**T.C.**
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# BETONUN KESME MUKAVEMETİNİN BELİRLENMESİNDE KISMİ GÜVENLİK KATSAYISININ OLASILIKSAL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

**ALİ SAĞIROĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ YAPI ANABİLİM DALI**
**YAPI PROGRAMI**

**DANIŞMAN**
**PROF. DR. GÜRAY ARSLAN**

**İSTANBUL, 2016**

**T.C.**

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# BETONUN KESME MUKAVEMETİNİN BELİRLENMESİNDE KISMİ GÜVENLİK KATSAYISININ OLASILIKSAL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Ali SAĞIROĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 25.04.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Güray ARSLAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

**Eş Danışman**

Yrd. Doç. Dr. Sema ALACALI

Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Güray ARSLAN

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Nuri ÖZHENDEKÇİ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Almıla Uzel

Yeditepe Üniversitesi _____

# ÖNSÖZ

Bu çalışmam süresince her türlü yardım ve fedakârlığı sağlayan, bilgi, tecrübe ve güler yüzü ile çalışmama ışık tutan, ayrıca bana bu çalışmayı vererek kendimi geliştirmeye yönelik de birkaç adım ileride olmamı sağlayan, çalışmamın danışmanı Sayın Hocam Prof. Dr. Güray ARSLAN'a, çalışmada kullanmış olduğum yöntemlerde ve ders notlarında benden desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Sema ALACALI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın hazırlanması ve öğrenimim boyunca bende emeği geçen hocalarıma teşekkür ederim. Bu çalışmayı, bugüne gelmemde emeği geçen ve benden maddi, manevi hiçbir desteği esirgemeyen aileme ithaf ederim.

Nisan, 2016

Ali SAĞIROĞLU

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ ..... vi

KISALTMA LİSTESİ ..... vii

ŞEKİL LİSTESİ ..... viii

ÇİZELGE LİSTESİ ..... ix

ÖZET ..... x

ABSTRACT ..... xi

BÖLÜM 1

GİRİŞ ..... 1

1.1 Literatür Özeti ..... 1
1.2 Tezin Amacı ..... 2
1.3 Hipotez ..... 3

BÖLÜM 2

OLASILIĞA DAYALI TASARIM ..... 4

2.1 İkinci Moment Yaklaşımı ..... 4
2.2 Performans Fonksiyonunun Oluşturulması ..... 5
2.3 Rasgele Değişkenlere İlişkin Varyasyon Katsayıları ..... 6
2.4 Enine Donatısız Kirişler ..... 8
2.4.1 Kirişlerin Özellikleri ..... 8
2.4.2 Enine Donatısız Kirişlere Ait Örnek Çözümler ..... 9
2.4.2.1 TS500 [1]'e Göre Örnek Çözüm ..... 9
2.4.2.2 ACI318 [2]'e Göre Örnek Çözüm ..... 11
2.4.3 Güvenlik Katsayılarının İrdelenmesi ..... 14
2.4.3.1 TS500 [1]'e Göre Güvenlik Katsayılarının İrdelenmesi ..... 14
2.4.3.2 ACI318 [2-4]'e Göre Kesme Mukavemeti Azaltma Katsayılarının İrdelenmesi ..... 17
2.5 Enine Donatılı Kirişler ..... 20
2.5.1 Kirişlerin Özellikleri ..... 20

2.5.2 ACI318 [2-4]'e Göre Enine Donatılı Kirişe Ait Örnek Çözüm ..... 21
2.5.3 ACI318 [2-4]'e Göre Kesme Mukavemeti Azaltma Katsayılarının İrdelenmesi ..... 26

BÖLÜM 3

SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 33

KAYNAKLAR ..... 36

ÖZGEÇMİŞ ..... 40

## SİMGE LİSTESİ

| | |
|---|---|
| $a/d$ | Kesme açıklığının kiriş etkili yüksekliğine oranı |
| $f_{ck}$ | Beton basınç mukavemeti |
| $f_{ct}$ | Beton çekme mukavemeti |
| $g(\mathbf{X})$ | Performans fonksiyonu |
| $m_{X_i}, m_{X_i}^N$ | Ortalama değer, eşdeğer normal dağılıma ilişkin ortalama değer |
| $p_F$ | Göçme olasılığı |
| $v_{cr}$ | Kiriş çatlama kesme mukavemeti |
| $v_c$ | Kesme mukavemetine betonun katkısı |
| $V$ | Varyasyon katsayısı |
| $X_i$ , $X_i'$ | Rasgele değişken, indirgenmiş değişken |
| $\mathbf{x}^*$ | En olası göçme noktası |
| $\alpha_i$ | Duyarlılık katsayısı |
| $\beta$ | Güvenilirlik indeksi |
| $\phi$ | Mukavemet azaltma katsayısı |
| $\gamma$ | Güvenlik katsayısı |
| $\lambda_R$ . $\lambda_S$ | Kapasite. İstem lognormal dağılım ortalama değer parametresi |
| $\rho$ | Çekme donatısı oranı |
| $\sigma_R$ . $\sigma_S$ | Kapasite. İstem standart sapması |
| $\sigma_{X_i}^N$ | Eşdeğer normal dağılıma ilişkin standart sapma |
| $\zeta_R$ . $\zeta_S$ | Kapasite. İstem lognormal dağılım standart sapma parametresi |
| $f_{yw}$ | Enine donatı akma mukavemeti |
| $\rho_w$ | Enine donatı oranı |

## KISALTMA LİSTESİ

| | |
|---|---|
| ACI | American Concrete Institute |
| FORM | First-Order Reliability Method |
| ISO | Uluslararası Standartlar Örgütü |
| TSE | Türk Standartları Enstitüsü |

## ŞEKİL LİSTESİ


Sayfa

Şekil 2.1 $f_{ck}$, d, a/d ve $\rho$(%)'ya bağlı kiriş sayılarının değişimi ..... 8
Şekil 2.2 Kiriş toplumunda güvenlik katsayılarının değişimi ..... 15
Şekil 2.3 Kiriş toplumunda güvenlik katsayıları ortalamalarının değişimi ..... 17
Şekil 2.4 Kiriş toplumunda güvenlik katsayılarının değişimi ..... 17
Şekil 2.5 Kiriş toplumunda kesme mukavemeti azaltma katsayıları ortalamalarının değişimi ..... 19
Şekil 2.5 $f_{ck}$, a/d, $f_{yw}$ ve $\rho_w$(%)'ya bağlı kiriş sayılarının değişimi ..... 20
Şekil 2.6 Kiriş toplumu için kesme mukavemeti azaltma katsayılarının değişimi ..... 27
Şekil 2.7 Kiriş toplumunda kesme mukavemeti azaltma katsayılarının ortalamalarının değişimi ..... 29
Şekil 2.8 Kesme mukavemeti azaltma katsayısı değişiminin karşılaştırılması (β = 4.27 ve $V_{fc}$ = 0.10 ) ..... 31
Şekil 2.9 Kesme mukavemeti azaltma katsayısının değişiminin karşılaştırılması (β = 2.33 ve $V_{fc}$ = 0.10 ) ..... 32

# ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa


Çizelge 2.1 Rasgele değişkenlere ilişkin istatistiksel bilgiler..... 9
Çizelge 2.2 Rasgele değişkenlere ilişkin istatistiksel bilgiler..... 12
Çizelge 2.3 Güvenlik katsayılarının ortalama değerlerinin karşılaştırılması..... 16
Çizelge 2.4 Güvenlik katsayılarının ortalama değerlerinin karşılaştırılması..... 18
Çizelge 2.5 Rasgele değişkenlere ilişkin istatistiksel bilgiler..... 21
Çizelge 2.6 Güvenlik katsayılarının ortalama değerlerinin karşılaştırılması..... 28

# ÖZET

## KESME MUKAVEMETİNE BETONUN KATKISININ BELİRLENMESİNDE KISMİ GÜVENLİK KATSAYISININ OLASILIKSAL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Ali SAĞIROĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Güray ARSLAN

Eş Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sema ALACALI

Betonarme elemanlarda hedef göçme olasılığının sağlanması için mukavemette etkili olan parametreleri doğru tahmin etmek gerekir. TS500 [1]'e göre, kesme mukavemetine betonun katkısı çatlama kesme mukavemeti 0.8 güvenlik katsayısı ile çarpılarak bulunmaktadır. Ayrıca ACI318 [2-4]'e göre kesme mukavemeti azaltma katsayısı 0.65-0.90 arasında değişmekte ve kesme mukavemeti hesabında bu katsayı 0.75 alınmaktadır. Belirli bir varyasyon katsayısı ve hedef göçme olasılığına göre kesme mukavemetine betonun katkısının belirlenmesinin mühendislik pratiğine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, literatürdeki deneysel çalışmalardan yararlanılarak TS500 [1]'e göre kesme mukavemetine betonun katkısının tahmininde göz önüne alınan güvenlik katsayısının ve ACI318 [2-4]' e göre kesme mukavemeti azaltma katsayısının, betonun basınç mukavemetine ilişkin farklı varyasyon katsayıları ve göçme olasılıklarına göre değişimi incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Betonarme, kiriş, kesme mukavemeti, göçme olasılığı, güvenlik katsayısı, azaltma katsayısı

## ABSTRACT

# DETERMINING THE SAFETY FACTOR IN PREDICTING THE CONTRIBUTION OF CONCRETE TO SHEAR STRENGTH BY USING A PROBABILISTIC METHOD

Ali SAĞIROĞLU

Department of Civil Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Güray ARSLAN

Co-Adviser: Assist. Prof. Dr. Sema ALACALI

It is essential to predict the parameters affecting the strength of reinforced concrete members accurately in order to provide the target failure probability. According to TS500 [1], the contribution of concrete to shear strength is obtained by reducing diagonal cracking strength with a safety factor of 0.8. In the current ACI318 [2-4], the strength reduction factor varies from 0.65-0.90 and the value considered in predicting the shear strength equals to 0.75. It will be beneficial for engineering practice to determine the contribution of concrete to shear strength according to a given coefficient of variation and failure probability. In this study, the change in the safety factor considered in predicting the contribution of concrete to the shear strength according to TS500 and the strength reduction factor according to ACI 318 [2-4] was investigated against the coefficients of variation of concrete compressive strength and the failure probability by using experimental studies available in the literature.



**Keywords:** Reinforced concrete, beam, shear strength, failure probability, safety factor, reduction factor



**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

# BÖLÜM 1

# GİRİŞ

## 1.1 Literatür Özeti

Yapısal elemanların güvenilirliği, söz konusu elemanın mukavemetinin elemana etkiyebilecek maksimum yükü karşılamada yeterli olduğunun gösterilmesi ile sağlanabilir. Yapısal sistemde mukavemet ve yük etkileri rasgele değişkenler olduğundan yapı güvenilirliği olasılıksal yaklaşımla belirlenmelidir. Olasılıksal yaklaşımın güvenilirliği veri sayısının yeterliliği ile ilişkilidir. Günümüz yapı yönetmeliklerinde göçme nedeniyle oluşması muhtemel can kaybı sayısı ve zarar maliyetine göre göçme olasılığının ($p_F$) genellikle $10^{-4}$ ile $10^{-7}$ arasında olması öngörülmektedir. Yönetmeliklerde hedef göçme olasılığı, öngörülen malzeme ve yük katsayıları ile sağlanmaya çalışılmaktadır. Güvenlik katsayılarının belirlenmesiyle ilgili yaklaşımlarda, göçme olasılıkları karşılığı güvenilirlik indeksleri (β) kullanılır.

Avustralya [5] ve ISO [6] Standartlarında göçme limit durumu için hedef güvenilirlik indeksleri β = 3.1 - 4.3 ve bu değere karşı gelen hedef göçme olasılıkları $p_F = 9.7x10^{-4}$ - $8.5x10^{-6}$ olarak tanımlanmıştır. DRD [7] tarafından yayınlanan raporda, mevcut köprülerin yük taşıma kapasitelerinin sınıflandırılmasında göçme şekli ve uyarı düzeyi dikkate alınarak hedef göçme olasılıkları $10^{-5}$ ile $10^{-7}$ arasında değişmektedir. Galambos vd. [8] tarafından yapılan literatür incelemesinde, ölü yükler için betonarme kirişlerde genellikle β = 2.8 - 3.2 ( $p_F = 2.6x10^{-3}$ - $6.9x10^{-4}$ ) alındığı ifade edilmiştir. Mirza [9] tarafından incelenen öngerilmeli betonarme kirişler için ACI318 [2]'e göre eğilme mukavemetine bağlı olarak β = 3.1 (2.5 - 3.9) alınmıştır. MacGregor [10] tarafından yapılan hesaplamalar sonucunda β katsayısı çekme kırılmaları için 2.5 - 3.0, basınç kırılmaları için ise 3.0 - 3.5 aralığında alınmıştır. Mirza [9] tarafından yapılan kolon

güvenilirlik çözümlemelerinde, çekme ve basınç kırılması oluşan kolonlarda, sırasıyla, $\beta = 3 - 3.5$ ($p_F = 1.4x10^{-3} - 5.8x10^{-4}$ ), Beck [11] ve Oliveira [12] tarafından NBR8800 [13] 'e göre tasarlanan yapılarda $\beta = 2.3 - 4.5$ arasında kabul edilmiştir. Vrounwenvelder [14]'e göre; bir çok ortak tasarım için tasarım değişkeni olarak $\beta = 4.2$ ($p_F = 1.33x10^{-5}$ ) kabul edilmiş ve elli yıllık referans değeri olarak da $\beta = 3.8$ ($p_F = 0.7x10^{-5}$ ) alınmıştır. Szerszen ve Nowak [15] tarafından yapılan çalışmada, ACI318'e göre tasarlanan kirişler ve kolonlar için sırasıyla $\beta = 3.5 - 4.0$ ($p_F = 2.3x10^{-4} - p_F = 3.2x10^{-5}$) olarak alınmıştır. Hasofer ve Lind [16], Rackwitz ve Fiessler [17] ve Madsen vd. [18] tarafından birinci dereceden güvenilirlik yöntemi (FORM) ile yapılan çözümlemelerde $\beta = 4.1$ ($p_F = 2.1x10^{-5}$ ) olarak bulunmuştur.

Yapı güvenliği, olasılıksal (probabilistik) veya kesinsel (deterministik) olarak incelenebilir, ancak yönetmeliklerde [1,2-4] yapı güvenliği deterministik olarak ifade edilmiştir. Yapısal güvenliği sağlamak için mukavemeti azaltmak, yükü ise büyütmek gerekmektedir. Bu amaçla TS500 [1]'e göre tasarımda, yük ve malzeme katsayıları kullanılır. ACI318 [2-4]'de ise yapıya etkiyen yüklerin belirli yük katsayıları ile çarpılarak büyütülmesi öngörülmekte, ancak malzeme katsayıları yerine $\phi$ mukavemet azaltma katsayıları kullanılmaktadır. $\phi$ katsayıları, elemanın tüm yapı güvenliği açısından önemi ve sünekliği gibi parametrelere bağlı tanımlanmıştır. Kesme ve burulmada $\phi$ katsayıları ACI318 [2]'de 0.85 alınmış, ACI318 [3-4]'de ise bu katsayı 0.75'e azaltılmıştır. TS500 [1]'e göre kesme mukavemeti hesabında, kesme mukavemetine betonun katkısı çatlama kesme mukavemetinin 0.8 katı alınarak bulunmaktadır, $V_c = 0.8V_{cr}$. Beton katkısının azaltılmasın nedeni, üretilen beton mukavemetinin tasarım beton mukavemeti değerinden daha düşük kalma olasılığına karşı emniyetli davranılmasıdır [19].

