



**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**BETONARME VE ÖNGERİLMELİ BETON
KİRİŞLERİN KESME KAPASİTELERİNİN
TAHMİNİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA**

Mehmet Said SERTKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ekim-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Said SERTKAYA tarafından hazırlanan "BETONARME VE ÖNGERİLMELİ BETON KİRİŞLERİN KESME KAPASİTELERİNİN TAHMİNİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA" adlı tez çalışması 30.10.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Danışman

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Üye

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

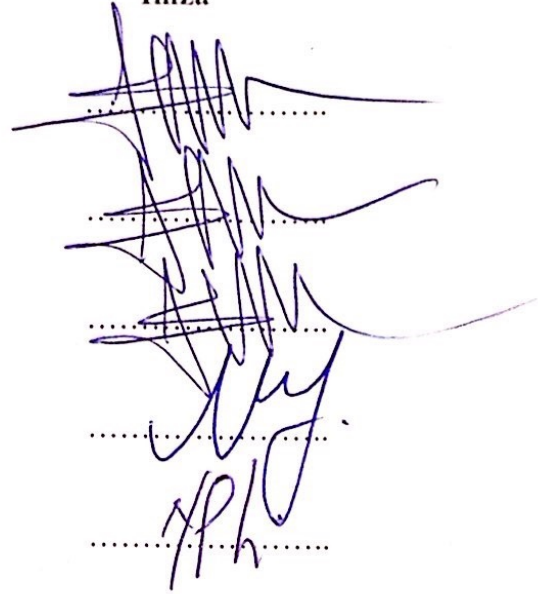
Üye

Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK

Üye

Yrd. Doç. Dr. Nebi ÖZDÖNER

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

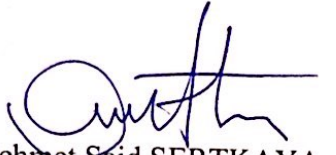
Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.



Mehmet Said SERTKAYA

Tarih: 30/10/2017

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****BETONARME VE ÖNGERİLMELİ BETON KİRİŞLERİN KESME KAPASİTELERİNİN TAHMİNİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA****Mehmet Said SERTKAYA****Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN****2017, 153 Sayfa****Jüri****Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN****Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK****Yrd. Doç. Dr. Nebi ÖZDÖNER**

Betonarme ve öngerilmeli beton kirişler, genellikle kullanım yükleri altında eğilme etkisindedir. Fakat bazı durumlarda kiriş, eğilme kapasitesine ulaşmadan kesme etkisi altında göçmektedir. Kirişlerin kesme etkisinden zarar görmemesi için kesme kapasitesinin doğru olarak belirlenmesi önem kazanmaktadır. Ayrıca kirişin eğilme momenti kapasitesine tam olarak ulaşabilmesi için kirişin kesme kapasitesinin doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin kesme kapasitelerinin belirlenmesi için akıllı sistem tabanlı analitik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ilk olarak betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin kesme kapasitelerinin teorik hesaplarından bahsedilmiştir daha sonra ise bu konuda yapılan deneysel çalışmalar derlenerek deneyler hakkında açıklamalar ve deneylerin gruplandırılmaları yapılmıştır. Mevcut deneysel verilere göre kesme kapasitesinin her bir parametreye göre nasıl değiştiğinin irdelenmesi yapılmıştır. Kesme kapasitesinin belirlenmesinde oldukça fazla parametrenin etkisinin olması bu yorumlamaları zorlaştırmış olsa da çalışmanın bir sonraki ayağı olan akıllı sistem modellemesi ile kesme kapasitesinin belirlenmesi için önemli bir deneysel ve analitik altyapı oluşturulmuştur. Akıllı bir sistem türü olan yapay sinir ağları (YSA) hakkında bilgi verilerek analiz yöntemi tanıtılmış ve derlenen deneysel veri setinde yer alan betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin MATLAB paket programında YSA modelleri yapılmıştır. Modellemelerde kullanılan kirişlere ait parametreler doğrultusunda mevcut yönetmeliklere göre kiriş kesme kapasiteleri de ayrıca belirlenmiştir. Oluşturulan YSA modelleri ile mevcut yönetmeliklerin kiriş kesme kapasitesinin belirlenmesindeki performansları karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan karşılaştırmalarda YSA'nın her bir durumda yönetmelik yaklaşımlara göre oldukça yüksek bir tahmin oranına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca öngerilmeli beton kirişlerin tahmininde YSA'nın başarısı yönetmelik normlarına göre daha fazla olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme kiriş, kiriş kesme kapasitesi, öngerilmeli beton, yapay sinir ağları.

ABSTRACT**MS THESIS****AN INVESTIGATION ON ESTIMATION OF SHEAR CAPACITIES OF
REINFORCED CONCRETE AND PRESTRESSED CONCRETE BEAMS****Mehmet Said SERTKAYA****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING****Advisor: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
2017, 153 Pages****Jury****Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
Assoc. Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK
Assist. Prof. Dr. Nebi ÖZDÖNER**

Reinforced concrete and prestressed concrete beams are generally bending under usage loads. But in some cases, the beam falls under the effect of shear without reaching the bending capacity. Accurate determination of the shear capacity becomes important so that the beams are not damaged by the shear effect. In addition, the shear capacity of the beam must be correctly determined so that the beam can fully reach its bending moment capacity. In this study, an intelligent system based analytical study was carried out to determine the shear capacities of reinforced concrete and prestressed concrete beams. In the study, the theoretical calculations of the shear capacities of reinforced concrete and prestressed concrete beams were first mentioned and then the experimental works carried out in this subject were compiled and groupings of explanations and experiments were made about the experiments. It is examined how the shear capacity changes according to each parameter according to the present experimental data. Although a lot of parametric effects have been made in determining the shear capacity, these interpretations have been difficult, but an important experimental and analytical infrastructure has been established for the determination of shear capacity by intelligent system modeling, which is the next step of the study. The analysis method is introduced by giving information about artificial neural networks (ANN) which is an intelligent system type and ANN models are made in the MATLAB package program of reinforced concrete and prestressed concrete beams in the complied experimental data set. Shear capacities of the beams are also determined according to the present regulations in line with the parameters of beams used in the models. The performance of the ANN models generated and the determination of the beam shear capacity of the present regulations have been evaluated comparatively. In the comparisons made, it was seen that ANN has a fairly high prediction ratio in regulatory approaches in each case. Moreover, the success of ANN in predicting prestressed concrete beams is higher than the regulations norms.

Keywords: Artificial neural networks, prestressed concrete, reinforced concrete beam, shear capacity of beam.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans programında yapılmıştır. Çalışmada, öncelikle önerilmeli beton hakkında bilgi verilerek önerilmeli beton ve betonarme kirişlerin kesme kapasitelerinin belirlenmesi ve kesme kapasitelerinin önemi üzerinde durulmuştur. Daha önceden yapılmış olan deneysel sonuçlar üzerinden kiriş kesme kapasitesine etki eden mühendislik özelliklerinin etkisi üzerinden yorumlamalar yapılmıştır. Tezin son bölümlerinde ise söz konusu mühendislik özelliklerinin münferit olarak değerlendirilemeyeceğine vurgu yapılmış ve yapay sinir ağları (YSA) hakkında bilgi verilerek YSA modelleri oluşturulmuştur. Modellemelerde kullanılan kirişlerin kesme kapasiteleri mevcut yönetmeliklere göre hesaplanmış ve YSA modellerinin mevcut yönetmeliklere göre performansları irdelenmiştir.

Tez çalışmasını yöneten öncelikle saygı değer hocam Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN olmak üzere, bana sürekli destek olan eşime, aileme ve işyerimdeki değerli çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Mehmet Said SERTKAYA
KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1 GİRİŞ	1
2 LİTERATÜR TARAMASI	4
3 ÖNGERİLMELİ BETON TEKNOLOJİSİ VE TEMEL KAVRAMLAR	10
4 BETONARME VE ÖNGERİLMELİ BETON KİRİŞLERDE KESME HESABI	15
4.1 TS 500–2000 Çerçevesinde Kesme Kuvveti Hesap ve Tahkikleri	16
4.1.1 Kesme kuvveti hesabı	16
4.1.2 Eğik çatlama dayanımı.....	17
4.1.3 Kesme dayanımı	17
4.2 AASHTO Çerçevesinde Kesme Kuvveti Hesap ve Tahkikleri.....	19
4.2.1 Beton kesitin sağladığı kesme mukavemeti.....	19
4.2.2 Gövde donatısınca sağlanan kesme mukavemeti.....	20
4.3 TS 3233 Çerçevesinde Kesme Kuvveti Hesap ve Tahkikleri	21
4.3.1 Asal çekme çatlağı gövdesinde oluşan öngerilmeli beton elemanların kesme taşıma gücü, V_{cw}	22
4.3.2 Eğilme çatlağı olan elemanların kesme taşıma gücü, V_{cr}	23
5 BETONARME VE ÖNGERİLMELİ BETON KİRİŞLERİN DENEYSEL VERİLERİN İRDELENMESİ	25
5.1 Betonarme Elemanların Kesme Testi Verileri	25
5.2 Betonarme Elemanlarda Parametrelerin Kesme Kapasitesine Etkisi.....	27
5.2.1 Beton basınç dayanımının kesme kapasitesine etkisi	27
5.2.2 Kiriş derinliğinin kesme kapasitesine etkisi	28
5.2.3 Boyuna donatı oranının kesme kapasitesine etkisi	29
5.2.4 Kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranının (a/d) kesme kapasitesine etkisi	30
5.2.5 Betonarme elemanlarda “ $\rho_v \cdot f_y$ ”nin kesme kapasitesine etkisi.....	31
5.3 Öngerilmeli Beton Elemanların Kesme Testi Verileri.....	31
5.4 Öngerilmeli Beton Elemanlarda Parametrelerin Kesme Kapasitesine Etkisi ..	33
5.4.1 Beton basınç dayanımının kesme kapasitesine etkisi	33
5.4.2 Kiriş derinliğinin kesme kapasitesine etkisi	34
5.4.3 Boyuna donatı oranının kesme kapasitesine etkisi	35

5.4.4	Kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranının (a/d) kesme kapasitesine etkisi	36
5.4.5	Öngerilme donatısı oranının (ρ_i) kesme kapasitesine etkisi	37
5.4.6	Öngerilmeli beton elemanlarda “ $\rho_v.f_y$ ”nin kesme kapasitesine etkisi	38
6	YAPAY SİNİR AĞLARI	40
6.1	Giriş.....	40
6.1.1	YSA'ların avantajları	40
6.1.2	YSA'ların dezavantajları	42
6.1.3	Klasik algoritmalar ile YSA'ların karşılaştırılması.....	43
6.1.4	YSA'ların kullanıldığı alanlar	44
6.1.5	Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması	44
6.2	YSA'nın Yapısı	46
6.2.1	Biyolojik sinir hücresinin yapısı	47
6.2.2	Yapay sinir hücresinin yapısı.....	47
6.2.3	Yapay sinir ağının yapısı	49
6.3	Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi.....	51
6.3.1	Öğrenme süreci ve aşamaları	51
6.3.2	Öğrenmenin tamamlanması	52
6.4	Katsayıların Tespit Edilmesi	53
6.5	YSA'da Kullanılan Farklı Öğrenme Algoritmaları.....	54
6.5.1	Levenberg-Marquardt (LM) algoritması	54
6.5.2	Broydon-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS) algoritması	55
6.5.3	Fletcher-Reeves (CGF) algoritması	55
6.5.4	Resilient Backpropagation (RP) algoritması	55
6.5.5	Scaled Conjugate Gradient (SCG) algoritması	55
7	DENEYSEL VERİLERİN YAPAY SİNİR AĞLARINDA MODELLENMESİ VE ELDE EDİLEN SONUÇLARIN MEVCUT YÖNETMELİKLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI	56
7.1	Betonarme ve Öngerilmeli Beton Kirişlerin YSA Modellemesi ve Sonuçları	65
7.1.1	Betonarme kirişlerin YSA modellemesi ve sonuçları.....	65
7.1.2	Öngerilmeli beton kirişlerin YSA modellemesi ve sonuçları.....	70
7.2	Betonarme ve Öngerilmeli Beton Kirişlerin Deneysel Kesme Kapasitelerinin Yönetmeliklere Göre Hesaplanan Kesme Kapasiteleri ile Karşılaştırılması	75
7.2.1	TS 500'e göre betonarme kirişlerin deneysel verilerle karşılaştırılması ..	75
7.2.2	TS 3233'e göre öngerilmeli beton kirişlerin deneysel verilerle karşılaştırılması	78
8	SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	81
9	KAYNAKÇA	86
10	EKLER (ÇİZELGELER)	96
	ÖZGEÇMİŞ	143

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_c	Gövde kesiti beton alanı
A_{ps}	Öngerilme donatısı alanı
A_{sw}	Kesme donatısı toplam kesit alanı
A_v	Aralığı “s” olan gövde donatısı kesit alanı
b_w	Kiriş gövde kirişliği
b'	İncelenen yerde kesit genişliği
d	Kiriş faydalı yüksekliği
f'_c	Beton basınç dayanımı
f_{cd}	Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ct}	Beton çekme dayanımı
f_{ctd}	Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{pc}	Kayıplardan sonraki betondaki gerilme
f_{pe}	Kayıplardan sonraki öngerme çeliğindeki etkin gerilme
f_{pk}	Öngerilme donatısının karakteristik kopma mukavemeti
f_{sy}	Boyuna donatı akma dayanımı
f_y	Kesme donatısı akma dayanımı
f_{ywd}	Enine donatı tasarım akma dayanımı
h	Kesit yüksekliği
M_{cr}	Net çatlama momenti
M_d	İncelenen kesitte hesap momenti
M_{max}	Kesitteki maksimum moment
M_o	Kesit faydalı yüksekliği d’de “0” gerilme yaratacak eğilme momenti
N_d	Tasarım eksenel kuvveti
s	Etriye aralığı
V_c	Kesme dayanımına beton katkısı (V_{ci} ; V_{cw})min
V_{ci}	Eğilme momentine bağlı olarak bulunan kesme dayanımı
V_{cr}	Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_{cw}	Eğilme momentinden bağımsız olarak bulunan gövdedeki kesme dayanımı ya da Asal çekme çatlağı gövdesinde oluşan öngerilmeli beton elemanların kesme taşıma gücü
V_d	Tasarım kesme kuvveti
V_i	Maksimum momenti oluşturan artırılmış dış yüklerin ilgili kesitte oluşturduğu kesme kuvveti
V_p	Etkin öngerme kuvvetinin uygulanan kesme kuvveti yönündeki bileşeni
V_r	Kesme dayanımı

V_{res}	Kayma donatılı öngerilmeli betonun kesmede toplam taşıma gücü
V_s	Gövde donatısı tarafından sağlanan nominal kesme mukavemeti
V_u	Yük katsayıları ile büyütülmüş tasarım kesme kuvveti
V_w	Kesme dayanımına kesme donatısı katkısı
y	Kesit ağırlık merkezinden “d” derinliğine olan uzaklık
Y_t	Kesitin ağırlık merkezinin en dıştaki çekme lifine olan uzaklığı
γ	Çatlama dayanımına eksenel kuvvet etkisini yansıtan katsayı ya da Zımbalamada eğilme etkisini yansıtan katsayı
ϕ_l	En küçük boyuna donatı çapı
ρ_l	Boyuna donatı oranı
ρ_i	Öngerme donatısı oranı
ρ_v	Kesme donatısı oranı
σ_{cp}	Kesitin ağırlık merkezinde öngerilmeden oluşan basınç gerilmesi
σ_{cpd}	Öngerilme elemanın “d” derinliğinde yalnız öngerilmenin değerinden oluşan normal gerilme
σ_{ct}	Asal çekme gerilmesi sınır değeri
σ_{pef}	Söz konusu öngerilme çeliğinde kayıplardan sonra kalan etkin öngerilme
τ_c	Betonun taşıma gücü kayma gerilmesi
τ_{max}	Öngerilmeli betonun maksimum kayma gerilmesi

Kısaltmalar

AASHTO	American Association Of State Highway And Transportation Officials (Amerika Devlet Yolu ve Ulaştırma Görevlileri Derneği)
ACI	American Concrete Institute (Amerika Beton Enstitüsü)
ACI 318	Building Code Requirements for Reinforced Concrete
ANSYS	Mühendislikte, sanal ortamda elemanların mukavemet ve mekanik yönden incelenmesinde kullanılan analiz ve simülasyon programı.
BS	British Standarts (İngiliz Standartları)
BS 8110-97	Structural use of concrete. Code of practice for design and construction (Betonun yapısal kullanımı. Tasarım ve imalat için uygulama şartnamesi)
FEM	Finite Element Method (Sonlu Elemanlar Metodu)
PCI	Precast and Prestressed Concrete Institute (Prefabrik ve Öngerilmeli Beton Enstitüsü)
TS 3233-79	Öngerilmeli Beton Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS 500-2000	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
YSA	Yapay Sinir Ağları

1 GİRİŞ

Betonarme ile öngerilmeli betonun tarihi gelişimi göz önüne alındığında; betonarmenin pratikten ortaya çıktığı görülür. Betonun çekme dayanımının, basınç dayanımına göre çok düşük olması problemi ise çelik donatılar ile giderilmiştir. Başka bir ifade ile çekme bölgelerinde oluşan çatlaklar, bu çatlaklara dik doğrultuda yerleştirilen çelik dikişlerle dikilerek taşıyıcılık sağlanmıştır. Bu uygulama yoğun laboratuvar çalışmalarının, bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle durmaksızın gelişmiştir.

Gün geçtikçe inşaat teknolojisi, çeşitli alanlarda hızlı bir şekilde gelişmektedir. Öngerilmeli beton teknolojisi de bu alanlarda yer alan uygulamalardan biridir. Betonarme taşıyıcı sistemlerin yetersiz kaldığı alanlarda uygulama olarak öngerilmeli beton ile karşılaşılabılır.

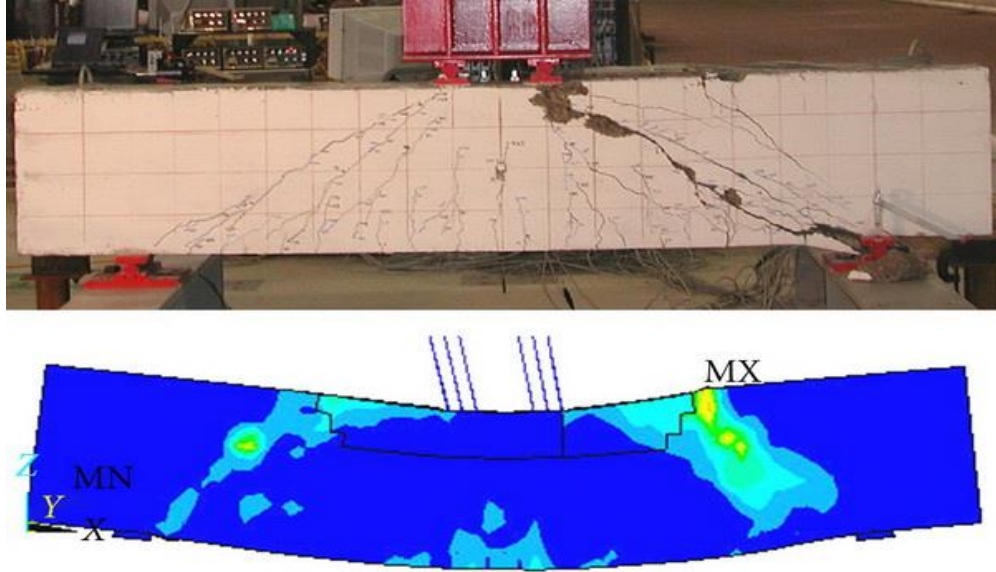
Ülkemizde ardgerme veya öngerme sistemler olarak büyük açıklıkların geçilmesi, su depolarının inşası, prefabrike yapı elemanları üretimi vb. alanlarda öngerilmeli beton ile karşılaşılmaktadır.

Öngerilmeli beton teknolojisi ile yapılan elemanlar uygulamada genellikle eğilmeye çalışan kiriş ve döşemelerdir. Burada temel sebep özellikle baskın eğilme momenti etkisindeki betonarme bir elemanda kesitin önemli bir kısmının çekme gerilmesi altında kalmasıdır. Taşıma gücüne göre tasarlanan bir betonarme elemanda betonun çekme dayanımı ihmal edildiği için çekmeye çalışan bölgenin eğilme momenti taşıma kapasitesi açısından kesit taşıma gücüne bir faydası yoktur. Ayrıca momentin bir fonksiyonu olan sehim de kesitte önemli oranda artmakta ve kullanım açısından değerlendirilmesi gerekli durumlar ortaya çıkmaktadır.

Özellikle büyük açıklıklı döşeme ve kirişlerde oluşan bu problemlerin üstesinden gelebilmek için öngerilme teknolojisi geliştirilmiştir. Öngerilmeli beton teknolojisi ile üretilen bir betonarme elemanda, yükleme öncesi çelik halatlar vasıtasıyla verilen öngerilme (basınç gerilmesi) betonun zaman içinde prizi alıp sertleşmesiyle betona aktarılmakta böylece yüklenmiş elemanda sonradan oluşacak çekme gerilmesini düşürmekte ve kesit daha etkili bir şekilde çalışmakta, moment taşıma kapasitesi artmaktadır. Bu durum öngerilmeden oluşan basınç gerilmesi ile kesitin basınç etkisi altında kalan kısmın artması ve buna bağlı olarak moment hesaplamasında kesitin önemli bir kısmının devreye girmesi ile de açıklanabilir. Sadece moment taşıma kapasitesi değil aynı zamanda kiriş ya da döşeme elemanlarda oluşacak olan ani ya da zamana bağlı sehimlerin de bu yöntemle sınırlandırılması söz konusudur.

Betonarme elemanlarda düşey ve/veya yatay yükler etkisi altında oluşan moment, kesme kuvveti ve eksenel yük vs. gibi kesit tesirlerinden dolayı elemanda yer yer çatlamlar meydana gelmektedir. Betonun yapısı gereği ortaya çıkan bu beklenen çatlakları engellemek mümkün değildir. Sadece çelik donatı kullanılarak çatlağın derinliğinin ve genişliğinin kontrol altına alınması söz konusu olup kullanılabilirlik açısından da gereklidir. Her ne kadar eğilme etkisi altındaki elemanlarda söz konusu çatlak oluşumu beklense de çatlağı oluşturan kesit tesiri ve çatlağın oluşum mekanizması çok önemlidir. Eğilme momentinden dolayı oluşan çatlaklar sünek davranışın varlığını gösterirken, kesme kuvvetinden dolayı oluşan çatlaklar ise gevrek davranışı sembolize eder ve çatlak türünün gevrek/habersiz/ani olmasından dolayı çok tehlikelidir. Bu bağlamda kesit tasarımında kesme çatlaklarının oluşmasına kapasite tasarımı gereği izin verilmez. Kapasite tasarımı ilkelerine göre hasar ilk olarak eğilmeden daha sonra ise kesmeden dolayı oluşmalıdır. Kiriş güç tükenmesi durumuna ilk olarak eğilme ile erişmeli sonrasında kesme mekanizması meydana gelmelidir. Eğer kiriş eğilme dayanımından önce kesme dayanımına ulaşırsa eleman kesme etkisinden dolayı enerji tüketmeden ani olarak göçecektir. Şekil 1.1’de kesmeden dolayı güç tükenmesine erişmiş bir kiriş ve bu kirişin sonlu elemanlar modeli gösterilmiştir. Bu resimde eğilme altında beklenen basınç bölgesinde ezilme meydana gelmemiştir. Beton maksimum birim deformasyon seviyesine ulaşmadan kesme devreye girmiş ve mekanizma meydana gelmiştir.

Betonarme ve öngerilmeli beton elemanlarda yapılan hesaplamada elemanın kesme kapasitesinin doğru olarak tayin edilmesi yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı son derece önemlidir.



Şekil 1.1. Kesmeden dolayı hasar görmüş betonarme bir kiriş ve ANSYS hasar modeli (Tanarat ve ark., 2011)

Eğilme momenti ile kesme kuvveti matematiksel formüller ile birbirine doğru orantılı olarak bağlıdır. Yani eğilme momentinin sabit olmadığı her yerde kesme iç kuvveti olmaktadır. Betonarme kirişin sadece eğilme kapasitesi arttırılırsa (boyuna donatı oranı ve dayanımı artırılarak) kesme kapasitesi sabit kalacak ve bu durumda kirişin öngörülen yükleme altında kesme kırılmasından dolayı göçme durumu daha kolay olacaktır. Bu sebepten dolayı kiriş tasarımında eğilme momenti kapasitesinin arttığı oranda kesme kapasitesini de artırmak gerekmektedir. Literatürde bu durum kapasite tasarımı olarak anılmakta ve kesme hesabının eğilme momenti kapasitelerine göre yapılması istenmektedir.

Kesme kapasitesi değerinin belirlenmesi ile eleman eğilme kapasitesine tam olarak eriştirilebilecek şekilde tasarlanabilir. Bu sebeplerden dolayı kirişlerin kesme kapasitelerinin doğru olarak belirlenebilmesi ve kesme kapasitesinin bağlı olduğu parametrelerin incelenmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, farklı mühendislik özelliklerine sahip betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin daha önceden yapılmış deneysel incelemelerle elde edilen sonuçlardan faydalanarak, kirişlerin kesme kapasitesine kesit, malzeme, yükleme vb. parametrelerin etkisi irdelenmiştir. Ayrıca bu kirişlere ait deneysel verilerin akıllı (uzman) bir sistem olan Yapay Sinir Ağları (YSA) modellemeleri oluşturulup mevcut yönetmeliklere göre kiriş kesme kapasiteleri belirlenerek çıkan sonuçlar üzerinde karşılaştırmalar yapılmıştır.

2 LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde öngerilmeli beton teknolojisi ile üretilmiş elemanlara yönelik yapılmış çok fazla sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar eleman ve taşıyıcı sistem açısından çeşitli yönlerden öngerilmeli beton teknolojisine değinmektedir. Örneğin Ali (2010), yaptığı çalışmada, önceden deneysel çalışması yapılmış dikdörtgen kesitli, dört noktasal yüklemeli tek açıklıklı 3 adet öngerilmeli beton basit kirişin ANSYS paket programı ile doğrusal olmayan sonlu elemanlar modelleme (FEM) ve analizini yapmıştır. Modellemede Solid65, Solid45 ve Link8 elemanları kullanmıştır. Bu sayede gerçeğe yakın davranış sergileyen bir bilgisayar modeli oluşturmaya çalışmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar ile deneysel sonuçları karşılaştırmıştır.

Onyemelukwe ve ark. (2003) uygulanmış olan bir öngerilmeli beton köprü kirişi üzerinden ölçülen öngerilme kaybı miktarıyla bazı yönetmeliklerde öngörülen metotlarla hesaplanan öngerilme kaybı miktarını karşılaştırmışlardır. Kiriş üzerindeki zamana bağlı öngerilme kaybı değişimi ve dağılımını tespit etmek amacıyla eksenel şekil değiştirme verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda öngerilme kayıplarının PCI ve AASHTO yönetmeliklerinde anlatıldığı gibi kesit boyunca düzenli olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmada kirişin farklı derinliklerindeki gerilmeler, ölçülmüş öngerilme değişimlerinden faydalanarak hesap edilmiştir. Bu gerilme değerleri PCI ve AASHTO yönetmelikleri tarafından tavsiye edilen öngerilme kayıplarıyla hesap edilen gerilmelere kıyasla çoğunlukla daha fazla çıkmıştır.

Du ve Au (2005) yaptıkları çalışmada öngerilmeli beton kirişli köprülerin dizaynı için Hong Kong, Çin ve AASHTO LRFD yönetmeliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada ardçekim öngerilmeli beton kirişli, açıklığı 25 m ~ 40 m aralığında değişen köprü üstyapısı kullanılmıştır. Çalışmada sonuç olarak bu üç yönetmelik ile yapılan dizayna göre tespit edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Fanning (2001) yaptığı çalışmada betonarme ve sonradan gerilmeli kirişleri laboratuvarında teste tabi tutmuş ve ANSYS sonlu elemanlar programıyla modelleme yapmıştır. Çalışmada iki adet 3.0 m uzunluğunda dikdörtgen kesitli betonarme kiriş ve 9.0 m uzunluğunda T kesitli sonradan gerilmeli kiriş üretilmiştir. Betonarme kirişlere simetrik ve monotonik şekilde yükleme yapılmıştır. Deneyler dört noktasal yükleme altında yer değiştirme kontrollü şekilde gerçekleştirilmiştir. Sonradan gerilmeli kirişlerin kırılma deneyleri ise dönme ve birim şekil değiştirme kontrollü şekilde gerçekleştirilmiştir. Yükleme düzgün yayılı şekilde iki noktadan uygulanarak kirişler

taşıma gücüne erişinceye değin devam edilmiştir. Kirişlere dair modelleme ANSYS 5.5 programıyla yapılmıştır. Beton için Solid65, donatı için Link8 elemanları tercih edilmiştir. Modellemede betonarme sistemin göçme anına kadar doğrusal olmayan eğilme davranışını tamamen gösteren beton eleman kullanılmıştır. Bu elemanda donatının ayırık veya dağılı şekilde modellenmiş olduğu durumlarda betondaki çatlaklara izin veren çatlak modeli kullanılmıştır. Modellemede optimum stratejinin karolaj yoğunluğunun kontrol edilmesi ve başlangıçta donatının ayırık modelleme ile kirişteki yerine yerleştirilmesi olduğu tespit edilmiştir. Bundan dolayı hem betonarme kirişlerde hem de sonradan gerilmeli kirişte donatı ayırık tarzda modelleme yapılmış, sonradan gerilmeli kirişteki diğer donatılar ise betona dağılmış şekilde modellenmiştir. Sonuçta ayırık çatlak modelinin eğilmeden göçen betonarme sistemlerin modellenmesinde uygun bir nümerik model olduğu gözlemlenmiştir. Bilhassa verilen yükleme altında taşıma gücüne kadar dönmelerin tam olarak hesap edilmesi istenen betonarme sistemler için tasarımcıların dikkatini çekmektedir.

Betonarme kiriş elemanlarının kesme davranışının irdelendiği çok sayıda deneysel araştırma bulunmaktadır (Adebar ve Collins (1996), Ahmad Lue (1987), Ahmad ve ark. (1994), Ahmad ve Park El-Dash (1995), Ahmad ve ark. (1986), Al-Alusii (1957), Angelakos ve ark. (2001), Aster ve Koch (1974), Bazant ve Kazemi (1991), Bhal (1968), Bresler ve Scordelis (1963), Cederwall ve ark. (1974), Ceruti ve Marti (1987), Chana (1981), Chang ve Kesler (1958), Clark (1951), Collins ve Kuchma (1999), Cossio ve Siess (1960), Elzanaty ve ark. (1986), Feldman ve Siess (1955), Ferguson ve Thompson (1953), Ferguson (1956), Grimm (1997), Hallgren (1994), Hallgren (1996), Hamadi ve Regan (1980), Hanson (1958), Hanson (1961), Islam ve ark. (1998), Johnson ve Ramirez (1989), Kani (1967), Kim ve Park (1994), Kong ve Rangan (1998), Krefeld ve Thurston (1966), Kulkarni ve Shah (1998), Küng (1985), Lambotte ve Taerwe (1990), Laupa ve ark. (1953), Leonhardt ve Walther (1962), Lyngberg (1976), Marti ve ark. (1977), Mathey ve Watstein (1963), Moayer ve Regan (1974), Moody ve ark. (1954), Morrow ve Viest (1957), Mphonde ve Frantz (1984), Niwa ve ark. (1987), Özcebe ve ark. (1999), Rajagopalan ve Ferguson (1968), Rangan (1991), Reineck ve Koch, Schlaich (1978), Rimmel (1991), Roller ve Russell (1990), Ruesch ve ark. (1962), Salandra ve Ahmad (1989), Sarsam ve Al-Musawi (1992), Scholz (1994), Shioya (1989), Tan ve ark. (1995), Tan ve ark. (1997), Yoon ve ark. (1996), Taylor (1968), Taylor (1972), Thorenfeldt (1990), Walraven (1978), Xie ve ark. (1994), Yoshida (2000)). Bu araştırmalarda kiriş boyutları, beton sınıfı, kesme donatısı,

yüklem türü, donatı mekanik özellikleri, agrega çapı vs. gibi parametrelerin kesme kapasitesine olan etkisi irdelenmiştir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalara ilave olarak önerilmeli beton teknolojisiyle üretilmiş kiriş elemanlar üzerine yapılmış kesme deneyleri de literatürde bulunmaktadır (Authur (1965), Bennett ve Balasooriya (1971), Bennett ve Debaiky (1974), Cederwall ve ark. (1974), Cumming ve ark. (1998), Durrani ve Robertson (1987), Elzanaty ve ark. (1986), Evans ve Schumacher (1963), Gregor ve Collins (1995), Hicks (1958), Jacob ve Russell (1999), Kar (1969), Kaufman ve ark. (1988), Kim (2004), Lyngberg (1976), MacGregor (1960), MacGregor (1958), Mahgoub (1975), Malone ve Ramirez (2000), Moayer ve Regan (1974), Olesen (1967), Radogna (1962), Rangan (1991), Shahawy ve Batchelor (1996), Sozen (1957), Zwoyer (1953)). Bu araştırmalarda kiriş boyutları, beton sınıfı, kesme donatısı, yüklem türü, donatı mekanik özellikleri, öngerme donatısı özellikleri, agrega çapı vs. gibi parametrelerin kesme kapasitesine olan etkisi irdelenmiştir.

Kim (2004), betonarme elemanlarda eğilme momenti ve eksenel kuvvet taşıma kapasitelerinin kesme kuvveti taşıma kapasitesine göre daha kolay belirlenmesinden yola çıkarak, betonarme ve önerilmeli betondan üretilmiş kiriş elemanlarının kesme dayanımlarının irdelenmesine yönelik deneysel verileri kullanarak bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada geniş kapsamlı bir literatür taramasının yanında, kesme etkisi altında kırılma (göçme) kavramlarından bahsetmiş ve uygulamada kullanılan yönetmelik kurallarından örnekler vermiştir. Kim (2004) doktora tez çalışmasında betonarme kiriş ve önerilmeli beton kiriş deneylerini derlemiş ve bazı karşılaştırmalar yapmıştır.

Basir ve Ashour (2012) yaptıkları çalışmada polimerle güçlendirilmiş fiber çubuklarla donatılmış beton kirişlerin kesme dayanımlarını, 138 deneysel test üzerinden YSA ile modelleme yapmışlardır. Sonuçları ise 3 ayrı yönetmelik ve yapay sinir ağıları modellemesi ile karşılaştırmalı olarak irdemişlerdir.

Kumar ve Barai (2010) yapmış oldukları çalışmada kesme donatısız çelik lifli betonarme konsollarda nihai kesme dayanımlarını hesaplamak için gelişmiş yarı-ampirik karakteristik denklemler üzerine kurulmuş bir YSA modeli oluşturmuşlar ve düşey yüklem altında test yapmışlardır. MATLAB programı kullanılarak oluşturulan model, kullanılabilir test sonuçları ve bazı mevcut modeller ile karşılaştırıldığında tatmin edici sonuçlar vermiştir.

Elshafey ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, genelde deniz yapıları ve nükleer güç yapılarının koruma yapılarında kullanılan kalın elemanların çatlak aralıklarının hesaplanabilmesini ele almışlardır. Mevcut bina şartnamelerinde genellikle düzenli elemanların (kiriş ve döşemeler) çatlak aralığını hesaplamak için teknikler mevcut olup çıkan sonuçlar, kalın elemanların çatlak aralığının tahmini hususunda kullanılan denklemlerin değiştirilmesi gerektiğini kanıtlamıştır. YSA kullanarak yaptıkları modelleme sonucunda çatlak aralığının tahmini için basitleştirilmiş pratik bir denklem sunmuşlardır. Çatlak aralığının kontrol denklemi donatı çapı, donatı aralığı, beton kalınlığı gibi parametreler içermektedir. Ayrıca elde edilen sonuçlar neticesinde beton basınç dayanımının ve eleman kalınlığının çatlak aralığı üzerinde minimal etkisi olduğunu göstermiştir.

Amani ve Moeini (2012) yaptıkları çalışmada, betonarme kirişlerin kesme dayanımının tahmini için YSA ve Uyarlanabilir Neuro-Fuzzy Çıkarım Sistemi (ANFIS)'ni kullanmışlardır. Ayrıca oluşturulan modeller, Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) ve İran Beton Enstitüsü (ICI) ampirik kodlarıyla karşılaştırılmıştır. Altı önemli parametre giriş parametresi olarak seçilmiş olup bunlar; beton basınç dayanımı, boyuna donatı oranı, kesme açıklığının derinliğe oranı, enine donatı, kiriş etkin derinliği ve kiriş genişliğidir. ANFIS modeli bir veritabanında uygulanıp sonuçlar YSA modeli ve ampirik kodlarla karşılaştırılmıştır. Modellerin ve ampirik formüllerin karşılaştırılması, MLP/BP algoritmalı YSA modelinin kesme dayanımı tahmini için daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Sonuç olarak, betonarme kirişlerin kesme dayanımının tahmininde YSA ve ANFIS modellerinin ACI ve ICI ampirik kodlarına nazaran daha doğru sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Adhikary ve Mutsuyoshi (2004) yaptıkları çalışmada, gövde bağlantılı çelik plakalarla güçlendirilmiş betonarme kirişlerin nihai kesme dayanımının tahmini için çok katmanlı ileri beslemeli YSA modellerini geliştirmişlerdir. Daha önceden geliştirilen FEM modelinden elde edilen veriler ve yazarların onaylamış oldukları iki model oluşturulmuştur. YSA modelleri kirişlerin kesme kapasitelerini tahminini oldukça doğru bulmuştur. Ayrıca YSA modelleri kirişlerin kesme kapasitelerini önceden yapılmış bir çalışmada yazarların sunmuş olduğu formülden daha doğru tahmin etmiştir. Sınırlı parametrik çalışmalar, yapay sinir ağlarının gövde bağlantılı çelik plakalı betonarme kirişlerin kesme davranışlarını oldukça doğru tahmin ettiğini göstermiştir.

Duan ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, geri dönüşüm agregalarından elde edilen betonun basınç dayanımını tahmin etmek için YSA modelini MATLAB

ortamında oluşturulmuşlardır. YSA modeli oluşturulurken yayınlanmış olan 16 farklı literatür kaynağından alınan veriler 146 uygun set kullanılarak oluşturulmuş, eğitilmiş ve test edilmiştir. YSA modeli 14 parametre kullanılarak geliştirilmiş olup bunlar; su kütlesi, çimento kütlesi, kum kütlesi, doğal kaba agrega kütlesi, karışım tasarımlarında kullanılan geri dönüşümlü kaba agrega kütlesi, betondaki su çimento oranı, kumun incelik modülü, agregaların su emmesi, doymun yüzey kuru yoğunluk, maksimum boyut, geri dönüşümlü iri agreganın kirlilik içeriği, geri dönüşümlü iri agreganın hacimce oranı ve farklı beton numunesinin katsayısıdır. Ortaya çıkan sonuçlar, YSA modelinin, geri dönüşüm agrega kaynaklarından ve değişen tiplerinden hazırlanan geri dönüşümlü betonun basınç dayanımının tahmininde kullanılmak üzere iyi potansiyele sahip bir araç olduğunu ortaya koymuştur.

Mansour ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada enine donatılı betonarme kirişlerin nihai kesme dayanımını tahmin etmek için YSA ile modelleme yapmışlardır. YSA modeli, teknik literatürden toparlanmış olan uygun 176 adet betonarme kiriş verilerini kullanılarak oluşturulmuş, eğitilmiş ve test edilmiştir. YSA modelinin 9 adet giriş parametresi mevcut olup bunlar; silindirik beton basınç dayanımı, boyuna ve enine donatıların akma dayanımı, kesme açıklığının derinliğe oranı, kirişin kesit boyutları, boyuna ve enine donatı oranlarıdır. 176 adet örneğin deneysel kesme dayanımları ortalamasının tahmin edilen kesme dayanımlarına oranı 1.003 bulunmuştur. Sonuç olarak, YSA modellerinin, düşünülmüş olan giriş parametreleri aralığında, enine donatılı betonarme kirişlerin kesme dayanımlarını tahmin etmek için uygun bir araç olduğu konusunda güçlü bir potansiyele sahip olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Yavuz G. ve ark. (2014), fiber takviyeli polimerlerle (FRP) güçlendirilmiş betonarme kirişlerin kesme dayanımını tahmin etmek için yapay sinir ağlarının etkinliğini araştırmışlardır. YSA modelinin geliştirilmesi için, literatürdeki mevcut bir veritabanından 96 adet dikdörtgen kesitli betonarme kirişe ait deneysel veriler kullanılmıştır. Kesme dayanımını etkileyen 8 farklı giriş parametresi YSA yapısını oluşturmak üzere seçilmiştir. Her parametre girdi vektöründe ve her bir betonarme kirişin kesme dayanımı ise çıkış vektöründe düzenlenmiştir. YSA modeli, tüm çıktılar için üç katmanlı geri yayılım yöntemi kullanılarak eğitilmiş ve test edilmiştir. Geri yayılımın ilk performansı değerlendirilmiş ve üzerinde tartışılmıştır. Bunun yanı sıra, FRP ile takviye edilmiş betonarme kirişlerin kesme dayanımını tahmin etmek için test verileri ile bilinen yapı yönetmeliklerine göre doğruluğu karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak YSA modeli, betonarme kirişlerin nihai kesme dayanımının tahmininde makul bir

öngörü sunmuştur ($R^2 \approx 0.93$). Ayrıca, bu çalışma, FRP takviyeli betonarme kirişlerin kesme dayanımının tespitinde, mevcut yapı yönetmeliklerinin yaklaşımlarına göre YSA modelinin daha iyi öngörüye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Arslan G. (2007), yaptığı çalışmada sargılı betonarme kirişlerin kesme dayanımlarının tahmini konusunda alternatif denklemler sunmuştur. Kesme dayanımı, sargı donatıları tarafından sağlanan nominal kesme dayanımı ile betonun sağladığı nominal kesme dayanımının toplamıdır. Beton katkısı için, Arslan denklemleri tarafından hesaplanan kesme kırılma dayanım değerleri, ACI 318’de basitleştirilmiş denklem ile elde edilen değişkenlik katsayısı (COV) denilen değerlerle hemen hemen aynı çıkmıştır. Bununla beraber, ACI 318 ile tahmin edilen ortalama değerler, Arslan denklemleriyle elde edilen ortalama değerlere kıyasla daha kısıtlı olma eğiliminde olmuştur. Bundan dolayı kesme dayanımına beton katkısının dikkate alınmasında Arslan denklemleri kullanılmıştır. Betonarme kirişlerin kesme dayanımını elde etmek için, Arslan denklemleri tarafından hesaplanan beton kesme kuvvetine, etriyeler tarafından sağlanan kesme dayanımı ilave edilmiştir. Mevcutta bulunan 339 adet kiriş kesme testi sonuçlarının doğrultusunda, betonarme kirişlerin kesme dayanımını nasıl tahmin ettiğini araştırmak amacıyla doğru olduğu önerilen denklem kullanılmıştır. Ayrıca, ACI 318 ve TS 500 hükümleri de yukarıda belirtilen test sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Kesme açıklığının derinliğe oranları (a / d) 1.5 ve 2.5 arasında olan kirişler için önerilen denklemlerin ACI 318 ve TS500’e göre daha düşük bir COV değeri ile tutarlı olduğu bulunmuştur. Bununla beraber, a / d oranları 2,5’i (hem normal hem de yüksek mukavemetli beton kirişler) aştığında ACI 318, TS500 ve önerilen denklemlere benzer COV değeri vermiştir.

Arslan G. ve ark. (2014), enine donatısız betonarme kirişlerin eğik çatlama kesme dayanımlarının tahmini konusunda dört farklı yönetmelikte ve yedi farklı araştırmada sunulan ampirik formüllerin güvenilirliğini ikinci-moment yaklaşımını kullanarak değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede farklı geometri ve malzeme özelliklerine sahip enine donatısız betonarme kiriş grubuna ait deneysel sonuçları göz önüne almışlardır. Doğrudan normal çözüm, iterasyonlu normal çözüm ve iterasyonlu kendi dağılımlarıyla çözüm için belirlenen göçme olasılıklarına göre ampirik formüllerin güvenilirlik kontrollerini yapmışlardır. Sonuç olarak güvenilirliği en yüksek olan ampirik formülün EN92’e ait olduğunu, güvenilirliği en düşük olanın ise Okamura tarafından sunulan ampirik formül olduğunu tespit etmişlerdir.

3 ÖNGERİLMELİ BETON TEKNOLOJİSİ VE TEMEL KAVRAMLAR

Öngerilmeli beton, elemana gelecek yüklerin etkilerinin çeliğin gerilmesi ile istenilen şekilde dengelendiği betondur. Yüklemeden önce betona verilen öngerilme ile yüklerin oluşturacağı gerilmeler istenilen ölçüde dengelenmektedir (TS 3233 ve ACI 318). Öngerilme beton dökülmeden yapılıyorsa önçekme (ön germe), beton dökülüp gücünü aldıktan sonra yapılıyorsa ard-çekme (ard germe) olarak adlandırılır (Keyder, 2005).

Öngerilmeli beton, betonarmenin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılan yapı malzeme ve uygulamasıdır (Şener, 2006). Öngerilmeli beton, betonun çekme gerilmesinin meydana geldiği kesitlerde öngerme çeliği kullanılarak o kesitin sınırlı oranda çekmeye veya kesitin tamamen basınca çalıştırıldığı betondur.

İnşaat mühendisliğinde tercih edilen taşıyıcı sistem malzemeleri arasında öngerilmeli beton; çoğalan araştırmalar, ilerleyen teknolojilerle gelişip en verimli taşıyıcı sistem malzemelerinden biri haline gelmiştir. Bugün, hem beton dökümünden önce, hem de beton dökümünden sonra betona verilen germe kuvvetleri ile oluşturulan öngerilmeli beton teknolojisi büyük açıklıkları ekonomik olarak geçme, normal betonarmenin birden fazla ömrünü giderme ve taşıyıcının ömrünü uzatma gibi yararlarının yanında daha ekonomik daha estetik, daha güvenli, daha narin yapılar inşa etme gibi geniş olanaklar da sunmaktadır (Ünal ve Kürklü, 2007).

Günümüzde öngerilmeli beton, değişik yapı türleri için uygulanmaktadır. Köprülerde, binalarda, temellerde, nükleer reaktörlerde, büyük çaplı borularda, kazıklarda, palplanjlarda, deniz yapılarında, açık deniz platformlarında, gemilerde, traverslerde, silolarda, TV vericilerinin konduğu kulelerde, spor salonlarının çatılarını örtmekte yaygın olarak kullanılmaktadır.

Öngerilmenin en eski uygulaması ilk çağlardaki fiçı imalatında görülmektedir. İnce ahşap şeritler yan yana yerleştirilerek bunları bir arada tutup sıkıştırmak için ise metal şeritler kullanılırdı. Metal şeritler gerilip kilitlenince ahşap şeritlerde radyal yönde basınç uygulanmış olurdu.

İnşaatta öngerilmeli betonun ilk uygulandığı alan kemer inşaatı olarak gösterilebilir. Kemerin ortasına yerleştirilen kilit taşı, diğer taşların basınca çalışmasını sağlayarak öngerme vermiş oluyordu. Öngerme aracı olarak çeliği kullanan ilk mühendis P.H. Jackson'dır. Taş bloklardan kemer kiriş yapmak için 1872'de patent alan

Jackson, taşları delip içlerinden çelik çubuk geçirmiş ve çeliği gerdirerek bir bütünlük sağlamaya çalışmıştır.

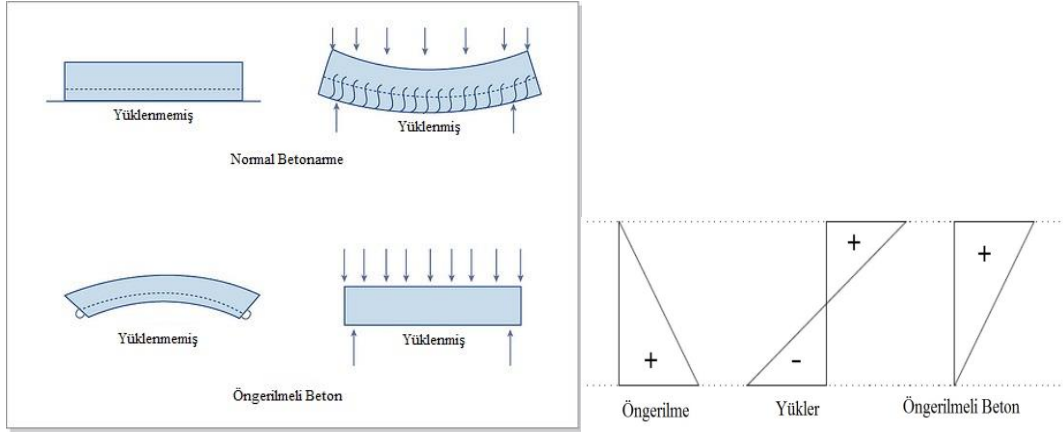
Buna benzer çalışmalar, aynı yıllarda Almanya’da Doebling, Elle, Avusturya’da Mandl tarafından yapılmıştır. Beton ve normal çelik ile yapılan çalışmaların başarılı olmamasının sebebi verilen öngerme kuvvetinin beton içinde zamanla sünme ve büzülme etkisiyle kaybolmasıdır. Öngerilmeli betonda yüksek dayanımlı beton ile çelik kullanımının gerekli olduğunu ilk gören ve bunu uygulayan Fransız mühendis Eugene Freyssinet olmuştur. 1928 yılında yaptığı başarılı deneylerden sonra 1929’dan itibaren öngerilmeli beton üzerine projeler yapmıştır. Bunlardan dolayı Freyssinet, öngerilmeli betonun mucidi sayılmaktadır. Freyssinet, daha sonra Belçika’dan G. Magnel, Fransa’dan Y.Guyon, Avrupa’da çeşitli öngerilmeli beton köprü projeleri üzerine çalışmalar yapmıştır.

İngiltere’den P.W. Abeles ilk defa sınırlı öngerilme kavramını geliştirmiş, Amerika’dan T.Y. Lin, Rusya’dan V. Mikhailov, Almanya’dan F. Leonhardt ise değişik uygulamalarla öngerilmeli betonun yaygınlaşmasında rol oynamıştır (Keyder, 2005).

Beton çekme dayanımı, basınç dayanımı ile kıyaslanınca oldukça düşük kalmaktadır. Betonun bu eksikliğinden dolayı, taşıyıcı bir elemanda meydana gelen çekme gerilmelerini karşılamak için çekme bölgeleri çelik çubuklarla donatılarak bu eksiklik tamamlanmış ve betonarme tekniği oluşmuştur. Ancak betonarme de bazı eksik yönlerinden dolayı istenilenleri tam anlamıyla karşılayamamaktadır. Betonarme yapı elemanlarında genelde, donatı hesap çekme dayanımının yarısına bile ulaşmadan betonun çekme dayanımının düşüklüğü sebebiyle kesit çatlayabilmektedir. Eğilmeye çalışan betonarme bir elemanda kesitin belirli bir bölümü basınç gerilmesini taşıyabilmekte olup, diğer bölümünün ise betonarme elemanın taşıma kapasitesini artırma etkisi vardır.

Bundan dolayı geçilecek açıklık arttıkça betonarme kirişler zati yükleri sebebiyle ekonomikliğini yitirmektedir. Eleman ağırlığının artması sebebiyle deprem yükleri de ağırlık oranınca artmaktadır.

Betonarme bir kesitteki çatlaklar makul mertebelerde olsa dahi, söz konusu çatlaklar sebebiyle donatı korozyona uğrayabilmektedir (Özden ve ark., 1994). Şekil 3.1’de öngerilmeli beton ile üretilmiş bir kirişte yükleme durumu ve gerilme dağılımı verilmiştir.



Şekil 3.1. Öngerilmeli beton uygulamasının eğilme altındaki betonarme kiriş üzerindeki etkisi (<http://www.flickrriver.com/photos/mitopencourseware/3048302726/>)

Basit bir kirişin açıklık ortasında dış yüklerin etkisiyle kesitin alt bölümünde çekme gerilmeleri oluşur. Bu kirişe Şekil 3.1’deki gibi gerilme dağılışı verilen, kiriş üst kısmında sıfır gerilme, alt kısmında ise dış yükler sebebiyle oluşan çekme gerilmesine mutlak değerce eşit bir basınç gerilmesi oluşturacak biçimde eksantrik bir öngerilme verildiği düşünüldüğü zaman öngerilme ile dış yükler nedeniyle oluşan gerilmelerin birleştirilmesi durumunda kirişin alt kısmında çekme gerilmesi sıfırlanırken maksimum basınç gerilmesi ise dış yüklerden kaynaklanan basınç gerilmesine denk gelmektedir. Bu durumda basınç dayanımı çekme dayanımına göre oldukça yüksek olan beton kesitin tamamında etkin bir şekilde çalışacak ve daha ekonomik kesitler ortaya çıkacaktır.

Öngerilmeli Beton, öngerilme donatılarını gerilme yöntemine göre; önceden çekme (öngerilme) yöntemi, sonradan çekme (ardgerme) yöntemi ve kimyasal öngerilme yöntemi olmak üzere üç sınıfa da ayrılabilir.

Betonarme bir elemanın öngerilmesi sırasında izlenen yol şu şekilde özetlenebilir;

- Öngerilme uygulanacak elemana ait öngerilme donatıları, önceden hesaplanarak belirlenmiş olan gerilme değeri gerilerek sabit noktalardan ankrajlanır.
- Beton gerilmiş olan donatıların etrafını saracak şekilde kalıbın içerisine yerleştirilerek bakımı yapılır ve hesaba göre yeterli dayanım değerine ulaştıktan sonra öngerilme donatıları serbest bırakılır.
- Beton ile öngerilme donatıları arasındaki aderans, öngerilme donatılarının ksalmasına direnir ve böylelikle betona basınç gerilmesi yüklenir.

“Öngerilme” kelimesindeki “ön” eki, beton prizini almadan önce öngerilme donatılarının çekilerek çekme gerilmesi ile yüklendiği anlamına gelmektedir. Öngerilme donatılarını gerebilmek maksadıyla genelde hidrolik krikolar kullanılmaktadır. Şekil 3.2’de öngerilme donatısının öngerilme tabancası (veren) ile gerdirilme işlemi gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Öngerilme işleminin yapılması (<http://www.paul.eu/en/produkte/spannbeton-technik/bauteilfertigung.html>)

Öngerilme elemanlarda, beton ile öngerilme donatısı arasındaki aderansın artırılması istenirse öngerilme donatılarının çapı küçük seçilerek aderansın fazla olması sağlanabilir. Öngerilme yönteminin prefabrikasyon açısından büyük avantajları olduğundan diğer yöntemlere göre daha fazla uygulanmaktadır. Uzun bir hat üzerinde üretime müsaade ettiğinden hat boyunca öngerilme toronu tek seferde gerilerek ard arda sıralı biçimde birkaç kalıba aynı anda beton dökülerek, birden fazla öngerilmeli kiriş tek çekme işlemi ile üretilebilmektedir.

Öngerilme, öngerilme çeliğinin beton dökülmeden önce çekilmesi işlemidir (TS 3233). Şekil 3.3’de bir telin etrafında bir veya birden fazla telin veya en az iki telin birbirine sarılmasıyla elde edilmiş örgü olan öngerilme toronu gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Öngerilme toronu (<http://www.pcstrand.net/>)

Öngerilme toronunu kestikten sonra içeri kaçmasını engelleyecek biçimde tasarlanmış bazı aparatlar ve kilitler mevcuttur. Şekil 3.4’de öngerilmeli beton uygulamalarında kullanılan ankraj elemanlarına ait bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Ankraj kilidi

Öngerilme işleminde kullanılan çekme elemanlarına “veren” ya da “jak” da denir (TS 3233, BS 8110). Şekil 3.5’te öngerilmeli beton uygulamalarında kullanılan öngerilme donatılarını germeyi sağlayan öngerilme verme aytıtına örnek gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Öngerilme verme aytıtı

(<http://www.paul.eu/en/produkte/spann beton-technik/bauteilfertigung.html>)

4 BETONARME VE ÖNGERİLMELİ BETON KİRİŞLERDE KESME HESABI

Yapı mekaniğinden bilindiği gibi, yapı elemanları çok nadir olarak “basit mukavemet hallerinde” (eğilme, kesme, eksenel yük, burulma), genelde ise “bileşik mukavemet hallerinde” (kesme-eğilme, kesme-burulma-eğilme, bileşik eğilme, vb.) bulunur. Örneğin kirişlerde yapılan deneylerde tek başına eğilme veya tek başına kesme etkisine değil, “kesmeli eğilme” haline maruz kalmaktadır.

Taşıma gücüne göre hesapta kesitlerin çubuk eksenine dik kalması, ya da düzlem kesitlerin eğilme ile düzlem kalması kabulü (Bernouilli-Navier Hipotezi) yapılır. Bu kabuller doğrultusunda hesap kesitlerinde eğilme ve kesme gerilmelerini ayrı ayrı tahmin eder ve ardından elde edilen değerlerin yeteri kadar doğru olduğunu kabul edip, eğilme ve kesme gerilmelerini, bileşik mukavemet durumu şeklinde beraberce değerlendirir.

Kapasite tasarımı gereği betonarme elemanlarda göçme mekanizmasının sünek olması istenir ve bu istek gerek deprem yönetmeliklerinde gerekse betonarme bina yapım yönetmeliklerinde vurgulanmıştır. Davranışın sünek olabilmesi için, elemanın kesme taşıma gücüne ulaşmadan eğilme taşıma gücüne ulaşması, bu sayede eğilme kapasitesinden tam olarak yararlanılabilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle eğik çekme gerilmelerini karşılamak için kirişe enine donatılar ilave edilir. Pilye ve bazı durumlarda özellikle mesnet bölgesinde betonun kesmeye olan katkısı ihmal edilir.

Kesme dayanımının hesabında temel problem; elemanın (Sadece eğilme ve kesme etkisinde daha çok kirişler bulunduğu için çoğu zaman kiriş olarak anılmaktadır) eğilme taşıma gücüne ulaşıp göçmesini sağlayacak biçimde beton ve enine donatısının yeterli miktarlarının tahminine indirgenmiş olur. Betonarme ve öngerilmeli beton yönetmeliklerinde elemanların kesme hesabı, kesme çatlamasından önce ve çatlamasından sonra olmak üzere çeşitli formüllerle verilmiştir.

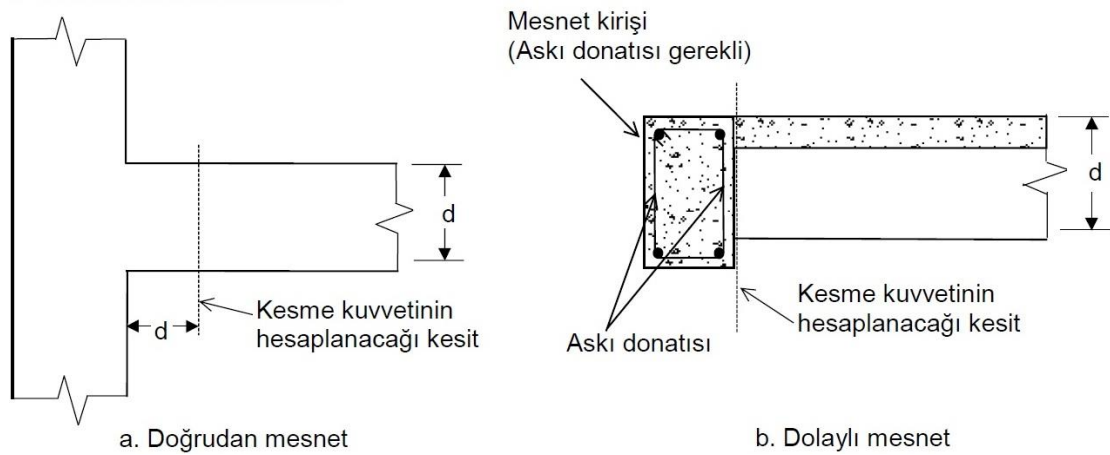
4.1 TS 500–2000 Çerçevesinde Kesme Kuvveti Hesap ve Tahkikleri

Betonarme yapı elemanlarında eğilme momenti ile birlikte etkiyen kesme kuvvetlerinin oluşturduğu asal çekme gerilmeleri, beton ve uygun kesme donatısı ile karşılanacak, asal basınç gerilmelerinin de gövdede ezilme oluşturmayacak bir düzeyde tutulması sağlanacaktır.

Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS 500-2000) (2000), Amerikan Beton Enstitüsü (ACI 318-05) (2005) ile önemli ölçüde paralellik göstermektedir. Bundan dolayı betonarme elemanların kesme kapasitelerinin hesabı için çalışmada sadece TS 500-2000’den bahsedilecektir.

4.1.1 Kesme kuvveti hesabı

Tasarım kesme kuvveti V_d , mesnet yüzünden “d” uzaklığında hesaplanmalıdır. Ancak, mesnet olarak başka bir eğilme elemanına oturan kirişlerde mesnet yüzündeki kesme kuvveti esas alınmalıdır (dolaylı mesnet). Şekil 4.1’de TS 500-2000’de yer alan farklı mesnet türleri için kesme kuvvetinin hesaplanacağı kesit gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Farklı Mesnetlenme Türleri (TS 500, 2000)

Tekil bir yükün mesnet yüzünden “d” veya daha az uzaklıkta etkiye olasılığı bulunan durumlarda da, mesnet yüzünde hesaplanan kesme kuvveti temel alınmalıdır.

4.1.2 Eğik çatlama dayanımı

Betonarme bir kesitin kesmede çatlama dayanımı, daha kesin hesaba gerek duyulmadığı durumlarda, Denklem 4.1 kullanılarak hesaplanabilir. Bu denklemde N_d çekmede de basınçta da pozitif alınacaktır.

