



T.C.

**RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PAS PAYI YÜKSEKLİĞİNİN KİRİŞLİ BETONARME
DÖŞEME HESAPLARINA ETKİSİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Muhammet ZEYTİN

**Danışman
Doç. Dr. Murat YAYLACI**

**RİZE
2023**

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında, Doç. Dr. Murat YAYLACI danışmanlığında, Muhammet ZEYTİN tarafından hazırlanan *Pas Payı Yüksekliğinin Kirişli Betonarme Döşeme Hesaplarına Etkisi* adlı bu tez çalışması, 02/06/2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliğiyle / ~~oy çokluğuyla~~ başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı, Adı SOYADI

İmza

Başkan : Doç. Dr. Murat YAYLACI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Muhittin TURAN

ETİK BEYAN

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim " Pas Payı Yüksekliğinin Kirişli Betonarme Döşeme Hesaplarına Etkisi " adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve/veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılabacak bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

02/06/2023

Muhammet ZEYTİN

ÖN SÖZ

Bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Pas Payı Yüksekliğinin Kirişli Betonarme Döşeme Hesaplarına Etkisi, konulu tez çalışmamdaki sürecin her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, her danıştığım bana değerli zamanlarını ayıran ve her sorun yaşadığımda yanlarına çekinmeden gidebildiğim, hem lisans hem de yüksek lisans öğrencisi olmaktan ve kendileri ile çalışmaktan onur duyduğum danışman hocam Sayın Doç. Dr. Murat YAYLACI' ya minnet ve şükranlarımı sunarım.

Tez savunma sınavı jüri üyeliğini kabul eden ve bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ' e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Muhittin TURAN' a teşekkür ederim.

Yapımını, denetlemesini üstlendiğim inşaatlarda ve şantiye stajı yaptığım projelerde uygulamadaki donatı montajı esnasında kullanılan beton örtüsü üzerine yerleştirilen şablon donatılarının hesaplamalara dahil edilmediğini fark ederek tezimin konusunu seçmiş oldum.

Öğrenim hayatım boyunca bana emeği geçen tüm hocalarımı saygıyla anar, kendilerine minnettar olduğumu ve emeklerinin karşılıklarını iş hayatımda bana öğrettiklerini hakkıyla sergileyerek ödemeye çalışacağımı belirtmek isterim.

Öğrenim hayatım süresince maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan başta annem Cemile ZEYTİN'e babam Hasan ZEYTİN'e eşim Semra ZEYTİN'e kardeşim İsmail ZEYTİN'e ve bana tez çalışmamda kaynak bulmada yardımcı olan tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Muhammet ZEYTİN

2023/RİZE

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN	II
ÖN SÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
KISALTMALAR	X
TABLolar LİSTESİ	XII
ŞEKİLLER LİSTESİ	XIV
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2. BETONARMEDE PAS PAYININ YERİ	7
2.1. Betonarme Tanım	7
2.2. Betonarme Tarihi	9
2.3. Beton	11
2.3.2. Beton Katkı Maddeleri	11
2.3.2.1. Akışkanlaştırıcı ve Süper Akışkanlaştırıcı	12
2.3.2.2. Priz Hızlandırıcılar	12
2.3.2.3. Hava Sürükleyici Katkı Maddeleri	13
2.4. Beton Örtüsü (Pas Payı)	14
2.4.1. Pas payı Tanımı	14
2.4.2. Ayırıcılar (Pas Payları)	15
2.4.3. Ayırıcı Çeşitleri	15
2.4.3.1. Plastik Ayırıcılar	15
2.4.3.2. Çimentolu Ayırıcılar	16
2.4.3.3. Çelik Ayırıcılar	17
2.5. Korozyon	17
2.6. Statik Analiz Programları	18
2.6.1. ProtaStructure	19
2.7. Elle Statik Analiz Hesabı Yapılabilmesi İçin Kullanılacak Tablolar	19

2.7.1. Yoğunluk Değeri.....	19
2.7.2. Hesap Değerleri	20
2.7.3. Beton Örtüsü.....	22
2.7.4. Donatı Çeliklerinin Mekanik Özellikleri.....	22
2.7.5. Beton Sınıfları ve Dayanımları.....	24
2.7.6. Donatı Çeliği Enkesit Alanı.....	25
2.7.7. Yüzeysel Yoğunluk Değeri.....	26
2.7.8. Moment Katsayıları	26
2.7.9. Yük Dağıtma Katsayıları.....	27
2.7.10. Boyut ve Donatı Sınır Değerleri	28
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	30
3.1. Yapılan Çalışmalar Ön Bilgi	30
3.2. Tip 1 Döşeme Türleri İçin Hesaplar.....	31
3.2.1. Tip 1-A Döşemesi İçin Döşeme Kalınlığı Hesabı	31
3.2.2. Tip 1-A ve Tip 1-B Döşemeleri İçin Hesap Yükünün Bulunması.....	33
3.2.3. Tip 1-A Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	33
3.2.3.1. Tip 1-A Döşemesi İçin Kesme Dayanım Kontrolü.....	33
3.2.3.2. Tip 1-A Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı	34
3.2.3.3. Tip 1-A Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı.....	35
3.2.3.4. Tip 1-A Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı	37
3.2.3.5. Tip 1-A Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı.....	37
3.2.4. Tip 1-B Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	40
3.2.4.1. Tip 1-B Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü.....	40
3.2.4.2. Tip 1-B Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı	40
3.2.4.3. Tip 1-B Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı.....	41
3.2.4.4. Tip 1-B Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı	43
3.2.4.5. Tip 1-B Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı.....	44
3.2.5. Tip 1-C Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	47
3.3. Tip 2 Döşeme Türleri İçin Hesaplar.....	53
3.3.1. Tip 2-A ve Tip 2-B Döşemeleri İçin Hesap Yükünün Bulunması.....	53
3.3.2. Tip 2-A Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	53
3.3.2.1. Tip 2-A Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü.....	53

3.3.2.2. Tip 2-A Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı	54
3.3.2.3. Tip 2-A Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı	54
3.3.2.4. Tip 2-A Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı	56
3.3.2.5. Tip 2-A Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı	57
3.3.3. Tip 2-B Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	60
3.3.3.1. Tip 2-B Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü	60
3.3.3.2. Tip 2-B Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı	60
3.3.3.3. Tip 2-B Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı	61
3.3.3.4. Tip 2-B Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı	63
3.3.3.5. Tip 2-B Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı	64
3.3.4. Tip 2-C Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	67
3.4. Tip 3 Döşeme Türleri İçin Hesaplar	72
3.4.1. Tip 3-A ve Tip 3-B Döşemeleri İçin Hesap Yükünün Bulunması	72
3.4.2. Tip 3-A Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	72
3.4.2.1. Tip 3-A Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü	72
3.4.2.2. Tip 3-A Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı	73
3.4.2.3. Tip 3-A Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı	73
3.4.2.4. Tip 3-A Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı	75
3.4.2.5. Tip 3-A Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı	76
3.4.3. Tip 3-B Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	79
3.4.3.1. Tip 3-B Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü	79
3.4.3.2. Tip 3-B Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı	79
3.4.3.3. Tip 3-B Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı	80
3.4.3.4. Tip 3-B Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı	82
3.4.3.5. Tip 3-B Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı	83
3.4.4. Tip 3-C Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	86
3.5. Tip 4 Döşeme Türleri İçin Hesaplar	91
3.5.1. Tip 4-A ve Tip 4-B Döşemeleri İçin Hesap Yükünün Bulunması	91
3.5.2. Tip 4-A Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	91
3.5.2.1. Tip 4-A Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü	91
3.5.2.2. Tip 4-A Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı	92
3.5.2.3. Tip 4-A Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı	92

3.5.2.4. Tip 4-A Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı	95
3.5.2.5. Tip 4-A Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı	95
3.5.3. Tip 4-B Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	98
3.5.3.1. Tip 4-B Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü	98
3.5.3.2. Tip 4-B Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı	98
3.5.3.3. Tip 4-B Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı	99
3.5.3.4. Tip 4-B Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı	101
3.5.3.5. Tip 4-B Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı	102
3.5.4. Tip 4-C Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları	105
4. BULGULAR	110
4.1. Farklı Döşeme Kalınlığına Sahip Aynı Çözüm Uygulanan Döşeme Tiplerinin Grafikleri	110
4.1.1. A Tipi Döşemelerin Donatı Alanları Grafikleri	110
4.1.2. B Tipi Döşemelerin Donatı Alanları Grafikleri	112
4.1.3. C Tipi Döşemelerin Donatı Alanları Grafikleri	114
4.2. Aynı Döşeme Kalınlığına Sahip Farklı Çözüm Uygulanan Döşeme Tiplerinin Grafikleri	116
4.3. Donatı Tabloları	123
4.3.1. Tip 1 Döşemeleri Donatı Tabloları	123
4.3.2. Tip 2 Döşemeleri Donatı Tabloları	124
4.3.3. Tip 3 Döşemeleri Donatı Tabloları	125
4.3.4. Tip 4 Döşemeleri Donatı Tabloları	126
5. SONUÇ	127
KAYNAKÇA	129

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ana Bilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Tez Türü : Yüksek Lisans

Danışman : Doç. Dr. Murat YAYLACI

Hazırlayan : Muhammet ZEYTİN

Yıl : 2023

Sayfa Sayısı : 133

ÖZET

PAS PAYI YÜKSEKLİĞİNİN KİRİŞLİ BETONARME DÖŞEME HESAPLARINA ETKİSİ

Bu çalışmada, beton örtüsünün hesap üzerindeki önemi ve dolaylı yoldan beton örtüsünün yüksekliğinin değişimi ile hesaplamalara etkisi incelenmiştir. Yapılan bu tez çalışmasında betonarme bina inşaatlarında döşeme donatı montajı yapılırken uygulanan ancak statik hesaplamalar çözümlenirken hesaplamalara dahil edilmeyen şablon donatıları gözlemlenmiştir. Şablon donatısının döşeme donatı hesabı yapılırken faydalı yükseklik parametresini değiştireceği için açıklık ve mesnet momentlerinde değişimler olacağı tahmin edilmiştir. Dolayısıyla döşeme için belirlenen donatılarda da değişim olacaktır. Bu durumun farklı döşeme kalınlıklarında statik hesaplamalara etkisini hem el ile çözüm yapılarak hem de Prota Structure statik analiz programı yardımı ile oluşan farklı sonuçların yorumlaması yapılmıştır. Birinci bölümde betonarme ile ilgili genel bilgiler verilmiştir, beton örtüsünün tarihçesinden bahsedilip önemine değinilmiştir bununla birlikte beton örtüsünün (pas payı) korozyon ile ilişkisi teorik olarak araştırılmıştır. İkinci bölümde; belirlenen döşeme kalınlıklarında hesaplamalar yapılmıştır. Üçüncü bölümde ise ikinci bölümde elde edilen sonuçlar bulgular kısmında grafikler ve tablolar ile gösterilmiştir. Dördüncü bölüm olan son bölümde ise veriler tartışmalar ve sonuçlar kısmında yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pas payı, Şablon Donatısı, Açıklık Donatısı, Mesnet Donatısı

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Civil Engineering

Thesis Type : Master Thesis

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Murat YAYLACI

Author : Muhammet ZEYTİN

Year : 2023

Pages : 133

ABSTRACT

THE EFFECT OF CONCRETE COATING HEIGHT ON BEAM CONCRETE FLOORING ACCOUNTS

In this study, the importance of the concrete cover on the calculation and indirectly the change in the height of the concrete cover and its effect on the calculations were examined. In this thesis study, it was observed that the template reinforcements, which are applied during the installation of flooring reinforcement in reinforced concrete building constructions, but not included in the calculations when solving the static calculations. Since the template reinforcement will change the useful height parameter while calculating the slab reinforcement, it is estimated that there will be changes in the span and support moments. Therefore, there will be a change in the reinforcements determined for flooring. The effect of this situation on static calculations in different floor thicknesses was made by making a manual solution and the interpretation of the different results created with the help of Prota Structure static analysis program. In the first chapter, general information about reinforced concrete is given, the history of the concrete cover is mentioned and its importance is mentioned. In the second part; Calculations were made at the determined floor thicknesses. In the third part, the results obtained in the second part are shown with graphs and tables in the findings part. In the last section, which is the fourth section, the data are interpreted in the discussions and results section.

Keywords: Concrete Cover, Template Rebar, Oppennes Rebar, Support Rebar

KISALTMALAR

A_s	:	Boyuna çekme donatısı alanı
$A_{\emptyset}$	:	Çekme donatısının bir çubuğunun kesit alanı
B	:	Etkili tabla genişliği, betonarme hesaplarda kesit genişliği; kolonun eğilme doğrultusuna dik boyutu
C	:	Karışımındaki çimento miktarı; burulma katsayısı
C_c	:	Net beton örtüsü
d	:	Faydalı yükseklik
d_k	:	Hesaplanan ilk faydalı yükseklik
d_u	:	Hesaplanan ilk faydalı yükseklikten donatı çapı çıkartılarak elde edilen yeni faydalı yükseklik
f_{cd}	:	Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ctd}	:	Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ctk}	:	Betonun karakteristik çekme dayanımı
f_{yd}	:	Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
g	:	Kalıcı sabit yük
h_f	:	Döşeme kalınlığı
l_l	:	Döşemenin uzun kenar doğrultusunda mesnet ortaları arasında kalan döşeme (akstan aksa) açıklığı
l_s	:	Döşemenin kısa kenar doğrultusunda mesnet ortaları arasında kalan döşeme (akstan aksa) açıklığı
l_{sn}	:	Döşemenin kısa kenar doğrultusunda serbest açıklığı
M_d	:	Tasarım momenti
m	:	Döşeme uzun kenarın kısa kenara oranı
P_d	:	Tasarım yayılı yükü
S_l	:	Döşemeye uzun kenar doğrultusunda yerleştirilen donatının aralığı
S_s	:	Döşemeye kısa kenar doğrultusunda yerleştirilen donatının aralığı
V_{cr}	:	Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_d	:	Tasarım kesme kuvveti
q	:	Hareketli yük katsayısı
α	:	İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde moment katsayısı

α_s	:	Sürekli kenar uzunluklarının, toplam kenar uzunluğuna oranı
γ	:	Birim ağırlık
γ_{mc}	:	Beton için malzeme katsayısı
δ	:	Zamana bağlı ek sehim
ρ_{min}	:	Minimum donatı oranı
ρ_l	:	Döşemenin uzun kenar doğrultusu için donatı oranı
ρ_s	:	Döşemenin kısa kenar doğrultusu için donatı oranı
$\emptyset$	:	Donatı çapı
X_k	:	Kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayısı



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Bazı malzemeler için yoğunluk değerleri	20
Tablo 2. Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri.	21
Tablo 3. En Dış Donatının Dış Yüzünden Ölçülen Gerekli Beton Örtüsü.....	22
Tablo 4. Donatı Çeliklerinin Mekanik Özellikleri	23
Tablo 5. Donatı Çeliğinin Mekanik özellikleri.....	24
Tablo 6. Beton Sınıfları ve Dayanımları	25
Tablo 7. Betonarmede kullanılan nervürlü çelik çubukların geometrik özellikleri... 26	
Tablo 8. Yapılarda kullanılan bazı malzemeler için yüzeysel yoğunluk değerleri	26
Tablo 9. İki doğrultuda çalışan kirişli döşemeler için moment katsayıları.	27
Tablo 10. İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde kısa kenar doğrultusu için yük dağıtma katsayısı (X_k).	28
Tablo 11. İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin boyut ve donatıları için sınırlar.	29
Tablo 12. Tip 1-C Döşemesi Yük Raporu Tablosu.....	48
Tablo 13. Tip 1-C Döşemesi Yük Parametreleri Tablosu	48
Tablo 14. Tip 1-C Döşemesi Döşeme Kalınlık Kontrolü Tablosu	48
Tablo 15. Döşeme Tipleri Tanımları.....	49
Tablo 16. Döşeme kalınlığı formüllerinde kullanılan sembollerin açıklamaları.	49
Tablo 17. Döşemedeki sonuç değerleri için kullanılan kısaltmaların tanımları.	49
Tablo 18. Tip 1-C için hesap aksı X yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.	50
Tablo 19. Tip 1-C için hesap aksı Y yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.....	51
Tablo 20. Tip 2-C Döşemesi Yük Raporu Tablosu.....	68
Tablo 21. Tip 2-C Döşemesi Yük Parametreleri Tablosu	68
Tablo 22. Tip 2-C Döşemesi Döşeme Kalınlık Kontrolü Tablosu	68
Tablo 23. Tip 2-C için hesap aksı X yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.	69
Tablo 24. Tip 2-C için hesap aksı Y yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.....	70
Tablo 25. Tip 3-C Döşemesi Yük Raporu Tablosu.....	87
Tablo 26. Tip 3-C Döşemesi Yük Parametreleri Tablosu.....	87
Tablo 27. Tip 3-C Döşemesi Döşeme Kalınlık Kontrolü Tablosu	87
Tablo 28. Tip 3-C için hesap aksı X yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.	88

Tablo 29. Tip 3-C için hesap aksı Y yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.....	89
Tablo 30. Tip 4-C Döşemesi Yük Raporu Tablosu.....	106
Tablo 31. Tip 4-C Döşemesi Yük Parametreleri Tablosu	106
Tablo 32. Tip 4-C Döşemesi Döşeme Kalınlık Kontrolü Tablosu	106
Tablo 33. Tip 4-C için hesap aksı X yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.	107
Tablo 34. Tip 4-C için hesap aksı Y yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.....	108
Tablo 35. Tip 1 A, B ve C döşemeleri için açıklık donatıları.....	123
Tablo 36. Tip 1 A, B ve C döşemeleri için mesnet donatıları.	123
Tablo 37. Tip 2 A, B ve C döşemeleri için açıklık donatıları.....	124
Tablo 38. Tip 2 A, B ve C döşemeleri için mesnet donatıları.	124
Tablo 39. Tip 3 A, B ve C döşemeleri için açıklık donatıları.....	125
Tablo 40. Tip 3 A, B ve C döşemeleri için mesnet donatıları.	125
Tablo 41. Tip 4 A, B ve C döşemeleri için açıklık donatıları.....	126
Tablo 42. Tip 4 A, B ve C döşemeleri için mesnet donatıları.	126