### 1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, Keskin ve Arslan [20] tarafından yapılan literatür araştırmasından elde edilen deneysel çalışmaların sonuçlarından yararlanılarak, TS500 [1]'e göre, kesme mukavemetine betonun katkısının belirlenmesinde kullanılan 0.8 güvenlik katsayısının ve ACI318 [2-4] da göz önüne alınan 0.85 ve 0.75 kesme mukavemeti azaltma

katsayılarının hangi göçme olasılığı değerlerine karşılık geldiği ve beton için farklı varyasyon katsayılarına göre anılan katsayılardaki değişimin incelenmesidir.

### 1.3 Hipotez

Çatlama kesme mukavemeti, malzeme ve geometrik özellikleri bilinen enine donatısız betonarme kirişlerin deneysel sonuçları göz önüne alınarak, TS500 [1]'e göre kesme mukavemetine betonun katkısında çatlama kesme mukavemetinin 0.8 katı olarak öngörülen güvenlik katsayısı, betonun varyasyon katsayısının 0.10 ve göçme olasılığının $10^{-6}$ olması durumu için geçerlidir. Ayrıca, ACI318 [2]'e göre kesme mukavemetine betonun katkısında göz önüne alınan kesme mukavemeti azaltma katsayısı 0.85 değeri, betonun varyasyon katsayısının 0.12 ve göçme olasılığının $10^{-5}$, ACI318 [3-4]'e göre azaltma katsayısı 0.75 değeri ise betonun varyasyon katsayısının 0.18 ve göçme olasılığının $10^{-5}$ olması durumları için geçerlidir. Enine donatılı kirişler için ACI318 [2]'e göre kesme mukavemeti azaltma katsayısı 0.85 değeri betonun varyasyon katsayısının 0.10 ve göçme olasılığının $10^{-2}$, ACI318 [3-4]'e göre azaltma katsayısı 0.75 değeri, betonun varyasyon katsayısının 0.10 ve göçme olasılığının $10^{-5}$ olması durumları için geçerlidir

# BÖLÜM 2

# OLASILIĞA DAYALI TASARIM

## 2.1 İkinci Moment Yaklaşımı

Bu çalışmada, olasılığa dayalı tasarımda güvenlik katsayılarının ($\gamma_i$) belirlenmesinde değişkenlerin kendilerine özgü dağılımları kullanılarak iterasyonlu ikinci moment yaklaşımından yararlanılacaktır. Performans fonksiyonu, değişkenlerin her birinin ilgili güvenlik katsayıları ile çarpımından oluşmaktadır.

$$g(\gamma_1.m_{X_1}, \gamma_2.m_{X_2}, \ldots\ldots\ldots, \gamma_i.m_{X_i}) = 0 \quad i = 1, 2, \ldots., n \tag{2.1}$$

Performans fonksiyonunu oluşturan $\gamma_i.m_{X_i}$ göçme yüzeyi üzerinde bulunan en olası göçme noktası ($x_i^*$) olduğu için güvenlik katsayısı (2.2) bağıntısı ile hesaplanır.

$$\gamma_i = x_i^* / m_{X_i} \tag{2.2}$$

En olası göçme noktasının indirgenmiş değişkenler sisteminin orijinine uzaklığı $\beta$ güvenilirlik indeksine eşittir. İndirgenmiş değişkenler uzayında en olası göçme noktası $x_i'^* = -\alpha_i^*.\beta$ dir. Duyarlılık katsayısı (2.3) bağıntısı ile hesaplanır [21].

$$\alpha_i^* = \left(\frac{\partial g}{\partial x_i'}\right) \Big/ \left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial g}{\partial x_i'}\right)_*^2\right]^{1/2} \tag{2.3}$$

Varyasyon katsayısı $V_{X_i} = \sigma_{X_i} / m_{X_i}$ olmak üzere orijinal değişkenler;

$$x_i^* = m_{X_i}(1 - \alpha_i^* \beta V_{X_i}) \tag{2.4}$$

ile bulunur. (2.4) bağıntısı (2.2)'de yerine yazılırsa, güvenlik katsayısı (2.5) bağıntısı ile hesaplanır.

$$\gamma_i = (1 - \alpha_i^* \beta V_{X_i}) \quad (2.5)$$

Performans fonksiyonunu oluşturan değişkenlerin normal dağılımlı olmaması ya da performans fonksiyonunun doğrusal olmaması durumunda $x_i^*$ nin belirlenmesi için iterasyon gereklidir. Normal olmayan değişkenler için yukarıdaki algoritmalarda $m_{X_i}$ ve $\sigma_{X_i}$ yerine eşdeğer normal dağılıma ilişkin $m_{X_i}^N$ ve $\sigma_{X_i}^N$ değerleri yazılmalıdır. Bu çalışmada, beton basınç mukavemeti $f_{ck}$ ve kiriş çatlama kesme mukavemeti $v_{cr}$ nin dağılımları lognormal dağılım olarak göz önüne alındığından öncelikle söz konusu dağılıma ilişkin ortalama değer $\lambda_{X_i}$ ve standart sapma $\zeta_{X_i}$ parametreleri bulunmuştur. Daha sonra lognormal dağılıma eşdeğer ortalama değer $m_{X_i}^N$ ve standart sapma $\sigma_{X_i}^N$ belirlenmiştir [21].

## 2.2 Performans Fonksiyonunun Oluşturulması

Enine donatısız kirişler için TS500 [1]'e göre tasarımda, kesme mukavemetine betonun katkısı betonarme kiriş çatlama mukavemetleri ile ilişkilendirilmiştir. TS500 [1]'e göre, kesme mukavemetine betonun katkısı çatlama mukavemetinin 0.8 katı olarak öngörülmüştür. Söz konusu katsayı, güvenlik katsayısı olarak tanımlanabilir. Betonarme kirişlerde, $10^{-7}$, $10^{-6}$, $10^{-5}$ ve $10^{-4}$ göçme olasılıklarına karşılık gelen güvenilirlik indeksleri (β) 5.20, 4.75, 4.27 ve 3.72 alınarak güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplarda kullanılan performans fonksiyonu (2.6) bağıntısında tanımlanmıştır.

$$g(X) = \gamma_1 . v_{cr,TS500} - \gamma_2 . v_{cr,deney} \quad (2.6)$$

Bağıntıda $v_{cr,deney}$, deneysel çatlama kesme mukavemetini; $v_{cr,TS500}$, TS500 [1]'de tanımlanan çatlama kesme mukavemetini $\gamma_1$ ve $\gamma_2$ ise ilgili değişkenlere ilişkin güvenlik katsayılarını; göstermektedir. TS500 [1]'e göre çatlama kesme mukavemeti (2.7) bağıntısı ile hesaplanır.

$$v_{cr,TS500} = 0.65 f_{ct}, \quad (2.7)$$

(2.7) bağıntısındaki $f_{ct}$ beton çekme mukavemeti, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$f_{ct} = 0.35\sqrt{f_{ck}} \quad (2.8)$$

Bu bağıntıda $f_{ck}$, beton basınç mukavemetidir.

ACI318 [2-4]' e göre performans fonksiyonu (2.9) bağıntısı ile belirlenmiştir.

$$g(X) = \gamma_1 . v_n - \gamma_2 . v_{cr,deney} \quad (2.9)$$

Bu bağıntıda yer alan $\gamma_1$ güvenlik katsayısı ACI318 [2-4]' de tanımlanan $\phi$ mukavemet azaltma katsayısına karşılık gelmektedir. $\phi$ değeri ACI318 [2]'e göre 0.85, ACI318 [3-4]'e göre 0.75 kabul edilmiştir. ACI318 [2-4]' e göre enine donatılı betonarme kirişler için $v_n$ nominal kesme mukavemeti, beton ve enine donatının kesme mukavemetine katkılarının toplamından oluşmaktadır.

$$v_n = v_c + v_s = \frac{1}{6}\sqrt{f_c} + \rho_w . f_{yw} \quad (2.9)$$

(2.9) bağıntısında $f_c$ ve $f_{yw}$ sırasıyla betonun basınç mukavemeti ve enine donatının akma mukavemetini, $\rho_w$ enine donatı oranını göstermektedir. Bu çalışmada ayrıca (2.9) bağıntısında $v_s = 0$ alınarak enine donatısız kirişler için mukavemet azaltma katsayıları hesaplanmış, yönetmelikteki değerlerle karşılaştırılmıştır.

ACI318 [2] ve ACI318 [3-4]'e göre enine donatısız ve donatılı betonarme kirişler için ($V_{f_c}$) (0.10, 0.12, 0.15 ve 0.18) varyasyon katsayıları için, ($p_F$) ($10^{-7}$, $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$ $10^{-3}$ ve $10^{-2}$) göçme olasılıklarına karşılık gelen güvenilirlik indeksleri (β) (5.20, 4.75, 4.27, 3.72, 3.09 ve 2.33) alınarak güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. Olasılıksal irdelemelerde performans fonksiyonunu oluşturan $f_c$, $f_{yw}$ değişkenlerinin lognormal, $\rho_w$'nin ise normal dağılımlı olduğu kabul edilmiş, değişkenler arasındaki korelasyon dikkate alınmamıştır.

## 2.3 Rasgele Değişkenlere İlişkin Varyasyon Katsayıları

Yapılan literatür incelemesinde, betonun basınç mukavemeti için varyasyon katsayıları ($V_{f_{ck}}$) yapım kalitesine bağlı olarak 0.05 ile 0.24 arasında değişmektedir. Varyasyon katsayıları TS500 [22]' de C14-C16 için $3.1/f_{ck}$, C20-C30 için $4.7/f_{ck}$, 30MPa'dan büyük

basınç mukavemetleri için $6.25/f_{ck}$ ve CEB-FIP [23]'da $8/(1.64f_{ck})$ olarak öngörülmüştür. Ersoy ve Özcebe [24] tarafından yapılan çalışmada, varyasyon katsayıları C16-C20 için $3.91/f_{ck}$, C25-C50 için $4.88/f_{ck}$ alınmıştır. ACI318 [3-4]'e göre deney veri sayısının 30'dan az olması durumunda varyasyon katsayıları $f_{ck} < 21$ MPa için $5.2/f_{ck}$, $21\,\text{MPa} \le f_{ck} \le 35\,\text{MPa}$ için $6.34/f_{ck}$ öngörülmüştür.

Low ve Hao [25] tarafından yapılan çalışmada, normal inşaat kalitesindeki betonun basınç mukavemeti verileri yorumlanarak varyasyon katsayısının 0.11 alınabileceği belirtilmiştir. Betonun basınç mukavemeti için varyasyon katsayıları, Hao vd. [26] tarafından yapılan çalışmada 0.11, Nowak ve Szerszen [27] ve Ribeiro ve Diniz [28] tarafından yapılan çalışmalarda 0.10, Mirza vd. [29] ve Mirza ve MacGregor [30] tarafından yapılan çalışmalarda 0.15, Ellingwood [31] tarafından yapılan çalışmada ise 0.21 alınmıştır. Bu çalışmada ise literatürdeki çalışmalar ve yönetmeliklerden yararlanılarak, betonun basınç mukavemeti için varyasyon katsayıları sırasıyla 0.10, 0.12, 0.15 ve 0.18 alınarak çözümlemeler yapılmıştır.

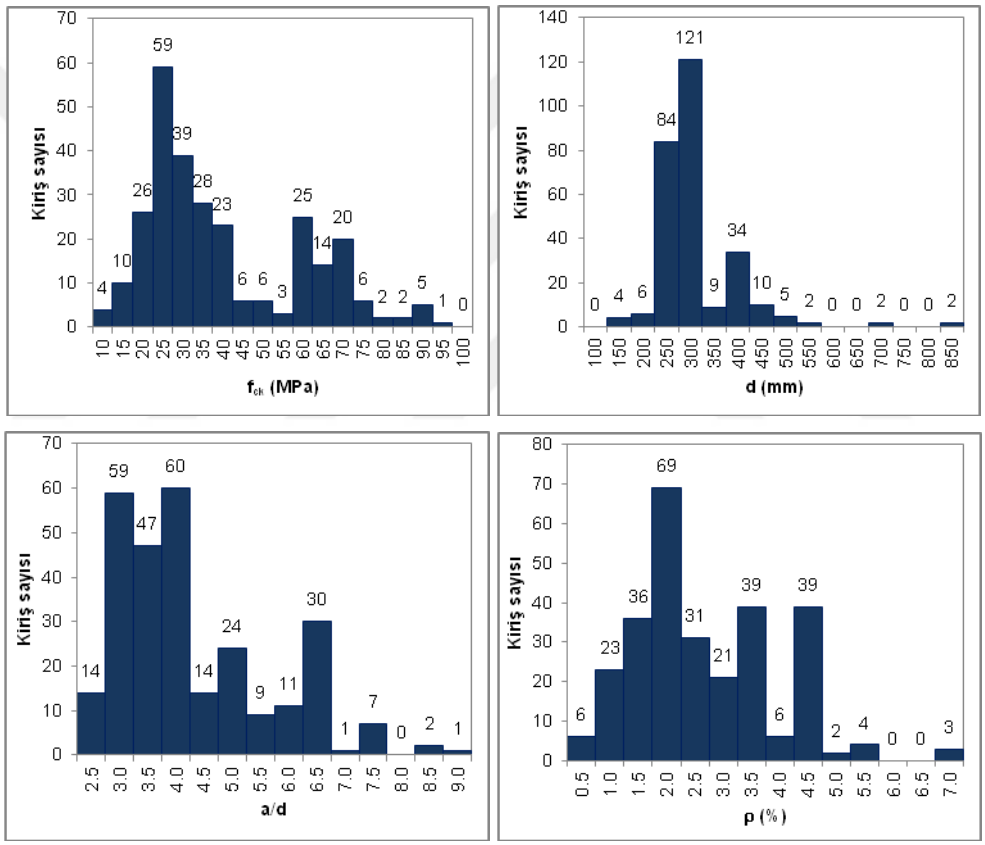
Donatı oranı yapısal boyutlara bağlı olmasına rağmen, istatistiksel olarak bu değişkenlerin birbirlerinden ve diğer rastgele değişkenlerden bağımsız oldukları varsayılır. Bu çalışmada; enine donatı oranı için varyasyon katsayısı ($V_{pw}$), Hao vd. [26] tarafından kabul edilen, 0.15 alınarak çözümlemeler yapılmıştır.