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_c} \right) \quad (4.1)$$

Denklemde, eksenel basınç durumunda $\gamma = 0,07$, eksenel çekme durumunda ise $\gamma = -0,3$ alınacaktır. Bu katsayının daha çok kolonlar için kullanıldığı açıktır. Güvenilir bir yöntem kullanılarak ve gövde beton kesit alanı temel alınarak hesaplanan eksenel çekme gerilmesi, 5 kg/cm^2 ($0,5 \text{ MPa}$) dan küçükse, $\gamma = 0$ alınabilir.

4.1.3 Kesme dayanımı

Kesme güvenliği için aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$V_r \geq V_d \quad (4.2)$$

Denklem 4.2’de, tasarım kesme kuvveti V_d , Madde 4.1.1’e göre hesaplanır. V_r kesitin kesme dayanımıdır. Kesitin kesme dayanımı, beton katkısı V_c ve kesme donatısı katkısının V_w toplanması ile elde edilir.

$$V_r = V_c + V_w \quad (4.3)$$

Genel olarak, beton katkısı Denklem 4.4’ten hesaplanır.

$$V_c = 0,8 V_{cr} \quad (4.4)$$

Deprem durumunda, eleman uçlarında (sargı bölgelerinde) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te verilen V_c değerleri kullanılmalıdır. Etriye katkısı Denklem 4.5'ten hesaplanır.

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \quad (4.5)$$

Tasarım kesme kuvveti eğik çatlama dayanımına eşit veya ondan az ise ($V_d \leq V_{cr}$) kesme donatısı hesabına gerek yoktur. Ancak bu durumda, Denklem 4.6'da verilen minimum etriyenin bulundurulması zorunludur.

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq 0,3 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} b_w \quad (4.6)$$

Yüksek asal basınç gerilmeleri nedeni ile gövde betonunun ezilmesini önlemek amacıyla, hesap kesme kuvveti Denklem 4.7'de gösterildiği gibi sınırlanmıştır. Bu koşul sağlanamazsa, kiriş kesit boyutları büyütülmelidir.

$$V_d \leq 0,22 f_{cd} b_w d \quad (4.7)$$

Kesme dayanımını sağlamak için bireysel çubuklar (düşey ve yatay etriye, firkete, çiroz vb) ve hasır donatı kullanılır. Kesme dayanımına pilye katkısı ihmal edilecektir. TS 500'e göre etriye aralığı açıklıkta kiriş faydalı yüksekliğinin yarısından fazla olamaz ($s \leq d/2$) (Bazı hallerde en fazla $s \leq d/4$). Ayrıca sarılma bölgesi olarak isimlendirilen kiriş yüksekliğinin iki katı kadar olan bölgede, etriye aralığı için koşullar oldukça ağırdır ($s \leq d/4$; $s \leq 8\phi$; $s \leq 150 \text{ mm}$).

Mesnetlenmenin, kiriş alt yüzünden daha yukarıda düzenlendiği durumlarda ve diğer bir kirişe oturan kirişlerde, kesme kuvvetini kiriş üstüne taşıyan askı donatısı düzenlenmelidir.

4.2 AASHTO Çerçevesinde Kesme Kuvveti Hesap ve Tahkikleri

Amerika Devlet Yolu ve Ulaştırma Görevlileri Derneği (American Association Of State Highway And Transportation Officials) (AASHTO)'ya göre kesme kuvvetine maruz elemanlar, Denklem 4.8'de verilen koşul sağlanacak şekilde tasarlanır.

$$V_u \leq \phi(V_c + V_s) \quad (4.8)$$

Burada; V_u yük katsayıları ile büyütülmüş tasarım kesme kuvvetini, V_c beton kesit tarafından sağlanan kesme mukavemetini ve, V_s gövde donatısı tarafından sağlanan nominal kesme mukavemetini ifade etmektedir.

Yüklerin tepkisi uç bölgelere basınç uyguladığında, mesnet yüzünden $h/2$ mesafeye kadarki kesit bölgesi, mesnet yüzünden $h/2$ mesafede hesaplanan aynı V_u kesme kuvveti ile tasarlanabilir.

4.2.1 Beton kesitin sağladığı kesme mukavemeti

Beton kesitçe sağlanan kesme mukavemeti V_c ; V_{ci} ve V_{cw} değerlerinden hangisi küçük ise ona eşit alınacaktır. V_{ci} değeri Denklem 4.9'dan hesaplanır. Ancak V_{ci} değerinin $0.141\sqrt{f'_c}b'd$ 'den ve d değerinin $0.8h$ değerinden küçük alınması gerekmez.

$$V_{ci} = 0.05\sqrt{f'_c}b'd + V_d + \frac{V_i M_{cr}}{M_{max}} \quad (4.9)$$

Kesite etkiyen dış yüklerin etkisi altında kesitin eğilme çatlaması yapmasına sebep olan eğilme momenti, Denklem 4.10 ile hesaplanır.

$$M_{cr} = \frac{I}{Y_t} \left(0,166\sqrt{f'_c} + f_{pe} - f_d \right) \quad (4.10)$$

Elemana etkiyen dış yüklerden ileri gelen yük katsayıları ile çarpılmış tasarım eğilme momenti ve kesme kuvveti, M_{max} ve V_i , kesitte maksimum momente neden

olan yükleme kombinasyonundan alınacaktır. V_{cw} kesme mukavemeti, Denklem 4.11 ile hesaplanır. Ancak d değerinin $0.8h$ değerinden küçük alınması gerekmez.

$$V_{cw} = (0.291\sqrt{f'_c} + 0.3f_{pc})b'd + V_p \quad (4.11)$$

Öngerilmeli bir elemanın mesnet yüzüne $h/2$ mesafedeki kesiti, öngerilme gergilerinin tam kuvvet aktarma sağladığı kesitten daha yakın ise, hesapta azaltılmış V_{cw} kesme mukavemeti dikkate alınır. Aktarma boyunca öngerilme kuvvetinin; halat ucunda sıfır, transfer boyu kadar derinlikte maksimum olmak üzere doğrusal değiştiği, transfer boyunun ise, halatlar için çapının 50 katı, tekli teller için çapının 100 katı olduğu kabul edilir.

V_{ci} ve V_{cw} için yukarıda verilen hesap yaklaşımı, normal ağırlıklı beton ile üretilen elemanlar için geçerlidir. Hafif agregalı beton kullanıldığında ise bazı düzeltmeler uygulanır.

4.2.2 Gövde donatısınca sağlanan kesme mukavemeti

Gövde donatısınca sağlanan kesme mukavemeti Denklem 4.12'den hesaplanır.

$$V_s = \frac{A_v f_{sy} d}{s} \quad (4.12)$$

Denklem 4.12'de; A_v , aralığı s olan gövde donatısı kesit alanıdır. Yani bir sıradaki enine donatı toplam kesit alanıdır. V_s değeri $0.664\sqrt{f'_c}b'd$ değerinden büyük alınamaz; d değerinin $0.8h$ değerinden küçük alınması gerekmez.

Gövde donatısının eleman eksenine doğrultusundaki aralığı, $0.75h$ veya 600 mm 'yi geçemez. V_s değeri, $4f'_c b'd$ 'yi geçtiğinde, bu maksimum aralık yarıya indirilir.

Gövde /kesme donatısının minimum değeri, Denklem 4.13 ile hesaplanır.

$$A_v = \frac{0.345}{f_{sy}} b's \quad (4.13)$$

4.3.1 Asal çekme çatlağı gövdesinde oluşan öngerilmeli beton elemanların kesme taşıma gücü, V_{cw}

Asal çekme çatlağı gövdesinde meydana gelen öngerilmeli beton elemanlara dair kesme taşıma gücü, V_{cw} , asal çekme gerilmesinin, Denklem 4.15 ile hesaplanan değere ulaşmasıyla bulunur.

$$\sigma_{ct} = 0.80 f_{ck}^{0.5} (kg / cm^2) \quad (4.15)$$

V_{cw} hesabında kesit ağırlık merkezinde öngerilmeden dolayı oluşan normal gerilmenin 0.8 katı ile çarpılıp kullanılır. Böylesi durumda V_{cw} değeri, Denklem 4.16 ile hesaplanır.

$$V_{cw} = 0.67 b_w h \left(\sigma_{ct}^2 + 0.8 \sigma_{cp} \cdot \sigma_{ct} \right)^{0.5} \quad (4.16)$$

Denklem 4.16’da;

$\sigma_{ct} = 0.80 f_{ck}^{0.5}$ dir ve (+) işaretli kullanılır.

σ_{cp} = Kesit ağırlık merkezinde öngerilmeden oluşan basınç gerilmesi,

b_w = Kesit gövde genişliği,

h = Kesitin toplam derinliğidir.

V_{cw} formülündeki $V_{cw} / b_w h$ değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. $V_{cw} / b_w h$ değerleri (MPa) (TS 3233, 1979)

σ_{cp} (Mpa)	Beton Sınıfı						
	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55
2	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8
4	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2
6	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
8	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
10	2.5	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
12	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4
14	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7

Ağırlık merkezi başlık içerisinde kalan başlıklı kesitlerde V_{cw} hesabında, gövdenin başlıkla birleştiği kesitte hesap yapılır. Bu kesitte asal çekme gerilmesi σ_{ct} , Denklem 4.15'teki gibi alınır. Bu kesitte öngerilmeden dolayı meydana gelen normal gerilme 0.8 ile çarpılıp hesaba katılır.

4.3.2 Eğilme çatlağı olan elemanların kesme taşıma gücü, V_{cr}

Eğilme çatlağı olan elemanların kesme taşıma gücü, V_{cr} , Denklem 4.17 ile hesaplanır.

$$V_{cr} = \left(1 - 0.55 \frac{\sigma_{pef}}{f_{pk}} \right) \tau_c b_w d + M_o \frac{V_d}{M_d} \quad (4.17)$$

Denklem 4.17'de;

σ_{pef} = Söz konusu kesitte öngerilme çeliğinde kayıplardan sonra kalan etkin öngerilmedir; bu değer $0.60 f_{pk}$ 'dan daha büyük alınamaz;

f_{pk} = Öngerilme donatısının karakteristik kopma mukavemeti,

τ_c = Betonun taşıma gücü kayma gerilmesi (Çizelge 4.3.),

V_d, M_d = İncelenen kesitte hesap kesme kuvveti ve hesap momenti,

M_o = Kesit faydalı yüksekliği d 'de "0" gerilme yaratacak eğilme momenti değerini gösterir. M_o momenti, Denklem 4.18 ile hesaplanır.

$$M_o = 0.8 \sigma_{cpd} I / y \quad (4.18)$$

σ_{cpd} = Öngerilmeli elemanın " d " derinliğinde yalnız öngerilmenin değerinden oluşan normal gerilme,

y = Kesit ağırlık merkezinden " d " derinliğine olan uzaklıktır.

V_{cr} değeri, $(0.12 b_w d f_{ck}^{0.5})$ den daha küçük alınmaz. V_{cr} değerinin, incelenen kesitten $d/2$ uzaklığa kadar değişmeyeceği kabul edilir. Burada " $d/2$ " momentin artış yönünde ölçülür (Polat, 1974).

Çizelge 4.3. Betonun taşıma gücü kayma gerilmesi, $\tau_c^{(1)}$ (TS 3233, 1979)

$\frac{100A_{ps}}{b_w d}$	Beton Sınıfı	
	C25	C30+
0.25	0.35	0.35
0.50	0.55	0.55
1.0	0.70	0.75
2.0	0.90	0.95
3.0	0.95	1.00
(1) $(100A_{ps}/b_w d)$ nin ara değerleri için enterpolasyon yapılmalıdır.		

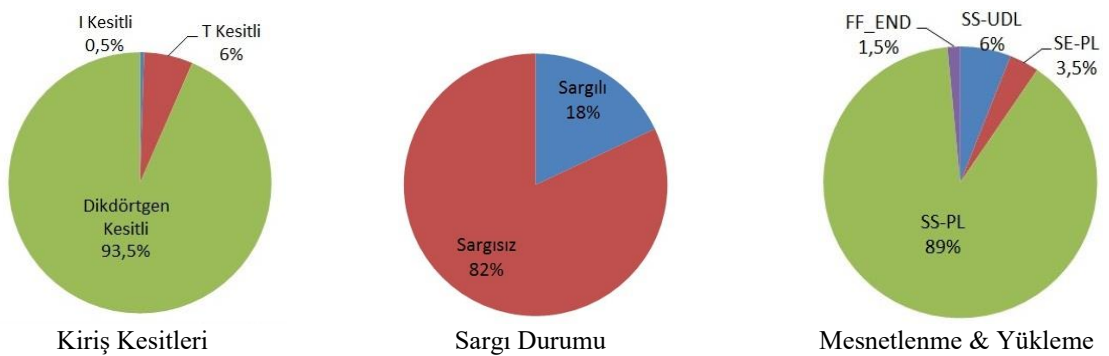
5 BETONARME VE ÖNGERİLMELİ BETON KİRİŞLERİN DENEYSEL VERİLERİN İRDELENMESİ

Literatür taramasında bahsedildiği gibi Kim (2004) yapmış olduğu doktora tezi çalışmasında betonarme ve öngerilmeli beton kiriş elemanlar üzerine yapılmış deneysel verileri derleyerek kirişlerle ilgili birtakım çıkarımlarda bulunmuştur. Bu çalışmada ise söz konusu veriler farklı bir bakış açısıyla derlenmiş ve birtakım yorumlamalar yapılmıştır.

Bu çalışmada irdelenen söz konusu veriler 10. Bölüm (Ekler)'de verilmiştir. Tabloların incelenmesi durumunda anlaşılabileceği üzere enkesit boyutları, yükleme şekli ve yerleri, betona ait özellikler, boyuna, enine ve öngerilme donatısının özelliklerine göre deneysel olarak elde edilen V_{test} (Kirişin deneysel olarak bulunan kesme kapasitesi) verileri detaylı olarak sunulmuştur.

5.1 Betonarme Elemanların Kesme Testi Verileri

Şekil 5.1'de 878 adet betonarme elemana genel bir bakış gösterilmektedir. Bu elemanlardan 821 kiriş dikdörtgen, 4 kiriş I-kesitli ve 53 kiriş ise T-kesitlidir. Ayrıca bu elemanlardan 160 kiriş etriyeli (sargı donatılı), 718 kiriş ise etriyesizdir (sargı donatısız). Deneysel testlerin yaklaşık olarak %89'u (878 testten 781'i) basit mesnetli bir veya iki tekil yükle yüklenmiş kiriş formundadır. 54 testte, basit mesnetli düzgün yayılı yükle yüklenmiş kiriş formu mevcut olup 42 testte ise nokta yüklerle yüklü sürekli kiriş formu vardır. Sadece bir adet testte düzgün yayılı yükle yüklenmiş kiriş formu vardır.



Şekil 5.1. Veri tabanındaki betonarme kirişlerin genel özellikleri

Şekil 5.2-5.6'da 878 deneysel testin tamamının parametrelere göre verilerinin dağılımı gösterilmektedir. Bu test sonuçlarından 349'unda beton basınç dayanımı 400 kg/cm^2 'den büyüktür. Bu testlerden sadece 81'inde kiriş yüksekliği 70 cm 'den büyüktür. Kirişlerin yaklaşık olarak yarısında kesme açıklığı olan a/d oranı 3.5 'tan düşüktür. Bu durum kirişlerin eğilme hasarından daha çok kesme hasarına uğramış olduklarını göstermektedir. Aynı kirişler genellikle yüksek kirişler gibi olup ve sadece 191 kiriş $\%1$ 'den düşük boyuna donatı içermektedir.

" f_c " (kg/cm^2) $\times 10^2$:	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13
Test Sayısı :	68	255	206	67	58	61	67	42	29	25
Toplam Test Sayısı :	68	323	529	596	654	715	782	824	853	878

Şekil 5.2. Beton basınç dayanımına göre kirişlerin sayısal dağılımı

Kiriş Derinliği (cm) :	10	20	30	40	50	60	80	100	400
Test Sayısı :	6	95	182	372	53	61	43	51	15
Toplam Test Sayısı :	6	101	283	655	708	769	812	863	878

Şekil 5.3. Kiriş derinliğine göre kirişlerin sayısal dağılımı

ρ_1 %:	1	2	3	4	5	10
Test Sayısı :	78	265	306	135	65	29
Toplam Test Sayısı :	78	343	649	784	849	878

Şekil 5.4. Boyuna donatı oranına göre kirişlerin sayısal dağılımı

a/d :	2	3	3,5	4	5	6	10
Test Sayısı :	254	234	128	159	36	43	24
Toplam Test Sayısı :	254	488	616	775	811	854	878

Şekil 5.5. Kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine (a/d) oranına göre kirişlerin sayısal dağılımı

$\rho_v \cdot f_y$ (kg/cm ²)x10 ² :																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

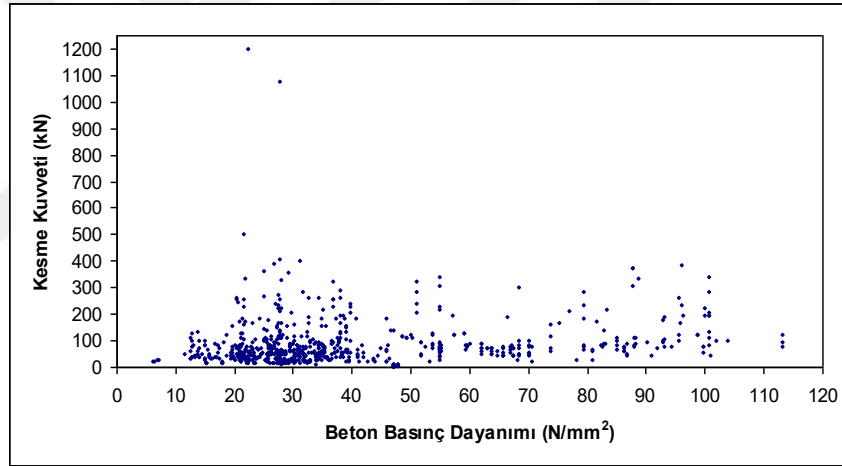
Şekil 5.6. Kesme dayanımına göre kirişlerin sayısal dağılımı

5.2 Betonarme Elemanlarda Parametrelerin Kesme Kapasitesine Etkisi

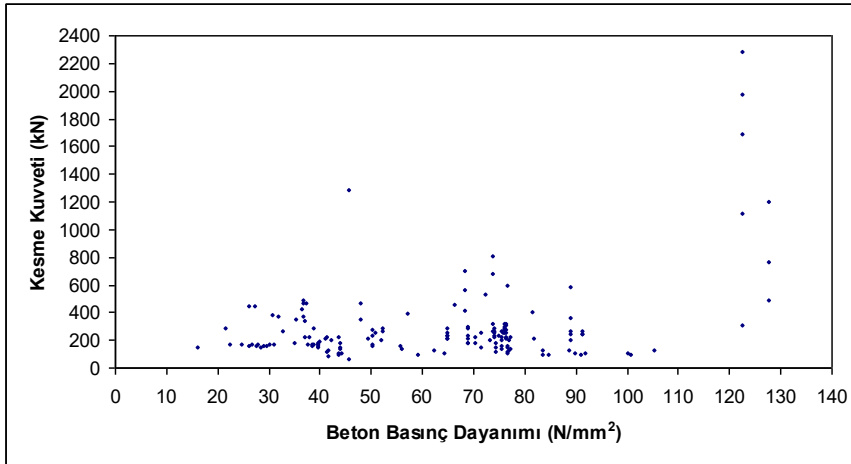
Bu bölümde beton basınç dayanımı, kiriş derinliği, kesme açıklığı, kesme donatısı oranı, akma dayanımı, boyuna donatı oranı gibi parametrelerin kesme kapasitesine olan etkisi kısaca irdelenmiştir.

5.2.1 Beton basınç dayanımının kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} ’in beton basınç dayanımına f_c ’ye göre değişimi gösterilmiştir. Sargısız betonarme kirişler daha fazla olmakla beraber iki şeklin karşılaştırmasından diğer parametrelere bağlı olmakla beraber beklenildiği üzere sargının (kesme donatısının) kiriş kesme kapasitesini artırdığı görülmektedir.



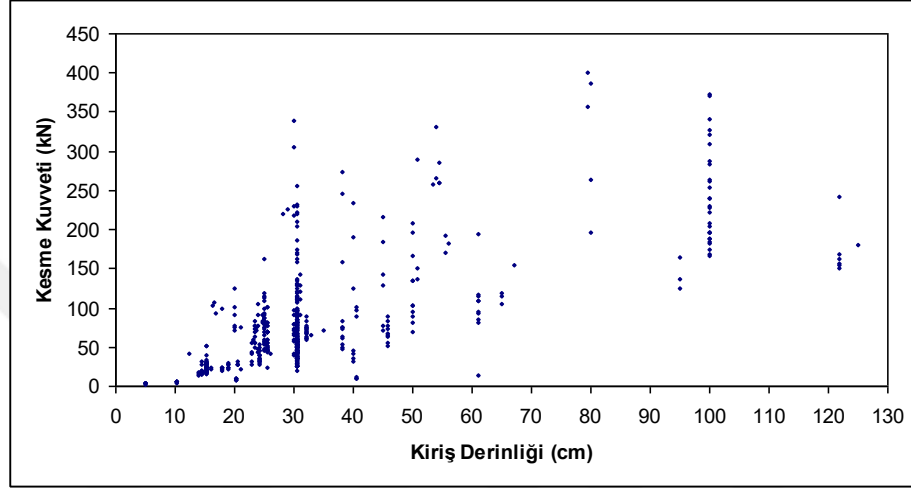
Şekil 5.7. Sargısız betonarme elemanlarda beton basınç dayanımının kesme kuvvetine etkisi



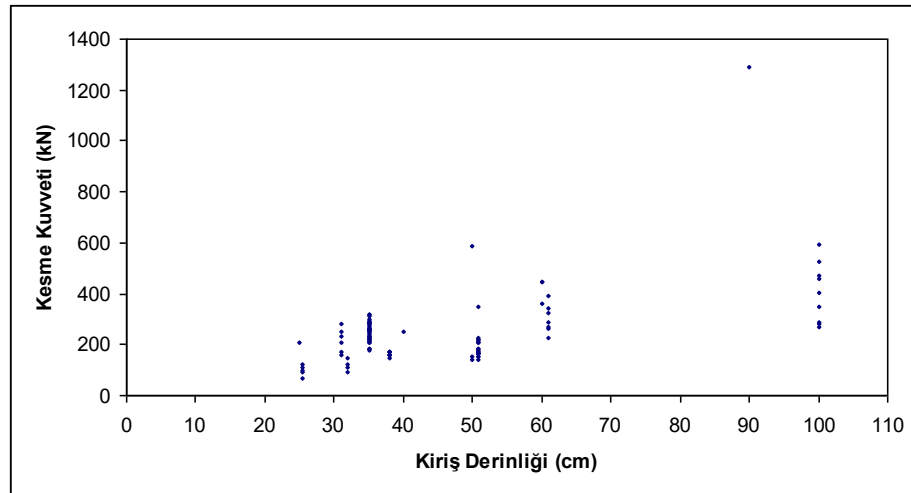
Şekil 5.8. Sargılı betonarme elemanlarda beton basınç dayanımının kesme kuvvetine etkisi

5.2.2 Kiriş derinliğinin kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} ’in kiriş derinliği d ’ye göre değişimi gösterilmiştir. İki şeklin karşılaştırmasından kiriş derinliğinin diğer parametrelere bağlı olmakla beraber beklenildiği üzere kiriş kesme kapasitesini artırdığı görülmektedir.



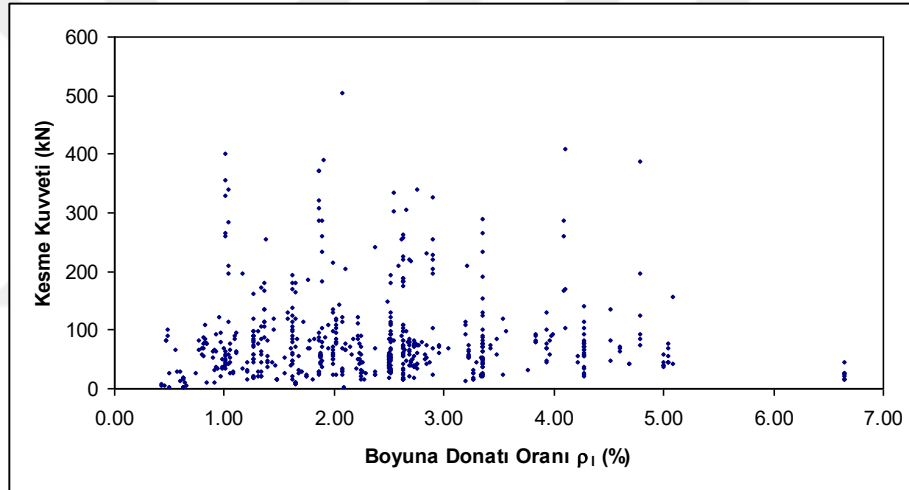
Şekil 5.9. Sargısız betonarme elemanlarda kiriş derinliğinin kesme kuvvetine etkisi



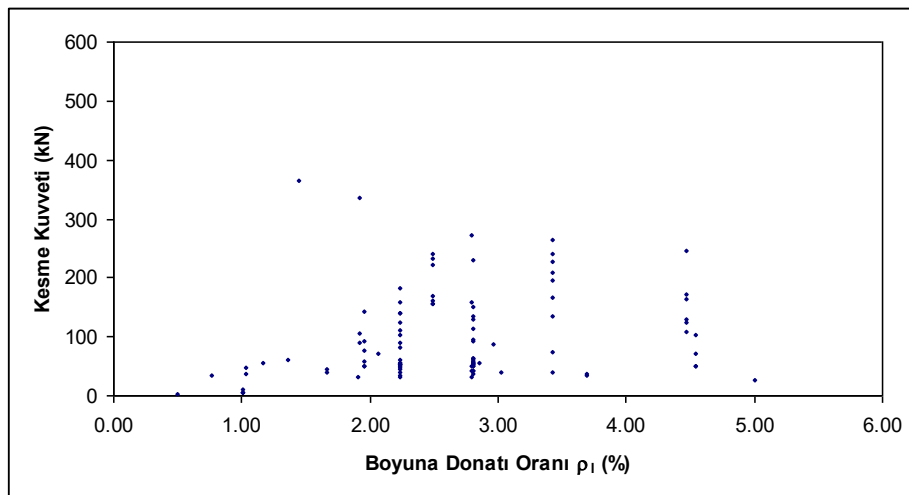
Şekil 5.10. Sargılı betonarme elemanlarda kiriş derinliğinin kesme kuvvetine etkisi

5.2.3 Boyuna donatı oranının kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} ’in kiriş boyuna donatı oranı ρ_l ’ye göre değişimi gösterilmektedir. Kiriş boyuna donatısı direkt olarak kiriş kapasitesini etkilememekle beraber kapasite tasarımı gereğince kirişin kesme kapasitesine eğilmeden önce ulaşabilmesi için boyuna donatının belirli bir değerinin altında tutulması gerektiği unutulmamalıdır. Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-2007) ve TS 500-2000’de bu oran ρ_b olarak tanımlanmış ve ayrıca diğer bir üst sınır olarak 0.02 oranı belirtilmektedir. Söz konusu deneylerde bu oranların yer yer üstüne çıkmış olması boyuna donatının kiriş davranışına olan etkisinin gözlemlenmesine yöneliktir.



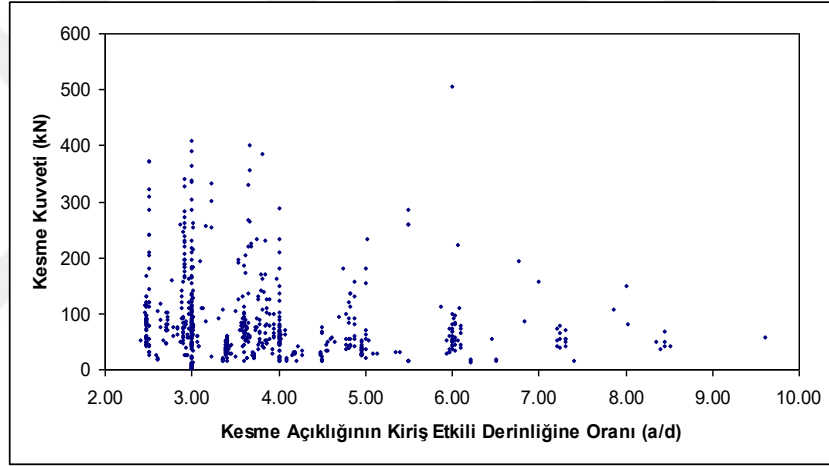
Şekil 5.11. Sargısız betonarme elemanlarda boyuna donatı oranının kesme kuvvetine etkisi



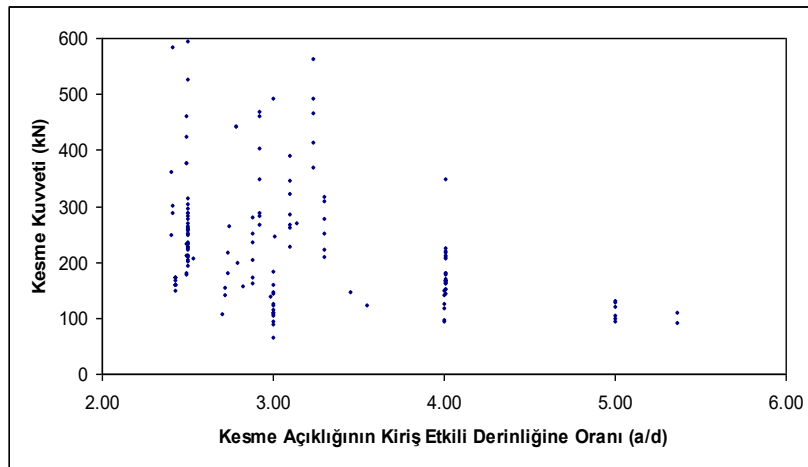
Şekil 5.12. Sargılı betonarme elemanlarda boyuna donatı oranının kesme kuvvetine etkisi

5.2.4 Kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranının (a/d) kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'te deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} 'in kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranı a/d 'ye göre değişimi gösterilmiştir. Sargılı kirişlerde kesme kapasitesinin fazla olması açık olarak gözükmele beraber, a/d oranının artması her iki durumda da (sargılı ve sargısız durum) kesme dayanımını düşürmektedir. a/d oranının azalması kesme kapasitesini artırmaktadır. Bu durum mesnete yakın olan kesme kuvvetinin kiriş tarafından daha rahat taşınabileceği anlamına gelmektedir. Ya da başka bir ifade ile kesme açıklığı arttıkça daha küçük yüklerde kesit eğilmeden taşıma kapasitesine ulaşmaktadır.



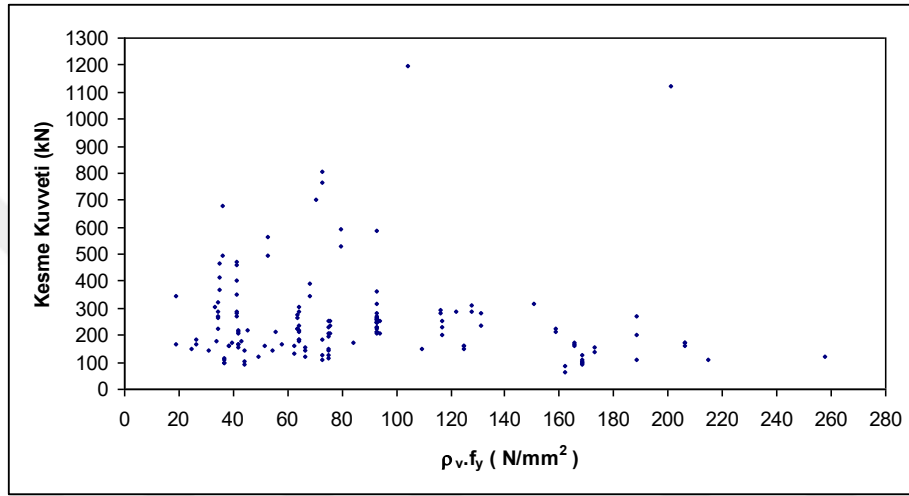
Şekil 5.13. Sargısız betonarme elemanlarda kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranının (a/d) kesme kuvvetine etkisi



Şekil 5.14. Sargılı betonarme elemanlarda kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranının (a/d) kesme kuvvetine etkisi

5.2.5 Betonarme elemanlarda “ $\rho_v \cdot f_y$ ”nin kesme kapasitesine etkisi

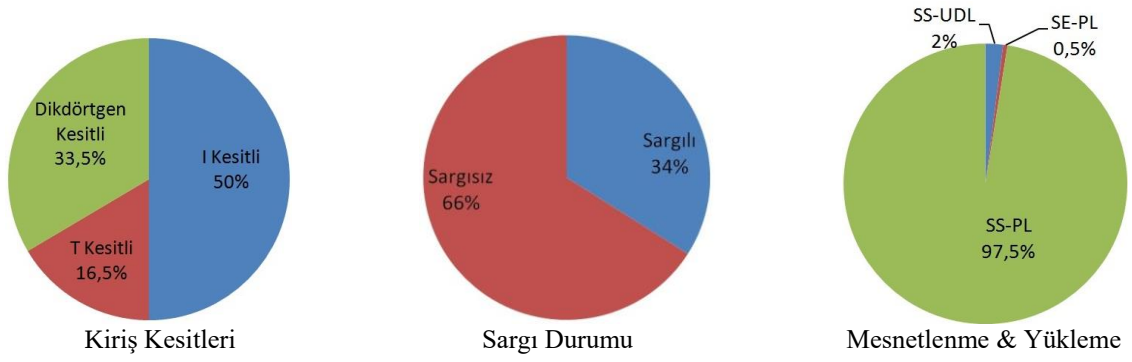
Şekil 5.15’te deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} ’in kesme donatısı oranı ve kesme donatısı akma dayanımına göre değişimi gösterilmiştir. Burada kesme donatısı oranı ve kesme donatısı akma dayanımının belirli bir değeri aşması durumunda tıpkı eğilme donatısında olduğu gibi donatının akmamasından dolayı kesme kapasitesinin azalacağı yorumu yapılabilir.



Şekil 5.15. Betonarme elemanlarda $\rho_v \cdot f_y$ ’nin kesme kuvvetine etkisi

5.3 Öngerilmeli Beton Elemanların Kesme Testi Verileri

Şekil 5.16’da 485 adet öngerilmeli beton elemana genel bir bakış gösterilmektedir. Bu elemanlardan 163 kiriş dikdörtgen, 244 kiriş I-kesitli ve 78 kiriş ise T-kesitlidir. Ayrıca bu elemanlardan 109 kiriş etriyeli (sargı donatılı), 376 kiriş ise etriyesizdir (sargı donatısız). Deneysel testlerin yaklaşık olarak %98’i (485 testten 473’ü) basit mesnetli bir veya iki tekil yükle yüklenmiş kiriş formundadır. 10 testte, basit mesnetli düzgün yayılı yükle yüklenmiş kiriş formu mevcut olup iki testte ise nokta yüklerle yüklü sürekli kiriş formu vardır.



Şekil 5.16. Veri tabanındaki öngerilmeli beton kirişlerin genel özellikleri

Şekil 5.17-5.21’de, 485 deneysel testin tamamının parametrelere göre verilerinin dağılımı gösterilmektedir. Bu test sonuçlarından 281’inde beton basınç dayanımı 400 kg/cm²’den küçüktür. Bu testlerden sadece 60’ında kiriş yüksekliği 50 cm’den büyüktür. Kirişlerin yaklaşık olarak %40’ında a/d oranı 3.5’tan düşüktür. Aynı kirişler genellikle yüksek kirişler gibi olup ve sadece 53 kiriş %1’den düşük boyuna donatı içermektedir.

"f _c " (kg/cm ²)x10 ² :	2	3	4	5	6	8	15
Test Sayısı :	35	113	133	106	42	46	10
Toplam Test Sayısı :	35	148	281	387	429	475	485

Şekil 5.17. Beton basınç dayanımına göre kirişlerin sayısal dağılımı

Kiriş Derinliği (cm) :	30	40	60	150	200
Test Sayısı :	98	310	34	33	10
Toplam Test Sayısı :	98	408	442	475	485

Şekil 5.18. Kiriş derinliğine göre kirişlerin sayısal dağılımı

P ₁ %:	0	1	2	3	6
Test Sayısı :	330 (Boyuna donatı yok)	53	53	36	13
Toplam Test Sayısı :	330	383	436	472	485

Şekil 5.19. Boyuna donatı oranına göre kirişlerin sayısal dağılımı

a/d:	3	3,5	4	5	6	8
Test Sayısı :	94	101	144	89	41	16
Toplam Test Sayısı :	94	195	339	428	469	485

Şekil 5.20. Kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine (a/d) oranına göre kirişlerin sayısal dağılımı

$\rho_v \cdot f_y$ (kg/cm ²)x10 ² :	0	15	25	50	150
Test Sayısı :	376 (sargı donatısı yok)				
Toplam Test Sayısı :	376	410	439	464	485

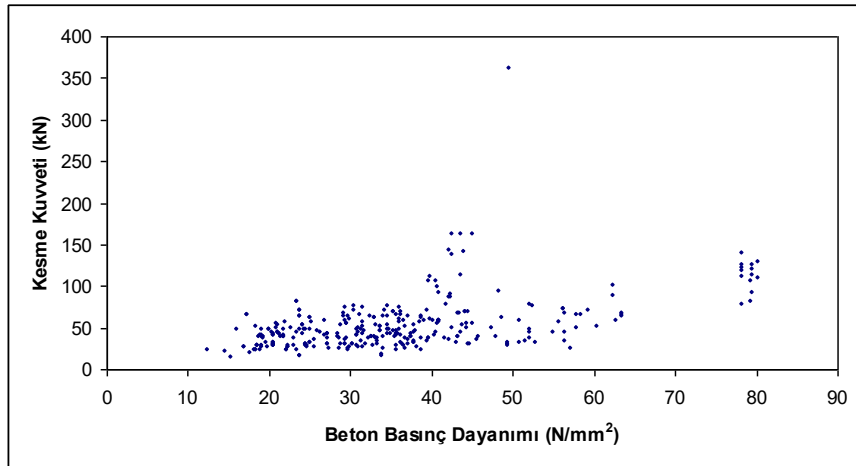
Şekil 5.21. Kesme dayanımına göre kirişlerin sayısal dağılımı

5.4 Öngerilmeli Beton Elemanlarda Parametrelerin Kesme Kapasitesine Etkisi

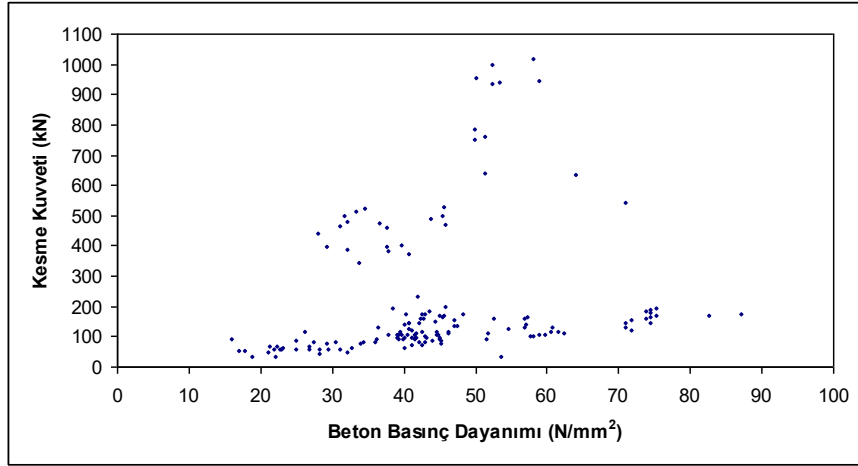
Bu bölümde beton basınç dayanımı, kiriş derinliği, boyuna donatı oranı, öngerme donatısı oranı, kesme donatısı oranı, akma dayanımı, boyuna donatı oranı gibi parametrelerin kesme kapasitesine olan etkisi kısaca irdelenmiştir.

5.4.1 Beton basınç dayanımının kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'te deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} 'in beton basınç dayanımına f_c 'ye göre değişimi gösterilmiştir. İki şeklin karşılaştırmasından diğer parametrelere bağlı olmakla beraber beklenildiği üzere sargının (kesme donatısının) kiriş kesme kapasitesini artırdığı görülmektedir. Öngerilmeli beton kirişlerdeki artış, betonarme kirişlere göre daha fazla olmaktadır. Bu durum ilave basınç gerilmesinin betonun çekme dayanımını kısmen artırması ile de açıklanabilir.



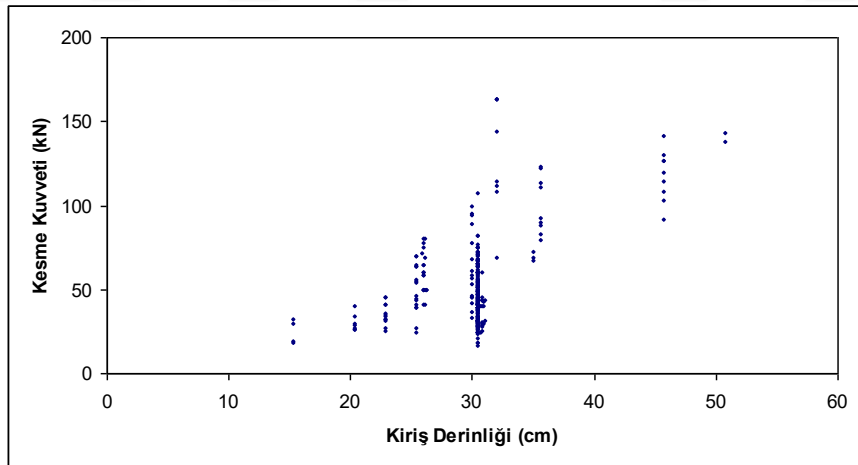
Şekil 5.22. Sargısız öngerilmeli beton elemanlarda beton basınç dayanımının kesme kuvvetine etkisi



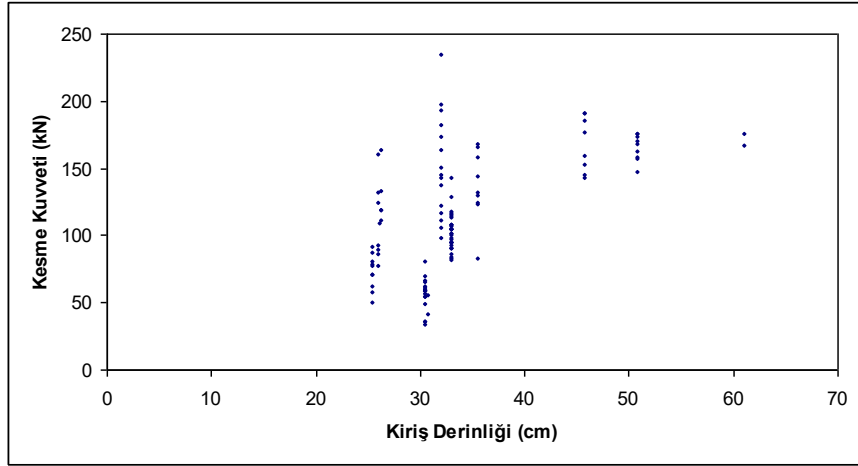
Şekil 5.23. Sargılı öngerilmeli beton elemanlarda beton basınç dayanımının kesme kuvvetine etkisi

5.4.2 Kiriş derinliğinin kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.24 ve Şekil 5.25'te deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} 'in kiriş derinliği d 'ye göre değişimi gösterilmiştir. İki şeklin karşılaştırmasından kiriş derinliğinin diğer parametrelere bağlı olmakla beraber beklenildiği üzere kiriş kesme kapasitesini artırdığı görülmektedir.



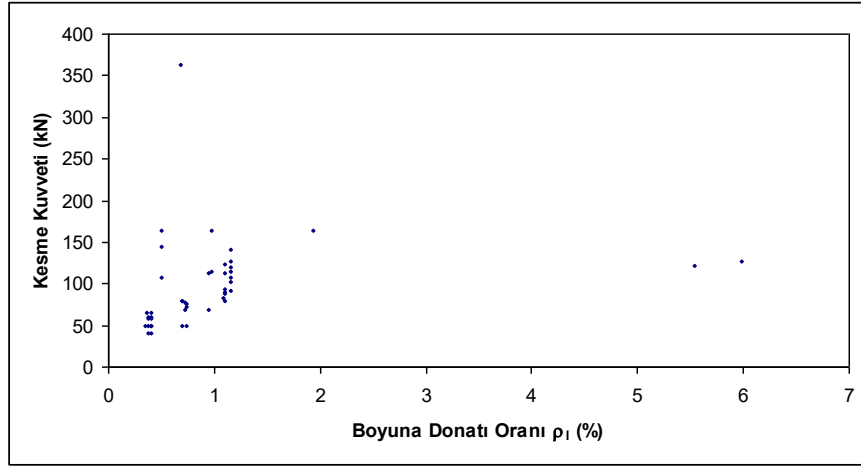
Şekil 5.24. Sargısız öngerilmeli beton elemanlarda kiriş derinliğinin kesme kuvvetine etkisi



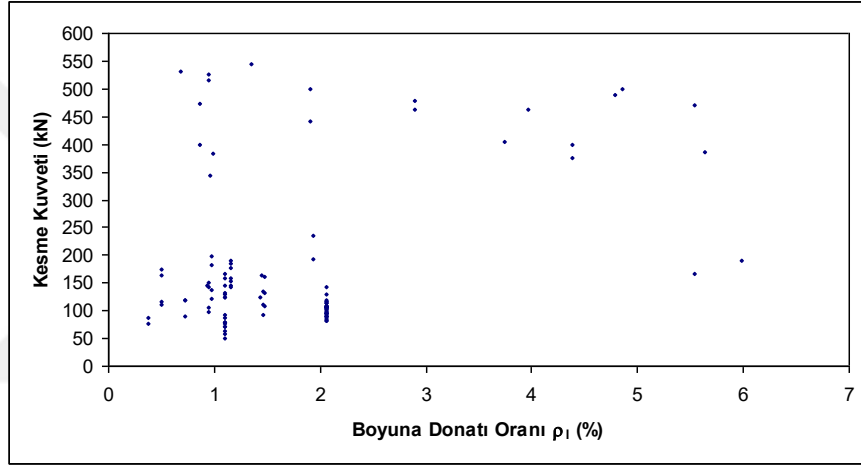
Şekil 5.25. Sargılı öngerilmeli beton elemanlarda kiriş derinliğinin kesme kuvvetine etkisi

5.4.3 Boyuna donatı oranının kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.26 ve Şekil 5.27’de deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} ’in kiriş boyuna donatı oranı ρ_l ’ye göre değişimi gösterilmektedir. Kiriş boyuna donatısı direkt olarak kiriş kapasitesini etkilememekle beraber kapasite tasarımı gereğince kirişin kesme kapasitesine eğilmeden önce ulaşabilmesi için boyuna donatının belirli bir değerinin altında tutulması gerektiği unutulmamalıdır. Şekil 5.26’da deneylerde boyuna donatının sargısız kirişlerde % 2’nin altında kullanıldığı sargılılarda ise % 6 oranına kadar çıktığı görülmektedir. Sargısız elemanlar kesme kapasitesine daha düşük kesme kuvvetinde ulaşacakları için eğilme kapasiteleri de buna paralel olarak az olacaktır. Dolayısıyla böylesi kirişlerde eğilme kapasitesinin düşük olmasından dolayı fazla donatı kullanmaya gerek yoktur.



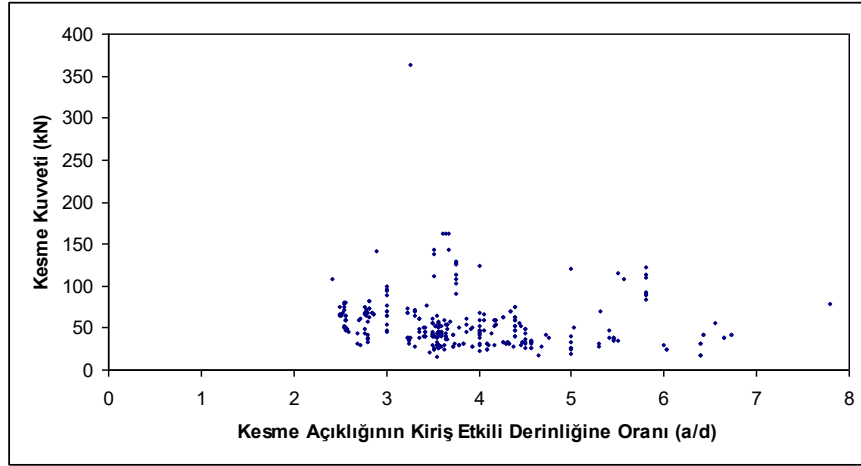
Şekil 5.26. Sargısız öngerilmeli beton elemanlarda boyuna donatı oranının kesme kuvvetine etkisi



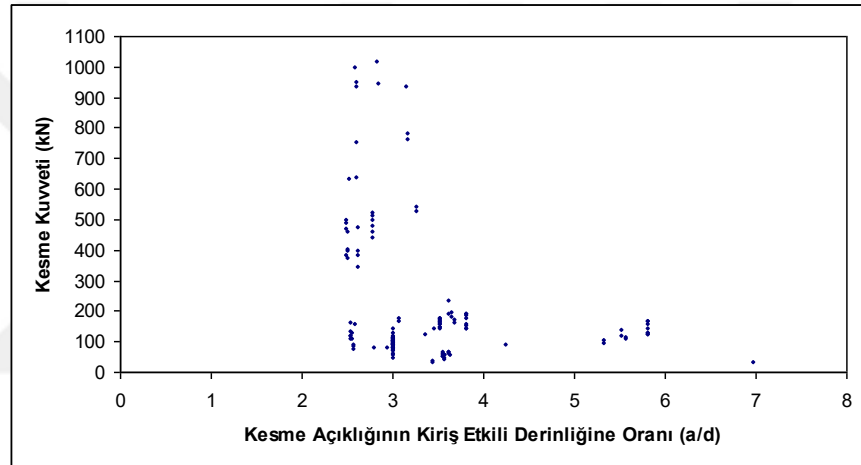
Şekil 5.27. Sargılı öngerilmeli beton elemanlarda boyuna donatı oranının kesme kuvvetine etkisi

5.4.4 Kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranının (a/d) kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.28 ve Şekil 5.29’da deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} ’in kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranı a/d ’ye göre değişimi gösterilmiştir. Sargılı kirişlerde kesme kapasitesinin fazla olması açık olarak gözükmele beraber, a/d oranının 2-4 arasında olması sargılı kirişlerde yüksek kesme kuvveti kapasitesine ulaşmayı sağlamıştır.



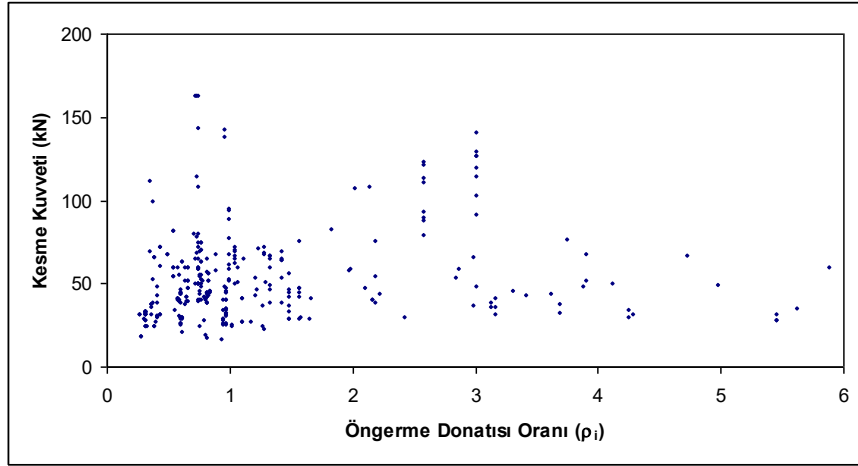
Şekil 5.28. Sargısız öngerilmeli beton elemanlarda kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranının (a/d) kesme kuvvetine etkisi



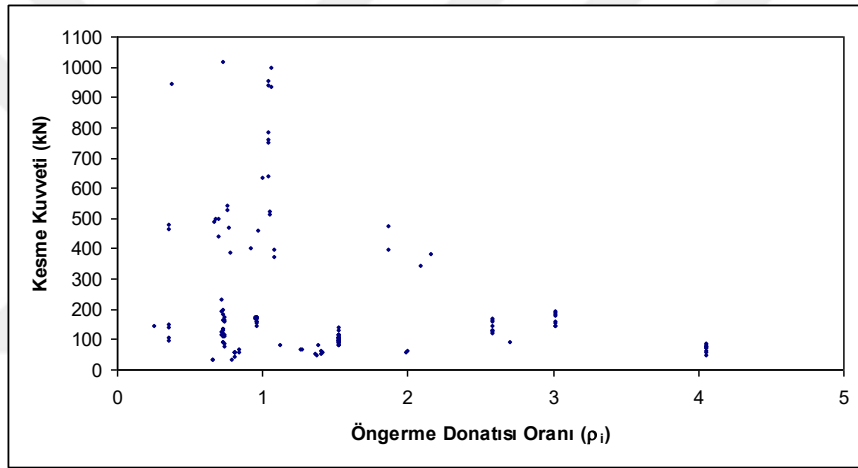
Şekil 5.29. Sargılı öngerilmeli beton elemanlarda kesme açıklığının kiriş etkili derinliğine oranının (a/d) kesme kuvvetine etkisi

5.4.5 Öngerilme donatısı oranının (ρ_i) kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.30 ve Şekil 5.31’de deneylerden elde edilen kiriş kesme kapasitesi V_{test} ’in öngerilme donatısı oranı ρ_i ’ye göre değişimi gösterilmiştir. Öngerilme donatısı oranının (ρ_i) artması ile kiriş kesme kapasitesinin azalacağı görülmektedir.



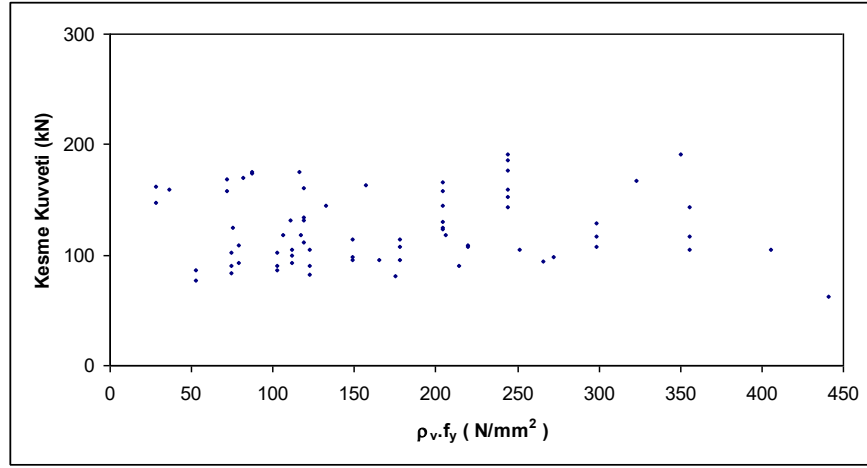
Şekil 5.30. Sargısız öngerilmeli beton elemanlarda öngerilme donatısı oranının (ρ_i) kesme kuvvetine etkisi



Şekil 5.31. Sargılı öngerilmeli beton elemanlarda öngerilme donatısı oranının (ρ_i) kesme kuvvetine etkisi

5.4.6 Öngerilmeli beton elemanlarda “ $\rho_v \cdot f_y$ ”nin kesme kapasitesine etkisi

Şekil 5.32’de betonarme kirişlerden farklı olarak kesme donatısı oranı ve kesme donatısı akma dayanımının artırılması kesme kapasitesini çok değiştirmemiştir. Bu grafiğin tek parametreye bağlı olarak yorumlanması güç olmakla beraber öngerilmeli beton elemanlarda kesme hesabının öngerilmesiz betonarme kirişler kadar net olmadığı sonucuna varılabilir.



Şekil 5.32. Öngerilmeli beton elemanlarda $\rho_v \cdot f_y$ 'nin kesme kuvvetine etkisi

6 YAPAY SİNİR AĞLARI

6.1 Giriş

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninde olduğu gibi öğrenerek farklı veriler çıkarabilme, geliştirebilme ve keşfedebilme gibi becerileri, bilgisayar ortamında hiçbir şekilde yardıma gerek duymadan otomatik bir şekilde yapabilmek için oluşturulan sistemlerdir.

YSA; insan beyninden ilham alınarak, öğrenme sürecinin sayısal olarak modellenmesinin sonucunda ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı, bu konu ile ilgili çalışmalar, öncelikle insan beyninde bulunan biyolojik birimlerin yani nöronların modellenmesi ve bilgisayar sistemlerine entegre edilmesi ile başlamıştır. İlerleyen süreçte ise bilgisayar sistemlerinin gelişimiyle birlikte birçok alanda uygulanması yaygınlaşmıştır.

İnsan beyninin çalışmasına benzer şekilde işleyen bu mekanizmalar, her ne kadar bilgisayar alanında teknoloji hızla gelişme katetmiş, işlem yapma yetenekleri oldukça geliştirilmiş olsa bile, ilkel bir canlı beyninin fonksiyonlarıyla karşılaştıramayacak kadar basit kalmaktadır. Nano saniyeler mertebesindeki işlem hızları ile YSA'lar, mili saniyeler mertebesindeki işlem hızları ile işlem yapan insan beyninin işlevselliğinin henüz çok uzağındadır.

Kısaca bir hatırlatma yapmak istenirse; insan beyninde yaklaşık 10^{11} nöronun olduğundan söz edilmekte ve bu kadar nöronun bilgisayar ortamında modellenmesi henüz mümkün değildir. Ama karar hızı bakımından insan beyni ile şu an için yarışmıyor olsalar bile, YSA'lar yapıları ve hassas eşleştirmelerdeki başarılarından dolayı gelecekte birçok alanda uygulanabilecektir.

6.1.1 YSA'ların avantajları

YSA'lar, ağ şekilleri açısından farklı nitelikler gösterebilirler de ortak olarak temel birkaç özelliği vardır.

- YSA'lar birçok hücreden oluşur ve bu hücreler eş zamanlı çalışıp komplike işlemler yaparlar. Başka bir ifadeyle komplike işlemler birçok hücrenin eş zamanlı çalışmasıyla yapılır. Bu işlem sırasında hücrelerden

biri veya birkaçı fonksiyonunu kaybetse bile sistem emniyetli bir biçimde çalışmasını sürdürebilir.

- Eğitim sırasında kullanılan sayısal verilerden, sorunun genel özelliklerine haiz olarak kullanılmayan giriş verileri için de anlamlı cevaplar oluşturabilmektedir.
- Model içerisinde yer alan belirli özellikteki lineer olmayan alt üniteler vasıtasıyla, lineer olmayan problemlerin çözümü de gerçekleştirilmektedir.
- YSA'lar makine öğrenmesi yapabilirler. YSA'ların ana fonksiyonu esasen bilgisayarın öğrenmesini gerçekleştirmektir. Olguları öğrenip benzeri olgulara uygun sonuçlar çıkarabilirler.
- Veri işleme metotları, klasik programlamadan farklı olması sebebiyle klasik programlamada bulunan birçok olumsuzluğu yok edebilir.
- Veriler ağı her bölgesinde saklanır. Klasik programlamadaki gibi veriler veri tabanı veya dosyalarda düzenli bir şekilde saklanmaz, ağı her bölgesine yayılı olarak, sayısal değerler ile ölçülebilen ağ bağlantılarında saklanmaktadır. Hücrelerden bir kısmının fonksiyonunu kaybetmesi, mantıklı verinin kaybedilmesine yol açmaz.
- Dağıtılmış hafızaları vardır. YSA'larda veriler ağa dağıtılmış olarak yer alır. Hücrelerin birbirleriyle ilişkisi ile ağırlık mertebeleri, ağı bilgisine işaret eder. Bundan dolayı sadece bir bağlantı tek başına anlam ifade etmez.
- Ağa tanımlanan örneklerden faydalananarak öğrenme işlemini gerçekleştirirler. YSA'nın öğrenmesinde örneklerin tespit edilmesi, örneklerin ağa tanıtılarak hedeflenen sonuçlar doğrultusunda ağı eğitilmesi gerekli unsurlardır. Ağdan alınacak verim, kullanılan örnekler ile doğru orantılı olup ağa tanıtılan olgu tüm yönleri ile tanıtılmazsa ağ yanlış sonuçlar türetebilir.
- Önceden karşılaşmadıkları örnekler için veri türetebilirler. YSA'lar eğitimleri esnasında kendilerine tanıtılan örneklerden genelleme yaparlar ve bu genellemeler vasıtasıyla yeni örnekler için veri türetebilirler.

- Algılama olaylarında tercih edilebilirler. YSA'ların en verimli olduğu ve başarılarının kanıtlandığı alanlar, algılama konusundaki uygulama alanlarıdır.
- Örüntü (pattern) ilişkilendirme ve sınıflandırmada kullanılabilirler. YSA'lar kendisine örnek şeklinde verilen örüntüler arasında ilişkilendirme yapabilir. Ayrıca kendisine verilen örneklerin kümelenmesiyle, daha sonraki verilerin hangi kümeye ait olacağına karar verebilirler.
- Örüntüyü tamamlayabilirler. Ağa eksik verili örüntüler tanıtıldığında eksik verilerin tamamlanmasında başarılıdırlar.
- Kendiliğinden öğrenebilme ve düzenleyebilme kabiliyetleri vardır. YSA'lar çevrimiçi (online) olarak öğrenebilirler ve kendi kendilerini eğitebilirler.
- Eksik veri ile çalışma yapabilmektedirler. Klasik sistemlerin tersine YSA'lar eğitildikten sonra veriler eksik olsa bile, çıktı türetebilirler. Bu durumun olması bir performans kaybı oluşturmaz, performans kaybı eksik verinin önemiyle bağlantılıdır. Verilerin önem seviyeleri ise eğitim esnasında öğrenilir.
- Hata toleransları vardır. YSA'ların eksik verilerle çalışabilmeleri ve birtakım hücreleri bozulsa bile çalışabilmeleri, onları hata açısından toleranslı yapar.
- Dereceli bozulma (Graceful degradation) sergilerler. Bir ağ, zamanla yavaş ve izafi olarak bozulur. Ağlar sorunun meydana geldiği esnada çabucak bozulmaya uğramazlar.