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Göbekli Tepe'de Kullanılan Yapı Malzemeleri.....	1
Şekil 2. Döşeme içindeki donatıda oluşan korozyon.....	2
Şekil 3. Döşemede yardımcı olarak kullanılan şablon donatısı.....	3
Şekil 4. Betonarme kesiti.....	7
Şekil 5. Joseph Louis Lambot ve İlk betonarme uygulama örneği	10
Şekil 6. Haydarpaşa Silosu	10
Şekil 7. Plastik Pas Payı Tipleri.....	16
Şekil 8. Beton Pas Payı Tipi	17
Şekil 9. Kırılma Yüğü Testi	17
Şekil 10. ProtaStructure ile yapılan betonarme modelleme	19
Şekil 11. Donatı çeliğinin gerilme-şekil değıştirme grafiğı.....	23
Şekil 12. Laboratuvar ve saha ortamında bulunan beton numunelerinin zamana bağılı olarak dayanımı.....	25
Şekil 13. Şablon donatılı döşeme kesiti.....	31
Şekil 14. Şematize Edilmiş Bir Kenarı Sürekli Döşeme	32
Şekil 15. Tip 1-A Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları	33
Şekil 16. Tip 1-A döşemesi donatı planı.....	39
Şekil 17. Tip 1-B Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları	40
Şekil 18. Tip 1-B döşemesi donatı planı.....	46
Şekil 19. Tip 1-C Döşemesi ProtaStructure Çizimi	47
Şekil 20. Tip 1-C Döşemesi Kesiti Döşeme Kalınlığı (h) 13cm	48
Şekil 21. Tip 1-C Döşemesi Şematize Edilmiş Donatı Planı.....	52
Şekil 22. Tip 2-A Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları	53
Şekil 23. Tip 2-A döşemesi donatı planı.....	59
Şekil 24. Tip 2-B Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları	60
Şekil 25. Tip 2-B döşemesi donatı planı.....	66

Şekil 26. Tip 2-C Döşemesi ProtaStructure Çizimi	67
Şekil 27. Tip 2-C Döşemesi Kesiti Döşeme Kalınlığı (h) 14cm	68
Şekil 28. Tip 2-C Döşemesi Şematize Edilmiş Donatı Planı.....	71
Şekil 29. Tip 3-A Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları	72
Şekil 30. Tip 3-A döşemesi donatı planı.....	78
Şekil 31. Tip 3-B Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları	79
Şekil 32. Tip 3-B döşemesi donatı planı.....	85
Şekil 33. Tip 3-C Döşemesi ProtaStructure Çizimi	86
Şekil 34. Tip 3-C Döşemesi Kesiti Döşeme Kalınlığı (h) 15cm	87
Şekil 35. Tip 3-C Döşemesi Şematize Edilmiş Donatı Planı.....	90
Şekil 36. Tip 4-A Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları	91
Şekil 37. Tip 4-A döşemesi donatı planı.....	97
Şekil 38. Tip 4-B Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları	98
Şekil 39. Tip 4-B döşemesi donatı planı.....	104
Şekil 40. Tip 4-C Döşemesi ProtaStructure Çizimi	105
Şekil 41. Tip 4-C Döşemesi Kesiti Döşeme Kalınlığı (h) 20cm	106
Şekil 42. Tip 4-C Döşemesi Şematize Edilmiş Donatı Planı.....	109
Şekil 43. A Tipi Döşemelerin Açıklık Donatı Alanları	110
Şekil 44. A Tipi Döşemelerin Mesnet Donatı Alanları	111
Şekil 45. B Tipi Döşemelerin Açıklık Donatı Alanları.....	112
Şekil 46. B Tipi Döşemelerin Mesnet Donatı Alanları.....	113
Şekil 47. C Tipi Döşemelerin Açıklık Donatı Alanları.....	114
Şekil 48. C Tipi Döşemelerin Mesnet Donatı Alanları.....	115
Şekil 49. Tip 1 A, B ve C Döşemelerinin Açıklık Donatı Alanları.....	117
Şekil 50. Tip 2 A, B ve C Döşemelerinin Açıklık Donatı Alanları.....	117
Şekil 51. Tip 3 A, B ve C Döşemelerinin Açıklık Donatı Alanları.....	118
Şekil 52. Tip 4 A, B ve C Döşemelerinin Açıklık Donatı Alanları.....	119
Şekil 53. Tip 1 A, B ve C Döşemelerinin Mesnet Donatı Alanları.....	119

Şekil 54. Tip 2 A, B ve C Döşemelerinin Mesnet Donatı Alanları.....	120
Şekil 55. Tip 3 A, B ve C Döşemelerinin Mesnet Donatı Alanları.....	121
Şekil 56. Tip 4 A, B ve C Döşemelerinin Mesnet Donatı Alanları.....	122



GİRİŞ

İnşaat insanlık tarihi boyunca insanların temel ihtiyaçları arasında yer almıştır. Bu süreçte inşaat yapılarında kullanılan malzemeler de zamana bağlı olarak gelişim ve değişim göstermiştir. Yapı malzemesi olarak her ne kadar ilk zamanlarda doğada buldukları malzemeleri işlemiden geçirmeden kullanmışlarsa bile zamanla yapı malzemelerine şekil vermeye başlamışlardır (Çakmak, 2021). İlk tapınaklardan olan Göbekli Tepe’de kullanılan yapı malzemeleri Şekil 1’de gösterilmiştir (Avcı, 2019). Doğadaki hammaddelerin şekillendirip geliştirilmesi yapı malzemesi teknolojisi gibi yeni bilim dallarının oluşmasına sebep olmuştur (Akman, Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi, 2003). İnsanlar yaşadıkları dönemde ihtiyaçlarına göre yaptıkları yapılarda kullandıkları malzemelerin isimlerini örneğin cilalı taş devri gibi o döneme isim olarak vermişlerdir (Çakmak, 2021).



Şekil 1. Göbekli Tepe’de Kullanılan Yapı Malzemeleri

Betonarme yapıların yapılmaya başlanması ile birlikte betonarme yapılarda kullanılan yapı malzemeleri de zamanla geliştirilmiş ve çeşitlendirilmiştir. Beton örtüsü olarak kullanılması ve inşaat demirini korozyona uğramasını önlemek

amacıyla ayırıcı olarak pas payı malzemesi ihtiyacı olduğu anlaşılmıştır. Şekil 2’de beton örtüsünün ne kadar önemli olduğunu gösterilmiştir (CSB, 2017).



Şekil 2. Döşeme içindeki donatıda oluşan korozyon

Bu tez çalışmasında pas payının önemi hakkında hesaplamalar yapılmıştır. Betonarme yapıda taşıyıcının içinde kalacak yapı malzemeleri hesaplamalarda dikkate alınır. Bu yapı malzemelerinin görevleri gereğince konumu çok önemlidir, örneğin betonarme döşemede yapılan donatı hasır montajı beton dökümü sırasında yapılan hatalar sonucu donatının konumunun değişmesi hesaplamalara etki edecektir (Doğangün, 2017).

Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemin belli yöntemlerle standartlara ve yönetmeliklere uygun olarak analizi yapılmaktadır. Analiz esnasında yapılan hesaplamalara dahil edilmeyen ancak taşıyıcı sistemin yapımı esnasında uygulamaya yardımcı olacak bazı yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan birisi kırıli betonarme döşemelerde veya mantar döşemelerde pas payı elemanı ile döşeme hasırı arasında şablon donatısı olarak adlandırılan ek bir donatı çubuğunun kullanılmasıdır. Bu durum Şekil 3’de gösterilmektedir.



Şekilde gösterilen mavi ile işaretlenmiş donatı çubuğu pas payı ile döşemedeki donatı hasırı arasında yerleştirilen şablon donatısıdır.

Şekil 3. Döşemede yardımcı olarak kullanılan şablon donatısı

Bu tez çalışmasında yapı uygulaması ve yapılan hesaplar arasında sadece bir farka değinilmiştir. İnşaat yapım esnasında uygulamada hassas davranılması gerekmektedir yapılan hatalar ile hazırlanan projeden uzaklaşmaktadır. Bu hataların çoğalması durumunda hesaplamalara dahil edilen emniyet katsayılarında bile yetersiz kalma durumu oluşabilecektir.

İnşaat insan hayatı ile doğrudan ilişkili olduğu için yapım esnasındaki uygulama hataları depremde istenmeyen durumlara yol açabilmektedir. Ülkemizde birçok fay hattı vardır mevcut yapı stoğunun fay hatları dışına taşımak imkansızdır yakın olduğu düşünüldüğünde çözümün doğru, standartlara ve yönetmeliklere uygun sağlam binaların yapılması olduğu anlaşılmaktadır (Öztürk M. , 2020).

1. LİTERATÜR ÖZETİ

Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulması ile birlikte Ankara'daki yapılaşma ile başlayarak 1960'lı yıllara kadar gelen sürede ülkenin ihtiyacı doğrultusunda ulaşım ve alt yapı alanlarında yatırımlar yapılarak inşaat sektörüne hareket verilmiştir (Hozan, 2006). İnşaat, Türkiye Cumhuriyeti gibi gelişmekte olan ülkelerde oluşturduğu katma değer ve işgücü etkisiyle ülkenin ekonomik büyümesinde yardımcı olmaktadır. Ülkemizde inşaatın büyük bir payını konut yapımı oluşturmaktadır (Çınar, 2018). Ülkemizde inşaat sektöründe 1980'li yıllarda yükseliş trendi yakalanmıştır ve günümüze kadar gelen sürede bazı dönemler alt yapıya yatırımdaki eksiklikler ve ülkemizdeki ekonomik sıkıntılar nedeniyle duraklama yaşamıştır bu dönemler haricinde yükselişini sürdürmüştür (Eşkinat ve Tepecik, 2012). İnşaat sektörel açıdan birçok dala uzanan ve sektörler arası etkileşimi en fazla olan insan gücünden yardım alan ve ülkemizin ekonomik büyümesinde katkısı olan bir sektördür.

İnşaatın gözde sektör olması sebebiyle tercih edilen meslek sıralamasında inşaat mühendisliğini üst sıralara taşımaktadır (Çivici, 2021). İnşaat mühendisliği insanlığın ihtiyaç duyduğu her türlü bina, baraj, fabrika, kamu binaları vb. yapıların inşa edilmesinde büyük rol oynayan en önemli mesleklerden biridir. Her ne kadar batılı kaynaklar ilk inşaat mühendisi olarak yabancıları gösterecek şekilde “Seçkin Mühendislerin Gözü” niteliğini taşıyan ve ilk mühendis unvanı ile tanımlanan kişi Osmanlı Devleti'nin birçok eserinin projelendirilmesini ve yapımını yapan Mimar Sinan'dır (Birinci, 2017).

İnşaat mühendisleri yapının taşıyıcı elemanlarına gelen yükleri statik hesaplar yaparak projelendirilmesi ve planlanmasını sağlayan ve aynı zamanda yapının inşa süresinde başından sonuna kadar yapı ve denetimini sağlayan kişilerdir. İnşaat mühendisleri tüm yapı çeşitleri (çelik, ahşap, yığma, betonarme) arasından çoğunlukla betonarme yapılarla ilgilenmektedir. Bunun sebebi de günümüz dünyasında yüksek katlı ve büyük yapıların betonarme yapıyla daha sağlam inşa edilebileceğinden dolayı mühendislerin bütün yapı çeşitleri arasında daha çok betonarme yapılarla ilgilenmesidir.

Betonarme yapıların taşıyıcı sistemlerinin en önemli parametresi yapının rijitliğidir. Rijitlik yapıda kullanılan malzemelerin dayanımı ile doğru orantılıdır (Işık ve diğerleri, 2017). Ülkemizde mühendis kontrollerinden geçmeyen yani gerekli incelemelerin titizlikle yapılmadığı fay hatları üzerinde yerleşimin yapıldığı yapı stoğuna sahiptir (Akıncıtürk, 2003). Ülkemiz jeopolitik konumu gereği fay hatları üzerinde bir yerleşime sahip olması nedeniyle can ve mal kaybına neden olabilecek orta veya ağır hasarlı deprem üretme kapasitesine sahiptir (Ünsal ve Şahan, 2022). Depremlerin önüne geçmek mümkün olmasa da can ve mal kaybını azaltabilecek önlemlerin alınması gereklidir. Bu önlemler arasında taşıyıcı sistemin sağlam yapılması en başta gelir. Yapıların tasarımında, analizinde ve projelendirilmesinde ilk olarak düşünülmesi gereken şey insan hayatıdır çünkü yapılan her yapı insan hayatını doğrudan etkiler (Aydınoglu, 2021). Deprem insan hayatı ile birlikte ülkemizin ekonomik olarak da etkilenmesine sebep olur, her yaşanan deprem sonrası ülke ekonomisine belli oranda zarar vermektedir. Yapılaşmanın kaliteye ve sağlamlığa dayalı yapılması ile birlikte bu kayıpları en aza indirmek mümkündür (Taş, 1995).

Betonarme yapıların diğer yapı çeşitlerine göre daha fazla kullanılmasının bir diğer ayırt edici özelliği ise ekonomik olarak daha avantajlı olmasıdır. Aynı zamanda imalatı gerçekleştirebilecek kalifiye eleman sayısı ahşap ve çelik yapıların kalifiye eleman sayısından daha fazladır. Betonarme yapılar tüm bunların yanı sıra diğer yapılara göre daha estetik olmasıdır. Betonarme yapılarda, beton ve donatı çeliği birbiri ile uyum içerisinde çalışmaktadır çekme dayanımında zayıf kalan betonun eksikliğini donatı çeliği tamamlamaktadır (Sever, 2018). Betonarmeyi oluşturan beton ve donatı çeliği arasındaki aderans çok önemlidir. Donatı çubuğunun ve betonun birbirine tam anlamıyla kenetlenmesi ve birbirinden ayrılmayı önlemesi gerekmektedir. Aderans beton ve donatı çeliği arasındaki kayma gerilmesine direnç gösteren kenetlenmeye denir (Bingöl ve Gül, 2009).

Sanayileşmenin ve iş imkanının arttığı bölgelerde nüfusun artması sebebiyle yapılaşmada yığılmalar görülmektedir bu yığılmalar da yüksek katlı binaların yapılmasının önünü açmaktadır. Yüksek katlı binaların inşaatı beton malzemesinde de iyileşmeleri ve gelişmeleri mecburi kılmıştır. Katkı malzemeleri ile betona dayanım ve çeşitli özellikler kazandırılmıştır (Özcan ve diğerleri, 2019). Dayanımı,

dayanıklılığı, değişik amaçlar için kullanılabilmesi, kolay şekil verilebilmesi hatta renk ve yüzey dokusuna kadar üzerinde istenilen yönde değişiklik yapılabilmesi betonu günümüzün en yaygın kullanılan yapı malzemesi yapmıştır. Ancak betonun doğa ve çevre koşullarına uzun yıllar karşı koyabilmesi kalite ve dayanımının artırılmasıyla mümkün olabilir. Uzun tecrübe ve deneyler bazı faktörlerin betonun dayanıklılığını olumsuz yönde etkilediğini göstermiştir. Bunlar kısaca sülfat ve deniz suyu etkisi, asit yağmurları, yüksek sıcaklık, alkali-agrega reaksiyonu, donma ve çözülme ve aşınma olarak özetlenebilir (Erdoğan ve Erdoğan, 2007). Bütün bunlara betonun karşı koyabilmesi için kalitesinin ve dayanıklılığının artırılması gerekir. Bunun da en kolay yolu katkı maddelerini kullanmaktır. Beton katkı maddeleri “Betona; üretim sırasında su, agrega ve çimento dışında, küçük miktarlarda, betonun niteliklerinde istenilen yönde değişiklik sağlamak için katılan kimyasal maddeler” olarak tanımlanabilir (Uyan, 1991).

İlk betonarme yapı 1840’lı yıllarda inşa edilmiş olup betonarmenin geliştirilmesi alanında yapılan çalışmalar ise günümüze kadar gelmektedir. Bu geliştirme çalışmaları arasında beton örtüsü (pas payı) da yer almaktadır. Betonarmenin içindeki donatı çeliğini koruma amacıyla beton örtüsü oluşturmak gerekir aksi takdirde korozyon diye adlandırılan donatı çeliği ile yüzeyi arasında kimyasal ve elektrokimyasal etkileşimler sonucu yavaş yavaş yürüyen donatı çeliğinde enkesit kaybı oluşturan yapı hasrı meydana gelir (Özer, 2021). Donatı çeliği su ve oksijene maruz kaldığında bu etkenlere karşı zayıflık göstermektedir. Korozyon sadece donatı çeliğinde enkesitinde kayıp oluşturmaz bunun yanında donatıya içsel gerilme kazandırarak betonda çatlaklar oluşturur (Konus ve Dal, 2017). Betonarme yapıyı korozyona karşı korumanın bir diğer yolu korozyona dayanıklı malzemelerin kullanılmasıdır. Korozyona direnç gösteren malzemelerden biri cam lif takviyeli polimer malzemelerdir (Uygunoğlu ve Topçu, 2020). Bu malzemeleri kullanım amacına ve yapının türüne göre belli betonarme yapılarda kullanmak mümkündür.