Yapılan literatür incelemesinde, enine donatının akma mukavemeti için varyasyon katsayısı ($V_{fyw}$) 0.05 ile 0.15 arasında değişmektedir. Enine donatının akma mukavemeti için varyasyon katsayıları, JCSS [32] tarafından yapılan çalışmada 0.05, Val D. [33], Hosseinnezhad A. [34] ve Low ve Hao [35] tarafından yapılan çalışmalarda 0.08, Soares [36] tarafından yapılan çalışmada 0.06, Ostlund [37] ve MacGregor [10] tarafından yapılan çalışmalarda 0.08 - 0.11, Enright ve Frangopol [38] tarafından yapılan çalışmada 0.12, Mirza [9], Mirza vd. [29], Mirza ve MacGregor [30] ve Mirza ve MacGregor [39] tarafından yapılan çalışmalarda ise 0.15 alınmıştır. Bu çalışmada ($V_{fyw}$) değeri 0.10 olarak kabul edilmiştir. Hognestad [40] ve Mirza [9] tarafından yapılan çalışmalarda deneylerde oluşabilecek belirsizlikleri örtmek amacıyla varyasyon katsayısı 0.04 alınmıştır. Bu nedenle bu çalışmada deneysel çatlama kesme mukavemeti için varyasyon katsayısı 0.04 alınmıştır.

## 2.4 Enine Donatısız Kirişler

### 2.4.1 Kirişlerin Özellikleri

Güvenlik katsayılarının bulunması ve değerlendirilmesinde 22 farklı araştırmadan elde edilen, kesme açıklığının kiriş etkili yüksekliğine oranı $(a/d) \geq 2.5$ olan 279 adet kiriş verisi kullanılmıştır. Enine donatısız betonarme kiriş toplumunda [41-61], betonun basınç mukavemeti $(f_{ck})$, kiriş etkili yüksekliği $(d)$, kesme açıklığının kiriş etkili yüksekliğine oranı $(a/d)$ ve çekme donatısı oranına $(\rho)$ bağlı olarak kiriş sayıları Şekil 2.1'de gösterilmiştir.




Şekil 2.1 $f_{ck}$, d, a/d ve $\rho$(%)'ya bağlı kiriş sayılarının değişimi

Mevcut kiriş toplumunda normal mukavemetli betondan (NDB) üretilmiş kiriş sayısı 201, yüksek mukavemetli betondan (YDB) ($f_{ck} \geq 50$Mpa) üretilmiş kiriş sayısı 78'dir. Kesme kırılması oluşan kirişlerde $a/d$ oranı 2.5 ile 6 arasındaki kiriş sayısı 238, $a/d$ oranı 6'dan büyük kiriş sayısı ise 41'dir.

### 2.4.2 Enine Donatısız Kirişlere Ait Örnek Çözümler

#### 2.4.2.1 TS500 [1]'e Göre Örnek Çözüm

Örnek çözümde (2.6) bağıntısı ile belirli performans fonksiyonu esas alınarak enine donatısız bir betonarme kirişin (A1 kirişi, Ahmad vd. 1986) betona ilişkin varyasyon katsayısı $V_{fc}$ = 0.10 ve göçme olasılığı $10^{-7}$ (β = 5.2) olacak şekilde kısmi güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. Rasgele değişkenlere ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 2.1' de verilmiştir. Rasgele değişkenler arasındaki korelasyon etkisi dikkate alınmamış, değişkenler istatistiksel bağımsız kabul edilmiştir.

Performans fonksiyonu $Z = g(x) = R - S = 0{,}2275 * f_c^{0.5} - v_{c,deney}$

Çizelge 2.1 Rasgele değişkenlere ilişkin istatistiksel bilgiler

| $X_i$ | $m_i$ | $V_i$ | Dağılım Tipi |
|---|---|---|---|
| **$f_c$ (MPa)** | 62,39 | 0,10 | Lognormal |
| **$v_c$ (MPa)** | 2,24 | 0,04 | Lognormal |

**Lognormal Dağılıma İlişkin Parametreler**

$\lambda = \ln m - \zeta^2 / 2$

$\zeta^2 = \ln(1 + \sigma^2 / m^2) = \ln(1 + V^2)$

$\zeta f_c = [\ln ( 1 + (0{,}10)^2 ]^{0,5} = 0{,}09975131$

$\zeta V_c = [\ln ( 1 + (0{,}01)^2 ]^{0,5} = 0{,}0399840$

$\lambda f_c = \ln (62{,}39) - 0{,}5 * (0{,}09975131)^2 = 4{,}12843$

$\lambda V_c = \ln (2{,}24) - 0{,}5 * (0{,}0399840)^2 = 0{,}805677$

**1.İterasyon**

Değişkenlerin ortalama değerlerini başlangıç değeri kabul edelim.

$\sigma^N_{fc} = f_c * \zeta f_c$

$m^N_{fc} = f_c * ( 1 - \ln f_c + \lambda f_c )$

$\sigma^N_{fc}$ = 62,39 * 0,0997513 = 6,223486422

$\sigma^N_{Vc}$ = 2,24 * 0,0399840 = 0,089564191

$m^N_{fc}$ = 62,39 * ( 1 – ln(62,39) + 4,12843 ) = 62,079599

$m^N_{Vc}$ = 2,24 * ( 1 – ln(2,24) + 0,805677 ) = 2,2382094

$(\delta g / \delta fc') = 0,2275 * 0,5 * 6,22348642 / 62,39^{0,5} = 0,0896247$

$(\delta g / \delta Vc') = -1 * 0,0895642 = -0,08956419$

$\alpha_{fc} = 0,089625 / (0,089625^2 + 0,089564^2)^{0,5} = 0,707345$

$\alpha_{Vc} = -0,089564 / (0,089625^2 + 0,089564^2)^{0,5} = -0,706868$

Yeni göçme noktaları: $X_i^* = m_{xi} - \alpha_i^* * \beta * \sigma_{Xi}$

$f_c^* = 62,0796 - 0,7073455 * 5,20 * 6,223486 = 39,188394$

$V_c^* = 2,238209 + 0,706868 * 5,20 * 0,089564 = 2,5674218$

**2.İterasyon**

$\sigma^N_{fc}$ = 39,18839 * 0,0997513 = 3,909094986

$\sigma^N_{Vc}$ = 2,567422 * 0,0399840 = 0,102655827

$m^N_{fc}$ = 39,18839 * ( 1 – ln(39,18839) + 4,12843 ) = 57,216984

$m^N_{Vc}$ = 2,567422 * ( 1 – ln(2,567422) + 0,805677 ) = 2,2151056

$(\delta g / \delta f_c') = 0,2275 * 0,5 * 3,909094986 / 39,18839^{0,5} = 0,0710312$

$(\delta g / \delta V_c') = -1 * 0,10265583 = -0,10265583$

$\alpha f_c = 0,0710312 / (0,0710312^2 + 0,102656^2)^{0,5} = 0,569003$

$\alpha V_c = -0,102656 / (0,0710312^2 + 0,102656^2)^{0,5} = -0,822336$

$f_c^* = 57,21698 - 0,569003 * 5,20 * 3,909095 = 45,650697$

$V_c^* = 2,215106 + 0,822336 * 5,20 * 0,102656 = 2,6540768$

**3.İterasyon**

$\sigma^N_{fc}$ = 45,650697 * 0,0997513 = 4,553718419

$\sigma^{N}_{Vc}$ = 2,654077 * 0,0399840 = 0,106120642

$m^{N}_{fc}$ = 45,6507 * ( 1 – ln(45,6507) + 4,12843 ) = 59,684222

$m^{N}_{Vc}$ = 2,6541 * ( 1 – ln(2,6541) + 0,805677 ) = 2,2017681

$(\delta g / \delta f_c') = 0,2275 * 0,5 * 4,553718419 / 45,650697^{0,5} = 0,076664$

$(\delta g / \delta V_c') = -1 * 0,106120642 = -0,106120642$

$\alpha f_c = 0,076664 / (0,076664^2 + 0,106121^2)^{0,5} = 0,5856$

$\alpha V_c = -0,106121 / (0,076664^2 + 0,106121^2)^{0,5} = -0,8106$

$f_c^* = 59,68422 - 0,5856 * 5,20 * 4,553718 = 45,817611$

$V_c^* = 2,201768 + 0,8106 * 5,20 * 0,106121 = 2,6490795$

**3.İterasyon Sonunda**

$f_c^* = 45,82 \quad V_c^* = 2,65$

$\gamma f_c = f_c^* / f_c = 45,82 / 62,39 = 0,734374$

$\gamma V_c = V_c^* / V_c = 2,65 / 2,24 = 1,182625$

$0,2275 * ( \gamma f_c * f_c )^{0,5} - ( \gamma V_c * V_c ) = 0$

$0,2275 * ( 0,734374^{0,5} * f_c^{0,5} ) – ( 1,18262479 * V_c ) = 0$

$0,2275 * ( 0,856956 * f_c^{0,5} ) – (1,18262479 * V_c ) = 0$

$\gamma f_c$=0,857 bulunmuştur.

### 2.4.2.2 ACI318 [2]'e Göre Örnek Çözüm

Örnek çözümde (2.9) bağıntısı ile belirli performans fonksiyonu esas alınarak enine donatısız bir betonarme kirişin (A1 kirişi, Ahmad vd. 1986) betona ilişkin varyasyon katsayısı $V_{fc}$=0.10 ve göçme olasılığı $10^{-7}$ (β=5.2) olacak şekilde kesme mukavemeti azaltma katsayısı ($\phi$) değeri hesaplanmıştır. Rasgele değişkenlere ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 2.2'de verilmiştir. Rasgele değişkenler arasındaki korelasyon etkisi dikkate alınmamış, değişkenler istatistiksel bağımsız kabul edilmiştir.

Performans fonksiyonu $Z = g(x) = R – S = 1/6 * f_c^{0.5} - v_{c,deney}$

Çizelge 2.2 Rasgele değişkenlere ilişkin istatistiksel bilgiler

| $X_i$ | $m_i$ | $V_i$ | Dağılım Tipi |
|---|---|---|---|
| **$f_c$ (MPa)** | 62,39 | 0,10 | Lognormal |
| **$v_c$ (MPa)** | 2,24 | 0,04 | Lognormal |

**Lognormal Dağılıma İlişkin Parametreler**

$\lambda = \ln m - \zeta^2 / 2$

$\zeta^2 = \ln(1 + \sigma^2 / m^2) = \ln(1 + V^2)$

$\zeta f_c = [\ln ( 1 + (0,10)^2 ]^{0,5} = 0,0997513$

$\zeta V_c = [\ln ( 1 + (0,04)^2 ]^{0,5} = 0,0399840$

$\lambda f_c = \ln (62,39) – 0,5 * (0,0997513)^2 = 4,12843$

$\lambda V_c = \ln (2,24) – 0,5 * (0,0399840)^2 = 0,805677$

**1.İterasyon**

Değişkenlerin ortalama değerlerini başlangıç değeri kabul edelim.

$\sigma^N_{fc} = f_c * \zeta f_c$

$m^N_{fc} = fc * ( 1 – \ln f_c + \lambda f_c )$

$\sigma^N_{fc} = 62,39 * 0,0997513 = 6,223486422$

$\sigma^N_{Vc} = 2,24 * 0,0399840 = 0,089564191$

$m^N_{fc} = 62,39 * ( 1 – \ln(62,39) + 4,12843 ) = 62,0796$

$m^N_{Vc} = 2,24 * ( 1 – \ln(2,24) + 0,805677) = 2,238209$

$(\delta g / \delta f_c') = 1/6 * 0,5 * 6,22348642 / 62,39^{0,5} = 0,065659$

$(\delta g / \delta V_c') = -1 * 0,08956419 = -0,08956419$

$\alpha f_c = 0,065659 / (0,065659^2 + 0,08956419^2)^{0,5} = 0,591239$

$\alpha V_c = -0,08956419/ (0,065659^2 + 0,08956419^2)^{0,5} = -0,806496$

Yeni göçme noktaları: $X_i^* = m_{xi} - \alpha_i^* * \beta * \sigma_{Xi}$

$f_c^* = 62,0796 - 0,591239* 5,20 * 6,22348642 = 42,94585$

$V_c^* = 2,238209 + 0,806496 * 5,20 * 0,089564 = 2,613822$

**2.İterasyon**

$\sigma^N_{fc} = 42,94585 * 0,0997513 = 4,283906061$

$\sigma^N_{Vc} = 2,613822 * 0,0399840 = 0,104511098$

$m^N_{fc} = 42,94585 * ( 1 – \ln(42,94585) + 4,12843) = 58,77096$

$m^N_{Vc} = 2,613822 * ( 1 – \ln(2,613822) + 0,805677) = 2,208321$

$(\delta g / \delta fc') = 1/6 * 0,5 * 4,283906061 / 42,94585^{0,5} = 0,054475$

$(\delta g / \delta Vc') = -1 * 0,104511= -0,104511$

$\alpha fc = 0,054475 / (0,0544752 + 0,1045112)^{0,5} = 0,462216$

$\alpha Vc = -0,104511 / (0,0544752 + 0,1045112)^{0,5} = -0,886767$

$fc^* = 58,77096 - 0,4622164 * 5,20 * 4,283906 = 48,47448$

$Vc^* = 2,208321 + 0,886767 * 5,20 * 0,104511 = 2,69024$

**3.İterasyon**

$\sigma Nfc = 48,47448 * 0,0997513 = 4,835394802$

$\sigma NVc = 2,690242 * 0,0399840 = 0,10756667$

$mNfc = 48,47448 * ( 1 – \ln(48,47448) + 4,12843 ) = 60,4667$

$mNVc = 2,690242 * ( 1 – \ln(2,690242) + 0,805677 ) = 2,195359$

$(\delta g / \delta fc') = 1/6 * 0,5 * 4,835394802 / 48,47448^{0,5} = 0,057875$

$(\delta g / \delta Vc') = -1 * 0,1075667 = -0,1075667$

$\alpha fc = 0,057875 / (0,0578752 + 0,01075672)^{0,5} = 0,473814$

$\alpha Vc = -0,107567 / (0,0578752 + 0,1075672)^{0,5} = -0,880625$

$fc^* = 60,4667 - 0,4738136 * 5,20 * 4,835395 = 48,5531$

Vc* = 2,195359 + 0,880625 * 5,20 * 0,107567 = 2,687934

**4.İterasyon**

σNfc = 48,5531 * 0,0997513 = 4,843237409

σNVc = 2,687934 * 0,0399840 = 0,107474401

mNfc = 48,5531 * ( 1 – ln(48,5531) + 4,12843 ) = 60,48608

mNVc = 2,687934 * ( 1 – ln(2,687934) + 0,805677 ) = 2,195783

$(\delta g / \delta fc') = 1/6 * 0,5 * 4,843237409 / 48,5531^{0,5} = 0,057922$

(δg / δVc') = -1 * 0,1074744 = -0,1074744

$\alpha fc = 0,057922 / (0,0579222 + 0,1074742)^{0,5} = 0,474427$

$\alpha Vc = -0,107474 / (0,0579222 + 0,1074742)^{0,5} = -0,880295$

fc* = 60,48608 - 0,4744268 * 5,20 * 4,843237 = 48,53772

Vc* = 2,195783 + 0,880295 * 5,20 * 0,107474 = 2,68775

**4.İterasyon Sonunda**

fc* = 48,54  Vc* = 2,69

γfc = fc* / fc = 48,54 / 62,39 = 0,777973

γVc = Vc* / Vc = 2,69 / 2,24 = 1,199889

$1/6 * ( \gamma fc * fc )^{0,5} - ( \gamma Vc * Vc ) = 0$

$1/6 * ( 0,777973^{0,5} * fc^{0,5} ) – (1,199889 * Vc ) = 0$

$1/6 * ( 0,882028 * fc^{0,5} ) – (1,199889 * Vc ) = 0$

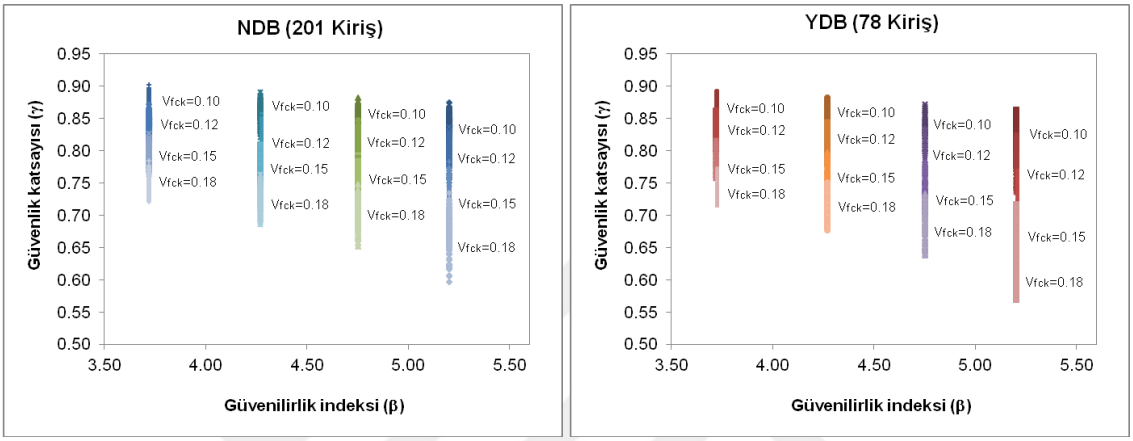
$\phi = 0,882$ bulunmuştur.

