmemesi gerekmektedir.
- Tabla genişliğinin,  $b'_f$  gövde genişliğinin 1/6'sından daha fazla olmaması koşuluyla aşağıdaki değerlerden küçüğüne eşittir:
  - $h'_f \geq 0,10 \cdot h$  veya enine kirişler olduğunda boyuna kirişler arası mesafenin yarısı,
  - Enine kirişler yer almadığında ise  $b'_f < 0,10 \cdot h - 6 \cdot h'_f$  olmalıdır.
- Konsol kirişlerde;
  - $h'_f \geq 0,10 \cdot h$  ise  $6 \cdot h'_f$
  - $0,10 \cdot h > h'_f \geq 0,05 \cdot h$  ise  $6 \cdot h'_f$
  - $h'_f < 0,05 \cdot h$  olduğunda göz ardı edilmektedir.

Bu bölümde sehim kontrolünün önemine, yüklere bağlı olarak açıklık mesafelerine dikkat edilmesi gerektiğine vurgu yapılmaktadır. Taşıyıcı sistem tasarımlarında yük aktarımlarına dikkat edilmesi gerekmektedir.

- Rus betonarme şartnamesi olan SP 52-10-2003'de kesme donatısı alanı (etriye) ve sayısının belirlenmesinde kesit tesirlerine ek olarak çatlak çapının kısıtlandırılması, boyuna donatının tasarıma uygun yapılması ve yatay burulmalara dikkat edilmesini zorunlu kılmaktadır.
- Kısa konsollarda etriyeler yatay ya da 45 derece olmalıdır. Etriyeler arasındaki uzaklık, h konsol derinliği olmak üzere, h/4 veya 150 mm'den fazla olmamalıdır.
- Rusya'da inşa edilecek herhangi bir yapının depreme karşı dayanıklı olması için, sismik alanlardaki inşaatlar, SNIP II-7-81'in öngördüğü şartlar sağlanmalıdır. SNIP II-7-81 deprem şiddetini ve büyüklüğünü tarif ettikten sonra çeşitli konut, kamu ve endüstriyel bina gibi yapı tipleri için şartları bulunmaktadır. Bu yapı grupları çerçeve sistemler, ön yapım büyük panelli binalar, yığma veya taş duvar sistemleri ve taşıyıcı sistemleridir.
- Balkonlara ya da döşemeye bağlantılı sistemler konsol kiriş veya döşeme olarak değerlendirilmelidir.
- Düzenli yapılar için konsol model olarak adlandırılan modelin kullanılmasına izin verilmektedir. Buradaki temel fikir, tüm binanın sismik aktivite boyunca yanal olarak yer değiştiren, katlara bölünmüş ankastre bir kolon olarak temsil edilmesidir. SNIP'den alınan görsel aşağıda gösterilmektedir (Şekil 6.).

Şekil 6. Bir binanın konsol modeli



Kaynak: (SP 14.13330.2014)

- Kütlelerin bir kolonun düğüm noktalarında toplanmasına izin verilmektedir. Ancak, konsol tipi bir modelin dezavantajlarında analiz sonucu düşey eksen etrafında herhangi bir burulma vermeyecektir, kat diyaframlarının rijit olmaması durumu çeşitli uzaysal yer değiştirmelere neden olabilmektedir. Bu nedenle, yukarıdaki etkilerin görülme olasılığı yüksek olan binalar (düzensiz çerçeveler) mutlaka uzamsal model kullanılarak tasarlanmalıdır. Uzamsal model, bir yapının çok yönlü deformasyonlarını hesaba katmalıdır. Bu durumda kütleler, taşıyıcı sistem elemanlarının düğüm noktalarına uygulanmalıdır.
- Madde 2.4, sismik etkinin statik bir kuvvet olarak ele alınması gerektiğini belirtir. Madde 5.5'e dayanarak; kütlelerin ve kuvvetlerin yapının düğüm noktalarında (veya bir konsol model söz konusu olduğunda, rijit kat döşemelerinin kütle merkezlerinde toplandığının varsayılmasına izin verilmektedir.
- Burulma etkisi durumunda, bu etkilerin yalnızca konsol tipi bir model kullanılması durumunda ve binanın plan düzlemindeki herhangi bir boyutunun 30 metreden fazla olması halinde dikkate alınmasını şart koşmaktadır.