6.1.2 YSA'ların dezavantajları

YSA'ların, pek çok avantajın yanı sıra birtakım dezavantajları da vardır. Önemli olan dezavantajları şunlardır;

- Donanıma bağımlıdırlar. YSA'ların en önemli problemi donanıma bağımlı oluşlarıdır. YSA'ların en önemli özelliği olan paralel işlem yapabilme kabiliyeti, paralel çalışan işlemciler vasıtasıyla kendini gösterir.

- Elverişli ağ yapısının tespit edilmesinde belli bir ilke yoktur. YSA'larda probleme elverişli ağ yapısının tespiti için geliştirilmiş bir kural yoktur. Elverişli ağ yapısı deneyim ve deneme yanılma yöntemiyle tespit edilmektedir.
- Ağın değişken değerlerinin tespit edilmesinde de belirli bir ilke mevcut değildir. YSA'larda öğrenme katsayısı, hücre sayısı, katman sayısı gibi değişkenlerin tespit edilmesinde belirli bir ilke yoktur. Bu değerlerin tespiti için belirli bir standart bulunmamakla birlikte her problem için ayrı bir yaklaşım söz konusu olabilmektedir.
- Öğrenilecek problemin ağa tanıtılması önemli bir sorundur. YSA'lar sayısal veriler ile işlem yapabilmektedirler. Problemler YSA'lara tanıtılmadan önce sayısal değerlere çevrilmesi gereklidir. Belirlenecek tanıtım mekanizması kullanıcıya bağlı olmakla beraber ağın performansını direkt olarak etkileyecektir.
- Ağın eğitim sürecine dair belirli bir yöntem bulunmamaktadır. Ağdaki örnekler üzerindeki hata oranının belli bir seviyenin altına indirilmesiyle eğitim sürecinin sona erdiği anlaşılmaktadır. Bu konuda uygun sonuçlar çıkaran bir işleyiş henüz bulunmamaktadır.
- Ağın nasıl davranış sergilediği konusunda açıklama yapılamamaktadır. Bu problem YSA'ların en önemli problemidir. YSA bir soruna çözüm bulduğu zaman, bu çözümün nasıl bulunduğu dair bir emare göstermez. Bu vaziyet ağa duyulan itimatı azaltan bir durumdur.

6.1.3 Klasik algoritmalar ile YSA'ların karşılaştırılması

Klasik algoritmalar ile YSA'ların karşılaştırılması Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Klasik Algoritmalar ile YSA'ların Karşılaştırılması (Çayiroğlu)

Klasik Algoritmalar	Yapay Sinir Ağları
Çıktılar, belirlenen kurallara göre girdilerin girilmesi ile elde edilir.	Öğrenme sırasında girdi çıktı bilgileri verilerek, kurallar oluşturulur.
Hesaplama; merkezi, eş zamanlı ve ardışıktır.	Hesaplama; toplu, eş zamansız ve öğrenmeden sonra paraleldir.
Hafıza paketlenmiş ve hazır bilgi depolanmıştır.	Hafıza ayrılmış ve ağa yayılmıştır.
Hata payı yoktur.	Hata payı vardır.
Oldukça hızlıdır.	Yavaş ve donanıma bağımlıdır.
Veriler ve algoritmalar kesindir.	Deneyimden faydalanır.

6.1.4 YSA'ların kullanıldığı alanlar

YSA temel olarak; gruplandırma, tasarım ve akıl yürütme uygulamalarının yanı sıra birçok alanda kullanılabilmektedir. Başarı elde etmiş uygulamalar irdelendiğinde, YSA'lar geniş kapsamlı, kompleks, değişken, noksan, gürültülü, özürlü, yanlış yapma ihtimalli duyarga bilgilerinin bulunması ve sorunu çözümlmek için sayısal model ile algoritmaların var olmadığı, yalnızca örneklerin mevcut olduğu hallerde genellikle tercih edilmektedir. Buna istinaden geliştirilen ağlar genel olarak şu işlevleri yapabilmektedirler; sınıflandırabilme, olası işlev tahminleri, ilişkilendirebilme ya da örüntü kıyaslama, zaman serilerine dair analizler, sinyal filtreleyebilme, veri sıkıştırabilme, örüntü tanıyabilme, doğrusal olmayan sinyali işleyebilme, doğrusal olmayan sistem modelleme, en uygun duruma getirme, denetim. YSA'lar günümüzde sağlıktan uzaya mühendislikten eğlence sektörüne kadar pek çok alanda değişik uygulama alanları bulmuştur.

6.1.5 Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması

Yapay sinir ağları çalışmaları açısından aynı görünmelerine karşın herhangi bir dizayn ve çalışma standardı mevcut değildir. Yapay sinir ağları; yapılarına göre, öğrenme algoritmalarına göre ve öğrenme zamanına göre farklı açılardan incelenebilir.

6.1.5.1 Yapılarına göre yapay sinir ağları

Yapay sinir ağları içermiş olduğu nöronların birbirlerine bağlanma biçimine göre ileri ve geri beslemeli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

a-) İleri beslemeli yapay sinir ağları

İleri beslemeli yapay sinir ağlarında nöronlar girişten çıkışa doğru sistemli katmanlar biçimindedir. Bir katmandan yalnızca kendisinden sonraki katmanlara bağ yer almaktadır. Yapay sinir ağına girilen veriler giriş katmanına sonrasında sırası ile ara katmanlar vasıtasıyla aktararak çıkış katmanında işlenir nihai olarak ise dışarıya çıkarlar.

b-) Geri beslemeli yapay sinir ağıları

Geri beslemeli yapay sinir ağılarında ileri beslemeli olan ağların tersine bir hücrenin çıkış verisi yalnızca kendisinden sonraki hücrenin katmanına giriş verisi şeklinde girilmez. Kendisinden önceki katmanda ya da kendi katmanında yer alan rastgele bir hücreye de giriş verisi şeklinde bağlanabilir.

Geri beslemeli yapay sinir ağıları bu davranışıyla doğrusal olmayan dinamik bir hareket sergilemektedir. Geri besleme niteliğini kazanmasını sağlayan bağlantıların bağlanma biçimine göre aynı yapay sinir ağıyla değişik tutumda ve yapıda geri beslemeli yapay sinir ağıları elde edilebilir.

6.1.5.2 Öğrenme algoritmalarına göre yapay sinir ağıları

Yapay sinir ağlarına sunulan giriş verilerinden çıkış verisi üretmesinin yöntemi ağın öğrenmesidir. Bu öğrenme işleminin de birçok yolu mevcuttur. Yapay sinir ağları öğrenme algoritmaları açısından danışmanlı, danışmansız ve destekleyici öğrenme şeklinde üçe ayrılabilir.

a-) Danışmanlı öğrenme

Danışmanlı öğrenme esnasında ağa sunulan giriş verileri için çıktı verileri de girilir. Ağa sunulan giriş verileri için beklenen çıkış verilerini oluşturmak amacıyla ağ kendi ağırlıklarını günceller. Ağın çıkış verileriyle istenen çıkış verileri kıyaslanıp hata hesaplanarak ağın yeni ağırlıkları bu hata payı doğrultusunda tanzim edilir.

Hata payı hesap edilirken ağın tüm çıkış verileriyle istenen çıkış verileri arasındaki fark hesaplanır ve bu farka istinaden her hücreye düşen hata payı tespit edilir. Sonrasında hücrelerin her biri kendisine gelen ağırlıkları güncelleştirir.

b-) Danışmansız öğrenme

Danışmansız öğrenmede ağ öğrenme esnasında yalnızca örnek giriş verilerini almaktadır. Herhangi bir istenen çıkış verisi sunulmaz. Girişte sunulan verilere göre ağ örneklerin her birini kendileri arasında sınıflandıracak biçimde kendi kriterlerini

belirler. Ağ bağlantı ağırlıklarını benzer nitelikteki yapıları ayırt edebilecek biçimde tanzim ederek öğrenmeyi bitirir.

c-) Destekleyici öğrenme

Bu öğrenme biçiminde ağın her iterasyonu neticesinde vardığı neticenin iyi ya da kötü olup olmadığı hususunda veri sunulur. Ağ bu veriler doğrultusunda kendisini tekrardan tanzim eder. Böylece ağ herhangi bir giriş verisi dizisi ile hem öğrenip hem de sonuç çıkarıp çalışmayı sürdürür.

Örnek olarak satranç oynayan bir yapay sinir ağı yapmış olduğu hamlenin iyi ya da kötü olduğunu anlık olarak fark edemese de hamleyi yapar. Oyun sona erdiğinde program oyundan galip çıktıysa yapmış olduğu hamlelerin iyi olduğunu varsayacak sonraki oyunlarında aynı hamleleri iyi olarak değerlendirip oynayacaktır.

6.1.5.3 Öğrenme zamanına göre yapay sinir ağları

Yapay sinir ağları öğrenme zamanı açısından statik ve dinamik öğrenme şeklinde ikiye ayrılır. Statik öğrenme ilkesiyle işlem yapan yapay sinir ağları kullanılmadan önce eğitilmektedir. Eğitim bitirildikten sonra ağ beklenen biçimde kullanılabilir. Fakat bu kullanım esnasında ağıdaki ağırlıklar üzerinde farklılık meydana gelmez. Dinamik öğrenme ilkesinde ise yapay sinir ağları işlem yaptığı zaman aralığında öğrenmeyi öngörüp dizayn edilmiştir. Yapay sinir ağı eğitim adımı tamamlandıktan sonra da daha sonraki kullanımlarında çıkış verilerinin kabul edilmesine göre ağırlıklarını ayarlayarak işlem yapmayı sürdürür (Çayıroğlu).

6.2 YSA'nın Yapısı

YSA'lar yapı olarak insan beynine ait fonksiyonlara benzer fonksiyonlar içerirler. Biyolojik sinir hücrelerine benzer yapıda oluşturulurlar. Bundan dolayı YSA'ların yapısını anlayabilmek için biyolojik sinir hücrelerinin yapısı ve işleyişi irdelenmelidir.

6.2.1 Biyolojik sinir hücresinin yapısı

Bir insan beyninde takribi olarak on milyar sinir hücresinin var olduğu ve bu sinir hücrelerinin birbirleri arasında oluşturmuş olduğu bağ miktarının altmış trilyon civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu sinir hücreleri giriş verilerini duyu organlarından alır. Sonrasında alıcı (taşıyıcı) sinir hücreleri bu sinyalleri işleyerek bir sonraki sinir hücresine aktararak sinyalin merkezi sinir sistemine kadar iletilmesini sağlar. Merkezi sinir sistemi bu sinyalleri alarak derledikten sonra tepki sinyallerini üretir. Bu sinyaller ise tepkilerin meydana gelen organlara tepki sinirleri vasıtası ile iletilir. Böylece sinir sistemi aracılığıyla duyu organlarından iletilen verilere karşı tepki organlarına uygun işaretler gönderilir.

Yapay sinir ağları biyolojik sinir ağlarının modellenmesi olduğundan dolayı, ilk önce biyolojik sinir sistemine dair yapıyı incelemek gereklidir. Biyolojik sinir sisteminin temelini oluşturan sinir hücresinin yapısı dört ana kısımdan meydana gelmektedir; dendrit, akson, çekirdek ve bağlantılar. Dendrit nöronun uç kısmında yer alır ve ağaç köküne benzer bir yapı görüntüye sahiptir.

Dendritlerin işlevi bağlı bulunduğu diğer sinir hücrelerinden ya da duyu organlarından gelen sinyalleri çekirdeğe iletmektir. Çekirdek dendritten gelen sinyalleri toparlayarak aksone iletir. Toparlanan bu sinyaller akson tarafından işlenerek sinir hücresinin uç kısmında yer alan bağlantılara iletilir. Bağlantılardan ise yeni üretilen sinyaller diğer sinir hücrelerine iletilir.

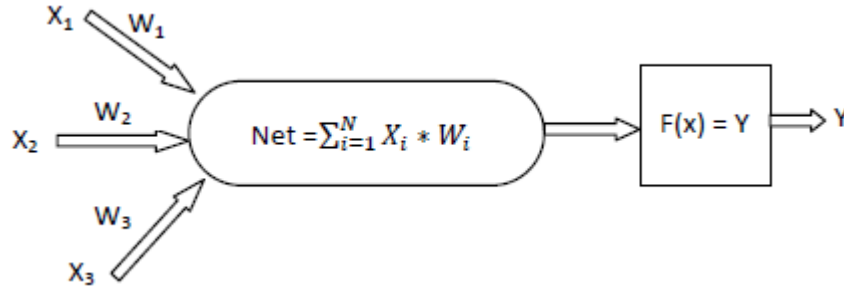
6.2.2 Yapay sinir hücresinin yapısı

Yapay sinir hücresi de biyolojik sinir hücresindeki gibi bir yapıya sahiptir. Yapay sinir hücreleri de aralarında bağ oluşturarak yapay sinir ağlarını kurarlar. Tıpkı biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi yapay sinir hücreleri de giriş sinyallerini alırlar, bu sinyalleri toparlayıp derlerler ve çıkış verilerini ilettikleri bölümlere sahiptirler.

Şekil 6.1’de görüleceği üzere bir yapay sinir hücresi beş bölümden meydana gelmektedir;

- Giriş verileri
- Ağırlıklar
- Toplama Fonksiyonu (Birleştirme Fonksiyonu)

- Aktivasyon fonksiyonu
- Çıkış verileri



Şekil 6.1. Yapay sinir hücresinin hesaplama yapısı (Çayıroğlu)

6.2.2.1 Giriş verileri

Giriş verileri sinir hücrelerine gelen bilgilerdir. Giriş verileri yapay sinir hücresine başka hücreden gelebileceği gibi doğrudan dış dünyadan da gelebilir. Bu giriş verilerinden gelen bilgiler biyolojik sinir hücrelerindeki benzer olarak toparlanmak için sinir hücresi çekirdeğine iletilir.

6.2.2.2 Ağırlıklar

Yapay sinir hücresine gelen bilgiler giriş verileri üzerinden çekirdeğe iletilmeden evvela gelmiş oldukları bağlantıların ağırlığı ile çarpılıp çekirdeğe gönderilir. Böylece giriş verilerinin üretilecek olan çıkış verisi üzerinde etkisi ayarlanabilmektedir. Bu ağırlıklara ait değerler pozitif, negatif ya da sıfır olabilir. Ağırlığı sıfır olan giriş verileri çıkış verisine hiçbir etki yapmamaktadır.

6.2.2.3 Toplama fonksiyonu (Birleştirme fonksiyonu)

Toplama fonksiyonu bir yapay sinir hücresine ağırlıklar ile çarpılıp gelen giriş verilerini toplayarak o hücreye ait net giriş verisini hesap eden bir fonksiyondur.

Bazı koşullarda gelen giriş verilerinin değeri dikkate alınırken bazı koşullarda ise gelen giriş verilerinin sayısı önem arz edebilmektedir. Bir sorun için en doğru toplama fonksiyonu tespit edilirken geliştirilmiş bir metot mevcut değildir. Genelde deneme yanılma yolu ile toplama fonksiyonu tespit edilmektedir. Bazı durumlarda her

hücrenin toplama fonksiyonuna benzer olması gerekli değildir. Bu hususların kararını tasarımcı verir.

6.2.2.4 Aktivasyon fonksiyonu

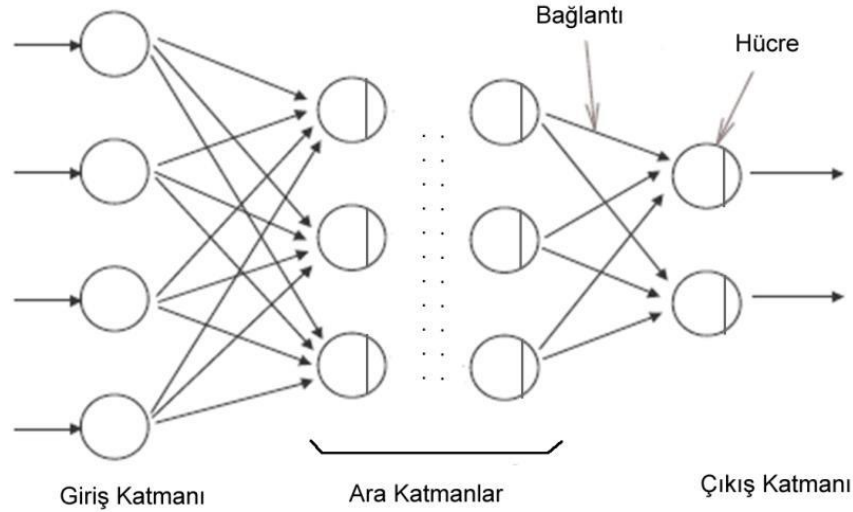
Aktivasyon fonksiyonu, hücreye gelen net giriş verisini derleyerek hücrenin bu giriş verisi ışığında ortaya çıkaracağı çıkış verisini tespit eder. Aktivasyon fonksiyonu genelde doğrusal olmayan bir fonksiyon tercih edilir. Yapay sinir ağlarının bir niteliği olan “doğrusal olmama” aktivasyon fonksiyonlarının doğrusal olmamasından kaynaklanmaktadır. Aktivasyon fonksiyonu tespit edilirken dikkat edilecek başka husus ise fonksiyona ait türevin kolayca hesaplanır olmasıdır. Geri beslemeli yapay sinir ağlarında aktivasyon fonksiyonuna ait türev de kullanıldığından hesaplamaların yavaş ilerlememesi maksadıyla türevi kolayca hesaplanır bir fonksiyon tercih edilir. Günümüzde yaygın bir şekilde tercih edilen “Çok katmanlı algılayıcı” modelinde genelde aktivasyon fonksiyonu olarak “Sigmoid fonksiyonu” tercih edilir.

6.2.2.5 Çıkış verileri

Aktivasyon fonksiyonundan çıkan değer hücrenin çıkış verisi değeridir. Bu değer ister yapay sinir ağının çıkış verisi şeklinde dış dünyaya verilir isterse yeniden ağın içerisinde kullanılır. Her hücrenin birden çok giriş verisi bulunmasına karşın tek çıkış verisi vardır. Bu çıkış verisi istenilen sayıda hücreye bağlanabilir.

6.2.3 Yapay sinir ağının yapısı

Yapay sinir ağı yapay sinir hücrelerinin birbirleri arasında bağ kurmasıyla meydana gelmiş yapıdır. Yapay sinir ağı üç temel katmanda irdelenir; Giriş katmanı, ara (gizli) katmanlar ve çıkış katmanı. Yapay sinir ağı mimarisinde ilgili katmanlar Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Yapay sinir ağının yapısı (Çayiroğlu)

6.2.3.1 Giriş katmanı

Yapay sinir ağına dışarıdan giriş verilerinin girdiği katmandır. Bu katmanda dış dünyadan gelen giriş sayısı miktarınca hücre olmasına rağmen genel olarak giriş verileri herhangi bir işlem görmeden diğer katmanlara aktarılmaktadır.

6.2.3.2 Ara (Gizli) katman(lar)

Giriş katmanından çıkan veriler bu katmana gelir. Ara katman sayısı ağdan ağa değişiklik gösterebilir. Bazı yapay sinir ağlarında ara katman bulunmaz iken bazılarında ise birden çok ara katman yer almaktadır. Ara katmanlardaki sinir hücresi sayısı giriş ve çıkış sayısına bağlı değildir. Birden çok ara katman bulunan ağlarda ara katmanların kendi aralarındaki hücre sayıları da farklılık gösterebilir. Ara katmanların sayısı ile bu katmanlar bulunan sinir hücrelerinin sayısının artışı hesaplamayı karmaşık hale getirir ve hesaplama süresini artırır. Fakat bu durum yapay sinir ağının daha kompleks sorunların çözümlenmesinde de tercih edilmesini sağlamaktadır.

6.2.3.3 Çıkış katmanı

Ara katmanlardan gelen verileri derleyerek ağın çıkış verilerini oluşturan katmandır. Bu katmanda oluşturulan çıkış verileri dışarıya iletilir. Geri beslemeli

ağlarda bu katmanda oluşturulan çıkış verisi kullanılarak ağa ait yeni ağırlıklar hesaplanır (Çayıroğlu).

6.3 Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi

İnsan beyni doğumdan sonraki gelişim evresinde çevreden duyu organları vasıtasıyla aldığı davranışları yorumlar ve bu verileri başka davranışlarında kullanır. Yaşam sürecinde beyin gelişerek tecrübe kazanır. Artık olgulara karşı nasıl tepki vereceğini genelde bilir. Ama hiç karşısına çıkmamış bir olguya karşı tecrübesiz kalabilir. Yapay sinir ağları öğrenme sürecinde de dış ortamdan girişler alır, aktivasyon fonksiyonundan geçirerek bir tepki çıkış verisi oluşturur. Bu çıkış verisi tecrübe ile verilen çıkış verisiyle karşılaştırılmasıyla hata hesaplanır.

Farklı öğrenme algoritmaları ile hata azaltılarak gerçek çıkış verisine yaklaşılmaya çalışılır. Bu çalışma süresince yenilenen yapay sinir ağının ağırlıklarıdır. Ağırlıklar her bir çevrimde yenilenip hedefe ulaşılmaya çalışılır. Hedefe ulaşmanın ya da yaklaşmanın ölçütü de dışarıdan verilen bir değerdir. Eğer yapay sinir ağı verilen giriş-çıkış çiftleri ile hedefe ulaşmışsa ağırlık değerleri kaydedilir.

Ağırlıkların durmadan yenilenip hedeflenen sonuca ulaşmaya kadar geçen zaman dilimine öğrenme denir. Yapay sinir ağı öğrendikten sonra önceden verilmeyen giriş verileri sunularak, sinir ağı çıkış verisiyle gerçek çıkış yaklaşımı irdelenir. Eğer yeni sunulan örneklerle de doğru yaklaşım sergiliyorsa sinir ağı işi öğrenmiş denilebilir. Sinir ağına sunulan örnek sayısı optimum değerden fazlaysa sinir ağı işi öğrenmemiş, ezber yapmış demektir. Genellikle mevcuttaki örneklerin %80 ağa sunularak ağ eğitilir. Sonrasında kalan %20'lik kısım sunularak ağın davranışı irdelenir. Bunun sonucunda ağ test edilmiş olur.

6.3.1 Öğrenme süreci ve aşamaları

Ağın öğrenmesi için daha önce gerçekleştirilmiş örneklerin bulunup toplanması gerektiği gibi (eğitim seti) ağın test edilmesi için de örneklerin (test seti) toplanması gerekmektedir. Eğitim setindeki örnekler birer birer tanıtılarak ağın olguyu öğrenmesi sağlanır. Ağ olguyu öğrendikten sonra test setindeki örnekler tanıtılarak ağın performansı değerlendirilir. Daha önce karşılaşmadığı örnekler karşısında sergilediği davranış ağın öğrenme becerisini gösterir.

İlk olarak öğrenilmesi istenen olgu için teşkil edilecek olan ağın topolojik yapısı oluşturulur. Kaç adet giriş veri ünitesi, kaç adet ara katman, her ara katmanda kaç adet süreç eleman, kaç adet çıkış verisi olacağı bu etapta tespit edilmektedir. Öğrenme işlemi esnasında ağın öğrenme katsayısı, süreç elemanlarının toplama ve aktivasyon fonksiyonları, momentum katsayısı gibi değişkenler tanımlanmaktadır.

Süreç elemanları arasında bağ kuran ağırlık değerlerinin ve eşik değer ünitesi ağırlıklarının giriş değerleri tayin edilir. Başlangıçta genelde rastgele değerler tayin edilir. Sonradan ağ optimum değerleri öğrenme esnasında kendisi tespit eder.

Ağın öğrenmeye başlaması ve öğrenme kriterine uygun şekilde ağırlıkları değiştirebilmesi amacıyla ağa örnekler belirli bir düzene göre tanıtılır. Sunulan girdi için ileri hesaplama yöntemi ile ağın çıktı değerleri hesaplanır. Ağın ürettiği hata değerleri, gerçekleşen çıktının hedeflenen çıktı ile karşılaştırılması ile hesaplanır. Geri hesaplama metodu uygulanarak ortaya çıkan hatanın azalması için ağırlıklar değiştirilir.

6.3.2 Öğrenmenin tamamlanması

İleri beslemeli sinir ağı öğrenmeyi tamamlayana kadar, yani gerçekleşen ile istenilen çıkış verileri arasındaki hatalar makbul seviyeye gelinceye kadar sürer. Ağa tanıtılan giriş verisi örneği için beklenen çıkış verisini oluşturmasını sağlayacak ağırlık değerleri ilk olarak rastgele tayin edilmekte ve ağa örnekler tanıtıldıkça ağırlıklar değiştirilerek hedeflenen değerlere ulaşması sağlanmaktadır. Hedeflenen ağırlık değerlerinin ne olduğu tahmin edilmemektedir. Bundan dolayı YSA'nın davranışlarını yorumlamak ve tasvirlemek mümkün değildir.

Bazen ağın takılıp kaldığı nokta hata seviyesinin üzerinde olabilir. Böylesi bir durumda ağa olayı öğretmek maksadıyla birtakım değişiklik yapıp tekrar eğitime tabi tutulması gereklidir. Bu işlemlerden birkaçı şöyle olabilir; Başlangıç değerleri üzerinde değişiklik yapılabilir. Ağ topolojisi üzerinde değişiklikler yapılabilir. Ağın parametreleri üzerinde değişiklikler yapılabilir. Ağ verilen bilgilerin gösterilişi ve örneklerle ait formülasyon değiştirilip yeni örnek seti oluşturulabilir. Öğrenme setinde bulunan örneklerin adedi artırılabilir ya da azaltılabilir.

İleri beslemeli sinir ağının lokal sonuçlarda takılıp kalmaması maksadıyla momentum katsayısı geliştirilmiştir. Ağların eğitiminde öğrenme zamanının çok uzun sürmesi önemli bir problemdir. Ağırlık değerlerinin başlangıçta büyük değer aralığında seçilmesi halinde ağ lokal sonuçlara düşmekte ve bir lokal sonuçtan diğerine sıçrama

yapmaktadır. Eğer ağırlıkların küçük değer aralığında seçilmesi halinde ağırlıkların uygun değerleri bulabilmesi uzun zaman almaktadır. Bazı problemlerin çözümü 200 iterasyon kadar sürerken bazıları ise 5-10 milyon iterasyon kadar sürebilmektedir.

Ağın öğrenmesine dair gösterimin en uygun yöntemi hata grafiğini çizmektir. Her iterasyonda meydana gelen hataya dair grafik çizilir ise hatanın zamanla düştüğü gözlemlenebilir. Belli bir iterasyondan sonra hatanın azalmayacağı gözlemlenir. Böylesi durumda ağ öğrenmeyi tamamlamıştır ve daha iyi bir sonuç bulunamayacaktır. Ortaya çıkan çözümleme kabullenir değilse o halde ağ lokal bir çözümlemeye takılmıştır.

6.4 Katsayıların Tespit Edilmesi

İleri beslemeli sinir ağında bağlantılara ait ağırlık değerleri başlangıçta tespit edilirse ağın başarısı buna bağlı olarak etkilenecektir. Genelde ağırlıklar belli aralıkta tutulmaktadır. Bu aralığın büyük tutulması halinde ağın lokal çözümler arasında devamlı dolaşıp durduğu küçük tutulması halindeyse öğrenmenin uzun zaman aldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlerin tayin edilmesi için henüz standart bir metot mevcut değildir. Deneyimler 0.1 ile 1.0 aralığındaki değerlerin daha uygun sonuçlara ulaştığını göstermiştir. Ama bu öğrenilmesi talep edilen problemin özelliğine bağlıdır.

Başlangıç değerleri kadar öğrenme ve momentum katsayılarının tespit edilmesi de ağın öğrenme performansını etkiler. Öğrenme katsayısı ağırlıkların değişiklik miktarını tespit etmektedir. Büyük değerler seçilecek olursa ağın lokal çözümler arasında dolaşıp durması ve osilasyon yaşaması söz konusudur. Küçük değerler seçilecek olursa öğrenme zamanı artmaktadır. Deneyimler genelde 0.2-0.4 aralığındaki değerlerin kullanıldığını göstermiştir. Bazı uygulamalarda öğrenme katsayısı 0.6 değerini aldığı daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bu durum aslında probleme bağlıdır.

Bunlarla beraber momentum katsayısı da ağın öğrenme başarısını etkilemektedir. Momentum katsayısı bir önceki iterasyondaki değişikliğin belli bir kısmının yeni değişiklik miktarına eklenmesidir. Bu bilhassa lokal çözümlemelere takılıp kalan ağların sıçramayla daha iyi sonuçlara ulaşabilmesi için önerilmiştir. Bu değerler küçük olursa lokal çözümlemelerden kurtulmak zorlaşabilir. Çok büyük olursa da çözümleme yapmada sıkıntılar yaşanabilir. Deneyimler momentum katsayısının 0.6-0.8 aralığında daha uygun sonuçlar vereceğini göstermiştir. Problemin özelliğine göre kullanıcı tespit ederse yararlı olur.

6.5 YSA’da Kullanılan Farklı Öğrenme Algoritmaları

6.5.1 Levenberg-Marquardt (LM) algoritması

Bolat ve Kalenderli (2003) yaptıkları çalışmada Levenberg-Marquardt algoritmasını şöyle açıklamaktadır. Geriye yayılım algoritması, yapay sinir ağlarında çokça tercih edilen algoritmadır. Geriye yayılım öğrenmesi esnasında ağ, her giriş örüntüsünü, çıkış sinir hücrelerinde sonuç oluşturmak için gizli katmanlardaki sinir hücrelerinden geçirir. Sonrasında çıkış katmanındaki hataları tespit etmek için, istenilen sonuç ile, ortaya çıkan sonuç kıyaslanır. Daha sonra, çıkış hatalarının türevi çıkış katmanından geriye doğru gizli katmanlara geçirilir. Hata değeri hesaplandıktan sonra, sinir hücreleri kendi hatalarını azaltmak için ağırlıklarını ayarlar. Ağırlık değiştirme denklemleri, ağdaki performans fonksiyonunu en küçük yapacak biçimde düzenlenir.

İleri beslemeli ağlarda kullanılan öğrenme algoritmaları, performans fonksiyonunu en küçük yapacak ağırlıkları ayarlayabilmek için, performans fonksiyonunun gradyenini kullanırlar. Geriye yayılım algoritması da, ağ boyunca gradyen hesaplamalarını geri yönlü yapar. En basit geriye yayılım öğrenme algoritması gradyen azalmasıdır. Bu algortmada ağırlıklar, performans fonksiyonunun azalmasına göre ayarlanır. Ama bu metot, çoğu problem için yavaş kalmaktadır. Bu algortmadan daha hızlı, daha yüksek performanslı algortmalar da mevcuttur.

Hızlı algortmalar genelde iki kategoriye ayrılabilir. İlk kategorideki algortmalar, deneme yanılma yöntemlerini kullanıp, standart gradyen azalması (steepest descent) yönteminden daha iyi sonuçlar verebilir. Deneme-yanılma yöntemlerini kullanan geriye yayılım algortmaları; momentum terimli geriye yayılım, öğrenme hızı değişen geriye yayılım ve esnek geriye yayılım algortmalarıdır. Hızlı algortmaların ikinci kategorisindeki algortmalar, standart sayısal optimizasyon metotlarını kullanırlar. Bu algortmalar ise; eşlenik gradyen öğrenme algortması, Newton öğrenme algortmaları ve Levenberg-Marquardt öğrenme algortmasıdır.

Öğrenme algortmaları, daha önceden geliştirilmiş olan algortmalara alternatif olarak ortaya çıkmıştır ve önceki algortmaların iyi özelliklerini geliştirerek, kötü özelliklerini azaltmayı amaçlamıştır. Levenberg-Marquardt algortması da, Newton ve Gradyen Azalması algortmalarının iyi özelliklerinden meydana gelir ve kısıtlamalarını ortadan kaldırır. Genelde Levenberg-Marquardt algortması yavaş yakınsama

probleminden etkilenmez. Burada amaç, performans fonksiyonunu en küçük yapacak ağırlık değerini bulmaktır (Bolat ve Kalenderli, 2003).

Levenberg-Marquardt (LM) algoritması, Newton algoritmasının farklı bir uyarlamasıdır. Yakınsama hızı ikinci dereceden olup sonuca ulaşma daha yavaş olmaktadır. En büyük dezavantajı fazla bellek gerektirmesidir (Ham ve Kostanic, 2002).

6.5.2 Broydon-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS) algoritması

Bu öğrenme algoritması amaca iyi erişen bir Quasi-Newton yöntemidir. Hessian matrisinin her iterasyonda takribi değerinin hesap edilmesi esasına dayanır (Dennis ve Schnabel, 1983). Hesaplama işlemi gradyenin bir fonksiyonu yapıp algoritma güncellenir.

6.5.3 Fletcher-Reeves (CGF) algoritması

Eşleştirmeli gradyen öğrenme algoritmalarından biridir. Hızlı gradyen düşüş doğrultusundan genelde daha çabuk sonuca yakınsayan eşleştirme doğrultusunda bir arama işlemi uygulanır. Adım ölçüsü her bir iterasyonda tekrar düzenlenir (Hagan ve ark., 1996).

6.5.4 Resilient Backpropagation (RP) algoritması

RP öğrenme algoritmasının hedefi kısmi türevlerin genliklerine dair zararlı etkileri bertaraf etmektir. Ağırlıkların güncelleştirilmesinde türev genliğinin herhangi bir etkisi olmayıp yalnızca türevin işareti kullanılır (Riedmiller ve Braun, 1993).

6.5.5 Scaled Conjugate Gradient (SCG) algoritması

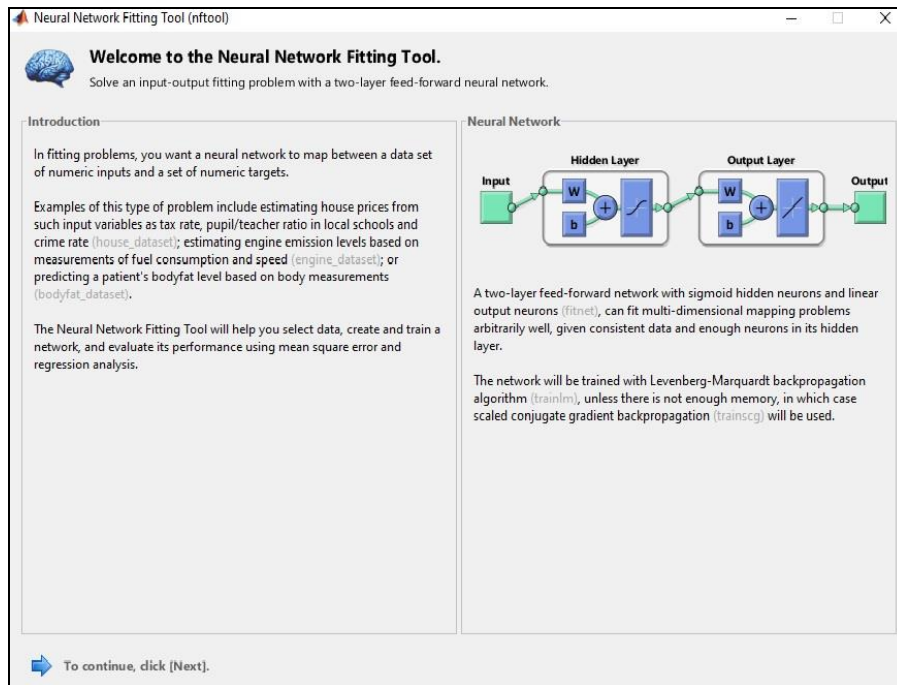
SCG algoritması, ağırlıkları ve giriş değerleri mevcut ve türevi alınabilir transfer fonksiyonları olan tüm yapay sinir ağlarının eğitiminde tercih edilen bir öğrenme algoritmasıdır. Ağırlık ve bias değerleri Conjugate Gradient algoritmasına göre değiştirilmektedir (Özkaya ve Sağıroğlu, 2008). SCG ise Moller tarafından bu algoritmanın karmaşıklığının giderilerek geliştirilmesi sonucu elde edilmiş bir öğrenme algoritmasıdır (Moller, 1993).

7 DENEYSEL VERİLERİN YAPAY SİNİR AĞLARINDA MODELLENMESİ VE ELDE EDİLEN SONUÇLARIN MEVCUT YÖNETMELİKLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışmada betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin kesme kapasitelerinin belirlenmesinde etkili olan parametrelerin münferit olarak etkilerinin irdelenmesinin gerçekçi sonuçlar vermeyeceği anlaşılmıştır. Bunun üzerine kiriş kesme kapasitesinin belirlenmesi için, bu parametrelerin topyekûn irdelenmesi ve daha doğru sonuçlara yaklaşabilmek adına birkaç çeşit YSA oluşturulmuştur. Bu bölümde ise YSA'ların oluşturulmasına, elde edilen sonuçların yorumlanmasına değinilecektir.

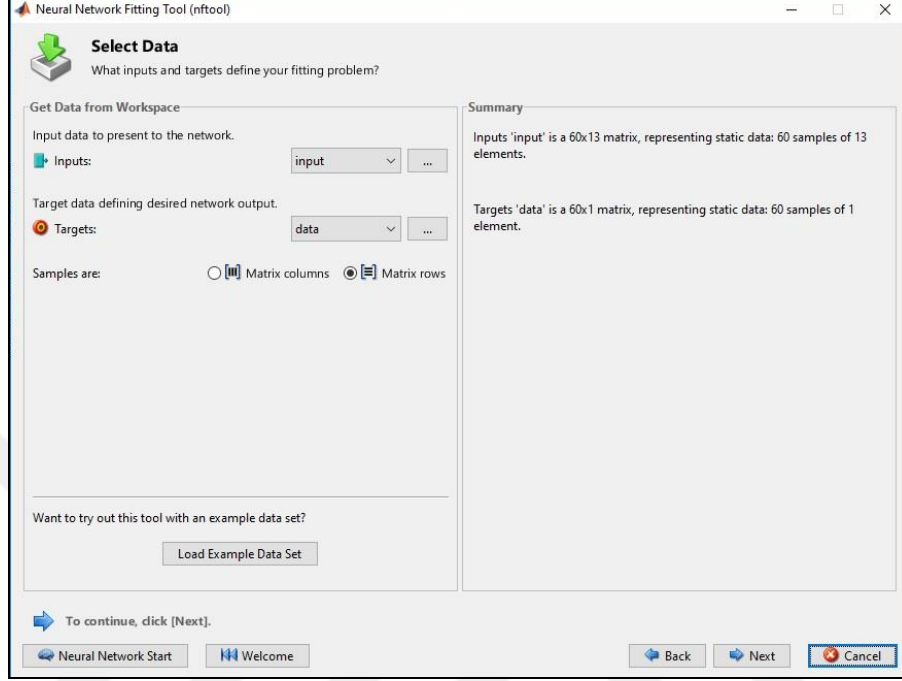
Daha önceden SI birim sisteminde oluşturulmuş olan betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin kesme kapasitelerine ait deneysel veriler, MATLAB R2013a (8.1.0.604) programında modellenmiştir.

Şekil 7.1-7.9'da örnek olarak bir YSA'nın MATLAB'ta oluşturulması, eğitilmesi, test edilmesi ve sonuçlarının incelenerek kaydedilmesi sırasıyla verilmiştir. İlk olarak MATLAB'ta Neural Network Fitting Tool kullanarak YSA oluşturulmasına başlanmıştır (Şekil 7.1.).



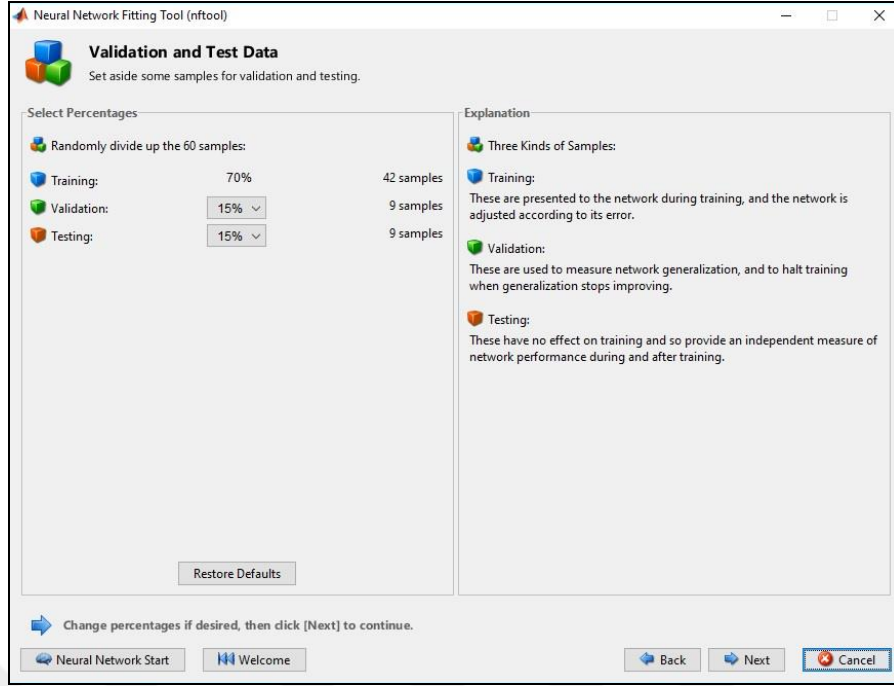
Şekil 7.1. MATLAB'ta Neural Network Fitting Tool kullanarak YSA'nın oluşturulmasına başlanması

Bir sonraki adımda ise YSA'nın giriş ve çıkış verileri girilmiştir (Şekil 7.2.). Giriş ve çıkış verileri olarak 10. Bölümde (Ekler) verilen veri seti kullanılmıştır. Veri setinin genel özelliklerine aşağıda değinilecektir.



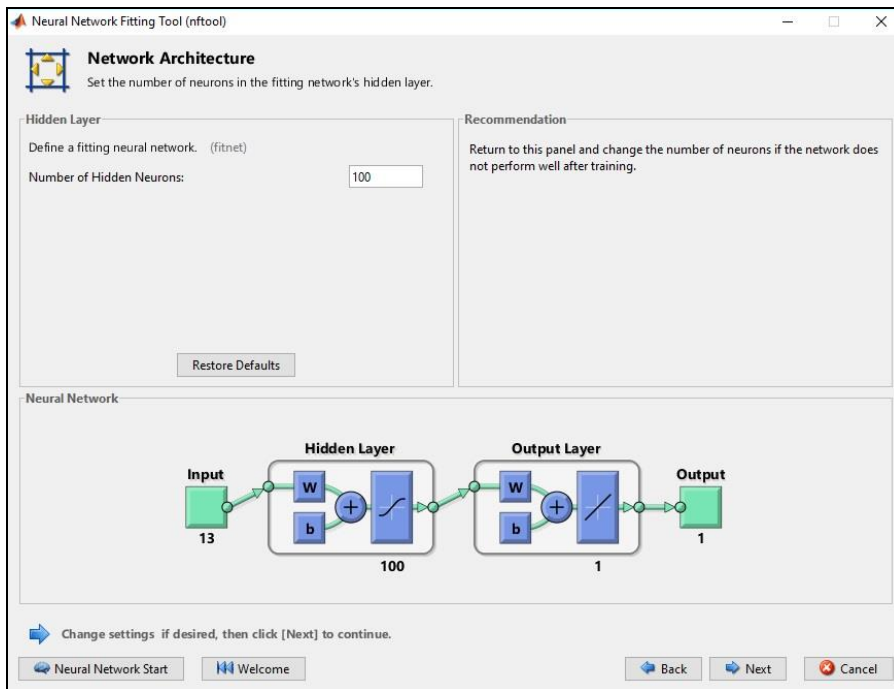
Şekil 7.2. MATLAB'ta YSA'nın giriş ve çıkış verilerinin girilmesi

Sonraki adımda ise YSA'da kullanılacak olan eğitim, doğrulama ve test verilerinin oranları belirlenmiştir (Şekil 7.3.). Literatürde bu oranlar için değişik yaklaşımlar bulunmakla beraber sıklıkla tercih edilen %70, %15 ve %15 oranları bu çalışmada kullanılmıştır. Bu oranların değiştirilmesi sonuca etki edebilir fakat bu çalışmada bu oranlar sabit tutularak ayrı bir parametre olarak düşünülmemiştir.



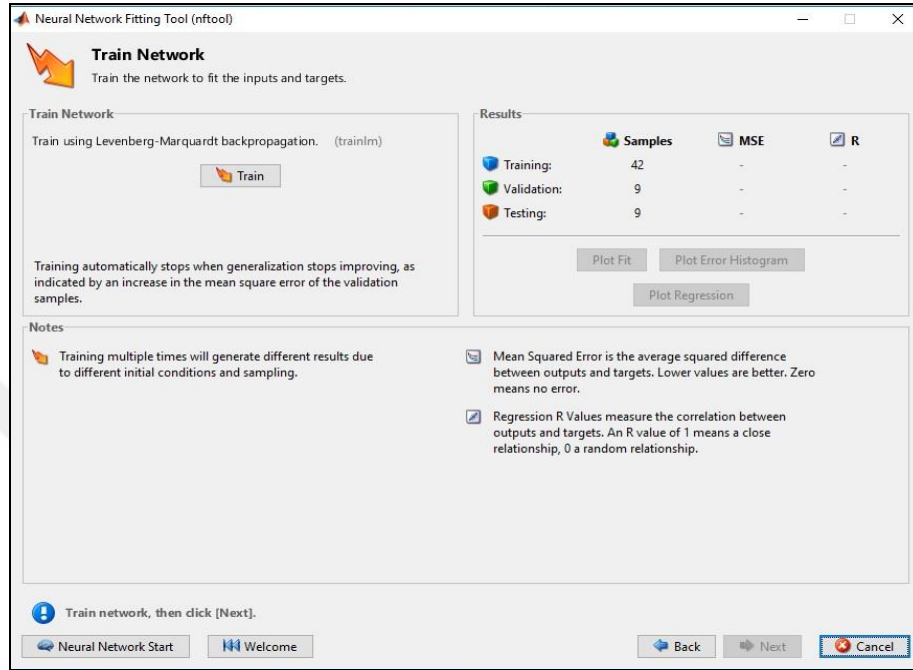
Şekil 7.3. MATLAB'ta YSA'nın eğitim (training), doğrulama (validation) ve test (test) için kullanılacak olan verilerin oranlarının belirlenmesi

Bir sonraki adımda ise YSA yapısında oluşturulacak olan gizli düğüm sayısı belirlenmiştir (Şekil 7.4.). Literatürde gizli düğüm sayıları için de çok değişik yaklaşımlar mevcuttur. Gizli düğüm sayılarının değişimi çalışmanın başarısına etki etmektedir. Bu çalışmada gizli düğüm sayısı 100 olarak belirlenmiştir.



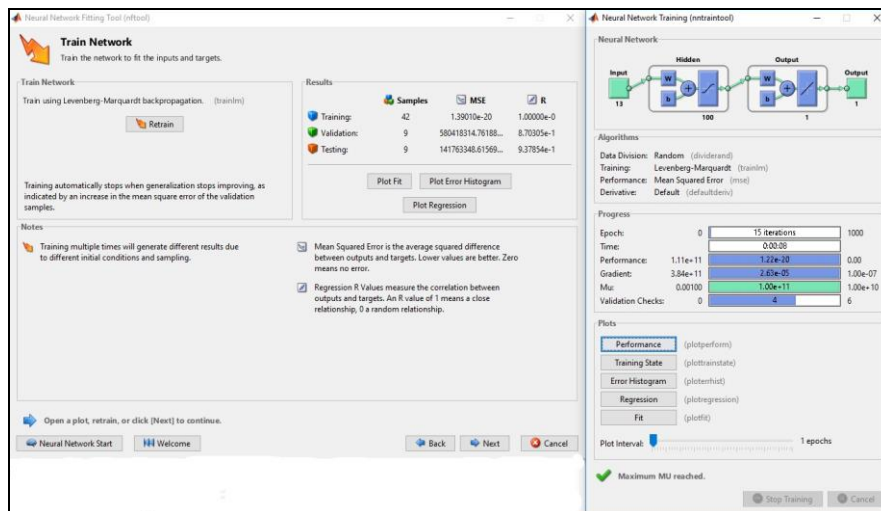
Şekil 7.4. MATLAB'ta YSA yapısında oluşturulacak olan gizli düğüm sayısının belirlenmesi

Sonraki adımda ise en iyi sonuç elde edilene kadar eğitime devam edilmiştir (Şekil 7.5.). En iyi sonuç izafı bir kavram olmakla beraber literatürde eğer benzer datalarla yapılmış olan başka bir çalışma varsa bu çalışmadaki başarının üzerinde bir başarı elde etmek olarak düşünülmektedir.



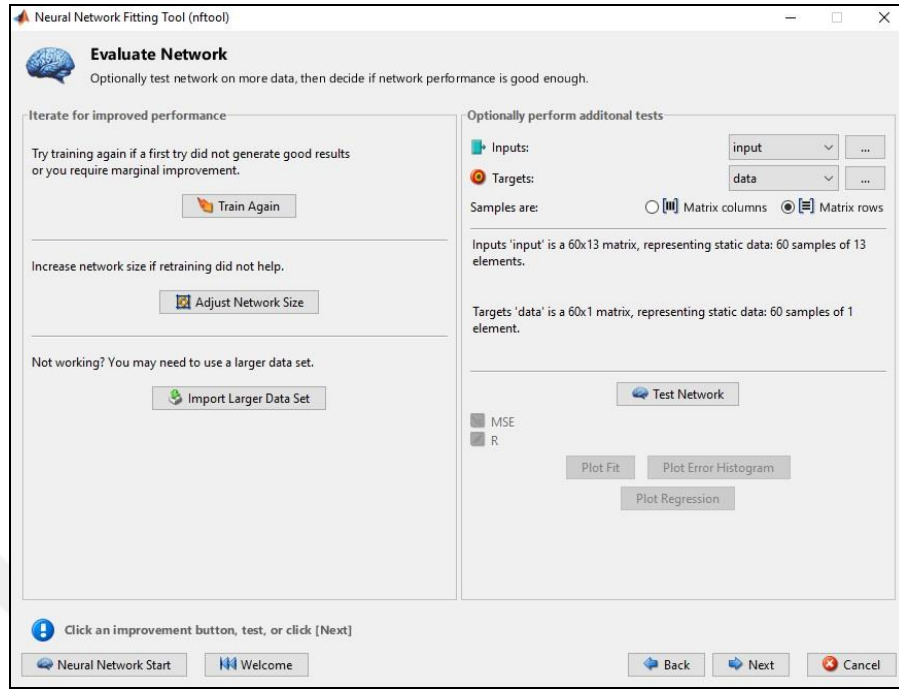
Şekil 7.5. MATLAB'ta YSA'dan en iyi sonuç elde edilene kadar eğitilmesi

Sonraki adımda ise YSA'nın eğitim sonuçları incelenmiştir. Eğitim sonuçları tatmin edici seviyede olmadığında tekrar eğitime başlanarak ("Retrain" butonuna basarak) en iyi sonuç elde edilmeye çalışılmıştır (Şekil 7.6.).



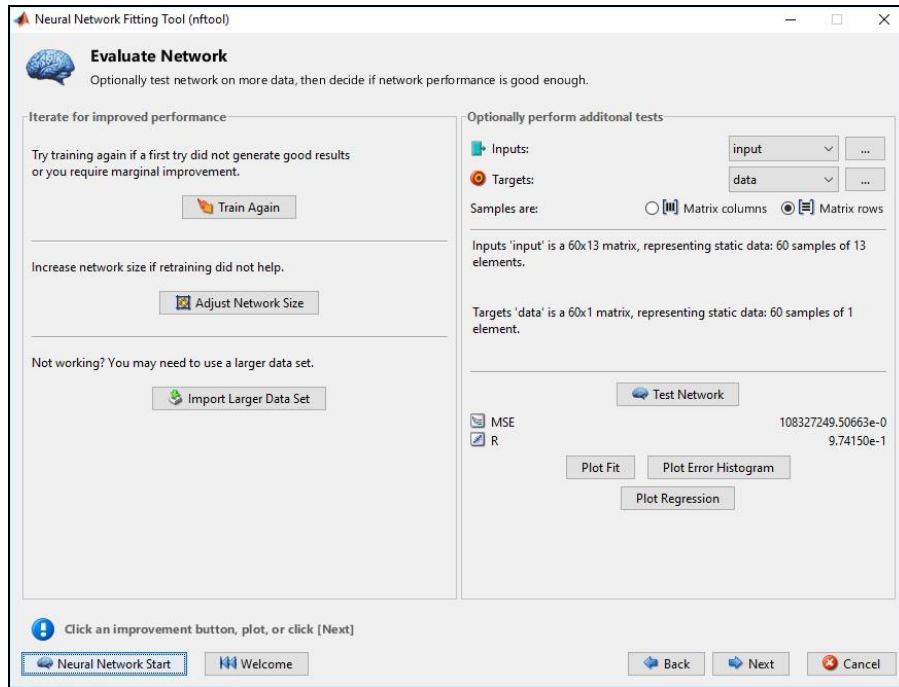
Şekil 7.6. MATLAB'ta YSA'nın eğitim sonuçlarının incelenmesi

Daha sonraki adımda ise eğitilmiş olan YSA test edilmiştir (Şekil 7.7.).



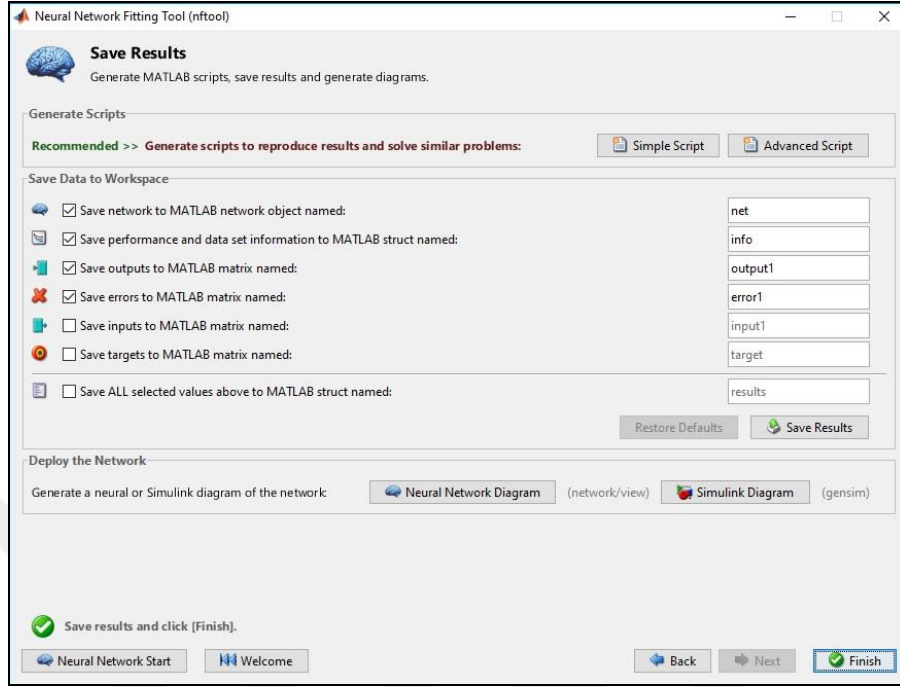
Şekil 7.7. MATLAB'ta eğitilmiş olan YSA'nın test edilmesi

Son olarak oluşturulan YSA'nın test sonuçları incelenmiştir (Şekil 7.8.).



Şekil 7.8. MATLAB'ta YSA'nın test sonuçlarının incelenmesi

En son adımda ise MATLAB'ta oluşturulmuş olan YSA'ya ait sonuçlar kaydedilerek YSA tamamlanmıştır (Şekil 7.9.).



Şekil 7.9. MATLAB'ta oluşturulmuş olan YSA sonuçlarının kaydedilmesi

Bu çalışmada, YSA'lar modellenirken betonarme ve öngerilmeli beton kirişler, sargılı ve sargısız olarak yükleme şekilleri de göz önüne alınarak ayrı ayrı incelenmiştir. Dolayısıyla tüm veri seti dörde bölünerek dört farklı analiz yapılmıştır. Çalışmada mesnetlenme koşullarını ayrı bir değişken olarak düşünmemek için sadece basit mesnetli (SS (Simple Support)) kirişler tercih edilmiştir. Veri seti incelendiği zaman en fazla verinin bu kategoride olduğu da görülmektedir.

878 adet betonarme kirişten 821 kiriş dikdörtgen, 4 kiriş I-kesitli ve 53 kiriş ise T-kesitlidir. Basit mesnetli (SS) olup 1 veya 2 tekil yükle yüklenmiş dikdörtgen kesitli betonarme kirişlerin toplam sayısı ise 723'tür. Bu nedenle betonarme kirişler için modellemede sadece basit mesnetli, dikdörtgen kesitli kirişler, sargılı ve sargısız olarak ayrı ayrı incelenmiştir.

485 adet öngerilmeli beton kirişten 163 kiriş dikdörtgen, 244 kiriş I-kesitli ve 78 kiriş ise T-kesitlidir. Basit mesnetli (SS) olup 2 tekil yükle yüklenmiş dikdörtgen kesitli öngerilmeli beton kirişlerin toplam sayısı 70'tir. Basit mesnetli (SS) olup 2 tekil yükle yüklenmiş I-kesitli öngerilmeli beton kirişlerin toplam sayısı ise 229'dur. Bu nedenle öngerilmeli beton kirişler için modellemede basit mesnetli, 2 tekil yükle yüklenmiş

dikdörtgen kesitli kirişler, sadece sargısız olarak; I-kesitli kirişler ise sargılı ve sargısız olarak ayrı ayrı incelenmiştir.

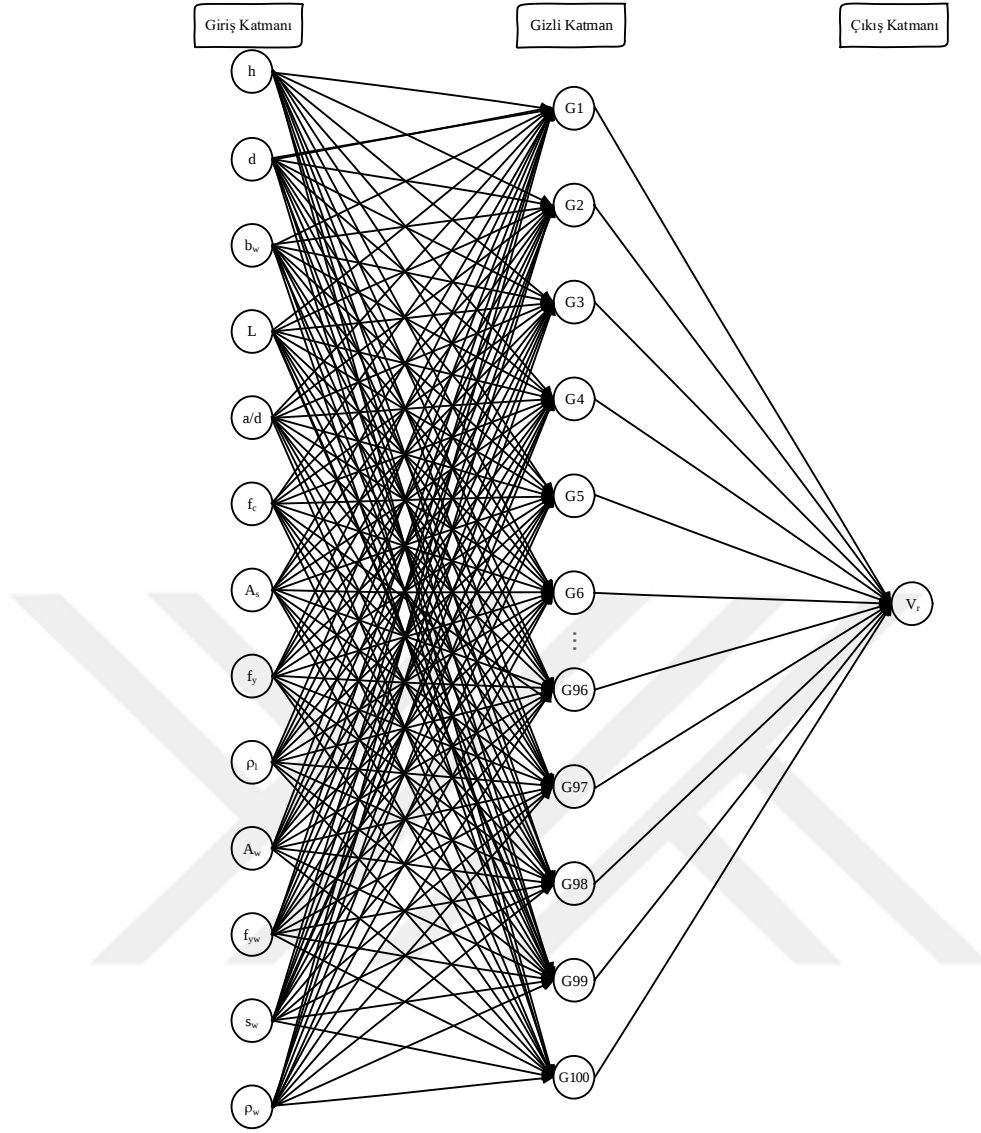
Özetle söylemek gerekirse, YSA modellerinde 723 adet betonarme kiriş, 299 adet öngerilmeli beton kiriş olmak üzere toplamda 1022 adet kiriş için veriler modellenmiştir. Çizelge 7.1’de kirişlerin sayısal dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. YSA modellemeleri için kirişlerin sayısal dağılımı

Kiriş Tipi		1 Tekil Yükle Yüklenmiş		2 Tekil Yükle Yüklenmiş	
		Sargılı	Sargısız	Sargılı	Sargısız
Betonarme	Dikdörtgen Kesitli	60	188	77	398
	Dikdörtgen Kesitli	-	-	-	70
Öngerilmeli Beton	I-Kesitli	-	-	139	90

YSA modellemelerinde öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt algoritması tercih edilmiştir. YSA modellerinde eğitim (training) için kullanılan kiriş adedi kiriş toplam adedinin %70’ini, doğrulama (validation) için kullanılan kiriş adedi kiriş toplam adedinin %15’ini, test için kullanılan kiriş adedi ise kiriş toplam adedinin %15’ini teşkil etmiştir. YSA modellerinde kullanılan gizli düğüm (neuron) sayısı ise 100 olarak seçilmiştir. İterasyon (epoch) sayısı ise 0-1000 aralığında seçilmiştir. Momentum katsayısı ise 0.9 olarak seçilmiştir.