### 2.4.3 Güvenlik Katsayılarının İrdelenmesi

#### 2.4.3.1 TS500 [1]'e Göre Güvenlik Katsayılarının İrdelenmesi

Kiriş göçme olasılıklarına ($p_F$) ($10^{-7}$, $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$, $10^{-3}$ ve $10^{-2}$) karşılık gelen güvenilirlik indeksleri (β) (5.20, 4.75, 4.27, 3.72, 3.09 ve 2.33) ve betonun basınç

mukavemetine ilişkin varyasyon katsayıları ($V_{f_c}$) (0.10, 0.12, 0.15 ve 0.18) değişken alınarak yapılan çözümlemelerden bulunan güvenlik katsayıları normal mukavemetli betondan üretilmiş (NDB) ve yüksek mukavemetli betondan üretilmiş (YDB) kirişler için Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Belirli bir güvenilirlik indeksi için, betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının artması ile kesme mukavemetine betonun katkısındaki güvenlik katsayısı azalmaktadır.




Şekil 2.2 Kiriş toplumunda güvenlik katsayılarının değişimi

Kiriş toplumunda betonun basınç mukavemetine ilişkin farklı varyasyon katsayıları ve $10^{-7}$, $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$, $10^{-3}$ ve $10^{-2}$ göçme olasılıklarına karşılık gelen güvenlik katsayılarının ortalama değerleri (γ), NDB, YDB ve kiriş toplumu (NDB & YDB) için Çizelge 2.3'de özetlenmiştir. Belirli bir göçme olasılığı ve betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısı değerlerinde, NDB, YDB ve tüm kirişlerde (NDB & YDB) güvenlik katsayılarının ortalama değerlerinin birbirine çok yakın oldukları gözlenmiştir (Çizelge 2.3).

Çözümlemelerden, TS500 [1]'e göre kesme mukavemetine betonun katkısı hesabında göz önüne alınan 0.8 güvenlik katsayısının; 0.10 varyasyon katsayısı ve $p_f \geq 10^{-7}$, 0.12 varyasyon katsayısı ve $p_f \geq 10^{-6}$, 0.15 varyasyon katsayısı ve $p_f \geq 10^{-3}$, 0.18 varyasyon katsayısı ve $p_f = 10^{-2}$ göçme olasılıkları için hesaplanan güvenlik katsayılarına göre emniyetli olduğu görülmüştür. Betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısı 0.12 ve göçme olasılığı $10^{-6}$ için güvenlik katsayısı yaklaşık 0.8 olmaktadır (Çizelge 2.3). Bir başka ifade ile TS500 [1]'deki güvenlik katsayısının 0.8 alınması,

betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının 0.12 ve göçme olasılığının $10^{-6}$ olması durumu için geçerlidir.

Çizelge 2.3 Güvenlik katsayılarının ortalama değerlerinin karşılaştırılması

| $V_{f_{ck}}$ | Göçme olasılığı ($p_F$) | | | | | | Kiriş toplumu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $10^{-7}$ | $10^{-6}$ | $10^{-5}$ | $10^{-4}$ | $10^{-3}$ | $10^{-2}$ | |
| 0.10 | 0.8374 | 0.8481 | 0.8601 | 0.8747 | 0.8925 | 0.9155 | NDB (201 kiriş) |
| 0.12 | 0.7965 | 0.8094 | 0.8240 | 0.8420 | 0.8641 | 0.8929 | |
| 0.15 | 0.7397 | 0.7551 | 0.7729 | 0.7951 | 0.8229 | 0.8596 | |
| 0.18 | 0.6780 | 0.7036 | 0.7255 | 0.7513 | 0.7839 | 0.8276 | |
| 0.10 | 0.8193 | 0.8315 | 0.8453 | 0.8619 | 0.8820 | 0.9077 | YDB (78 kiriş) |
| 0.12 | 0.7770 | 0.7926 | 0.8083 | 0.8284 | 0.8530 | 0.8847 | |
| 0.15 | 0.7202 | 0.7381 | 0.7581 | 0.7826 | 0.8128 | 0.8523 | |
| 0.18 | 0.6477 | 0.6837 | 0.7101 | 0.7390 | 0.7742 | 0.8207 | |
| 0.10 | 0.8324 | 0.8435 | 0.8560 | 0.8711 | 0.8895 | 0.9133 | NDB & YDB (279 kiriş) |
| 0.12 | 0.7911 | 0.8047 | 0.8196 | 0.8382 | 0.8610 | 0.8906 | |
| 0.15 | 0.7343 | 0.7504 | 0.7688 | 0.7916 | 0.8200 | 0.8576 | |
| 0.18 | 0.6695 | 0.6981 | 0.7212 | 0.7479 | 0.7812 | 0.8257 | |

Ayrıca güvenilirlik indeksleri ve betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısına bağlı olarak güvenlik katsayılarının ortalama değerlerindeki değişim Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Betonun basınç mukavemetine ilişkin belirli bir varyasyon katsayısı için, güvenilirlik indeksinin artması ile güvenlik katsayısı azalmaktadır. Söz konusu güvenlik katsayılarının tahmini için (2.12-2.15) bağıntıları önerilmiştir.

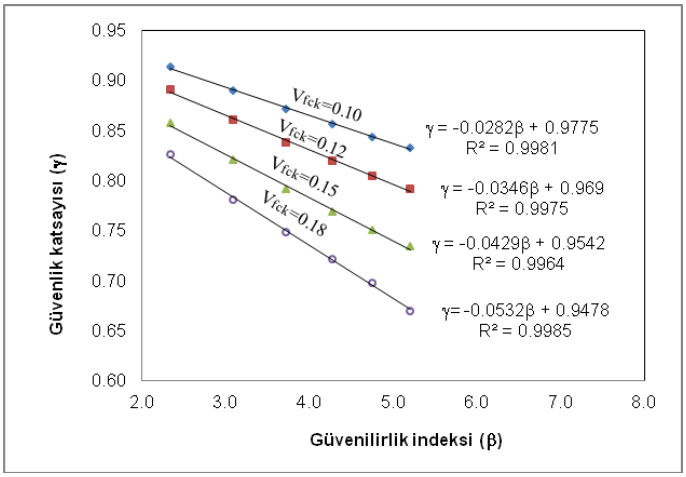
$V_{f_{ck}} = 0{,}10$ için $\gamma = -0{,}0282\beta + 0{,}9775$ (2.12)

$V_{f_{ck}} = 0{,}12$ için $\gamma = -0{,}0346\beta + 0{,}969$ (2.13)

$V_{f_{ck}} = 0{,}15$ için $\gamma = -0{,}0429\beta + 0{,}9542$ (2.14)

$V_{f_{ck}} = 0{,}18$ için $\gamma = -0{,}0532\beta + 0{,}9478$ (2.15)

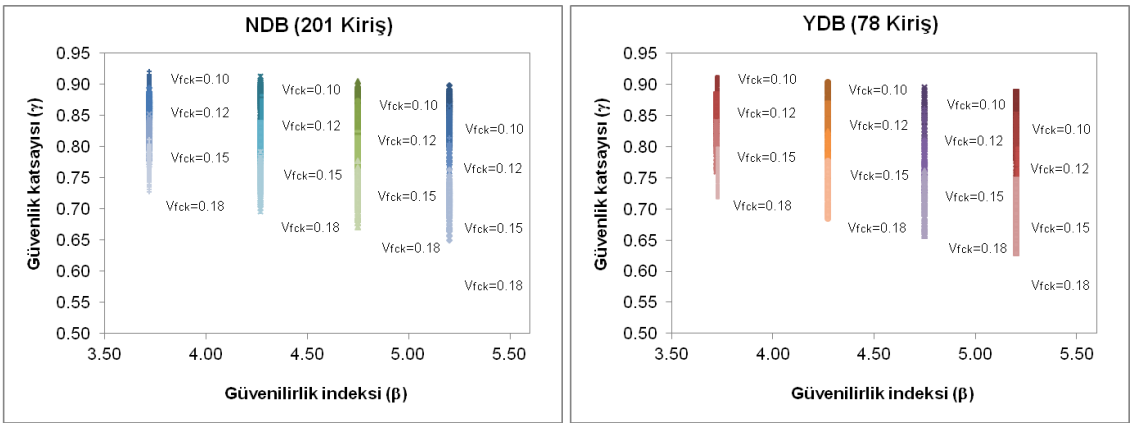
Betonun basınç mukavemetine ilişkin belirli bir varyasyon katsayısı için göçme olasılığının ara değerlerinde enterpolasyon yapılarak güvenlik katsayısı (2.12-2.15) bağıntıları ile bulunabilir.




Şekil 2.3 Kiriş toplumunda güvenlik katsayıları ortalamalarının değişimi

### 2.4.3.2 ACI318 [2-4]'e Göre Kesme Mukavemeti Azaltma Katsayılarının İrdelenmesi

Kiriş göçme olasılıklarına ($p_F$) ($10^{-7}$, $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$, $10^{-3}$ ve $10^{-2}$) karşılık gelen güvenilirlik indeksleri (β) (5.20, 4.75, 4.27, 3.72, 3.09 ve 2.33) ve betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayıları ($V_{f_c}$) (0.10, 0.12, 0.15 ve 0.18) değişken alınarak yapılan çözümlemelerden bulunan güvenlik katsayıları NDB ve YDB kirişler için Şekil 2.4'de gösterilmiştir. Belirli bir güvenilirlik indeksi için, betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının artması ile kesme mukavemetine betonun katkısındaki güvenlik katsayısı azalmaktadır.




Şekil 2.4 Kiriş toplumunda güvenlik katsayılarının değişimi

Kiriş toplumunda betonun basınç mukavemetine ilişkin farklı varyasyon katsayıları ve $10^{-7}$, $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$, $10^{-3}$ ve $10^{-2}$ göçme olasılıklarına karşılık gelen güvenlik katsayılarının ortalama değerleri (γ), normal mukavemetli betondan üretilmiş kirişlerde

(NDB), yüksek mukavemetli betondan üretilmiş kirişlerde (YDB) ve kiriş toplumu (NDB & YDB) için Çizelge 2.4'de özetlenmiştir. Belirli bir göçme olasılığı ve betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısı değerlerinde, NDB, YDB ve tüm kirişlerde (NDB & YDB) kesme mukavemeti azaltma katsayılarının ortalama değerlerinin birbirine çok yakın oldukları görülmüştür (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4 Güvenlik katsayılarının ortalama değerlerinin karşılaştırılması

| $V_{f_{ck}}$ | Göçme olasılığı ($p_F$) | | | | | | Kiriş toplumu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $10^{-7}$ | $10^{-6}$ | $10^{-5}$ | $10^{-4}$ | $10^{-3}$ | $10^{-2}$ | |
| 0.10 | 0.8614 | 0.8698 | 0.8800 | 0.8923 | 0.9073 | 0.9268 | NDB (201 kiriş) |
| 0.12 | 0.8220 | 0.8333 | 0.8460 | 0.8614 | 0.8804 | 0.9053 | |
| 0.15 | 0.7647 | 0.7790 | 0.7953 | 0.8152 | 0.8399 | 0.8726 | |
| 0.18 | 0.7115 | 0.7278 | 0.7470 | 0.7709 | 0.8007 | 0.8405 | |
| 0.10 | 0.8399 | 0.8506 | 0.8625 | 0.8770 | 0.8945 | 0.9172 | YDB (78 kiriş) |
| 0.12 | 0.7991 | 0.8122 | 0.8269 | 0.8448 | 0.8666 | 0.8949 | |
| 0.15 | 0.7409 | 0.7572 | 0.7756 | 0.7981 | 0.8258 | 0.8620 | |
| 0.18 | 0.6881 | 0.7062 | 0.7275 | 0.7539 | 0.7868 | 0.8302 | |
| 0.10 | 0.8554 | 0.8644 | 0.8751 | 0.8880 | 0.9037 | 0.9241 | NDB & YDB (279 kiriş) |
| 0.12 | 0.8156 | 0.8274 | 0.8406 | 0.8568 | 0.8766 | 0.9024 | |
| 0.15 | 0.7580 | 0.7729 | 0.7898 | 0.8104 | 0.8360 | 0.8696 | |
| 0.18 | 0.7050 | 0.7218 | 0.7416 | 0.7662 | 0.7968 | 0.8376 | |

Ayrıca ACI318 [2]' e göre kesme mukavemetine betonun tahmininde göz önüne alınan $\phi$ azaltma katsayısı 0.85 değerinin betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının 0.10 ve göçme olasılığının $10^{-7}$ değerine karşılık geldiği görülmüştür. Bu değerin varyasyon katsayısının 0.12 ve göçme olasılığının $p_F > 10^{-5}$ ve varyasyon katsayısının 0.10 ve göçme olasılığının $10^{-7}$ ve $10^{-2}$ aralığı için emniyetli sonuç verdiği gözlenmiştir.

ACI318 [3-4]'e göre kesme mukavemetine betonun tahmininde göz önüne alınan azaltma katsayısı 0.75 değerinin ise betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının 0.15 ve göçme olasılığının $10^{-7}$ değerine karşılık geldiği görülmüştür. Bu değerin varyasyon katsayısının 0.18 ve göçme olasılığının $10^{-5}$ değerinden büyük olması durumunda ve varyasyon katsayısının ≤ 0.15 ve göçme olasılığının $10^{-7}$ - $10^{-2}$ aralığı için emniyetli sonuç verdiği görülmektedir (Çizelge 2.4) .