Rusya yönetmeliğinde; malzeme özelliklerine bağlı olmadan sehim kontrolünün önemine, burulma etkisinin oluşmaması ve konsol tasarımlarındaki şartlar belirtilmiş olup, deprem bilinçli tasarım kararlarının alınabilmesi için ilgili maddelere dikkat edilmesi önem arz etmektedir.

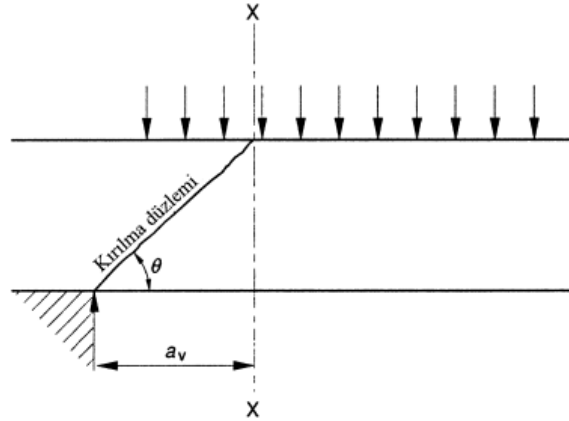
### 3.4. İngiliz (BS-8110-1:1997) Yönetmeliği

BSI, İngiliz Standartlarını hazırlamaktan sorumlu bağımsız bir ulusal kuruluştur. Avrupa ve uluslararası düzeyde standartlar konusunda Birleşik Krallık'ın görüşünü sunmaktadır. Kraliyet Tüzüğü ile kurulmuştur.

Bu yönetmelikte konsol ile ilgili alınan kararlar aşağıda belirtilmektedir:

- Konsol veya çıkıntılar üzerindeki kiriş veya döşeme uçlarının yapısal bütünlüğünü sağlamak için donatı kullanılıyorsa, çok dikkatli bir şekilde üst üste bindirilmeli ve ankrajlanmalıdır.
- Beton konsollar başlığında; kısa konsol, yük taşıyan bir elemanı destekleyen ve şu özelliklere sahip kısa bir çıkıntıdır:
  - a) Desteklenen yükün reaksiyon çizgisi ile konsolun kökü (mesnet yüzü) arasındaki  $a_v$  mesafesi,  $d$  (konsol kökünün faydalı derinliği) değerinden küçüktür; ve
  - b) Desteklenen yükün temas alanının dış kenarındaki derinlik, konsolun kökündeki derinliğin yarısından az değildir. Konsolun destek yüzündeki derinliği, 3.4.5.8 maddesi uyarınca kesme koşullarına göre belirlenir; ancak burada a) bendinde verilen  $a_v$  tanımı değiştirilerek kullanılmaktadır.
- Konsol, donatı ve beton için uygun kısmi güvenlik katsayıları kullanılarak nihai sınır durumda tasarlanmalıdır ancak yatay kuvvete karşı sağlanan direncin büyüklüğü, konsol üzerindeki tasarım dikey yükünün yarısından az olmamalıdır.
- Konsol kökündeki destek ve bağlantı elemanları arasındaki gerilme uyumluluğu sağlanmalıdır.
- Konsolun etkin uzunluğu: Konsol kirişin etkin uzunluğu, destek yüzeyine olan uzunluğuna etkin derinliğinin yarısı eklenerek alınır; ancak sürekli bir kirişin ucunu oluşturduğu durumlarda, destek merkezine olan uzunluk kullanılmalıdır.
- Yanal stabilite için kirişlerin narinlik sınırları sadece destek noktasında yanal kısıtlama bulunan konsol kirişler için kısıtlamalar arasındaki net mesafe:  $25b_c$  veya  $100b^2/d$  aşmamalıdır.
- Kesme donatısı olmayan kiriş ve konsol kesitlerindeki kesme kırılması normalde yatay düzleme yaklaşık  $30^\circ$  açıyla eğimli bir düzlemde meydana gelmektedir. Eğer kırılma düzleminin açısı bundan daha dik bir şekilde eğimli olmaya zorlanırsa Şekil 3.5'teki (X – X) kesiti bir desteğe yakın olduğu için veya başka nedenlerle, kırılmayı oluşturmak için gereken kesme kuvveti artmaktadır (Şekil 7.).