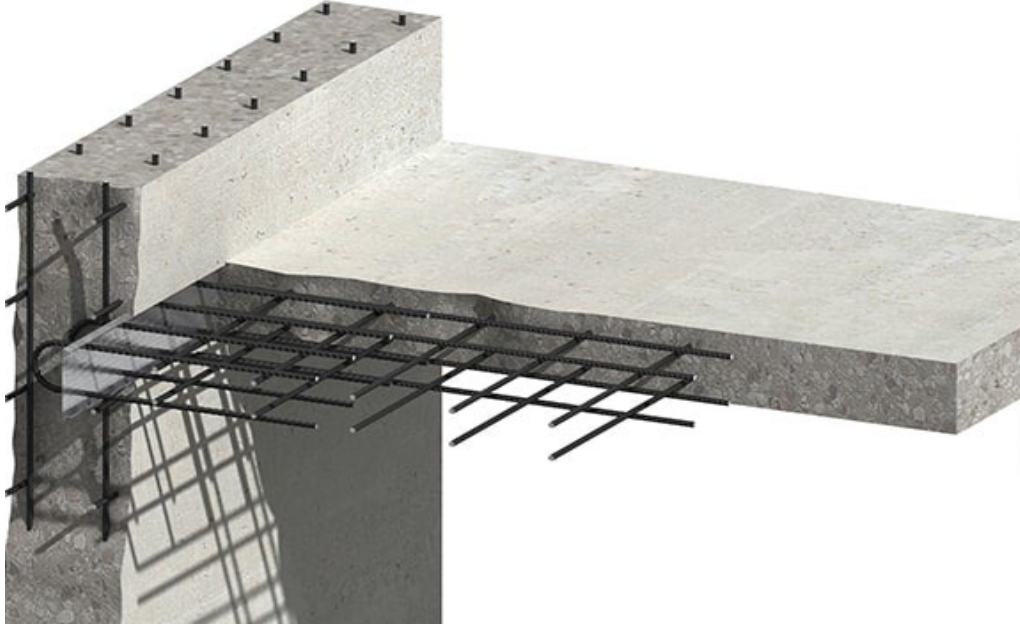
Beton örtüsünün en büyük avantajı betonun kendisini ve donatı çeliğini beton içerisinde sağlıklı ve dayanıklı kalmasını sağlamaktır. Bu çalışmanın hazırlanma amacının en büyük sebeplerinden biri de pas payı uygulamasıdır, yapının ömrünün daha uzun olması pas payına yani beton örtüsüne bağlıdır.

2. BETONARMEDE PAS PAYININ YERİ

2.1. Betonarme Tanım

Betonarme Fransızca kökenli bir kelime olup, kelimenin Fransızca orijinali olan 'béton armé' kelimesi güçlendirilmiş beton anlamındadır. Betonarme çelik malzeme ile betonun birlikte kullanılmasıyla oluşur. Yani kısacası çelik bir yapının betonla örtülmesi sonucu oluşan kompozit bir yapıdır (Onat, 2020).

Beton doğal agregalar kullanılarak, çoğu zaman şantiyelerde veya arazi koşullarında büyük miktarlarda üretilen yapay bir malzemedir. Amaç mümkün olduğu kadar boşluksuz ve yüksek mukavemetli bir beton elde etmektir. Standartlara uygun bir beton elde edebilmek için, beton karışımına giren çimento, agrega ve su oranlarını iyi ayarlamak, üniform hale gelinceye kadar karıştırmak ve kurallara uygun olarak kalıplara yerleştirmek gerekir (Aydın Ö. , 2012). Örnek bir betonarme kesiti Şekil 4’de gösterilmiştir (Toprak, 2023). Ancak bunlar yeterli olmaz, bunun ötesinde dökümden sonraki ilk günlerde belli süre kür uygulanması da gerekir.



Şekil 4. Betonarme kesiti

Betonarmenin diğer yapı malzemelerine göre birçok avantajları vardır. Mesela betonarme yapıların basınç dayanımının diğer yapı malzemelerine oranla çok

yüksek olması bu örnekler arasında gösterilebilir. Bir diğer avantajı ise diğer yapılara göre çok daha uzun ömürlü olması betonarmenin önemini gözler önüne sermektedir. Betonarme yapılarının bakımı düzgün yapılması halinde uzun bir zaman bozulmaya uğramayacaktır. Bu bakımlardan bazıları yapının korozyona ve neme karşı korunmasıdır. Aynı zamanda bu bakımların zahmeti ahşap ve çelik yapıların bakım zahmetinden düşüktür. Yine betonarme ile diğer yapılara kıyasla daha estetik binalar yapılabilmektedir (Karahan, 2015). Çünkü betonarme döküm esnasında akışkan olduğundan dolayı istenilen kalıba sokulabilirler. Betonarmenin bir diğer üstünlüğü ise yangın olma durumunda diğer yapılara göre çok daha az risk teşkil etmekte olmasıdır. Bilindiği üzere özellikle ahşap yapılar çok çabuk bir şekilde tutuşup yanabilmektedir. Zaten betonarmenin bulunma arayışının sebeplerinden biri de bu yangınlardır. Son olarak da betonarme yapılar gerekli yalıtımlar yapıldıktan sonra ısıya ve sese karşı diğer yapılara oranla çok daha konfor sağlamaktadır (Aydın Ö. , 2012).

Elbette betonarmenin avantajları olduğu gibi dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlar da şöyledir; Betonarmede müteahhitler, mühendisler ve diğer elemanlar tarafından yapılan suistimallerden dolayı (eksik malzeme kullanımı, hatalı malzeme üretimi ya da yanlış yapılmış ustalık gibi) dayanıksız yapılar oluşabilmektedir. Bu durum da insanları deprem gibi doğal afetlere karşı savunmasız bırakmaktadır. Bir diğer dezavantajı ise kusurların sonradan belirlenmesi zordur. Bu zorluklardan kasıt, betonarme üretildikten sonra donatıların düzeni, etriye aralıkları, betonun yerleşip yerleşmediğinin belirlenmesidir. Eğer ki belirlemek gerekli ise betonun tahribatı söz konusu olmaktadır ve betonarme yapılar diğer yapılar gibi tekrar tekrar kullanılamadığından bazı durumlarda yıkım söz konusu olup büyük zararlara yol açmaktadır (Sever, 2018). Bunun önüne geçmek için ise betonarme yapının yapılış aşamasında (karıştırma, döküm, kürleme) çok dikkatli olmak gerekir. Bunlardan herhangi birinin hatalı yapılışı tüm yapının kaderini belirlemektedir. Yine bir diğer olumsuz özelliği ise betonarmenin malzeme çekme mukavemetinin, basınç dayanımından çok daha düşük olmasıdır. Son olarak da betonarme yapıların kuruma süresi ve kür işlemlerinden dolayı yapım süresi diğer yapılara göre daha uzundur, bu olumsuz özelliği de betonarme yapıları diğer yapılara karşı bir adım geri atmaktadır (Aydın Ö. , 2012).

2.2. Betonarme Tarihi

Günümüzde betonarme alanında çeşitli ilerlemeler görülmektedir. Fakat günümüze kadar süregelen bu gelişme kolay olmamıştır. Tezin bu bölümünde betonarmenin günümüze nasıl ulaştığı konusuna değinilecektir. Sadece dünyadaki gelişimi değil aynı zamanda Türkiye’deki ilk kullanımı ve gelişimi de bu yazımızda görülecektir. Bu araştırma yapılırken Türkiye’de ve dünyada yapılan ilk betonarme yapılar gerekli kaynaklardan alınarak bu çalışmada betimlenecektir.

Betonarmenin ilgili kişilerce bulunma arayışına geçilmesinin başlıca sebebi on dokuzuncu yüzyılda sık sık gerçekleşen, aynı zamanda can ve mal kaybına yol açan yangınlardır. O dönemlerde çoğunlukla ahşap yapılara ve aynı zamanda çelik yapılara da rastlamak mümkündür. Betonarme diğer ahşap, çelik vb. yapıların aksine yangın riskine karşı çok daha dayanıklı malzemedir (Aydın Ö. , 2012). Hatta yine o dönemlerde betonarmenin yangın dayanımının arttırılması alanında deneysel çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar hakkında makaleler ve kitaplar yazılmıştır (Karahan, 2015).

Betonarmenin bulunması ile ilgili olarak ilk zamanlarda demirler kireç esaslı harç ya da çimento harcı ile kaplanmış, daha sonra beton üretilerek, kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır (Karahan, 2015). Bulunuş tarihi tam olarak bilinmemekle beraber betonarmenin kullanımının başlangıcı 1840’lı yılların sonu olarak tahmin edilmektedir. Betonarmenin ilk kullanılma hikayesi ise 1848 yılında Fransız çiftçi Joseph Louis LAMBOT’un beton ve demiri bir araya getirerek ürettiği ve 1855 yılında Paris’te meraklılara sergilediği küçük bir kayıkla başladı (Sever, 2018). Bu kayık ve LAMBOT Şekil 5’de gösterilmektedir (Atabey, 2013). Joseph Louis Lambot bu buluşun hemen ardından patenti almış ve 1902 yılına kadar kullanmış olduğu kaynaklarda gözükmemektedir. Bu gelişmelerden sonra beton ve çelik daha uygun ve kullanışlı olacak şekilde bir araya getirildi ve artık birçok alanda kullanılmaya başlandı. Daha sonralarında ise beton Hollanda’lı Mimar Hendrik Petrus Berlage tarafından çelikten sonraki en önemli buluş olarak tarihe yazıldı. Betonarme uygulamaların kontrol altına alınabilmesi için 20. Yüzyılın başında Avrupa ve Amerika’da yönetmelikler oluşturularak standart hesaplar üzerinden uygulamalara devam edildi (Karahan, 2015).



Şekil 5. Joseph Louis Lambot ve İlk betonarme uygulama örneği

Türkiye’de betonarmenin kullanımının başlangıcı olan yapı ise Haydarpaşa’da yapılan ve 1902 yılında tamamlanan bir silo yapısıdır. Haydarpaşa’da yapılan bu silo Şekil 6’de gösterilmiştir (Mimarizm, 2011). Yani bundan yola çıkılarak bakıldığında Türkiye’de betonarme kullanımının başlangıcı 19. yüzyılın başları olduğu kabul edilebilir. Betonarmenin farklı ülkelere tanıtılması betonarme patentine sahip şirketler tarafından yapılmıştır (Karahana, 2015).



Şekil 6. Haydarpaşa Silosu

20. yüzyılın sonlarına doğru kullanılmaya başlanan özel katkı maddeleri sayesinde, mukavemeti oldukça yüksek ve yapı açısından da bir o kadar estetik yapıların meydana getirilebildiği söylenebilir. Günümüz teknolojisinde imal edilen ve kolaylıkla yerleştirilebilen betonlar, bu tür betonların mukavemetindeki izlenen

artışların, bu malzemelerle daha farklı veya fonksiyonel yapıların ortaya çıkmasına katkı sağladığı belirtilmektedir. On dokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru beton/betonarme patent ve uygulamalarda artış olmuştur. Bu çalışmaların gelişmesinde ve yayılmasında inşaat mühendisleri ve müteahhitlerin büyük katkısı olmuştur. Betonarme hesapların standartlaşmasına kadar betonarme uygulamalar farklı patent ve hesaplar ile yapılmıştır (Karahan, 2015).

Betonarme hesap cetvellerinin oluşturulup, üretimin standartlaşması sürecinde üretilen betonarme yapılar birbirlerinden farklı özelliklere sahiptir. Kagir yapım tekniğinden betonarme yapım tekniğine geçiş döneminde yapılan bu tür yapılar yapım tekniği, teknoloji ve malzeme kullanımı bakımından dolayı günümüzdeki betonarme yapılardan farklılıklar göstermektedir (Karahan, 2015).

2.3. Beton

Beton maliyet bakımından avantajlı ve bölgesel imkanlarla üretilebilen üretimi kolay basınca dayanım gösteren yapı malzemesidir. Kompozit bir yapıya sahip olan beton kum, çimento ve agrega karışımı ile meydana gelir. Çimento ve su arasında oluşan hidratasyon ile priz alma sürecine geçmektedir. Kum, çimento ve agreganın dışında gerekliliğe göre betona özellik kazandırmak amacıyla katkı maddesi de katılır (Özel ve Kaplan, 2017).

2.3.2. Beton Katkı Maddeleri

Beton katkı maddesinin tarihsel gelişimine bakıldığında ilk olarak priz süresi ile ilgili çalışmalar yapıldığı görülmektedir (Erdoğan ve Erdoğan, 2007). 1873 yılında Almanya’da sürdürülen bu çalışmalarda öncü olarak Kalsiyum Klorür (CaCl_2) kullanılmıştır (Erdoğan ve Erdoğan, 2007). İlerleyen yıllarda da beton içerisindeki gerekli hava miktarını ayarlamak, beton kıvamını arttırmak aynı veya beton slumpını düşürmek için katkı maddeleri geliştirilmiştir. Günümüzde ise inşaat alanında meydana gelen değişimler bazı ihtiyaçları beraberinde getirmiştir. Beton özellikleri geliştirilirken beton dayanımının da belirli seviyelere getirmek hedeflenmiştir. Beton kimyasal katkı maddeleri de bu gelişmelerde yerini almıştır (Akman M. S., 1987). Katkı maddelerinin kullanımı sırasında beton içerisindeki

dozajını hassa bir şekilde ayarlamak gerekmektedir, aksi halde yan etkilerinden dolayı beton beklenen performansı göstermeyebilir.

2.3.2.1. Akışkanlaştırıcı ve Süper Akışkanlaştırıcı

Akışkanlaştırıcılar uygulamada s/ç oranını azaltarak daha yüksek dayanım kazanabilmek, kütle betonlarında hidrasyon ısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması veya aynı işlenebilmeyi sağlamak ve kolay yerleşmeyi sağlamak amaçlarıyla kullanılmaktadırlar (Uyan, 1991). Hazır beton teknolojisinde betonun santralden taşınarak kalıba yerleştirilinceye kadar geçen süre bazı durumlarda istenen veya beklenen süreden daha fazla zaman alabilmektedir. Santralin betonun döküleceği yere uzak olması veya trafik tıkanıklığı gibi durumlarda beton şantiyeye vardığında, geçen zamandan ötürü oluşan kıvam kaybının yalnızca su kullanılarak iyileştirilmesi durumunda betonun özelliklerinde çok zararlı etkiler oluşabilmektedir.

Bu nedenle beton üretiminde kullanılması gereken çimento miktarı azaltılmaksızın veya beton dayanımından ödün vermeksizin üretilen betonun, akıcı ve kolay yerleşebilir olmasının sağlanması gerekmektedir. Bu akıcılığın sağlanabilmesi için akışkanlaştırıcı ve süperakışkanlaştırıcı katkıları kullanılmaktadır. Bu katkıları uygun koşullarda kullanılarak beton içerisine katıldığında aynı işlenebilmeyi sağlamak koşulu ile karışım suyu miktarında azalmalar sağlayabilmektedirler (Akman M. S., 1987)

Yapılan araştırmalara göre bir beton santralinde üretilen taze beton üzerinde kullanılan akışkanlaştırıcı ve süperakışkanlaştırıcılarının betonun su/çimento oranında kaydedeğer bir düşüş oluşturduğu görülmüştür (Topçu ve diğerleri, 2004).

2.3.2.2. Priz Hızlandırıcılar

Priz hızlandırıcı katkıları, malzemelerin karılma işleminin tamamlanmasıyla plastik bir beton elde edildiği andan, taze betonun katılaşmaya başladığı ana kadar geçen sürenin kısılmasına neden olan katkılardır (TSEN934-2, 2002). Bazı durumlarda, özellikle soğuk hava koşullarında, betonun hidrasyonu istenilenden daha yavaş yer almakta, priz süresi istenilenden daha uzun olmakta, ve ilk günlerdeki

dayanımı istenilenden daha düşük olmaktadır. Priz hızlandırıcı katkıları, bu tür sorunların azaltılması amacıyla kullanılmaktadır.

Priz hızlandırıcılar beton yüzeyinin bir an önce düzeltilebilmesine yol açmaktadır. Betonun uzun süreyle katılaşmamış bir durumda kalması önlenerek, kalıplar üzerindeki basıncı azaltmaktadır aynı zamanda ilk zamanlardaki dayanım kazanma hızını artırmaktadır. O nedenle kalıpların bir an önce sökülebilmeye olanak sağlamaktadır, kür süresinin daha kısa olmasına yol açmaktadır, soğuk havanın betonun dayanım kazanma hızı üzerindeki olumsuz etkilerini gidermektedir, yapının veya tamir işinin bir an önce sağlanmasına yol açmaktadır (ASTM-C125, 2002).

Priz hızlandırıcı kullanımının faydası olduğu gibi yan etkileri de bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, beton bakım süresi aksaması sonucu rötre çatlakları oluşmaktadır (Erdoğan ve Erdoğan, 2007).

2.3.2.3. Hava Sürükleyici Katkı Maddeleri

Hava sürükleyici katkıları, “taze betondaki çimento hamurunun içerisinde birbiriyle bağlantısı olmayan çok küçük boyutlu (genellikle çapları 0.1 mm’den büyük olmayan) düzgün dağılmış hava kabarcıklarının oluşmasını ve çimento hamuru sertleştikten sonra da bu hava kabarcıklarının kalıcı olmasını sağlayan katkı maddeleridir (Ramachandran, 1995). Bu şekilde oluşan hava kabarcıklarına “sürüklenmiş hava” denilmektedir. Betonun içerisinde sürüklenmiş hava kabarcıklarının bulunması durumunda, çimento hamurunda oluşmuş olan milyonlarca sayıdaki hava kabarcığı, kapiler boşluklardaki suyun donmasıyla ortaya çıkacak genleşmeyi önlemektedir. Soğuk havalarda dökülen katkısız betonlarda bulunan hava boşlukları betonun donma direnci bakımından yeterli seviyede olmayabilir (Özyıldırım, 2007). Donma direnci beton içerisindeki hava boşluğu miktarı ile doğru orantılıdır (Whiting, 1998). Bu hava sürükleyici katkı maddeleri ile arttırılmaktadır. Ancak beton içerisindeki hava miktarı ile basınç dayanımı ters orantılıdır çünkü porozite basınç dayanımını düşürmektedir (Erdoğan ve Erdoğan, 2007). Her %1’lik artış, basınç dayanımında yaklaşık %5 kadar azalmaya yol açabilmektedir.