Kiriş göçme olasılıklarına ($p_F$) ($10^{-7}$, $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$, $10^{-3}$ ve $10^{-2}$) karşılık gelen güvenilirlik indeksleri (β) (5.20, 4.75, 4.27, 3.72, 3.09 ve 2.33) ve betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayıları ($V_{f_c}$) (0.10, 0.12, 0.15 ve 0.18) değişken alınarak yapılan çözümlemelerden bulunan kesme mukavemeti azaltma katsayıları Şekil 2.5'de gösterilmiştir.

Belirli bir güvenilirlik indeksi için, betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının artması ile kesme mukavemetine betonun katkısındaki azaltma katsayısı azalmaktadır. Söz konusu azaltma katsayılarının tahmini için (2.16-2.19) bağıntıları önerilmiştir.

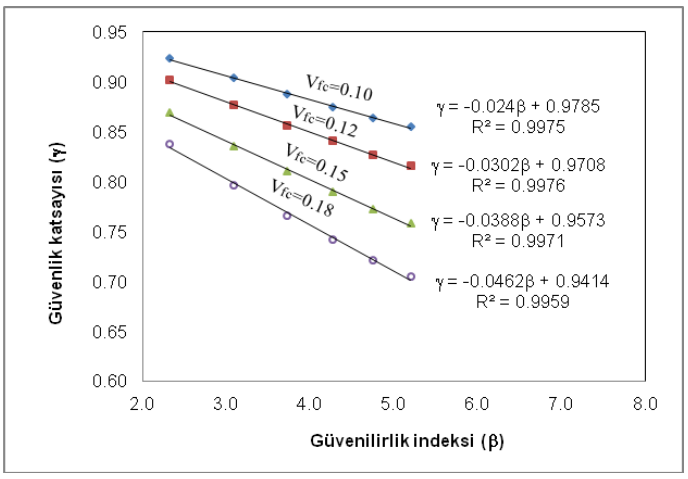
$V_{f_{ck}}$ = 0,10 için $\phi$ = -0,0240β + 0,9785 (2.16)

$V_{f_{ck}}$ = 0,12 için $\phi$ = -0,0302β + 0,9708 (2.17)

$V_{f_{ck}}$ = 0,15 için $\phi$ = -0,0388β + 0,9573 (2.18)

$V_{f_{ck}}$ = 0,18 için $\phi$ = -0,0462β + 0,9414 (2.19)

Betonun basınç mukavemetine ilişkin belirli bir varyasyon katsayısı için göçme olasılığının ara değerlerinde enterpolasyon yapılarak güvenlik katsayısı bulunabilir.

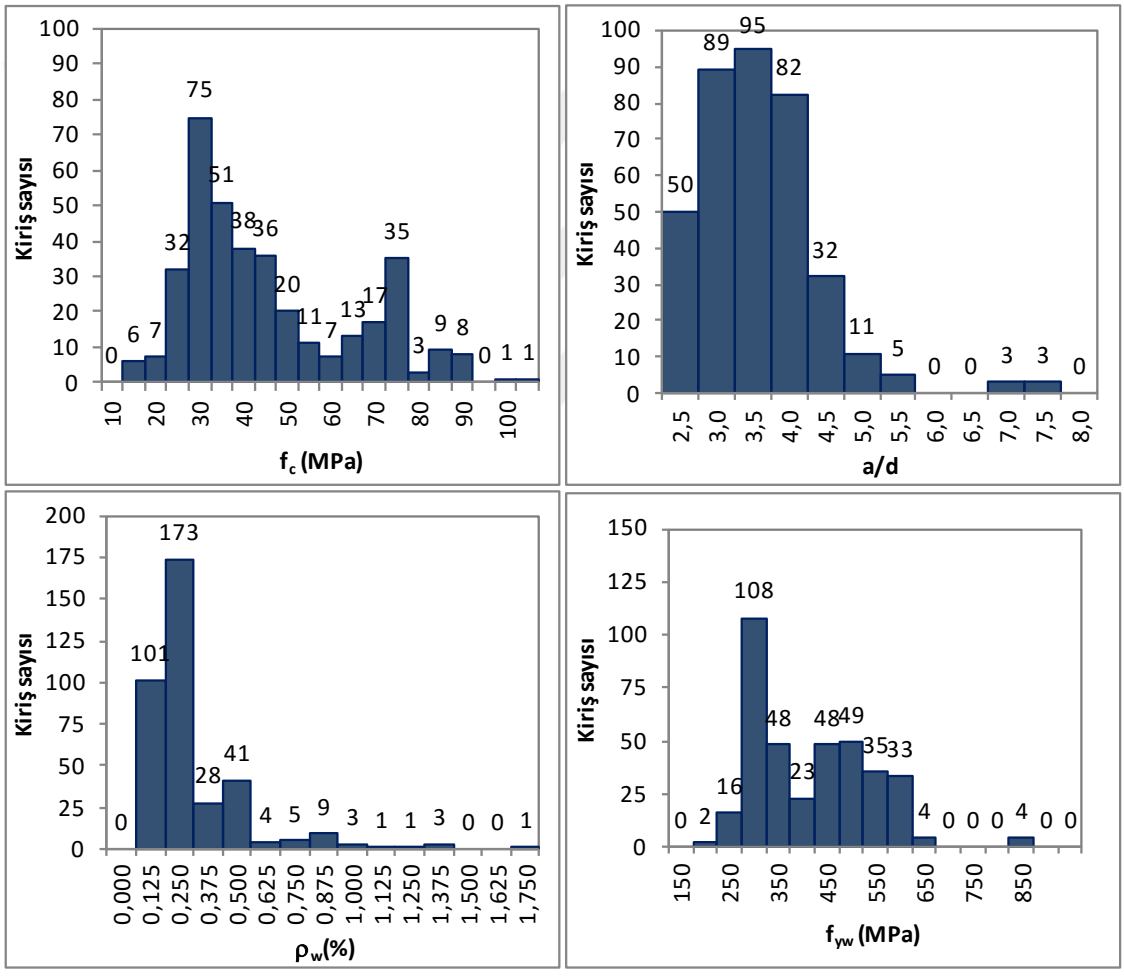



Şekil 2.5 Kiriş toplumunda kesme mukavemeti azaltma katsayıları ortalamalarının değişimi

## 2.5 Enine Donatılı Kirişler

### 2.5.1 Kirişlerin Özellikleri

Kesme mukavemeti azaltma katsayılarının bulunması ve değerlendirilmesinde 36 farklı araştırmadan elde edilen, kesme açıklığının kiriş etkili yüksekliğine oranı (a/d) ≥ 2.5 olan 375 adet kiriş verisi kullanılmıştır. Enine donatılı betonarme kiriş toplumunda, betonun basınç mukavemeti ($f_c$), kesme açıklığının kiriş etkili yüksekliğine oranı (a/d), enine donatının akma mukavemeti ( $f_{yw}$ ) ve enine donatı oranına ($\rho_w$) bağlı olarak kiriş sayıları Şekil 2.5'de gösterilmiştir.




Şekil 2.5 $f_{ck}$, a/d, $f_{yw}$ ve $\rho_w$(%)'ya bağlı kiriş sayılarının değişimi

Mevcut kiriş toplumunda normal mukavemetli betondan (NDB) üretilmiş kiriş sayısı 281, yüksek mukavemetli betondan (YDB) üretilmiş kiriş sayısı 94'dir. Kesme kırılması

oluşan kirişlerde a/d oranı 2.5 ile 6 arasındaki kiriş sayısı 369, a/d oranı 6'dan büyük kiriş sayısı ise 6'dır.

### 2.5.2 ACI318 [2-4]'e Göre Enine Donatılı Kirişe Ait Örnek Çözüm

Örnek çözümde (2.9) bağıntısı ile belirli performans fonksiyonu esas alınarak enine donatılı bir betonarme kirişin, betona ilişkin varyasyon katsayısı $V_{f_c} = 0.10$ ve göçme olasılığı $p_F = 10^{-7}$ ($\beta = 5.2$) olacak şekilde kesme mukavemeti azaltma katsayısı ($\phi$) değeri hesaplanmıştır. Rasgele değişkenlere ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 2.5'de verilmiştir (Adebar Collins (1996)'in çalışmasındaki ST4 kirişi). Rasgele değişkenler arasındaki korelasyon etkisi ihmal edilerek, değişkenler istatistiksel bağımsız kabul edilmiştir.

Performans fonksiyonu $Z = g(x) = R - S = 1/6 * f_c^{0.5} + \rho_w * f_{yw} - v_{c,deney}$

Çizelge 2.5 Rasgele değişkenlere ilişkin istatistiksel bilgiler

| $X_i$ | $m_i$ | $V_i$ | Dağılım Tipi |
|---|---|---|---|
| **$f_c$ (MPa)** | 49,3 | 0,10 | Lognormal |
| $\rho_w$ | 0,0011 | 0,15 | Normal |
| **$f_{yw}$ (MPa)** | 430 | 0,10 | Lognormal |
| **$v_c$ (MPa)** | 1,96 | 0,04 | Lognormal |

**<u>Lognormal Dağılıma İlişkin Parametreler</u>**

$\lambda = \ln m - \zeta^2 / 2$

$\zeta^2 = \ln(1 + \sigma^2 / m^2) = \ln(1 + V^2)$

$\zeta f_c = [\ln ( 1 + (0,10)^2 ]^{0,5} = 0.0997513$

$\zeta V_c = [\ln ( 1 + (0,04)^2 ]^{0,5} = 0.0399840$

$\zeta f_{yw} = [\ln ( 1 + (0,10)^2 ]^{0,5} = 0.0997513$

$\lambda f_c = \ln (49,30) - 0,5 * (0,0997513)^2 = 3,892949$

$\lambda V_c = \ln(1{,}96) - 0{,}5 * (0{,}0399840)^2 = 0{,}672145$

$\lambda f_{yw} = \ln(430) - 0{,}5 * (0{,}0997513)^2 = 6{,}05881$

**1.İterasyon**

Değişkenlerin ortalama değerlerini başlangıç değeri kabul edelim.

$\sigma^N_{fc} = f_c * \zeta f_c$

$m^N_{fc} = f_c * ( 1 - \ln f_c + \lambda f_c )$

$\sigma^N_{fc} = 49{,}30 * 0{,}0997513 = 4{,}91774131$

$\sigma^N_{Vc} = 1{,}96 * 0{,}0399840 = 0{,}07836867$

$\sigma^N_{fyw} = 430 * 0{,}0997513 = 42{,}8930784$

$m^N_{fc} = 49{,}30 * ( 1 - \ln(49{,}30) + 3{,}892949 ) = 49{,}054724$

$m^N_{Vc} = 1{,}96 * ( 1 - \ln(1{,}96) + 0{,}672145 ) = 1{,}9584333$

$m^N_{fyw} = 430 * ( 1 - \ln(430) + 6{,}05881 ) = 427{,}86068$

$(\delta g / \delta fc') = 1/6 * 0{,}5 * 4{,}91774131 / 49{,}30^{0{,}5} = 0{,}0583661$

$(\delta g / \delta Vc') = -1 * 0{,}078369 = -0{,}078369$

$(\delta g / \delta fyw') = 1 * 42{,}89308 * 0{,}0011 = 0{,}047182$

$(\delta g / \delta \rho_w') = 1 * 0{,}00017 * 430 = 0{,}07095$

$\alpha f_c = 0{,}0583661 / (0{,}0583661^2 + 0{,}078369^2 + 0{,}047182^2 + 0{,}07095^2)^{0{,}5} = 0{,}450193$

$\alpha V_c = -0{,}078369 / (0{,}0583661^2 + 0{,}078369^2 + 0{,}047182^2 + 0{,}07095^2)^{0{,}5} = -0{,}60448$

$\alpha f_{yw} = 0{,}047182 / (0{,}0583661^2 + 0{,}078369^2 + 0{,}047182^2 + 0{,}07095^2)^{0{,}5} = 0{,}36393$

$\alpha \rho_w = 0{,}07095 / (0{,}0583661^2 + 0{,}078369^2 + 0{,}047182^2 + 0{,}07095^2)^{0{,}5} = 0{,}547255$

Yeni göçme noktaları : $X_i^* = m_{xi} - \alpha_i^* * \beta * \sigma_{Xi}$

$f_c^* = 49{,}054724 - 0{,}450193 * 5{,}20 * 4{,}91774131 = 37{,}542277$

$V_c^* = 1{,}9584333 + 0{,}60448 * 5{,}20 * 0{,}07836867 = 2{,}2047681$

$f_{yw}^* = 427{,}86068 - 0{,}36393 * 5{,}20 * 42{,}8930784 = 346{,}68833$

$\rho_w^* = 0,0011 - 0,547255 * 5,20 * 0,00017 = 0,0006305$

**2.İterasyon**

$\sigma^N_{fc} = 37,542277 * 0,0997513 = 3,74489263$

$\sigma^N_{Vc} = 2,2047681 * 0,0399840 = 0,08815548$

$\sigma^N_{fyw} = 346,68833 * 0,0997513 = 34,5826271$

$m^N_{fc} = 37,542277 * ( 1 – \ln(37,542277) + 3,892949 ) = 47,584131$

$m^N_{Vc} = 2,2047681 * ( 1 – \ln(2,2047681) + 0,672145 ) = 1,9435533$

$m^N_{fyw} = 346,68833 * ( 1 – \ln(346,68833) + 6,05881 ) = 419,62596$

$(\delta g / \delta f_c') = 1/6 * 0,5 * 3,74489263 / 37,54277^{0,5} = 0,0509328$

$(\delta g / \delta V_c') = -1 * 0,08815548 = -0,08815548$

$(\delta g / \delta f_{yw}') = 1 * 34,5826271 * 0,0006305 = 0,021803$

$(\delta g / \delta \rho_w') = 1 * 0,00017 * 346,68833 = 0,057204$

$\alpha f_c = 0,0509328 / (0,050933^2 + 0,0881555^2 + 0,021803^2 + 0,057204^2 )^{0,5} = 0,428732$

$\alpha V_c = -0,088156 / (0,050933^2 + 0,0881555^2 + 0,021803^2 + 0,057204^2 )^{0,5} = -0,74206$

$\alpha f_{yw} = 0,021803 / (0,050933^2 + 0,0881555^2 + 0,021803^2 + 0,057204^2 )^{0,5} = 0,183527$

$\alpha \rho_w = 0,057204 / (0,050933^2 + 0,0881555^2 + 0,021803^2 + 0,057204^2 )^{0,5} = 0,481516$