Şekil 7. Desteklerin yakınında kesme hasarı



Not: Kırılmaya neden olan kesme kuvveti, X-X kesitine etki eden kuvvettir

Şekil 3.5 Desteklerin yakınında kesme hasarı

**Kaynak:** (BS-8110-1:1997)

- Dikdörtgen veya flanşlı kirişler için temel açıklık/etkin derinlik oranı konsollar için tablo 3.9'da 7/5.6 değerleri uygulanmalıdır.
- 10 metreyi aşan açıklıklar için, Tablo 3.9 yalnızca bölme duvarları ve kaplamaların yapımından sonra sehimdeki artışın sınırlandırılması gerekmiyorsa kullanılmalıdır.
- Sınırlamanın gerekli olduğu durumlarda, Tablo 3.9'daki değerler, tasarımın hesaplama ile gerekçelendirilmesi gereken konsollar hariç, açıklık başına 10 ile çarpılmalıdır. Açıklık/etkin derinlik oranı, nihai tasarım momenti ve açıklığın merkezindeki (veya konsol durumunda destek noktasındaki) servis gerilmesine göre değiştirilmelidir.
- Tüm açıklıkların yüklendiği tek bir yük durumu için analiz yapıldığında, konsol kirişlerin desteklerindeki momentler hariç, ortaya çıkan destek momentleri %20 oranında azaltılmalı ve bunun sonucunda açıklık momentlerinde bir artış meydana gelmelidir.
- Bir açıklığın veya döşeme panelinin, önemli bir uzunluğa sahip bir konsola (çıkma) komşu olduğu durumlarda; açıklığın yüksüz / konsolun yüklü olması ihtimali dikkate alınmalıdır.
- Belirli bir düzlemde, desteklenmemiş bir kolonun bir ucu serbest bırakılmışsa (örneğin, konsol kolon), net yüksekliği,  $l_o$ , şu değeri aşmamalıdır:  $l_o = \frac{100b^2}{h} \leq 60b$

h

- Bir konsolun, sürekli bir kiriş veya döşemenin uç mesnedinden dışarıya doğru bir uzantı oluşturduğu durumlarda; komşu açıklıktaki üst donatının moment sıfır noktasının ötesine kadar uzatıldığından emin olunmalıdır.
- Donatıların konumu, beton dökümü öncesinde ve sırasında kontrol edilmelidir; özellikle konsol kesitlerde, nominal paspayının belirtilen sınırlar içinde tutulmasına özel dikkat gösterilmelidir. Paspayının dayanıklılık (korozyona direnç) açısından taşıdığı önem, sertleşmiş betondaki donatı konumunu kontrol etmek için paspayı ölçer cihazının düzenli kullanımını önemli kılmaktadır.

İngiliz yönetmeliğinde; donatılar, açıklık/derinlik oranları, gerilme, etkin uzunluk oranları gibi konsol tasarımında uyulması gereken şartlar verilmiş olup, deprem bilinçli tasarım kararlarının alınabilmesi için ilgili maddelere dikkat edilmesi önem arz etmektedir.

### 3.5. Kanada (A23.3-14) Yönetmeliği

Beton yapıların tasarımı Kanada A23.3-14 standardına göre açıklanmaktadır. Kanada Standartlar Birliği (CSA Grubu) olarak faaliyet göstermektedir. Standartları, Kanada Standartlar Konseyi tarafından onaylanmış bir fikir birliğine dayalı standart geliştirme süreci aracılığıyla geliştirilmektedir.

CSA Grubu süreci yönetir ve fikir birliğine varılmasında adaleti teşvik etmek için kurallar koyar ancak standartların içeriğini bağımsız olarak test etmez, değerlendirmez veya doğrulamaz (A23.3-14).

Bu yönetmelikte konsol ile ilgili alınan kararlar aşağıda belirtilmektedir:

- Büyük sehimler (sarkmalar) nedeniyle hasar görmesi muhtemel olan bölme duvarlarını veya diğer imalatları taşımayan ya da bunlara bağlı olmayan; öngerilmemiş kirişler veya tek yönlü döşemeler için, sehim hesabının yapılması gereken sınır kalınlıklar yönetmelikte Tablo 9.2 de belirtilmiştir (Tablo 3.).