Genel olarak hava sürükleyici katkı maddeleri donma-çözülme olayları karşısında betonun dayanıklılığını artırmaktadır, buz çözücü tuzlara karşı betonun

dayanıklılığını artırmaktadır,taze betonun işlenebilmesini artırmaktadır, özellikle düşük dozlu betonlarda segregasyonu ve terlemeyi azaltmaktadır, düşük dozlu betonlarda, gereken karışım suyu miktarını azaltmaktadır, Su/çimento oranında yapılacak azaltma nedeniyle, betonun su geçirgenliğini azaltmaktadır.

2.4. Beton Örtüsü (Pas Payı)

2.4.1. Pas payı Tanımı

Pas payı yani beton örtüsü; Bir betonarme elemanın içerisinde bulunan en dış demir donatının dışından beton bitim yerine yani kalıp çizgisine kadar ölçülen kalınlığa verilen isimdir. 1985 yılından bu yana kullanılmakta olan TS 500 standartlarında bu kalınlıkla ilgili çok ayrıntılı bilgi yoktur. Sadece 12.2.1 numaralı maddede “Kirişlerde beton ölçüsü, içteki elemanlarda 1,5 cm, dışındaki elemanlarda ise 2 cm’den az olmamalıdır.” biçiminde bir açıklama yapılmaktadır (Aydın S. , 2021). Pas payın uygulanmasının temel nedenlerinden biri betonarmenin iç kısmında bulunan çelik donatının sudan, nemden ve korozyondan korunmasıdır (Alzyoud, 2015). Korozyonla ilgili detaylı araştırma yapılmış olup tezin ilerleyen kısımlarında mevcuttur. Ama kısaca bahsetmek gerekirse korozyona karşı korunmayan çelik donatı zamanla paslanıp hacmen genişleyecek ve bu hareket çeliğin etrafını kaplayan betonun çatlamasına daha sonra da dökülmesine yol açacaktır (Alzyoud, 2015). Bu durum da çelik donatının tamamen çürümesine daha sonra binanın yıkılmasına kadar yol açabilmektedir. Aynı zamanda beton örtüsü çelik donatıyı yüksek ısıya karşı da korumaktadır. Beton örtüsünün yeterli kalınlıkta olmaması ve yeterli kalitede olmaması bu gibi durumları beraberinde getirecektir. Bu yüzden paragrafın başında bahsedildiği üzere beton örtüsünün kalınlığının belirli standartları vardır. TS500 standartlarına bakıldığında bu kalınlıkların belirli durumlarda değişkenlik gösterebileceği anlaşılmaktadır. Bu değerler şöyledir; Perde duvar ve döşemelerde 15mm ve üstü, kabuk ve katlanmış plakalarda da 15mm ve üstü, yapı içinde dış etkilere açık olmayan kolon ve kirişlerde 20mm ve üstü, Hava koşullarına açık kolon ve kirişlerde 25mm, son olarak da Zeminle doğrudan ilişkide olan elemanlarda 50 mm’dir (Aydın S. , 2021). Eğer betonarmede beton örtüsü bu kalınlık ölçüleri dikkate alınarak yapılırsa çelik donatı kimyasal ve fiziksel etkilerden korunmuş duruma getirilir. Aynı zamanda bu önlemler sayesinde yapının ömrünün minimum 50 yıl

olacağına değinilmektedir (Aydın S. , 2021). Bu mesafelerde durmasını ve beton döküm esnasında çeliklerin yer değıştirmemesini sağlayan elemanlara da ayırıcılar ya da pas payı denilmektedir. Beton örtüsünü oluşturmak için birçok malzeme türünden pas payı yapılmaktadır. En yaygın ayırıcı (pas payı) çeşitleri plastik pas payı, beton pas payı ve çelik pas paylarıdır, bunlardan en sık kullanılanı da plastik pas payıdır.

2.4.2. Ayırıcılar (Pas Payları)

Betonarme yapılarda 1960 yılından önceleri taş, tuğla, kiremit ve kereste parçaları gibi çok farklı elemanlar kullanılmaktaydı (Alzyoud, 2015). Daha sonraki zamanlarda ise bu ilkel pas payı elemanları yerine daha dayanıklı plastik, çelik, alüminyum gibi malzemeler kullanılmaya başlandı. Bu malzemeleri detaylı olarak incelemek gerekirse;

Pas payı yani ayırıcılar, kiriş, kolon ve tabliye betonu döküm öncesi donatı çeliklerini kalıp tahtası ile arasında belirli bir mesafe olacak şekilde ayırıp sabit durmasına yarayan malzemelerdir. Bu malzemeler, donatı çeliğinin ağırlığını kaldırabilmesi için zemin üzerine belirli mesafelerde sık sık yerleştirilmelidir. Bu ayırıcıların (pas payı) belirli aralıklarla koyulmaması ya da yanlış pas payı malzemesi seçilmesi gibi hatalar yapılması sebebiyle ciddi sorunlar meydana gelebilmektedir. Bu sorunlardan biri, demir çubuklar ve betonun bu ayırıcılara çok fazla yüklenmesi ve aynı zamanda ısıl genleşme katsayıları yüzünden özellikle PVC ayırıcılarda milimetrik esnemeler yapıp beton ile çıta arasında hava boşlukları bırakabilmektedir. Oluşan bu hava boşlukları da ilerleyen zamanlarda korozyona neden olabilmektedir. Bu sebeple büyük betonarme yapılarda kaliteli pas payı kullanılması oldukça önemlidir. Fakat günümüzdeki mevcut standartlar ayırıcıların dayanıklılığından çok görünümüne ve daha ağır yük taşıma kapasitesine bakmaktadır (Alzyoud, 2015).

2.4.3. Ayırıcı Çeşitleri

2.4.3.1. Plastik Ayırıcılar

Plastik pas payları, geri dönüştürme yöntemiyle yapılan birbirinden farklı dayanıma sahip ham maddesi plastik ve türevleri olan ayırıcı çeşitlerinden biridir (Aydın S. , 2021). Direkt olarak donatı üzerine sabitleme yapılabilecek şekilde

Üretilen plastik pas payları Őantiyede imalat hızını artırmada yardımcı olur. Kullanımı oldukça kolaydır kolon için ve dĞeme için farklı plastik pas payları üretilir. eğitli plastik ayırıcı tiplerinin rnekleri Şekil 7'de gösterilmektedir (Makine, 2018).

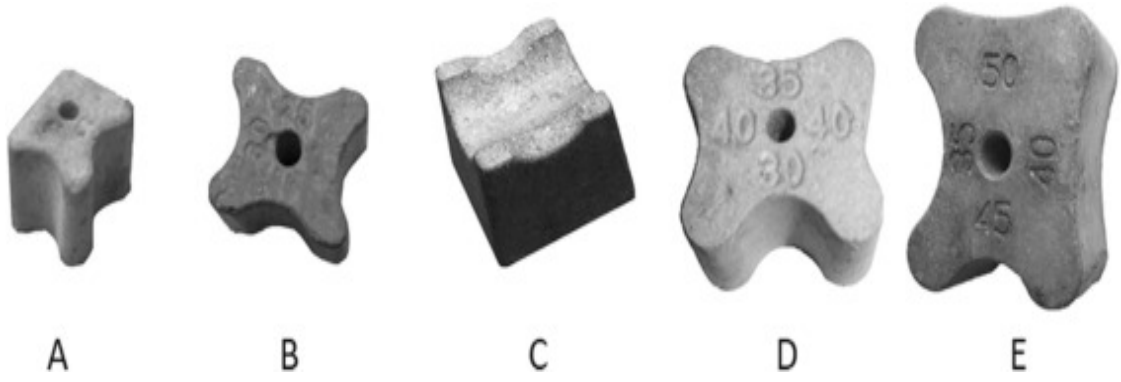
Plastik pas payları diğerk pas paylarına göre daha karmağık yapıda üretilirler bu ona beton içerisinde agregalarla uyum içerisinde olmasına yardımcı olur. Beton priz süresi boyunca betonun i sıcaklığında değiğmeler meydana gelir, plastik pas paylarında oluğan bu sıcaklığag göre yumuğama meydana gelebilecek esnekliğes sahiptir (Aydın S. , 2021).



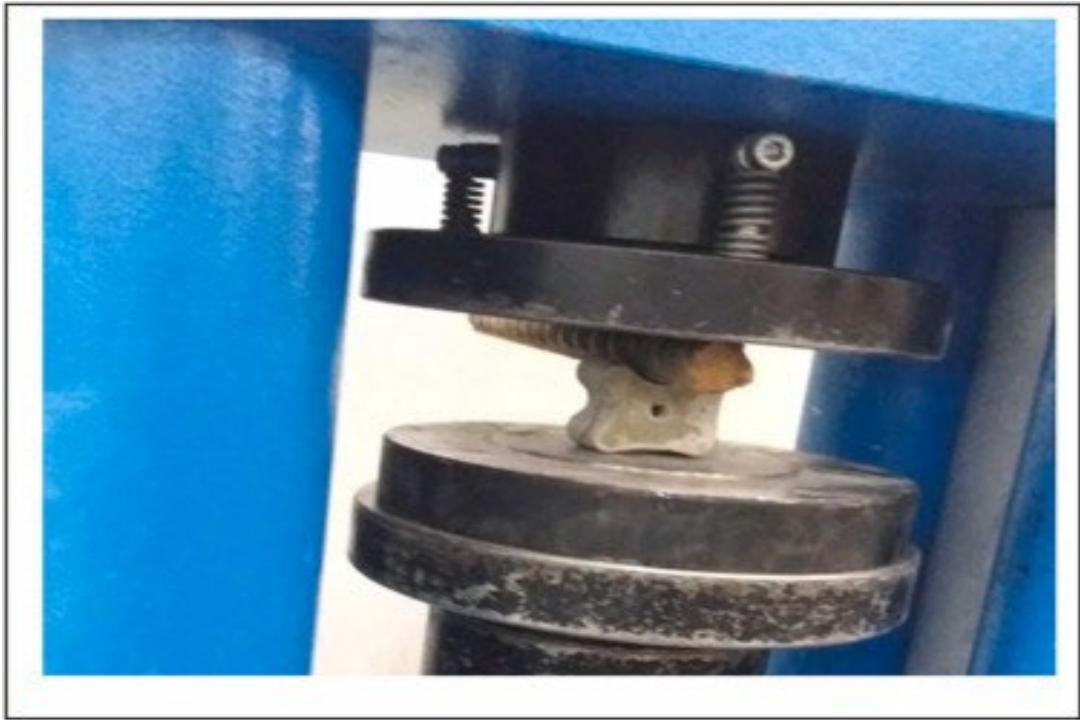
Şekil 7. Plastik Pas Payı Tipleri

2.4.3.2. ćimentolu Ayırıcılar

Bu ayırıcı ćeĖitleri harç veya elyaf takviyeli betondan yapılmaktadır. ćimentolu ayırıcılar, diğerk ara parça türlerine göre bazı avantajlara sahiptir. Beton matrisine benzer bir genleğme katsayısına sahip olmaları, daha yüksek dayanabilmeleri, elik veya plastik ayırıcılara kıyasla daha yüksek ağınma direncine sahip olmalarına yol açmaktadır. Aynı zamanda bu pas payların daha sağlam olmaları için bu maddeye uçucu kül, cüruf ve silika dumanı eklenmektedir (Saeed, 2021). Beton ayırıcının dayanım testinin bir görseli de Őekil 9'da gsterilmiğtir. Őekil 8'de beton pas payı rneėi gsterilmiğtir (Saeed, 2021).



Şekil 8. Beton Pas Payı Tipi



Şekil 9. Kırılma Yüğü Testi

2.4.3.3. Çelik Ayırıcılar

Tek telli sehpa ve sürekli sehpa şeklinde iki kısma ayrılan çelik pas payları ayırıcı çeşitlerinden biridir (Aydın S. , 2021). Uygulamada zorlu ve maliyeti yüksek olduğundan betonarme yapılarda pek fazla tercih edilmez.

2.5. Korozyon

Betonarme ömrünü etkileyen en önemli faktörlerden biri de çelik donatıyı korozyona karşı korumaktır. Beton örtüsünün başlıca amacı da donatıyı korozyondan korumaktır. Çeliğin korozyonu elektrokimyasal reaksiyonlar içermektedir. Bu tür

reaksiyonlar da elektron alıp verme ilkesine dayanmaktadır (Niş, 2008). Yani genel olarak korozyonun sebebi, kararsız haldeki metalin serbest elektronlarını vererek pozitif iyon oluşturmaları, elektronları alan mukabil malzemenin ise negatif iyon oluşturmaları neticesinde pozitif iyonlarla negatif iyonlar arasındaki çekim kuvveti ile iyonik bağlı kararlı bir metal bileşiğinin metalin yüzeyinde bir korozyon ürününe, yani pası dönüşerek metali tahrip etmesidir. Genel olarak bunlara oksidasyon denmektedir (Niş, 2008). Eğer çelik donatı oksijenden ve sudan korunursa oksidasyon önlenmiş olacaktır. Bu oksidasyonun sebebi ise oksijenin oksitleyici özelliğe sahip olmasıdır. Oksidasyon reaksiyonu (korozyon) anot yüzeyinde hidrojen çıkışı da katot yüzeyinde meydana gelir (Dilek, 2019).

2.6. Statik Analiz Programları

Statik analiz, bir yapının üzerinde bulunan yükün ve aynı zamanda bu yapıya etki edecek dışardan gelen diğer kuvvetlerin yaptığı etkiyi detaylı olarak incelemek ve hesaplamak için kullanılan analiz türüdür. Bu analiz çeşidi sayesinde yapıların daha güvenli olması mümkündür. Genelde sanayi alanında bu konuda hemen her açıdan statik analiz ele alınır ve değerlendirilir. Statik analiz kullanılmadan hiçbir bina ya da yapının sağlamlığından söz etmek mümkün olmaz.

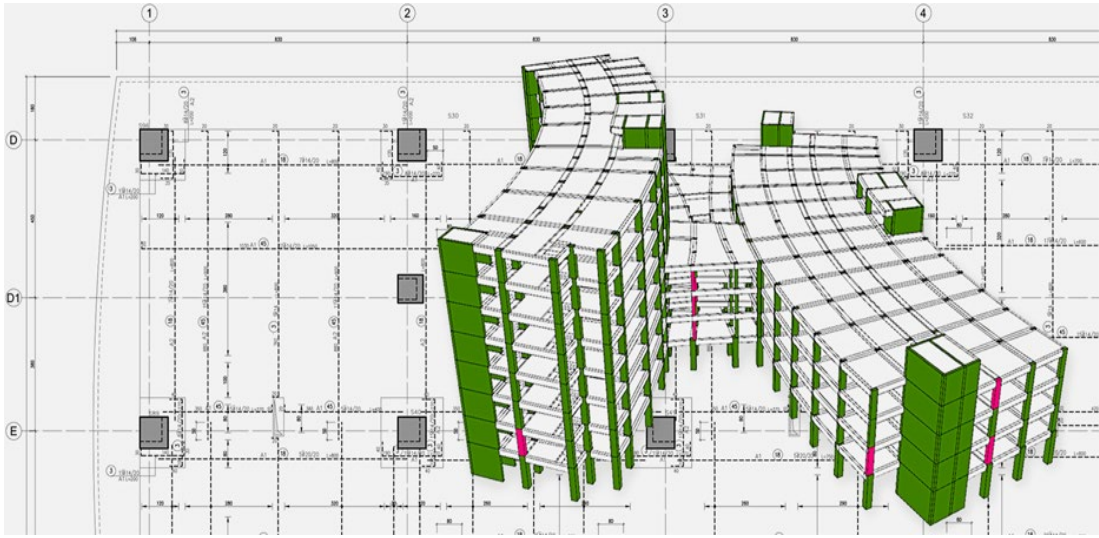
Statik analizi yapılmasını sağlayan bilgisayar tabanlı programlar vardır. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

- CYPE YAZILIMLARI
- SAP2000
- LİRALAND
- RISA 3D
- ETABS
- TOWER 8
- AUTOCAD
- STA4-CAD V13:
- IDE CAD
- PROTA STRUCTURE

2.6.1. ProtaStructure

ProtaStructure, inşaat mühendisliğinde proje çizimi ve statik analiz yapmaya yardımcı olan yazılımdır. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapı analizi yapan, analizleri deprem yönetmeliğine ve Türk Standartları Enstitüsü'ne bağlı olarak oluşturan statik analiz programıdır.

Aynı zamanda çelik, kompozit ve betonarme yapı elemanlarını tek bir model üzerinde birlikte kullanarak, tasarım sürecini daha kolaylaştırmaya yönelik bir programdır (Prota, 2023).



Şekil 10. ProtaStructure ile yapılan betonarme modelleme

2.7. Elle Statik Analiz Hesabı Yapılabilmesi İçin Kullanılacak Tablolar

Yapılan bu tez çalışmasında ikinci bölümde yer alan elle statik analiz hesabı yapılabilmesi için belli tablolara ihtiyaç duyulacaktır bu tablolar aşağıda verilmiştir. Tablolar standartlardan ve yönetmeliklerden alınmıştır.