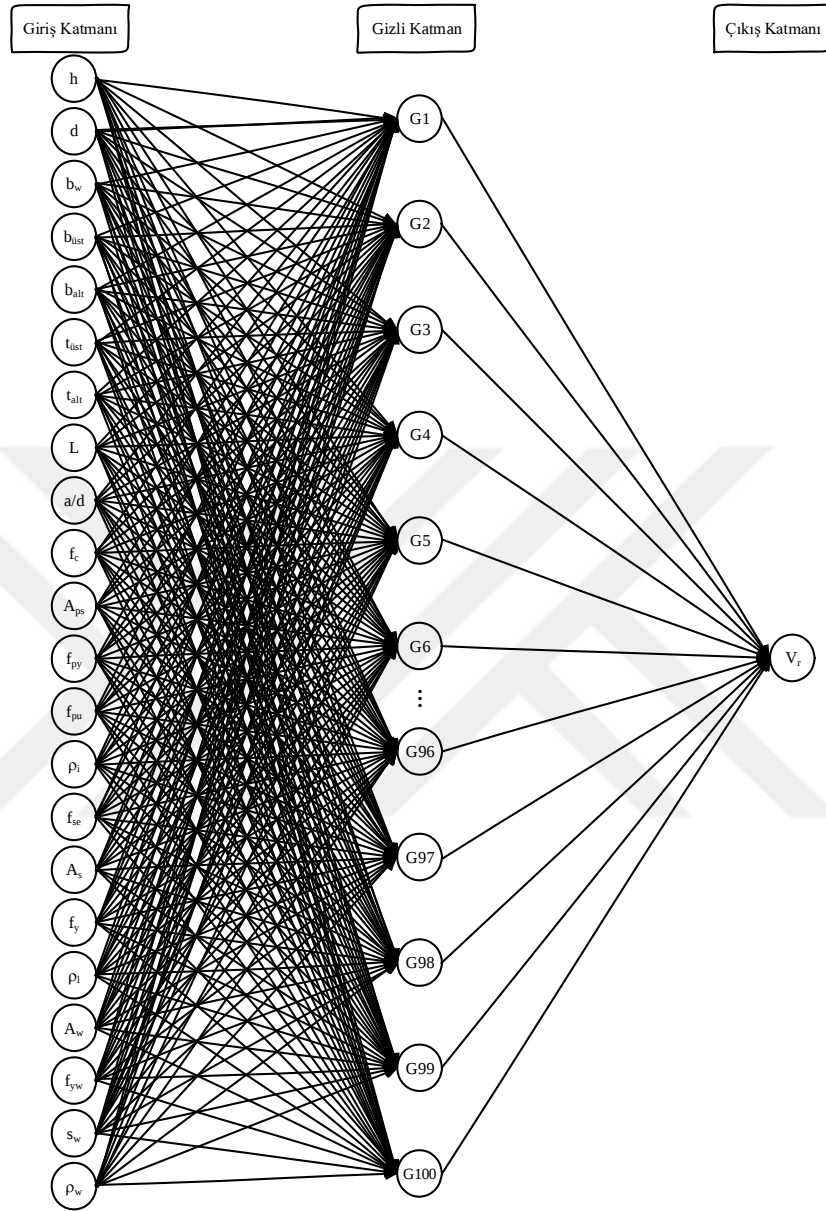
Betonarme kirişlerden sargısız olanlar için YSA modellemesinde kullanılan parametreler; h , d , b_w , L , a/d , f_c , A_s , f_y , ρ_l ’dir. Sargılı olan kirişler için ise bunlara ilaveten; A_w , f_{yw} , s_w , ρ_w parametreleri kullanılmıştır. Toplamda 13 ayrı parametre üzerinden YSA oluşturulmuştur. Betonarme kirişler için kurulan YSA ağ yapısı Şekil 7.10’da gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi giriş katmanında 13 farklı düğüm çıkış katmanında ise sadece bir düğüm bulunmaktadır. Gizli düğüm katmanı ise 100 adet düğümden oluşmaktadır.



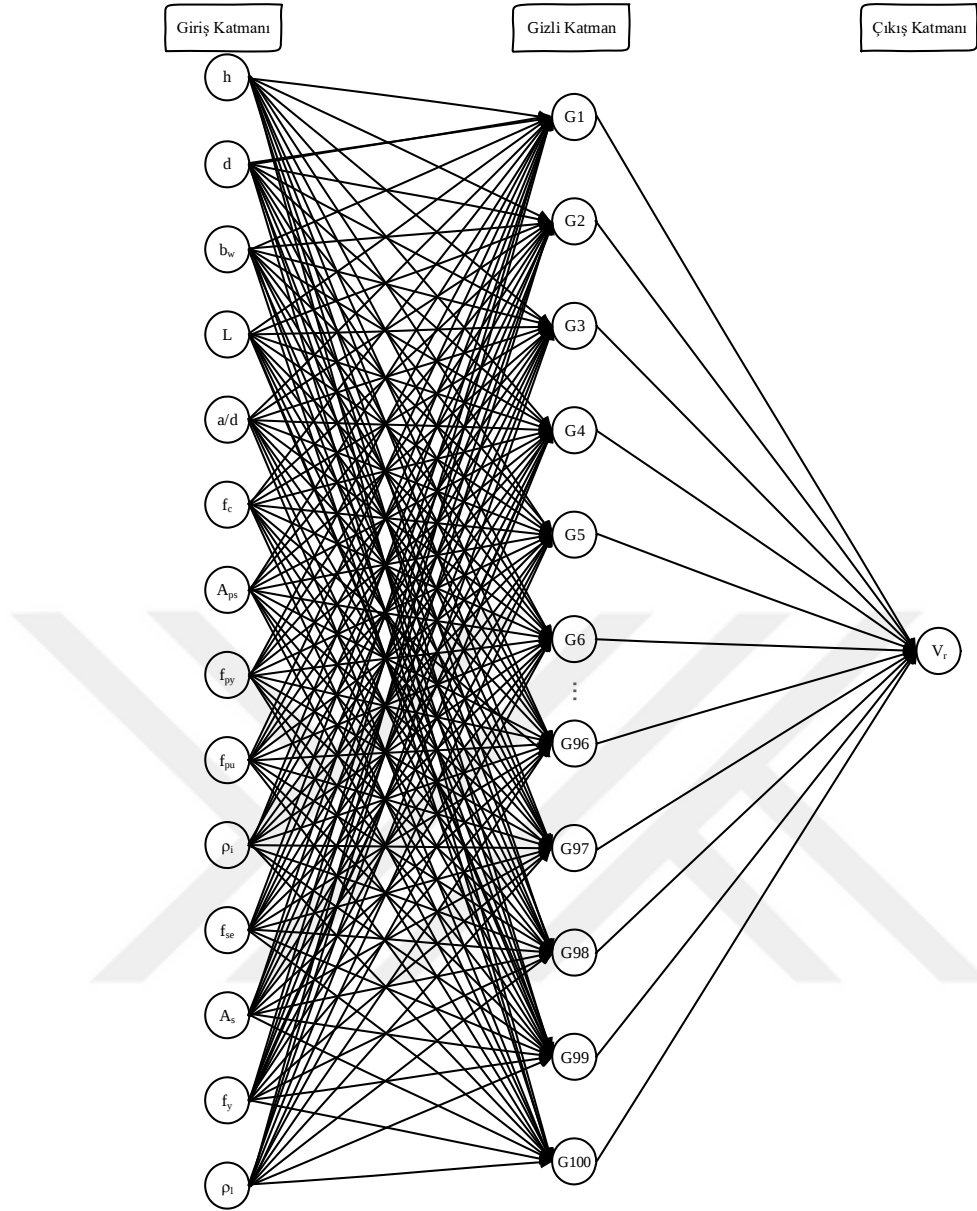
Şekil 7.10. Betonarme kirişler için YSA ağ yapısı

Öngerilmeli beton kirişlerden sargısız olanlar için YSA modellemesinde kullanılan parametreler; h , d , b_w , $b_{üst}$, b_{alt} , $t_{üst}$, t_{alt} , L , a/d , f_c , A_{ps} , f_{py} , f_{pu} , ρ_i , f_{se} , A_s , f_y , ρ_l 'dir. Sargılı olan kirişler için ise bunlara ilaveten; A_w , f_{yw} , s_w , ρ_w parametreleri kullanılmıştır. I ve dikdörtgen kesitli kirişlerde toplamda 22 ayrı parametre üzerinden YSA oluşturulmuştur. Öngerilmeli beton kirişler için kurulan YSA ağ yapısı Şekil 7.11'de gösterilmiştir. Şekil 7.11'den de görüleceği gibi I-kesitli bir öngerilmeli beton kirişin giriş katmanında 22 farklı düğüm, çıkış katmanında ise sadece bir düğüm bulunmaktadır. Gizli düğüm katmanı ise 100 adet düğümden oluşmaktadır. Şekil

7.12’de ise dikdörtgen kesitli bir öngerilmeli beton kiriş için YSA ağ yapısı verilmiştir. Dikdörtgen kesitte giriş katmanında düğüm sayısı 14’e düşmektedir.



Şekil 7.11. I-kesitli öngerilmeli beton kirişler için YSA ağ yapısı



Şekil 7.12. Dikdörtgen kesitli öngerilmeli beton kirişler için YSA ağ yapısı

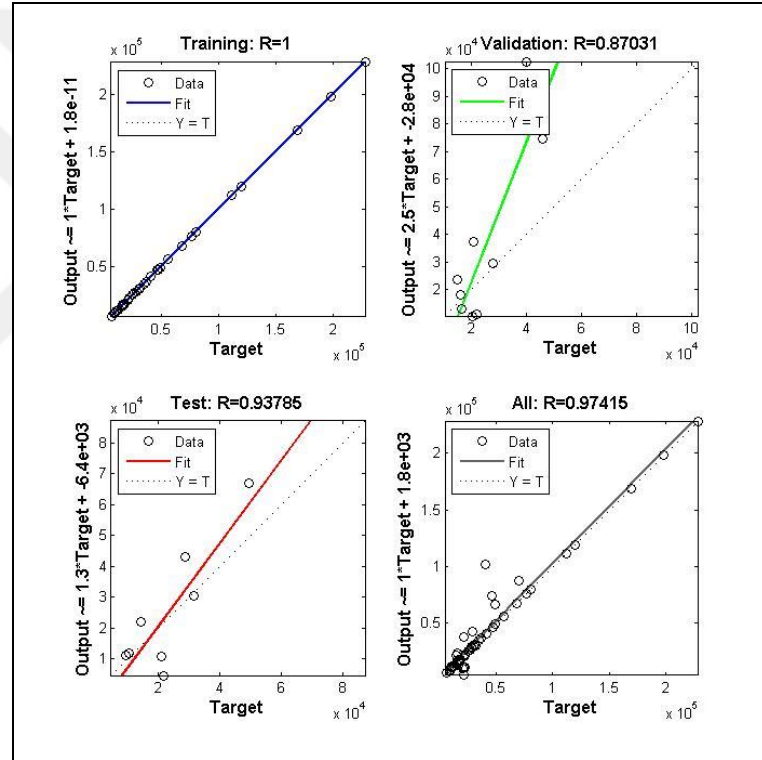
7.1 Betonarme ve Öngerilmeli Beton Kirişlerin YSA Modellemesi ve Sonuçları

7.1.1 Betonarme kirişlerin YSA modellemesi ve sonuçları

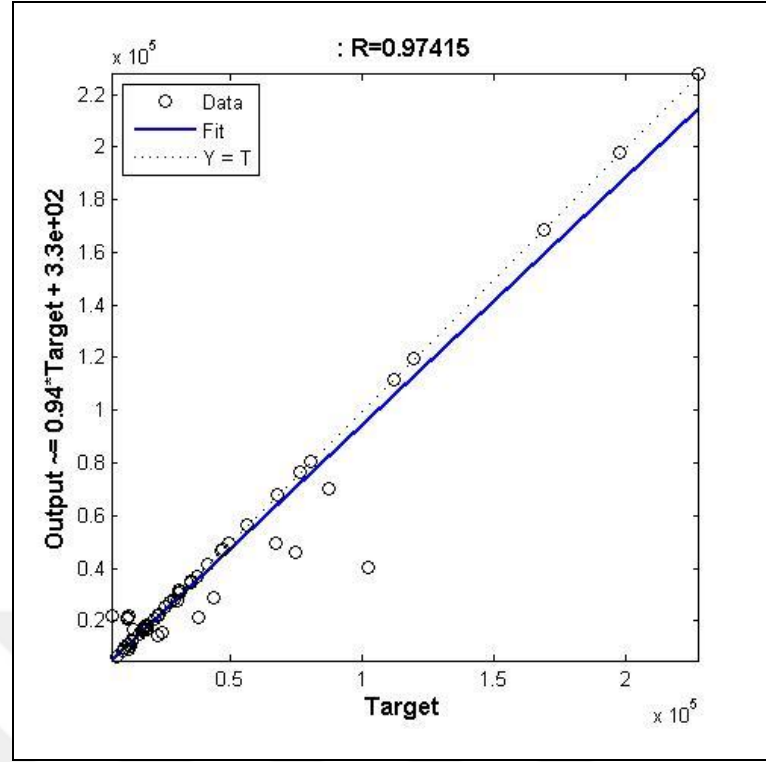
YSA modellemelerinde kullanılan betonarme kirişlerin adetleri, sargı durumu ve yükleme tipine göre kategorize edilmiş olarak Çizelge 7.2’de verilmiştir. Şekil 7.13-7.20’de betonarme dikdörtgen kesitli kiriş numuneler üzerinden yapılan YSA modellemelerinin sonuç regresyon değerleri gösterilmiştir. Grafikler sargılı olup olmamasına ve yükleme şekline göre birbirinden ayrılmıştır.

Çizelge 7.2. YSA modellerinde kullanılan dikdörtgen kesitli öngerilmemiş betonarme kiriş adetleri

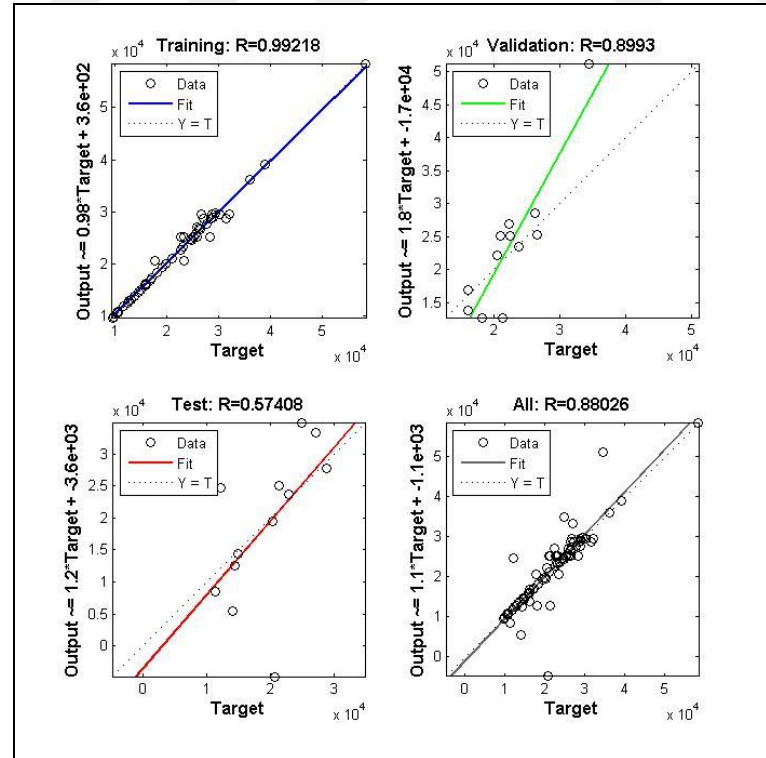
Betonarme Dikdörtgen Kesitli Kiriş ve Kullanım Amacı	Sargılı, 1 Tekil Yükle Yüklendi	Sargılı, 2 Tekil Yükle Yüklendi	Sargısız, 1 Tekil Yükle Yüklendi	Sargısız, 2 Tekil Yükle Yüklendi
Eğitim - %70 (Training)	42	53	132	278
Doğrulama - %15 (Validation)	9	12	28	60
Test - %15 (Test)	9	12	28	60
Toplam Kiriş Adedi	60	77	188	398



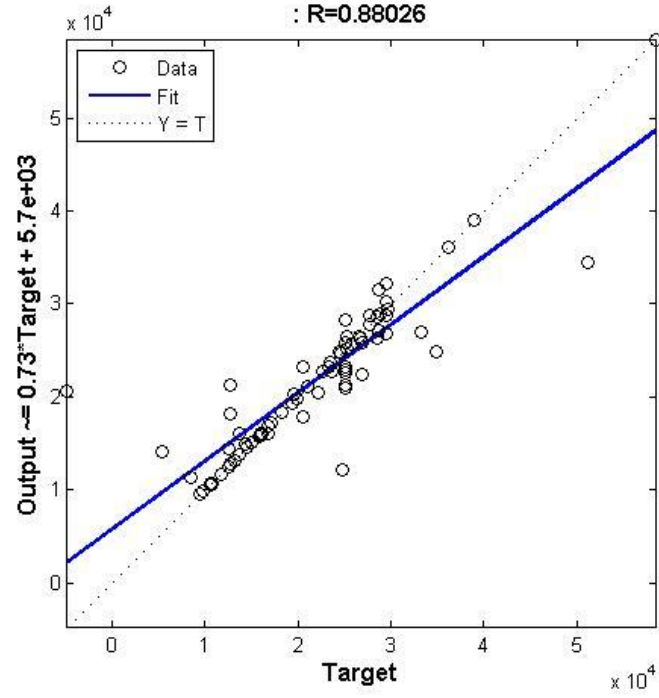
Şekil 7.13. Dikdörtgen kesitli, sargılı, 1 tekil yükle yüklendi olan betonarme kirişlerin eğitim için regresyon sonuçları



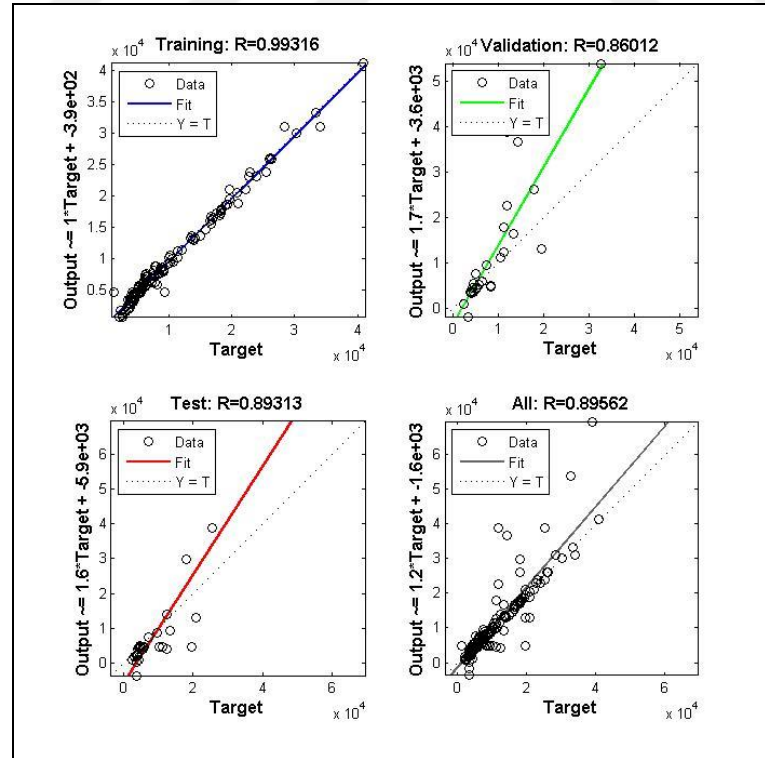
Şekil 7.14. Dikdörtgen kesitli, sargılı, 1 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin test için regresyon sonuçları



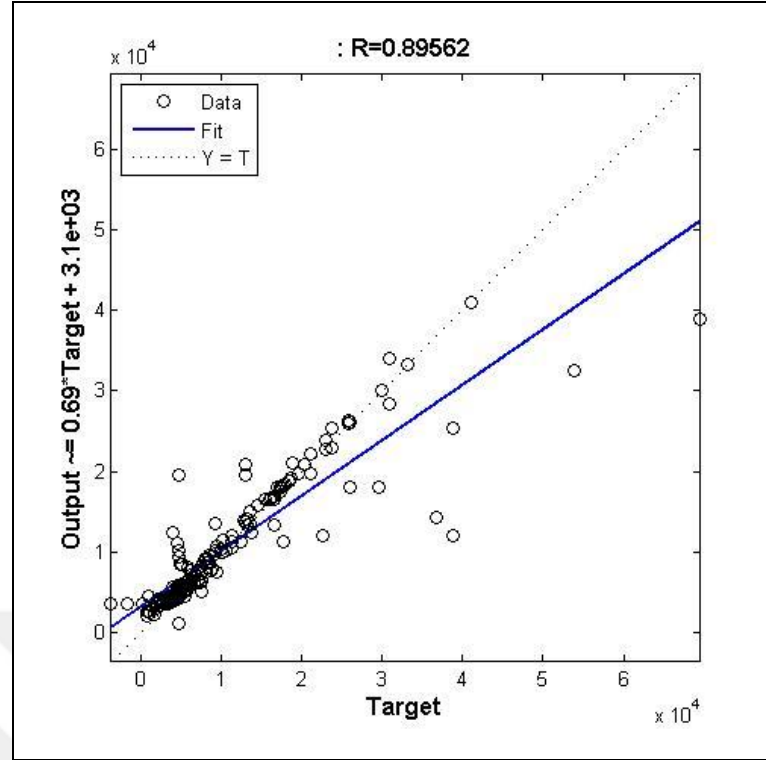
Şekil 7.15. Dikdörtgen kesitli, sargılı, 2 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin eğitim için regresyon sonuçları



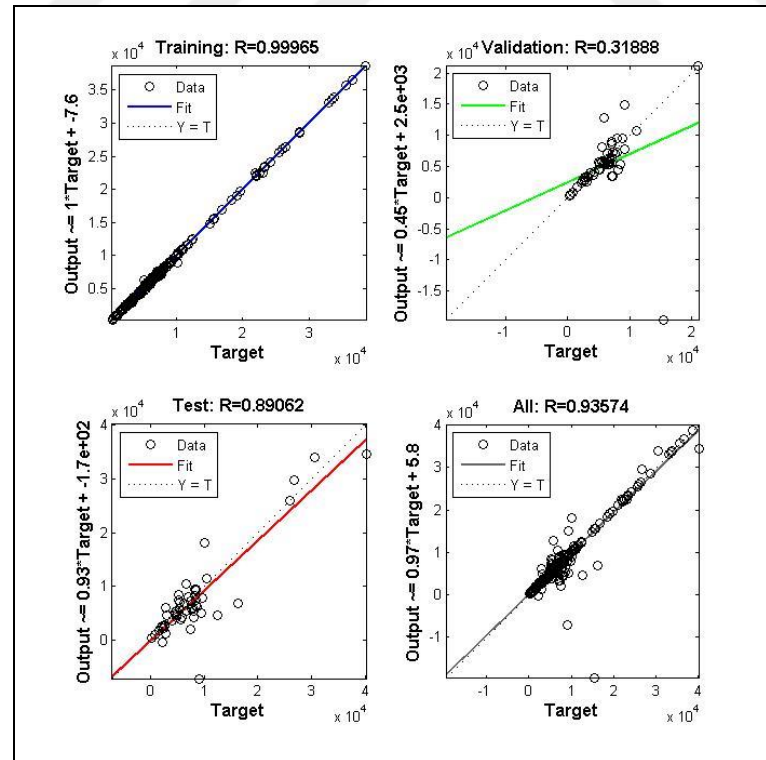
Şekil 7.16. Dikdörtgen kesitli, sargılı, 2 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin test için regresyon sonuçları



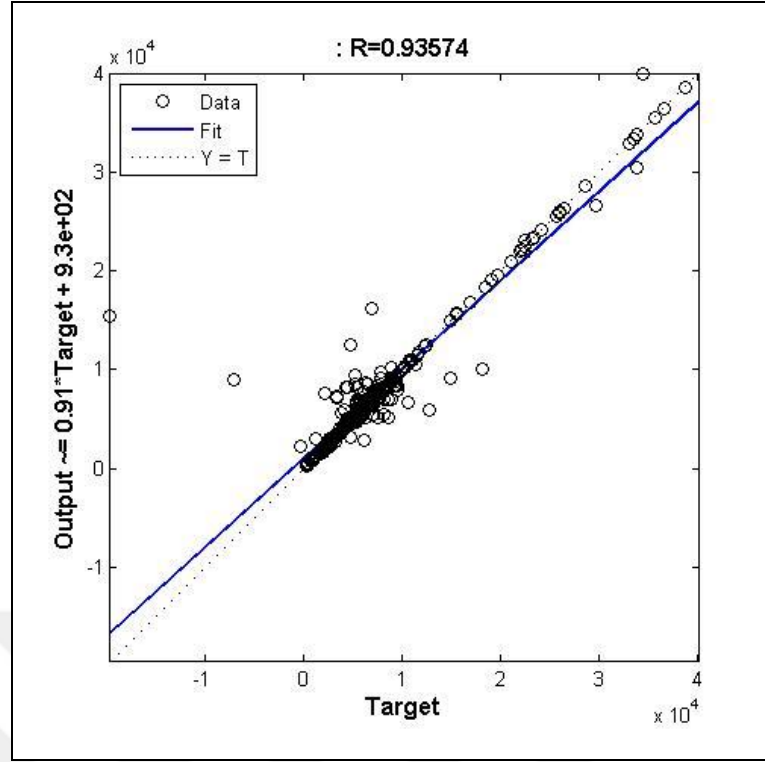
Şekil 7.17. Dikdörtgen kesitli, sargısız, 1 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin eğitim için regresyon sonuçları



Şekil 7.18. Dikdörtgen kesitli, sargısız, 1 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin test için regresyon sonuçları



Şekil 7.19. Dikdörtgen kesitli, sargısız, 2 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin eğitim için regresyon sonuçları



Şekil 7.20. Dikdörtgen kesitli, sargısız, 2 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin test için regresyon sonuçları

7.1.2 Öngerilmeli beton kirişlerin YSA modellemesi ve sonuçları

YSA modellemelerinde kullanılan öngerilmeli beton kirişlerin adetleri, sargı durumu ve yükleme tipine göre kategorize edilmiş olarak Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4’te verilmiştir. Şekil 7.21-7.22’de öngerilmeli beton dikdörtgen kesitli kiriş numuneler, Şekil 7.23-7.26’da ise öngerilmeli beton I-kesitli kiriş numuneler üzerinden yapılan YSA modellemelerinin sonuç regresyon değerleri gösterilmiştir. Grafikler sargılı olup olmamasına göre birbirinden ayrılmıştır.

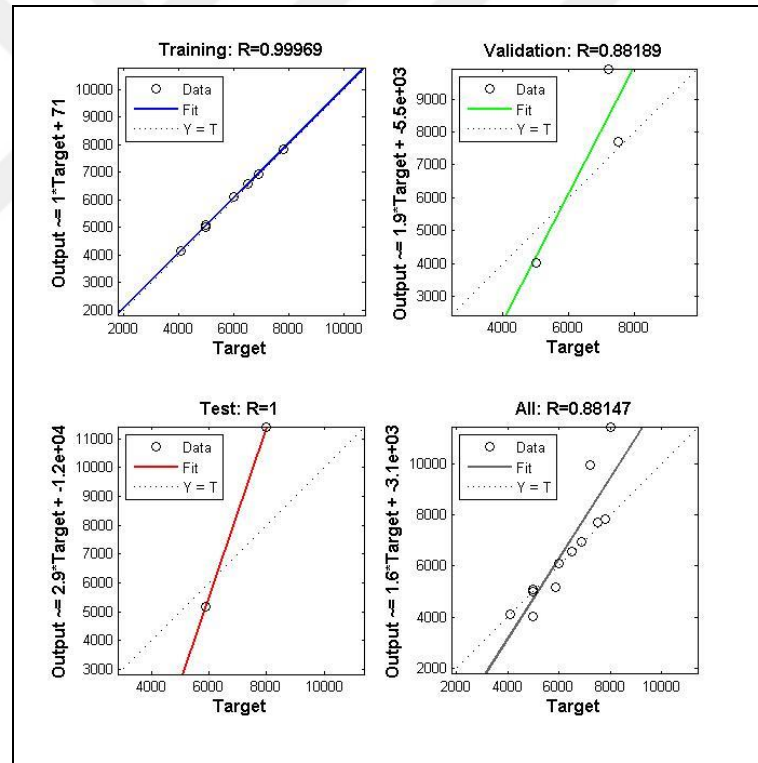
Çizelge 7.3. YSA modellemelerinde kullanılan dikdörtgen kesitli öngerilmeli beton kiriş adetleri

Öngerilmeli Beton Dikdörtgen Kesitli Kiriş ve Kullanım Amacı	Sargısız, 2 Tekil Yükle Yüklenmiş
Eğitim - %70 (Training)	48
Doğrulama - %15 (Validation)	11
Test - %15 (Test)	11
Toplam Kiriş Adedi	70

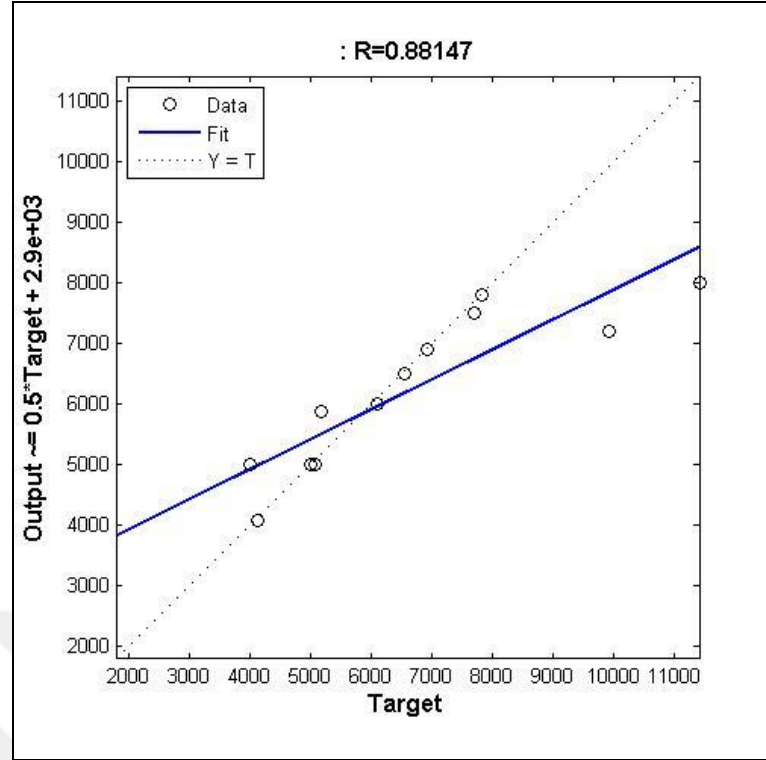
Çizelge 7.4. YSA modellerinde kullanılan I-kesitli öngerilmeli beton kiriş adetleri

Öngerilmeli Beton I-Kesitli Kiriş ve Kullanım Amacı	Sargısız, 2 Tekil Yükle Yüklendi	Sargılı, 2 Tekil Yükle Yüklendi
Eğitim - %70 (Training)	62	97
Doğrulama - %15 (Validation)	14	21
Test - %15 (Test)	14	21
Toplam Kiriş Adedi	90	139

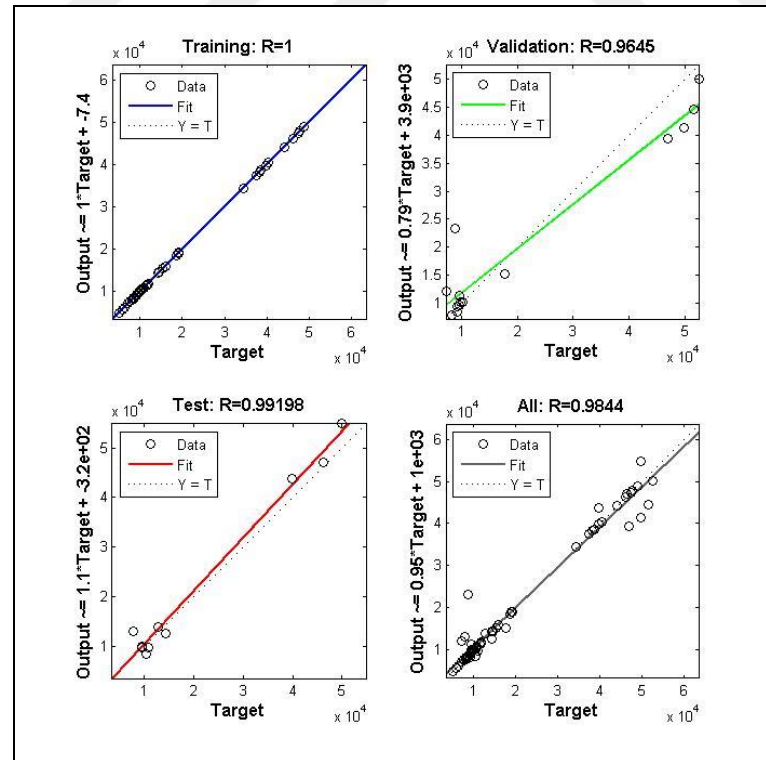
Öngerilmeli beton kirişler için kullanılan veriler içerisinde 1 tekil yükle yüklenmiş kirişler sayıca az olması ve bu nedenle YSA modellemesinde uygun sonuçlar elde edilemeyeceğinden dikkate alınmamıştır. Ayrıca dikdörtgen kesitli, sargılı ve 2 tekil yükle yüklenmiş kirişlerin de sayıca az olması sebebiyle YSA modellemesi oluşturulmamıştır.



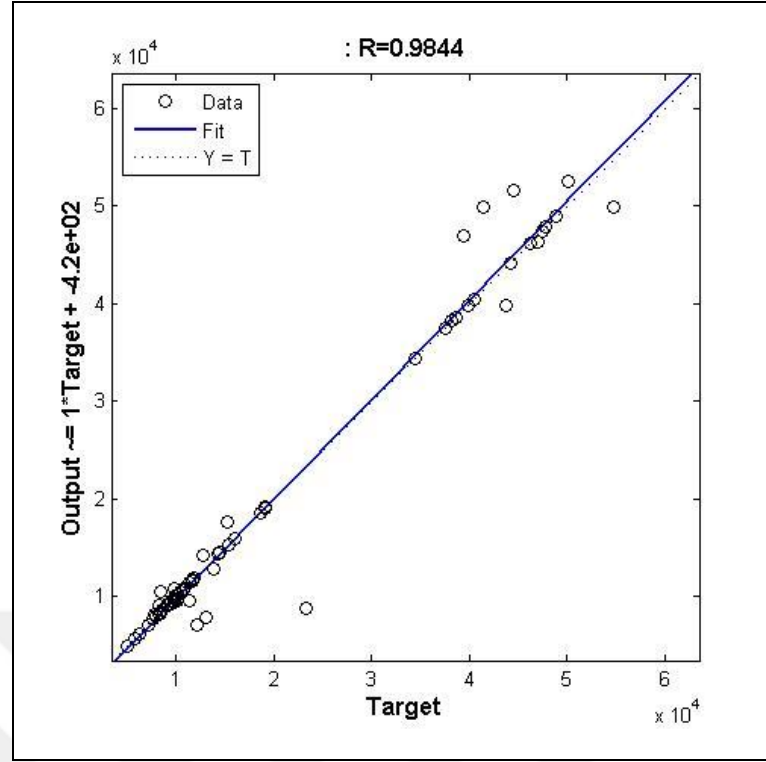
Şekil 7.21. Dikdörtgen kesitli, sargısız, 2 tekil yükle yüklenmiş olan öngerilmeli beton kirişlerin eğitim için regresyon sonuçları



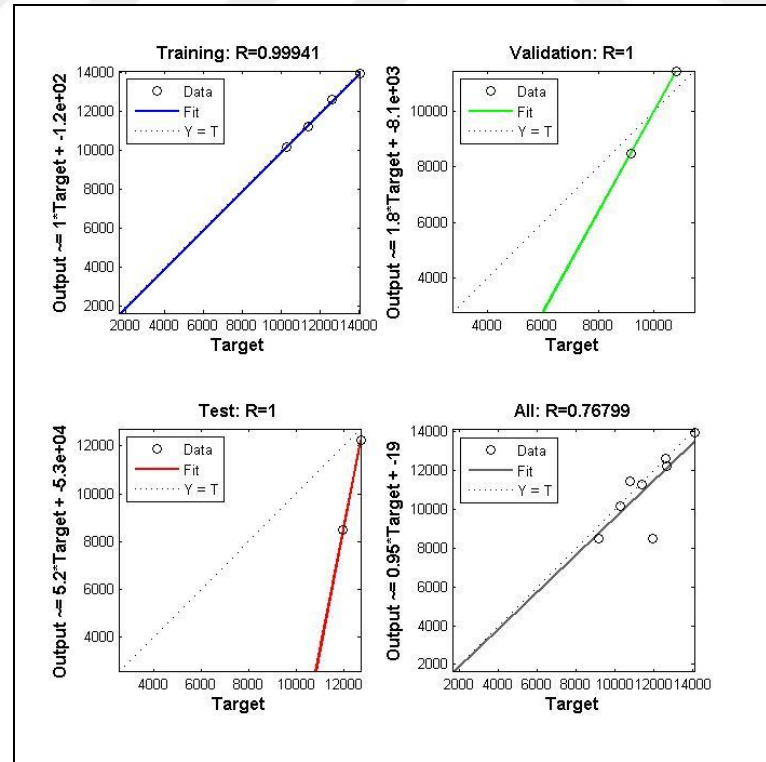
Şekil 7.22. Dikdörtgen kesitli, sargısız, 2 tekil yükle yüklenmiş olan öngerilmeli beton kirişlerin test için regresyon sonuçları



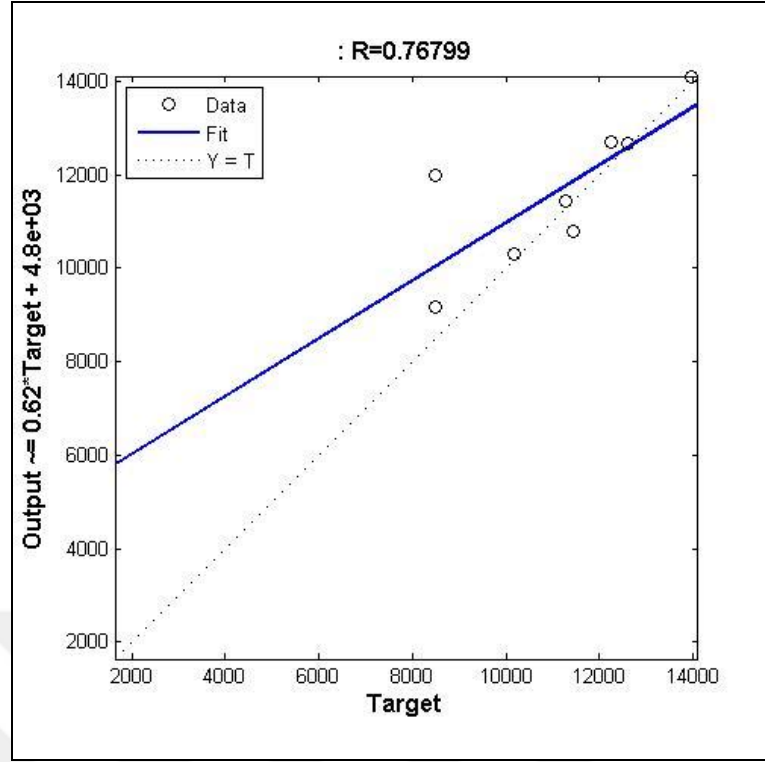
Şekil 7.23. I-kesitli, sargılı, 2 tekil yükle yüklenmiş olan öngerilmeli beton kirişlerin eğitim için regresyon sonuçları



Şekil 7.24. I-kesitli, sargılı, 2 tekil yükle yüklenmiş olan öngerilmeli beton kirişlerin test için regresyon sonuçları



Şekil 7.25. I-kesitli, sargısız, 2 tekil yükle yüklenmiş olan öngerilmeli beton kirişlerin eğitim için regresyon sonuçları



Şekil 7.26. I-kesitli, sargısız, 2 tekil yükle yüklenmiş olan öngerilmeli beton kirişlerin test için regresyon sonuçları

Bölüm 7.1.1 ve 7.1.2’de değerlendirilen tüm kirişler için oluşturulan YSA modellemeleri sonucunda betonarme ve öngerilmeli beton kirişlere ait sonuç çizelgesi Çizelge 7.5’te verilmiştir.

Çizelge 7.5. YSA modellemelerine göre hesaplanan kirişlere ait sonuç regresyon değerleri

Regresyon Değerleri (R) – (%)		1 Tekil Yükle Yüklenmiş		2 Tekil Yükle Yüklenmiş	
		Sargılı	Sargısız	Sargılı	Sargısız
Betonarme	Dikdörtgen Kesitli	97,415	89,562	88,026	93,574
	I-Kesitli	-	-	-	-
Öngerilmeli Beton	Dikdörtgen Kesitli	-	-	-	88,147
	I-Kesitli	-	-	98,440	76,799

Sonuç çizelgesi olan Çizelge 7.5'ten de görüleceği gibi regresyon değerleri %76'nın üzerindedir.

7.2 Betonarme ve Öngerilmeli Beton Kirişlerin Deneysel Kesme Kapasitelerinin Yönetmeliklere Göre Hesaplanan Kesme Kapasiteleri ile Karşılaştırılması

7.2.1 TS 500'e göre betonarme kirişlerin deneysel verilerle karşılaştırılması

Deneysel veriler için TS 500 ilkelerine göre kesme kapasitesi hesabı yapılmıştır. Hesaplamalarda Denklem 7.1-7.4 kullanılmıştır. V_c betonun, V_w ise donatının kesme kapasitesine katkısıdır.

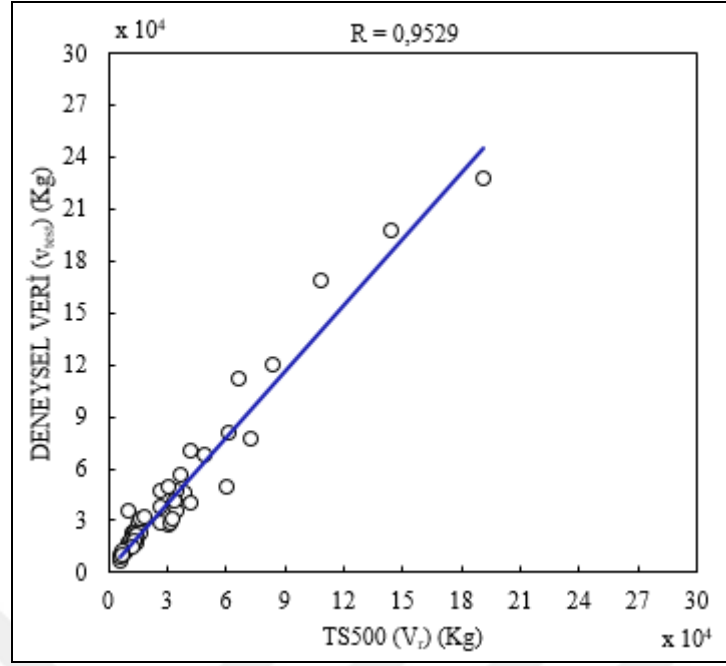
$$V_r = V_c + V_w \quad (7.1)$$

$$V_c = 0,8 V_{cr} \quad (7.2)$$

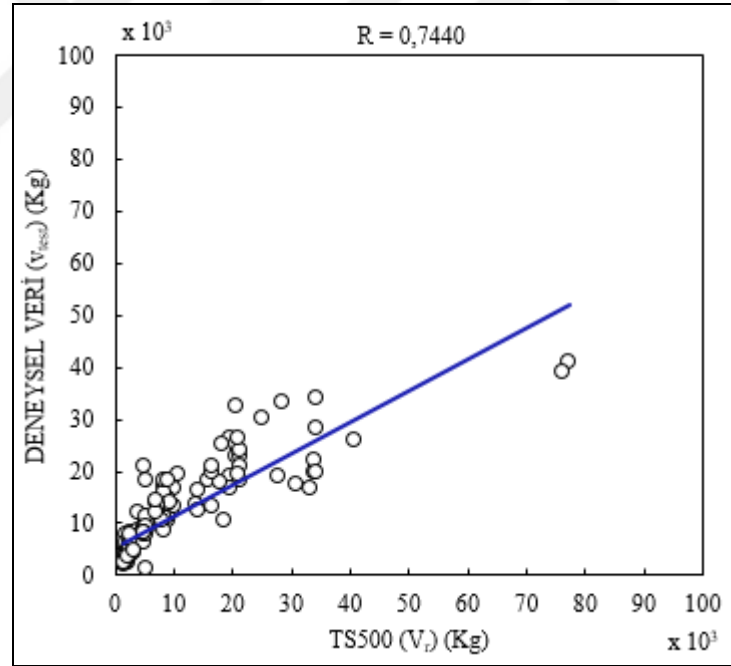
$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_c} \right) \quad (7.3)$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \quad (7.4)$$

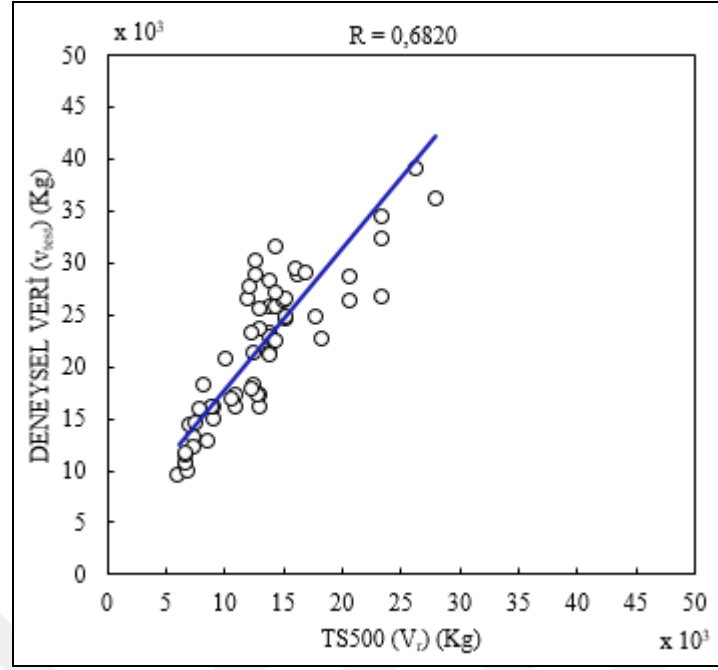
Şekil 7.27-7.30'da betonarme dikdörtgen kesitli kiriş numuneler üzerinden TS 500 ilkelerine göre yapılan analiz sonuçları için regresyon değerleri gösterilmiştir. Grafikler kirişlerin sargılı olup olmamasına ve yükleme şekline göre birbirinden ayrılmıştır.



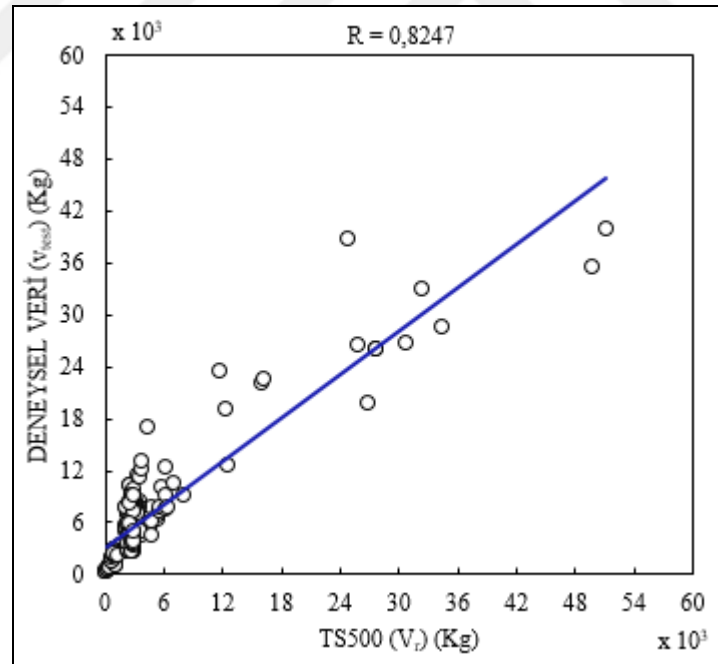
Şekil 7.27. Dikdörtgen kesitli, sargılı, 1 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin TS 500'e göre regresyon sonuçları



Şekil 7.28. Dikdörtgen kesitli, sargısız, 1 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin TS 500'e göre regresyon sonuçları



Şekil 7.29. Dikdörtgen kesitli, sargılı, 2 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin TS 500'e göre regresyon sonuçları



Şekil 7.30. Dikdörtgen kesitli, sargısız, 2 tekil yükle yüklenmiş olan betonarme kirişlerin TS 500'e göre regresyon sonuçları

7.2.2 TS 3233'e göre öngerilmeli beton kirişlerin deneysel verilerle karşılaştırılması

Deneysel veriler için TS 3233 ilkelerine göre kesme kapasitesi hesabı yapılmıştır. Hesaplamalarda Denklem 7.5-7.9 kullanılmıştır. V_c betonun, V_w ise donatının kesme kapasitesine katkısıdır. V_{cw} ile V_{cr} 'den küçük olanı V_c olarak alınmıştır.

$$V_d \leq V_{res}, V_{res} = V_c + V_w \quad (7.5)$$

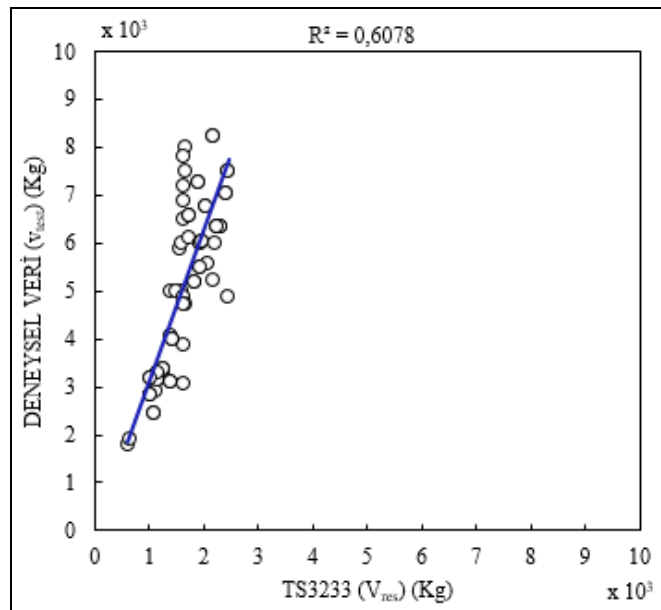
$$V_{cw} = 0.67b_w h \left(\sigma_{ct}^2 + 0.8 \sigma_{cp} \cdot \sigma_{ct} \right)^{0.5} \quad (7.6)$$

$$V_{cr} = \left(1 - 0.55 \frac{\sigma_{pef}}{f_{pk}} \right) \tau_c b_w d + M_o \frac{V_d}{M_d} \quad (7.7)$$

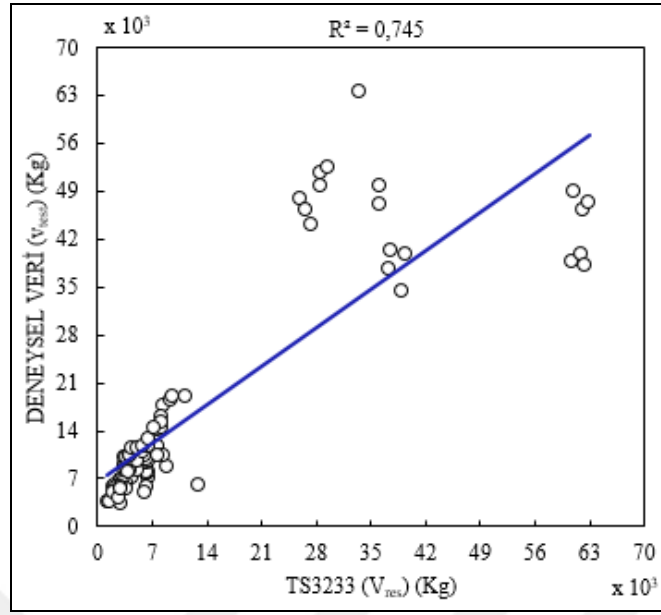
$$M_o = 0.8 \sigma_{cpd} I / y \quad (7.8)$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \quad (7.9)$$

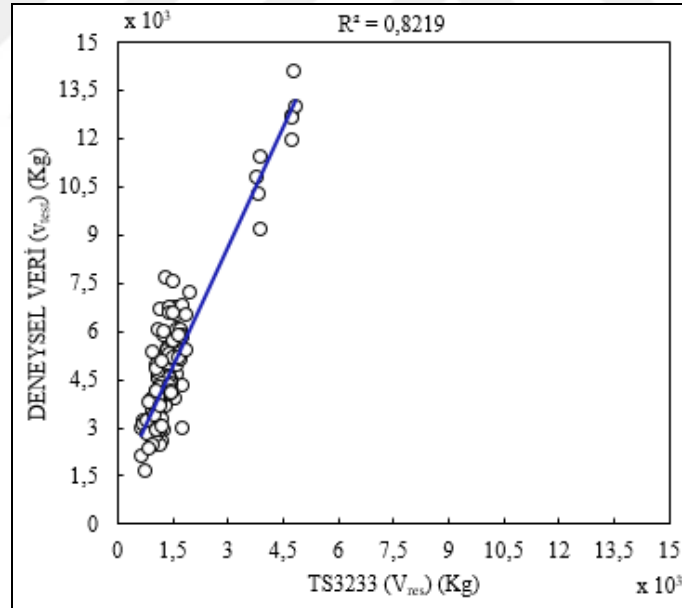
Şekil 7.31-7.33'te öngerilmeli beton kiriş numuneler üzerinden TS 3233 ilkelerine göre yapılan analiz sonuçları için regresyon değerleri gösterilmiştir. Grafikler kirişlerin sargılı olup olmamasına ve kiriş kesiti türüne göre birbirinden ayrılmıştır.



Şekil 7.31. Dikdörtgen kesitli, sargısız, 2 tekil yükle yüklenmiş olan öngerilmeli beton kirişlerin TS 3233'e göre regresyon sonuçları



Şekil 7.32. I-kesitli, sargılı, 2 tekil yükle yüklenmiş olan öngerilmeli beton kirişlerin TS 3233'e göre regresyon sonuçları



Şekil 7.33. I-kesitli, sargısız, 2 tekil yükle yüklenmiş olan öngerilmeli beton kirişlerin TS 3233'e göre regresyon sonuçları

Betonarme kirişler için TS 500'e göre, öngerilmeli beton kirişler için TS 3233'e göre hesaplanan kesme kapasitelerinin deneysel verilerle karşılaştırılması sonucu oluşan regresyon değerleri Çizelge 7.6'da verilmiştir.

Çizelge 7.6. Yönetmeliklere göre hesaplanan kirişlere ait sonuç regresyon değerleri

Regresyon Değerleri (R) – (%)		1 Tekil Yükle Yüklendi		2 Tekil Yükle Yüklendi	
		Sargılı	Sargısız	Sargılı	Sargısız
Betonarme (TS 500)	Dikdörtgen Kesitli	95,290	74,400	68,200	82,470
Öngerilmeli Beton (TS 3233)	Dikdörtgen Kesitli	-	-	-	60,780
	I-Kesitli	-	-	74,500	82,190

8 SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin kesme kapasitelerinin belirlenmesi için akıllı sistem tabanlı analitik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada akıllı sistem olarak YSA seçilmiştir. Çalışmada ilk olarak betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin kesme kapasitelerinin teorik hesaplarından bahsedilmiştir daha sonra ise bu konuda yapılan deneysel çalışmalar derlenerek deneyler hakkında açıklamalar ve deneylerin gruplandırmaları yapılmıştır. Mevcut deneysel verilere göre kesme kapasitesinin her bir parametreye göre nasıl değiştiğinin irdelenmesi yapılmıştır. Kesme kapasitesinin belirlenmesinde oldukça fazla parametrenin etkisinin olması bu yorumlamaları zorlaştırmış olsa da YSA modellemesi ile kesme kapasitesinin belirlenmesi için önemli bir deneysel ve analitik altyapı oluşturulmuştur. Söz konusu deneysel veriler çok kapsamlı olmakla beraber, bu çalışma ile SI birim sisteminde kullanılabilecek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Grafiklerin tek tek değerlendirilmesinde betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin sargılı ve sargısız olma durumlarına göre ayrılarak bazı parametrelere göre değerlendirilmiştir.

- Betonarme elemanlarda diğer parametrelere bağlı olmakla beraber beton basınç dayanımı (f_c) ve kiriş derinliği (d) parametrelerine göre değerlendirildiğinde sargının (kesme donatısının) kiriş kesme kapasitesini artırdığı görülmektedir.
- Betonarme elemanlarda kiriş boyuna donatısı direkt olarak kiriş kapasitesini etkilememekle beraber kapasite tasarımı gereğince kirişin kesme kapasitesine eğilmeden önce ulaşabilmesi için boyuna donatının belirli bir değerinin altında tutulması gerektiği unutulmamalıdır. Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-2007) ve TS 500-2000’de bu oran ρ_b olarak tanımlanmış ve ayrıca diğer bir üst sınır olarak 0.02 oranı belirtilmektedir.
- Betonarme sargılı kirişlerde kesme kapasitesinin fazla olması açık olarak gözükmeyle beraber, a/d oranının artması her iki durumda da (sargılı ve sargısız durum) kesme dayanımını düşürmektedir. a/d oranının azalması kesme kapasitesini artırmaktadır. Bu durum etkisi mesnete yakın olan kesme kuvvetinin kiriş tarafından daha rahat taşınabileceği anlamına gelmektedir.

- Betonarme elemanlarda kesme donatısı oranı ve kesme donatısı akma dayanımının belirli bir değeri aşması durumunda tıpkı eğilme donatısında olduğu gibi donatının akmamasından dolayı kesme kapasitesinin azalacağı yorumu yapılabilir.
- Öngerilmeli beton elemanlarda diğer parametrelere bağlı olmakla beraber beton basınç dayanımı (f_c) ve kiriş derinliği (d) parametrelerine göre değerlendirildiğinde sargının (kesme donatısının) kiriş kesme kapasitesini artırdığı görülmektedir.
- Öngerilmeli beton elemanlarda kiriş boyuna donatısı direkt olarak kiriş kapasitesini etkilememekle beraber kapasite tasarımı gereğince kirişin kesme kapasitesine eğilmeden önce ulaşabilmesi için boyuna donatının belirli bir değerinin altında tutulması gerektiği unutulmamalıdır. Deneylerde boyuna donatının sargısız kirişlerde % 2'nin altında kullanıldığı sargılılarda ise % 6 oranına kadar çıkıldığı görülmektedir. Sargısız elemanlar kesme kapasitesine daha düşük kesme kuvvetinde ulaşacakları için eğilme kapasiteleri de buna paralel olarak az olacaktır. Dolayısıyla böylesi kirişlerde eğilme kapasitesinin düşük olmasından dolayı fazla donatı kullanmaya gerek yoktur.
- Öngerilmeli beton sargılı kirişlerde kesme kapasitesi fazla olmakta ve a/d oranının 2 - 4 arasında olması sargılı kirişlerde yüksek kesme kapasitesine ulaşmalarını sağladığı görülmüştür.
- Öngerilmeli beton elemanlarda öngerme donatısı oranının (ρ_i) artması ile kiriş kesme kapasitesi azalmaktadır.
- Betonarme kirişlerden farklı olarak kesme donatısı oranı ve kesme donatısı akma dayanımının artırılması kesme kapasitesini çok değiştirmemiştir. Öngerilmeli beton elemanlarda kesme hesabının öngerilmesiz betonarme kirişler kadar net olmadığı sonucuna da varılabilir.
- Çalışmada da görüldüğü üzere her bir parametrenin kiriş kesme kapasitesine olan etkisi farklı olup, parametrelerin tek başına değerlendirilmesi anlamlı olmamaktadır.