$f_c^* = 47,584131 - 0,428732 * 5,20 * 3,74489263 = 39,235246$

$V_c^* = 1,9435533 + 0,74206 * 5,20 * 0,08815548 = 2,2837186$

$f_{yw}^* = 419,62596 - 0,183527 * 5,20 * 34,5826271 = 386,62236$

$\rho_w^* = 0,0011 - 0,481516 * 5,20 * 0,00017 = 0,0006869$

**3.İterasyon**

$\sigma^N_{fc} = 39,235246 * 0,0997513 = 3,91376853$

$\sigma^N_{Vc} = 2,2837186 * 0,0399840 = 0,09131223$

$\sigma^N_{fyw} = 386,62236 * 0,0997513 = 38,5661002$

$m^N_{fc} = 39,235246 * ( 1 – \ln(39,235246) + 3,892949 ) = 47,999358$

$m^N_{Vc} = 2,2837186 * ( 1 – \ln(2,2837186) + 0,672145 ) = 1,9328025$

$m^N_{fyw} = 386,62236 * ( 1 – \ln(386,62236) + 6,05881 ) = 425,81104$

$(\delta g / \delta f_c') = 1/6 * 0,5 * 3,91376853 / 39,235246^{0,5} = 0,0520686$

$(\delta g / \delta V_c') = -1 * 0,09131223 = -0, 09131223$

$(\delta g / \delta f_{yw}') = 1 * 38,5661002 * 0,0006869 = 0,026489$

$(\delta g / \delta \rho_w') = 1 * 0,00017 * 386,62236 = 0,063793$

$\alpha f_c = 0,052069 / (0,052069^2 + 0,091312^2 + 0,026489^2 + 0,063793^2 )^{0,5} = 0,41397$

$\alpha V_c = -0, 091312/ (0,052069^2 + 0,091312^2 + 0,026489^2 + 0,063793^2 )^{0,5} = -0,72598$

$\alpha f_{yw} = 0,026489 / (0,052069^2 + 0,091312^2 + 0,026489^2 + 0,063793^2 )^{0,5} = 0,210604$

$\alpha \rho_w = 0,063793 / (0,052069^2 + 0,091312^2 + 0,026489^2 + 0,063793^2 )^{0,5} = 0,507182$

$f_c^* = 47,999358 - 0,41397 * 5,20 * 3,91376853 = 39,574407$

$V_c^* = 1,9328025 + 0,72598 * 5,20 * 0,09131223 = 2,277513$

$f_{yw}^* = 425,81104 - 0,210604 * 5,20 * 38,5661002 = 383,57574$

$\rho_w^* = 0,0011 - 0,507182 * 5,20 * 0,00017 = 0,0006648$

**4.İterasyon**

$\sigma^N_{fc} = 39,574407 * 0,0997513 = 3,94760032$

$\sigma^N_{Vc} = 2,277513 * 0,0399840 = 0,09106411$

$\sigma^N_{fyw} = 383,57574 * 0,0997513 = 38,2621965$

$m^N_{fc} = 39,574407 * ( 1 – \ln(39,574407) + 3,892949 ) = 48,073656$

$m^N_{Vc} = 2,277513 * ( 1 – \ln(2,277513) + 0,672145 ) = 1,9337476$

$m^N_{fyw} = 383,57574 * ( 1 – \ln(383,57574) + 6,05881 ) = 425,49019$

$(\delta g / \delta f_c') = 1/6 * 0,5 * 3,94760032 / 39,574407^{0,5} = 0,0522931$

$(\delta g / \delta V_c') = -1 * 0,09106411 = -0,09106411$

$(\delta g / \delta f_{yw}') = 1 * 38,2621965 * 0,0006648 = 0,025438$

$(\delta g / \delta \rho_w') = 1 * 0,00017 * 383,57574 = 0,06329$

$\alpha f_c = 0,052293 / (0,0522931^2 + 0,09106411^2 + 0,025438^2 + 0,06329^2)^{0,5} = 0,417611$

$\alpha V_c = -0,091064 / (0,0522931^2 + 0,09106411^2 + 0,025438^2 + 0,06329^2)^{0,5} = -0,72723$

$\alpha f_{yw} = 0,02544 / (0,0522931^2 + 0,09106411^2 + 0,025438^2 + 0,06329^2)^{0,5} = 0,203148$

$\alpha \rho_w = 0,06329 / (0,0522931^2 + 0,09106411^2 + 0,025438^2 + 0,06329^2)^{0,5} = 0,505432$

$f_c^* = 48,073656 - 0,417611 * 5,20 * 3,94760032 = 39,501133$

$V_c^* = 1,9337476 + 0,72723 * 5,20 * 0,09106411 = 2,2781176$

$f_{yw}^* = 425,49019 - 0,203148 * 5,20 * 38,2621965 = 385,07114$

$\rho_w^* = 0,0011 - 0,505432 * 5,20 * 0,00017 = 0,0006663$

**5.İterasyon**

$\sigma^N_{fc} = 39,501133 * 0,0997513 = 3,94029112$

$\sigma^N_{Vc} = 2,2781176 * 0,0399840 = 0,09108828$

$\sigma^N_{fyw} = 385,07114 * 0,0997513 = 38,4113642$

$m^N_{fc} = 39,501133 * ( 1 - \ln(39,501133) + 3,892949 ) = 48,057851$

$m^N_{Vc} = 2,2781176 * ( 1 - \ln(2,2781176) + 0,672145 ) = 1,9336563$

$m^N_{fyw} = 385,07114 * ( 1 - \ln(385,07114) + 6,05881 ) = 425,65069$

$(\delta g / \delta f_c') = 1/6 * 0,5 * 3,94029112 / 39,501133^{0,5} = 0,0522447$

$(\delta g / \delta V_c') = -1 * 0,09108828 = -0,09108828$

$(\delta g / \delta f_{yw}') = 1 * 38,4113642 * 0,0006663 = 0,025595$

$(\delta g / \delta \rho_w') = 1 * 0,00017 * 385,07114 = 0,063537$

$\alpha f_c = 0,052245 / (0,052245^2 + 0,0910883^2 + 0,025595^2 + 0,063537^2)^{0,5} = 0,417611$

$\alpha V_c = -0,0910883 / (0,052245^2 + 0,0910883^2 + 0,025595^2 + 0,063537^2)^{0,5} = -0,72653$

$\alpha f_{yw} = 0,025595 / (0,052245^2 + 0,0910883^2 + 0,025595^2 + 0,063537^2)^{0,5} = 0,20415$

$\alpha\rho_w = 0,063537 / (0,052245^2 + 0,0910883^2 + 0,025595^2 + 0,063537^2)^{0,5} = 0,506778$

$f_c^* = 48,057851 - 0,417611 * 5,20 * 3,94029112 = 39,519639$

$V_c^* = 1,9336563 + 0,72653 * 5,20 * 0,09108828 = 2,2777853$

$f_{yw}^* = 425,65069 - 0,20415 * 5,20 * 38,4113642 = 384,87405$

$\rho_w^* = 0,0011 - 0,506778 * 5,20 * 0,00017 = 0,0006652$

**5.İterasyon Sonunda**

$f_c^* = 39,52 \quad V_c^* = 2,28 \quad f_{yw}^* = 384,87 \quad \rho_w^* = 0,00067$

$\gamma f_c = f_c^* / f_c = 39,52 / 49,30 = 0,801615$

$\gamma V_c = V_c^* / V_c = 2,28 / 1,96 = 1,162135$

$\gamma f_{yw} = f_{yw}^* / f_{yw} = 384,87 / 430,00 = 0,895056$

$\gamma\rho_w = \rho_w^* / \rho_w = 0,00067 / 0,0011 = 0,604713$

$1/6 * ( \gamma fc * fc )^{0,5} + ( \gamma\rho_w * \rho_w ) * ( \gamma f_{yw} * f_{yw} ) - ( \gamma V_c * V_c ) = 0$

$1/6 * ( 0,801615^{0,5} * f_c^{0,5} ) + ( 0,604713 * \rho_w ) * ( 0,895056 * f_{yw} ) – (\gamma V_c * V_c ) = 0$

$1/6 * ( 0,89532977 * f_c^{0,5} ) + ( 0,604713 * \rho_w ) * ( 0,895056 * f_{yw} ) – (\gamma V_c * V_c ) = 0$

$\gamma f_c = 0,895; \quad \gamma f_{yw} = 0,895; \quad \gamma\rho_w = 0,605;$

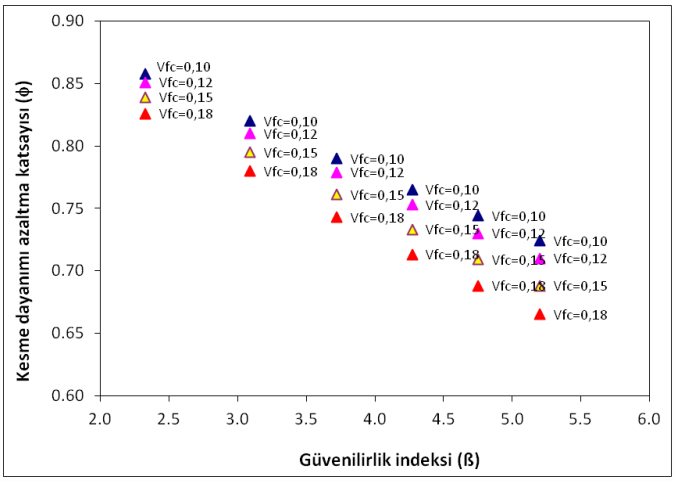
$\phi = (0,895*1/6*49,30^{0,5} + 0,895*430*0,605*0,0011) / ( 1/6*49,30^{0,5} + 0,0011*430) = 0,793$

$\phi$ =0,793 bulunmuştur.

### 2.5.3 ACI318 [2-4]'e Göre Kesme Mukavemeti Azaltma Katsayılarının İrdelenmesi

Kiriş göçme olasılıklarına ($p_F$) ($10^{-7}$, $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$, $10^{-3}$ ve $10^{-2}$) karşılık gelen güvenilirlik indeksleri (β) (5.20, 4.75, 4.27, 3,72, 3,09 ve 2,33) ve betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayıları ($V_{f_c}$) (0.10, 0.12, 0.15 ve 0.18) değişken alınarak yapılan çözümlemelerden elde edilen kesme mukavemeti azaltma katsayılarının değişimi Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi belirli bir güvenilirlik indeksi için,

betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının artması ile kesme mukavemetine betonun katkısına ilişkin azaltma katsayısının değeri azalmaktadır.




Şekil 2.6 Kiriş toplumu için kesme mukavemeti azaltma katsayılarının değişimi

Kiriş toplumunda betonun basınç mukavemetine ilişkin farklı varyasyon katsayıları (0.10, 0.12, 0.15 ve 0.18) ve ($10^{-7}$, $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$, $10^{-3}$ ve $10^{-2}$) göçme olasılıklarına karşılık gelen kesme mukavemeti azaltma katsayılarının ortalama değerlerinin karşılaştırılması, normal mukavemetli betondan üretilmiş kirişler (NDB), yüksek mukavemetli betondan üretilmiş kirişler (YDB) ve kiriş toplumu (NDB & YDB) için Çizelge 2.6'da özetlenmiştir. Belirli bir göçme olasılığı ve betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısı değerlerinde, NDB, YDB ve tüm kirişlerde (NDB & YDB) kesme mukavemeti azaltma katsayılarının ortalama değerlerinin birbirine çok yakın oldukları görülmektedir. Farklı varyasyon katsayıları için göçme olasılıklarının artması ile kesme mukavemeti azaltma katsayılarının arttığı, farklı göçme olasılıkları için varyasyon katsayısının artması ile azaltma katsayılarının azaldığı gözlenmektedir. Çizelge 2.6'da beton için belirli bir varyasyon katsayısı ve göçme olasılığı için yüksek mukavemetli betondan üretilmiş kirişler (YDB) için kesme mukavemeti azaltma katsayısının normal mukavemetli betondan üretilmiş kirişler (NDY) için bulunan katsayılardan daha büyük olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.6 Güvenlik katsayılarının ortalama değerlerinin karşılaştırılması

| $V_{fc}$ | Göçme olasılığı ($p_F$) | | | | | | Kiriş toplumu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $10^{-7}$ | $10^{-6}$ | $10^{-5}$ | $10^{-4}$ | $10^{-3}$ | $10^{-2}$ | |
| 0.10 | 0.7162 | 0.7361 | 0.7579 | 0.7837 | 0.8146 | 0.8541 | NDB (281 kiriş) |
| 0.12 | 0.7025 | 0.7234 | 0.7462 | 0.7732 | 0.8057 | 0.8472 | |
| 0.15 | 0.6810 | 0.7032 | 0.7276 | 0.7565 | 0.7912 | 0.8357 | |
| 0.18 | 0.6591 | 0.6826 | 0.7083 | 0.7390 | 0.7760 | 0.8234 | |
| 0.10 | 0.7488 | 0.7662 | 0.7853 | 0.8080 | 0.8352 | 0.8703 | YDB (94 kiriş) |
| 0.12 | 0.7328 | 0.7512 | 0.7715 | 0.7957 | 0.8248 | 0.8621 | |
| 0.15 | 0.7077 | 0.7277 | 0.7497 | 0.7761 | 0.8079 | 0.8487 | |
| 0.18 | 0.6823 | 0.7037 | 0.7275 | 0.7559 | 0.7902 | 0.8345 | |
| 0.10 | 0.7246 | 0.7438 | 0.7649 | 0.7899 | 0.8199 | 0.8583 | NDB & YDB (375 kiriş) |
| 0.12 | 0.7103 | 0.7305 | 0.7527 | 0.7790 | 0.8106 | 0.8510 | |
| 0.15 | 0.6878 | 0.7094 | 0.7332 | 0.7615 | 0.7955 | 0.8390 | |
| 0.18 | 0.6650 | 0.6879 | 0.7132 | 0.7433 | 0.7796 | 0.8262 | |

ACI318 [2]'e göre kesme mukavemetine betonun katkısı hesabında kesme mukavemeti azaltma katsayısı 0.85 kabul edilmiştir. Bu çalışmada yapılan çözümlemelerden, 0.85 azaltma katsayısının; enine donatılı kirişler için betona ilişkin varyasyon katsayısının 0.12 ve $p_F = 10^{-2}$ ($\beta = 2.33$) göçme olasılığına karşılık geldiği görülmektedir (Çizelge 2.6). Bir başka anlatımla, ACI318 [2]'e göre kesme mukavemeti azaltma katsayısının 0.85 alınması, betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının 0.12 ve göçme olasılığının $10^{-2}$ olması durumu için geçerlidir.

Benzer şekilde ACI318 [3-4]'e göre enine donatılı kirişler için kesme mukavemetine betonun katkısı hesabında kesme mukavemeti azaltma katsayısı ise 0.75 kabul edilmiştir. Çözümlemelerden, ACI318 [3-4]'e göre 0.75 azaltma katsayısının tüm kirişler (NDB & YDB) için; betona ilişkin varyasyon katsayısının 0.12 ve $p_F = 10^{-5}$ ($\beta = 4.27$) göçme olasılığına karşılık geldiği görülmüştür. Bir başka anlatımla, ACI318 [3-4]'e göre kesme mukavemeti azaltma katsayısının 0.75 alınması, betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının 0.12 ve göçme olasılığının $10^{-5}$ olması durumu için

geçerlidir. Ayrıca Çizelge 2.6'da görüldüğü gibi 0.75 katsayısının değeri varyasyon katsayısının 0.12 ve göçme olasılığının $p_F > 10^{-5}$ olması durumu için emniyetli yöndedir.