2.7.1. Yoğunluk Değeri

Yoğunluk kavramı bir cismin birim hacminin kütlesi olarak tanımlanabilir. (Kızılcık ve Damalı, 2019). Yapıların hesaplamalarında da yoğunluk değeri vardır. Boyutlarına göre birimlendirilen, yapıların kendi kütlelerine ek olarak sabit yüklerinde sebep olabileceği etkilerin hesabında en önemli etken yoğunluktur. Ortalama değerlerden oluşan ve tek değerle ifade edilen, yapının tüm bileşenleri veya yapıda kullanılan malzemeler, depolanmış veya depolanmamış sabit yükleri gösteren

değerlerdir (TSISO9194, 1997). Tablo 1’de bazı yapı malzemeler için yoğunluk değerleri tablosu verilmiştir (TSISO9194, 1997).

Tablo 1. Bazı malzemeler için yoğunluk değerleri

Malzeme	Yoğunluk, kg/m ³	Y,kN/m ³
Tabi agregalı beton	2250-2500	22,5-25,0
Bazalt agregalı beton	2300-2500	23,0-25,0
Kırmataş agregalı beton	2300-2500	23,0-25,0
Yapı çeliği	7850	78,5
Dökme demir	7100	71,0
Alüminyum	2700	27,0
Kurşun	11000	110,0
Betonarme (TSISO9194 de kesin değer verilmemiş, ancak uygulamada genellikle 2500kg/m ³ değeri kullanılmaktadır.)	2500	25,0
Harman tuğlası	1500	15,0
Dış cephe tuğlası	1900	19,0
Delikli tuğla (boşluk hacmi tuğla hacminden %25 fazla),	820-1450	8,2-14,5
Dolu tuğla (basınç dayanımı 14MPa’a kadar)	1500-1700	15,0-17,0
Dolu tuğla (basınç dayanımı 14MPa’ın üzerinde)	1900	19,0
Klinker tuğlası	2000	20,0
Kiremit	1750-2000	17,5-10,0
Kum	1550	15,5
Çakıl	1700	17,0
Yüksek fırın cürufu ‘‘cüruf’’	1200-1500	12,0-15,0
Hafif beton agregası (dolgu için)	750-1000	7,5-10,0
Döşeme kaplaması harcı	1600	16,0
Çimento harcı (basınç dayanımı 2,5 MPa ve daha büyük)	2100	21,0
Kireçli çimento harcı (takviyeli)-’’sıva’’	1750-2000	17,5-20
PVC yer karosu	1700	17,0
Plastik karo	1100	11,0
Karo mozaik (seramik karo) ‘‘yer döşemesi’’	2200	2,0
Seramik duvar fayansları (TS498-1987’den)	1900	19,0
Mermer	2700	27,0
Sert ağaçlar (kayın,meşe,vb.)	640-800	6,4-8,0
Yumuşak ağaçlar (köknar, çam, kavak, söğüt, vb.)	410-570	4,1-5,7

2.7.2. Hesap Değerleri

Yapı elemanlarının boyutlandırılması için ve hesaplamaların yapılabilmesi için hesap değerlerine ihtiyaç vardır. Bu hesap değerlerinden biri de hareketli yük değeridir. Hareketli yükler, yönetmeliklerde ve standartlarda yapıların statik analizinde kullanılan kesit zorlamalarını maksimum dereceye çıkartan değerlerdir (Ersoy, 1992). Hareketli yükün kat içerisinde düzgün yayılması beklenir aksi

takdirde yapının ağırlık merkezine ekstra bir moment oluşturur bu da istenmeyen bir durumdur (Doğan ve Bakırcı Er, 2011). Tablo 2’de hesaplamalarda kullanılacak yük değerleri tablosu verilmiştir (TS498, 1987).

Tablo 2. Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri.

Kullanım şekli			Hesap Değeri
ÇATILAR Yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	Döşemeler	MERDİVENLER (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	kN/m ²
	Çatı arası odalar		1,5
Zaman zaman kullanılan çatılar	Konut, teras oda ve koridorlar, bürolar, konutlardaki 50 m ² 'ye kadar olan dükkanlar, hastane odaları		2
Konut toleranslarının kullanılması ve çiçeklik (bahçe yapılması)	Hastanelerin mutfakları, muayene odaları, poliklinik odaları, sınıflar, yatakhaneler, anfiler	Konut Merdivenleri	3,5
	– Camiler – Tiyatro ve sinemalar, – Spor dans ve sergi salonları, – Tribünler (oturma yeri sabit olan) – Toplantı ve bekleme salonları – Mağazalar, – Lokantalar – Kütüphaneler – Arşivler – Hafif ağırlıklı atölyeler – Büyük mutfaklar, kantinler – Balkonlar – Büro, hastane okul vb.	Umuma açık yapılarda büro hastane okul, tiyatro, kütüphane kitaplık vb.	5
	Tribünler (oturma yeri sabit olmayan)		7,5
	Garajlar (Toplam ağırlığı 2,5 tona kadar olan araçlar için)		5

NOT: Merdiven basamakları yük değerlerinin hesaplarda geçerli olabilmesi için, yükün düzgün yayılı şekle dönüşmesini sağlayan bir konstrüksiyon yapılmış olmalıdır. Mesela, her basamağın rıht ile bağlantısı sağlanmalı veya sahanlıkları birleştiren kirişe oturmalı veyahut merdiven boşluğu duvarlarına ankastre edilmelidir (TS498, 1987)

2.7.3. Beton Örtüsü

Beton örtüsü veya pas payı donatının korozyona uğramasının önüne geçmek için en önemli etkidir. Betonarmede donatı çeliğinde kesit kaybı oluşması gibi istenmeyen durumlar oluşmaktadır. Pas payının yeterli olmaması beton örtüsü tabakasının çatlamasına sebep olarak korozyonun yolunu açmaktadır (Yavuz ve diğerleri , 2019). Tablo 3’de yapılar için minimum beton örtüsü yani pas payı değerleri verilmiştir (TS500, 2000).

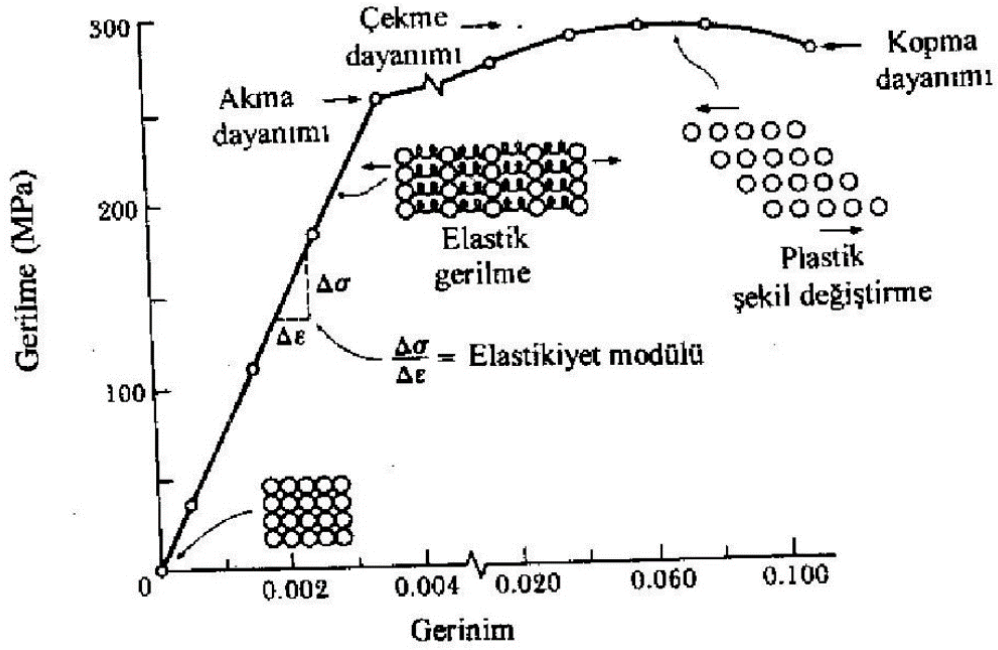
Tablo 3. En Dış Donatının Dış Yüzünden Ölçülen Gerekli Beton Örtüsü

Yapı elemanları	Beton örtüsü
Zeminle doğrudan ilişkide olan elemanlarda	$c_c = 50 \text{ mm}$
Hava koşullarına açık kolon ve kirişlerde	$c_c = 25 \text{ mm}$
Yapı içinde, dış etkilere açık olmayan kolon ve kirişlerde	$c_c = 20 \text{ mm}$
Perde duvar ve döşemelerde	$c_c = 15 \text{ mm}$
Kabuk ve katlanmış plaklarda	$c_c = 15 \text{ mm}$

2.7.4. Donatı Çeliklerinin Mekanik Özellikleri

Betonarme içerisinde beton ile uyum içerisinde çalışan donatı çubukları, betona uygulanan çekme kuvvetini karşılamak için kullanılır. Donatı çeliğinin gerilme-şekil değiştirme grafiği Şekil 11 ‘de verilmiştir (Metalurji, 2008). İçerisinde bulundurduğu karbon miktarına göre, yüzey şekillerine göre ve kimyasal özelliklerine göre de sınıflandırılmıştır (Ceylan, 2019). Yapısında %95 oranda Demir (Fe) bulunduran donatı çelikleri mekanik olarak işlenebilen alaşımlardır. Donatı çelikleri aynı zamanda üretildikleri yöntemlere göre, akma dayanımlarına göre gibi

mekanik özelliklerine göre sınıflandırma yapılmıştır (Bektaş, 2016). Tablo 4’de ve Tablo 5’de donatı çeliklerinin mekanik özellikleri verilmiştir (TS708, 2016).



Şekil 11. Donatı çeliğinin gerilme-şekil değiştirme grafiği.

Tablo 4. Donatı Çeliklerinin Mekanik Özellikleri

Mekanik Özellikler	Donatı Çubukları			Hasır Donatı		
	Doğal Sertlikte			Soğukta İşlem Görmüş		
	S220a	S420a	S500a	S420b	S500b	S500bk
Minimum akma dayanımı $f_{yk}(\text{MPa})$	220	420	500	420	500	500
Minimum kopma dayanımı $f_{su}(\text{MPa})$	340	500	550	550	550	550
Tasarım akma dayanımı $f_{yd}(\text{MPa})$	191	365	365	365	435	435
Minimum kopma uzaması	18	12	12	10	8	5
Minimum kopma uzaması	18	10	10	10	8	5

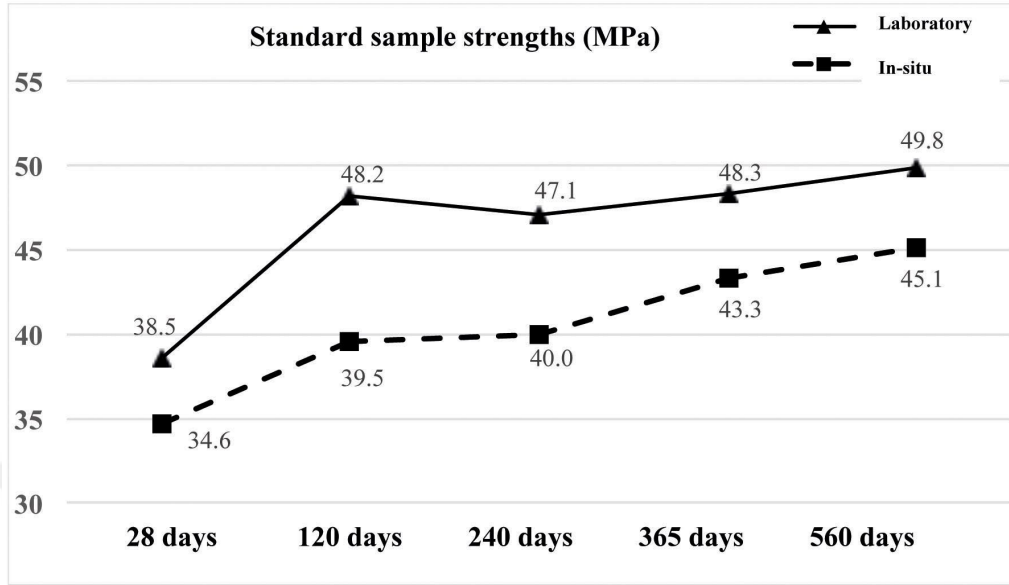
Tablo 5. Donatı Çeliğinin Mekanik özellikleri

Tip	Düz yüzeyli	Nervürlü					Profilli ^a
Sınıf	S 220	S 420	B 420B	B 420C	B 500B	B 500C	B500A
Akma dayanımı (en az) R_e (N/mm ²)	220	420	420	420	500	500	500
Çekme dayanımı (en az) R_m (N/mm ²)	340	500	-	-	-	-	550
Çekme dayanımı/akma dayanımı oranı R_m/R_e	1,20 (en az)	1,15 (en az)	1,08 (en az)	$\geq 1,15$ <1,35	1,08 (en az)	$\geq 1,15$ <1,35	-
Deneysel akma dayanımı/karakteristik akma dayanımı oranı $R_{e\text{ act}}/R_{e\text{ nom}}$ (max)	-	1,30	-	1,30	-	1,30	-
Kopma uzaması (en az) A_5 (%)	18	10	12	12	12	12	5
Maksimum yükte toplam uzama (en az) A_{gt} (%)	-	-	5	7,5	5	7,5	2,5
Bükme açısı	180		90/20				
Bükme açısı/ters bükme açısı _b	-						

^a Soğuk mekanik işlem uygulanarak da imal edilebilir.^b Çizelge 4'ün 'b' dip notu.**2.7.5. Beton Sınıfları ve Dayanımları**

Yapı malzemeleri arasında yer alan beton, içerisinde belli oranlarda iri agrega, ince agrega, çimento ve su bazı durumlarda ise katkı maddesi de bulunduran karmaşık yapıya sahip bir karışımdır. Beton dayanımı gün geçtikçe artar ancak beton dayanımı birçok etkene bağlı olarak azalma gösterebilir (Alparslan ve Sağlam, 2006). Şekil 12'de laboratuvar ve saha ortamında bulunan beton numunelerinin zamana bağlı olarak değişen dayanımını gösteren grafik verilmiştir (Okur ve diğerleri, 2019). Beton kürü dayanımı azaltan en önemli faktörlerden biridir. Beton sınıfları içindeki su/çimento oranına göre artış veya azalış göstermektedir. Tablo 6'da özellikle yapılarda kullanılan beton sınıfları ve dayanımları gösterilmiştir (TS500, 2000). Beton sınıfı arttıkça maliyet artmaktadır ancak yapılarda projede beton sınıfını

düşürmek gibi işlemler toplam maliyeti her zaman düşürmeyecektir (Tetik ve diğerleri, 2021).



Şekil 12. Laboratuvar ve saha ortamında bulunan beton numunelerinin zamana bağlı olarak dayanımı

Tablo 6. Beton Sınıfları ve Dayanımları

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı, f_{ck}	Eşdeğer Küp (150 mm) Basınç Dayanımı	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ctk}	28 Günlük Elastisite Modülü E_c
	MPa	MPa	MPa	MPa
C16	16	20	1,4	27 000
C18	18	22	1,5	27 500
C20	20	25	1,6	28 000
C25	25	30	1,8	30 000
C30	30	37	1,9	32 000
C35	35	45	2,1	33 000
C40	40	50	2,2	34 000
C45	45	55	2,3	36 000
C50	50	60	2,5	37 000

2.7.6. Donatı Çeliği Enkesit Alanı

Betondaki çekme gerilmesini karşılamak amacıyla donatı çeliği kullanılmaktadır. Nervürlü ve nervürsüz şekilde iki çeşit donatı çeliği mevcuttur ancak betonarme yapılarda nervürlü donatı çeliği kullanımı zorunlu kılınmıştır. Anma çaplarına göre isimlendirirler. Donatı çeliği en küçük anma çapı 8 mm olmak şartıyla değişkenlik gösteren çift ardışık sayılı anma çaplarıyla ve genellikle 12 m

uzunluğunda çeşitli uzunluklarda üretilmektedir (Yılmaz, 2006). Betonarme hesaplarda donatının enkesit alanına ihtiyaç vardır. Tablo 7’de betonarme yapılarda en sık kullanılan nervürlü donatı çelik çubuklarının geometrik özellikleri verilmiştir.

Tablo 7. Betonarmede kullanılan nervürlü çelik çubukların geometrik özellikleri

Donatı Çapı, Ø	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Enkesit Alanı, mm ²	50,26	78,5	113,0	154,0	201,0	254,0	314,0	380,0	491,0	531,0	616,0

2.7.7. Yüzeysel Yoğunluk Değeri

Çatı yüzeyleri metal, kil, çimento ve bitüm gibi yüzeylerle örtülmektedir. Çatıyı oluşturan iskelet taşıyıcı sistemde ahşap, beton veya çelik kullanılmaktadır (Uğur ve diğerleri, 2018). Çatı yükleri yüzeysel yoğunluk değerleri arasında yer alır. Çatı yüzeylerine kar ve rüzgar yükleri etki edeceği gibi çatıyı oluşturan elemanların kendi yükleri de etki eder bu iki durumun toplamı ile çatıya gelen yüklerin belirlenmesi yapılabilir (Olgun). Tasarım yükü formülündeki sabit yükleri hesaplayabilmek için yapıda var ise çatı yükleri de hesaba dahil edilmelidir. Tablo 8’de çatı malzemeleri için yüzeysel yoğunluk değerleri verilmiştir (Doğangün, 2017).