**Tablo 3.** Minimum kalınlıklar, Tablo 9.2

	Minimum kalınlık, h			
	Basit mesnetli	Bir ucu sürekli	İki ucu sürekli	Konsol
Tek yönlü döşeme	$\ell_n/20$	$\ell_n/24$	$\ell_n/28$	$\ell_n/10$
Kirişler veya nervürlü tek yönlü döşemeler	$\ell_n/16$	$\ell_n/18$	$\ell_n/21$	$\ell_n/8$

**Kaynak:** (A23.3-14)

Bu tablo, ön tasarım için yol gösteren geleneksel değerleri vermektedir; ancak büyük sehimler nedeniyle hasar görmesi muhtemel olan bölme duvarlarını veya diğer imalatları taşıyan kirişler veya tek yönlü döşemeler için bu değerler yetersizdir. Normal koşullarda kullanılmaktadır.

- Destek noktasında yanal sınırlama bulunan bir konsol kiriş için, destek yüzeyi ile konsolun ucu arasındaki mesafe  $25b$  veya  $100b^2/d$ 'den daha küçük olmalı geçmemelidir.
- Sürekli, ankastre veya konsol elemanlardaki ya da rijit bir çerçevenin herhangi bir elemanındaki negatif moment donatısı; kenetlenme boyu (gömülme), kancalar veya mekanik ankrajlar vasıtasıyla taşıyıcı elemanın içine veya içinden geçecek şekilde ankrajlanmalıdır (sabitlenmelidir).
- Kare veya dikdörtgen yükleme veya mesnet alanları için, kritik kesitin dört düz kenara sahip olduğu varsayılabilmektedir. Kenar mesnetler için kritik kesitin üç düz kenarı; köşe mesnetler için ise iki düz kenarı olduğu varsayılabilmektedir. Döşemenin, mesnedin dış yüzeyinden dışarıya doğru konsol (çıkma) yaptığı kenar ve köşe mesnetlerde; kritik kesitin, konsol kısma doğru en fazla  $d$  mesafesi kadar uzandığı varsayılabilmektedir.
- Döşemenin, köşe kolonun veya köşe kolon başlığının yüzeyinden dışarıya doğru konsol (çıkma) yaptığı durumlarda; kritik kesitin uzunluğu, konsol kısma doğru en fazla  $d$  mesafesi kadar uzatılabilmektedir.
- Döşemenin; süreksiz bir kenarda bir kenar kirişi (yan kiriş) veya duvar tarafından desteklenmediği durumlarda ya da döşemenin mesnetten dışarıya doğru konsol (çıkma) yaptığı yerlerde hem üst hem de alt donatı döşemenin en uç kenarına kadar uzatılmalıdır.
- Kirişlerin, konsolların ve tek yönlü döşemelerin sehimleri, açıklığın uç noktalarına göre ölçülmelidir.

Kanada yönetmeliğinde; sehimlerin oluşmaması için sınırlar, konsol mesafeleri ve hasar görülmemesi için uyulması gereken şartlar verilmiş olup, deprem bilinçli tasarım kararlarının alınabilmesi için ilgili maddelere dikkat edilmesi önem arz etmektedir.

#### 4. SONUÇ

Deprem yönetmelikleri ülkelerin geçmişte yaşadıkları depremler, fay hatları, riskler, çeşitli mimarlık ve mühendislik yaklaşımlarına göre ortaya çıkmaktadır. Yönetmeliklerde yer alan çeşitli düzenlemelerde özellikle buldukları yerin sismik hareketlerinin, geçmişteki yaşanan depremlerin ve alanın zemin şartlarının etkili olduğu görülmektedir.

Yapıların deprem sonrasında ağır hasar alması ya da yıkılmasının nedenlerinden; uygun olmayan çıkma tasarımları, yapının uygulanacağı zeminin koşulları, yapıda kullanılan malzemeler, alınan yanlış tasarım kararları, denetimlerdeki ihmaller, taşıyıcı sistem tasarımındaki hataları öne çıkmakla birlikte deprem bilinçli tasarım kararları almanın deprem sırasında ve sonrasında hasarları en aza indirgeyeceği aşikârdır. Mimari tasarımın başlangıç evresinde alınacak tasarım kararları önemli rol oynamaktadır.