Ayrıca farklı güvenilirlik indeksleri ve betonun basınç mukavemetine ilişkin farklı varyasyon katsayısına bağlı olarak kesme mukavemeti azaltma katsayılarının ortalama değerlerindeki değişim Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Şekil 2.7'de görüldüğü gibi betonun basınç mukavemetine ilişkin belirli bir varyasyon katsayısı için, güvenilirlik indeksinin artması ile kesme mukavemeti azaltma katsayısı azalmaktadır. Söz konusu katsayıların tahmini için (2.16-2.20) bağıntıları önerilmiştir. Betonun basınç mukavemetine ilişkin belirli bir varyasyon katsayısı için göçme olasılığının ara değerlerinde enterpolasyon yapılarak kesme mukavemeti azaltma katsayıları yaklaşık olarak bulunabilir.

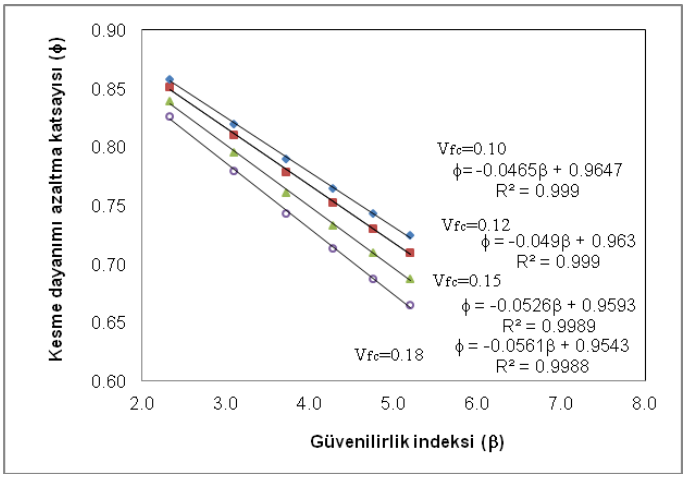
$V_{f_{ck}}$ = 0,10 için $\phi$ = -0,0465β+0,9647 (2.16)

$V_{f_{ck}}$ = 0,12 için $\phi$ = -0,0490β+0,9630 (2.17)

$V_{f_{ck}}$ = 0,15 için $\phi$ = -0,0526β+0,9593 (2.18)

$V_{f_{ck}}$ = 0,18 için $\phi$ = -0,0561β+0,9543 (2.19)

$V_{f_{ck}}$ = 0,20 için $\phi$ = -0,0583β+0,9503 (2.20)

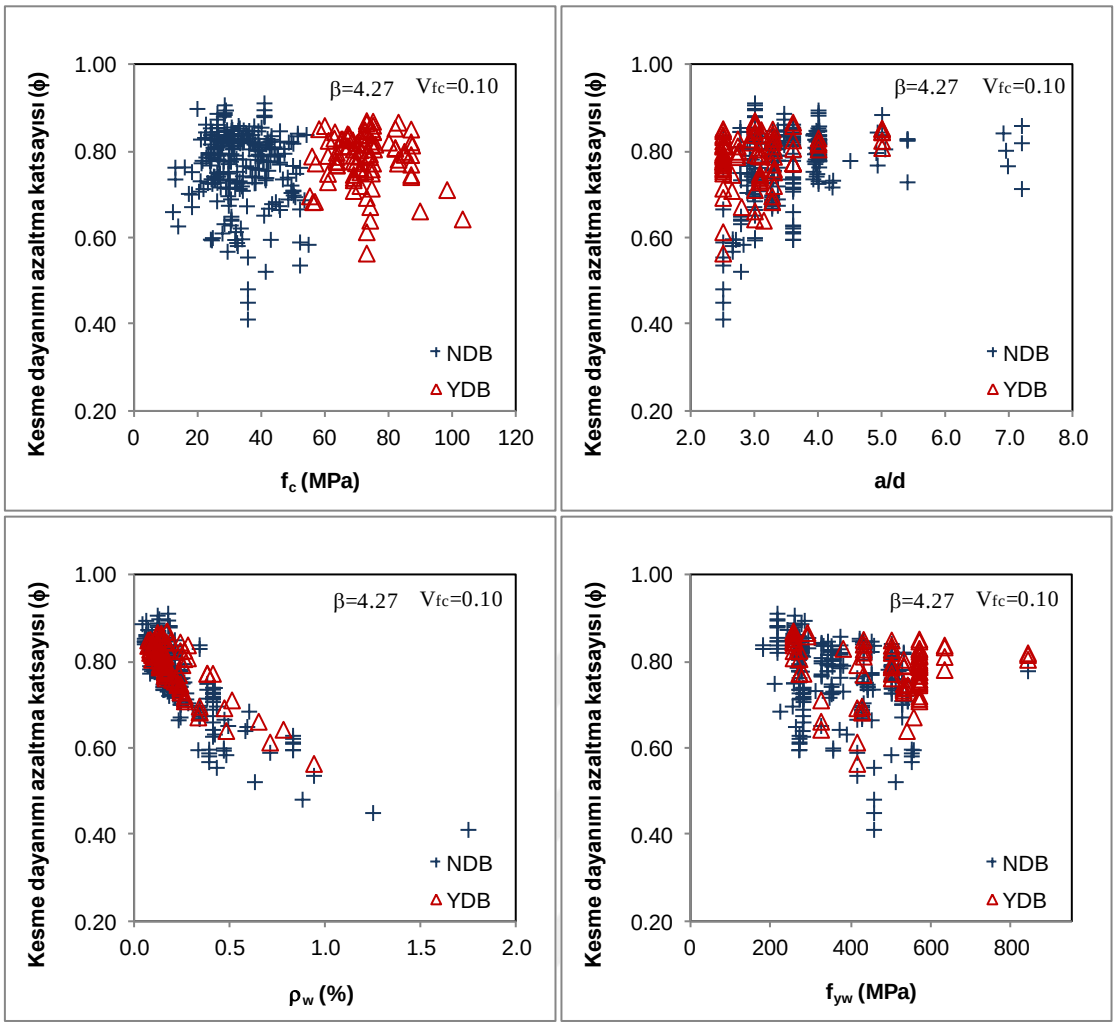



Şekil 2.7 Kiriş toplumunda kesme mukavemeti azaltma katsayılarının ortalamalarının değişimi

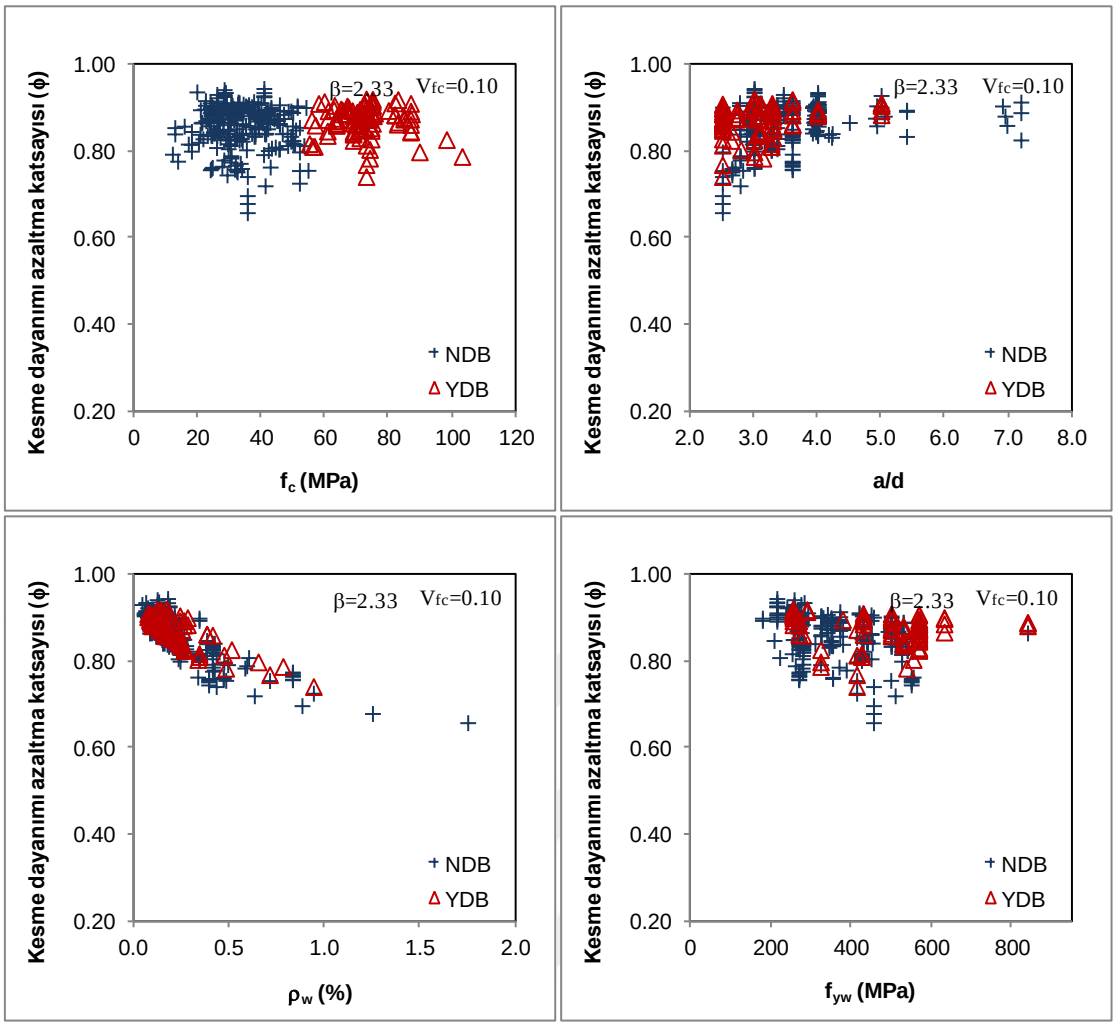
Yapılan çözümlemelerde, $f_c$, a/d, $\rho_w$ve $f_{yw}$ değişkenlerindeki değişimlerin kesme mukavemeti azaltma katsayısı üzerindeki etkileri, $\rho_F = 10^{-5}$ ($\beta$=4.27) ve $\rho_F = 10^{-2}$ ($\beta$=2.33) durumları için Şekil 2.8 ve Şekil 2.9' da gösterilmiştir. Şekillerin incelenmesinden, tüm kirişler (NDB & YDB) için beton basınç mukavemeti $f_c$'deki değişimin kesme mukavemeti azaltma katsayısının değişiminde önemli derecede etkili olmadığı görülmektedir.

Normal mukavemetli betondan üretilmiş kirişlerin %29'u (81 adet) ve yüksek mukavemetli betondan üretilmiş kirişlerin yalnızca %11'i (10 adet) a/d ≥ 4.0 olacak şekilde hazırlanmıştır. Hesaplanan kesme mukavemeti azaltma katsayısı söz konusu normal mukavemetli betondan üretilmiş kirişlerin 13 adedi için göçme olasılığının $10^{-5}$ olması durumunda 0.75, 11 adedi için ise $10^{-2}$ olması durumunda 0.85 değerinden daha azdır. Hesaplanan kesme mukavemeti azaltma katsayısı söz konusu yüksek mukavemetli betondan üretilmiş kirişler için göçme olasılığının $10^{-5}$ olması durumunda 0.75, $10^{-2}$ olması durumunda ise 0.85 değerinden daha fazladır.

Normal mukavemetli betondan üretilmiş kirişlerin %10'u (28 adet) ve yüksek mukavemetli betondan üretilmiş kirişlerin yalnızca %7'si (7 adet) enine donatı oranı $\rho_w$ ≥ % 0.5 olacak şekilde hazırlanmıştır. Hesaplanan kesme mukavemeti azaltma katsayısı değerleri söz konusu numuneler için göçme olasılığının $10^{-5}$ olması durumunda 0.75 ve $10^{-2}$ olması durumunda ise 0.85 ten daha azdır. Tüm kirişler (NDB & YDB) üzerinde yapılan hesaplamalar sonucunda enine donatı oranının ($\rho_w$) artmasıyla kesme mukavemeti azaltma katsayısının azaldığı gözlenmiştir.




Şekil 2.8 Kesme mukavemeti azaltma katsayısı değişiminin karşılaştırılması (β = 4.27 ve $V_{fc}$ = 0.10 )




Şekil 2.9 Kesme mukavemeti azaltma katsayısının değişiminin karşılaştırılması (β = 2.33 ve $V_{fc}$ = 0.10 )

# BÖLÜM 3

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Çatlama kesme mukavemeti, malzeme ve geometrik özellikleri bilinen enine donatısız kirişlerin deneysel sonuçları göz önüne alınarak, TS500 [1]'e göre kesme mukavemetine betonun katkısının tahmininde göz önüne alınan güvenlik katsayısının ve ACI 318 [2-4]' e göre kesme mukavemeti azaltma katsayısının, betonun basınç mukavemetine ilişkin farklı varyasyon katsayıları ve göçme olasılıklarına göre değişimi irdelenmiştir. İrdeleme sonucu:

**TS500 [1]'e göre;**

- Kesme mukavemetine betonun katkısında çatlama kesme mukavemetinin 0.8 katı olarak öngörülen güvenlik katsayısının, betonun varyasyon katsayısının 0.12 ve göçme olasılığının $10^{-6}$ olması durumu için geçerli olduğu görülmüştür.
- Tasarımda, 0.10 varyasyon katsayısı ve $p_f \geq 10^{-7}$, 0.12 varyasyon katsayısı ve $p_f \geq 10^{-6}$, 0.15 varyasyon katsayısı ve $p_f \geq 10^{-3}$, 0.18 varyasyon katsayısı ve $p_f = 10^{-2}$ göçme olasılıkları için hesaplanan güvenlik katsayıları için kesme mukavemetine betonun katkısı emniyetli bulunmaktadır.
- Beton için belirli bir varyasyon katsayısında, göçme olasılığının artması ile güvenlik katsayısı artmaktadır. Güvenlik katsayısının artması kirişin kesme mukavemetinin olduğundan büyük tahmin edilmesine, diğer bir anlatımla kirişin kesme güvenilirliğinin azalmasına neden olmaktadır.
- Belirli bir göçme olasılığında, betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının artması ile güvenlik katsayısı azalmaktadır. Güvenlik katsayısının azalması kirişin kesme güvenilirliğinin artmasına neden olmaktadır.

- Belirli bir göçme olasılığı ve betonun varyasyon katsayısı için, normal mukavemetli betondan üretilmiş kirişlerde (NDB), yüksek mukavemetli betondan üretilmiş kirişlerde (YDB) ve tüm kirişlerde (NDB & YDB) güvenlik katsayısının ortalama değerlerinin birbirine çok yakın oldukları görülmüştür.

**ACI318 [2-4]'e göre;**

- Önerilen 0.85 kesme mukavemeti azaltma katsayısı değerinin betonun varyasyon katsayısının 0.10 ve göçme olasılığının $10^{-7}$ olması durumu için geçerli olduğu görülmüştür. ACI318 [3-4]'e göre önerilen 0.75 kesme mukavemeti azaltma katsayısı değerinin ise betonun varyasyon katsayısının 0.15 ve göçme olasılığının $10^{-7}$ olması durumu için geçerli olduğu görülmüştür.
- Beton için belirli bir varyasyon katsayısında, göçme olasılığının azalması ile azaltma katsayısının değeri azalmaktadır. Ayrıca, belirli bir göçme olasılığında, betonun basınç mukavemetine ilişkin varyasyon katsayısının artması ile anılan katsayı azalmaktadır. Diğer bir anlatımla varyasyon katsayısının artması ile belirli bir güvenilirliği sağlamak için azaltma katsayının değerini azaltmak gerekir.
- Kesme mukavemeti azaltma katsayısının azalması kirişin kesme güvenilirliğinin artmasına, tersi olarak anılan katsayının artması kesme güvenilirliğinin azalmasına neden olmaktadır.