Tablo 8. Yapılarda kullanılan bazı malzemeler için yüzeysel yoğunluk değerleri

Çatı malzemeleri	Yüzey yoğunluğu kg/m ²	Yüzey basıncı kN/m ²
Pişmiş kilden düz kiremit	38	0,380
Pişmiş kilden preslenmiş kiremit	48	0,380
Düz beton çatı kiremiti	40-50	0,400-0,500
Galvanizli oluklu sac	15	0,150
0,75 mm kalınlığında kaynaklanmış çinko levha	4,5	0,045
0,6 mm kalınlığında alüminyum kaplama levha	2	0,020
2 mm kalınlığında kurşun levha kaplama	24	0,240
1 mm kalınlığında yumuşak plastik kaplama	9	0,090
2 tabakalı çivili bitümlü kaplama plakası	8	0,080

2.7.8. Moment Katsayıları

Tek veya çift doğrultuda çalışan kirişli döşemeler için döşeme açıklığında açıklık momenti, mesnet bölgeleri için ise mesnet momenti tespitleri yapılmaktadır (Elçi, 1992). Döşeme donatı hesabının yapılabilmesi için tasarım momentlerine ihtiyaç vardır tasarım moment formülünde de moment katsayılarının bilinmesi gerekir. Tablo 9’da iki doğrultuda çalışan kirişli döşemeler için moment katsayıları değerleri verilmiştir. (Doğangün, 2017)

Tablo 9. İki doğrultuda çalışan kirişli döşemeler için moment katsayıları.

Mesnet koşulları ve momentin hesaplandığı döşeme kısmı			Kısa kenar doğrultusunda								Uzun kenar doğr.
			Kenar oranı , m=1/ s								
			1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.75	2.00	
1	Açıklık momenti		0.025	0.030	0.034	0.038	0.041	0.045	0.053	0.062	0,025
	Mesnet mom.	Sürekli ken.	0.033	0.040	0.045	0.050	0.054	0.059	0.071	0.083	0.033
2	Açıklık moment		0.031	0.035	0.040	0.043	0.046	0.049	0.056	0.064	0.031
	Mesnet mom.	Sürekli ken.	0.041	0.047	0.053	0.057	0.061	0.065	0.075	0.085	0.041
		Sürekli ken.	0.016	0.018	0.020	0.022	0.023	0.025	0.028	0.032	0.016
4	Açıklık moment		0.037	0.042	0.047	0.050	0.053	0.055	0.062	0.068	0.037
	Mesnet mom.	Sürekli ken.	0.049	0.056	0.062	0.066	0.070	0.073	0.082	0.090	0.049
		Sürekli ken.	0.019	0.021	0.024	0.025	0.027	0.028	0.031	0.034	0.019
7	Açıklık moment		0.044	0.053	0.060	0.065	0.068	0.071	0.077	0.080	0.044
	Mesnet mom.	Sürekli ken.	-	-		-	-	-	-	-	0.056
		Sürekli ken.	0.022	0.027	0.030	0.033	0.034	0.036	0.039	0.040	-
5	Açıklık moment		0.044	0.046	0.049	0.051	0.053	0.055	0.058	0.060	0.044
	Mesnet mom.	Sürekli ken.	0.056	0.061	0.065	0.069	0.071	0.073	0.077	0.080	-
		Sürekli ken.	-	-	-	-	-	-	-	-	0.022
6	Açıklık moment		0.044	0.049	0.054	0.058	0.061	0.064	0.069	0.074	0.044
	Mesnet mom.	Sürekli ken.	0.058	0.065	0.071	0.077	0.081	0.085	0.092	0.098	0.058
		Sürekli ken.	0.022	0.025	0.027	0.029	0.030	0.031	0.035	0.037	0.022
9	Açıklık moment		0.050	0.057	0.062	0.067	0.071	0.075	0.081	0.083	0.050
	Mesnet mom.	Sürekli ken.	0.025	0.029	0.031	0.034	0.036	0.038	0.041	0.042	0.025

2.7.9. Yük Dağıtma Katsayıları

Yapının rijit elemanlarındaki kesme dayanımının yeteri düzeyde olmaması yapıda gevrek bir kırılmaya neden olmaktadır (Öztürk H. , 2016). Kesme dayanımının sağlanması için tasarım kesme kuvvetinin, kesitin kesmede çatlama

dayanımından küçük olması gerekir (Doğangün, 2017). Döşemelerde kesme güvenliği hesabındaki tasarım kesme kuvveti formülünde döşeme kenar oranına göre yük dağıtma katsayısına ihtiyaç duyulmaktadır. Tablo 10'da iki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde kısa kenar doğrultusu için yük dağıtma katsayısı değerleri verilmiştir (Doğangün, 2017).

Tablo 10. İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde kısa kenar doğrultusu için yük dağıtma katsayısı (X_k).

Mesnet Koşulları	Kenar oranı, $m = L_1 / L_s$										
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
1	0,5	0,59	0,67	0,74	0,79	0,83	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94
2	0,66	0,74	0,80	0,85	0,88	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97
3	0,33	0,42	0,50	0,58	0,65	0,71	0,76	0,80	0,84	0,86	0,88
4	0,50	0,59	0,67	0,74	0,79	0,83	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94
5	0,83	0,88	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
6	0,71	0,78	0,83	0,87	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97
7	0,16	0,22	0,29	0,36	0,43	0,50	0,56	0,62	0,67	0,72	0,76
8	0,28	0,36	0,45	0,53	0,60	0,66	0,72	0,77	0,80	0,83	0,86
9	0,50	0,59	0,67	0,74	0,79	0,83	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94

2.7.10. Boyut ve Donatı Sınır Değerleri

Betonarme döşemeler için yapılan tasarım hesapları için bazı sınır değerler mevcuttur. Bu sınır değerler donatı aralığı, donatı oranı, minimum döşeme kalınlığı, sehim gerektirmeyen döşeme kalınlığı hesabı, çekme donatısı oranı, dağıtma donatısı

oranı gibi büyüklüklerdir. Bu büyüklükler TS500 ve Deprem Yönetmeliğinden yardım alınarak belirlenmiştir (Doğangün, 2017). Tablo 11’de iki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin standartlarda ve yönetmeliklerde sunulan boyut ve donatıları için sınır değerleri verilmiştir (Doğangün, 2017).

Tablo 11. İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin boyut ve donatıları için sınırlar.

Büyüklik	Sembol	$\leq$ ya da $\geq$	Sınır değerler ve açıklamalar		
Döşeme kalınlığı	h_f	$\geq$	80mm		
			$\frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \times \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right)$		
			$l_{sn}/25$	Bir açıklıklı döşeme	Döşeme kalınlıklarının bu değerlerden büyük seçilmesi halinde sehim hesabı yapmaya gerek yoktur. Küçük seçilirse sehim hesabı gerekir.
			$l_{sn}/30$	Sürekli döşeme kenar açıklık	
			$l_{sn}/35$	Sürekli döşeme iç açıklık	
Net beton örtüsü	C_c	$\geq$	15mm		
Her bir doğrultudaki donatı oranı	ρ_s ve ρ_l	$\geq$	0,0015		
Her iki doğrultudaki donatı oranları toplamı	$\rho_s + \rho_l$	$\geq$	0,0040	S220 (BÇ-I) için	
			0,0035	S420 (BÇ-III) için	
			0,0035	S500 (BÇ-IV) için	
Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilen donatının aralığı	s_s	$\leq$	$1,5h_f$ 200mm		
Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilen donatının aralığı	s_l	$\leq$	$1,5h_f$ 250mm		
Döşemede meydana gelebilecek maksimum sehim değeri (bu sınırların aşıldığı durumlarda eleman boyutları büyütülmelidir.)	δ	$\leq$	$l_n/180$	Hareketli yükten bölme duvarsız çatı elemanlarında oluşan ani sehim	
			$l_n/360$	Hareketli yükten bölme duvarsız normal kat elemanlarında oluşan ani sehim	
			$l_n/480$	Sehime duyarlı eleman taşı.	B. duvarlı çatı ve normal kat elm. sürekli yüklerden oluşan toplam sehim ile hareketli yüklerin geri kalan bölümünden oluşan ani sehim toplamı
			$l_n/240$	Normal eleman t.	

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

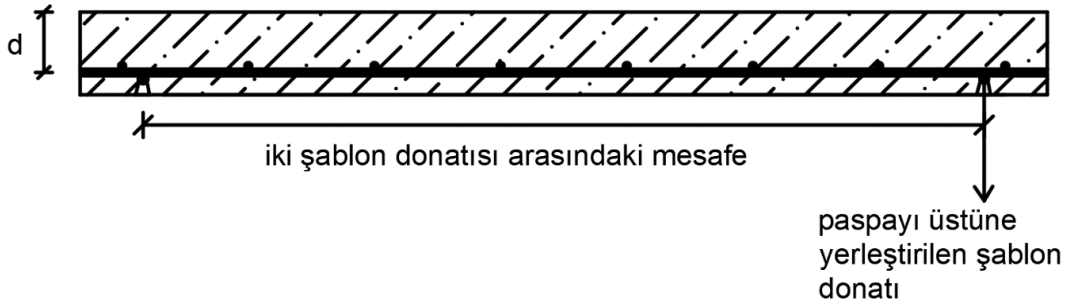
3.1. Yapılan Çalışmalar Ön Bilgi

Yapılan bu tez çalışmasında bina inşaatlarında döşeme donatı montajı yapılırken uygulanan ancak statik hesaplamalar çözümlenirken hesaplamalara dahil edilmeyen şablon donatıları gözlemlenmiştir. Şablon donatısının döşeme donatı hesabı yapılırken faydalı yükseklik parametresini değiştireceği için açıklık ve mesnet momentlerinde değişimler olacağı tahmin edilmiştir. Dolayısıyla döşeme için belirlenen donatılarda da değişim olacaktır. Bu durumun farklı döşeme kalınlıklarında statik hesaplamalara etkisini hem el ile çözüm yapılarak hem de ProtaStructure statik analiz programı yardımı ile oluşan farklı sonuçların yorumlaması yapılmıştır. Bu oluşan farklı sonuçlar bulgular kısmında grafikler ve tablolar ile gösterilmiş, bu veriler tartışmalar ve sonuçlar kısmında yorumlanmıştır. Bu çalışmada yapılan çözümler için Adem DOĞANGÜN'ün Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı kitabından yardım alınmıştır. (Doğangün, 2017)

- Tip 1-A Döşemesi: Döşeme kalınlığı 13 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilmeyen elle çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 1-B Döşemesi: Döşeme kalınlığı 13 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilen elle çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 1-C Döşemesi: Döşeme kalınlığı 13 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilmeyen ProtaStructure statik analiz programı ile çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 2-A Döşemesi: Döşeme kalınlığı 14 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilmeyen elle çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 2-B Döşemesi: Döşeme kalınlığı 14 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilen elle çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 2-C Döşemesi: Döşeme kalınlığı 14 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilmeyen ProtaStructure statik analiz programı ile çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 3-A Döşemesi: Döşeme kalınlığı 15 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilmeyen elle çözüm yapılan döşemeye verilen addır.

- Tip 3-B Döşemesi: Döşeme kalınlığı 15 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilen elle çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 3-C Döşemesi: Döşeme kalınlığı 15 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilmeyen ProtaStructure statik analiz programı ile çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 4-A Döşemesi: Döşeme kalınlığı 20 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilmeyen elle çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 4-B Döşemesi: Döşeme kalınlığı 20 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilen elle çözüm yapılan döşemeye verilen addır.
- Tip 4-C Döşemesi: Döşeme kalınlığı 20 cm olan hesaplamalara şablon donatısı dahil edilmeyen ProtaStructure statik analiz programı ile çözüm yapılan döşemeye verilen addır.

Yukarıda gösterilen adlandırmalar bundan sonraki bölümlerde çözümleme ve yorumlarda kullanılmıştır. Şekil 13’de faydalı yükseklik (d) ve şablon donatısının pas payı ile döşeme hasırı arasındaki konumu şematize edilmiştir



Şekil 13. Şablon donatılı döşeme kesiti.

3.2. Tip 1 Döşeme Türleri İçin Hesaplar

3.2.1. Tip 1-A Döşemesi İçin Döşeme Kalınlığı Hesabı

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \times \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right) \quad (1)$$

l_{sn} : Döşemenin kısa kenarının temiz açıklığı

α_s : $\sum$ sürekli kenar uzunluğu / $\sum$ kenar uzunluğu

m : $l_l / l_s > 2$ ise tek doğrultuda çalışan kirişli döşemedir.

m: $l_l / l_s \leq 2$ ise iki doğrultuda çalışan kirişli döşemedir.

$$l_l = 695 \text{ cm}$$

$$l_s = 425 \text{ cm}$$

$$l_{sn} = 425 - 50 = 375 \text{ cm}$$

$$\alpha_s = \frac{695}{2 \times (695 + 425)} = 0.31 \quad (2)$$

$$m = \frac{695}{425} = 1.63 < 2 \quad (3)$$

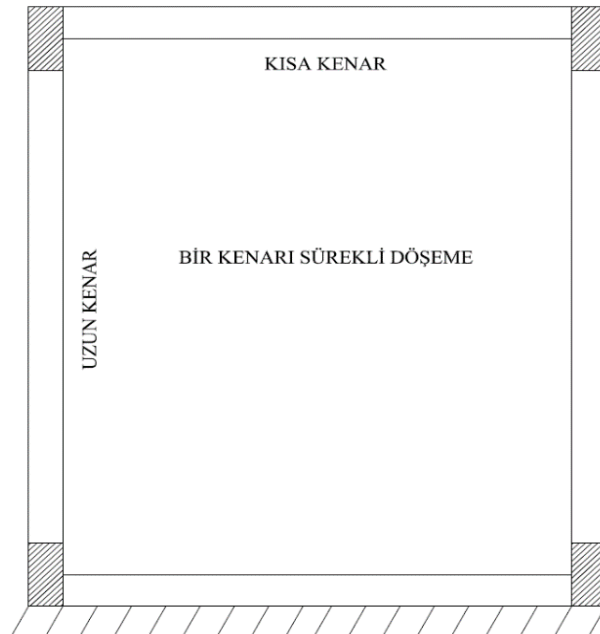
Dolayısıyla bu döşeme çift doğrultuda çalışan kirişli döşemedir.

$$h_f \geq \frac{3750}{15 + \frac{20}{1.63}} \times \left(1 - \frac{0.31}{4}\right) = 115,16 \text{ mm} \cong 110 \text{ mm} \quad (4)$$

Sehim hesabı gerektirmeyen

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{30} = \frac{3750}{30} = 125 \text{ mm} \quad (5)$$

Seçilen döşeme kalınlığı $h_f = 130 \text{ mm}$ olarak belirlenmiştir. (Tablo 11)

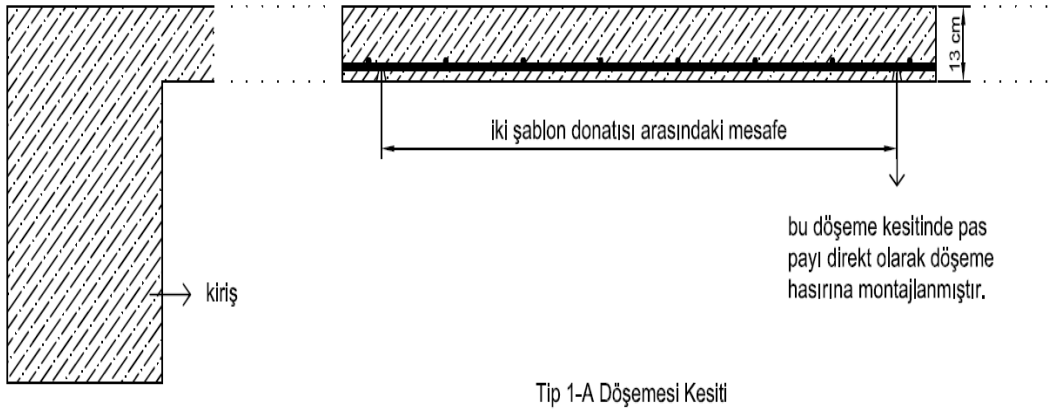


Şekil 14. Şematize Edilmiş Bir Kenarlı Sürekli Döşeme

3.2.2. Tip 1-A ve Tip 1-B Döşemeleri İçin Hesap Yükünün Bulunması

- Çatı katından gelen yığma duvar yükü $6,4 \text{ kN/m}^2$ (çatı katı olan bir yapının çatı katında kullanılan tüm duvar yükü hesaplanıp döşeme alanına bölünüp yayılı yük şeklinde hesabı yapılmıştır.)
- Çatı katından gelen seramik karo yer döşemesi yükü
 $2 \text{ kN/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 0,02 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 1)
- Çatı katından gelen döşeme kaplama harcı yükü
 $16 \text{ kN/m}^3 \times 0,1 \text{ m} = 1,6 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 1)
- Çatı yükü $0,38 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 8)
- Toplam kalıcı yük $g = 8,4 \text{ kN/m}^2$
- Hareketli yük $q = 2 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 2)

Tasarım yükü hesabı $P_d = 1,4g + 1,6q$ formülüyle hesaplanabilir. Tip 1-A döşemesi için döşeme öz ağırlığını Tablo 1'den alınan değer hesaba katılırsa $0,13 \times 25 = 3,25 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmaktadır. Tip 1-A ve Tip 1-B döşemelerinde tasarım yükü değeri $P_d = 1,4 \times (3,25 + 8,4) + 1,6 \times 2 = 19,51 \text{ kN/m}^2$ şeklinde hesaplanmaktadır. (6)



Şekil 15. Tip 1-A Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları

3.2.3. Tip 1-A Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

3.2.3.1. Tip 1-A Döşemesi İçin Kesme Dayanım Kontrolü

Döşeme birim genişliği $b = 1,0 \text{ m}$ alınarak, faydalı yükseklik;

$$d = h_f - C_c - \emptyset / 2 = 130 - 15 - 8 / 2 = 111 \text{ mm } (0,111 \text{ m}) \quad (7)$$

olarak hesaplamalara dahil edilecektir. (f_{ctd} değeri Tablo 3 'den alınmıştır.) f_{ctd} ise betonun hesaplarda kullanılacak tasarım çekme dayanımı olup, f_{ctk} betonun karakteristik eksenel çekme dayanımının γ_{mc} ile bölünmesinden elde edilebilir ($f_{ctd}=f_{ctk} / \gamma_{mc}$)

- Beton için malzeme katsayısı γ_{mc}
- Yerinde dökme betonlar için 1.5
- Prefabrike elemanlar için 1.4
- Betonda kalite denetimi olmadığı zaman 1.7 veya daha büyük alınabilir. (TS500, 2000)

Sık kullanılan beton sınıflarının f_{ck} , f_{ctk} , f_{cd} ve f_{ctd} değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Beton sınıfı C30 seçilmiş olup hesaplamalara dahil olacak f_{ctd} değerini yukarıdaki formüle göre hesaplanır ise $f_{ctd} = 1266 \text{ kN/m}^2$ olur. Kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayısı tablosundan kenar oranı $m = 1,63$ ve seçilen döşeme tipi ile tablo 10'dan okunan değer $X_k = 0,72$ olarak alınabilir.