Çalışmada literatürde denenen betonarme ve öngerilmeli betonarme kiriş verileri derlenerek çok geniş çaplı bir veri seti kullanılmıştır. Betonarme kirişler için 878 adet betonarme eleman deney sonucu baz alınmıştır. Bu elemanlardan 821 kiriş dikdörtgen, 4 kiriş I-kesitli ve 53 kiriş ise T-kesitlidir. Ayrıca bu elemanlardan 160 kiriş etriyeli (sargı donatılı), 718 kiriş ise etriyesizdir (sargı donatısız). Deneyisel testlerin yaklaşık olarak %89'u (878 testten 781'i) basit mesnetli bir veya iki tekil yükle yüklenmiş kiriş formundadır. 54 testte, basit mesnetli düzgün yayılı yükle yüklenmiş kiriş formu mevcut olup 42 testte ise nokta yüklerle yüklü sürekli kiriş formu vardır. Sadece bir adet testte düzgün yayılı yükle yüklenmiş kiriş formu vardır. Öngerilmeli beton olarak ise 485 adet kiriş verisi kullanılmıştır. Bu elemanlardan 163 kiriş dikdörtgen, 244 kiriş I-kesitli ve 78 kiriş ise T-kesitlidir. Ayrıca bu elemanlardan 109 kiriş etriyeli (sargı donatılı), 376 kiriş ise etriyesizdir (sargı donatısız). Deneyisel testlerin yaklaşık olarak %98'i (485 testten 473'ü) basit mesnetli bir veya iki tekil yükle yüklenmiş kiriş formundadır. 10 testte, basit mesnetli düzgün yayılı yükle yüklenmiş kiriş formu mevcut olup iki adet testte ise nokta yüklerle yüklü sürekli kiriş formu vardır. Sadece veri seti düşünüldüğü zaman sonuçlar oldukça geniş çaplı bir veri setinden elde edildiği dolayısıyla çalışmanın doğruluğunun ya da temsil kapasitesinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Söz konusu veri setinden basit mesnetli (SS) betonarme ve öngerilmeli beton kirişler seçilmiştir. Kirişler 1 tekil yük ya da 2 tekil yükle yüklenmiş olarak ikiye ayrılmıştır. Ayrıca kirişler sargılı ve sargısız olmak üzere de ikiye ayrılmıştır. Toplam dört farklı veri seti üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada akıllı bir sistem türü olan yapay sinir ağları (YSA) hakkında bilgi verilerek analiz yöntemi tanıtılmış ve derlenen deneyisel veri setinde yer alan betonarme ve öngerilmeli beton kirişlerin MATLAB paket programında YSA modellemeleri yapılmıştır. Modellemelerde kullanılan kirişlere ait parametreler doğrultusunda mevcut yönetmeliklere göre kiriş kesme kapasiteleri de ayrıca belirlenmiştir. Oluşturulan YSA modelleri ile mevcut yönetmeliklerin kiriş kesme kapasitesinin belirlenmesindeki performansları karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. Yönetmelik sonuçlarının ve başarısının YSA ile karşılaştırması, yönetmelik kabullerinin irdelenmesi açısından önemlidir.

Deneyisel veriler değerlendirilirken kirişlerin kesme çatlağı oluşum mekanizmasının, eğilme kapasitesine erişmeden kesme kapasitesine eriştiği varsayılmıştır.

Gerek betonarme kirişler gerekse öngerilmeli beton kirişler için yapılan karşılaştırmaların hepsinde YSA'nın TS 500 ve TS 3233'e göre oldukça başarılı olduğu

görülmektedir. Çizelge 8.1’de verilen nihai karşılaştırma tablosundan bu farklılıklar gözlemlenebilmektedir. Tekil yüklenmiş betonarme sargılı kirişlerin TS 500’e göre kesme kapasitesi tahmini ile YSA tahmini arasındaki fark diğer kirişlere kıyasla oldukça azdır. Tekil yüklenmiş sargısız betonarme kirişlerde yönetmelik tahmini sargılı kirişlere göre daha zayıftır. Burada özellikle davranışın sadece betona bağlı olduğu sargısız kirişler için yönetmeliklerde verilen kesme formülünün gözden geçirilmesinin iyi olabileceği yorumu yapılabilir. Ya da davranışın sadece betona bağlı olduğu bu kirişler için kullanılan V_{cr} formülünün büyük bir yaklaşıklık içerebileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda özellikle TDY-2007 ve taslak TDY-2017’de yer alan sargı ve kolon kiriş bölgelerinde yapılacak olan kesme hesabında betonun katkısının ihmal edilme prensibinin de oldukça anlamlı olduğu düşünülmektedir.

Betonarme ve önerilmeli beton kirişler için YSA modellemelerine ait sonuç regresyon değerleri ile ilgili yönetmeliklere göre hesaplanan sonuç regresyon değerlerinin karşılaştırma çizelgesi ise Çizelge 8.1’de verilmiştir.

Çizelge 8.1. YSA modellemelerine göre hesaplanan sonuç regresyon değerleri ile yönetmeliklere göre hesaplanan sonuç regresyon değerlerinin karşılaştırılması

Regresyon Değerleri (R) – (%)			1 Tekil Yükle Yüklenmiş		2 Tekil Yükle Yüklenmiş	
			Sargılı	Sargısız	Sargılı	Sargısız
Betonarme	Dikdörtgen Kesitli	TS 500	95,290	74,400	68,200	82,470
		YSA	97,415	89,562	88,026	93,574
Öngerilmeli Beton	Dikdörtgen Kesitli	TS 3233	-	-	-	60,780
		YSA	-	-	-	88,147
	I-Kesitli	TS 3233	-	-	74,500	82,190
		YSA	-	-	98,440	76,799

İki tekil yükle yüklenmiş kirişlerde yüklerin mesnete daha yakın olması (kesme açıklığının daha az olması) kesme çatlağı oluşum mekanizmasının da tekil yüklemeye göre değiştirebilecektir. Ayrıca mekanizmanın kesme kapasitesine ulaşarak mı yoksa eğilme kapasitesine ulaşarak mı erişildiğinin de bu bağlamda irdelenmesi gerekmektedir. Başka bir ifade ile deneylerde uygulanan yükün kirişi kesme mi yoksa eğilme kapasitesine mi ulaştırdığının da irdelenmesi uygun olacaktır.

Öngerilmeli beton kirişlerden elde edilen yönetmelik sonuçlarının betonarme kirişlere göre daha az hassas olmasının öngerilme hesabında yer alan daha fazla parametrenin oluşturduğu bir problem olduğu da düşünülebilir.

Çalışmanın YSA kısmından elde edilen sonuçların YSA'da kullanılan parametrelere YSA'nın türüne ve modelleme kabullerine bağlı olacağı da aşıkardır. Araştırmacıların bu tez çalışmasında hazırlanan veri seti için daha farklı YSA türleri ile daha yüksek başarı yakalama şansları da bulunmaktadır. Ayrıca çalışmada kullanılan akıllı sistemin YSA yerine başka bir sistem seçilmesi de yine elde edilen başarı oranlarını etkileyebilecektir.

9 KAYNAKÇA

- AASHTO, 2002, *American Association of State Highway and Transportation Officials*.
- ACI, ACI 318-05, 2005, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*.
- Adebar, P. and Collins, M.P., 1996, Shear Strength of Members without Transverse Reinforcement, *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 23, No. 1, 30-41.
- Adhikary, B. B. and Mutsuyoshi, H., 2004, Artificial neural networks for the prediction of shear capacity of steel plate strengthened RC beams, *Construction and Building Materials*, Vol. 18, March, 409-417.
- Ahmad, S. H. and Lue, D. M., 1987, Flexure-Shear Interaction of Reinforced High-Strength Concrete Beams, *ACI Structural Journal*, Vol. 84, No. 4, July-August, 330-341.
- Ahmad, S. H., Khaloo, A.R. and Poveda, A., 1986, Shear Capacity of Reinforced High-Strength Concrete Beams, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 83, No. 2, March-April, 297-305.
- Ahmad, S. H., Park, F. and El-Dash, K., 1995, Web Reinforcement Effects on Shear Capacity of Reinforced High-Strength Concrete Beams, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 47, No. 172, 227-233.
- Ahmad, S. H., Xie, Y. and Yu, T., 1994, Shear Strength of Reinforced Lightweight Concrete Beams of Normal and High Strength Concrete, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 53, May, 1067-1077.
- Ali, M. K., 2010, Öngermeli Betonarme Köprü Kirişi Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Al-Alusi, A. F., 1957, Diagonal Tension Strength of Reinforced Concrete T-Beams with Varying Shear Span, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 53, May, 1067-1077.
- Angelakos, D., Bentz, E. C. and Collins, M. P., 2001, The Effect of Concrete Strength and Minimum Stirrups on the Shear Strength of Large Members, *ACI Structural Journal*, Vol. 98, No. 3, 290-300.
- Arslan, G., 2008, Shear Strength of Reinforced Concrete Beams with Stirrups, *Materials and Structures*, Vol. 41, 113-122.
- Arslan, G., İbiş, A. ve Noyan Alacalı S., 2014, Enine Donatısız Betonarme Kiriş Kesme Mukavemeti Bağlıntılarının Güvenilirliğinin İrdelenmesi, *İMO Teknik Dergi*, Yazı 412, 6601-6623.
- Arthur, P.D., 1965, The Shear Strength of Pre-Tensioned I- Beams with Unreinforced Webs, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 17, No. 53, December, 199-210.

- Aster, H. and Koch, R., 1974, Schubträgfähigkeit dicker Stahlbetonplatten, *Beton-und Stahlbetonbau (BuStb)* 69, H. 11, 299-270.
- Amani, J., and Moeini R., 2012, Prediction of shear strength of reinforced concrete beams using adaptive neuro-fuzzy inference system and artificial neural network, *Scientia Iranica*, Vol. 19, January, 242-248.
- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, TDY 2007, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Ankara.
- Bashir, R. and Ashour, A., 2012, Neural network modelling for shear strength of concrete members reinforced with FRP bars, *Composites Part B: Engineering*, Vol. 43, December, 3198-3207.
- Bazant, Z. P. and Kazemi, M. T., 1991, Size Effect on Diagonal Shear Failure of Beams Without Stirrups, *ACI Structural Journal*, Vol. 88, No. 3, 268-276.
- Bennett, E. W. and Balasooriya, B. M. A., 1971, Shear Strength of Prestressed Beams with Thin Webs Failing in Inclined Compression, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 68, No. 3, 204-212.
- Bennett, E. W. and Debaiky, S. Y., 1974, High-Strength Steel as Shear Reinforcement in Prestressed Concrete Beams, *Shear in Reinforced Concrete, ACI SP-42*, American Concrete Institute, 231-248.
- Bhal, N. S., 1968, über den Einfluß der Balkenhöhe auf die Schubtragfähigkeit von einfeldrigen Stahlbetonbalken mit und ohne Schubwehrung, *Otto-Graf-Institut*, H. 35, 48-65.
- Bolat, S. ve Kalenderli, Ö., 2003, Levenberg-Marquardt Algoritması Kullanılan Yapay Sinir Ağı ile Elektrot Biçim Optimizasyonu. International XII. Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks – TAINN, 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Bresler, B. and Scordelis, A. C., 1963, Shear Strength of Reinforced Concrete Beams, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 60, No. 1, January, 51-74.
- BS 8110, 1985, Structural Use of Concrete Part 1,2 and 3, *British Standards Institution*, 1-68.
- Cederwall, K., Hedman, O. and Losberg, A., 1970, Shear Strength of Partially Prestressed Beams with Pretensioned Reinforcement of High Grade Deformed Bars, Publikation 70:6, Division of Concrete Structures, *Chalmers University of Technology*, Gothenburg, Sweden, 1.
- Cederwall, K., Hedman, O. and Losberg, A., 1974, Shear Strength of Partially Prestressed Beams with Pretensioned of High Grade Deformed Bars, *Shear in Reinforced Concrete, ACI SP 42-9*, American Concrete Institute, 215-230.

- Ceruti, L. M. and Marti, P., 1987, Staggered Shear Design of Concrete Beams: Large Scale Tests, *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 14, No. 2, April, 257-268.
- Chana, P. S., 1981, Some Aspects of Modeling the Behaviour of Reinforced Concrete under Shear Loading, Cement and Concrete Association, Report No. 543, 4-22.
- Chang, T. S. and Kesler, C. E., 1958, Static and Fatigue Strength in Shear of Beams with Tensile Reinforcement, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 54, June, 1033-1055.
- Clark, A. P., 1951, Diagonal Tension in Reinforced Concrete Beams, *Journal of the American Concrete Institute*, October, 145.146.
- Collins, M. P. and Kuchma, D. A., 1998, Advances in Understanding Shear Performance of Concrete Structures, *Progress in Structural Engineering and Materials*, Vol. 1, No. 4, 1-10.
- Cumming, D. A., Shield, C. K. and French, C. E., 1998, Shear Capacity of High-Strength Concrete Prestressed Girders, MN/RC-1998/12, *Minnesota Department of Transportation*, Minneapolis, MN, May, 291.
- Çayıroğlu, İ., İleri Algoritma Analizi Ders Notu, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, <http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi/IleriAlgoritmAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf>.
- de Cossio, R. D. and Siess, C. P., 1960, Behavior and Strength in Shear of Beams and Frames without Web Reinforcement, *ACI Journal Proceedings*, Vol.56, February, 695-735.
- Dennis, J. E. and Schnabel, R. B., 1983, Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Du, J. S. and Au, F. T. K., 2005, Deterministic and Reliability Analysis of Prestressed Concrete Bridge Girders, *Comparison of the Chinese, Hong Kong and AASHTO LRFD Codes, Structural Safety*, Vol. 27, 230-245.
- Duan, Z.H., Kou, S.C. and Poon, C.S., 2013, Prediction of compressive strength of recycled aggregate concrete using artificial neural networks, *Construction and Building Materials*, Vol. 40, 1200–1206.
- Durrani, A. J. and Robertson, I. N., 1987, Shear Strength of Prestressed Concrete T Beams with Welded Wire Fabric as Shear Reinforcement, *PCI Journal*, Vol. 32, No. 2, March-April, 46-61.
- Elshafey, A.A., Dawood, N., Marzouk, H. and Haddara, M., 2013, Predicting of crack spacing for concrete by using neural networks, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 31, 344–359.

- Elzanaty, A. H., Nilson, A. H. and Slate, F. O., 1986, Shear Capacity of Reinforced Concrete Beams Using High-Strength Concrete, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 83, No. 2, March-April, 290-296.
- Elzanaty, A. H., Nilson, A. H. and Slate, F. O., 1986, Shear Capacity of Reinforced Concrete Beams Using High-Strength Concrete, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 83, No. 3, May-June, 359-368.
- Evans, R. H. and Schumacher, E. G., 1963, Shear Strength of Prestressed Beams Without Web Reinforcement, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 60, November, 1621-1642.
- Fanning, P., 2001, Nonlinear Models of Reinforced and Post-tensioned Concrete Beams, *EJSE International Electronic Journal of Structural Engineering*, Vol. 2, 111-119.
- Feldman, A. and Siess, C. P., 1955, Effect of Moment-Shear Ratio on Diagonal Tension Cracking and Strength in Shear of Reinforced Concrete Beams, *Civil Engineering Studies, Structural Research Series No. 107*, University of Illinois, June, 117.
- Ferguson, P. M., 1956, Some Implications of Recent Diagonal Tension Tests, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 53, August, 157-172.
- Ferguson, P. M. and Thompson, N. J., 1953, Diagonal Tension in T-Beams without Stirrups, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 49, March, 665-675.
- Gregor, T. and Collins, M. P., 1995, Tests of Large Partially Prestressed Concrete Girders, *ACI Structural Journal*, Vol. 92, No. 1, 63-72.
- Grimm, R., 1977, Einfluß bruchmechanischer Kenngrößen auf das Beige- und Schubtragverhalten hochfester Betone, Diss., Fachb. Konstr. Ingenieurbau der TH Darmstadt, 44-46 and 101-103.
- Hagan, M.T., Demuth, H.B. and Beale, M.H., 1996, *Neural Network Design*, Boston MA, PWS Publishing.
- Hallgren, M., 1994, Flexural and Shear Capacity of Reinforced High-Strength Concrete Beams without Stirrups, KTH, Stockholm, TRITA-BKN, No. 9, 1-49.
- Hallgren, M., 1996, Punching Shear Capacity of Reinforced High Strength Concrete Slabs, KTH, Stockholm, TRITA-BKN, No. 23, 44-56.
- Ham, F.M. and Kostanic, I., 2002, *Principles of Neurocomputing for Science and Engineering*, Mc- Graw Hill.
- Hamadi, Y. D. and Regan, P.E., 1980, Behavior in Shear of Beams with Flexural Cracks, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 32, No. 111, June, 67-78.
- Hanson, J. A., 1958, Shear Strength of Lightweight Reinforced Concrete Beams, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 55, September, 387-403.

- Hanson, J. A., 1961, Tensile Strength and Diagonal Tension Resistance of Structural Lightweight Concrete, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 58, July, 1-37.
- Hicks, A. B., 1958, The Influence of Shear Span and Concrete Strength upon the Shear Resistance of a Pre-tensioned Prestressed Concrete Beam, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 10, November, 115-122.
- Islam, M. S., Pam, H. J. and Kwan, A. K. H., 1998, Shear Capacity of High-Strength Concrete Beams with Their Point of Inflection within the Shear Span, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures & Buildings*, Vol. 128, February, 91-99.
- Jacob, J. and Russell, B., 1999, Effects of Horizontal Web Reinforcement on Shear Capacity Shear Ductility and Strand Anchorage, *Transportation Research Board 78th Annual Meeting*, January 10-14, 23.
- Johnson, M. K. and Ramirez, J. A., 1989, Minimum Shear Reinforcement in Beams with Higher Strength Concrete, *ACI Structural Journal*, Vol. 86, No. 4, 376-382.
- Kani, G. N. J., 1967, How Safe Are Our Large Reinforced Concrete Beams, *ACI Journal*, Vol. 61, No. 4, 441-467.
- Kar, J. N., 1969, Shear Strength of Prestressed Concrete Beams without Web Reinforcement, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 21, No. 68, 159-170.
- Kaufman, M. K. and Ramirez, J. A., 1988, Re-evaluation of the Ultimate Shear Behavior of High-Strength Concrete Prestressed I-Beams, *ACI Structural Journal*, Vol. 85, No. 3, May-June, 295-303.
- Keyder E., 2005, Öngerilmeli Beton, *Seçkin Yayıncılık ve Dağıtım*, Ankara, 1-4.
- Kim, J. and Park, Y., 1994, Shear Strength of Reinforced High Strength Concrete Beams without Web Reinforcement, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 46, No. 166, March, 7-16.
- Kim K. S., 2004, Shear behavior of RC Beams and Prestressed Concrete Beams, Thesis (PhD) University of Illinois at Urbana-Campaign.
- Kong, P. Y. L. and Rangan, B. V., 1998, Shear Strength of High-Performance Concrete Beams, *ACI Structural Journal*, Vol. 95, No. 6, November-December, 677-688.
- Krefeld, W. J. and Thurston C. W., 1966, Studies of the Shear and Diagonal Tension Strength of Simply Supported Reinforced Concrete Beams, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 63, April, 451-475.
- Kulkarni, S. M. and Shah, S. P., 1998, Response of Reinforced Concrete Beams at High Strain Rates, *ACI Structural Journal*, Vol. 95, No. 6, November-December, 705-715.

- Küng, R., 1985, Ein Beitrag zur Schubsicherung im Stahlbetonbau, Betonstahl in entwicklung, H.33, TOR-ISTEG Steel Corp., Luxemburg, 8-25.
- Kumar, S. and Barai, S.V., 2010, Neural networks modeling of shear strength of SFRC corbels without stirrups, *Applied Soft Computing*, October, 135-148.
- Lambotte, H. and Taerwe, L. R., 1990, Deflection and Cracking of High-Strength Concrete Beams and Slabs, High-Strength Concrete, *ACI SP-121-7*, 109-128.
- Laupa, A., Siess, C. P. and Newmark, N. M., 1953, The Shear Strength of Simple-Span Reinforced Concrete Bemas without Web Reinforcement, Civil Engineering Studies, *Structural Research Series*, No. 52, University of Illinois, April, 75.
- Leonhardt, F. and Walther, R., 1962, Tests on T-Beams under Severe Shear Load Conditions, Bulletin No. 156, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin, 72.
- Lynberg, B. S., 1976, Ultimate Shear Resistance of Partially Prestressed Reinforced Concrete I-Beams, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 73, No. 4, April, 214-222.
- MacGregor, J. G., 1958, Effect of Draped Reinforcement on Behavior of Prestressed Concrete Beams, Civil Engineering Studies, *Structural Research Series* No. 154, University of Illinois, May, 83.
- MacGregor, J. G., 1960, Strength and Behavior of Prestressed Concrete Beams with Web Reinforcement, Doctorate Thesis, Graduate College, University of Illinois, Urbana, Illinois, July, 295.
- Mahgoub, M. O., 1975, Shear Strength of Prestressed Concrete Beams without Web Reinforcement, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 27, No. 93, December, 219-228.
- Mansour, M.Y., Dicleli, M., Lee, J.Y. and Zhang, J., 2004, Predicting the shear strength of reinforced concrete beams using artificial neural networks, *Engineering Structures*, Vol. 26, January, 781-799.
- Malone, B. J. and Ramirez, J. A., 2000, Shear Strength of High Strength Lightweight Prestressed Concrete Beams, *Proceedings of the PCI/FHWA*, September, 635-644.
- Marti, P., Pralong, J. and Thürlimann, B., 1977, Schubversuche an Stahlbeton-Platten, IBK-Bericht Nr. 7305-2, ETH Zürich, 7-37.
- Mathey, R. and Watsten, D., 1963, Shear Strength of Beams without Web Reinforcement Containing Deformed Bars of Different Yield Strength, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 60, February, 183-207.
- Moayer, M. and Regan, P. E., 1974, Shear Strength of Prestressed and Reinforced Concrete T-Beams, *ACI SP-42-8*, Detroit, American Concrete Institute, 183-213.

- Moller, M.F., 1993, A Scaled Conjugate Gradient Algorithm for Fast Supervised Learning, *Neurall Networks*, Vol. 6, 525-533.
- Moody, K. G., Viest, I. M., Elstner, R. C. and Hognestad, E., 1954, Shear Strength of Reinforced Concrete Beams, Part-1-Tests of Simple Beams, *Journal of the American Concrete Institute*, Vol. 51, No. 4, December, 317-333.
- Morrow, J. and Viest, I. M., 1957, Shear Strength of Reinforced Concrete Frame Members, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 53, March, 833-869.
- Mphonde, A. G. and Franz, G. C., 1984, Shear Test of High and Low-Strength Concrete Beams without Stirrups, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 81, July-August, 350-357.
- Naaman, A. E., 1982, Prestressed Concrete Analysis and Design Fundamentals, *McGraw-Hill Publishing Company*, USA, 20-80.
- Niwa, J., Yamada, K., Yokozawa, K. and Okamura, M., 1987, Revaluation of the Equation for Shear Strength of Reinforced Concrete-Beams without Web Reinforcement, *Concrete Library of JSCE*, No. 9, June, 65-84.
- Olesen, S. E., Sozen, M. A. and Siess, C. P., 1967, Investigation of Prestressed Reinforced Concrete for Highway Bridges, Part IV: Strength in Shear of Beams with Web Reinforcement, *Engineering Experiment Station*, Bulletin No. 493, University of Illinois, Urbana, 152.
- Onyemelukwe, O. U., Moussa Issa, P. E. and Mills, C. S., 2003, Field Measured Prestress Concrete Loses Versus Design Codes Estimates, *Society for Experimental Mechanics*, 201-215.
- Ozcebe, G., Ersoy U. and Tankut, T., 1999, Evaluation of Minimum Shear Reinforcement Requirements for Higher Strength Concrete, *ACI Structural Journal*, Vol. 96, No. 3, 361-368.
- Özkaya, N. ve Sağıroğlu, Ş., 2008, Parmakizinden Yüz Tanıma, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 23, No. 4, 785-793.
- Polat, Z. ve Celasun, H., 1974, Öngerilmeli Beton, *İ.D.M.M. Akademisi Yayınları*, İstanbul.
- Radogna, E. F., 1962, Esperienze Di Rottura Al Taglio Su Travi A Doppio T Con Armatura Pre-Tesa, *Universita' Degli Studi Di Roma*.
- Rajagopalan, K. S. and Ferguson, P. M., 1968, Exploratory Shear Tests Emphasizing Percentage of Longitudinal Steel, *ACI Journal Proceedings*, Vol. 65, No. 8, 634-638.
- Rangan, B. V., 1991, Web Crushing Strength of Reinforced and Prestressed Concrete Beams, *ACI Structural Journal*, Vol. 88, No. 1, 12-16.

- Reineck, K. H., 2001, *German Code DIN 1045-1 (2001)*, An Explanatory Document for the New German Code, 1-4.
- Reineck, K. H., Koch, R. and Schlaich, J., 1978, Shear Tests on Reinforced Concrete Beams with Axial Compression for Offshore Structures, Final Test Report, University of Stuttgart, Germany.
- Rommel, G., 1991, Schubtragverhalten von bauteilen aus hochfestem Beton ohne Schubbewehrung, Dramstädter Massivbau-Seminar 'Hochfester Beton', Dramstat, 8-11.
- Riedmiller, M., and Braun, H., 1993, A Direct Adaptive Method for Faster Backpropagation Learning: The RPROP Algorithm, Proceedings Of The IEEE International Conference On Neural Networks, San Francisco, CA, Vol. 1, March, 586-591.
- Roller, J. J. and Russell, H. G., 1990, Shear Strength of High-Strength Concrete Beams with Web Reinforcement, *ACI Structural Journal*, Vol. 87, No. 2, 191-198.
- Ruesch, M., Haugli, O. and Mayer, M., 1962, Schubversuche an Stahlbeton Rechteckbalken mit gleichmäßig verteilter Belastung, Stahlbetonbalken bei gleichzeitiger Einwirkung von Querkraft und Moment, HEFT 145, 1-14.
- Russell, H. G., Bruce, R. N. and Roller, J. J., 2003, Shear Tests of High Performance Concrete Bulb-Tee Girders, *3rd International Symposium on High Performance Concrete, PCI National Bridge Conference*, Orlando, FL, October 19-22, 20.
- Salandra, M. A. and Ahmad, S. H., 1989, Shear Capacity of Reinforced Lightweight High Strength Concrete Beams, *ACI Structural Journal*, Vol. 86, No. 6, 697-70.
- Sarsam, K. F. and Al-Musawi, J. M. S., 1992, Shear Design of High and Normal Strength Concrete Beams with Web Reinforcement, *ACI Structural Journal*, Vol. 89, No. 6, 658-664.
- Scholz, H., 1994, Ein Querkrafttragmodell für Bauteile ohne Schubbewehrung im Bruchzustand aus normalfestem und hochfestem Beton, Berichte aus dem Konstruktiven Ingenieurbau Heft 21, Universität Berlin, Germany.
- Shahawy, M. A. and Batchelor, B., 1996, Shear Behavior of Full-Scale Prestressed Concrete Girders: Comparison between AASHTO Specifications and LRFD Code, *PCI Journal*, Vol. 41, No. 3, May-June, 48-53.
- Shioya, T., Iguro, M., Nojiri, Y., Akiyama, H. and Okada, T., 1989, Shear Strength of Large Reinforced Concrete Beams, Fracture Mechanics: Application to Concrete, *ACI SP-118*, American Concrete Institute, Detroit, 309.
- Sozen, M. A., 1957, Strength in Shear of Reinforced Concrete Beams without Web Reinforcement, Civil Engineering Studies, *Structural Research Series*, No. 139, University of Illinois, August.

- Şener, S., 2006, Öngerilmeli Beton, *Alp Yayınevi*, Ankara, 3.
- Tan, K., Teng, S., Kong, F. K. and Lu, H., 1957, Main Tension Steel in High Strength Concrete Deep and Short Beams, *ACI Structural Journal*, Vol. 94, No. 6, November-December, 752-768.
- Tanarat Potisuk, Christopher C. Higgins, Thomas H. Miller, and Solomon C. Yim, 2011, Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Beams with Corrosion Subjected to Shear, *Advances in Civil Engineering*, USA, March.
- Taylor, H. P. J., 1968, Shear Stresses in Reinforced Concrete Beams without Shear Reinforcement, *London Cement and Concrete Association*, Technical Report TRA 407, February, 23.
- Taylor, H. P. J., 1972, Shear Strength of Large Beams, *Journal of the Structural Division, Proceedings of the ASCE*, Vol. 98, ST11, November, 2473-2490.
- Thorenfeldt, E., 1990, Shear Capacity of Reinforced High Strength Concrete Beams, High Strength Concrete-Proc. 2nd Int. Symp., *ACI SP-121*. American Concrete Institute, Detroit, 129-154.
- TSE, TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 29-31.
- TSE, TS 3233, 1979, Öngerilmeli Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-44.
- Ünal, O. ve Kürklü, G., 2007, Öngerilmeli Beton Teknolojisi, *Teknolojik Araştırmalar, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*, Afyonkarahisar, 26-35.
- Walraven, J. C., 1979, Experiments on Shear Transfer in Cracks in Concrete, Part II: Analysis of Results, *Report 5-79-10*, Stevin Laboratory, Delft University of Technology, The Netherlands, November.
- Walraven, J. C., 1980, Aggregate Interlock: A Theoretical and Experimental Analysis, Ph.D. Thesis, Delft University, 1980, 197.
- Yavuz, G., Arslan, M.H. ve Baykan, Ö.K., 2014, Shear Strength Predicting of FRP-Strengthened RC Beams By Using Artificial Neural Networks, *Sci Eng Compos Mater*, Vol. 21(2), 239-255.
- Yoon, Y. S., Cook, W. D. and Mitchell, D., 1996, Minimum Shear Reinforcement in Normal, Medium, and High-Strength Concrete Beams, *ACI Structural Journal*, Vol. 93, No. 5, 584.
- Yoshida, Y., 2000, Shear Reinforcement for Large Lightly Reinforced Concrete Members, *MASc Thesis*, Department of Civil Engineering, University of Toronto, 150.

Zwoyer, E. M., 1953, Shear Strength of Simply Supported Prestressed Concrete Beams, *Doctorate Thesis*, Graduate College, University of Illinois, May.

<http://www.flickrriver.com/photos/mitopencourseware/3048302726/>



10 EKLER (ÇİZELGELER)

Çizelge 10.1. Çizelgelerdeki notasyonların açıklamaları

Sınıflandırma	Semboller	Açıklama
	Birim	SI Birim Sistemi
Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi	Şekil	Kesit şekli (R: Dikdörtgen, T: T-Kesitli, I: I-Kesitli)
	H	Elemanın yüksekliği
	D	Faydalı yükseklik
	b_w	Gövde genişliği
	$b_{üst}$	Üst başlık genişliği
	b_{alt}	Alt başlık genişliği
	$t_{üst}$	Üst başlık kalınlığı
	t_{alt}	Alt başlık kalınlığı
	L	Açıklık, mesnet merkezleri arasındaki uzaklık
	a/d	Kesme açıklığının faydalı yüksekliğe oranı
	Yükleme Geometrisi	Mesnet durumu & yükleme formu (SS: basit mesnetli, SE: sürekli kiriş, FF: iki ucu da ankastre, PL: tekil yük, UDL: düzgün yayılı yük)
Beton	f_c	Betonun silindirik basınç dayanımı
	max. Agr.	Maksimum agrega boyutu
Öngerilme Donatısı	A_{ps}	Eğilme gerilmesinin olduğu kesitteki boyuna doğrultuda bulunan öngerilme donatısının alanı
	f_{py}	Öngerilme donatısının akma dayanımı
	f_{pu}	Öngerilme donatısının kopma dayanımı
	ρ_{pl}	Boyuna doğrultuda bulunan öngerilme donatısının oranı ($=A_{ps}/b_w d$)
	d Açısı	Öngerilme donatısının yataya göre yerleştirilme açısı
	f_{se}	Tüm kayıplardan sonra efektif öngerilme değeri
Boyuna Donatı	A_s	Eğilme gerilmesinin olduğu kesitteki öngerilmesiz boyuna donatı alanı
	f_y	Öngerilmesiz donatının akma dayanımı
	ρ_l	Öngerilmesiz boyuna donatının oranı ($=A_s/b_w d$)
Kesme Donatısı	A_v	Kesme donatısı alanı
	f_{vy}	Kesme donatısının akma dayanımı
	s_v	Kesme donatısının aralığı
	ρ_v	Kesme donatısı oranı ($=A_v/b_w s_v$)
Yük	V_{test}	Nihai kesme kapasitesi



Şekil 10.1. Dikdörtgen kesitli kirişler için sembolik gösterim

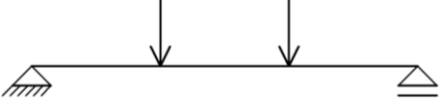
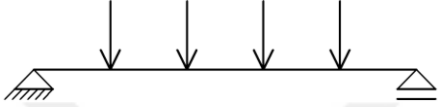
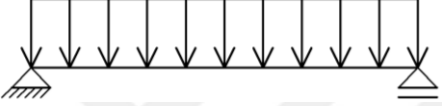
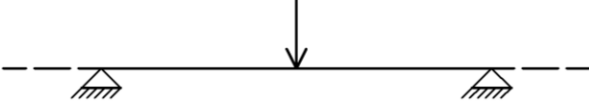
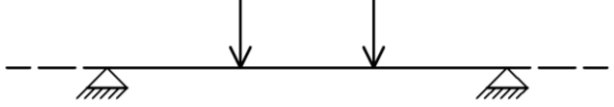
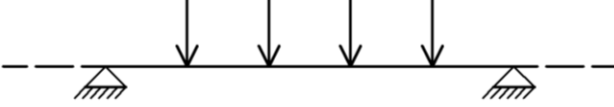
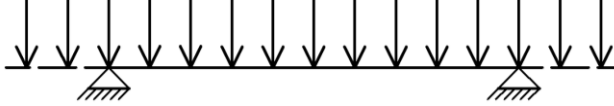
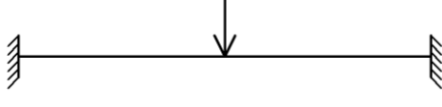


Şekil 10.2. T kesitli kirişler için sembolik gösterim



Şekil 10.3. I kesitli kirişler için sembolik gösterim

Çizelge 10.2. Çizelgelerdeki kirişlere ait mesnet durumu ve yükleme formları

SS-PL 	1 tekil yükle yüklenmiş basit mesnetli kiriş formu
SS-2PL 	2 tekil yükle yüklenmiş basit mesnetli kiriş formu
SS-4PL 	4 tekil yükle yüklenmiş basit mesnetli kiriş formu
SS-UDL 	Düzgün yayılı yükle yüklenmiş basit mesnetli kiriş formu
SE-PL 	1 tekil yükle yüklenmiş sürekli kiriş formu
SE-2PL 	2 tekil yükle yüklenmiş sürekli kiriş formu
SE-4PL 	4 tekil yükle yüklenmiş sürekli kiriş formu
SE-UDL 	Düzgün yayılı yükle yüklenmiş sürekli kiriş formu
FF-END 	1 tekil yükle yüklenmiş iki ucu da ankastre kiriş formu

Çizelge 10.3. Veri tabanındaki betonarme kirişlerin özellikleri

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Adebar Collins (1996)	ST1	R	30.99	27.79	35.99					160.02	2.88	FF-END	535.2469	1.91	15.68	5462.9	1.57					12972.74
	ST2	R	30.99	27.79	35.99					160.02	2.88	FF-END	535.2469	1.91	15.68	5462.9	1.57					12065.56
	ST2	R	30.99	27.79	35.99					160.02	2.88	FF-END	535.2468	1.91	15.68	5462.9	1.57					12065.56
	ST3	R	30.99	27.79	29.01					160.02	2.88	FF-END	502.6244	1.91	15.68	5462.9	1.95					11004.15
	ST4	R	30.99	27.79	29.01					160.02	2.88	FF-END	502.6244	1.91	15.68	5462.9	1.95	1.03	4689.47	31.5	0.11	16129.74
	ST5	R	30.99	27.79	29.01					160.02	2.88	FF-END	502.6244	1.91	15.68	5462.9	1.95	1.03	4689.47	19.3	0.18	17231.97
	ST6	R	30.99	27.79	29.01					160.02	2.88	FF-END	502.6244	1.91	15.68	5462.9	1.95	1.03	4689.47	12.4	0.28	23464.33
	ST7	R	30.99	27.79	29.01					160.02	2.88	FF-END	502.6244	1.91	15.68	5462.9	1.95	1.03	4689.47	12.4	0.28	28054.69
	ST8	R	30.99	27.79	29.01					160.02	2.88	FF-END	470.9863	1.91	15.68	5462.9	1.95					14206.51
	ST16	R	21.01	17.81	29.01					160.02	4.49	FF-END	525.0523	1.91	15.68	5462.9	3.04					7574.99
	ST18	R	30.99	27.79	29.01					160.02	2.88	FF-END	507.6865	1.91	15.68	5462.9	1.95	1.03	4689.47	17.3	0.20	25115.41
	ST19	R	30.99	27.79	29.01					160.02	2.88	FF-END	517.8810	1.91	15.68	5462.9	1.95	1.03	4689.47	17.3	0.20	20538.66
	ST23	R	30.99	27.79	29.01					160.02	2.88	FF-END	600.4917	1.91	8.00	4935.5	1.00					9167.10
Ahmad Lue (1987)	A1	R	25.40	20.32	12.70					203.2	4.00	SS-2PL	620.3182	1.27	10.19	4218.4	3.93					5896.70
	A2	R	25.40	20.32	12.70					162.56	3.00	SS-2PL	620.3182	1.27	10.19	4218.4	3.93					7030.68
	A3	R	25.40	20.32	12.70					149.86	2.70	SS-2PL	620.3182	1.27	10.19	4218.4	3.93					7030.68
	A8	R	25.40	20.80	12.70					165.1	3.00	SS-2PL	620.3182	1.27	4.71	4218.4	1.77					4989.52
	B1	R	25.40	20.17	12.70					203.2	4.00	SS-2PL	683.0321	1.27	12.90	4218.4	5.04					5080.23
	B2	R	25.40	20.17	12.70					162.56	3.00	SS-2PL	683.0321	1.27	12.90	4218.4	5.04					7030.68
	B3	R	25.40	20.17	12.70					149.86	2.70	SS-2PL	683.0321	1.27	12.90	4218.4	5.04					10205.83
	B7	R	25.40	20.80	12.70					208.28	4.00	SS-2PL	683.0321	1.27	6.65	4218.4	2.25					4535.92
	B8	R	25.40	20.80	12.70					165.1	3.00	SS-2PL	683.0321	1.27	6.65	4218.4	2.25					4762.72
	B9	R	25.40	20.80	12.70					152.4	2.70	SS-2PL	683.0321	1.27	6.65	4218.4	2.25					8164.66
	C1	R	25.40	18.42	12.70					187.96	4.00	SS-2PL	655.8936	1.27	15.48	4218.4	6.64					5533.83
	C2	R	25.40	18.42	12.70					152.4	3.00	SS-2PL	655.8936	1.27	15.48	4218.4	6.64					7711.07

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Ahmad Lue (1987)	C3	R	25.40	18.42	12.70					139.7	2.70	SS-2PL	655.8936	1.27	15.48	4218.4	6.64					7030.68
	C7	R	25.40	20.65	12.70					205.74	4.00	SS-2PL	655.8936	1.27	8.52	4218.4	3.26					4626.64
	C8	R	25.40	20.65	12.70					165.1	3.00	SS-2PL	655.8936	1.27	8.52	4218.4	3.26					4535.92
	C9	R	25.40	20.65	12.70					152.4	2.70	SS-2PL	655.8936	1.27	8.52	4218.4	3.26					4626.64
Ahmad Xie Yu (1994)	LNN-3	R	25.40	21.59	12.70					129.54	3.00	SS-1PL	411.2957	1.27	2.58	4288.7	1.04					2308.79
	LNW-3	R	25.40	21.59	12.70					129.54	3.00	SS-1PL	454.8860	1.27	5.68	4288.7	2.07	0.65	3304.43	10.2	0.49	6454.62
	LHN-3	R	25.40	21.59	12.70					129.54	3.00	SS-1PL	909.0689	1.27	5.68	4288.7	2.07					4422.53
	LHW-3	R	25.40	19.81	12.70					119.38	3.00	SS-1PL	910.4751	1.27	11.35	4288.7	4.54	0.65	3304.43	9.9	0.51	9425.65
	LHW-3a	R	25.40	19.81	12.70					119.38	3.00	SS-1PL	899.2259	1.27	11.35	4288.7	4.54	0.65	3304.43	7.6	0.65	10913.43
	LHW-3b	R	25.40	19.81	12.70					119.38	3.00	SS-1PL	886.5707	1.27	11.35	4288.7	4.54	0.65	3304.43	6.4	0.78	12305.96
	LHW-4	R	25.40	19.81	12.70					157.48	4.00	SS-1PL	845.7927	1.27	11.35	4288.7	4.54	0.65	3304.43	9.9	0.51	9666.05
Ahmad, Park El- Dash (1995)	B7N	R	20.40	17.81	10.21					177.8	3.70	SS-2PL	436.3249	1.27	2.52	4211.4	1.39					2721.55
	B8N	R	20.40	17.81	10.21					177.8	3.70	SS-2PL	436.3249	1.27	2.52	4211.4	1.39					3220.51
	B7H	R	20.40	17.81	10.21					177.8	3.70	SS-2PL	780.8993	1.27	2.52	4211.4	1.39					2739.70
	B8H	R	20.40	17.81	10.21					177.8	3.70	SS-2PL	808.4597	1.27	2.52	4211.4	1.39					2739.70
Ahmad Kahloo Poveda (1986)	A1	R	25.40	20.32	12.70					203.2	4.00	SS-2PL	636.0670	1.27	10.19	4218.4	3.93					5896.70
	A2	R	25.40	20.32	12.70					162.56	3.00	SS-2PL	636.0670	1.27	10.19	4218.4	3.93					7030.68
	A3	R	25.40	20.32	12.70					149.86	2.70	SS-2PL	636.0670	1.27	10.19	4218.4	3.93					7030.68
	A7	R	25.40	20.80	12.70					208.28	4.00	SS-2PL	636.0670	1.27	4.71	4218.4	1.77					4989.52
	A8	R	25.40	20.80	12.70					165.1	3.00	SS-2PL	636.0670	1.27	12.90	4218.4	5.04					5080.23
	A9	R	25.40	20.80	12.70					152.4	2.70	SS-2PL	636.0670	1.27	12.90	4218.4	5.04					7030.68
	B1	R	25.40	20.17	12.70					203.2	4.00	SS-2PL	700.3979	1.27	12.90	4218.4	5.04					10205.83
	B2	R	25.40	20.17	12.70					162.56	3.00	SS-2PL	700.3979	1.27	6.65	4218.4	2.25					4535.92
	B3	R	25.40	20.17	12.70					149.86	2.70	SS-2PL	700.3979	1.27	6.65	4218.4	2.25					4762.72
	B7	R	25.40	20.80	12.70					208.28	4.00	SS-2PL	700.3979	1.27	6.65	4218.4	2.25					8164.66
	B8	R	25.40	20.80	12.70					165.1	3.00	SS-2PL	700.3979	1.27	15.48	4218.4	6.64					5533.83
	B9	R	25.40	20.80	12.70					152.4	2.70	SS-2PL	700.3979	1.27	15.48	4218.4	6.64					7711.07
	C1	R	25.40	18.42	12.70					187.96	4.00	SS-2PL	672.5563	1.27	15.48	4218.4	6.64					7030.68
	C2	R	25.40	18.42	12.70					152.4	3.00	SS-2PL	672.5563	1.27	15.48	4218.4	6.64					7030.68
	C3	R	25.40	18.42	12.70					139.7	2.70	SS-2PL	672.5563	1.27	15.48	4218.4	6.64					7030.68
	C7	R	25.40	20.65	12.70					205.74	4.00	SS-2PL	672.5563	1.27	8.52	4218.4	3.26					4626.64

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Ahmad Kahloo Poveda (1986)	C8	R	25.40	20.65	12.70					165.1	3.00	SS-2PL	672.5563	1.27	8.52	4218.4	3.26					4535.92
	C9	R	25.40	20.65	12.70					152.4	2.70	SS-2PL	672.5563	1.27	8.52	4218.4	3.26					4626.64
Al-Alusii (1957)	12	T	14.61	12.70	7.62	33.0	7.62	3.18		104.14	2.50	SS-2PL	256.6204	0.64	2.52	3726.3	2.62					3116.18
	11	T	14.61	12.70	7.62	33.0	7.62	3.18		127	3.40	SS-2PL	291.7738	0.64	2.52	3726.3	2.62					2009.41
	2	T	14.61	12.70	7.62	33.0	7.62	3.18		127	3.40	SS-2PL	284.2510	0.64	1.42	3726.3	1.47					1664.68
	21	T	14.61	12.70	7.62	7.62	33.0		3.18	127	3.40	SS-2PL	298.1015	0.64	2.52	3726.3	2.62					2780.52
	15	T	14.61	12.70	7.62	7.62	33.0		3.18	142.24	4.00	SS-2PL	257.3234	0.64	2.52	3726.3	2.62					1991.27
	3	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		142.24	4.00	SS-2PL	277.3609	0.64	1.42	3726.3	1.47					1651.08
	10	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		142.24	4.00	SS-2PL	291.7738	0.64	2.52	3726.3	2.62					1700.97
	4	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		142.24	4.00	SS-2PL	270.6817	0.64	1.42	3726.3	1.47					1605.72
	13	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		142.24	4.00	SS-2PL	292.8284	0.64	2.52	3726.3	2.62					1964.05
	5	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		147.32	4.20	SS-2PL	277.7124	0.64	1.42	3726.3	1.47					1637.47
	18	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		154.94	4.50	SS-2PL	274.1971	0.64	2.52	3726.3	2.62					1619.32
	7	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		154.94	4.50	SS-2PL	259.4326	0.64	2.52	3726.3	2.62					1564.89
	24	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		154.94	4.50	SS-2PL	290.3677	0.64	2.52	3726.3	2.62					1782.62
	16	T	14.61	12.70	7.62	7.62	33.0		3.18	154.94	4.50	SS-2PL	286.8523	0.64	2.52	3726.3	2.62					1714.58
	17	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		180.34	5.50	SS-2PL	301.6168	0.64	2.52	3726.3	2.62					1601.18
	8	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		180.34	5.50	SS-2PL	267.8695	0.64	2.52	3726.3	2.62					1551.29
	19	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		180.34	5.50	SS-2PL	312.1628	0.64	3.94	3726.3	4.09					1619.32
	25	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		180.34	5.50	SS-2PL	265.0572	0.64	2.52	3726.3	2.62					1564.89
	9	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		205.74	6.50	SS-2PL	323.4120	0.64	2.52	3726.3	2.62					1632.93
	20	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		205.74	6.50	SS-2PL	278.0640	0.64	3.94	3726.3	4.09					1732.72
	23	T	14.61	12.70	7.62	33.02	7.62	3.18		228.6	7.40	SS-2PL	287.5554	0.64	3.94	3726.3	4.09					1619.32
Angelakos Bentz Collins (2001)	DB120	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	214.0846	0.99	28.00	5610.5	1.01					18252.56
	DB130	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	326.2242	0.99	28.00	5610.5	1.01					18864.91
	DB140	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	387.3913	0.99	28.00	5610.5	1.01					18356.88
	DB165	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	662.6430	0.99	28.00	5610.5	1.01					18864.91
	DB180	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	815.5607	0.99	28.00	5610.5	1.01					17540.42
	DB230	R	100.0	92.51	30.00					541.02	3.02	SS-1PL	326.2242	0.99	56.00	5610.5	2.09					26208.57
	DBO530	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	326.2242	0.99	14.00	5610.5	0.50					16823.74

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Angelakos Bentz Collins (2001)	DB0530M	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	326.2242	0.99	14.00	5610.5	0.50	0.71	5181.62	30.0	0.08	26820.92
	DB120M	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	214.0846	0.99	28.00	5610.5	1.01	1.42	5181.62	59.9	0.08	28757.76
	DB140M	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	387.3913	0.99	28.00	5610.5	1.01	0.71	5181.62	30.0	0.08	28245.20
	DB165M	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	662.6430	0.99	28.00	5610.5	1.01	0.71	5181.62	30.0	0.08	46089.52
	DB180M	R	100.0	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	815.5607	0.99	28.00	5610.5	1.01	0.71	5181.62	30.0	0.08	40279.00
Aster Koch (1974)	2	R	28.09	24.99	100.0					185.42	3.68	SS-2PL	274.2674	3.00	16.00	5645.6	0.64					22058.20
	3	R	28.91	24.99	100.0					185.42	3.68	SS-2PL	278.3452	3.00	22.77	5455.8	0.91					22507.25
	8	R	54.41	50.01	100.0					551.18	5.50	SS-2PL	317.0843	3.00	31.42	5462.9	0.63					28608.07
	9	R	54.41	50.01	100.0					551.18	5.50	SS-2PL	202.9058	3.00	31.42	5462.9	0.63					25909.20
	10	R	54.41	50.01	100.0					551.18	5.50	SS-2PL	203.8901	3.00	31.42	5462.9	0.63					26008.99
	11	R	53.90	50.01	100.0					365.76	3.65	SS-2PL	250.7849	3.00	22.77	5455.8	0.46					26607.73
	12	R	54.00	50.01	100.0					365.76	3.65	SS-2PL	278.3452	3.00	32.58	5455.8	0.65					33012.45
	16	R	79.40	75.01	100.0					551.18	3.67	SS-2PL	309.9130	3.00	31.42	5462.9	0.42					40015.92
Bazant Kazemi (1991)	79.40	R	79.40	75.01	100.0					551.18	3.67	SS-2PL	292.6175	3.00	31.42	5462.9	0.42					35611.54
	I-4	R	5.08	4.06	3.81					27.94	3.00	SS-2PL	477.3842	0.51	0.26	8085.3	1.65					331.12
	I-5	R	5.08	4.06	3.81					27.94	3.00	SS-2PL	477.3842	0.51	0.26	8085.3	1.65					303.91
	I-6	R	5.08	4.06	3.81					27.94	3.00	SS-2PL	477.3842	0.51	0.26	8085.3	1.65					317.51
	I-7	R	10.16	8.13	3.81					55.88	3.00	SS-2PL	477.3842	0.51	0.52	8085.3	1.65					562.45
	I-8	R	10.16	8.13	3.81					55.88	3.00	SS-2PL	477.3842	0.51	0.52	8085.3	1.65					571.53
	I-9	R	10.16	8.13	3.81					55.88	3.00	SS-2PL	477.3842	0.51	0.52	8085.3	1.65					530.70
	I-10	R	20.32	16.26	3.81					114.3	3.00	SS-2PL	477.3842	0.51	1.03	8085.3	1.65					925.33
	I-11	R	20.32	16.26	3.81					114.3	3.00	SS-2PL	477.3842	0.51	1.03	8085.3	1.65					997.90
	I-12	R	20.32	16.26	3.81					114.3	3.00	SS-2PL	477.3842	0.51	1.03	8085.3	1.65					1034.19
	II-4	R	5.08	4.14	3.81					27.94	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	0.26	8085.3	1.62					299.37
	II-5	R	5.08	4.14	3.81					27.94	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	0.26	8085.3	1.62					276.69
	II-6	R	5.08	4.14	3.81					27.94	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	0.26	8085.3	1.62					326.59
	II-7	R	10.16	8.26	3.81					58.42	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	0.52	8085.3	1.62					553.38
	II-8	R	10.16	8.26	3.81					58.42	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	0.52	8085.3	1.62					512.56
	II-9	R	10.16	8.26	3.81					58.42	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	0.52	8085.3	1.62					453.59
	II-10	R	20.32	16.51	3.81					116.84	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	1.03	8085.3	1.62					743.89
	II-11	R	20.32	16.51	3.81					116.84	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	1.03	8085.3	1.62					857.29
	II-12	R	20.32	16.51	3.81					116.84	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	1.03	8085.3	1.62					839.15

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Bazant Kazemi (1991)	II-13	R	40.64	33.02	3.81					231.14	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	2.06	8085.3	1.62					1047.80
	II-14	R	40.64	33.02	3.81					231.14	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	2.06	8085.3	1.62					1147.59
	II-15	R	40.64	33.02	3.81					231.14	3.00	SS-2PL	471.0566	0.51	2.06	8085.3	1.62					943.47
Bhal (1968)	B1	R	35.00	30.00	24.00					180.34	3.00	SS-1PL	236.5126	3.00	9.03	4422.3	1.26					7153.15
	B2	R	65.00	59.99	24.00					360.68	3.00	SS-1PL	301.7574	3.00	18.06	485.1	1.26					11952.16
	B3	R	95.00	89.99	24.00					541.02	3.00	SS-1PL	280.3841	3.00	27.10	4422.3	1.26					16506.23
	B4	R	125.0	120.0	24.00					721.36	3.00	SS-1PL	256.9016	3.00	36.13	4422.3	1.26					18007.62
	B5	R	65.00	59.99	24.00					360.68	3.00	SS-1PL	271.1739	3.00	9.03	4422.3	0.63					10604.99
	B6	R	65.00	59.99	24.00					360.68	3.00	SS-1PL	251.8395	3.00	9.03	4387.2	0.63					11403.31
	B7	R	95.00	89.99	24.00					541.02	3.00	SS-1PL	277.2906	3.00	13.55	4422.3	0.63					13752.92
	B8	R	95.00	89.99	24.00					541.02	3.00	SS-1PL	282.4230	3.00	13.55	4387.2	0.63					12505.54
Bresler Scordelis (1963)	0A-1	R	55.60	46.10	30.99					353.06	3.80	SS-1PL	230.3959	1.91	25.81	5659.7	1.81					17009.71
	0A-2	R	56.11	46.61	30.51					444.5	4.74	SS-1PL	241.6450	1.91	32.26	5659.7	2.27					18143.69
	0A-3	R	55.60	46.20	30.71					627.38	6.77	SS-1PL	383.3135	1.91	38.71	5624.6	2.73					19277.68
Cederwall v.d. (1974)	734-34	R	26.01	26.01	13.49					299.72	3.08	SS-2PL	302.3199	0.00	3.42	8999.3	0.97					4200.27
Ceruti, Marti. (1987)	CM2_B	TI	89.99	82.50	15.01	45.01	89.99	15.01	18.7	749.3	3.03	SE-UDL	455.7297	0.00	62.00	4436.4	5.01	2.00	5617.53	10.4	1.28	128992.60
Chana (1981)	37623	R	40.59	35.61	20.29					215.9	3.00	SS-1PL	396.6015	2.01	12.58	4872.3	1.74					9788.52
	37654	R	40.59	35.61	20.29					215.9	3.00	SS-1PL	334.3798	0.99	12.58	4872.3	1.74					8913.09
	37682	R	40.59	35.61	20.29					215.9	3.00	SS-1PL	363.9791	2.01	12.58	4872.3	1.74					10137.79
Chang Kesler (1958)	IA1	R	15.24	13.67	10.16					152.4	4.09	SS-2PL	281.2278	2.54	4.00	3339.6	2.89					2027.56
	IB1	R	15.24	13.67	10.16					152.4	2.60	SS-2PL	281.2278	2.54	2.58	3339.6	1.86					1995.81
	IC1	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.35	SS-2PL	281.2278	2.54	3.29	3339.6	2.37					2000.34
	IC2	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.35	SS-2PL	281.2278	2.54	3.29	3339.6	2.37					1814.37
	IIA1	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.35	SS-2PL	179.9858	2.54	2.58	3339.6	1.86					1737.26
	IIA2	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.35	SS-2PL	179.9858	2.54	2.58	3339.6	1.86					1759.94
	IIB1	R	15.24	13.67	10.16					152.4	4.09	SS-2PL	179.9858	2.54	3.29	3339.6	2.37					1691.90
	IIC1	R	15.24	13.67	10.16					152.4	2.60	SS-2PL	179.9858	2.54	4.00	3339.6	2.89					1814.37
	IIIA1	R	15.24	13.67	10.16					152.4	4.09	SS-2PL	151.8630	2.54	3.29	3339.6	2.37					1737.26
	IIIB1	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.35	SS-2PL	151.8630	2.54	2.58	3339.6	1.86					1564.89
	IIIB2	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.35	SS-2PL	151.8630	2.54	2.58	3339.6	1.86					1578.50

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Chang Kesler (1958)	IIIC1	R	15.24	13.67	10.16					152.4	2.60	SS-2PL	151.8630	2.54	4.00	3339.6	2.89					1873.34
	4-21a	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	393.7189	2.54	2.58	3339.6	1.86					2150.03
	4-21b	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	393.7189	2.54	2.58	3339.6	1.86					2512.90
	4-22a	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	324.8181	2.54	2.58	3339.6	1.86					2186.32
	4-22b	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	323.4120	2.54	2.58	3339.6	1.86					2390.43
	4-23a	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	328.3334	2.54	2.58	3339.6	1.86					2204.46
	4-23b	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	328.3334	2.54	2.58	3339.6	1.86					2295.18
	5-21a	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	328.3334	2.54	4.00	3339.6	2.89					2943.81
	5-21b	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	328.3334	2.54	4.00	3339.6	2.89					2803.20
	5-22a	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	317.7874	2.54	4.00	3339.6	2.89					2286.11
	5-22b	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	317.7874	2.54	4.00	3339.6	2.89					2644.44
	5-23a	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	326.9273	2.54	4.00	3339.6	2.89					2499.29
	5-23b	R	15.24	13.67	10.16					152.4	3.72	SS-2PL	326.9273	2.54	4.00	3339.6	2.89					2381.36
Clark (1951)	D2-6	R	38.10	31.42	15.24					304.8	2.43	SS-2PL	300.9137		16.32	3269.3	3.42	1.42	3374.73	15.2	0.61	17173.01
	D2-7	R	38.10	31.42	15.24					304.8	2.43	SS-2PL	289.6646		16.32	3269.3	3.42	1.42	3374.73	15.2	0.61	16039.03
	D2-8	R	38.10	31.42	15.24					304.8	2.43	SS-2PL	266.4633		16.32	3269.3	3.42	1.42	3374.73	15.2	0.61	17173.01
	D4-1	R	38.10	31.42	15.24					304.8	2.43	SS-2PL	279.1186		16.32	3269.3	3.42	1.42	3374.73	19.1	0.49	17173.01
	D4-2	R	38.10	31.42	15.24					304.8	2.43	SS-2PL	261.5418		16.32	3269.3	3.42	1.42	3374.73	19.1	0.49	16039.03
	D4-3	R	38.10	31.42	15.24					304.8	2.43	SS-2PL	224.9822		16.32	3269.3	3.42	1.42	3374.73	19.1	0.49	16832.81
	D5-1	R	38.10	31.42	15.24					304.8	2.43	SS-2PL	282.6339		16.32	3269.3	3.42	1.42	3374.73	25.4	0.37	14905.05
	D5-2	R	38.10	31.42	15.24					304.8	2.43	SS-2PL	295.9922		16.32	3269.3	3.42	1.42	3374.73	25.4	0.37	16039.03
	D5-3	R	38.10	31.42	15.24					304.8	2.43	SS-2PL	276.3063		16.32	3269.3	3.42	1.42	3374.73	25.4	0.37	16039.03
Collins Kuchma (1999)	SE100A-45	R	100.00	92.00	29.49					459.74	2.50	SE-2PL	509.7254	0.99	28.00	4921.5	1.03					20475.16
	SE100A-45-R	R	100.00	92.00	29.49					459.74	2.50	SE-2PL	509.7254	0.99	28.00	4921.5	1.03					24035.86
	SE100B-45	R	100.00	92.00	29.49					459.74	2.50	SE-2PL	509.7254	0.99	37.03	4844.1	1.36					28653.43
	SE100B-45-R	R	100.00	92.00	29.49					459.74	2.50	SE-2PL	509.7254	0.99	37.03	4844.1	1.36					32200.52
	SE50A-45	R	50.01	45.90	16.89					248.92	2.72	SE-2PL	535.2468	0.99	8.00	4921.5	1.03					6994.39
	SE50A-45-R	R	50.01	45.90	16.89					248.92	2.72	SE-2PL	535.2468	0.99	8.00	4921.5	1.03					8210.02
	SE50B-45	R	50.01	45.90	16.89					248.92	2.72	SE-2PL	535.2468	0.99	9.03	5322.2	1.16					8822.37
	SE100A-83	R	100.00	92.00	29.49					459.74	2.50	SE-2PL	876.7277	0.99	28.00	4921.5	1.03					30916.86
	SE100B-83	R	100.00	92.00	29.49					459.74	2.50	SE-2PL	876.7277	0.99	37.03	4921.5	1.36					37199.11

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Collins Kuchma (1999)	SE100B-83-R	R	100.00	92.00	29.49					459.74	2.50	SE-2PL	876.7277	0.99	37.03	4921.5	1.36					37126.54
	SE50A-83	R	50.01	45.90	16.89					248.92	2.72	SE-2PL	927.7003	0.99	8.00	4921.5	1.03					9471.01
	SE50B-83	R	50.01	45.90	16.89					248.92	2.72	SE-2PL	927.7003	0.99	9.03	4921.5	1.16					10278.40
	SE100A-M-69	R	100.00	92.00	29.49					459.74	2.50	SE-2PL	723.8101	0.99	28.00	4921.5	1.03	2.00	5322.24	43.9	0.15	52648.47
	SE100B-M-69	R	100.00	92.00	29.49					459.74	2.50	SE-2PL	764.5881	0.99	37.03	4921.5	1.36	2.00	5322.24	43.9	0.15	59470.50
	SE50A-M-69	R	50.01	45.90	16.89					248.92	2.72	SE-2PL	754.3936	0.99	8.00	4921.5	1.03	0.52	6046.40	27.7	0.11	14124.87
	SE50B-M-69	R	50.01	45.90	16.89					248.92	2.72	SE-2PL	754.3936	0.99	9.03	4921.5	1.16	0.52	6046.40	27.7	0.11	15481.11
	B100	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	367.0023	0.99	28.00	6629.9	1.01					22942.70
	B100-R	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	367.0023	0.99	28.00	6629.9	1.01					25392.10
	B100D	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	367.0023	0.99	40.00	6629.9	1.44					32631.43
	B100H	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	999.0618	0.99	28.00	4844.1	1.01					19681.37
	B100HE	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	999.0618	0.99	28.00	4844.1	1.01					22126.24
	B100L	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	397.5858	0.99	28.00	4921.5	1.01					22738.59
	B100L-R	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	397.5858	0.99	28.00	4921.5	1.01					23963.28
	B100B	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	397.5858	0.99	28.00	6629.9	1.01					20801.75
	BN100	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	379.2357	0.99	21.03	6629.9	0.76					19577.05
	BN50	R	50.01	45.01	30.00					269.24	3.00	SS-1PL	379.2357	0.99	11.03	4956.6	0.81					13430.87
	BN25	R	24.99	22.50	30.00					134.62	3.00	SS-1PL	379.2357	0.99	6.00	4921.5	0.89					7434.38
	BN12	R	12.50	11.00	30.00					68.58	3.07	SS-1PL	379.2357	0.99	3.03	5322.2	0.91					4077.80
	BND100	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	379.2357	0.99	29.03	6629.9	1.05					26308.36
	BND50	R	50.01	45.01	30.00					269.24	3.00	SS-1PL	379.2357	0.99	15.03	4956.6	1.11					16592.41
	BND25	R	24.99	22.50	30.00					134.62	3.00	SS-1PL	379.2357	0.99	8.84	4921.5	1.31					11421.46
	BH100	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	1007.2175	0.99	21.03	6629.9	0.76					19681.37
	BH50	R	50.01	45.01	30.00					269.24	3.00	SS-1PL	1007.2175	0.99	11.03	4956.6	0.81					13430.87
	BH25	R	24.99	22.50	30.00					134.62	3.00	SS-1PL	1007.2175	0.99	6.00	4921.5	0.89					8645.47
	BHD100	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	1007.2175	0.99	29.03	6629.9	1.05					28349.52
	BHD100R	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	1007.2175	0.99	29.03	6629.9	1.05					34005.82
	BHD50	R	50.01	45.01	30.00					269.24	3.00	SS-1PL	1007.2175	0.99	15.03	4956.6	1.11					19649.62
	BHD50R	R	50.01	45.01	30.00					269.24	3.00	SS-1PL	1007.2175	0.99	15.03	4956.6	1.11					20874.32
	BHD25	R	24.99	22.50	30.00					134.62	3.00	SS-1PL	1007.2175	0.99	8.84	4921.5	1.31					11357.95
	BRL100	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	958.2838	0.99	14.00	5610.5	0.50					16619.62