**Çatlama kesme** mukavemeti**,** malzeme ve geometrik özellikleri bilinen enine donatılı kirişlerin deneysel sonuçları göz önüne alınarak, ACI318 [2-4]'e göre kesme mukavemetine betonun katkısının tahmininde öngörülen kesme mukavemeti azaltma katsayısı, beton için farklı varyasyon katsayıları ve göçme olasılığı değerleri için irdelenmiştir. İrdeleme sonucu:

- ACI318 [2]'e göre önerilen azaltma katsayısı 0.85 değerinin betonun varyasyon katsayısının 0.12 ve göçme olasılığının $10^{-2}$, ACI318 [3-4]'e göre önerilen kesme mukavemeti azaltma katsayısı 0.75 değerinin ise betonun varyasyon katsayısının 0.12 ve göçme olasılığının $10^{-5}$ olması durumu için geçerli olduğu görülmüştür.

- Yapılan çözümler sonucunda göz önüne alınan kirişler için kesme mukavemeti azaltma katsayılarının dağınık olduğu, $f_c$, a/d ve $f_{yw}$ değişkenlerindeki değişimlerden fazla etkilenmediği görülmüştür. Yüksek mukavemetli betondan üretilen ve $a/d \geq 4$ olan kirişlerde betonun varyasyon katsayısının 0.10 ve göçme olasılığının $10^{-5}$ olması durumunda azaltma katsayısı değerinin 0.75 ve betonun varyasyon katsayısının 0.10 ve göçme olasılığının $10^{-2}$ olması durumunda da azaltma katsayısının 0.85 ten daha büyük olduğu görülmüştür. Tüm kirişler (NDB & YDB) içerisinde $a/d \geq 6$ ve enine donatı oranı $\rho_w \geq \%0.5$ olan kirişlerin sayısı sınırlı olduğu için, bu kirişler için daha doğru yorumlar yapabilmek için daha fazla araştırmaya gereksinim duyulmaktadır.

- Tüm kirişler (NDB & YDB) için enine donatı oranının ($\rho_w$) artmasıyla kesme mukavemeti azaltma katsayısının ($\phi$) azaldığı gözlenmiştir.

- Betonun varyasyon katsayısının ve göçme olasılığının belirli değerleri için hesaplanan azaltma katsayıları yüksek mukavemetli betonlar için normal mukavemetli betondan üretilmiş kirişlere göre hesaplananlardan daha büyüktür. Bu yüzden kiriş kesme mukavemeti hesabında normal ve yüksek mukavemetli betondan üretilen kirişler için aynı azaltma katsayısı dikkate alındığında, yüksek mukavemetli betonların normal mukavemetli betonlardan daha güvenli olduğu söylenebilir.

## KAYNAKLAR


[1] TS500, (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TSEK.

[2] ACI Committee 318 (1995). Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI 318M-11) and Commentary, ACI, Farmington Hills.

[3] ACI Committee 318, (2002). Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI 318M-11) and Commentary, ACI, Farmington Hills.

[4] ACI Committee 318, (2011). Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI 318M-11) and Commentary, ACI, Farmington Hills.

[5] AS5104, (2005). General Principles on Reliability for Structures, Standards Australia, Sydney.

[6] ISO 2394, (1998). General Principles on Reliability for Structures, International Organization for Standardization, Geneva, 1998.

[7] DRD, (2004). Reliability-based Classification of the Load Carrying Capacity of Existing Bridges, Denmark Guideline Document, Report 291.

[8] Galambos, T.V., (1982). Ellingwood, B., MacGregor, J.G. ve Cornell, C. A., (1998). "Probability-based Load Criteria: Assessment of Current Design Practices", ASCE J Struct Div, 108(ST5): 959-977.

[9] Mirza, SA., (1996). "Reliability-based Design of Reinforced Concrete Columns", Struct Safe, 18(2/3): 179-194, 1996.

[10] MacGregor J.G., (1983). Load and resistance factors for concrete design. ACI J, 80: 279-287.

[11] Beck A.T., Oliveira W.L.A., DeNardim S., ElDebs A.L.H.C., (2009). Reliability-based evaluation of design code provisions for circular concrete-filled steel columns, Eng Struct, 31: 2299-2308.

[12] Oliveira, W.L., Beck A.T., ElDebs A.L.H.C., (2008). Safety evaluation of circular concrete-filled steel columns designed according to Brazilian building code NBR 8800:2008", IBRACON Structures and Materials Journal, 1: 212-236.

[13] NBR8800:(2008). Design of Steel and Steel-Concrete Composite Structures: Procedures. ABNT – Brazilian Association of Technical Codes, Rio de Janeiro (in Portuguese).

[14] Vrouwenvelder, A.C.W.M., (2002). Developments towards full probabilistic design codes, Structural Safety, 24(2-4): 417-432.

[15] Szerszen, M., ve Nowak, A., (2003). "Calibration of Design Code for Buildings (ACI318): Part 2– Reliability Analysis and Resistance Factors", ACI Struct J, 100: 383-91.

[16] Hasofer, AM., ve Lind, NC., (1974). "An exact and invariant first order reliability format", J Eng Mech Div ASCE, 100: 111–21.

[17] Rackwitz, R., ve Fiessler, B., (1978). "Structural Reliability Under Combined Random Load Sequences", Comp & Struct, 9.

[18] Madsen, HO., Krenk, S., ve Lind, NC., (1986). "Methods of Structural Safety", Prentice-Hall.

[19] Arslan, G., (2005). Tersinir Yükler Altında Betonarme Çubukların Kesme Mukavemeti, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[20] Keskin, R.S.O., ve Arslan, G., (2013). "Predicting Diagonal Cracking Strength of RC Slender Beams Without Stirrups Using ANNs", Comp & Conc, 12(5): 377-392.

[21] Ang, A.H-S., ve Tang, W.H., (1984). Probability Concepts in Engineering Planning and Design, V.II, Decision, Risk, and Reliability, Wiley, New York.

[22] TS500, (1984). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TSE.

[23] CEB (Comité Euro-International du Béton), (19 CEB-FIP 90). Model Code, Bulletin d'Information, Thomas Telford Services, London, 213-214.

[24] Ersoy, U., ve Özcebe, G., (2001). Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.

[25] H.Y, Low., ve H, Hao., (2001). Int J of Struct Safe, 23(2): 157–178.

[26] Hao, H., Stewart, M.G., Li, Z.-X., ve Shi, Y., (2010). "RC Column Failure Probabilities to Blast Loads", Int J of Protec Struct, 1(4).

[27] Nowak, A., ve Szerszen, M., (2003). "Calibration of Design Code for Buildings (ACI 318): Part 1– Statistical Models for Resistance", ACI Struct J, 100:377-82.

[28] Ribeiro, S.E.C., ve Diniz, S.M.C., (2013). "Reliability-based Design Recommendations for FRP-reinforced Concrete Beams", Eng Struct, 52: 273-283.

[29] Mirza, S.A., Hatzinikolas, M., ve MacGregor, J.G., (1979). Statistical Descriptions of Strength of concrete, ASCE J Struct Div, 105(ST6): 1021-1037.

[30] Mirza, S.A., ve MacGregor, J.G., (1979a). "Variability of Mechanical Properties of Reinforcing Bars", ASCE J Struct Div, 105(ST5): 921-937.

[31] Ellingwood, B., (1978). bility Basis of Load and Resistance Factors for Reinforced Concrete Design", Building Science Series No. 110, National Bureau of Standards, Washington, D.C.

[32] JCSS, (2000). Probabilistic model code Part III. Joint Committee on Structural Safety.

[33] Val D., Bljuger F., Yankelevsky D., (1997). Reliability evaluation in nonlinear analysis of reinforced concrete structures, Structural Safety, 19(2): 203-217.

[34] Hosseinnezhad A., Pourzeynali S., Razzaghi J., (2000). Aplication of First- Order Second- Moment Level 2 Reliability Analysis of Presstressed Concrete Bridges, 7th Int Congress On Civil Engineering.

[35] Low H.Y., Hao H., (2001). Reliability analysis of reinforced concrete slabs under explosive loading', International Journal of Structural Safety, 23(2): 157–178.

[36] Soares, R.C., Mohammed A., Venturini W.S., Lemaire M., (2002). Reliability Analysis of Nonlinear Reinforced Concrete Frames Using The Response Surface Method, Reliability Engineering and System Safety, 75: 1-16.

[37] Ostlund, L., (1991). An estimation of T-values. In Reliability of Concrete Structures. CEB Bulletin d'Information no. 202, Lausanne, Switzerland.

[38] Enright, M.P., Frangopol D.M., (1998). Probabilistic Analysis of Resistance Degradation of Reinforced Concrete Bridge Beams Under Corrosion, Eng Struct, 20: 960-971.

[39] Mirza, S.A., MacGregor J.G., (1979b). Variations in dimensions of reinforced concrete members. J Struct Div ASCE, 105(ST4): 751-766.

[40] Hognestad E., (1951). A study of combined bending and axial load in reinforced concrete members. Engineering Experiment Station Bulletin No. 399, University of Illinois, Urbana.

[41] Moody, K.G., Viest, I.M., Elstner, R.C., ve Hognestad, E., (1954). "Shear Strength of Reinforced Concrete Beams Part 1, Tests of Simple Beams", ACI J Proc, 51(12): 317-332.

[42] Cossio, R.D., ve Siess, C.P., (1960). "Behavior and Strength in Shear of Beams and Frames Without Web Reinforcement", ACI J Proc, 56(2): 695-736.

[43] Taylor, R., (1960)."Some Shear Tests on Reinforced Concrete Beams without Shear Reinforcement", Mag Conc Res, 12(36): 145-154.

[44] Van den Berg, F.J., (1962). "Shear Strength of Reinforced Concrete Beams without Web Reinforcement Part 2 - Factors Affecting Load at Diagonal Cracking", ACI J Proc, 59(11): 1587-1600.

[45] Bresler, B., ve Scordelis, A.C., (1963). "Shear Strength of Reinforced Concrete Beam", ACI J Proc, 60(1): 51-74.

[46] Mathey, R.G., ve Watstein, D., (1963). "Shear Strength of Beams without Web Reinforcement", ACI J Proc, 60(2): 183-208.

[47] Taylor, R., ve Brewer, R.S., (1963). "The Effect of the Type of Aggregate on the Diagonal Cracking of Reinforced Concrete Beams", Mag Concrete Res, 15(44): 87-92.

[48] Krefeld, W.J., ve Thurston, C.W., (1966). “Studies of the Shear and Diagonal Tension Strength of Simply Supported Reinforced Concrete Beams”, ACI J Proc, 63(4): 451-476.

[49] Mattock, A.H., (1969). “Diagonal Tension Cracking in Concrete Beams with Axial Forces”, ASCE J Struct Div, 95(9): 1887-1900.

[50] Mphonde, A.G., ve Frantz, G.C., (1984). “Shear Tests of High and Low-Strength Concrete Beams without Stirrups”, ACI J Proc, 81(4): 350-357.

[51] Ahmad, S.H., Khaloo, A.R., ve Poveda, A., (1986). “Shear Capacity of Reinforced High-Strength Concrete Beams”, ACI J Proc, 83(2): 297-305.

[52] Elzanaty, A.H., Nilson, A.H., ve Slate, F.O., (1986). “Shear Capacity of Reinforced Concrete Beams Using High Strength Concrete”, ACI J Proc, 83(2): 290-296.

[53] Pendyala, R.S., ve Mendis, P., (2000). “Experimental Study on Shear Strength of High-Strength Concrete Beams”, ACI Struct J, 97(4): 564-571.

[54] Kwak, Y.K., Eberhard, M.O., Kim, W.S., ve Kim, J., (2002). “Shear Strength of Steel Fiber-Reinforced Concrete Beams without Stirrups”, ACI Struct J, 99(4): 530–538.

[55] Cho, S.H., (2003). “Shear Strength Prediction by Modified Plasticity Theory for Short Beams”, ACI Struct J, 100(1): 105-112.

[56] Cladera, A., ve Mari, A.R., (2005). “Experimental Study on High-Strength Concrete Beams Failing in Shear”, Eng Struct, 27(10): 1519-1527.

[57] Sneed, L.H., ve Ramirez, J.A., “Influence of Effective Depth on Shear Strength of Concrete Beams-Experimental Study” (2010). ACI Struct J, 107(5): 554-562.

[58] Hamrat, M., Boulekbache, B., Chemrouk, M., ve Amziane, S., (2010). “Shear Behaviour of RC Beams without Stirrups Made of Normal Strength and High Strength Concretes”, Adv Struct Eng, 13(1): 29-41.

[59] Garip, E., (2011). Enine donatısız Betonarme Kirişlerin Kesme Mukavemeti, YL Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[60] Slowik, M., ve Nowicki, T., (2012). “The Analysis of Diagonal Crack Propagation in Concrete Beams”, Comp Mater Sci, 52: 261-267.

[61] Slowik, M., ve Smarzewski, P., (2012). “Study of the Scale Effect on Diagonal Crack Propagation in Concrete Beams”, Comp Mater Sci, 64: 216-220.

# ÖZGEÇMİŞ

**KİŞİSEL BİLGİLER**

| | |
|---|---|
| **Adı Soyadı** | Ali SAĞIROĞLU |
| **Doğum Tarihi ve Yeri** | 09.12.1987 - İstanbul |
| **Yabancı Dili** | İngilizce |
| **E-posta** | alisagirogluktu@gmail.com |

**ÖĞRENİM DURUMU**

| Derece | Alan | Okul/Üniversite | Mezuniyet Yılı |
|---|---|---|---|
| Lisans | İnşaat Mühendisliği | Karadeniz Teknik Üniversitesi | 2011 |
| Lise | Fen Bilimleri | Gelenbevi Lisesi | 2006 |

**İŞ TECRÜBESİ**

| Yıl | Firma/Kurum | Görevi |
|---|---|---|
| 2016-Devam Ediyor | İlbank A.Ş. Trabzon Bölge Müdürlüğü | Teknik Uzman |
| 2012-2015 | İlbank A.Ş. Trabzon Bölge Müdürlüğü | Teknik Uzman Yardımcısı |

**YAYINLARI**

**Makale**

1. Arslan G., S. N. Alacali, A. Sagiroglu, “Investigating the strength reduction factor in predicting the shear strength”, Journal of Theoretical and Applied Mechanics (JTAM), 53, 2, pp. 371-381 (Mayıs 2015). DOI: 10.15632/jtam-pl.53.2.371.
2. Arslan G., S. N. Alacali, A. Sagiroglu, “Assessing reduction in concrete shear strength contribution”, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings, 168(12), pp. 1-8 (Aralık 2015). DOI: 10.1680/jstbu.14.00102