Kesme Güvenliği Hesabı

$$V_d = X_k \cdot P_d \cdot (0,5 \cdot l_{sn} - d) = 0,72 \cdot 19,51 \cdot (0,5 \cdot 3,75 - 0,111) = 24,78 \text{ kN} \quad (8)$$

$$V_{cr} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,65 \cdot 1266 \cdot 1,0 \cdot 0,111 = 91,34 \text{ kN} \quad (9)$$

$V_d \leq V_{cr}$ kesme güvenliği şartı $24,78 \text{ kN} < 91,34 \text{ kN}$ sağlanmıştır. Bu durumda kesme donatısına gerek yoktur.

3.2.3.2. Tip 1-A Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,069$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,069 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 18,93 \text{ kN.m} = 18,93 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (10)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,044$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,044 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 12,07 \text{ kN.m} = 12,07 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (11)$$

Yukarıdaki işlemler ile açıklık donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım açıklık moment değerleri hesaplanmıştır.

3.2.3.3. Tip 1-A Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 111 - \sqrt{111^2 - \frac{2 \cdot 18,93 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 10,53 \text{ mm} \quad (12)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{18,93 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(111 - \frac{10,53}{2}\right)} = 490,49 \text{ mm}^2 \quad (13)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50,26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{490,49} 50,26 = 102,47 \text{ mm} \quad (14)$$

Gereken donatı aralığı 102,47 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_s = 100 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{100} 50,26 = 500,26 \text{ mm}^2 \quad (15)$$

Donatı oranı hesabı;

$$\rho_s = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_s = \frac{500,26}{1000 \cdot 111} = 0,0045 \quad (16)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_s = 0,0044 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam 500,26 mm² donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 100 mm aralıkta (S_s) yerleştirilecektir.

Seçilen donatı Ø8/200 (250,13 mm²) düz + Ø8/200 (250,13 mm²) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Faydalı yükseklik $d_u = d_k - \emptyset = 111 - 8 = 103$ mm şeklinde değişir.

Basınç bloğu derinliği (a)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 103 - \sqrt{103^2 - \frac{2 \cdot 12,07 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 7,14 \text{ mm} \quad (17)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_{si} = \frac{12,07 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(103 - \frac{7,14}{2}\right)} = 332,58 \text{ mm}^2 \quad (18)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50,26$ mm² Tablo 7)

Donatı aralığı hesabı:

$$S_l = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_l = \frac{1000}{332,58} 50,26 = 151,12 \text{ mm} \quad (19)$$

Gereken donatı aralığı 151,12 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_l = 150$ mm alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{150} 50,26 = 335,06 \text{ mm}^2 \quad (20)$$

Donatı oranı:

$$\rho_l = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_l = \frac{335,06}{1000 \cdot 73} = 0,0046 \quad (21)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_l = 0,0046 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $335,06 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 150 mm aralıkta (S_l) yerleştirilecektir. Seçilen donatı $\text{Ø}8/300 (167,53 \text{ mm}^2)$ düz + $\text{Ø}8/300 (167,53 \text{ mm}^2)$ pilye şeklinde yerleştirilebilir.

$$\rho_s + \rho_l = 0,0045 + 0,0046 = 0,0091 > 0,0035 \quad (22)$$

olduğundan TİP 1-A döşemesi her iki açıklık için de yönetmelikteki donatı oranları toplamı şartını sağlamaktadır.

3.2.3.4. Tip 1-A Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,035$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,035 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 9,60 \text{ kN.m} = 9,60 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (23)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,022$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,022 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 6,04 \text{ kN.m} = 6,04 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (24)$$

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,092$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,092 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 25,24 \text{ kN.m} = 25,24 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (25)$$

Yukarıdaki işlemler ile mesnet donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım mesnet moment değerleri hesaplanmıştır.

3.2.3.5. Tip 1-A Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 111 - \sqrt{111^2 - \frac{2 \cdot 9,60 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 5,21 \text{ mm} \quad (26)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{9,60 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(111 - \frac{5,21}{2}\right)} = 242,64 \text{ mm}^2 \quad (27)$$

Tip 1-A döşemesi için seçilen Ø8/200 (250,13 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (süreksiz kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 111 - \sqrt{111^2 - \frac{2 \cdot 6,04 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 3,22 \text{ mm} \quad (28)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{6,04 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(111 - \frac{3,22}{2}\right)} = 151,27 \text{ mm}^2 \quad (29)$$

Tip 1-A döşemesi için seçilen Ø8/300 (167,53 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 111 - \sqrt{111^2 - \frac{2 \cdot 25,24 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 14,29 \text{ mm} \quad (30)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{25,24 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(111 - \frac{14,29}{2}\right)} = 665 \text{ mm}^2 \quad (31)$$

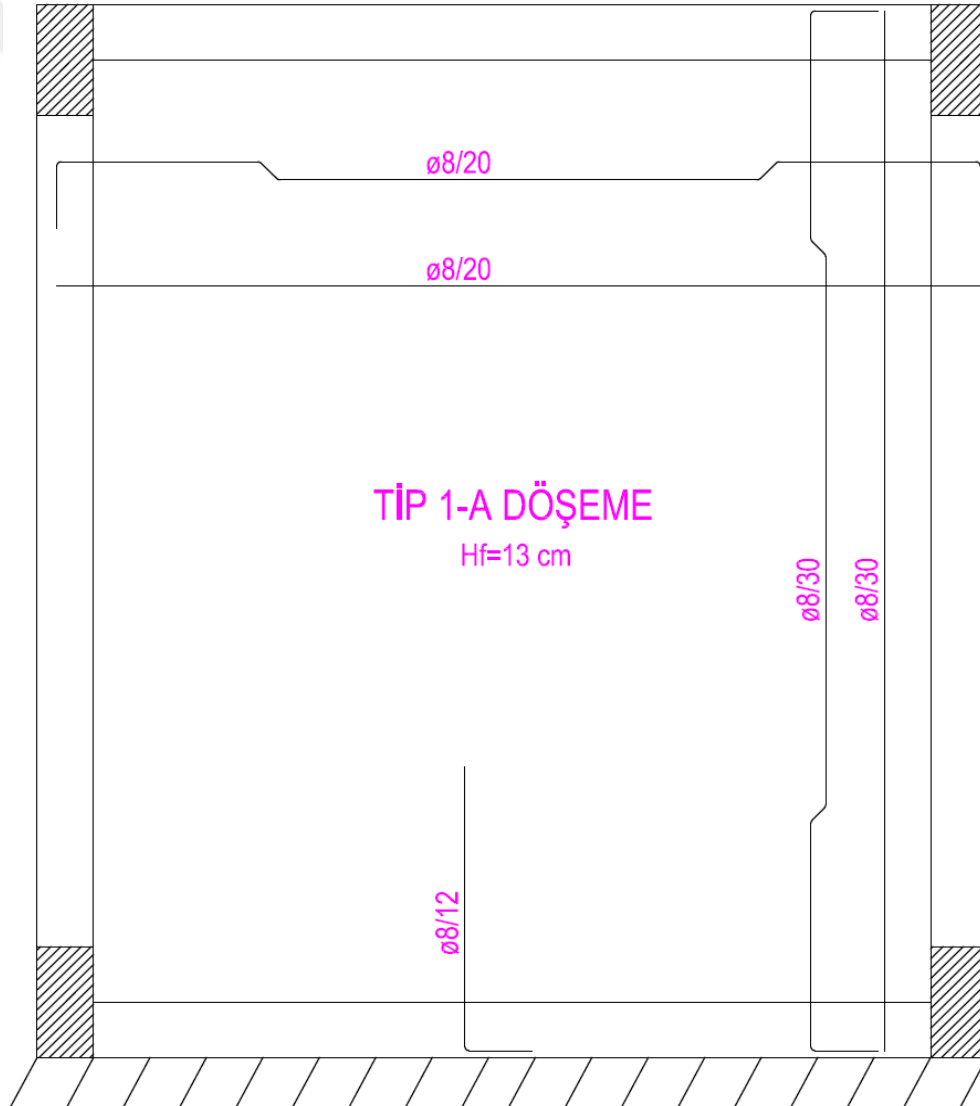
Tip 1-A döşemesi için seçilen Ø8/200 (250,13 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacaktır fakat bu donatı alanı yeterli olmadığından dolayı ilave mesnet donatısı hesabı yapmak gerekmektedir.

Mesnet ilave donatısı ile karşılanması gereken donatı alanı 414,87 mm²'dir.

Bu durumda belirlenecek olan donatı aralığı;

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{414,87} 50,26 = 121,15 \text{ mm} \quad (32)$$

Mesnet ilave donatısı Ø8/120 (418,83 mm²) seçilmiştir. Şekil 16'da Tip 1-A döşemesi için kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı şematize edilmiştir.



Şekil 16. Tip 1-A döşemesi donatı planı.

3.2.4. Tip 1-B Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

Bu döşeme tipinde döşeme kalınlığı değiştirilmeden hesaplamalar şablon donatısı dikkate alınarak yapılmıştır. Şablon donatısı faydalı yüksekliği değiştireceğinden aynı döşeme kalınlığı olsa bile çözümlerin tekrardan yapılması gereklidir.

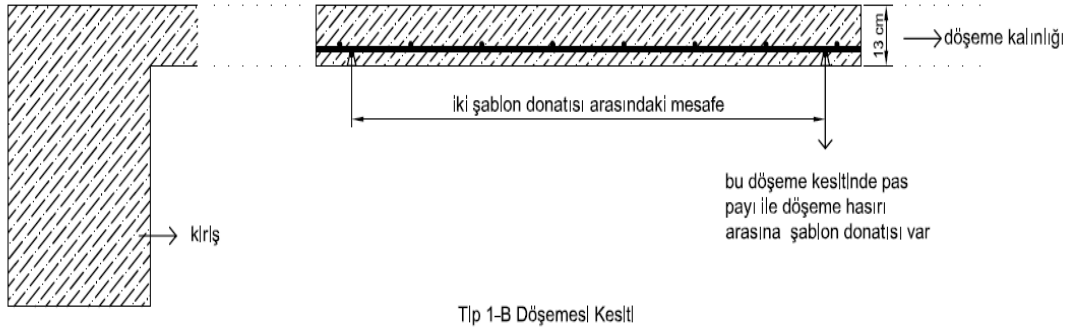
3.2.4.1. Tip 1-B Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü

Döşeme birim genişliği $b=1,0$ m alınarak, faydalı yükseklik;

$$d=h_f-C_c-\varnothing/2=130-(15+8)-8/2=103\text{ mm } (0,103\text{ m}) \quad (33)$$

olarak hesaplamalara dahil edilecektir. (C_c değeri Tablo 3 'den alınmıştır.)

Beton sınıfı C30 seçilmiş olup hesaplamalara dahil olacak f_{ctd} değerini yukarıdaki formüle göre hesaplanır ise $f_{ctd} = 1266\text{ kN/m}^2$ olur. Kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayısı tablosundan kenar oranı $m=1,63$ ve seçilen döşeme tipi ile tablo 10'dan okunan değer $X_k=0,72$ olarak alınabilir.



Şekil 17. Tip 1-B Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları

Kesme Güvenliği Hesabı

$$V_d = X_k \cdot P_d \cdot (0,5 \cdot l_{sn} - d) = 0,72 \cdot 19,51 \cdot (0,5 \cdot 3,75 - 0,103) = 24,89\text{ kN} \quad (34)$$

$$V_{cr} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,65 \cdot 1266 \cdot 1,0 \cdot 0,103 = 91,76\text{ kN} \quad (35)$$

$V_d \leq V_{cr}$ kesme güvenliği şartı $24,89\text{ kN} < 91,76\text{ kN}$ sağlanmıştır. Bu durumda kesme donatısına gerek yoktur.

3.2.4.2. Tip 1-B Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,069$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,069 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 18,93 \text{ kN.m} = 18,93 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (36)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,044$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,044 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 12,07 \text{ kN.m} = 12,07 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (37)$$

Yukarıdaki işlemler ile açıklık donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım açıklık moment değerleri hesaplanmıştır.

3.2.4.3. Tip 1-B Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 103 - \sqrt{103^2 - \frac{2 \cdot 18,93 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 11,44 \text{ mm} \quad (38)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{18,93 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(103 - \frac{11,09}{2}\right)} = 533,13 \text{ mm}^2 \quad (39)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50,26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{533,13} 50,26 = 94,27 \text{ mm} \quad (40)$$

Gereken donatı aralığı 94,27 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_s = 90 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{90} 50,26 = 558,44 \text{ mm}^2 \quad (41)$$

Donatı oranı hesabı;

$$\rho_s = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_s = \frac{558,44}{1000 \cdot 103} = 0,0054 \quad (42)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_s = 0,0054 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam 558,44 mm² donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 100 mm aralıkta (S_s) yerleştirilecektir. Seçilen donatı Ø8/180 (279,22 mm²) düz + Ø8/180 (279,22 mm²) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Uzun kenar doğrultusu için faydalı yükseklik değişecektir. Kısa kenar doğrultusundaki donatı alt sıraya ve döşemede pas payı üzerine yerleştirilen şablon donatıları da en alt sıraya konduğundan, uzun doğrultu için faydalı yükseklik;

$$d_u = d_k - \emptyset = 111 - (8+8) = 95 \text{ mm şeklinde değişir.} \quad (43)$$

Basınç bloğu derinliği (a)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 95 - \sqrt{95^2 - \frac{2 \cdot 12,07 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 7,79 \text{ mm} \quad (44)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_{si} = \frac{12,07 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(95 - \frac{7,79}{2}\right)} = 362,97 \text{ mm}^2 \quad (45)$$

Uzun kenar doğrultusunda pas payı üzerine yerleştirilen şablon donatıların moment dayanımına katkısı

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_{\emptyset} \rightarrow A_s = \frac{1000}{1000} 50,26 = 50,26 \text{ mm}^2 \quad (46)$$

Uygulamadaki “gerçek” uzun doğrultu için çekme donatısı alanı $(362,97 - 50,26) = 312,71 \text{ mm}^2$ şeklinde hesaplanır.

Yukarıda hesaplanan ‘gerçek’ çekme donatısı alanı A_s ’yi 1,0 m’lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50.26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_1 = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_1 = \frac{1000}{312,71} 50,26 = 160,7 \text{ mm} \quad (47)$$

Gereken donatı aralığı 160,7 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_1 = 160 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{160} 50,26 = 314,12 \text{ mm}^2 \quad (48)$$

Donatı oranı hesabı;

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_1 = \frac{314,12}{1000 \cdot 95} = 0,0035 \quad (49)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_1 = 0,0035 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $314,12 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 160 mm aralıkta (S_1) yerleştirilecektir. Seçilen donatı $\emptyset 8/320 (157,06 \text{ mm}^2)$ düz + $\emptyset 8/320 (157,06 \text{ mm}^2)$ pilye şeklinde yerleştirilebilir.

$$\rho_s + \rho_1 = 0,0054 + 0,0035 = 0,0089 > 0,0035 \quad (50)$$

olduğundan TİP 1-B döşemesi her iki açıklık için de yönetmelikteki donatı oranları toplamı şartını sağlamaktadır.

3.2.4.4. Tip 1-B Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9’dan alınan moment katsayısı (süreksiz kenar) $\alpha = 0,035$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,035 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 9,60 \text{ kN.m} = 9,60 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (51)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (süreksiz kenar) $\alpha = 0,022$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,022 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 6,04 \text{ kN.m} = 6,04 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (52)$$

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,092$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,092 \cdot 19,51 \cdot 3,75^2 = 25,24 \text{ kN.m} = 25,24 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (53)$$

Yukarıdaki işlemler ile mesnet donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım mesnet moment değerleri hesaplanmıştır.