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Collins Kuchma (1999)	BM100	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	479.1419	0.99	21.03	5610.5	0.76	1.42	5181.62	59.9	0.08	34876.72
	BM100D	R	100.00	92.51	30.00					541.02	2.92	SS-1PL	479.1419	0.99	53.03	5610.5	1.91	1.42	5181.62	59.9	0.08	47010.31
Cossio Siess (1960)	A-2	R	30.51	25.40	15.19					152.4	3.00	SS-1PL	321.3028	2.54	3.81	4780.9	0.98					4268.30
	A-3	R	30.51	25.40	15.19					203.2	4.00	SS-1PL	198.2656	2.54	3.81	4401.2	0.98					3497.20
	A-4	R	30.51	25.40	15.19					254	5.00	SS-1PL	273.4940	2.54	3.81	4682.4	0.98					3587.92
	A-12	R	30.48	25.40	15.24					152.4	3.00	SS-1PL	272.0879	2.54	12.90	3262.2	3.33					6019.17
	A-13	R	30.48	25.40	15.24					203.2	4.00	SS-1PL	225.6853	2.54	12.90	4098.9	3.33					4789.94
	A-14	R	30.48	25.40	15.24					254	5.00	SS-1PL	280.5247	2.54	12.90	3782.5	3.33					5588.26
	A-15	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-1PL	255.2142	2.54	12.90	3445.0	3.33					5039.41
Elzanaty Nilson Slate (1986)	F7	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	210.9208	1.27	2.90	4429.3	0.60					3401.94
	F11	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	210.9208	1.27	5.81	4429.3	1.20					4445.21
	F12	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	210.9208	1.27	12.13	4429.3	2.50					5443.11
	F8	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	407.7803	1.27	4.84	4429.3	1.00					4581.28
	F13	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	407.7803	1.27	5.81	4429.3	1.20					4853.44
	F14	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	407.7803	1.27	12.13	4429.3	2.50					6486.37
	F1	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	667.9161	1.27	5.81	4429.3	1.20					5851.34
	F2	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	667.9161	1.27	12.13	4429.3	2.50					6713.17
	F10	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	667.9161	1.27	16.00	4429.3	3.30					7620.35
	F9	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	808.5300	1.27	7.74	4429.3	1.60					6350.29
	F15	R	30.48	27.31	17.78					381	4.00	SS-2PL	808.5300	1.27	12.13	4429.3	2.50					6758.53
	F5	R	30.48	27.31	17.78					381	6.00	SS-2PL	646.8240	1.27	5.81	4429.3	1.20					4399.85
	F6	R	30.48	27.31	17.78					381	6.00	SS-2PL	646.8240	1.27	12.13	4429.3	2.50					6123.50
Feldman Siess (1955)	L-2	R	30.48	25.25	15.24					243.84	3.02	SS-2PL	219.3577	2.54	12.90	3163.8	3.35					7711.07
	L-2a	R	30.48	25.25	15.24					243.84	3.02	SS-2PL	374.0330	2.54	12.90	2882.6	3.35					8164.66
	L-3	R	30.48	25.25	15.24					294.64	4.02	SS-2PL	285.4462	2.54	12.90	3163.8	3.35					5443.11
	L-4	R	30.48	25.25	15.24					345.44	5.03	SS-2PL	262.9480	2.54	12.90	3093.5	3.35					5216.31
	L-5	R	30.48	25.25	15.24					396.24	6.04	SS-2PL	284.7431	2.54	12.90	3374.7	3.35					5216.31
	L2R	R	30.48	25.25	15.24					152.4	3.02	SS-2PL	219.3577	2.54	12.90	3163.8	3.35					7620.35
	L2aR	R	30.48	25.25	15.24					152.4	3.02	SS-2PL	367.7053	2.54	12.90	2882.6	3.35					9434.72
L3R	R	30.48	25.25	15.24					152.4	4.02	SS-2PL	285.4462	2.54	12.90	3163.8	3.35					6304.93	

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Ferguson Thompson (1953)	A1	T	24.13	20.96	10.16	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	303.0229	0.64	10.19	2812.3	4.79					2961.96
	A2	T	24.13	20.96	10.16	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	278.4155	0.64	10.19	2812.3	4.79					2748.77
	A3	T	24.13	20.96	10.16	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	357.8624	0.64	10.19	2812.3	4.79					3429.16
	A4	T	24.13	20.96	10.16	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	356.4562	0.64	10.19	2812.3	4.79					3225.04
	A5	T	24.13	20.96	10.16	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	462.6197	0.64	10.19	2812.3	4.79					3451.84
	A6	T	24.13	20.96	10.16	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	394.4220	0.64	10.19	2812.3	4.79					3628.74
	D1	T	24.13	20.96	17.78	43.18	17.78	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	319.1935	0.64	10.19	2812.3	2.74					4966.84
	D2	T	24.13	20.96	17.78	43.18	17.78	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	301.6168	0.64	10.19	2812.3	2.74					5307.03
	N1	T	19.05	17.78	10.80	48.26	10.80	3.81		213.36	4.00	SS-2PL	210.9208	1.60	5.68	2812.3	2.96					2422.18
	N2	T	19.05	17.78	10.80	48.26	10.80	3.81		213.36	4.00	SS-2PL	210.2178	1.60	5.68	2812.3	2.96					2440.33
	N3	T	19.05	17.78	10.80	48.26	10.80	3.81		213.36	4.00	SS-2PL	178.5796	1.60	5.68	2812.3	2.96					2190.85
	G4	T	13.97	11.43	10.80	55.88	10.80	3.81		213.36	6.22	SS-2PL	233.4191	1.60	5.68	2812.3	4.60					1428.82
	G5	T	13.97	11.43	10.80	55.88	10.80	3.81		213.36	6.22	SS-2PL	221.4669	1.60	5.68	2812.3	4.60					1610.25
	G6	T	13.97	11.43	10.80	55.88	10.80	3.81		213.36	6.22	SS-2PL	222.8730	1.60	5.68	2812.3	4.60					1791.69
	B1	T	24.13	20.96	12.70	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	363.8385	0.64	10.19	2812.3	3.83					3615.13
	B2	T	24.13	20.96	12.70	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	341.6918	0.64	10.19	2812.3	3.83					3220.51
	B3	T	24.13	20.96	12.70	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	407.7803	0.64	10.19	2812.3	3.83					4018.83
	B4	T	24.13	20.96	12.70	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	442.2307	0.64	10.19	2812.3	3.83					4472.42
	B5	T	24.13	20.96	12.70	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	418.3264	0.64	10.19	2812.3	3.83					3905.43
	C1	T	24.13	20.96	13.97	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	341.6918	0.64	10.19	2812.3	3.48					4476.96
	C2	T	24.13	20.96	13.97	43.18	10.16	3.81		162.56	3.39	SS-2PL	341.6918	0.64	10.19	2812.3	3.48					3955.33
	L1	T	19.05	15.88	14.30	48.26	10.80	3.81		213.36	4.48	SS-2PL	221.4669	1.60	5.68	2812.3	2.50					2789.59
	L2	T	19.05	15.88	14.30	48.26	10.80	3.81		213.36	4.48	SS-2PL	230.6068	1.60	5.68	2812.3	2.50					3039.07
	L3	T	19.05	15.88	14.30	48.26	10.80	3.81		213.36	4.48	SS-2PL	226.3884	1.60	5.68	2812.3	2.50					2789.59
Ferguson (1956)	F2	R	20.96	18.90	10.08					152.4	3.23	SS-2PL	298.8045	0.64	4.00	3163.8	2.10					2267.96
Grimm (1997)	s1.1	R	19.99	16.00	30.00					116.84	3.73	SS-2PL	918.5604	1.60	6.13	6728.4	1.34					7148.62
	s1.2	R	19.99	16.00	30.00					116.84	3.75	SS-2PL	929.7392	1.60	10.13	5273.0	2.21					7729.21
	s1.3	R	19.99	16.00	30.00					114.3	3.90	SS-2PL	955.2606	1.60	18.52	4963.7	4.22					10056.14
	s2.2	R	40.01	34.80	30.00					246.38	3.53	SS-2PL	930.7938	1.60	19.61	4780.9	1.88					19078.10
	s2.3	R	40.01	34.80	30.00					246.38	3.53	SS-2PL	955.2606	1.60	9.81	4780.9	0.94					12550.90
	s2.4	R	40.01	32.79	30.00					246.38	3.75	SS-2PL	959.3384	1.60	37.03	4963.7	3.76					23432.58

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Grimm (1997)	s3.2	R	80.01	71.81	30.00					528.32	3.66	SS-2PL	955.2606	1.60	37.03	4963.7	1.72					26421.76
	s3.3	R	80.01	74.60	30.00					528.32	3.53	SS-2PL	962.3616	1.60	18.52	4963.7	0.83					19658.69
	s3.4	R	80.01	69.01	30.00					528.32	3.81	SS-2PL	959.3384	1.60	73.87	4963.7	3.57					38646.07
	s4.1	R	19.99	16.00	30.00					116.84	3.73	SS-2PL	1130.6062	1.60	6.13	6728.4	1.34					7565.92
	s4.2	R	19.99	16.00	30.00					116.84	3.75	SS-2PL	1130.6062	1.60	10.13	5273.0	2.21					9207.93
	s4.3	R	19.99	16.00	30.00					114.3	3.90	SS-2PL	1130.6062	1.60	18.52	4963.7	4.22					12469.25
Hallgren (1994)	B90SB13-2-86	R	23.29	19.20	16.31					142.24	3.65	SS-2PL	878.7666	1.80	6.77	6426.1	2.17					8414.14
	B90SB14-2-86	R	23.50	19.41	15.80					142.24	3.61	SS-2PL	878.7666	1.80	6.77	6426.1	2.21					7801.79
	B90SB22-2-85	R	23.39	19.30	15.80					142.24	3.63	SS-2PL	862.4554	1.80	6.77	6426.1	2.22					7697.46
	B91SC2-2-62	R	23.70	19.61	15.49					142.24	3.57	SS-2PL	630.0206	1.80	6.77	4513.7	2.23					7085.11
	B91SC4-2-69	R	23.60	19.51	15.60					142.24	3.59	SS-2PL	704.4757	1.80	6.77	4513.7	2.23					7547.78
	B90SB17-2-45	R	23.19	19.10	15.70					142.24	3.66	SS-2PL	457.7686	1.80	6.77	6426.1	2.26					6014.63
	B90SB18-2-45	R	23.50	19.41	15.49					142.24	3.61	SS-2PL	457.7686	1.80	6.77	6426.1	2.25					6422.87
	B90SB21-2-85	R	23.50	19.41	15.49					142.24	3.61	SS-2PL	862.4554	1.80	6.77	6426.1	2.25					7035.22
	B91SC1-2-62	R	23.39	19.30	15.60					142.24	3.63	SS-2PL	630.0206	1.80	6.77	4513.7	2.25					7239.33
	B91SD1-4-61	R	24.69	19.76	15.60					142.24	3.61	SS-2PL	619.8261	1.80	12.06	5034.0	3.98					9026.49
	B91SD2-4-61	R	24.79	19.84	15.60					142.24	3.59	SS-2PL	619.8261	1.80	12.06	5034.0	3.96					9176.17
	B91SD3-4-66	R	24.79	19.84	15.60					142.24	3.59	SS-2PL	669.8143	1.80	12.06	5034.0	3.96					8309.81
	B91SD4-4-66	R	24.79	19.84	15.49					142.24	3.59	SS-2PL	669.8143	1.80	12.06	5034.0	3.99					8055.80
	B91SD5-4-58	R	24.89	19.91	15.60					142.24	3.57	SS-2PL	594.3750	1.80	12.06	5034.0	3.94					7956.01
	B91SD6-4-58	R	24.89	19.91	15.01					142.24	3.57	SS-2PL	594.3750	1.80	12.06	5034.0	4.10					8414.14
	B90SB5-2-33	R	23.19	19.10	15.60					142.24	3.66	SS-2PL	334.3798	1.80	6.77	6637.0	2.28					5710.73
	B90SB6-2-33	R	23.50	19.41	15.60					142.24	3.61	SS-2PL	334.3798	1.80	6.77	6637.0	2.24					5456.72
	B90SB9-2-31	R	23.29	19.20	15.60					142.24	3.65	SS-2PL	317.0843	1.80	6.77	6637.0	2.26					4998.59
	B90SB10-2-31	R	23.39	19.30	15.70					142.24	3.63	SS-2PL	317.0843	1.80	6.65	6637.0	2.20					5456.72
Hallgren (1996)	B3	R	24.00	20.80	26.19					111.76	2.64	SS-2PL	941.97262	1.80	4.00	6440.1	0.74					7697.46
	B5	R	24.00	21.11	28.30					111.76	2.61	SS-2PL	930.79381	1.80	6.26	6158.9	1.05					10555.09
	B7	R	24.00	20.80	33.71					111.76	2.64	SS-2PL	866.53326	1.80	4.00	6426.1	0.57					9026.49
Hamadi Regan (1980)	G1	R	40.01	37.01	10.01					256.54	3.46	SS-1PL	309.28031	2.01	6.26	4077.8	1.70					4535.92
	G3	R	40.01	37.21	10.01					256.54	3.44	SS-1PL	239.74673	2.01	4.00	4689.5	1.08					4182.12
	G3	R	40.01	37.39	10.01					256.54	3.42	SS-1PL	236.86414	2.01	2.26	4738.7	0.60					3569.77
	G4	R	40.01	37.21	10.01					444.5	5.97	SS-1PL	223.85735	2.01	4.00	8155.6	1.08					3088.96

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Hanson (1958)	9C	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	485.82108		20.39	3395.8	5.00					11521.25
	2A	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	258.7296		10.19	3395.8	2.50					8391.46
	2B4	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	376.14222		10.19	3395.8	2.50					9802.13
	3A	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	232.71603		10.19	3395.8	2.50					4490.56
	3B4	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	287.55546		10.19	3395.8	2.50					4989.52
	4A	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	209.51473		10.19	3395.8	2.50					5606.40
	4B	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	343.80102		10.19	3395.8	2.50					8550.22
	4C	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	492.1487		20.39	3395.8	5.00					11135.69
	4D	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	573.70478		20.39	3395.8	5.00					12133.60
	5A	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	245.37128		10.19	3395.8	2.50					4926.01
	5B	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	336.77033		10.19	3395.8	2.50					5012.20
	6A	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	258.02654		10.19	3395.8	2.50					4549.53
	6B	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	342.39488		10.19	3395.8	2.50					7157.69
	7A-X	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	225.68533		10.19	3395.8	2.50					5774.23
	7A	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	298.1015		10.19	3395.8	2.50					9017.42
	7B	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	365.59618		10.19	3395.8	2.50					8935.77
	8A-X	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	260.13574		10.19	3395.8	2.50					8200.95
	8A	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	282.63397		10.19	3395.8	2.50					5887.63
	8B	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	378.25143		10.19	3395.8	2.50					9217.00
	8C	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	591.28152		20.39	3395.8	5.00					12981.81
	8D	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	750.87831		20.39	3395.8	5.00					16873.64
Hanson (1961)	3A4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	270.68179		5.16	3409.9	1.27					2721.55
	4A4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	217.95157		5.16	3409.9	1.27					2653.52
	10A4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	229.90375		5.16	3409.9	1.27					2925.67
	8A4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	213.03008		5.16	3409.9	1.27					3447.30
	2B4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	347.31637		5.16	3409.9	1.27					2608.16
	3B4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	309.35061		5.16	3409.9	1.27					2621.76
	4B4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	359.97162		5.16	3409.9	1.27					2984.64
	6B4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	340.98875		5.16	3409.9	1.27					2948.35
	10B4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	340.98875		5.16	3409.9	1.27					2812.27
	13B4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	362.08083		5.16	3409.9	1.27					2993.71
	10BW4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	318.49052		5.16	3409.9	1.27					2630.84

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Hanson (1961)	8BW4	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	302.31992		5.16	3409.9	1.27					4082.33
	2B2	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	343.09795		10.19	3325.5	2.51					3401.94
	3B2	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	319.19359		10.19	3325.5	2.51					3628.74
	4B2	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	358.56548		10.19	3325.5	2.51					3628.74
	5B2	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	346.6133		10.19	3325.5	2.51					4490.56
	6B2	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	351.53479		10.19	3325.5	2.51					3855.54
	7B2	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	348.72251		10.19	3325.5	2.51					4989.52
	10B2	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	311.45982		10.19	3325.5	2.51					3778.42
	13B2	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	355.75321		10.19	3325.5	2.51					3914.50
	8B2	R	30.48	26.67	15.24					304.8	4.95	SS-2PL	314.2721		10.32	6489.3	2.54					5343.32
	2B3	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	336.06726		5.16	3409.9	1.27					6114.43
	6B3	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	338.87954		5.16	3409.9	1.27					4309.13
	7B3	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	342.39488		5.16	3409.9	1.27					5669.90
	13B3	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	352.94093		5.16	3409.9	1.27					5896.70
	8B3	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	307.24141		5.16	3409.9	1.27					4694.68
	2A1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	258.7296		10.19	3325.5	2.51					8391.46
	3A1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	232.71603		10.19	3325.5	2.51					4490.56
	4A1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	209.51473		10.19	3325.5	2.51					5606.40
	5A1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	245.37128		10.19	3325.5	2.51					4926.01
	6A1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	258.02654		10.19	3325.5	2.51					4549.53
	7A1X	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	225.68533		10.19	3325.5	2.51					5774.23
	7A1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	298.1015		10.19	3325.5	2.51					9017.42
	8A1X	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	260.13574		10.19	3325.5	2.51					8200.95
	8A1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	282.63397		10.19	3325.5	2.51					5887.63
	2B1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	376.14222		10.19	3325.5	2.51					9802.13
	3B1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	287.55546		10.19	3325.5	2.51					4989.52
	4B1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	343.80102		10.19	3325.5	2.51					8550.22
	5B1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	336.77033		10.19	3325.5	2.51					4966.84
	6B1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	342.39488		10.19	3325.5	2.51					7157.69
	7B1X	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	329.03656		10.19	3325.5	2.51					8051.26
	7B1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	365.59618		10.19	3325.5	2.51					8935.77
	10B1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	341.69182		10.19	3325.5	2.51					9752.24

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Hanson (1961)	13B1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	347.31637		10.19	3325.5	2.51					9049.17
	8B1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	378.25143		10.19	3325.5	2.51					9217.00
	9C1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	485.82108		10.19	3325.5	2.51					11521.25
	4C1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	492.1487		10.19	3325.5	2.51					11135.69
	8C1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	591.28152		10.19	3325.5	2.51					12981.81
	4D1	R	30.48	26.67	15.24					198.12	2.48	SS-2PL	573.70478		10.19	3325.5	2.51					12133.60
Islam Pam Kwan (1998)	M100-S0	R	24.99	20.29	15.01					220.98	3.94	SS-2PL	849.23774	0.99	9.81	5420.7	3.22					6626.98
	M100-S1	R	24.99	20.29	15.01					220.98	2.96	SE-4PL	849.23774	0.99	9.81	5420.7	3.22					10981.47
	M100-S3	R	24.99	20.29	15.01					220.98	2.96	SE-4PL	849.23774	0.99	9.81	5420.7	3.22					9879.24
	M100-S4	R	24.99	20.29	15.01					220.98	3.94	SE-4PL	849.23774	0.99	9.81	5420.7	3.22					8228.17
	M80-S0	R	24.99	20.29	15.01					220.98	3.94	SS-2PL	736.04354	0.99	9.81	5420.7	3.22					5914.84
	M80-S1	R	24.99	20.29	15.01					220.98	2.96	SE-4PL	736.04354	0.99	9.81	5420.7	3.22					11961.23
	M80-S3	R	24.99	20.29	15.01					220.98	2.96	SE-4PL	736.04354	0.99	9.81	5420.7	3.22					16302.11
	M80-S4	R	24.99	20.29	15.01					220.98	3.94	SE-4PL	736.04354	0.99	9.81	5420.7	3.22					7352.73
	M60-S0	R	24.99	20.70	15.01					220.98	3.86	SS-2PL	517.88105	0.99	6.26	5645.6	2.02					4640.25
	M60-S1	R	24.99	20.70	15.01					220.98	2.90	SE-4PL	517.88105	0.99	6.26	5645.6	2.02					9412.04
	M60-S3	R	24.99	20.70	15.01					220.98	2.90	SE-4PL	517.88105	0.99	6.26	5645.6	2.02					9217.00
	M60-S4	R	24.99	20.70	15.01					220.98	3.86	SE-4PL	517.88105	0.99	6.26	5645.6	2.02					5293.42
	M40-S0	R	24.99	20.50	15.01					220.98	3.90	SS-2PL	350.69111	0.99	9.81	3262.2	3.19					5606.40
	M40-S1	R	24.99	20.50	15.01					220.98	2.93	SE-4PL	350.69111	0.99	9.81	3262.2	3.19					8627.33
	M40-S3	R	24.99	20.50	15.01					220.98	2.93	SE-4PL	350.69111	0.99	9.81	3262.2	3.19					8228.17
	M40-S4	R	24.99	20.50	15.01					220.98	3.90	SE-4PL	350.69111	0.99	9.81	3262.2	3.19					7842.61
	M25-S0	R	24.99	20.70	15.01					220.98	3.86	SS-2PL	271.17394	0.99	6.26	3571.6	2.02					4844.37
	M25-S1	R	24.99	20.70	15.01					220.98	2.90	SE-4PL	271.17394	0.99	6.26	3571.6	2.02					6862.85
	M25-S3	R	24.99	20.70	15.01					220.98	2.90	SE-4PL	271.17394	0.99	6.26	3571.6	2.02					5760.62
Johnson Ramirez (1989)	1	R	60.96	53.87	30.48					426.72	3.10	SS-2PL	371.22074		40.97	5350.4	2.49	0.58	4886.33	13.7	0.14	34473.02
	2	R	60.96	53.87	30.48					426.72	3.10	SS-2PL	371.22074		40.97	5350.4	2.49	0.65	4886.33	27.9	0.07	22679.62
	3	R	60.96	53.87	30.48					426.72	3.10	SS-2PL	737.51999		40.97	5350.4	2.49	0.65	4886.33	27.9	0.07	26761.95
	4	R	60.96	53.87	30.48					426.72	3.10	SS-2PL	737.51999		40.97	5350.4	2.49	0.65	4886.33	27.9	0.07	32205.06
	5	R	60.96	53.87	30.48					426.72	3.10	SS-2PL	569.48636		40.97	5350.4	2.49	0.58	4886.33	13.7	0.14	39008.94
	6	R	60.96	53.87	30.48					426.72	3.10	SS-2PL	569.48636		40.97	5350.4	2.49					19504.47
	7	R	60.96	53.87	30.48					426.72	3.10	SS-2PL	523.08377		40.97	5350.4	2.49	0.65	4886.33	27.9	0.07	28576.32

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Johnson Ramirez (1989)	8	R	60.96	53.87	30.48					426.72	3.10	SS-2PL	523.08377		40.97	5350.4	2.49	0.65	4886.33	27.9	0.07	26308.36
Kani (1967)	40	R	15.24	13.97	15.16					195.58	5.35	SS-2PL	269.27565	1.91	5.48	3951.3	2.59					3265.87
	41	R	15.24	14.12	15.24					114.3	2.41	SS-2PL	277.71248	1.91	5.61	3880.9	2.61					5248.06
	43	R	15.24	13.72	15.14					208.28	5.93	SS-2PL	285.44625	1.91	5.68	3993.4	2.73					2971.03
	47	R	15.24	13.21	15.11					180.34	5.13	SS-2PL	252.40198	1.91	5.68	3993.4	2.84					2875.78
	48	R	15.24	13.34	15.11					180.34	5.09	SS-2PL	252.40198	1.91	5.68	3993.4	2.82					2766.91
	52	R	15.24	13.84	15.24					154.94	3.93	SS-2PL	253.10505	1.91	5.68	3993.4	2.69					2948.35
	55	R	15.24	13.46	15.04					127	3.02	SS-2PL	255.91733	1.91	5.68	3993.4	2.80					3324.83
	56	R	15.24	13.74	15.32					139.7	3.46	SS-2PL	277.71248	1.91	5.61	3965.3	2.67					2857.63
	57	R	15.24	13.87	15.32					195.58	5.39	SS-2PL	269.27565	1.91	5.55	3824.7	2.61					3220.51
	58	R	15.24	13.84	15.24					139.7	3.44	SS-2PL	207.40553	1.91	5.61	4246.5	2.66					2948.35
	59	R	15.24	13.97	15.44					119.38	2.67	SS-2PL	271.38486	1.91	5.68	3993.4	2.63					5116.52
	60	R	15.24	13.87	15.49					127	2.93	SS-2PL	272.791	1.91	5.68	3993.4	2.64					4009.76
	81	R	30.48	27.43	15.34					416.56	5.93	SS-2PL	280.52476	1.91	11.61	3501.3	2.76					5216.31
	83	R	30.48	27.13	15.60					254	3.00	SS-2PL	279.82169	1.91	11.61	3494.3	2.74					6622.45
	84	R	30.48	27.10	15.11					307.34	4.00	SS-2PL	279.82169	1.91	11.61	3487.2	2.84					5647.22
	91	R	30.48	26.87	15.44					416.56	6.06	SS-2PL	279.82169	1.91	11.23	3712.2	2.70					5198.17
	93	R	30.48	27.28	15.49					444.5	6.46	SS-2PL	308.64754	1.91	11.23	3796.6	2.66					5488.47
	95	R	30.48	27.51	15.34					226.06	2.47	SS-2PL	258.02654	1.91	11.61	3445.0	2.75					7416.24
	96	R	30.48	27.51	15.32					307.34	3.94	SS-2PL	258.02654	1.91	11.61	3416.9	2.76					5737.94
	97	R	30.48	27.64	15.24					254	2.95	SS-2PL	277.71248	1.91	11.29	3733.3	2.68					6372.97
	98	R	30.48	27.46	15.32					228.6	2.47	SS-2PL	267.16644	1.91	11.29	3733.3	2.68					7779.11
	99	R	30.48	27.18	15.24					228.6	2.50	SS-2PL	267.16644	1.91	11.29	3733.3	2.73					7869.83
	63	R	60.96	54.28	15.44					535.94	4.00	SS-2PL	267.16644	1.91	23.23	3585.7	2.77					9502.76
	64	R	60.96	54.05	15.62					970.28	8.03	SS-2PL	262.24495	1.91	23.23	3585.7	2.75					8051.26
	65	R	60.96	55.25	14.96					373.38	2.46	SS-2PL	274.90021	1.91	23.29	3810.6	2.82					11453.21
	66	R	60.96	54.13	15.62					751.84	6.01	SS-2PL	269.27565	1.91	23.23	3585.7	2.75					9253.28
	71	R	60.96	54.41	15.49					426.72	2.99	SS-2PL	279.11862	1.91	22.45	3803.6	2.66					1338.10
	74	R	60.96	52.32	15.24					426.72	3.12	SS-2PL	277.71248	1.91	22.65	3726.3	2.84					10976.94
	75	R	60.96	52.40	15.24					426.72	3.11	SS-2PL	278.41555	1.91	22.65	3740.3	2.84					10999.61

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Kani (1967)	76	R	60.96	51.77	15.24					373.38	2.63	SS-2PL	313.56903	1.91	22.65	3796.6	2.87					11702.68
	79	R	60.96	55.63	15.32					922.02	6.84	SS-2PL	266.46337	1.91	23.16	3888.0	2.72					8527.54
	3042	R	121.92	109.47	15.39					751.84	2.50	SS-2PL	269.27565	1.91	45.55	3824.7	2.70					24153.79
	3043	R	121.92	109.22	15.37					858.52	3.00	SS-2PL	274.90021	1.91	45.55	3831.7	2.71					16828.28
	3044	R	121.92	109.73	15.24					1076.96	3.98	SS-2PL	300.91378	1.91	45.55	3831.7	2.72					16215.93
	3045	R	121.92	109.22	15.49					546.1	5.00	SS-2PL	288.25853	1.91	45.68	3880.9	2.70					15535.54
	3046	R	121.92	109.73	15.49					1739.9	7.00	SS-2PL	272.08793	1.91	45.94	3670.0	2.70					15716.98
	3047	R	121.92	109.47	15.49					1955.8	8.00	SS-2PL	272.08793	1.91	45.55	3831.7	2.69					14991.23
	271	R	30.48	26.87	61.11					416.56	6.07	SS-2PL	274.90021	1.91	45.10	3838.8	2.75					22144.38
	272	R	30.48	27.08	61.09					363.22	5.02	SS-2PL	274.90021	1.91	45.10	3838.8	2.73					23223.93
	273	R	30.48	27.13	61.21					309.88	4.01	SS-2PL	277.00941	1.91	45.10	3838.8	2.72					21014.93
	274	R	30.48	27.03	61.21					254	3.02	SS-2PL	277.00941	1.91	45.10	3838.8	2.73					25505.50
Kim Park (1994)	CTL-1	R	30.00	27.00	16.99					187.96	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	8.58	4865.2	1.87					7207.58
	CTL-2	R	30.00	27.00	16.99					187.96	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	8.58	4865.2	1.87					7302.84
	P1.0-1	R	30.00	27.20	16.99					190.5	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	4.71	4865.2	1.01					5942.06
	P1.0-2	R	30.00	27.20	16.99					190.5	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	4.71	4865.2	1.01					5751.55
	P3.4-1	R	30.00	26.70	16.99					187.96	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	15.23	4865.2	3.35					7960.55
	P3.4-2	R	30.00	26.70	16.99					187.96	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	15.23	4865.2	3.35					8005.91
	P4.6-1	R	30.00	25.50	16.99					177.8	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	20.26	4865.2	4.68					9148.96
	P4.6-2	R	30.00	25.50	16.99					177.8	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	20.26	4865.2	4.68					9725.02
	A4.5-1	R	30.00	27.00	16.99					269.24	4.50	SS-2PL	547.48028	2.49	8.58	4865.2	1.87					6785.74
	A4.5-2	R	30.00	27.00	16.99					269.24	4.50	SS-2PL	547.48028	2.49	8.58	4865.2	1.87					6504.51
	D142-1	R	30.00	14.20	16.99					99.06	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	4.52	4865.2	1.87					4186.66
	D142-2	R	30.00	14.20	16.99					99.06	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	4.52	4865.2	1.87					4014.29
	D550-1	R	30.00	54.99	30.00					386.08	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	30.97	4865.2	1.88					23051.56
	D550-2	R	30.00	54.99	30.00					386.08	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	30.97	4865.2	1.88					21872.22
	D915-1	R	30.00	91.49	30.00					640.08	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	51.42	4865.2	1.87					30508.62
	D915-2	R	30.00	91.49	30.00					640.08	3.00	SS-2PL	547.48028	2.49	51.42	4865.2	1.87					33869.74
Kong Rangan (1998)	S1-1	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	648.37077		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	23278.36
	S1-2	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	648.37077		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	21241.73
	S1-3	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	648.37077		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	21014.93
	S1-4	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	648.37077		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	28335.92

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Kong Rangan (1998)	S1-5	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	648.37077		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	25827.55
	S1-6	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	648.37077		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	22851.98
	S2-1	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	739.13705		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	15.0	0.11	26544.23
	S2-2	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	739.13705		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	12.4	0.13	23709.27
	S2-3	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	739.13705		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	25827.55
	S2-4	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	739.13705		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	22371.18
	S2-5	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	739.13705		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	7.6	0.21	28766.83
	S3-1	R	35.00	29.69	24.99					198.12	2.49	SS-2PL	687.1099		12.32	4591.0	1.66	0.26	6440.12	9.9	0.10	21332.45
	S3-2	R	35.00	29.69	24.99					198.12	2.49	SS-2PL	687.1099		12.32	4591.0	1.66	0.26	6440.12	9.9	0.10	18152.77
	S3-3	R	35.00	29.31	24.99					195.58	2.49	SS-2PL	687.1099		20.45	4605.1	2.79	0.26	6440.12	9.9	0.10	23310.11
	S3-4	R	35.00	29.31	24.99					195.58	2.49	SS-2PL	687.1099		20.45	4605.1	2.79	0.26	6440.12	9.9	0.10	17835.25
	S3-5	R	35.00	29.90	24.99					193.04	2.41	SS-2PL	687.1099		27.61	4506.7	3.69	0.26	6440.12	9.9	0.10	30245.54
	S3-6	R	35.00	29.90	24.99					193.04	2.41	SS-2PL	687.1099		27.61	4506.7	3.69	0.26	6440.12	9.9	0.10	28848.47
	S4-1	R	59.99	54.20	24.99					309.88	2.40	SS-2PL	890.01578		40.90	4605.1	3.02	0.39	5800.32	9.9	0.16	36096.88
	S4-2	R	50.01	44.40	24.99					264.16	2.41	SS-2PL	890.01578		32.84	4415.3	2.96	0.39	5800.32	9.9	0.16	58409.09
	S4-3	R	40.01	34.59	24.99					215.9	2.40	SS-2PL	890.01578		24.65	4591.0	2.85	0.39	5800.32	9.9	0.16	24820.57
	S4-4	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	890.01578		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	26317.43
	S4-6	R	24.99	19.81	24.99					149.86	2.53	SS-2PL	890.01578		13.81	4506.7	2.79	0.39	5800.32	9.9	0.16	20688.35
	S5-1	R	35.00	29.21	24.99					226.06	3.01	SS-2PL	911.38909		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	24648.21
	S5-2	R	35.00	29.21	24.99					210.82	2.74	SS-2PL	911.38909		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	26503.40
	S5-3	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	911.38909		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	24861.40
	S6-3	R	35.00	29.31	24.99					198.12	2.73	SS-4PL	702.43682		20.45	4605.1	2.79	0.26	6440.12	9.9	0.10	18193.59
	S6-4	R	35.00	29.31	24.99					198.12	2.73	SS-4PL	702.43682		20.45	4605.1	2.79	0.26	6440.12	9.9	0.10	21863.15
	S7-1	R	35.00	29.39	24.99					193.04	3.30	SS-1PL	762.54926		32.84	4415.3	4.47	0.39	5800.32	15.0	0.11	22148.92
	S7-2	R	35.00	29.39	24.99					193.04	3.30	SS-1PL	762.54926		32.84	4415.3	4.47	0.39	5800.32	12.4	0.13	20946.90
	S7-3	R	35.00	29.39	24.99					193.04	3.30	SS-1PL	762.54926		32.84	4415.3	4.47	0.39	5800.32	9.9	0.16	25138.09
	S7-4	R	35.00	29.39	24.99					193.04	3.30	SS-1PL	762.54926		32.84	4415.3	4.47	0.39	5800.32	7.9	0.20	27900.47
	S7-5	R	35.00	29.39	24.99					193.04	3.30	SS-1PL	762.54926		32.84	4415.3	4.47	0.39	5800.32	7.1	0.22	31039.33
	S7-6	R	35.00	29.39	24.99					193.04	3.30	SS-1PL	762.54926		32.84	4415.3	4.47	0.39	5800.32	6.1	0.26	31674.36
	S8-1	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	760.51036		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	15.0	0.11	27746.25
	S8-2	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	760.51036		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	12.4	0.13	25596.22
	S8-3	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	760.51036		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	31570.03

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Kong Rangan (1998)	S8-4	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	760.51036		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	9.9	0.16	27102.14
	S8-5	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	760.51036		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	7.9	0.20	29492.58
	S8-6	R	35.00	29.21	24.99					195.58	2.50	SS-2PL	760.51036		20.45	4605.1	2.80	0.39	5800.32	7.1	0.22	28948.26
Krefeld Thurston (1966)	S2-11A2	R	38.10	31.39	15.24					182.88	2.91	SS-1PL	307.94448		16.32	3726.3	3.42					7484.27
	S2-12A2	R	30.48	23.77	15.24					182.88	3.85	SS-1PL	306.53834		16.32	3726.3	4.51					6531.73
	S3-18A2	R	38.10	31.60	15.24					182.88	2.89	SS-1PL	196.85948		12.90	3937.2	2.68					6441.01
	S3-18B2	R	38.10	31.60	15.24					182.88	2.89	SS-1PL	202.48404		12.90	3937.2	2.68					7348.20
	S3-18C2	R	38.10	31.60	15.24					182.88	2.89	SS-1PL	230.60682		12.90	3937.2	2.68					7484.27
	S3-18D2	R	38.10	31.60	15.24					182.88	2.89	SS-1PL	224.98227		12.90	3937.2	2.68					6123.50
	S4-13A2	R	38.10	31.90	15.24					182.88	2.87	SS-1PL	203.18711		3.87	3726.3	0.80					4944.16
	S4-14A2	R	30.48	24.28	15.24					182.88	3.77	SS-1PL	210.92087		3.87	3726.3	1.05					3583.38
	S4-15A2	R	38.10	31.60	15.24					182.88	2.89	SS-1PL	205.29632		6.45	3937.2	1.34					4672.00
	S4-15B2	R	38.10	31.60	15.24					182.88	2.89	SS-1PL	210.92087		6.45	3937.2	1.34					5307.03
	S4-16A2	R	30.48	23.98	15.24					182.88	3.81	SS-1PL	226.3884		6.45	3937.2	1.76					4263.77
	S4-17A2	R	30.48	24.28	15.24					182.88	3.77	SS-1PL	224.2792		7.74	3726.3	2.10					4490.56
	S4-18E2	R	38.10	31.60	15.24					182.88	2.89	SS-1PL	201.78097		12.90	3937.2	2.68					8346.10
	S4-19A2	R	30.48	23.98	15.24					182.88	3.81	SS-1PL	209.51473		12.90	3937.2	3.53					4717.36
	S4-20A2	R	30.48	23.77	15.24					182.88	3.85	SS-1PL	214.43622		16.32	3726.3	4.51					5170.95
	S4-21A2	R	30.48	23.77	15.24					182.88	3.85	SS-1PL	203.18711		24.52	3726.3	5.08					7801.79
	S5-2AC	R	30.48	25.40	15.24					243.84	4.80	SS-1PL	234.82524		5.10	4014.5	1.31					3855.54
	S5-3AC	R	30.48	25.55	15.24					243.84	4.77	SS-1PL	212.32701		7.74	3726.3	1.99					4490.56
	S5-4AC	R	30.48	25.40	15.24					243.84	4.80	SS-1PL	168.03363		10.13	4014.5	2.62					3855.54
	S5-5AC	R	30.48	25.25	15.24					243.84	4.83	SS-1PL	187.01651		12.90	3937.2	3.35					4263.77
	S5-6AC	R	30.48	25.04	15.24					243.84	4.87	SS-1PL	232.71603		16.32	3726.3	4.28					5443.11
	S5-3CC	R	30.48	25.55	15.24					304.8	5.96	SS-1PL	208.81166		7.74	3726.3	1.99					3628.74
	S5-4CC	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-1PL	209.51473		10.13	4014.5	2.62					4082.33
	S5-5CC	R	30.48	25.25	15.24					304.8	6.04	SS-1PL	207.40553		12.90	3937.2	3.35					4535.92
	S5-6CC	R	30.48	25.04	15.24					304.8	6.09	SS-1PL	209.51473		16.32	3726.3	4.28					4535.92
	S5-4EC	R	30.48	25.40	15.24					365.76	7.20	SS-1PL	216.54543		10.13	4014.5	2.62					4263.77
	S5-5EC	R	30.48	25.25	15.24					365.76	7.24	SS-1PL	198.96869		12.90	3937.2	3.35					4036.97
	S5-6EC	R	30.48	25.04	15.24					365.76	7.30	SS-1PL	194.75027		16.32	3726.3	4.28					4309.13
	S5-4GC	R	30.48	25.40	15.24					426.72	8.40	SS-1PL	214.43622		10.13	4014.5	2.62					3764.82

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Krefeld Thurston (1966)	S5-5GC	R	30.48	25.25	15.24					426.72	8.45	SS-1PL	223.57613		12.90	3937.2	3.35					4263.77
	S5-6GC	R	30.48	25.04	15.24					426.72	8.52	SS-1PL	217.95157		16.32	3726.3	4.28					4127.69
	S7-6C	R	30.48	25.25	15.24					182.88	3.62	SS-1PL	205.29632		12.90	3937.2	3.35					5216.31
	S8-3AAC	R	30.48	25.55	15.24					182.88	3.58	SS-1PL	352.23786		7.74	3726.3	1.99					5669.90
	S8-4AAC	R	30.48	25.40	15.24					182.88	3.60	SS-1PL	297.74997		10.13	4014.5	2.62					5896.70
	S8-5AAC	R	30.48	25.25	15.24					182.88	3.62	SS-1PL	334.66112		12.90	3937.2	3.35					5805.98
	S8-6AAC	R	30.48	25.04	15.24					182.88	3.65	SS-1PL	350.83172		16.32	3726.3	4.28					6123.50
	S8-3AC	R	30.48	25.55	15.24					243.84	4.77	SS-1PL	324.81815		7.74	3726.3	1.99					5443.11
	S8-4AC	R	30.48	25.40	15.24					243.84	4.80	SS-1PL	310.75675		10.13	4014.5	2.62					5488.47
	S8-5AC	R	30.48	25.25	15.24					243.84	4.83	SS-1PL	334.66112		12.90	3937.2	3.35					5533.83
	S8-6AC	R	30.48	25.04	15.24					243.84	4.87	SS-1PL	348.01944		16.32	3726.3	4.28					6032.78
	S8-4CC	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-1PL	391.60976		10.13	4014.5	2.62					5352.39
	S8-5CC	R	30.48	25.25	15.24					304.8	6.04	SS-1PL	381.76678		12.90	3937.2	3.35					5851.34
	S8-6CC	R	30.48	25.04	15.24					304.8	6.09	SS-1PL	391.60976		16.32	3726.3	4.28					6441.01
	S8-5EC	R	30.48	25.25	15.24					365.76	7.24	SS-1PL	381.76678		12.90	3937.2	3.35					5443.11
	S8-6EC	R	30.48	25.04	15.24					365.76	7.30	SS-1PL	344.50409		16.32	3726.3	4.28					4989.52
	S9-3AAC	R	30.48	25.55	15.24					182.88	3.58	SS-1PL	127.95866		7.74	3726.3	1.99					4127.69
	S9-4AAC	R	30.48	25.40	15.24					182.88	3.60	SS-1PL	131.47401		10.13	4014.5	2.62					4354.49
	S9-5AAC	R	30.48	25.25	15.24					182.88	3.62	SS-1PL	156.78452		12.90	3937.2	3.35					5125.59
	S9-6AAC	R	30.48	25.04	15.24					182.88	3.65	SS-1PL	136.3955		16.32	3726.3	4.28					6350.29
	S9-3AC	R	30.48	25.55	15.24					243.84	4.77	SS-1PL	139.91085		7.74	3726.3	1.99					3764.82
	S9-4AC	R	30.48	25.40	15.24					243.84	4.80	SS-1PL	131.47401		10.13	4014.5	2.62					4082.33
	S9-5AC	R	30.48	25.25	15.24					243.84	4.83	SS-1PL	156.78452		12.90	3937.2	3.35					4445.21
	S9-6AC	R	30.48	25.04	15.24					243.84	4.87	SS-1PL	126.55252		16.32	3726.3	4.28					4173.05
	S9-3CC	R	30.48	25.55	15.24					304.8	5.96	SS-1PL	124.44332		7.74	3726.3	1.99					3175.15
	S9-4CC	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-1PL	174.36126		10.13	4014.5	2.62					3583.38
	S9-5CC	R	30.48	25.25	15.24					304.8	6.04	SS-1PL	149.75382		12.90	3937.2	3.35					3492.66
	S9-6CC	R	30.48	25.04	15.24					304.8	6.09	SS-1PL	139.20778		16.32	3726.3	4.28					4036.97
	S10-C	R	30.48	48.26	20.32					304.8	3.16	SS-1PL	170.84591		15.23	4014.5	1.55					8618.26
	S11-PCa	R	30.48	25.04	15.24					365.76	7.30	SS-1PL	369.8146		16.32	3726.3	4.28					5443.11
	S11-PCb	R	30.48	25.04	15.24					365.76	7.30	SS-1PL	369.8146		16.32	3726.3	4.28					5443.11
	Ss1-OCa	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-1PL	364.19004		10.13	4014.5	2.62					4944.16

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Krefeld Thurston (1966)	Ss1-OCb	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-1PL	397.93738		10.13	4014.5	2.62					5352.39
	Ss2-OCa	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	390.20362		25.81	3937.2	2.23					14968.55
	Ss2-OCb	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	390.20362		25.81	3937.2	2.23					13607.77
	S2-11A1	R	38.10	31.39	15.24					182.88	2.91	SS-UDL	274.90021		16.32	3726.3	3.42					27260.90
	S4-15A1	R	38.10	31.60	15.24					182.88	2.89	SS-UDL	195.45334		6.45	3937.2	1.34					15785.01
	S4-16A1	R	30.48	23.98	15.24					182.88	3.81	SS-UDL	214.43622		6.45	3937.2	1.76					10750.14
	S4-17A1	R	30.48	24.28	15.24					182.88	3.77	SS-UDL	187.01651		7.74	3726.3	2.10					12473.79
	S4-17B1	R	30.48	24.28	15.24					182.88	3.77	SS-UDL	213.73315		7.74	3726.3	2.10					13063.46
	S4-18A1	R	38.10	31.60	15.24					182.88	2.89	SS-UDL	205.99939		12.90	3937.2	2.68					24630.07
	S4-19A1	R	30.48	23.98	15.24					182.88	3.81	SS-UDL	216.54543		12.90	3937.2	3.53					16329.33
	S4-20A1	R	30.48	23.77	15.24					182.88	3.85	SS-UDL	217.2485		16.32	3726.3	4.51					17055.07
	S4-21A1	R	30.48	23.77	15.24					182.88	3.85	SS-UDL	216.54543		24.52	3726.3	5.08					22951.77
	S5-3AU	R	30.48	25.55	15.24					243.84	4.70	SS-UDL	231.30989		7.74	3726.3	1.99					9480.08
	S5-4AU	R	30.48	25.40	15.24					243.84	4.80	SS-UDL	182.09502		10.13	4014.5	2.62					9253.28
	S5-5AU	R	30.48	25.25	15.24					243.84	4.83	SS-UDL	210.2178		12.90	3937.2	3.35					11249.09
	S5-6AU	R	30.48	25.04	15.24					243.84	4.87	SS-UDL	210.2178		16.32	3726.3	4.28					13063.46
	S5-2CU	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-UDL	212.32701		5.10	4014.5	1.31					5533.83
	S5-3CU	R	30.48	25.55	15.24					304.8	5.96	SS-UDL	208.81166		7.74	3726.3	1.99					7302.84
	S5-4CU	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-UDL	209.51473		10.13	4014.5	2.62					8119.30
	S5-5CU	R	30.48	25.25	15.24					304.8	6.04	SS-UDL	208.1086		12.90	3937.2	3.35					8436.82
	S5-6CU	R	30.48	25.04	15.24					304.8	6.09	SS-UDL	209.51473		16.32	3726.3	4.28					7937.87
	S5-4EU	R	30.48	25.40	15.24					365.76	7.20	SS-UDL	206.35092		10.13	4014.5	2.62					7438.91
	S5-5EU	R	30.48	25.25	15.24					365.76	7.24	SS-UDL	196.85948		12.90	3937.2	3.35					7892.51
	S5-6EU	R	30.48	25.04	15.24					365.76	7.30	SS-UDL	204.59325		16.32	3726.3	4.28					6985.32
	S5-5GU	R	30.48	25.25	15.24					426.72	8.45	SS-UDL	216.89696		12.90	3937.2	3.35					6713.17
	S5-4JU	R	30.48	25.40	15.24					487.68	9.60	SS-UDL	226.3884		10.13	4014.5	2.62					5805.98
	S7-6U	R	30.48	25.25	15.24					182.88	3.62	SS-UDL	208.1086		12.90	3937.2	3.35					17372.59
	S8-4AAU	R	30.48	25.40	15.24					182.88	3.60	SS-UDL	371.22074		10.13	4014.5	2.62					18688.01
	S8-5AAU	R	30.48	25.25	15.24					182.88	3.62	SS-UDL	295.28922		12.90	3937.2	3.35					20457.02
	S8-6AAU	R	30.48	25.04	15.24					182.88	3.65	SS-UDL	350.83172		16.32	3726.3	4.28					21908.51
	S8-4AU	R	30.48	25.40	15.24					243.84	4.80	SS-UDL	322.70894		10.13	4014.5	2.62					11974.84
	S8-5AU	R	30.48	25.25	15.24					243.84	4.83	SS-UDL	322.70894		12.90	3937.2	3.35					13517.05

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Krefeld Thurston (1966)	S8-6AU	R	30.48	25.04	15.24					243.84	4.87	SS-UDL	348.01944		16.32	3726.3	4.28					15785.01
	S8-4CU	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-UDL	329.03656		10.13	4014.5	2.62					9933.67
	S8-5CU	R	30.48	25.25	15.24					304.8	6.04	SS-UDL	329.03656		12.90	3937.2	3.35					9706.88
	S8-6CU	R	30.48	25.07	20.32					304.8	6.08	SS-UDL	375.43915		16.32	3726.3	4.28					10976.94
	S9-3AAU	R	30.48	25.55	15.24					182.88	3.58	SS-UDL	127.95866		7.74	3726.3	1.99					13063.46
	S9-4AAU	R	30.48	25.40	15.24					182.88	3.60	SS-UDL	125.14638		10.13	4014.5	2.62					11385.17
	S9-6AAU	R	30.48	25.04	15.24					182.88	3.65	SS-UDL	136.3955		16.32	3726.3	4.28					13653.13
	S9-3AU	R	30.48	25.55	15.24					243.84	4.77	SS-UDL	139.91085		7.74	3726.3	1.99					9888.31
	S9-4AU	R	30.48	25.40	15.24					243.84	4.80	SS-UDL	129.3648		10.13	4014.5	2.62					8300.74
	S9-6AU	R	30.48	25.04	15.24					243.84	4.87	SS-UDL	126.55252		16.32	3726.3	4.28					8073.94
	S9-3CU	R	30.48	25.55	15.24					304.8	5.96	SS-UDL	124.44332		7.74	3726.3	1.99					6032.78
	S9-4CU	R	30.48	25.40	15.24					304.8	6.00	SS-UDL	174.36126		10.13	4014.5	2.62					7212.12
	S9-5CU	R	30.48	25.25	15.24					304.8	6.04	SS-UDL	149.75382		12.90	3937.2	3.35					8210.02
	S9-6CU	R	30.48	25.04	15.24					304.8	6.09	SS-UDL	139.20778		16.32	3726.3	4.28					7302.84
	S9-4EU	R	30.48	25.40	15.24					365.76	7.20	SS-UDL	145.5354		10.13	4014.5	2.62					5125.59
	S9-5EU	R	30.48	25.25	15.24					365.76	7.24	SS-UDL	153.97224		12.90	3937.2	3.35					6531.73
	S9-3GU	R	30.48	25.55	15.24					426.72	8.35	SS-UDL	137.80164		7.74	3726.3	1.99					4853.44
	S9-5GU	R	30.48	25.25	15.24					426.72	8.45	SS-UDL	113.89727		12.90	3937.2	3.35					4944.16
	S10-U	R	53.34	48.26	20.32					304.8	3.16	SS-UDL	215.13929		15.23	4014.5	1.55					25673.33
	Ss2-OU	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-UDL	378.9545		25.81	3937.2	2.23					28893.83
	Ss2-26-1	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	409.18649		25.81	3937.2	2.23	0.65	3480.19	15.2	0.16	21092.05
	Ss2-29a-1	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	395.82817		25.81	3937.2	2.23	0.65	3480.19	22.9	0.11	16283.97
	Ss2-29b-1	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	383.87599		25.81	3937.2	2.23	0.65	3480.19	22.9	0.11	16329.33
	Ss2-213.5-1	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	396.53124		25.81	3937.2	2.23	0.65	3480.19	34.3	0.07	15104.63
	Ss2-29a-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	378.9545		25.81	3937.2	2.23	0.65	3796.58	22.9	0.11	22089.95
	Ss2-29b-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	421.84175		25.81	3937.2	2.23	0.65	3796.58	22.9	0.11	20638.45
	Ss2-29c-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	246.07435		25.81	3937.2	2.23	0.65	3796.58	22.9	0.11	16465.40
	Ss2-29d-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	310.05368		25.81	3937.2	2.23	0.65	3796.58	22.9	0.11	16828.28
	Ss2-29e-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	494.25791		25.81	3937.2	2.23	0.65	3796.58	22.9	0.11	21046.69
	Ss2-29g-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	160.29986		25.81	3937.2	2.23	0.65	3796.58	22.9	0.11	15286.06
	Ss2-213.5a-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	376.84529		25.81	3937.2	2.23	0.65	3796.58	34.3	0.07	16465.40
	Ss2-218a-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	383.17292		25.81	3937.2	2.23	0.65	3796.58	45.7	0.05	16737.56

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Krefeld Thurston (1966)	Ss2-29-3	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	349.42558		25.81	3937.2	2.23	0.65	2418.56	22.9	0.11	18143.69
	Ss2-318-1	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	413.40491		25.81	3937.2	2.23	1.42	5273.02	45.7	0.12	22452.82
	Ss2-321-1	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	395.1251		25.81	3937.2	2.23	1.42	5273.02	53.3	0.11	16692.20
	Ss2-318-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	396.53124		25.81	3937.2	2.23	1.42	3585.65	45.7	0.12	18052.98
	Ss2-321-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	387.39134		25.81	3937.2	2.23	1.42	3585.65	53.3	0.11	17009.71
	Ss2-313.5-3	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	435.20007		25.81	3937.2	2.23	1.42	2812.28	34.3	0.16	21772.43
	Ss2-318-3	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	438.71542		25.81	3937.2	2.23	1.42	2812.28	45.7	0.12	17826.18
	Ss2-321-3	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	438.71542		25.81	3937.2	2.23	1.42	2812.28	53.3	0.11	14333.52
	Ss2-218b-2	R	50.80	45.57	25.40					365.76	4.01	SS-1PL	352.94093		25.81	3937.2	2.23	0.65	3796.58	45.7	0.05	34790.53
Kulkarni Shah (1998)	B4IL20-S	R	17.81	15.19	10.21					167.64	5.00	SS-2PL	427.18508	0.94	2.13	5280.1	1.37					1991.27
	B3SE03-S	R	17.81	15.19	10.21					167.64	4.50	SS-2PL	458.7529	0.94	2.13	5280.1	1.37					2349.61
	B3NO15-S	R	17.81	15.19	10.21					137.16	4.00	SS-2PL	438.36388	0.94	2.13	5280.1	1.37					2308.79
	B3NO30-S	R	17.81	15.19	10.21					121.92	3.50	SS-2PL	458.7529	0.94	2.13	5280.1	1.37					2472.08
Küng (1985)	C	R	23.01	19.99	14.00					101.6	2.50	SS-2PL	201.85128	3.00	1.55	5139.4	0.56					2698.87
	D	R	23.01	19.99	14.00					101.6	2.50	SS-2PL	192.71137	3.00	2.26	5069.1	0.81					3107.11
	E	R	23.01	19.99	14.00					101.6	2.50	SS-2PL	192.71137	3.00	3.10	5012.9	1.10					4386.24
	F	R	23.01	19.99	14.00					101.6	2.50	SS-2PL	192.71137	3.00	5.10	5167.6	1.82					5502.08
	E-1	R	23.01	19.99	14.00					101.6	2.50	SS-2PL	204.94478	3.00	3.10	5012.9	1.10					4123.15
Lambotte Taerwe (1990)	NS-0.48	R	45.01	41.50	19.99					500.38	3.01	SS-2PL	370.09583		4.00	5554.2	0.48					7139.54
	NS-1.07	R	45.01	41.50	19.99					500.38	3.01	SS-2PL	379.23573		8.06	5554.2	0.97					12950.06
	NS-1.45	R	45.01	41.50	19.99					500.38	3.01	SS-2PL	346.6133		12.06	5554.2	1.45					18356.88
	HS-0.48	R	45.01	41.50	19.99					500.38	3.01	SS-2PL	825.75522		4.00	5554.2	0.48					7751.89
	HS-1.07	R	45.01	41.50	19.99					500.38	3.01	SS-2PL	826.80982		8.06	5554.2	0.97					14174.76
	HS-1.45	R	45.01	41.50	19.99					500.38	3.01	SS-2PL	831.87193		12.06	5554.2	1.45					21513.89
Laupa Siess Newmark (1953)	S-2	R	30.48	26.87	15.24					274.32	4.54	SS-1PL	274.19714	2.54	8.52	2896.6	2.08					4331.81
	S-3	R	30.48	26.52	15.24					274.32	4.60	SS-1PL	329.73963	2.54	10.19	4176.2	2.52					5415.89
	S-4	R	30.48	26.34	15.24					274.32	4.61	SS-1PL	314.2721	2.54	12.90	3149.8	3.21					5669.90
	S-5	R	30.48	26.19	15.24					274.32	4.65	SS-1PL	304.42913	2.54	16.39	3213.0	4.11					5080.23
	S-11	R	30.48	26.70	15.24					274.32	4.56	SS-1PL	150.45689	2.54	7.74	3339.6	1.90					3447.30
	S-13	R	30.48	26.19	15.24					274.32	4.56	SS-1PL	267.16644	2.54	16.39	3100.5	4.11					5080.23
	S-1	R	30.48	27.05	15.24					274.32	4.81	SS-1PL	277.00941	2.54	6.00	3135.7	1.46					3819.25
	S-9	R	30.48	27.23	15.24					274.32	4.48	SS-1PL	150.45689	2.54	3.87	3114.6	0.93					2608.16

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Laupa Siess Newmark (1953)	S-10	R	30.48	26.87	15.24					274.32	4.54	SS-1PL	160.29986	2.54	5.68	2938.8	1.39					3483.59
Leonhardt Walther (1962)	P8	R	16.79	14.81	50.19					99.06	3.31	SS-2PL	253.87842	3.00	6.77	4352.0	0.91					9285.04
	P9	R	16.61	14.61	50.01					99.06	3.36	SS-2PL	253.87842	3.00	13.55	4352.0	1.86					10781.89
	5l	R	32.00	27.00	19.00					162.56	3.00	SS-2PL	294.65646	3.00	10.65	4738.7	2.07					6150.71
	5r	R	32.00	27.00	19.00					162.56	3.00	SS-2PL	294.65646	3.00	10.65	4738.7	2.07					7801.79
	6l	R	32.00	27.00	19.00					220.98	4.07	SS-2PL	294.65646	3.00	10.65	4738.7	2.07					6200.61
	6r	R	32.00	27.00	19.00					220.98	4.07	SS-2PL	294.65646	3.00	10.65	4738.7	2.07					6953.57
	7-1	R	32.00	27.79	19.00					279.4	5.00	SS-2PL	308.92877	3.00	10.65	4738.7	2.01					6350.29
	7-2	R	32.00	27.79	19.00					279.4	5.00	SS-2PL	308.92877	3.00	10.65	4738.7	2.01					6953.57
	8-1	R	32.00	27.79	19.00					335.28	6.00	SS-2PL	308.92877	3.00	10.65	4738.7	2.01					6704.10
	8-2	R	32.00	27.41	19.00					330.2	6.00	SS-2PL	308.92877	3.00	10.65	4738.7	2.04					6704.10
	D2/1	R	16.00	14.00	10.01					86.36	3.00	SS-2PL	319.12328	1.50	2.26	4352.0	1.62					2159.10
	D2/2	R	16.00	14.00	10.01					86.36	3.00	SS-2PL	319.12328	1.50	2.26	4352.0	1.62					2372.29
	D3/1	R	24.00	21.01	15.01					127	3.00	SS-2PL	344.5744	1.50	5.10	4211.4	1.62					4730.97
	D3/2l	R	24.00	21.01	15.01					127	3.00	SS-2PL	344.5744	1.50	5.10	4211.4	1.62					4372.63
	D3/2r	R	24.00	21.01	15.01					127	3.00	SS-2PL	344.5744	1.50	5.10	4211.4	1.62					4372.63
	D4/1	R	32.00	27.99	19.99					170.18	3.00	SS-2PL	352.73001	1.50	9.35	4478.6	1.68					7552.31
	D4/2l	R	32.00	27.99	19.99					170.18	3.00	SS-2PL	352.73001	1.50	9.35	4478.6	1.68					7271.09
	D4/2r	R	32.00	27.99	19.99					170.18	3.00	SS-2PL	352.73001	1.50	9.35	4478.6	1.68					7271.09
	C1	R	18.01	15.01	10.01					91.44	3.00	SS-2PL	390.48484	3.00	2.00	4330.9	1.33					2199.92
	C2	R	32.99	30.00	15.01					180.34	3.00	SS-2PL	390.48484	3.00	6.00	4330.9	1.34					6604.30
	C3	R	50.01	45.01	19.99					271.78	3.00	SS-2PL	390.48484	3.00	12.06	4330.9	1.34					10355.51
	C4	R	67.01	59.99	22.50					360.68	3.00	SS-2PL	390.48484	3.00	18.13	4330.9	1.34					15503.79
Lyngberg (1976)	P12	R	16.21	14.20	50.09					71.12	2.46	SS-2PL	128.45081	3.00	6.77	4352.0	0.95					10242.12
	4l	R	32.00	27.00	19.00					134.62	2.48	SS-2PL	294.65646	3.00	10.65	4738.7	2.07					8323.42
	4r	R	32.00	27.00	19.00					134.62	2.48	SS-2PL	294.65646	3.00	10.65	4738.7	2.07					8872.27
	EA1	R	32.00	27.00	19.00					152.4	2.78	SS-2PL	207.96798	3.00	9.35	4478.6	1.82					5951.13
	EA2	R	32.00	27.00	19.00					152.4	2.78	SS-2PL	207.96798	3.00	9.10	4998.8	1.78					7602.21
	5A-0	TI	59.99	54.00	11.99	70.00	38.00	9.50	12.5	500.38	2.78	SS-2PL	262.03403		25.16	6524.5	3.88	1.03	6868.99	15.7	0.53	44356.80