Bina taşıyıcı sistemlerinin düzenlenmesinde taşıyıcı sistemin sade, basit ve yönetmeliklerdeki şartlara uygun olması önem arz etmektedir. Taşıyıcı sistem ve tasarım kararlarının deprem sırasında ve sonrasında yapılarda ciddi hasarlara neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle de geçmişten beri ülkemizin ve dünyanın önlenemeyen afeti olan depremin etkilerini en aza indirgeyebilmek için yapıların tasarımının ilk aşamalarından yapım sonrasına kadar uygulamalarının bilinçli bir şekilde yapılması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde, farklı ülkelerin yönetmeliklerinde konsol tasarımıyla ilgili uyulması gereken şartlar ve önlemler üzerinde durulmuştur. Taşıyıcı sistemde düşey elemanların bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumunda (B3), kolonların binanın herhangi bir katında konsol

kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmediğine, bina konsol kirişlere sahipse, konsol uzunluğu 2 metreden ve komşu açıklığın 1/3'ünden fazla olamayacağı şeklinde yer alan kısıtlamalarla deprem bilinçli taşıyıcı sistem tasarımının önemine ve çok geniş açıklıkların kullanılmaması gerektiğine vurgu yapılmaktadır. Mimari tasarım kararları da yapıların deprem davranışı açısından önemlidir. Yönetmeliklerde yer alan sınırlandırmalarda, sehim kontrolü, açıklık mesafeleri, taşıyıcı sistem tasarımındaki kriterler, bağlantılar, kullanılan malzemeler ve yüklerin kontrolüyle binaların yıkılmaması hedeflenirken kullanıcıların konforunun korunması da hedeflenmektedir. Yönetmeliklerde geniş açıklıklar ve konsollar taşıyıcı sistem kararlarıyla sınırlandırılarak deprem sırasında yapıların zarar görmemesi ve güvenli alanda kalması amaçlanmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışmayla ülkemizdeki ve farklı ülkelerdeki konsollu bina yapabilme şartlarını ortaya koyarak uyulması gereken kuralları göstermek amaçlanmıştır. İncelenen yönetmeliklerde yer alan bu kurallar; deprem bilinçli bina tasarımları, kullanıcıların güvenliği ve yaşam konforunun sağlanması açısından önem arz etmektedir.

## KAYNAKÇA

- American Concrete Institute. (2019). *Building code requirements for structural concrete and commentary* (ACI 318-19).
- Avrupa Standardizasyon Komitesi. (2004). *Depreme dayanıklı yapıların tasarımı için projelendirme esasları-Bölüm 1: Genel kurallar, sismik etkiler ve binalar için kurallar* (EN 1998-1).
- Ayalp, S. (2013). *Rus betonarme yönetmeliklerinin tasarım esasları, Türk yönetmelikleriyle karşılaştırması ve tasarım örnekleri*. [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Bradbury, J. (2018). *History of construction pt1: Engineers demonstrate cantilever system in 1887*, published by building specifier on building news.
- British Standards Institution. (1997). *Structural use of concrete: Code of practice for design and construction* (BS 8110-1:1997, Incorporating Amendment No. 1).
- Canadian Standards Association. (2014). *Design of concrete structures* (CSA A23.3-14.).
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2017). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği. *Resmî Gazete* (Sayı: 30113).
- Gökşen, F., Soyluk, A., & Ayçam, İ. (2021). Mimarlıkta konsol strüktürel davranışın high-tech ve dekonstrüktivizm akımlarında yorumlanması. *Middle East International Conference On Contemporary Scientific Studies-V, Vol.III*, 93-109.
- Karki, I. and Parajuli, H.R. (2023). Effects of cantilever projections on seismic performances of RC buildings. *Journal of Innovations in Engineering Education*, 6(1), 110-117.
- Özmen, C. and Ünay, A.I. (2007). Commonly encountered seismic design faults due to the architectural design of residential buildings in Turkey. *Building and Environment*, Vol. 42, 1406-1416.
- Salame, A., Hussein, J., & Beydoun, K.H. (2021). Power of cantilever design in the contemporary architecture. *Mimarlık ve Planlama Dergisi (APJ)*, 27(2). Makale 1.
- Stroitel'nye Normy i Pravila. (2014). *Concrete and reinforced concrete structures*. (SNİP 52-01-2003).
- Sucuoğlu, H. and Yazgan, U. (2003). Simple survey procedures for seismic risk assessment in urban building stocks. *Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings*, 29, 97-118.
- T.C. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. *Resmî Gazete* (Sayı: 30364).