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Lyngberg (1976)	5B-0	TI	59.99	54.00	11.99	70.00	38.00	9.50	12.5	500.38	2.78	SS-2PL	271.17394		25.16	6524.5	3.88	1.03	6594.79	15.7	0.53	44356.80
Marti v.d. (1977)	PS11	R	18.01	16.21	40.01					167.64	3.95	SS-2PL	301.54654	1.60	8.97	5519.1	1.38					9901.92
Mathey Watstein (1963)	IIIa-17	R	45.72	40.28	20.32					365.76	3.78	SS-2PL	298.1015	2.54	20.84	5153.5	2.54					8981.13
	IIIa-18	R	45.72	40.28	20.32					365.76	3.78	SS-2PL	256.6204	2.54	20.84	5153.5	2.54					8232.70
	Va-19	R	45.72	40.28	20.32					365.76	3.78	SS-2PL	239.74673	2.54	7.61	7051.8	0.93					6454.62
	Va-20	R	45.72	40.28	20.32					365.76	3.78	SS-2PL	260.83881	2.54	7.61	7051.8	0.93					6726.77
	VIb-21	R	45.72	40.28	20.32					365.76	2.84	SS-2PL	266.46337	2.54	6.90	7185.4	0.84					7280.16
	VIb-22	R	45.72	40.28	20.32					365.76	2.84	SS-2PL	262.94802	2.54	6.90	7185.4	0.84					6363.90
	VIb-23	R	45.72	40.28	20.32					365.76	2.84	SS-2PL	311.45982	2.54	6.90	7185.4	0.84					7656.64
	V1a-24	R	45.72	40.28	20.32					365.76	3.78	SS-2PL	268.57258	2.54	3.81	7094.0	0.47					5556.51
	V1a-25	R	45.72	40.28	20.32					365.76	3.78	SS-2PL	262.94802	2.54	3.81	7094.0	0.47					5093.84
Moayer Regan (1974)	P5	T	32.00	28.70	14.99	59.94		8.13		198.12	3.45	SS-1PL	438.71542		6.26	6538.5	1.45	0.65	2601.36	10.2	0.42	14787.11
	P20	T	32.00	27.94	14.99	59.94		8.13		198.12	3.55	SS-1PL	414.81105		8.06	6538.5	1.92	0.45	3163.81	15.2	0.21	12246.99
	P21	T	32.00	27.94	14.99	59.94		8.13		299.72	5.36	SS-1PL	436.60621		8.06	6538.5	1.92	0.45	3163.81	22.9	0.14	9162.57
	P22	T	32.00	27.94	14.99	59.94		8.13		299.72	5.36	SS-1PL	441.5277		8.06	6538.5	1.92	0.65	2601.36	15.2	0.28	11113.01
	P41	T	32.00	27.94	14.99	59.94		8.13		198.12	3.55	SS-1PL	448.55839		8.06	6538.5	1.92					7121.40
Moody Viest Elstner Hognestad (1954)	A1	R	30.48	26.16	17.78					160.02	3.06	SS-1PL	309.35061	2.54	10.06	3079.4	2.16					6123.50
	A2	R	30.48	26.67	17.78					160.02	3.00	SS-1PL	316.38131	2.54	10.19	3163.8	2.15					6803.89
	A3	R	30.48	26.80	17.78					160.02	2.99	SS-1PL	316.38131	2.54	10.58	3163.8	2.22					7711.07
	A4	R	30.48	27.00	17.78					160.02	2.96	SS-1PL	321.3028	2.54	11.35	3163.8	2.37					7257.48
	B1	R	30.48	26.67	17.78					160.02	3.00	SS-1PL	215.84236	2.54	7.68	3163.8	1.62					5737.94
	B2	R	30.48	26.80	17.78					160.02	2.99	SS-1PL	220.06078	2.54	7.74	3163.8	1.62					6123.50
	B3	R	30.48	27.00	17.78					160.02	2.96	SS-1PL	196.15641	2.54	7.68	3163.8	1.60					5669.90
	B4	R	30.48	27.15	17.78					160.02	2.95	SS-1PL	170.84591	2.54	8.00	3163.8	1.66					5669.90
	C1	R	30.48	26.80	17.78					160.02	2.99	SS-1PL	64.682401	2.54	3.87	3163.8	0.81					2041.17
	C2	R	30.48	27.18	17.78					160.02	2.94	SS-1PL	61.870123	2.54	4.00	3163.8	0.83					2494.76
	C3	R	30.48	27.31	17.78					160.02	2.93	SS-1PL	70.306958	2.54	3.87	3093.5	0.80					2585.48
	C4	R	30.48	27.43	17.78					160.02	2.92	SS-1PL	68.900819	2.54	4.00	3093.5	0.82					2562.80
	1	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	374.03302	2.54	7.74	3163.8	1.89					5896.70
	2	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	170.14284	2.54	7.74	3163.8	1.89					3628.74

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Moody Viest Elstner Hognestad (1954)	3	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	262.94802	2.54	7.74	3163.8	1.89					5329.71
	4	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	156.78452	2.54	7.74	3163.8	1.89					4127.69
	5	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	312.86596	2.54	7.74	3163.8	1.89					5307.03
	6	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	161.00293	2.54	7.74	3163.8	1.89					3515.34
	7	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	314.97517	2.54	7.74	3163.8	1.89					5216.31
	8	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	124.44332	2.54	7.74	3163.8	1.89					3175.15
	9	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	419.73254	2.54	7.74	3163.8	1.89					5443.11
	10	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	243.96514	2.54	7.74	3163.8	1.89					4989.52
	11	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	388.79748	2.54	7.74	3163.8	1.89					6123.50
	12	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	205.99939	2.54	7.74	3163.8	1.89					4808.08
	13	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	385.28213	2.54	7.74	3163.8	1.89					5669.90
	14	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	229.90375	2.54	7.74	3163.8	1.89					4399.85
	15	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	381.06371	2.54	7.74	3163.8	1.89					5216.31
	16	R	30.48	26.82	15.24					243.84	3.41	SS-2PL	166.62749	2.54	7.74	3163.8	1.89					3855.54
Morrow Viest (1957)	B40B4	R	40.64	36.83	30.48					238.76	2.76	SS-1PL	354.34707	2.54	20.77	3852.8	1.85					15875.73
	B56B2	R	40.64	36.83	30.48					320.04	3.86	SS-1PL	149.75382	2.54	20.77	4802.0	1.85					10205.83
	B56E2	R	40.64	36.83	30.48					320.04	3.86	SS-1PL	149.75382	2.54	6.52	4710.6	0.58					8119.30
	B56A4	R	40.64	37.47	30.48					320.04	3.80	SS-1PL	254.51119	2.54	27.55	3360.7	2.41					14061.36
	B56B4	R	40.64	36.83	30.48					320.04	3.86	SS-1PL	277.71248	2.54	20.77	4492.6	1.85					12473.79
	B56E4	R	40.64	36.83	30.48					320.04	3.86	SS-1PL	289.66467	2.54	13.87	4373.1	1.24					11113.01
	B56A6	R	40.64	35.56	30.48					320.04	4.00	SS-1PL	406.37422	2.54	41.48	4471.5	3.79					18143.69
	B56B6	R	40.64	37.16	30.48					320.04	3.83	SS-1PL	466.13513	2.54	20.77	4752.8	1.83					13947.97
	B70B2	R	40.64	36.53	30.48					391.16	4.87	SS-1PL	166.62749	2.54	20.77	4710.6	1.87					9071.85
	B70A4	R	40.64	36.83	30.48					391.16	4.83	SS-1PL	277.71248	2.54	27.55	4443.4	2.46					13494.37
	B70A6	R	40.64	35.56	30.48					391.16	5.00	SS-1PL	458.40137	2.54	41.48	4436.4	3.83					18143.69
	B84B4	R	40.64	36.35	30.48					462.28	5.87	SS-1PL	277.71248	2.54	20.77	4738.7	1.88					11339.81
	B113B4	R	40.64	36.53	30.48					609.6	7.86	SS-1PL	332.55191	2.54	20.77	4780.9	1.87					10636.74
Mphonde, Frantz (1984)	AO-3-3b	R	33.66	29.85	15.24					213.36	3.60	SS-1PL	230.11467		15.16	4218.4	3.36					6586.16
	AO-3-3c	R	33.66	29.85	15.24					213.36	3.60	SS-1PL	300.70286		13.42	4218.4	2.32					6812.96
	AO-7-3a	R	33.66	29.85	15.24					213.36	3.60	SS-1PL	417.48272		15.16	4218.4	3.36					8377.85
	AO-7-3b	R	33.66	29.85	15.24					213.36	3.60	SS-1PL	461.35426		15.16	4218.4	3.36					8441.35
	AO-11-3a	R	33.66	29.85	15.24					213.36	3.60	SS-1PL	830.46579		15.16	4218.4	3.36					9144.42

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Mphonde, Frantz (1984)	AO-11-3b	R	33.66	29.85	15.24					213.36	3.60	SS-1PL	827.23167		15.16	4218.4	3.36					9112.67
	AO-15-3a	R	33.66	29.85	15.24					213.36	3.60	SS-1PL	901.54612		15.16	4218.4	3.36					9529.98
	AO-15-3b	R	33.66	29.85	15.24					213.36	3.60	SS-1PL	1038.2932		15.16	4218.4	3.36					10201.29
	AO-15-3c	R	33.66	29.85	15.24					213.36	3.60	SS-1PL	1017.8338		15.16	4218.4	3.36					9979.03
	AO-3-2	R	33.66	29.85	15.24					149.86	2.50	SS-1PL	228.21639		15.16	4218.4	3.36					7928.79
	AO-7-2	R	33.66	29.85	15.24					149.86	2.50	SS-1PL	500.51523		15.16	4218.4	3.36					12024.73
	AO-11-2	R	33.66	29.85	15.24					149.86	2.50	SS-1PL	878.69636		15.16	4218.4	3.36					11353.42
	AO-15-2a	R	33.66	29.85	15.24					149.86	2.50	SS-1PL	928.33307		15.16	4218.4	3.36					18130.09
	AO-15-2b	R	33.66	29.85	15.24					149.86	2.50	SS-1PL	769.15812		15.16	4218.4	3.36					20978.65
Niwa, v.d. (1987)	1	R	210.01	200.00	59.99					1201.42	3.00	SS-1PL	276.30634	2.49	33.23	10187.5	0.28					40991.14
	2	R	210.01	200.00	59.99					1201.42	3.00	SS-1PL	267.09613	2.49	16.65	10187.5	0.14					38954.51
	3	R	110.01	100.00	30.00					601.98	3.00	SS-1PL	250.78492	2.49	4.13	10187.5	0.14					10400.87
Ozcebe Ersoy Tankut (1999)	ACI56	R	35.99	30.99	15.01					350.52	5.00	SS-2PL	591.28152	1.50	16.06	4591.0	3.46	0.26	2601.36	11.9	0.14	9543.58
	TH56	R	35.99	30.99	15.01					350.52	5.00	SS-2PL	642.25406	1.50	16.06	4591.0	3.46	0.26	2601.36	9.9	0.17	10555.09
	TS56	R	35.99	30.99	15.01					350.52	5.00	SS-2PL	621.86504	1.50	16.06	4591.0	3.46	0.26	2601.36	7.1	0.24	13176.86
	ACI59	R	35.99	30.99	15.01					350.52	5.00	SS-2PL	835.94973	1.50	20.58	4330.9	4.43	0.26	2601.36	11.9	0.14	9838.42
	TH59	R	35.99	30.99	15.01					350.52	5.00	SS-2PL	764.58817	1.50	20.58	4330.9	4.43	0.26	2601.36	8.9	0.19	12165.35
	TS59	R	35.99	30.99	15.01					350.52	5.00	SS-2PL	835.94973	1.50	20.58	4330.9	4.43	0.26	2601.36	6.1	0.28	12786.77
	ACI36	R	35.99	30.99	15.01					226.06	3.00	SS-2PL	764.58817	1.50	12.06	4591.0	2.59	0.26	2601.36	11.9	0.14	10736.53
	TH36	R	35.99	30.99	15.01					226.06	3.00	SS-2PL	764.58817	1.50	12.06	4591.0	2.59	0.26	2601.36	9.9	0.17	14378.88
	TS36	R	35.99	30.99	15.01					226.06	3.00	SS-2PL	764.58817	1.50	12.06	4591.0	2.59	0.26	2601.36	7.1	0.24	15898.41
	ACI39	R	35.99	30.99	15.01					226.06	3.00	SS-2PL	744.19915	1.50	14.32	4330.9	3.08	0.26	2601.36	11.9	0.14	11398.78
	TH39	R	35.99	30.99	15.01					226.06	3.00	SS-2PL	744.19915	1.50	14.32	4330.9	3.08	0.26	2601.36	7.9	0.21	14573.92
	TS39	R	35.99	30.99	15.01					226.06	3.00	SS-2PL	744.19915	1.50	14.32	4330.9	3.08	0.26	2601.36	6.1	0.28	18275.24
Rajagopalan Ferguson (1968)	S-13	R	31.09	26.49	15.19					226.06	4.22	SS-2PL	241.64501	1.30	6.97	6679.2	1.73					4082.33
	S-1	R	31.09	25.91	15.39					205.74	3.93	SS-2PL	373.11903	1.30	5.68	6679.2	1.43					3628.74
	S-2	R	31.09	26.49	15.39					205.74	3.83	SS-2PL	337.4734	1.30	4.00	6679.2	0.98					3810.18
	S-3	R	31.09	26.70	15.19					226.06	4.19	SS-2PL	295.64076	1.30	3.29	5343.3	0.81					3170.61
	S-4	R	31.09	26.80	15.19					226.06	4.17	SS-2PL	337.4734	1.30	2.58	5343.3	0.63					2857.63
	S-5	R	31.09	26.19	15.19					226.06	4.27	SS-2PL	284.46195	1.30	2.13	18139.2	0.53					3424.62
	S-9	R	31.09	26.19	15.19					226.06	4.27	SS-2PL	255.91733	1.30	2.13	18139.2	0.53					2494.76
	S-6	R	31.09	26.70	15.09					226.06	4.18	SS-2PL	316.02978	1.30	1.42	18139.2	0.35					2789.59

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Rajagopalan Ferguson (1968)	S-7	R	31.09	26.80	15.19					226.06	4.17	SS-2PL	291.56295	1.30	1.03	18139.2	0.25					3061.75
	S-12	R	31.09	26.80	15.29					223.52	4.16	SS-2PL	302.81207	1.30	1.03	18139.2	0.25					2508.37
Rangan (1991)	I-1	I	61.49	56.31	7.39	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.49	SS-2PL	372.13473		34.77	4640.3	8.35	1.03	4942.58	5.1	2.72	46202.92
	I-2	I	61.49	56.31	7.39	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.49	SS-2PL	307.87417		34.77	4640.3	8.35	0.58	4942.58	5.1	1.53	37829.60
	I-3	I	61.49	56.31	6.30	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.49	SS-2PL	318.06868		34.77	4640.3	9.81	1.03	4942.58	5.1	3.19	37639.09
	I-4	I	61.49	56.31	6.40	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.49	SS-2PL	363.97912		34.77	4640.3	9.66	0.58	4942.58	5.1	1.77	42419.96
Reineck Koch, Schlaich (1978)	N8	R	24.99	22.61	50.01					160.02	3.50	SS-2PL	263.01833	1.60	8.84	5104.3	0.79					10350.98
	N6	R	24.99	22.61	50.01					114.3	2.50	SS-1PL	263.01833	1.60	8.84	5104.3	0.79					11983.91
	N7	R	24.99	22.61	50.01					114.3	2.50	SS-1PL	250.78492	1.60	15.68	4492.6	1.39					14333.52
Rommel (1991)	s1_1	R	19.99	16.51	15.01					134.62	4.00	SS-2PL	867.58786	1.60	4.65	5329.3	1.87					4717.36
	s1_2	R	19.99	16.51	15.01					101.6	3.06	SS-2PL	867.58786	1.60	4.65	5329.3	1.87					4894.26
	s1_4	R	19.99	16.00	15.01					129.54	4.00	SS-2PL	861.47115	1.60	9.81	4830.1	4.09					5874.02
	s1_5	R	19.99	16.00	15.01					99.06	3.06	SS-2PL	861.47115	1.60	9.81	4830.1	4.09					6141.64
Roller Russell (1990)	No.1	R	63.50	55.88	35.56					279.4	2.50	SS-1PL	1224.7472	1.27	32.77	4816.0	1.65	0.58	4148.11	21.6	0.08	30318.11
	No.2	R	67.95	55.88	35.56					279.4	2.50	SS-1PL	1224.7472	1.27	60.39	4394.2	3.04	2.58	4569.95	16.5	0.44	111905.77
	No.3	R	71.76	55.88	35.56					279.4	2.50	SS-1PL	1224.7472	1.27	90.58	4394.2	4.56	4.00	4668.38	12.7	0.89	168763.58
	No.4	R	71.76	55.88	35.56					279.4	2.50	SS-1PL	1224.7472	1.27	120.77	4394.2	6.08	4.00	4668.38	8.9	1.27	197825.24
	No.5	R	74.30	55.88	35.56					279.4	2.50	SS-1PL	1224.7472	1.27	138.58	4816.0	6.97	4.00	4668.38	6.4	1.77	227862.13
	No.6	R	87.00	76.20	45.72					457.2	3.00	SS-1PL	738.22306	1.27	60.39	4731.7	1.73	1.42	4541.83	38.1	0.08	67848.35
	No.7	R	87.00	76.20	45.72					457.2	3.00	SS-1PL	738.22306	1.27	65.55	4928.5	1.88	1.42	4541.83	19.8	0.16	80340.28
	No.8	R	87.00	76.20	45.72					457.2	3.00	SS-1PL	1277.4774	1.27	65.55	4928.5	1.88	1.42	4541.83	38.1	0.08	49232.92
	No.9	R	87.00	76.20	45.72					457.2	3.00	SS-1PL	1277.4774	1.27	81.94	4928.5	2.35	1.42	4541.83	19.8	0.16	76421.24
	No.10	R	87.00	76.20	45.72					457.2	3.00	SS-1PL	1277.4774	1.27	100.64	4731.7	2.89	1.42	4541.83	13.5	0.23	119530.66
Ruesch Haugli, Mayer (1962)	X	R	13.41	11.10	8.99					81.28	3.60	SS-2PL	234.4737	3.00	2.65	4900.4	2.65					1492.32
	Y	R	22.91	19.89	11.99					144.78	3.60	SS-2PL	234.4737	3.00	6.32	4148.1	2.65					3070.82
	Z	R	30.20	26.19	18.01					190.5	3.62	SS-2PL	246.70712	3.00	12.45	4197.3	2.64					5583.72
Salandra Ahmad (1989)	LR-2.59-NS	R	20.32	17.15	10.16					134.62	2.59	SS-2PL	547.6912	1.27	2.58	4218.4	1.45					2721.55
	LR-3.63-NS	R	20.32	17.15	10.16					170.18	3.63	SS-2PL	531.5206	1.27	2.58	4218.4	1.45					2222.60
	HR-2.59-NS	R	20.32	17.15	10.16					134.62	2.50	SS-2PL	681.97749	1.27	2.58	4218.4	1.45					3039.07
	HR-3.63-NS	R	20.32	17.15	10.16					170.18	3.63	SS-2PL	704.47572	1.27	2.58	4218.4	1.45					2041.17

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Sarsam Al-Musawi (1992)	AL2-N	R	27.00	23.50	18.01					228.6	4.00	SS-2PL	411.85816	1.19	9.42	5048.0	2.23	0.26	8359.50	15.0	0.09	11698.15
	AL2-H	R	27.00	23.50	18.01					228.6	4.00	SS-2PL	767.68167	1.19	9.42	5048.0	2.23	0.26	8359.50	15.0	0.09	12501.01
	AS2-N	R	27.00	23.50	18.01					157.48	2.50	SS-2PL	397.58585	1.19	9.42	5048.0	2.23	0.26	8359.50	15.0	0.09	19304.89
	AS2-H	R	27.00	23.19	18.01					154.94	2.50	SS-2PL	769.72057	1.19	9.42	5048.0	2.26	0.26	8359.50	15.0	0.09	20497.84
	AS3-H	R	27.00	23.50	18.01					157.48	2.50	SS-2PL	731.96574	1.19	9.42	5048.0	2.23	0.26	8359.50	15.0	0.14	20302.79
	BL2-H	R	27.00	23.29	18.01					226.06	4.00	SS-2PL	771.75948	1.19	11.81	5533.2	2.82	0.26	8359.50	15.0	0.09	14102.19
	BS2-H	R	27.00	23.29	18.01					157.48	2.50	SS-2PL	753.40936	1.19	11.81	5533.2	2.82	0.26	8359.50	15.0	0.09	22793.02
	BS3-H	R	27.00	23.29	18.01					157.48	2.50	SS-2PL	748.27695	1.19	11.81	5533.2	2.82	0.26	8359.50	15.0	0.14	23260.22
	BS4-H	R	27.00	23.29	18.01					157.48	2.50	SS-2PL	816.61532	1.19	11.81	5533.2	2.82	0.26	8359.50	15.0	0.19	21096.58
	CL2-H	R	27.00	23.29	18.01					226.06	4.00	SS-2PL	714.67023	1.19	14.71	5533.2	3.51	0.26	8359.50	15.0	0.09	15009.37
	CS2-H	R	27.00	23.29	18.01					157.48	2.50	SS-2PL	715.65452	1.19	14.71	5533.2	3.51	0.26	8359.50	15.0	0.09	25206.13
	CS3-H	R	27.00	23.29	18.01					157.48	2.50	SS-2PL	756.43256	1.19	14.71	5533.2	3.51	0.26	8359.50	9.9	0.14	25206.13
	CS4-H	R	27.00	23.29	18.01					157.48	2.50	SS-2PL	771.75948	1.19	14.71	5533.2	3.51	0.26	8359.50	7.6	0.19	22507.25
Scholz (1994)	A-2	R	40.01	37.21	19.99					226.06	3.00	SS-2PL	821.67742	1.60	6.00	5097.3	0.81					8464.03
	D-2	R	40.01	36.20	19.99					218.44	3.00	SS-2PL	986.82846	1.60	14.06	5097.3	1.94					12337.71
	D-3	R	40.01	36.20	19.99					292.1	4.00	SS-2PL	986.82846	1.60	14.06	5097.3	1.94					12337.71
Shioya (1989)	3	R	65.51	59.99	30.00					718.82	6.00	SS-UDL	215.13929	0.99	7.23	4485.6	0.40					50457.62
	4	R	119.99	100.00	50.01					1198.88	6.00	SS-UDL	277.29064	0.99	20.00	3775.5	0.40					107501.39
	5	R	119.99	100.00	50.01					1198.88	6.00	SS-UDL	223.2949	2.49	20.00	3775.5	0.40					119748.39
	6	R	210.01	200.00	100.00					2400.3	6.00	SS-UDL	290.57866	2.49	80.00	3775.5	0.40					419119.35
	7	R	313.99	300.00	150.01					3599.18	6.00	SS-UDL	247.76172	2.49	180.00	3670.0	0.40					857289.58
Tan, v.d. (1995)	G-2.70-5.38	R	50.01	46.30	11.00					248.92	2.70	SS-2PL	436.32498		6.26	5659.7	1.23	1.55	3923.13	30.0	0.48	10709.32
Tan Teng Kong, Lu (1997)	1-2.00/2.50	R	50.01	44.83	11.00					350.52	2.79	SS-2PL	755.44826		9.87	5483.9	2.00	1.55	3923.13	30.0	0.48	19885.49
	2-2.58/0.25	R	50.01	44.25	11.00					350.52	2.82	SS-2PL	557.67479		12.58	5083.2	2.58	1.55	3599.72	30.0	0.48	15807.69
	3-4.08/2.50	R	50.01	42.01	11.00					350.52	2.98	SS-2PL	558.65909		18.84	5083.2	4.08	1.55	3599.72	30.0	0.48	13766.53
	4-5.80/2.50	R	50.01	39.75	11.00					350.52	3.14	SS-2PL	755.44826		25.35	5483.9	5.80	1.55	3923.13	30.0	0.48	27020.50
Yoon Cook Mitchell (1996)	NI-S	R	75.01	65.51	37.49					429.26	3.23	SS-1PL	367.00232	2.01	68.77	4077.8	2.80					25392.10
	N1-N	R	75.01	65.51	37.49					429.26	3.23	SS-1PL	367.00232	2.01	68.77	4077.8	2.80	1.03	4387.15	32.5	0.08	46602.08
	N2-S	R	75.01	65.51	37.49					429.26	3.23	SS-1PL	367.00232	2.01	68.77	4077.8	2.80	1.42	4387.15	46.5	0.08	37017.67
	N2-N	R	75.01	65.51	37.49					429.26	3.23	SS-1PL	367.00232	2.01	68.77	4077.8	2.80	1.42	4387.15	32.5	0.12	49251.06
	M1-S	R	75.01	65.51	37.49					429.26	3.23	SS-1PL	683.0321	0.99	68.77	4077.8	2.80					30182.04

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Yoon Cook Mitchell (1996)	MI-N	R	75.01	65.51	37.49					429.26	3.23	SS-1PL	683.0321	0.99	68.77	4077.8	2.80	1.03	4387.15	32.5	0.08	41299.59
	M2-S	R	75.01	65.51	37.49					429.26	3.23	SS-1PL	683.0321	0.99	68.77	4077.8	2.80	1.42	4387.15	32.5	0.12	56290.81
	M2-N	R	75.01	65.51	37.49					429.26	3.23	SS-1PL	683.0321	0.99	68.77	4077.8	2.80	1.42	4387.15	23.1	0.16	70256.92
	H1-S	R	75.01	65.51	37.49					429.26	3.23	SS-1PL	886.92227	0.99	68.77	4077.8	2.80					33343.58
Taylor (1968)	1A	R	40.64	36.98	20.32					264.16	3.02	SS-1PL	294.16431	0.97	7.74	3571.6	1.03					6304.93
	2A	R	40.64	36.98	20.32					264.16	3.02	SS-1PL	338.59831	0.97	11.61	3571.6	1.55					9344.00
	1B	R	40.64	36.98	20.32					264.16	3.02	SS-1PL	294.16431	0.97	7.74	3571.6	1.03					7711.07
	2B	R	40.64	36.98	20.32					264.16	3.02	SS-1PL	338.59831	0.97	11.61	3571.6	1.55					1179.34
	3B	R	40.64	36.98	20.32					264.16	3.02	SS-1PL	321.93556	0.97	7.74	3571.6	1.03					7756.43
	5A	R	40.64	36.98	20.32					223.52	2.47	SS-1PL	305.27281	0.97	7.74	3571.6	1.03					8210.02
	5B	R	40.64	36.98	20.32					223.52	2.47	SS-1PL	305.27281	0.97	7.74	3571.6	1.03					8210.02
Thorenfeld t (1990)	B11	R	24.99	22.10	15.01					231.14	3.00	SS-2PL	550.50348	1.60	6.00	5097.3	1.82					5928.45
	B13	R	24.99	20.70	15.01					231.14	4.00	SS-2PL	550.50348	1.60	10.06	5097.3	3.23					7184.90
	B14	R	24.99	20.70	15.01					231.14	3.00	SS-2PL	550.50348	1.60	10.06	5097.3	3.23					8427.75
	B21	R	24.99	22.10	15.01					231.14	3.00	SS-2PL	792.92187	1.60	6.00	5097.3	1.82					6926.36
	B23	R	24.99	20.70	15.01					231.14	4.00	SS-2PL	792.92187	1.60	10.06	5097.3	3.23					7933.33
	B24	R	24.99	20.70	15.01					231.14	3.00	SS-2PL	792.92187	1.60	10.06	5097.3	3.23					8427.75
	B33	R	24.99	20.70	15.01					231.14	4.00	SS-2PL	591.70336	1.60	10.06	5097.3	3.23					6935.43
	B34	R	24.99	20.70	15.01					231.14	3.00	SS-2PL	591.70336	1.60	10.06	5097.3	3.23					8427.75
	B43	R	24.99	20.70	15.01					231.14	4.00	SS-2PL	881.22741	1.60	10.06	5097.3	3.23					8786.08
	B44	R	24.99	20.70	15.01					231.14	3.00	SS-2PL	881.22741	1.60	10.06	5097.3	3.23					10927.04
	B51	R	24.99	22.10	15.01					231.14	3.00	SS-2PL	996.03867	1.60	6.00	5097.3	1.82					5728.87
	B53	R	24.99	20.70	15.01					231.14	4.00	SS-2PL	996.03867	1.60	10.06	5097.3	3.23					7833.54
	B54	R	24.99	20.70	15.01					231.14	3.00	SS-2PL	996.03867	1.60	10.06	5097.3	3.23					7924.26
	B61	R	50.01	44.20	30.00					459.74	3.00	SS-2PL	792.85156	1.60	24.13	5097.3	1.82					18384.10
	B63	R	50.01	41.40	30.00					459.74	4.00	SS-2PL	792.85156	1.60	40.13	5097.3	3.23					23396.29
	B64	R	50.01	41.40	30.00					459.74	3.00	SS-2PL	792.85156	1.60	40.13	5097.3	3.23					28621.68
Walraven (1978)	A2	R	45.01	42.01	19.99					254	3.00	SS-2PL	245.72282		6.19	4485.6	0.74					7198.51
	A3	R	75.01	72.01	19.99					434.34	3.00	SS-2PL	248.74602		11.42	4485.6	0.79					10278.40

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm ²	(cm)	(cm ²)	kgf/cm ²	%	(cm ²)	kgf/cm ²	(cm)	%	(kgf)
Xie Ahmad Yu Hino Chung (1994)	NNN-3	R	25.40	21.59	12.70					129.54	3.00	SS-1PL	384.57906	1.91	5.68	4288.7	2.07					3742.14
	NNW-3	R	25.40	20.32	12.70					121.92	3.00	SS-1PL	415.51412	1.91	8.26	4288.7	3.20	0.65	3304.43	10.2	0.49	8876.80
	NHN-3	R	25.40	21.59	12.70					129.54	3.00	SS-1PL	1008.9048	1.91	5.68	4288.7	2.07					4662.93
	NHW-3	R	25.40	19.81	12.70					119.38	3.00	SS-1PL	1001.8741	1.91	11.35	4288.7	4.54	0.65	3304.43	9.9	0.51	10441.70
	NHW-3a	R	25.40	19.81	12.70					119.38	3.00	SS-1PL	917.5058	1.91	11.35	4288.7	4.54	0.65	3304.43	9.9	0.51	11035.90
	NHW-3b	R	25.40	19.81	12.70					119.38	3.00	SS-1PL	1052.4952	1.91	11.35	4288.7	4.54	0.65	3304.43	9.9	0.51	12496.47
	NHW-4	R	25.40	19.81	12.70					157.48	4.00	SS-1PL	1008.2018	1.91	11.35	4288.7	4.54	0.65	3304.43	9.9	0.51	9557.19
Yoshida (2000)	YB2000/0	R	200.00	189.00	30.00					1082.04	2.86	SS-1PL	342.5355	0.99	42.00	4640.3	0.74					26004.45

Çizelge 10.4. Veri tabanındaki öngerilmeli beton kirişlerin özellikleri

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi										Beton		Öngerme Donatısı							Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pt}	d_ Açı	f _{se}	A _s	f _y	ρ _t	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm²)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	%	(°)	(kgf/cm²)	(cm²)	(kgf/cm²)	%	(cm²)	(kgf/cm²)	(cm)	%	(kgf)
Authur (1965)	A2	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	4.56	SS-2PL	386.6882681	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		9428.2								2540.12
	A4	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	4.56	SS-2PL	569.4863584	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		10257.8								2676.19
	A17	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	4.56	SS-2PL	492.1487048	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		11361.6								3265.87
	A18	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	4.56	SS-2PL	527.3021837	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		10989.0								3401.94
	A19	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	4.56	SS-2PL	492.1487048	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		10391.4								3175.15
	A20	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	4.56	SS-2PL	562.4556626	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		10665.6								3538.02
	A21	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	4.56	SS-2PL	513.2407922	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		10946.8								3492.66
	A22	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	4.56	SS-2PL	506.2100964	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		10806.2								3265.87
	A23	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.42	SS-2PL	548.3942711	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		11403.8								4581.28
	A24	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.42	SS-2PL	478.0873132	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		10714.8								4082.33
	A25	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.42	SS-2PL	520.2714879	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		11361.6								4535.92
	A26	I	22.86	20.07	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.42	SS-2PL	456.9952259	1.02	1.29	15045.7	16592.4	0.97		11038.2								4082.33
	B1	I	30.48	27.18	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.36	SS-2PL	562.4556626	1.02	1.94	15045.7	16592.4	1.32		8408.7								4626.64
	B2	I	30.48	27.18	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.36	SS-2PL	520.2714879	1.02	1.94	15045.7	16592.4	1.32		8155.6								4944.16
	B3	I	30.48	27.18	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	2.52	SS-2PL	576.5170542	1.02	1.94	15045.7	16592.4	1.32		8008.0								6713.17
	B5	I	30.48	27.18	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	2.52	SS-2PL	632.7626205	1.02	1.94	15045.7	16592.4	1.32		8950.1								6713.17
	B8	I	30.48	27.18	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	2.52	SS-2PL	632.7626205	1.02	1.94	15045.7	16592.4	1.32		8155.6								6486.37
	B9	I	30.48	27.18	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.36	SS-2PL	520.2714879	1.02	1.94	15045.7	16592.4	1.32		8008.0								3900.89
	B11	I	30.48	27.18	5.08	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.36	SS-2PL	625.7319247	1.02	1.94	15045.7	16592.4	1.32		8331.4								6032.78
	D1	I	30.48	27.18	6.35	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.36	SS-2PL	506.2100964	1.02	1.94	15045.7	16592.4	1.06		8457.9								6032.78
	D2	I	30.48	27.18	6.35	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	3.93	SS-2PL	576.5170542	1.02	1.94	15045.7	16592.4	1.06		8204.8								5125.59
	E1	I	30.48	27.18	7.62	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	2.80	SS-2PL	555.4249668	1.02	1.94	15045.7	16592.4	0.88		7958.7								5851.34
	E2	I	30.48	27.18	7.62	15.24	15.24	5.08	5.08	259.08	2.80	SS-2PL	632.7626205	1.02	1.94	15045.7	16592.4	0.88		8155.6								6803.89
Bennett Balasooriya (1971)	3A2	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	425.3570949		2.32	15467.5	16522.1	4.05		8957.1	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	3.81	3.27	7112.33
	3C2	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	338.8795367		2.32	15467.5	16522.1	4.05		7747.8	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	3.81	3.27	7720.14
	3C3	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	343.0979542		2.32	15467.5	16522.1	4.05		8985.2	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	3.81	3.27	8028.58
	3C4	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	310.7567536		2.32	15467.5	16522.1	4.05		6714.3	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	3.81	3.27	5747.02
	3C5	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	322.0058669		2.32	15467.5	16522.1	4.05		5751.1	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	3.81	3.27	4980.44
	3D1	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	451.3706693		2.32	15467.5	16522.1	4.05		7649.4	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	2.54	4.90	8740.72

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d _{Aç1}	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm²)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	%	(°)	(kgf/cm²)	(cm²)	(kgf/cm²)	%	(cm²)	(kgf/cm²)	(cm)	%	(kgf)
Bennett Balasooriya (1971)	3D2	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	451.3706693		2.32	15467.5	16522.1	4.05		7902.5	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	3.81	3.27	7824.47
	3D3	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	411.2957033		2.32	15467.5	16522.1	4.05		7326.0	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	5.84	2.18	7144.08
	3D4	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	401.4527292		2.32	15467.5	16522.1	4.05		7593.2	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	7.62	1.63	6223.29
	3E3	I	25.40	22.56	2.54	15.24	15.24	5.72	5.72	274.32	3.00	SS-2PL	415.5141208		2.32	15467.5	16522.1	2.70		7719.7	0.65	2706.8	1.10	0.32	2706.8	3.81	2.18	9162.57
Bennett Debaiky (1974)	NL-6-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	420.2949939		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15137.1	3.16	4183.3	2.06	0.32	2854.5	23.88	0.26	8400.53
	NM-6-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	392.5237456		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15151.1	3.16	4183.3	2.06	0.26	4260.6	23.88	0.24	9076.38
	NH-6-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	361.3777632		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15158.2	3.16	4183.3	2.06	0.26	5554.2	23.88	0.22	9076.38
	NL-6-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	398.6404509		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15172.2	3.16	4183.3	2.06	0.32	2854.5	16.00	0.39	9230.60
	NM-6-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	389.9223881		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15179.3	3.16	4183.3	2.06	0.26	4260.6	16.00	0.35	9534.51
	NH-6-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	396.0390935		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15193.3	3.16	4183.3	2.06	0.26	5554.2	16.00	0.32	10709.32
	NL-6-80	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	405.5305328		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15200.4	3.16	4183.3	2.06	0.32	2854.5	7.87	0.77	10849.93
	NM-6-80	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	378.6732749		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15207.4	3.16	4183.3	2.06	0.26	4260.6	7.87	0.70	10809.11
	NH-6-80	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	395.125103		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15221.5	3.16	4183.3	2.06	0.26	5554.2	7.87	0.64	11625.57
	NM-8-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	359.6200893		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15228.5	3.16	4183.3	2.06	0.52	4281.7	23.88	0.41	8155.59
	NM-8-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	417.6936365		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15242.5	3.16	4183.3	2.06	0.52	4281.7	16.00	0.62	9484.62
	NL-10-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	401.1715014		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15249.6	3.16	4183.3	2.06	0.71	2854.5	23.88	0.58	9534.51
	NM-10-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	414.1782886		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15263.6	3.16	4183.3	2.06	0.77	4183.3	23.88	0.65	9770.38
	NL-10-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	392.5237456		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15270.7	3.16	4183.3	2.06	0.71	2854.5	16.00	0.88	10450.77
	NM-10-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	389.9223881		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15284.7	3.16	4183.3	2.06	0.77	4183.3	16.00	0.97	10450.77
	PL-6-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	450.5972927		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15291.8	3.16	4183.3	2.06	0.32	2854.5	23.88	0.26	9076.38
	PM-6-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	439.3481795		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15298.8	3.16	4183.3	2.06	0.26	4260.6	23.88	0.24	8618.26
	PH-6-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	428.9427497		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15312.9	3.16	4183.3	2.06	0.26	5554.2	23.88	0.22	8259.92
	PL-6-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	428.9427497		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15319.9	3.16	4183.3	2.06	0.32	2854.5	16.00	0.39	9992.64
	PM-6-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	430.7004237		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15333.9	3.16	4183.3	2.06	0.26	4260.6	16.00	0.35	9788.52
	PH-6-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	411.5769311		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15341.0	3.16	4183.3	2.06	0.26	5554.2	16.00	0.32	9534.51
	PL-6-80	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	446.2382613		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15355.0	3.16	4183.3	2.06	0.32	2854.5	7.87	0.77	10809.11
	PM-6-80	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	446.2382613		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15362.1	3.16	4183.3	2.06	0.26	4260.6	7.87	0.70	11675.47
	PH-6-80	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	415.9359625		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15376.1	3.16	4183.3	2.06	0.26	5554.2	7.87	0.64	10450.77
	CL-6-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	576.2358264		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15383.2	3.16	4183.3	2.06	0.32	2854.5	23.88	0.26	10196.76
	CM-6-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	580.5948578		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15397.2	3.16	4183.3	2.06	0.26	4260.6	23.88	0.24	10196.76
	CH-6-240	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	589.2426136		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15404.3	3.16	4183.3	2.06	0.26	5554.2	23.88	0.22	10450.77
	CL-6-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	597.8903694		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15411.3	3.16	4183.3	2.06	0.32	2854.5	16.00	0.39	10450.77
	CM-6-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	623.9039438		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15425.3	3.16	4183.3	2.06	0.26	4260.6	16.00	0.35	11371.56

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d _{Aç1}	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm²)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	%	(°)	(kgf/cm²)	(cm²)	(kgf/cm²)	%	(cm²)	(kgf/cm²)	(cm)	%	(kgf)
Bennett Debaiky (1974)	CH-6-160	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	604.8507582		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15432.4	3.16	4183.3	2.06	0.26	5554.2	16.00	0.32	11421.46
	CL-6-80	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	615.256188		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15446.4	3.16	4183.3	2.06	0.32	2854.5	7.87	0.72	11829.69
	CM-6-80	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	606.6084321		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15453.5	3.16	4183.3	2.06	0.26	4260.6	7.87	0.70	12850.27
	CH-6-80	I	32.99	29.85	5.11	15.19	15.19	5.69	5.69	360.68	3.00	SS-2PL	570.189428		2.32	16655.7	17534.6	1.52		15467.5	3.16	4183.3	2.06	0.26	5554.2	7.87	0.64	14274.55
Cederswall Hedman Losberg (1974)	734-35	R	26.11	23.50	12.60					299.72	3.40	SS-2PL	283.1261192		2.26	8999.3	9294.6	0.76		1813.9	1.16	6496.4	0.38					4077.80
	734-36	R	26.11	23.50	13.59					299.72	3.40	SS-2PL	199.1796115		2.26	8999.3	9294.6	0.71		4647.3	1.16	6496.4	0.35					4998.59
	734-41	R	26.19	23.60	12.60					299.72	2.54	SS-2PL	158.331269		2.26	8999.3	9294.6	0.76		2341.2	1.16	6496.4	0.38					4998.59
	734-42	R	26.01	23.39	13.59					299.72	2.56	SS-2PL	295.9219855		2.26	8999.3	9294.6	0.71		4647.3	1.16	6496.4	0.36					6499.98
	824-1A	R	26.19	23.60	13.00					299.72	2.54	SS-2PL	188.7741818		2.26	8999.3	9294.6	0.74		3719.2	2.26	6496.4	0.74					4998.59
	824-2A	R	26.11	23.50	13.69					299.72	2.55	SS-2PL	415.8656556		2.26	8999.3	9294.6	0.70		5132.4	2.26	6496.4	0.70					8001.37
	803-1	R	26.01	23.39	13.00					299.72	2.56	SS-2PL	250.3630768		2.26	8999.3	9294.6	0.74		4155.1	1.16	8999.3	0.37					5878.56
	803-2	R	26.01	23.39	13.00					299.72	2.56	SS-2PL	291.9144889		2.26	8999.3	9294.6	0.74		4647.3	1.16	8999.3	0.37					6001.03
	824-1B	R	26.29	23.70	13.21					299.72	2.53	SS-2PL	424.7243322		2.26	8999.3	9294.6	0.72		3093.5	2.26	6496.4	0.72	0.58	5048.0	20.07	0.21	11847.83
	824-2B	R	26.19	23.60	13.11					299.72	2.54	SS-2PL	262.3152597		2.26	8999.3	9294.6	0.73		5617.5	2.26	6496.4	0.73	0.58	5301.1	20.07	0.22	11870.51
	824-1C	R	26.01	23.39	13.21					299.72	2.56	SS-2PL	159.9483291		2.26	8999.3	9294.6	0.73		3761.4	2.26	6496.4	0.73	0.58	4977.7	9.91	0.43	8999.27
	803-2S	R	26.01	23.39	13.00					299.72	2.56	SS-2PL	291.9144889		2.26	8999.3	9294.6	0.74		4647.3	1.16	8999.3	0.37	0.58	2397.5	20.07	0.22	7702.00
	803-1S	R	26.01	23.39	13.00					299.72	2.56	SS-2PL	250.3630768		2.26	8999.3	9294.6	0.74		4155.1	1.16	8999.3	0.37	0.58	2397.5	20.07	0.22	8659.08
	842-2	R	26.11	23.70	13.11					299.72	2.53	SS-2PL	289.5240523		2.26	8999.3	9294.6	0.73		5399.6	2.26	6496.4	0.73					6899.14
	842-3	R	26.01	23.50	13.11					299.72	2.55	SS-2PL	302.3199187		2.26	8999.3	9294.6	0.73		5399.6	2.26	6496.4	0.73					7801.79
	842-4	R	25.91	23.50	13.00					299.72	2.55	SS-2PL	340.7075176		2.26	8999.3	9294.6	0.74		5483.9	2.26	6496.4	0.74					7198.51
	842-5	R	26.01	23.60	13.00					299.72	2.54	SS-2PL	291.9144889		2.26	8999.3	9294.6	0.74		5617.5	2.26	6496.4	0.74					7497.88
	842-6	R	26.19	23.60	13.11					299.72	2.54	SS-2PL	470.2832409		2.26	8999.3	9294.6	0.73		5399.6	4.52	6496.4	1.46	0.58	5399.6	20.07	0.22	13349.22
	842-7B	R	26.01	23.50	13.11					299.72	2.55	SS-2PL	363.9088137		2.26	8999.3	9294.6	0.73		5659.7	4.52	6496.4	1.47	0.58	5399.6	20.07	0.22	13199.54
	842-8	R	26.19	23.60	13.21					299.72	2.54	SS-2PL	573.4235481		2.26	8999.3	9294.6	0.73		6060.5	4.52	6496.4	1.45	0.58	5399.6	14.99	0.29	16352.00
	842-10	R	26.11	23.50	13.11					299.72	2.55	SS-2PL	517.4592096		2.26	8999.3	9294.6	0.73		5308.2	4.52	6496.4	1.47	0.58	3599.7	20.07	0.22	10949.72
	842-11	R	26.01	23.60	13.11					299.72	4.24	SS-2PL	515.0687731		2.26	8999.3	9294.6	0.73		5308.2	4.52	6496.4	1.46	0.58	3599.7	20.07	0.22	9298.64
	842-13	R	25.91	23.80	13.21					299.72	3.36	SS-2PL	545.4413788		2.26	8999.3	9294.6	0.72		4823.1	4.52	6496.4	1.44	0.58	3599.7	20.07	0.21	12451.11
	842-14	R	26.19	23.60	13.11					299.72	2.54	SS-2PL	416.7093391		2.26	8999.3	9294.6	0.73		1856.1	4.52	6496.4	1.46	0.58	5399.6	20.07	0.22	11099.41
	842-16	R	25.91	23.29	13.11					299.72	2.58	SS-2PL	526.2475794		2.26	8999.3	9294.6	0.74		3184.9	4.52	6496.4	1.48	0.58	5399.6	20.07	0.22	16048.10
Cederswall Hedman Losberg (1974)	6	R	26.01	23.39	13.00					160.02	3.42	SS-PL	353.9955327		2.58	8999.3	9477.4	0.74		1799.9	1.16	6000.7	0.40					4082.33
	7	R	26.01	23.39	13.00					160.02	3.42	SS-PL	249.0272446		2.58	8999.3	9477.4	0.74		4844.1	1.16	6004.9	0.40					5003.12
	8	R	26.01	23.39	13.00					119.38	2.56	SS-PL	197.9843932		2.58	8999.3	9477.4	0.74		2341.2	1.16	6004.9	0.40					5003.12
	9	R	26.01	23.39	13.00					119.38	2.56	SS-PL	370.0255191		2.58	8999.3	9477.4	0.74		4907.4	1.16	6004.9	0.40					6504.51

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d _{AÇ1}	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm²)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	%	(°)	(kgf/cm²)	(cm²)	(kgf/cm²)	%	(cm²)	(kgf/cm²)	(cm)	%	(kgf)
Cederwall Hedman Losberg (1974)	10	R	26.01	23.39	13.00					119.38	2.56	SS-PL	236.0204574		2.58	8999.3	9477.4	0.74		3796.6	2.26	6004.9	0.70					5003.12
	11	R	26.01	23.39	13.00					119.38	2.56	SS-PL	520.0605671		2.58	8999.3	9477.4	0.74		5392.5	2.26	6004.9	0.70					8001.37
	12	R	26.01	23.39	13.00					119.38	2.56	SS-PL	313.0065763		2.58	8999.3	9477.4	0.74		4246.5	1.16	6004.9	0.40					5883.09
	13	R	26.01	23.39	13.00					119.38	2.56	SS-PL	365.033725		2.58	8999.3	9477.4	0.74		4865.2	1.16	6004.9	0.40					6001.03
Cumming Shield French (1998)	IA	I	139.70	126.01	15.24	76.20	66.04	18.42	23.50	1214.12	3.24	SS-1PL	796.5778322	1.60	67.68	17928.3	18982.9	3.52	0.16	8647.8				2.58	5273.0	40.64	0.42	146147.46
	IB	I	139.70	126.01	15.24	76.20	66.04	18.42	23.50	1211.58	3.19	SS-1PL	796.5778322	1.60	67.68	17928.3	18982.9	3.52	0.15	8647.8				2.58	5111.3	40.64	0.42	157650.56
	IIC	I	139.70	126.01	15.24	76.20	66.04	18.42	23.50	1221.74	3.25	SS-1PL	654.9093122	1.91	67.68	17928.3	18982.9	3.52	0.16	8647.8				2.58	5111.3	40.64	0.42	185083.83
	IID	I	139.70	126.01	15.24	76.20	66.04	18.42	23.50	1206.50	3.29	SS-1PL	654.9093122	1.91	67.68	17928.3	18982.9	3.60	0.45	8647.8				2.58	5111.3	40.64	0.42	203631.22
Durrani Robertson (1987)	1	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	424.3024905		2.97	18532.9	19510.2	0.96		10335.1				0.19	5132.4	15.24	0.14	15739.66
	3	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	470.212934		2.97	18532.9	19510.2	0.96		9772.7				0.19	5132.4	15.24	0.14	16850.96
	4	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	450.0348371		2.97	18532.9	19510.2	0.96		10827.3				0.19	5132.4	15.24	0.14	16850.96
	5	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	455.096938		2.97	18532.9	19510.2	0.96		10757.0				0.19	4527.8	15.24	0.18	17032.39
	6	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	426.763234		2.97	18532.9	19510.2	0.96		10546.0				0.19	5132.4	30.48	0.07	15875.73
	7	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	438.0826542		2.97	18532.9	19510.2	0.96		9421.1								14288.16
	8	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	402.1557988		2.97	18532.9	19510.2	0.96		10757.0				0.26	3965.3	15.24	0.22	17372.59
	9	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	426.1304714		2.97	18532.9	19510.2	0.96		10686.7				0.26	5287.1	15.24	0.22	17576.70
	10	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	428.6615219		2.97	18532.9	19510.2	0.96		10686.7				0.26	3965.3	15.24	0.22	17576.70
	12	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	423.5994209		2.97	18532.9	19510.2	0.96		11038.2				0.06	3536.4	15.24	0.08	16215.93
	13	T	50.80	31.75	7.62	60.96	7.62	7.62		335.28	3.52	SS-2PL	421.1386774		2.97	18532.9	19510.2	0.96		10686.7				0.06	3536.4	15.24	0.08	14741.75
Elzanaty Nilson Slate (1986)	CW1	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	2.90	SS-2PL	780.4072319	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		11045.2	2.13	4429.3	1.16					14106.72
	CW3	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	5.00	SS-2PL	780.4072319	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		10862.4	2.13	4429.3	1.16					11974.84
	CW2	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.75	SS-2PL	780.4072319	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		10981.9	2.13	4429.3	1.16					12700.59
	CW4	I	45.72	35.64	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.75	SS-2PL	801.4993193	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		11178.8								12972.74
	CW5	I	45.72	38.18	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.75	SS-2PL	794.4686235	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		11031.2	11.61	4429.3	5.99					12655.23
	CW7	I	45.72	36.53	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.75	SS-2PL	790.9532756	1.27	3.94	17928.3	18982.9	2.13		11467.1	2.13	4429.3	1.15					10795.50
	CW6	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.75	SS-2PL	794.4686235	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		8289.2	2.13	4429.3	1.16					11430.53
	CW9	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.75	SS-2PL	622.2165768	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		8141.5	2.13	4429.3	1.16					10296.55
	CW8	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.75	SS-2PL	421.841747	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		8218.9	2.13	4429.3	1.16					9162.57
	CI1	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	7.80	SS-2PL	780.4072319	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		11017.1	2.13	4429.3	1.10					7937.87
	CI3	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	4.00	SS-2PL	780.4072319	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		10876.5	2.13	4429.3	1.10					12337.71
	CI2	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	780.4072319	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		10967.9	2.13	4429.3	1.10					11339.81
	CI4	TI	35.56	24.69	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	801.4993193	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		11115.5								11067.65
	CI5	TI	35.56	27.51	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	794.4686235	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		11010.1	11.61	4429.3	5.54					12201.63

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı							Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _p	d_Aç1	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	S _v	ρ _v	V _{test}	
		R/T/1	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(°)	(kgf/cm ²)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(cm)	%	(kgf)	
Elzanaty Nilson Slate (1986)	CI7	TI	35.56	25.65	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	790.9532756	1.27	3.94	17928.3	18982.9	1.82		11438.9	2.13	4429.3	1.09						8300.74
	CI6	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	794.4686235	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		8289.2	2.13	4429.3	1.10						9298.64
	CI9	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	622.2165768	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		8134.5	2.13	4429.3	1.10						9026.49
	CI8	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	421.841747	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		8232.9	2.13	4429.3	1.10						8845.05
	CW10	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.80	SS-2PL	745.253753	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		8000.9	2.13	4429.3	1.16	0.71	4429.3	25.40	0.55	17690.10	
	CW11	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.80	SS-2PL	569.4863584	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		7811.1	2.13	4429.3	1.16	0.71	4429.3	25.40	0.55	15966.45	
	CW12	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.80	SS-2PL	407.7803554	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		7839.2	2.13	4429.3	1.16	0.71	4429.3	25.40	0.55	14333.52	
	CW13	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.80	SS-2PL	738.2230572	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		11003.0	2.13	4429.3	1.16	0.71	4429.3	25.40	0.55	18597.29	
	CW14	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.80	SS-2PL	752.2844488	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		11115.5	2.13	4429.3	1.16	0.71	4429.3	17.78	0.79	19141.60	
	CW15	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.80	SS-2PL	717.1309699	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		7881.4	2.13	4429.3	1.16	0.71	4429.3	25.40	0.55	15331.42	
	CW16	I	45.72	38.18	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.80	SS-2PL	745.253753	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		11045.2	11.61	4429.3	5.99	0.71	4429.3	25.40	0.55	19050.88	
	CW17	I	45.72	36.27	5.08	20.32	20.32	10.16	10.16	381.00	3.80	SS-2PL	710.1002741	1.27	5.61	17928.3	18982.9	3.01		11073.3	2.13	4429.3	1.16	0.39	4429.3	25.40	0.30	14514.96	
	CI10	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	745.253753	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		8008.0	2.13	4429.3	1.10	0.71	4429.3	20.32	0.46	14424.24	
	CI11	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	569.4863584	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		7839.2	2.13	4429.3	1.10	0.71	4429.3	20.32	0.46	12972.74	
	CI12	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	407.7803554	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		7874.4	2.13	4429.3	1.10	0.71	4429.3	20.32	0.46	12473.79	
	CI13	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	738.2230572	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		10967.9	2.13	4429.3	1.10	0.71	4429.3	20.32	0.46	15785.01	
	CI14	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	752.2844488	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		11164.7	2.13	4429.3	1.10	0.71	4429.3	12.70	0.73	16782.92	
CI15	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	717.1309699	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		7888.4	2.13	4429.3	1.10	0.71	4429.3	20.32	0.46	12337.71		
CI16	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	745.253753	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		11080.4	11.61	4429.3	5.54	0.71	4429.3	20.32	0.46	16646.84		
CI17	TI	35.56	25.40	7.62	50.80	15.24	5.08	12.70	381.00	5.80	SS-2PL	710.1002741	1.27	5.61	17928.3	18982.9	2.58		11059.3	2.13	4429.3	1.10	0.39	4429.3	20.32	0.25	13199.54		
Evans Schumacher (1963)	S2	R	30.48	25.15	10.16					182.88	2.42	SS-2PL	395.8281726	0.64	5.16	8436.8	10546.0	2.01		1160.1									10772.82
	S3	I	30.48	26.67	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	276.86	4.05	SS-2PL	378.2514331	0.64	2.84	8436.8	10546.0	2.10		1961.6									4785.40
	S4	I	30.48	26.67	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	276.86	4.05	SS-2PL	355.7532066	0.64	6.39	8436.8	10546.0	4.72		871.8									6690.49
	S5	I	30.48	26.67	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	292.10	4.05	SS-2PL	358.5654849	0.64	3.87	8436.8	10546.0	2.86		1940.5									5896.70
	S7	I	30.48	26.67	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	274.32	3.43	SS-2PL	344.5040934	0.64	5.10	8436.8	10546.0	3.74		1680.3									7688.39
	S8	I	30.48	25.65	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	419.10	5.45	SS-2PL	291.773875	0.64	3.87	8436.8	10546.0	2.98		3409.9									3719.46
	S9	I	30.48	25.65	4.83	10.16	10.16	7.62	7.62	421.64	5.03	SS-2PL	311.4598232	0.64	5.10	8436.8	10546.0	4.11		2580.3									4989.52
	S10	I	30.48	25.40	3.56	10.41	10.41	7.62	7.62	419.10	5.50	SS-2PL	311.4598232	0.64	5.10	8436.8	10546.0	5.62		2467.8									3492.66
	S11	I	30.48	25.65	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	419.10	5.45	SS-2PL	332.5519105	0.64	2.84	8436.8	10546.0	2.18		3578.6									3900.89
	S12	I	30.48	25.65	3.56	10.41	10.41	7.62	7.62	419.10	5.45	SS-2PL	332.5519105	0.64	3.87	8436.8	10546.0	4.25		2636.5									3447.30
	S13	I	30.48	25.65	3.56	10.41	10.41	7.62	7.62	419.10	5.45	SS-2PL	367.0023199	0.64	2.84	8436.8	10546.0	3.13		3381.8									3832.86
	S14	I	30.48	25.65	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	342.90	4.46	SS-2PL	308.6475449	0.64	5.10	8436.8	10546.0	3.90		1947.5									5170.95
	S15	I	30.48	25.40	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	342.90	4.50	SS-2PL	284.0401096	0.64	2.84	8436.8	10546.0	2.22		3466.1									4377.17

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük			
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d_Aç1	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	S _v	ρ _v	V _{test}			
		R/T/1	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(°)	(kgf/cm ²)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(cm)	%	(kgf)			
Evans Schumacher (1963)	S16	I	30.48	25.40	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	342.90	4.50	SS-2PL	346.6133021	0.64	3.87	8436.8	10546.0	3.00		2587.3									4876.12		
	S17	I	30.73	26.16	3.56	10.41	10.41	7.62	7.62	342.90	4.37	SS-2PL	381.0637114	0.64	5.10	8436.8	10546.0	5.45		1631.1									2812.27		
	S18	I	30.48	25.65	3.56	10.41	10.41	7.62	7.62	342.90	4.46	SS-2PL	305.8352666	0.64	3.87	8436.8	10546.0	4.25		2425.6									2971.03		
	S19	I	30.48	25.65	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	281.94	3.66	SS-2PL	305.8352666	0.64	5.03	8436.8	10546.0	3.88		1849.1									4853.44		
	S20	I	30.48	25.40	3.56	10.41	10.41	7.62	7.62	342.90	4.50	SS-2PL	286.8523879	0.64	2.84	8436.8	10546.0	3.16		3698.1									3129.79		
	S21	I	30.48	25.65	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	281.94	3.66	SS-2PL	286.8523879	0.64	2.84	8436.8	10546.0	2.18		3930.2										5443.11	
	S22	I	30.48	26.16	3.56	10.41	10.41	7.62	7.62	281.94	3.59	SS-2PL	244.6682132	0.64	5.10	8436.8	10546.0	5.45		1743.6										2834.95	
	S24	I	30.48	25.65	3.56	10.41	10.41	7.62	7.62	281.94	3.66	SS-2PL	376.1422244	0.64	2.84	8436.8	10546.0	3.13		3156.8										3606.06	
	S25	I	30.48	25.65	5.33	10.16	10.16	7.62	7.62	281.94	3.66	SS-2PL	376.1422244	0.64	3.87	8436.8	10546.0	2.84		2432.6										5397.75	
	S26	I	30.48	25.15	3.56	10.67	10.67	7.62	7.62	281.94	3.74	SS-2PL	362.0808328	0.64	3.81	8436.8	10546.0	4.28		2369.3										3152.47	
	S27	I	30.48	25.65	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	213.36	2.77	SS-2PL	360.6746937	0.64	5.10	8436.8	10546.0	3.90		1729.6										6758.53	
	S29	I	30.48	25.65	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	213.36	2.77	SS-2PL	291.0708054	0.64	3.87	8436.8	10546.0	2.98		2151.4										6577.09	
	S30	I	30.48	25.65	5.08	10.16	10.16	7.62	7.62	213.36	2.77	SS-2PL	358.5654849	0.64	2.84	8436.8	10546.0	2.18		3782.5										7552.31	
	S32	I	30.48	25.40	3.56	10.67	10.67	7.62	7.62	213.36	2.80	SS-2PL	328.3334931	0.64	2.84	8436.8	10546.0	3.16		2903.7										4127.69	
	S34	I	30.48	25.65	3.05	10.16	10.16	7.62	7.62	213.36	2.77	SS-2PL	345.2071629	0.64	3.87	8436.8	10546.0	4.97		2137.3										4944.16	
	S35	I	30.73	26.16	3.30	10.16	10.16	7.62	7.62	213.36	2.72	SS-2PL	400.7496596	0.64	5.10	8436.8	10546.0	5.88		1574.9										6032.78	
	S36	I	30.73	26.16	3.05	10.16	10.16	7.62	7.62	213.36	2.72	SS-2PL	364.1900416	0.64	1.23	8436.8	10546.0	1.57		5266.0										3039.07	
	S42	I	15.24	12.70	5.59	9.14	9.14	3.81	3.81	152.40	4.00	SS-2PL	445.0430431	0.64	3.87	8436.8	10546.0	5.45		1455.4										3197.83	
	S43	I	15.24	12.19	5.33	9.14	9.14	3.81	3.81	152.40	4.17	SS-2PL	492.8517744	0.64	5.03	8436.8	10546.0	7.78		1047.6										2948.35	
	S44	I	30.99	26.42	3.05	10.92	10.92	7.87	7.87	213.36	2.69	SS-2PL	331.1457714	0.64	0.77	12655.3	15467.5	0.97		6580.7										3107.11	
	S46	R	15.24	10.92	7.87						152.40	4.65	SS-2PL	336.770328	0.64	0.77	12655.3	15467.5	0.81		6918.2										1791.69
	S48	R	15.24	10.16	7.87						152.40	5.00	SS-2PL	336.770328	0.64	0.77	12655.3	15467.5	0.80		8324.3										1905.09
	S49	I	30.48	25.40	3.56	10.41	10.41	7.62	7.62	213.36	2.80	SS-2PL	369.8145982	0.64	2.84	8436.8	10546.0	3.16		3824.7										3651.42	
	S50	I	29.97	23.62	3.56	10.92	10.92	7.62	7.62	213.36	3.01	SS-2PL	403.5619379	0.64	2.84	8436.8	10546.0	3.30		3902.0										4558.60	
S51	I	30.73	25.65	3.30	10.41	10.41	7.62	7.62	213.36	2.77	SS-2PL	372.6268765	0.64	2.90	8436.8	10546.0	3.41		3866.9										4354.49		
S52	I	30.99	26.42	3.05	10.41	10.41	7.87	7.87	213.36	2.69	SS-2PL	345.2071629	0.64	2.90	8436.8	10546.0	3.62		3529.4										4399.85		
S53	I	30.48	25.40	3.05	10.41	10.41	7.62	7.62	213.36	2.80	SS-2PL	386.6882681	0.64	2.84	8436.8	10546.0	3.69		3606.7										3810.18		
S54	I	30.48	25.40	3.05	10.41	10.41	7.62	7.62	213.36	2.80	SS-2PL	369.8145982	0.64	2.84	8436.8	10546.0	3.69		3810.6										3243.19		
Gregor, Collins (1995)	CM5_A	TI	89.99	79.10	15.01	45.01	89.99	15.01	18.75	226.06	2.84	SE-1PL	589.2426136		3.94	17977.5	18919.6	0.37	7.12	15137.1	39.03	4260.6	3.29	1.03	6278.4	14.48	0.46	94424.32			
	CM6_A	TI	89.99	79.68	15.01	45.01	89.99	15.01	18.75	226.06	2.82	SE-1PL	580.102709		7.87	17977.5	18919.6	0.73	3.84	15137.1	25.03	4260.6	2.09	1.03	6278.4	14.48	0.46	101767.98			
Hicks (1958)	1	I	25.40	22.43	3.81	17.78	12.70	6.99	6.99	182.88	2.50	SS-PL	386.6882681	2.03	1.29	14884.0	16121.4	1.42		11860.8									6499.98		
	5	I	25.40	22.43	3.81	17.78	12.70	6.99	6.99	182.88	3.00	SS-PL	386.6882681	2.03	1.29	14884.0	16121.4	1.42		11860.8									6400.19		
	11B	I	25.40	22.43	3.81	17.78	12.70	6.99	6.99	160.02	3.00	SS-PL	485.118009	2.03	1.29	14884.0	16121.4	1.42		11860.8									6400.19		

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük		
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d_Aç1	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	S _v	ρ _v	V _{test}		
		R/T/1	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm²)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	%	(°)	(kgf/cm²)	(cm²)	(kgf/cm²)	%	(cm²)	(kgf/cm²)	(cm)	%	(kgf)		
Hicks (1958)	13B	I	25.40	22.43	3.81	17.78	12.70	6.99	6.99	160.02	3.00	SS-PL	330.4427018	2.03	1.29	14884.0	16121.4	1.42		11860.8									5397.75	
	14	I	25.40	22.43	3.81	17.78	12.70	6.99	6.99	228.60	4.75	SS-PL	330.4427018	2.03	1.29	14884.0	16121.4	1.42		11860.8									3900.89	
	15B	I	25.40	22.43	3.81	17.78	12.70	6.99	6.99	152.40	3.00	SS-PL	442.9338343	2.03	1.29	14884.0	16121.4	1.42		11860.8									6998.93	
Jacob, Russell (1999)	JJ3_North	TI	61.01	54.64	7.59	58.42	25.40	6.35	12.07	579.12	3.07	SS-2PL	825.7552197	0.00	3.94	18012.6	18961.8	0.95		15172.2				0.26	7037.7	9.91	0.32	16723.95		
	JJ4_North	TI	61.01	54.84	7.59	58.42	25.40	6.35	12.07	579.12	3.06	SS-2PL	871.6656632	0.00	3.94	18012.6	18961.8	0.95		15172.2				0.26	7037.7	9.91	0.32	17540.42		
Kar (1969)	A1	R	25.40	17.78	12.70					177.80	5.00	SS-PL	366.2992503	2.03	1.29	14131.7	15889.4	0.39		8064.2									2694.34	
	A2	R	25.40	17.78	12.70					177.80	5.00	SS-PL	355.050137	2.03	0.65	14131.7	15889.4	0.32		8106.4									2444.86	
	A4	R	25.40	17.78	12.70					124.46	3.50	SS-PL	293.8830837	2.03	1.94	15045.7	16592.4	0.75		4359.0									5583.72	
	A5	R	25.40	17.78	12.70					106.68	3.00	SS-PL	351.5347891	2.03	1.94	15045.7	16592.4	0.75		5519.1									6980.79	
	A6	R	25.40	17.78	12.70					142.24	4.00	SS-PL	285.7977836	2.03	1.29	15045.7	16592.4	0.60		3220.1									3891.82	
	A7	R	25.40	17.78	12.70					137.16	3.86	SS-PL	307.9444753	2.03	1.94	15045.7	16592.4	0.75		4352.0									4590.35	
	A8	R	25.40	17.78	12.70					147.32	4.14	SS-PL	348.0194413	2.03	1.94	15045.7	16592.4	0.75		6629.9									4390.77	
	A9	R	25.40	17.78	12.70					137.16	3.86	SS-PL	344.5040934	2.03	1.94	15045.7	16592.4	0.75		7677.5									5493.00	
	A10	R	25.40	17.78	12.70					177.80	5.00	SS-PL	324.1150756	2.03	1.94	15045.7	16592.4	0.75		7677.5									4091.40	
	A12	R	25.40	17.78	12.70					142.24	4.00	SS-PL	355.7532066	2.03	1.29	15045.7	16592.4	0.60		6770.6									4440.67	
	B3	R	20.32	15.24	10.16						106.68	3.50	SS-PL	297.3984316	2.03	1.29	15045.7	16592.4	0.94		3220.1									2893.92
	B4	R	20.32	15.24	10.16						121.92	4.00	SS-PL	326.2242843	2.03	1.29	15045.7	16592.4	0.94		3184.9									2943.81
	B5	R	20.32	15.24	10.16						137.16	4.50	SS-PL	285.7977836	2.03	1.29	15045.7	16592.4	0.94		2713.8									2594.55
	B6	R	20.32	15.24	10.16						142.24	4.67	SS-PL	307.9444753	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.17		3142.7									2744.23
	B7	R	20.32	15.24	10.16						106.68	3.50	SS-PL	338.1764672	2.03	1.29	15045.7	16592.4	0.94		4309.8									4041.51
	B9	R	20.32	15.24	10.16						152.40	5.00	SS-PL	339.5826063	2.03	1.29	15045.7	16592.4	0.94		4309.8									2644.44
	B10	R	20.32	15.24	10.16						152.40	5.00	SS-PL	361.3777632	2.03	1.29	15045.7	16592.4	0.94		5448.8									3392.87
	I-10	I	30.48	22.86	7.62	15.24	15.24	8.26	8.26		152.40	3.31	SS-PL	360.3231589	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.04		5505.0									6980.79
	I-11	I	30.48	22.86	7.62	15.24	15.24	8.26	8.26		152.40	3.31	SS-PL	393.7189638	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.04		6651.0									7230.26
	I-14	I	30.48	22.86	7.62	15.24	15.24	8.26	8.26		152.40	3.31	SS-PL	351.5347891	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.04		7670.5									7035.22
	I-15	I	30.48	21.59	7.62	15.24	15.24	8.26	8.26		109.22	2.50	SS-PL	310.053684	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.04		4380.1									6685.95
	I-19	I	30.48	22.86	7.62	15.24	15.24	8.26	8.26		152.40	3.31	SS-PL	344.5040934	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.04		7705.6									6486.37
	I-20	I	30.48	21.59	7.62	15.24	15.24	8.26	8.26		121.92	2.82	SS-PL	358.5654849	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.04		5624.6									6236.90
	I-21	I	30.48	22.86	7.62	15.24	15.24	8.26	8.26		172.72	3.78	SS-PL	358.5654849	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.04		6728.4									4989.52
	D2	I	30.48	21.59	5.08	12.70	12.70	8.26	8.26		152.40	3.50	SS-PL	356.807811	2.03	1.29	14131.7	15889.4	0.82		9428.2									4340.88
	D3	I	30.48	21.59	5.08	12.70	12.70	8.26	8.26		109.22	2.50	SS-PL	313.5690319	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.56		6510.4									7534.17
	D4	I	30.48	21.59	5.08	12.70	12.70	8.26	8.26		172.72	4.00	SS-PL	355.050137	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.56		6510.4									4740.04
D5	I	30.48	21.59	5.08	12.70	12.70	8.26	8.26		152.40	3.50	SS-PL	313.5690319	2.03	1.29	15045.7	16592.4	1.56		7705.6									4490.56	

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi										Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük		
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d_Aç1	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	S _v	ρ _v	V _{üst}	
		R/T/1	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm²)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	%	(°)	(kgf/cm²)	(cm²)	(kgf/cm²)	%	(cm²)	(kgf/cm²)	(cm)	%	(kgf)	
Kar (1969)	D7	I	30.48	21.59	5.08	12.70	12.70	8.26	8.26	172.72	4.00	SS-PL	351.5347891	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.56		7670.5									4789.94
	D8	I	30.48	22.86	5.08	12.70	12.70	8.26	8.26	215.90	4.72	SS-PL	355.050137	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.56		7522.8									4241.09
	D9	I	30.48	22.86	5.08	12.07	12.07	8.26	8.26	274.32	6.00	SS-PL	355.050137	2.03	1.94	15045.7	16592.4	1.56		5610.5									2943.81
Kaufman, et al. (1988)	II-1	I	91.44	84.66	15.24	30.48	45.72	19.05	24.13	609.60	2.52	SS-2PL	639.0902467		12.90	18033.7	18982.9	1.00		12613.1				2.58	3452.1	50.80	0.33	63502.93	
Kim (2004)	1E	TI	185.42	173.99	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.38	SS-UDL	722.7555265	2.03	45.16	17928.3	18982.9	1.89		11298.3				2.58	4921.5	30.48	0.56	259454.83	
	1W	TI	185.42	173.99	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.38	SS-UDL	722.7555265	2.03	45.16	17928.3	18982.9	1.89	2.13	11298.3				2.58	4921.5	30.48	0.56	300269.08	
	2E	TI	185.42	170.99	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.46	SS-UDL	698.8511608	2.03	53.55	17928.3	18982.9	2.28		11010.1				4.00	5575.3	27.94	0.94	336991.91	
	2W	TI	185.42	170.99	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.46	SS-UDL	698.8511608	2.03	53.55	17928.3	18982.9	2.28	1.58	11010.1				4.00	5575.3	27.94	0.94	386388.12	
	3E	TI	185.42	171.88	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.43	SS-UDL	1000.46801	1.27	59.35	17928.3	18982.9	2.51		10757.0				2.58	4766.8	20.32	0.83	356051.87	
	3W	TI	185.42	171.88	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.43	SS-UDL	1000.46801	1.27	59.35	17928.3	18982.9	2.51		10757.0				2.58	4766.8	20.32	0.83	387386.03	
	5E	TI	185.42	177.80	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.29	SS-UDL	1251.463849	1.02	33.55	17928.3	18982.9	1.38		12120.9				1.42	6482.3	50.80	0.18	236403.27	
	5W	TI	185.42	177.80	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.29	SS-UDL	1251.463849	1.02	33.55	17928.3	18982.9	1.38		12120.9				1.42	5378.5	50.80	0.18	198582.74	
	6E	TI	185.42	171.88	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.43	SS-UDL	1251.463849	1.02	59.35	17928.3	18982.9	2.51		11467.1				4.00	4548.9	30.48	0.86	345070.39	
	6W	TI	185.42	171.88	15.24	106.68	66.04	11.43	20.96	1524.00	4.43	SS-UDL	1251.463849	1.02	36.77	17928.3	18982.9	2.51		12120.9				4.00	4548.9	30.48	0.86	277716.46	
Lyngberg (1976)	2A-3	I	59.99	54.00	11.99	70.00	38.00	9.50	12.50	500.38	2.78	SS-2PL	332.3409897		6.77	17850.9	18786.0	1.05		9484.4	6.13	4506.7	0.95	1.03	6278.4	15.75	0.53	51596.13	
	2B-3	I	59.99	54.00	11.99	70.00	38.00	9.50	12.50	500.38	2.78	SS-2PL	345.6290047		6.77	17850.9	18786.0	1.05		9456.3	6.13	4499.6	0.95	1.03	6552.6	15.75	0.53	52516.92	
	3A-2	I	59.99	54.00	11.99	70.00	38.00	9.50	12.50	500.38	2.78	SS-2PL	317.0843798		4.52	17850.9	18786.0	0.70		9498.5	12.32	4541.8	1.90	1.03	6756.5	15.75	0.53	49863.41	
	3B-2	I	59.99	54.00	11.99	70.00	38.00	9.50	12.50	500.38	2.78	SS-2PL	280.3841478		4.52	17850.9	18786.0	0.70		9498.5	12.32	4548.9	1.90	1.03	6369.8	15.75	0.53	44152.68	
	4A-1	I	59.99	54.00	11.99	70.00	38.00	9.50	12.50	500.38	2.78	SS-2PL	321.1621834		2.26	17850.9	18786.0	0.35		9786.7	18.71	4907.4	2.89	1.03	6517.5	15.75	0.53	47826.78	
	4B-1	I	59.99	54.00	11.99	70.00	38.00	9.50	12.50	500.38	2.78	SS-2PL	309.9130701		2.26	17850.9	18786.0	0.35		9428.2	18.71	4949.6	2.89	1.03	6707.3	15.75	0.53	46293.64	
MacGregor (1960)	AD.14.37A	R	30.48	25.78	15.24					274.32	3.55	SS-2PL	229.2006825	0.97	1.55	15397.2	17998.6	0.40	6.45	7452.5									3046.37
	AD.14.37B	R	30.48	25.78	15.24					274.32	3.55	SS-2PL	229.2006825	0.97	1.55	15397.2	17998.6	0.40	6.45	7452.5									3864.61
	B.14.34	I	30.48	26.16	7.87	15.37	15.37	7.37	7.37	274.32	3.50	SS-2PL	185.6103687	0.97	1.16	16030.0	17928.3	0.57		8085.3									4132.23
	B.14.41	I	30.48	25.40	7.62	15.37	15.37	7.37	7.37	274.32	3.60	SS-2PL	203.1871081	0.97	1.55	16030.0	17928.3	0.81		8015.0									4463.35
	BD.14.18	I	30.48	25.68	7.26	15.11	15.11	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	441.5276952	0.97	1.55	15326.9	18139.2	0.82	2.70	8647.8									5624.55
	BD.14.19	I	30.48	25.91	7.37	15.11	15.11	7.37	7.37	274.32	3.53	SS-2PL	441.5276952	0.97	1.55	16030.0	17928.3	0.82	5.00	7874.4									5170.95
	BD.14.23	I	30.48	25.65	7.62	15.24	15.24	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	272.0879268	0.97	1.16	15397.2	17998.6	0.60	9.13	6960.4									2621.76
	BD.14.26	I	30.48	25.65	7.62	15.24	15.24	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	243.2620741	0.97	1.16	15397.2	17998.6	0.60	9.95	8155.6									2971.03
	BD.14.27	I	30.48	25.65	7.62	15.24	15.24	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	239.0436566	0.97	1.16	15397.2	17998.6	0.60	2.22	7804.1									4463.35
	BD.14.28	I	30.48	25.65	7.62	15.24	15.24	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	233.4191	0.97	1.16	15397.2	17998.6	0.60	1.53	8296.2									4626.64
	BD.14.34	I	30.48	25.96	7.62	15.37	15.37	7.37	7.37	274.32	3.52	SS-2PL	189.8287861	0.97	1.16	15397.2	17998.6	0.59	1.88	7733.8									4082.33
	BD.14.35	I	30.48	25.65	7.49	15.37	15.37	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	183.5011599	0.97	1.16	15397.2	17998.6	0.61	6.28	7593.2									3025.46

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük	
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d _{Aç1}	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	S _v	ρ _v	V _{test}	
		R/T/1	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(°)	(kgf/cm ²)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(cm)	%	(kgf)	
MacGregor (1960)	BD.14.42	I	30.48	25.65	7.37	15.24	15.24	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	201.780969	0.97	1.55	15397.2	17998.6	0.83	2.38	7522.8									4581.28
	BD.24.32	I	30.48	25.65	7.62	15.37	15.37	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	267.1664398	0.97	1.55	15397.2	17998.6	0.80	6.45	5694.9									4154.91
	BV.14.30	I	30.48	25.65	7.49	15.11	15.11	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	282.6339705	0.97	1.55	15397.2	17998.6	0.81	3.25	8647.8					0.26	2587.3	12.70	0.28	5669.90
	BV.14.32A	I	30.48	25.73	7.24	14.99	14.99	7.37	7.37	274.32	3.55	SS-2PL	267.1664398	0.97	1.55	16030.0	17928.3	0.84	3.25	7874.4					0.26	2587.3	11.43	0.32	5896.70
	BV.14.32B	I	30.48	25.73	7.24	14.99	14.99	7.37	7.37	274.32	3.55	SS-2PL	267.1664398	0.97	1.55	16030.0	17928.3	0.84	3.25	7874.4					0.26	2587.3	11.43	0.32	6581.63
	BW.14.34	I	30.48	25.65	7.37	14.99	14.99	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	250.2927699	0.97	1.55	15326.9	18139.2	0.81		8619.6					0.26	2390.4	26.67	0.13	5851.34
	BW.14.38	I	30.48	25.68	7.49	15.24	15.24	7.37	7.37	274.32	3.56	SS-2PL	218.6546388	0.97	1.55	15608.1	18772.0	0.81		8436.8					0.06	3058.4	6.35	0.19	5987.42
	BW.14.58	I	30.48	25.32	7.39	15.24	15.24	7.37	7.37	274.32	3.61	SS-2PL	222.5215215	0.97	2.39	17014.3	19685.9	1.26		7691.6					0.19	3023.2	12.70	0.20	6939.96
	BW.14.60	I	30.48	25.35	7.34	15.34	15.34	7.37	7.37	274.32	3.61	SS-2PL	212.6785474	0.97	2.39	17014.3	19685.9	1.27		7719.7					0.19	3023.2	12.70	0.20	6622.45
	BW.18.15	I	30.48	25.50	7.62	15.39	15.39	7.37	7.37	274.32	6.97	SS-2PL	536.0905534	0.97	1.55	15326.9	18139.2	0.79		7424.4					0.97	5589.4	88.90	0.14	3383.80
	C.13.23S	I	30.48	26.37	4.55	15.37	15.37	7.95	7.95	259.08	2.60	SS-2PL	262.2449527	0.97	1.16	16030.0	17928.3	0.97		8359.5									4535.92
	CD.13.24N	I	30.48	26.82	4.50	15.04	15.04	7.95	7.95	259.08	2.56	SS-2PL	258.0265352	0.97	1.16	16030.0	17928.3	0.97	3.40	8753.2									4717.36
	CD.13.25	I	30.48	26.57	4.62	15.42	15.42	7.95	7.95	259.08	2.58	SS-2PL	243.2620741	0.97	1.16	16030.0	17928.3	0.95	2.85	8310.3									4853.44
	CD.14.34	I	30.48	25.96	4.45	15.24	15.24	7.95	7.95	274.32	3.52	SS-2PL	179.985812	0.97	1.16	15397.2	17998.6	1.01	1.88	7382.2									2544.65
	CW.13.28	I	30.48	25.48	4.45	15.24	15.24	7.95	7.95	274.32	2.79	SS-2PL	304.4291274	0.97	1.55	15397.2	17998.6	1.38		8331.4					0.26	2587.3	6.35	0.95	8028.58
	CW.14.17	I	30.48	26.64	4.47	15.24	15.24	7.95	7.95	274.32	3.43	SS-2PL	220.7638476	0.97	0.77	15608.1	18772.0	0.66		8851.6					0.06	3058.4	12.70	0.16	3578.84
	CW.14.22	I	30.48	25.76	4.34	15.11	15.11	7.95	7.95	274.32	3.55	SS-2PL	327.6304235	0.97	1.55	15608.1	18772.0	1.40		8549.3					0.19	2510.0	6.35	0.67	6259.57
	CW.14.23	I	30.48	26.62	4.45	15.24	15.24	7.95	7.95	274.32	3.44	SS-2PL	189.1257166	0.97	0.77	15608.1	18772.0	0.66		8844.6					0.13	2587.3	12.70	0.24	3615.13
	CW.14.37	I	30.48	25.68	4.32	15.11	15.11	7.95	7.95	274.32	3.56	SS-2PL	227.7945434	0.97	1.55	15608.1	18772.0	1.41		8493.1					0.13	2587.3	6.35	0.49	5851.34
	CW.14.39	I	30.48	25.70	4.45	15.24	15.24	7.95	7.95	274.32	3.56	SS-2PL	211.6239431	0.97	1.55	15608.1	18772.0	1.37		8422.8					0.06	3058.4	6.35	0.33	4944.16
CW.14.47	I	30.48	25.76	4.32	15.24	15.24	7.95	7.95	274.32	3.55	SS-2PL	178.2281381	0.97	1.55	15608.1	18772.0	1.40		8352.5					0.39	2510.0	12.70	0.67	5443.11	
CW.14.50	I	30.48	25.78	4.45	15.24	15.24	7.95	7.95	274.32	3.55	SS-2PL	168.7366988	0.97	1.55	15608.1	18772.0	1.36		8542.3					0.52	2390.4	12.70	0.89	5488.47	
CW.14.51	I	30.48	25.20	4.57	15.32	15.32	7.95	7.95	274.32	3.63	SS-2PL	229.2006825	0.97	2.32	15326.9	18139.2	1.99		8148.6					0.26	2587.3	12.70	0.45	5851.34	
CW.14.54	I	30.48	25.30	4.52	15.24	15.24	7.95	7.95	274.32	3.61	SS-2PL	232.0129608	0.97	2.32	15326.9	18139.2	2.00		7551.0					2.19	2587.3	12.70	3.83	6078.14	
FW.14.06	TI	35.56	31.24	4.45	15.24	15.24	7.95	7.95	274.32	2.93	SS-2PL	274.9002051	0.97	1.55	15397.2	17998.6	1.12		8282.2					0.26	2587.3	6.35	0.95	8255.38	
Mahgoub (1975)	A1	I	30.00	26.01	7.49	19.99	19.99	4.37	4.37	325.12	3.00	SS-1PL	420.0137661		1.94	15903.4	16311.2	0.99		9364.9									8881.34
	A6	I	30.00	26.01	7.49	19.99	19.99	4.37	4.37	325.12	3.00	SS-1PL	481.1808194		1.94	15903.4	16311.2	0.99		9287.5									9525.44
	A12	I	30.00	26.01	7.49	19.99	19.99	4.37	4.37	325.12	3.50	SS-1PL	297.6796594		1.94	15903.4	16311.2	0.99		7417.4									6128.03
	B1	I	30.00	26.01	5.00	19.99	19.99	4.75	4.75	325.12	4.00	SS-1PL	377.6186705		1.94	15903.4	16311.2	1.48		6517.5									4535.92
	B10	I	30.00	26.01	5.00	19.99	19.99	4.75	4.75	325.12	3.50	SS-1PL	405.3196119		1.94	15903.4	16311.2	1.48		8289.2									5669.90
	C4	I	30.00	26.01	7.49	19.99	19.99	6.38	6.38	325.12	4.00	SS-1PL	433.0908602		1.94	15903.4	16311.2	0.99		9308.6									6799.35
	C11	I	30.00	26.01	7.49	19.99	19.99	6.38	6.38	325.12	4.00	SS-1PL	367.0023199		1.94	15903.4	16311.2	0.99		7129.1									5311.57
	D3	I	30.00	26.01	5.00	19.99	19.99	6.76	6.76	325.12	3.00	SS-1PL	434.7079203		1.94	15903.4	16311.2	1.48		7150.2									4649.32

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d _{Aç1}	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm²)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	%	(°)	(kgf/cm²)	(cm²)	(kgf/cm²)	%	(cm²)	(kgf/cm²)	(cm)	%	(kgf)
Mahgoub (1975)	D4	I	30.00	26.01	5.00	19.99	19.99	6.76	6.76	325.12	4.50	SS-1PL	420.0137661		1.94	15903.4	16311.2	1.48		6693.2								3683.17
	E1	I	30.00	26.01	7.49	19.99	19.99	8.38	8.38	325.12	3.00	SS-1PL	522.8025384		1.94	15903.4	16311.2	0.99		7199.4								7738.29
	E4	I	30.00	26.01	7.49	19.99	19.99	8.38	8.38	325.12	4.00	SS-1PL	407.7803554		1.94	15903.4	16311.2	0.99		8514.2								5892.16
	E6	I	30.00	26.01	7.49	19.99	19.99	8.38	8.38	325.12	3.00	SS-1PL	407.7803554		1.94	15903.4	16311.2	0.99		10391.4								9412.04
	F2	I	30.00	26.01	5.00	19.99	19.99	8.74	8.74	325.12	4.00	SS-1PL	402.0854918		1.94	15903.4	16311.2	1.48		7319.0								4191.19
	F5	I	30.00	26.01	5.00	19.99	19.99	8.74	8.74	325.12	4.50	SS-1PL	429.0130567		1.94	15903.4	16311.2	1.48		5195.7								3342.98
	G6	R	30.00	26.01	19.99					325.12	3.00	SS-1PL	405.3196119		1.94	15903.4	16311.2	0.37		8809.5								9992.64
Malone Ramierz (2000)	PC6N	TI	81.31	74.83	15.19	30.51	40.59	14.00	19.05	487.68	3.26	SS-1PL	494.4688344	0.94	8.65	18012.6	18961.8	0.76		11530.3	7.74	4232.5	0.68					36301.00
	PC6S	TI	81.31	74.83	15.19	30.51	40.59	14.00	19.05	487.68	3.26	SS-1PL	456.7139981	0.94	8.65	18012.6	18961.8	0.76		11537.4	7.74	4232.5	0.68	1.42	5125.4	50.80	0.18	53024.95
	PC10N	TI	81.31	74.75	15.19	30.51	40.59	14.00	19.05	487.68	3.26	SS-1PL	709.5378184	0.94	8.65	18012.6	18961.8	0.76		11481.1	15.29	4232.5	1.35					47418.55
	PC10S	TI	81.31	74.75	15.19	30.51	40.59	14.00	19.05	487.68	3.26	SS-1PL	709.5378184	0.94	8.65	18012.6	18961.8	0.76		11481.1	15.29	4232.5	1.35	1.42	5125.4	50.80	0.18	54453.76
Moayer Regan (1974)	P4	T	32.00	28.70	14.99	59.94		8.13		198.12	3.45	SS-1PL	407.7803554		1.10	18568.1	19545.3	0.25		2868.5	4.00	6538.5	0.93	0.65	2601.4	10.16	0.42	14469.60
	P8	T	32.00	27.18	14.99	59.94		8.13		198.12	3.64	SS-1PL	435.200069		2.97	18237.6	19193.8	0.73		11312.4	4.00	6538.5	0.98	0.45	3163.8	15.24	0.21	18189.05
	P9	T	32.00	27.18	14.99	59.94		8.13		299.72	5.51	SS-1PL	411.9987729		2.97	18237.6	19193.8	0.73		11312.4	4.00	6538.5	0.98	0.45	3163.8	22.86	0.14	12246.99
	P10	T	32.00	26.92	14.99	59.94		8.13		198.12	3.68	SS-1PL	423.9509557		2.97	18237.6	19193.8	0.74		11312.4	2.00	6538.5	0.50					16329.33
	P11	T	32.00	28.19	14.99	59.94		8.13		198.12	3.51	SS-1PL	397.2343117		1.48	18237.6	19193.8	0.35		11614.7	4.00	6538.5	0.95					11203.73
	P12	T	32.00	28.19	14.99	59.94		8.13		299.72	5.32	SS-1PL	430.9816515		1.48	18237.6	19193.8	0.35		11614.7	4.00	6538.5	0.95					6939.96
	P13	T	32.00	28.19	14.99	59.94		8.13		198.12	3.51	SS-1PL	401.4527292		1.48	18237.6	19193.8	0.35		11614.7	4.00	6538.5	0.95	0.45	3163.8	15.24	0.21	14288.16
	P14	T	32.00	28.19	14.99	59.94		8.13		299.72	5.32	SS-1PL	449.9645301		1.48	18237.6	19193.8	0.35		11614.7	4.00	6538.5	0.95	0.45	3163.8	22.86	0.14	9842.95
	P15	T	32.00	27.18	14.99	59.94		8.13		198.12	3.64	SS-1PL	449.9645301		2.97	18237.6	19193.8	0.73		11312.4	4.00	6538.5	0.98					16329.33
	P16	T	32.00	27.18	14.99	59.94		8.13		299.72	5.51	SS-1PL	435.200069		2.97	18237.6	19193.8	0.73		11312.4	4.00	6538.5	0.98					11475.89
	P17	T	32.00	26.92	14.99	59.94		8.13		299.72	5.57	SS-1PL	404.2650075		2.97	18237.6	19193.8	0.74		11312.4	2.00	6538.5	0.50					10795.50
	P18	T	32.00	26.92	14.99	59.94		8.13		198.12	3.68	SS-1PL	453.479878		2.97	18237.6	19193.8	0.74		11312.4	2.00	6538.5	0.50	0.45	3163.8	15.24	0.21	16329.33
	P19	T	32.00	26.92	14.99	59.94		8.13		299.72	5.57	SS-1PL	462.6197825		2.97	18237.6	19193.8	0.74		11312.4	2.00	6538.5	0.50	0.45	3163.8	22.86	0.14	11113.01
	P24	T	32.00	28.19	14.99	59.94		8.13		198.12	3.51	SS-1PL	442.9338343		1.48	18237.6	19193.8	0.35		11614.7	4.00	6538.5	0.95	0.65	2601.4	10.16	0.42	15059.27
	P25	T	32.00	28.19	14.99	59.94		8.13		299.72	5.32	SS-1PL	448.5583909		1.48	18237.6	19193.8	0.35		11614.7	4.00	6538.5	0.95	0.65	2601.4	15.24	0.28	10614.06
	P26	T	32.00	26.92	14.99	59.94		8.13		198.12	3.68	SS-1PL	482.3057307		2.97	18237.6	19193.8	0.74		11312.4	2.00	6538.5	0.50	0.65	2601.4	10.16	0.42	17327.23
	P27	T	32.00	26.92	14.99	59.94		8.13		299.72	5.57	SS-1PL	462.6197825		2.97	18237.6	19193.8	0.74		11312.4	2.00	6538.5	0.50	0.65	2601.4	15.24	0.28	11702.68
	P28	T	32.00	27.18	14.99	59.94		8.13		198.12	3.64	SS-1PL	457.6982955		2.97	18237.6	19193.8	0.73		11312.4	4.00	6538.5	0.98	0.65	2601.4	10.16	0.42	19776.63
	P29	T	32.00	27.18	14.99	59.94		8.13		299.72	5.51	SS-1PL	474.5719653		2.97	18237.6	19193.8	0.73		11312.4	4.00	6538.5	0.98	0.65	2601.4	15.24	0.28	13743.85
	P47	T	32.00	27.43	14.99	59.94		8.13		198.12	3.61	SS-1PL	433.7939298		2.97	18237.6	19193.8	0.72		11312.4	8.00	6538.5	1.94					16329.33
	P48	T	32.00	26.92	14.99	59.94		8.13		198.12	3.68	SS-1PL	419.7325382		2.97	18237.6	19193.8	0.74		10700.7	2.00	6538.5	0.50					14378.88
	P49	T	32.00	27.43	14.99	59.94		8.13		198.12	3.61	SS-1PL	385.2821289		2.97	18237.6	19193.8	0.72		11312.4	8.00	6538.5	1.94	0.65	2601.4	10.16	0.42	19368.39

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük	
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d_Aç1	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	s _v	ρ _v	V _{test}	
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm²)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	%	(°)	(kgf/cm²)	(cm²)	(kgf/cm²)	%	(cm²)	(kgf/cm²)	(cm)	%		(kgf)
Moayer Regan (1974)	P50	T	32.00	27.43	14.99	59.94		8.13		198.12	3.61	SS-1PL	419.7325382		2.97	18237.6	19193.8	0.72		11312.4	8.00	6538.5	1.94	1.10	2882.6	10.16	0.70		23450.73
Olesen (1967)	B1434	I	30.48	26.16	7.87	15.37	15.37	7.37	7.37	182.88	3.50	SS-PL	217.2484997	1.02	1.29	16030.0	17928.3	0.57		8085.3									4132.23
	B1441	I	30.48	25.40	7.62	15.37	15.37	7.37	7.37	182.88	3.60	SS-PL	210.9208735	1.02	1.29	16030.0	17928.3	0.81		8015.0									4463.35
	BD1418	I	30.48	25.68	7.26	15.11	15.11	7.37	7.37	182.88	3.56	SS-PL	449.2614605	1.02	1.29	15326.9	18139.2	0.82		8647.8									5624.55
	BD1419	I	30.48	25.91	7.37	15.11	15.11	7.37	7.37	182.88	3.53	SS-PL	472.4627566	1.02	1.29	16030.0	17928.3	0.82		7874.4									5170.95
	BD1423	I	30.48	25.65	7.62	15.24	15.24	7.37	7.37	182.88	3.56	SS-PL	295.9922925	1.02	1.29	15397.2	17998.6	0.60		6960.4									2621.76
	BD1426	I	30.48	25.65	7.62	15.24	15.24	7.37	7.37	182.88	3.56	SS-PL	222.1699867	1.02	1.29	15397.2	17998.6	0.60		8155.6									2971.03
	BD1427	I	30.48	25.65	7.62	15.24	15.24	7.37	7.37	182.88	3.56	SS-PL	270.6817876	1.02	1.29	15397.2	17998.6	0.60		7804.1									4463.35
	BD1434	I	30.48	25.96	7.62	15.37	15.37	7.37	7.37	182.88	3.52	SS-PL	191.2349253	1.02	1.29	15397.2	17998.6	0.59		7733.8									4082.33
	BD1435	I	30.48	25.65	7.49	15.37	15.37	7.37	7.37	182.88	3.56	SS-PL	183.5011599	1.02	1.29	15397.2	17998.6	0.61		7593.2									3025.46
	BD1442	I	30.48	25.65	7.37	15.24	15.24	7.37	7.37	182.88	3.56	SS-PL	209.5147343	1.02	1.29	15397.2	17998.6	0.83		7522.8									4581.28
BD2432	I	30.48	25.65	7.62	15.37	15.37	7.37	7.37	182.88	3.56	SS-PL	217.2484997	1.02	1.29	15397.2	17998.6	0.80		5694.9									4154.91	
Radogna (1962)	A1	I	35.00	30.96	5.00	19.99	16.00	6.25	7.75	200.66	3.23	SS-PL	562.0338209		1.94	12999.8	20248.4	1.28		11003.0									6871.92
	A2	I	35.00	30.96	5.00	19.99	16.00	6.25	7.75	200.66	3.23	SS-PL	591.0705945		1.94	12999.8	20248.4	1.28		11003.0									7257.48
	A3	I	35.00	30.96	5.00	19.99	16.00	6.25	7.75	200.66	3.23	SS-PL	582.0713039		1.94	12999.8	20248.4	1.28		11003.0									6753.99
Rangan (1991)	II-1	I	61.49	56.41	6.40	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.48	SS-2PL	458.7528998		2.77	17738.4	18673.5	0.77		11825.6	20.00	4640.3	5.54	0.58	4942.6	5.08	1.89		46996.71
	II-2	I	61.49	56.41	6.30	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.48	SS-2PL	321.1621834		2.77	17738.4	18673.5	0.78		11825.6	20.00	4640.3	5.63	1.03	4942.6	5.08	3.19		38627.93
	II-3	I	61.49	56.41	7.29	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.48	SS-2PL	454.6750963		2.77	17738.4	18673.5	0.68		11825.6	20.00	4640.3	4.86	0.58	4942.6	5.08	1.65		49886.09
	II-4	I	61.49	56.41	7.39	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.48	SS-2PL	438.3638821		2.77	17738.4	18673.5	0.67		11825.6	20.00	4640.3	4.79	1.03	4942.6	5.08	2.72		48883.65
	III-1	I	61.49	56.06	6.60	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.50	SS-2PL	407.7803554		4.00	17738.4	18673.5	1.08		11825.6	16.19	4640.3	4.38	0.58	4942.6	5.08	1.83		37525.70
	III-2	I	61.49	56.06	6.60	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.50	SS-2PL	377.1968288		4.00	17738.4	18673.5	1.08		11825.6	16.19	4640.3	4.38	1.03	4942.6	5.08	3.05		39820.87
	III-3	I	61.49	56.06	7.70	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.50	SS-2PL	397.5858465		4.00	17738.4	18673.5	0.92		11825.6	16.19	4640.3	3.75	0.58	4942.6	5.08	1.57		40433.22
	III-4	I	61.49	56.06	7.29	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.50	SS-2PL	377.1968288		4.00	17738.4	18673.5	0.97		11825.6	16.19	4640.3	3.96	1.03	4942.6	5.08	2.75		46193.85
	IV-1	I	61.49	53.54	6.20	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.62	SS-2PL	378.2514331		7.16	17738.4	18673.5	2.16		11825.6	3.29	4640.3	0.99	1.03	4942.6	5.08	3.24		38237.84
	IV-2	I	61.49	53.54	6.40	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.62	SS-2PL	336.4187932		7.16	17738.4	18673.5	2.09		11825.6	3.29	4640.3	0.96	0.58	4942.6	5.08	1.89		34445.80
	IV-3	I	61.49	53.54	7.19	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.62	SS-2PL	367.0023199		7.16	17738.4	18673.5	1.86		11825.6	3.29	4640.3	0.86	1.03	4942.6	5.08	2.79		47395.87
	IV-4	I	61.49	53.54	7.19	40.01	40.01	11.25	11.25	375.92	2.62	SS-2PL	292.6175585		7.16	17738.4	18673.5	1.86		11825.6	3.29	4640.3	0.86	0.58	4942.6	5.08	1.68		39829.95
Shahawy Batchelor (1996)	A1-00-M_N	TI	111.76	99.70	15.24	30.48	45.72	19.05	22.86	1219.20	2.60	SS-1PL	513.2407922		15.81	17928.3	18982.9	1.04		10827.3				2.58	4921.5	45.72	0.37		63956.52
	A1-00-M_S	TI	111.76	99.70	15.24	30.48	45.72	19.05	22.86	960.12	3.16	SS-1PL	513.2407922		15.81	17928.3	18982.9	1.04		10827.3				2.58	4921.5	45.72	0.37		76203.52
	A1-00-R/2_N	TI	111.76	99.70	15.24	30.48	45.72	19.05	22.86	1219.20	2.60	SS-1PL	499.1794006		15.81	17928.3	18982.9	1.04		10827.3				2.58	4921.5	40.64	0.42		75296.33
	A1-00-R/2_S	TI	111.76	99.70	15.24	30.48	45.72	19.05	22.86	960.12	3.16	SS-1PL	499.1794006		15.81	17928.3	18982.9	1.04		10827.3				2.58	4921.5	44.45	0.38		78471.48
	A1-00-R_N	TI	111.76	99.70	15.24	30.48	45.72	19.05	22.86	1219.20	2.60	SS-1PL	500.093391		15.81	17928.3	18982.9	1.04		10827.3				2.58	4921.5	20.32	0.83		95254.40

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük	
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pI}	d_Aç1	f _{se}	A _s	f _y	ρ _I	A _v	f _{vy}	S _v	ρ _V	V _{test}	
		R/T/I	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(°)	(kgf/cm ²)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(cm)	%	(kgf)	
Shahawy Batchelor (1996)	A1-00-3R/2_N	TI	111.76	99.70	15.24	30.48	45.72	19.05	22.86	1219.20	2.60	SS-1PL	534.4031865		15.81	17928.3	18982.9	1.04		10827.3					2.58	4921.5	13.46	1.25	93893.62
	B0-00-R_N	TI	111.76	99.70	15.24	30.48	45.72	19.05	22.86	1219.20	2.58	SS-1PL	523.7868358		16.19	17928.3	18982.9	1.06		10813.2					2.58	4921.5	20.32	0.83	99790.32
	B0-00-R_S	TI	111.76	99.70	15.24	30.48	45.72	19.05	22.86	960.12	3.14	SS-1PL	523.7868358		16.19	17928.3	18982.9	1.06		10813.2					2.58	4921.5	44.45	0.38	93440.03
Sozen (1957)	A.11.43	R	30.48	20.93	15.24					274.32	6.55	SS-1PL	437.3092777	3.81	2.84	14623.8	16873.7	0.76		8155.6									5511.15
	A.11.51	R	30.48	21.44	15.24					274.32	6.40	SS-1PL	203.8901777	3.81	1.61	15326.9	17436.1	0.43		8015.0									3143.40
	A.11.53	R	30.48	20.37	15.24					274.32	6.73	SS-1PL	306.5383361	3.81	2.39	15326.9	17436.1	0.65		8753.2									4222.94
	A.11.96	R	30.48	21.36	15.24					274.32	6.42	SS-1PL	203.8901777	3.81	3.03	15326.9	17436.1	0.81		8155.6									4263.77
	A.12.23	R	30.48	23.70	15.49					274.32	3.86	SS-2PL	397.2343117	3.81	1.61	15326.9	17436.1	0.43		8022.0									6096.28
	A.12.31	R	30.48	21.95	15.24					274.32	4.17	SS-2PL	407.7803554	0.97	2.00	15326.9	17436.1	0.54		8015.0									6023.71
	A.12.34	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	561.7525931	3.81	2.84	14623.8	16873.7	0.76		7733.8									7484.27
	A.12.36	R	30.48	23.34	15.49					274.32	3.92	SS-2PL	241.8559349	3.81	1.48	14483.2	17295.5	0.40		8008.0									4880.65
	A.12.42	R	30.48	21.08	15.24					274.32	4.34	SS-2PL	440.121556	3.81	2.84	14623.8	16873.7	0.76		7269.7									7039.75
	A.12.46	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	327.6304235	3.81	2.26	15326.9	16873.7	0.61		9238.3									6336.69
	A.12.53	R	30.48	21.84	15.24					274.32	4.19	SS-2PL	239.0436566	0.97	2.00	15010.5	17436.1	0.54		7614.2									5479.40
	A.12.56	R	30.48	21.82	15.24					274.32	4.19	SS-2PL	266.4633702	0.97	2.32	15326.9	17928.3	0.63		8472.0									5987.42
	A.12.69	R	30.48	20.62	15.49					274.32	4.43	SS-2PL	207.4055256	3.81	2.19	14623.8	17436.1	0.58		8155.6									5583.72
	A.12.73	R	30.48	21.44	15.24					274.32	4.27	SS-2PL	249.5897003	3.81	2.84	15010.5	16873.7	0.76		7333.0									6359.37
	A.12.81	R	30.48	22.00	15.24					274.32	4.16	SS-2PL	182.7980904	0.97	2.32	15326.9	17928.3	0.63		8429.8									5229.92
	A.14.39	R	30.48	21.21	15.24					213.36	2.87	SS-2PL	235.5283087	3.81	1.42	15326.9	17436.1	0.38		8225.9									6568.02
	A.14.44	R	30.48	21.59	15.24					213.36	2.82	SS-2PL	235.5283087	3.81	1.61	15326.9	17436.1	0.43		8296.2									7252.94
	A.14.55	R	30.48	21.67	15.24					213.36	2.81	SS-2PL	233.4191	3.81	2.00	15326.9	17436.1	0.54		8225.9									8223.63
	A.14.68	R	30.48	21.39	15.24					213.36	2.85	SS-2PL	171.5489771	3.81	1.81	15326.9	17436.1	0.49		8289.2									6776.67
	A.21.29	R	30.48	21.46	15.24					274.32	6.39	SS-1PL	235.5283087	3.81	1.03	15326.9	17436.1	0.27		4295.8									1814.37
	A.21.39	R	30.48	22.73	15.24					274.32	6.03	SS-1PL	220.060778	3.81	1.42	15326.9	17436.1	0.38		4141.1									2463.01
	A.21.51	R	30.48	20.62	15.24					274.32	6.65	SS-1PL	395.8281726	3.81	3.03	15326.9	17436.1	0.81		4155.1									3891.82
	A.22.20	R	30.48	21.46	15.24					274.32	4.26	SS-2PL	376.1422244	3.81	1.16	14623.8	16873.7	0.31		4302.8									3284.01
	A.22.24	R	30.48	22.35	15.24					274.32	4.09	SS-2PL	243.9651437	3.81	0.97	14623.8	16873.7	0.26		4141.1									3184.22
	A.22.27	R	30.48	21.29	15.24					274.32	4.30	SS-2PL	270.6817876	3.81	1.16	14623.8	16873.7	0.31		4218.4									3143.40
	A.22.28	R	30.48	22.23	15.49					274.32	4.11	SS-2PL	244.6682132	3.81	1.16	14623.8	16873.7	0.30		3466.1									2921.13
	A.22.31	R	30.48	20.47	15.24					274.32	4.47	SS-2PL	248.1835611	3.81	1.16	14623.8	16873.7	0.31		6285.4									3383.80
	A.22.34	R	30.48	21.11	15.24					274.32	4.33	SS-2PL	291.773875	3.81	1.48	14623.8	16873.7	0.41		4148.1									3120.72
A.22.36	R	30.48	21.21	15.24					274.32	4.31	SS-2PL	203.1871081	3.81	1.16	14623.8	16873.7	0.31		6187.0									3333.90	
A.22.39	R	30.48	22.35	15.24					274.32	4.09	SS-2PL	181.3919512	3.81	1.16	14623.8	16873.7	0.31		2538.1									2426.72	

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı						Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük	
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d_Aç1	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	S _v	ρ _v	V _{test}	
		R/T/1	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(°)	(kgf/cm ²)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(cm)	%	(kgf)	
Sozen (1957)	A.22.40	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	407.0772858	3.81	2.45	14623.8	16873.7	0.66		5062.1									5987.42
	A.22.49	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	334.6611193	3.81	2.45	14623.8	16873.7	0.66		3993.4									5202.70
	A.32.22	R	30.48	23.83	15.24					274.32	3.84	SS-2PL	301.6168491	3.81	1.16	14623.8	16873.7	0.31		1687.4									3184.22
	A.32.27	R	30.48	23.27	15.24					274.32	3.93	SS-2PL	196.8594819	3.81	1.16	14623.8	16873.7	0.31		703.1									2830.42
	A.32.37	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	430.2785819	3.81	2.45	14623.8	16873.7	0.66		351.5									3973.47
	A.32.49	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	334.6611193	3.81	2.45	14623.8	16873.7	0.66		2390.4									4740.04
	B.11.20	R	30.48	25.93	7.49	15.04	15.04	6.73	6.73	274.32	5.29	SS-1PL	318.1389842	0.97	1.16	16592.4	18631.3	0.59		8682.9									3107.11
	B.11.29	R	30.48	25.40	7.49	15.11	15.11	6.73	6.73	274.32	5.40	SS-1PL	294.5861533	0.97	1.55	13991.1	17647.0	0.81		8718.1									3887.29
	B.11.40	R	30.48	25.40	7.49	15.11	15.11	6.73	6.73	274.32	5.40	SS-1PL	316.3813102	0.97	2.32	13991.1	17647.0	1.22		8225.9									4694.68
	B.12.10	R	30.48	28.22	7.77	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	3.24	SS-2PL	393.7189638	0.97	0.77	15010.5	17928.3	0.36		8647.8									3569.77
	B.12.12	R	30.48	28.27	7.62	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	3.23	SS-2PL	321.3027973	0.97	0.77	15010.5	17928.3	0.36		8788.4									3823.78
	B.12.14	R	30.48	28.30	7.62	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	3.23	SS-2PL	270.6817876	0.97	0.77	15010.5	17928.3	0.36		8647.8									3796.57
	B.12.19	R	30.48	28.17	7.57	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	3.25	SS-2PL	414.1079816	0.97	0.77	15010.5	17928.3	0.37		8591.5									3896.36
	B.12.26	R	30.48	28.09	7.70	15.60	15.60	6.73	6.73	274.32	3.58	SS-2PL	313.5690319	0.97	1.48	14905.1	17576.7	0.76		7733.8									5284.35
	B.12.29	R	30.48	24.79	7.62	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	3.69	SS-2PL	293.8830837	0.97	1.55	16592.4	18631.3	0.81		8556.4									5692.58
	B.12.34	R	30.48	25.86	7.82	15.72	15.72	6.73	6.73	274.32	3.54	SS-2PL	339.2310715	0.97	2.26	14905.1	17576.7	1.11		7551.0									6522.66
	B.12.35	R	30.48	25.37	7.82	16.00	16.00	6.73	6.73	274.32	3.60	SS-2PL	225.6853346	0.97	1.55	16592.4	18631.3	0.77		8507.1									5166.42
	B.12.50	R	30.48	25.91	7.52	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	3.53	SS-2PL	207.4055256	0.97	1.94	13991.1	17647.0	0.99		8155.6									5184.56
	B.12.61	R	30.48	25.15	7.62	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	3.64	SS-2PL	209.5147343	0.97	2.32	13991.1	17647.0	1.21		8050.1									5411.36
	B.13.07	R	30.48	28.02	7.52	15.29	15.29	6.73	6.73	274.32	2.54	SS-2PL	601.827559	0.97	0.77	15010.5	17928.3	0.37		8929.0									5325.17
	B.13.16	R	30.48	26.37	7.62	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	2.70	SS-2PL	389.5005464	0.97	1.16	13991.1	17647.0	0.57		8823.5									5987.42
	B.13.26	R	30.48	25.48	7.47	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	2.79	SS-2PL	323.412006	0.97	1.55	13991.1	17647.0	0.81		8718.1									6545.34
	B.13.41	R	30.48	25.50	7.37	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	2.79	SS-2PL	303.7260578	0.97	2.32	13991.1	17647.0	1.23		8331.4									7175.83
	B.21.26	R	30.48	25.93	7.52	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	5.29	SS-1PL	314.2721015	0.97	1.55	16592.4	18631.3	0.79		4380.1									2789.59
	B.22.09	R	30.48	28.12	7.52	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	3.25	SS-2PL	444.3399735	0.97	0.77	16592.4	18631.3	0.36		4464.5									3197.83
	B.22.23	R	30.48	25.48	7.62	15.37	15.37	6.73	6.73	274.32	3.59	SS-2PL	359.9716241	0.97	1.55	16592.4	18631.3	0.79		3888.0									4218.41
	B.22.30	R	30.48	25.78	7.90	15.62	15.62	6.73	6.73	274.32	3.55	SS-2PL	194.7502732	0.97	1.16	14905.1	17576.7	0.55		3986.4									3401.94
	B.22.41	R	30.48	25.45	8.03	15.88	15.88	6.73	6.73	274.32	3.59	SS-2PL	190.5318557	0.97	1.48	14905.1	17576.7	0.74		3599.7									3946.25
	B.22.65	R	30.48	25.27	7.92	15.75	15.75	6.73	6.73	274.32	3.62	SS-2PL	123.0371762	0.97	1.48	14905.1	17576.7	0.75		4211.4									2472.08
	B.22.68	R	30.48	25.15	7.62	15.24	15.24	6.73	6.73	274.32	3.64	SS-2PL	187.7195774	0.97	2.32	13991.1	17647.0	1.21		4148.1									4281.91
C.12.09	R	30.48	28.04	4.45	15.24	15.24	6.99	6.99	274.32	3.26	SS-2PL	454.1829476	0.97	0.77	15010.5	17928.3	0.63		8858.7									3773.89	
C.12.18	R	30.48	24.61	4.45	15.24	15.24	6.99	6.99	274.32	3.72	SS-2PL	373.3299461	0.97	1.23	15326.9	17436.1	1.10		7993.9									4105.01	
C.12.19	R	30.48	25.68	4.55	15.24	15.24	6.99	6.99	274.32	3.56	SS-2PL	424.6540253	0.97	1.48	14905.1	17576.7	1.29		7811.1									5066.63	

Referans Bilgileri		Enkesit Boyutları ve Yükleme Geometrisi											Beton		Öngerme Donatısı							Boyuna Donatı			Kesme Donatısı				Yük
Müellif (Yıl)	Eleman Adı	Şekil	h	d	b _w	b _{üst}	b _{alt}	t _{üst}	t _{alt}	L	a/d	Yükleme	f _c	max. Agr.	A _{ps}	f _{py}	f _{pu}	ρ _{pl}	d_Aç1	f _{se}	A _s	f _y	ρ _l	A _v	f _{vy}	S _v	ρ _v	V _{test}	
		R/T/1	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(-)	Geometri	kgf/cm2	(cm)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(°)	(kgf/cm ²)	(cm ²)	(kgf/cm ²)	%	(cm ²)	(kgf/cm ²)	(cm)	%	(kgf)	
Sozen (1957)	C.12.32	R	30.48	25.04	4.72	15.67	15.67	6.99	6.99	274.32	3.65	SS-2PL	254.5111873	0.97	1.48	14623.8	16873.7	1.27		7241.6									3696.78
	C.12.33	R	30.48	25.60	4.78	15.52	15.52	6.99	6.99	274.32	3.57	SS-2PL	384.5790593	0.97	2.39	15326.9	17436.1	1.97		8113.4									5783.30
	C.12.40	R	30.48	24.61	4.45	15.49	15.49	6.99	6.99	274.32	3.72	SS-2PL	168.0336292	0.97	1.23	15326.9	17436.1	1.10		8120.5									2744.23
	C.12.44	R	30.48	24.13	4.45	15.75	15.75	6.99	6.99	274.32	3.79	SS-2PL	203.1871081	0.97	1.61	15326.9	17436.1	1.48		7108.0									2916.60
	C.12.50	R	30.48	25.40	4.57	15.24	15.24	6.99	6.99	274.32	3.60	SS-2PL	212.3270126	0.97	1.94	13991.1	17647.0	1.66		8204.8									4105.01
	C.12.57	R	30.48	25.17	4.65	15.49	15.49	6.99	6.99	274.32	3.63	SS-2PL	217.9515693	0.97	2.32	13991.1	17647.0	1.98		8225.9									5896.70
	C.22.29	R	30.48	26.42	4.67	15.72	15.72	6.99	6.99	274.32	3.46	SS-2PL	175.064325	0.97	0.77	14623.8	16873.7	0.61		4218.4									2100.13
	C.22.31	R	30.48	27.64	4.50	15.24	15.24	6.99	6.99	274.32	3.31	SS-2PL	189.8287861	0.97	1.16	15010.5	17928.3	0.94		4359.0									2812.27
	C.22.36	R	30.48	25.98	4.72	15.42	15.42	6.99	6.99	274.32	3.52	SS-2PL	232.0129608	0.97	1.55	15010.5	17928.3	1.27		4218.4									2472.08
	C.22.39	R	30.48	25.86	4.70	15.62	15.62	6.99	6.99	274.32	3.54	SS-2PL	151.1599593	0.97	1.16	14623.8	16873.7	0.93		3831.7									1637.47
	C.22.40	R	30.48	25.02	4.45	15.75	15.75	6.99	6.99	274.32	3.65	SS-2PL	324.8181452	0.97	2.39	15326.9	17436.1	2.16		6243.3									4082.33
	C.22.46	R	30.48	25.68	4.55	15.37	15.37	6.99	6.99	274.32	3.56	SS-2PL	222.1699867	0.97	1.94	13991.1	17647.0	1.65		4056.7									2898.46
C.22.62	R	30.48	22.86	4.80	15.49	15.49	6.99	6.99	274.32	4.00	SS-2PL	144.8323331	0.97	1.48	14623.8	16873.7	1.28		3817.7									2326.93	
C.22.73	R	30.48	25.17	4.45	15.24	15.24	6.99	6.99	274.32	3.63	SS-2PL	204.5932473	0.97	2.71	13991.1	17647.0	2.42		3888.0									3025.46	
Zwoyer (1953)	S-1	R	30.48	23.27	15.24					274.32	3.93	SS-2PL	254.5111873	2.54	1.16	14623.8	16873.7	0.31		703.1									2830.42
	S-3	R	30.48	23.83	15.24					274.32	3.84	SS-2PL	301.6168491	2.54	1.16	14623.8	16873.7	0.31		1687.4									3184.22
	S-4	R	30.48	20.32	15.24					274.32	4.50	SS-2PL	216.8969649	2.54	2.84	14623.8	16873.7	0.76		8155.6									4876.12
	S-5	R	30.48	21.08	15.24					274.32	4.34	SS-2PL	440.121556	2.54	2.84	14623.8	16873.7	0.76		7269.7									7039.75
	S-6	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	561.7525931	2.54	2.84	14623.8	16873.7	0.76		7733.8									7484.27
	S-7	R	30.48	21.44	15.24					274.32	4.27	SS-2PL	249.5897003	2.54	2.84	14623.8	16873.7	0.76		7333.0									6359.37
	S-8	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	430.2785819	2.54	2.45	14623.8	16873.7	0.65		351.5									3973.47
	S-9	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	334.6611193	2.54	2.45	14623.8	16873.7	0.66		3993.4									5202.70
	S-10	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	407.0772858	2.54	2.45	14623.8	16873.7	0.66		5062.1									5987.42
	S-11	R	30.48	22.35	15.24					274.32	4.09	SS-2PL	181.3919512	2.54	1.16	14623.8	16873.7	0.31		2538.1									2426.72
	S-12	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	334.6611193	2.54	2.45	14623.8	16873.7	0.66		2137.3									4740.04
	S-14	R	30.48	20.83	15.24					274.32	4.39	SS-2PL	327.6304235	2.54	2.26	14623.8	16873.7	0.61		9238.3									6336.69
	S-15	R	30.48	21.23	15.24					274.32	4.31	SS-2PL	203.1871081	2.54	1.16	14623.8	16873.7	0.31		6187.0									3333.90
	S-16	R	30.48	20.40	15.24					274.32	4.47	SS-2PL	248.1835611	2.54	1.16	14623.8	16873.7	0.31		6285.4									3383.80
	S-18	R	30.48	21.11	15.24					274.32	4.33	SS-2PL	291.773875	2.54	1.48	14623.8	16873.7	0.41		4148.1									3120.72
	S-19	R	30.48	21.29	15.24					274.32	4.30	SS-2PL	270.6817876	2.54	1.16	14623.8	16873.7	0.31		4218.4									3143.40
	S-20	R	30.48	21.46	15.24					274.32	4.26	SS-2PL	376.1422244	2.54	1.16	14623.8	16873.7	0.31		4302.8									3284.01
S-22	R	30.48	20.62	15.24					274.32	6.65	SS-1PL	395.8281726	2.54	3.03	15326.9	17436.1	0.81		4155.1									3891.82	
S-23	R	30.48	20.37	15.24					274.32	6.73	SS-1PL	306.5383361	2.54	2.39	15326.9	17436.1	0.65		8753.2									4222.94	

[illegible]

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Said SERTKAYA
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Malatya – 1988
Telefon : 0(534) 644 42 62
Faks :
e-mail : mssertkaya@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: 20 Mayıs Vakfı Turgut Özal Lisesi, Malatya	2006
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi – Mühendislik-Mimarlık Fakültesi – İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya	2010
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü – İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya	2017
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010-2013	Arme Beton Prefabrik Ltd. Şti.	Prefabrik Yapı Md.
2014-2015	Kam Ankara Beton A.Ş.	Planlama Şefi
2015-2016	SPC Madencilik İnşaat A.Ş.	Fabrika Müdürü
2016-2017	Betonel Prefabrik Beton Eleman. A.Ş.	Proje Kontrol Müh.
2017-...	Betonel Prefabrik Beton Eleman. A.Ş.	Fabrika Müdürü

UZMANLIK ALANI

Yerinde dökme betonarme yapılar, Betonarme prefabrike yapılar, Öngerilmeli beton uygulamaları, Fabrikasyon imalatlar, Saha uygulamaları.

YABANCI DİLLER

İngilizce – Upper Intermediate

YAYINLAR

SERTKAYA M.S., AKSOYLU C., ARSLAN M.H., 2017, “Determination of Shear Capacity of Rectangular Reinforced Concrete Beams Having Stirrups by Using Experimental Database”, International Advanced Researches & Engineering Congress - 2017 (IAREC’17), Osmaniye-Turkey, Paper ID: 928 (Kabul Edildi.)