3.2.4.5. Tip 1-B Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (süreksiz kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 103 - \sqrt{103^2 - \frac{2 \cdot 9,60 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 5,63 \text{ mm} \quad (54)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{9,60 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(103 - \frac{5,63}{2}\right)} = 262,52 \text{ mm}^2 \quad (55)$$

Tip 1-B döşemesi için seçilen Ø8/180 (279,22 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 103 - \sqrt{103^2 - \frac{2 \cdot 26,04 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 3,50 \text{ mm} \quad (56)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{6,04 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(103 - \frac{3,50}{2}\right)} = 162,35 \text{ mm}^2 \quad (57)$$

Tip 1-B döşemesi için seçilen Ø8/320 (157,12 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 103 - \sqrt{103^2 - \frac{2 \cdot 25,24 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 15,56 \text{ mm} \quad (58)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{25,24 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(103 - \frac{15,56}{2}\right)} = 726,22 \text{ mm}^2 \quad (59)$$

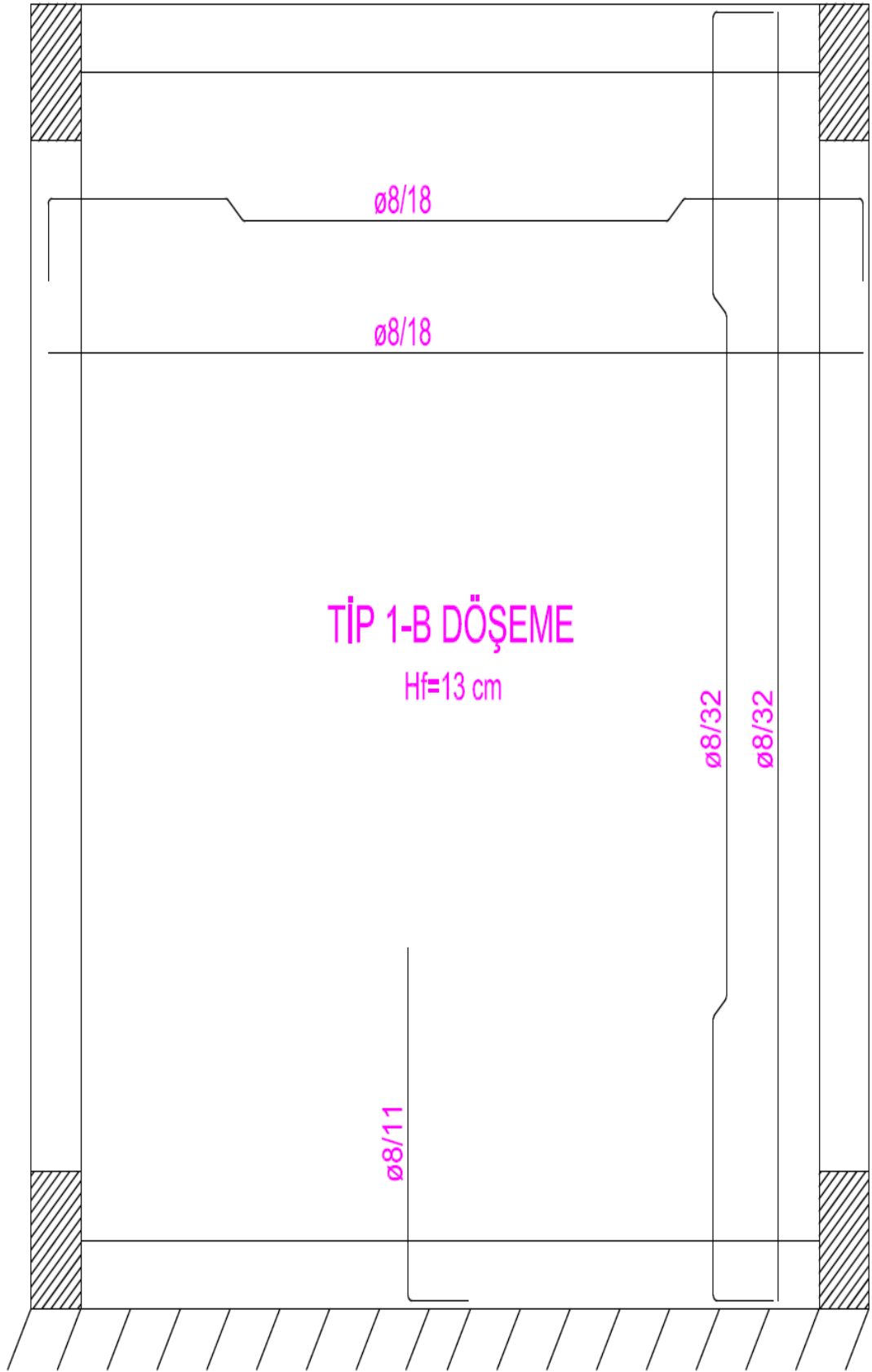
Tip 1-B döşemesi için seçilen Ø8/180 (279,22 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacaktır fakat bu donatı alanı yeterli olmadığından dolayı ilave mesnet donatısı hesabı yapmak gerekmektedir.

Mesnet ilave donatısı ile karşılanması gereken donatı alanı 447 mm²'dir.

Bu durumda belirlenecek olan donatı aralığı;

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{447} 50,26 = 112,44 \text{ mm} \quad (60)$$

Mesnet ilave donatısı Ø8/110 (456,90 mm²) seçilmiştir. Şekil 18'da Tip 1-B döşemesi için kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı şematize edilmiştir.

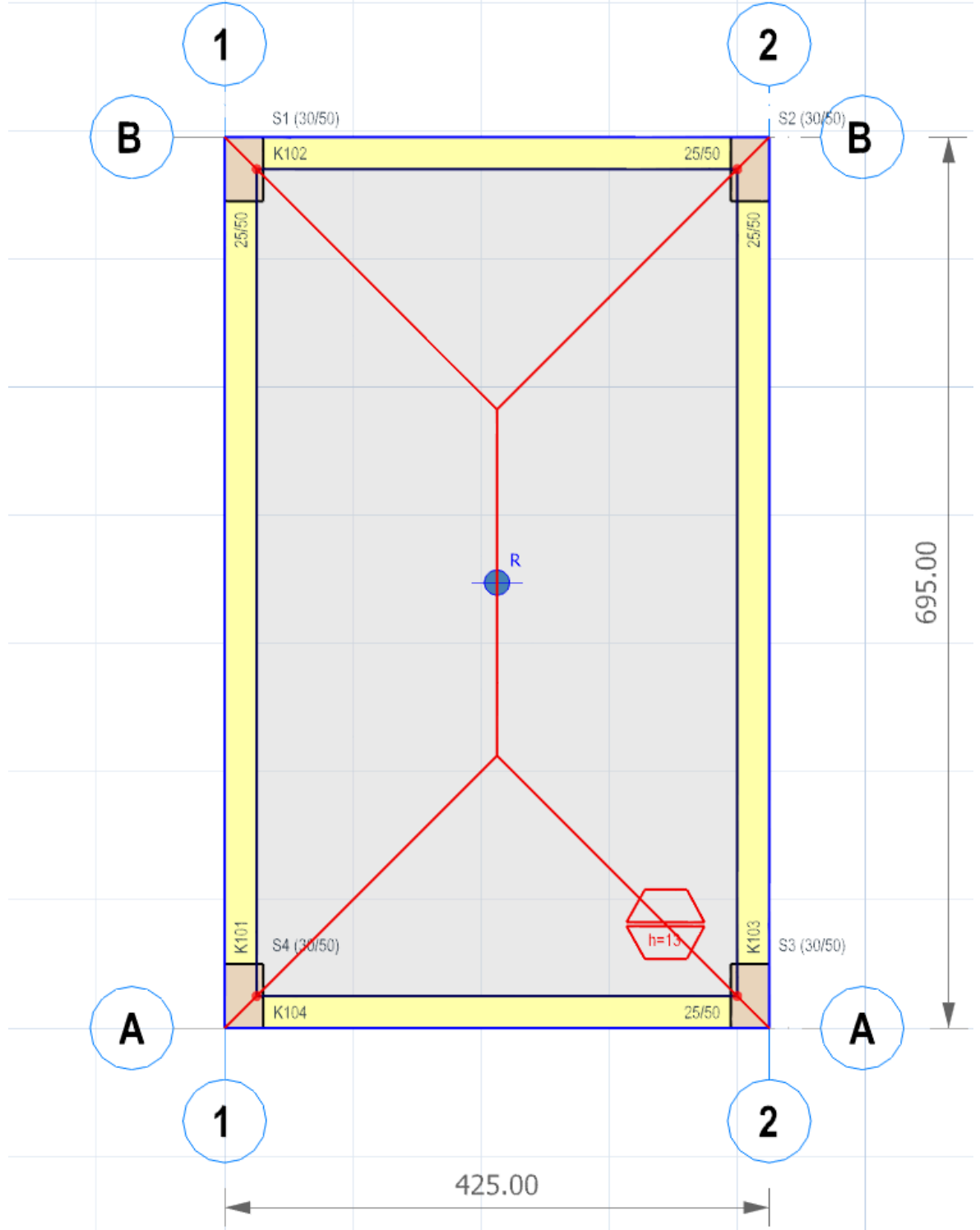


Şekil 18. Tip 1-B döşemesi donatı planı.

3.2.5. Tip 1-C Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

Bu döşeme tipinde hesaplamalar aynı döşeme kalınlığı ile ProtaStructure statik analiz programı yardımı ile yapılmıştır.

1. Aksların ve betonarme elemanlarının yerleştirilmesi yapıldı.



Şekil 19. Tip 1-C Döşemesi ProtaStructure Çizimi

2. Tip 1-C döşemesi için sabit yük değerleri girilerek sabit yük raporu oluşturuldu.

Tablo 12. Tip 1-C Döşemesi Yük Raporu Tablosu

Oda	Birim Ağırlık (t/m3)	Kalınlık (cm)	Yük Değeri (t/m2)
Çatı katından gelen yağma duvar yükü	64.000	1.0	0.640
Çatı katından gelen seramik yükü	0.200	1.0	0.002
Çatı katından gelen döşeme kaplama harcı yükü	1.600	10.0	0.160
Çatı yükü	3.800	1.0	0.038
Toplam Yük			0.840

3. Tip 1-C döşemesine gelen yük parametreleri için rapor oluşturuldu.

Tablo 13. Tip 1-C Döşemesi Yük Parametreleri Tablosu

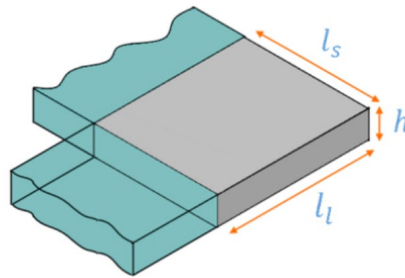
Etiket	Açıklama	Yük Tipi	Yük Hali	Yön	Büyükölç (t/m2)
G Yük Değeri – Tip 1-C		Alan Yükü	G	Yerçekimi	0.840
Q Yük Değeri – Tip 1-C		Alan Yükü	Q	Yerçekimi	0.200
Öz Ağırlık	Zati Ağırlık	Alan Yükü	G	Yerçekimi	0.325

4. Döşeme minimum kalınlık kontrolleri yapıldı.

Tablo 14. Tip 1-C Döşemesi Döşeme Kalınlık Kontrolü Tablosu

Etiket	Kat	st	l_s	l_t	l_{sn}	m	α_s	$h_{sağ}$	h_{min}	Durum
Tip 1-C	1	8	425.0	695.0	375.0	1.635	0.310	13.0	12.7	✓

Birimler cm olarak alınmıştır.



$$m = l_t / l_s$$

$$\alpha_s = \frac{\sum L_{CE}}{\sum L_{AE}}$$

$$h = \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4} \right)$$

Şekil 20. Tip 1-C Döşemesi Kesiti Döşeme Kalınlığı (h) 13cm

Tablo 15. Döşeme Tipleri Tanımları

Tip	Açıklama	Tip	Açıklama
	Tek Yönlü		İki Yönlü (Üç Kenar Süreksiz)
	İki Yönlü (Dört Kenar Sürekli)		İki Yönlü (İki Uzun Kenar Süreksiz)
	İki Yönlü (Bir Uzun Kenar Süreksiz)		İki Yönlü (Üç Kenar Süreksiz)
	İki Yönlü (Bir Kısa Kenar Süreksiz)		İki Yönlü (Dört Kenar Süreksiz)
	İki Yönlü (İki Komşu Kenar Süreksiz)		Konsol Plak
	İki Yönlü (İki Kısa Kenar Süreksiz)		

Tablo 16. Döşeme kalınlığı formüllerinde kullanılan sembollerin açıklamaları.

Sembol	Açıklama
ℓ_s	Döşemenin Kısa Doğrultuda, Mesnet Eksenleri Arasında Kalan Açıklığı
ℓ_{sn}	Döşemenin Kısa Doğrultudaki Serbest Açıklığı
ℓ_t	Döşemenin Uzun Doğrultuda, Mesnet Eksenleri Arasında Kalan Açıklığı
m	Döşeme Uzun Kenarının Kısa Kenarına Oranı
α_s	Döşeme Sürekli Kenar Uzunlukları Toplamının Kenar Uzunlukları Toplamına Oranı
h_{min}	Gerekli Döşeme Kalınlığı
h_{Sag}	Mevcut Döşeme Kalınlığı

5. Tip 1-C döşemesinde X ve Y hesap aksı yönleri için aşağıdaki tabloda yer alan tüm parametrelerin ve donatıların hesaplaması yapıp raporu oluşturuldu.

Tablo 17. Döşemedeki sonuç değerleri için kullanılan kısaltmaların tanımları.

Notasyon	Tanımlar
d	Döşeme Etkili Kalınlık
h	Döşeme Kalınlık
$q.maks$	Maksimum Yük Kombinasyonu
L_1	Döşemenin Aks Doğrultusundaki Genişliği
L_2	Döşemenin Aks Doğrultusuna Dik Genişliği
C	Moment Katsayısı ($C = M / (p_d L^2)$)
M	Taşıma Gücü Tasarım Momenti

NOT: Tablo 13, Tablo 14 ve Tablo 15’de ProtaStructure statik analiz programından alınan verilerin sembol ve şekil açıklamaları yapılmıştır. Bundan sonraki Tip 2-C, Tip 3-C ve Tip 4-C döşemeleri çözümleri için de bu tablolar geçerlidir.

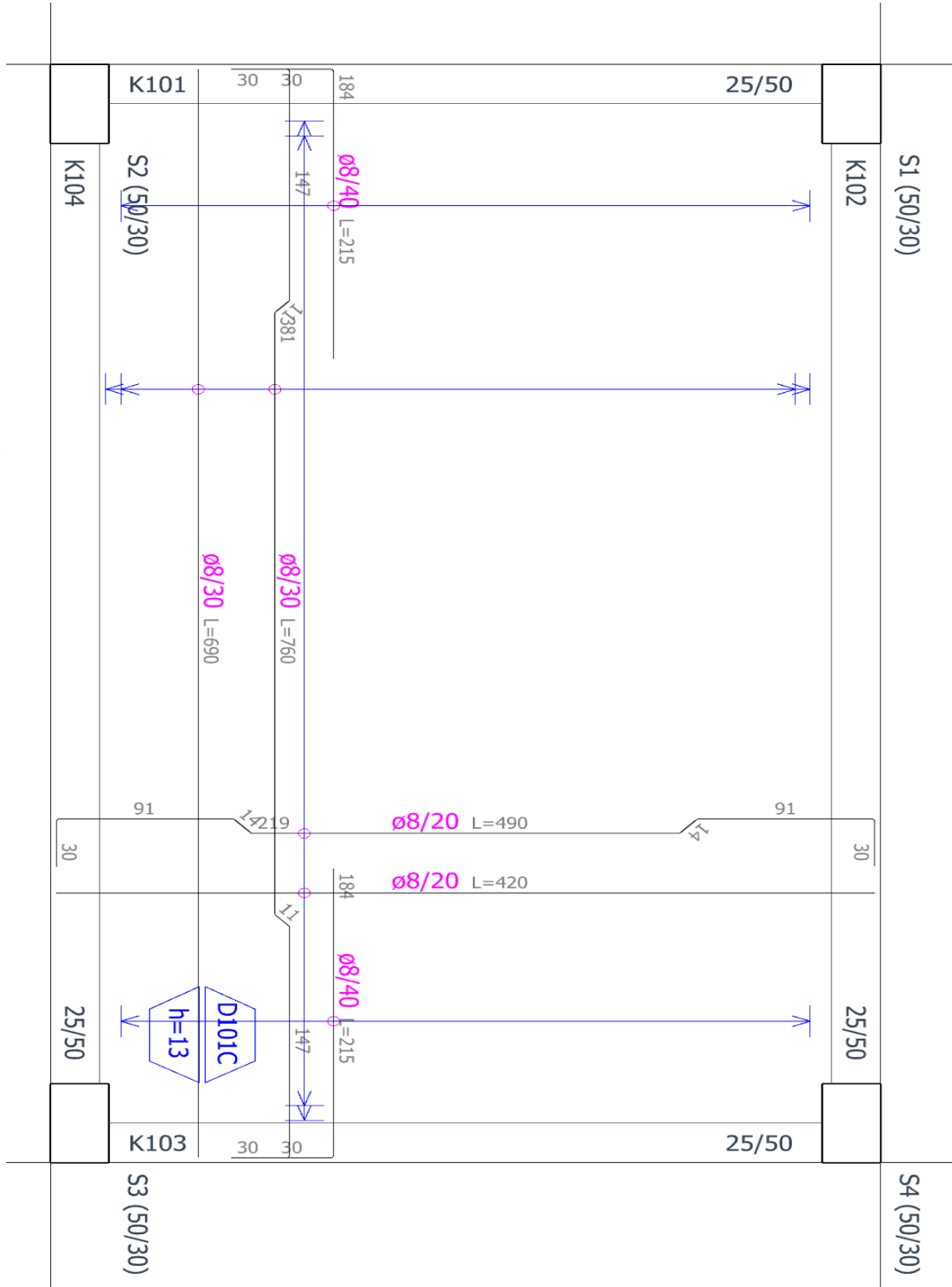
Tablo 18. Tip 1-C için hesap aksı X yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.

Döşeme	Tip 1-C 8
d/h (cm)	10.3/13.0
Açı (°)	0
q.maks maks Kombinasyon (t/m ²)	1.951 1.4G + 1.6Q
L ₁	645.00
L ₂ (cm)	375.00
Mesnet C	0.0000
M (t.m)	0.60
Açıklık C	0.0440
M (t.m)	1.21
M _c Sol	0.60
Sağ (t.m)	0.60
As-Sol Gerekli	1.80
Sağlanan (cm ²)	2.93
As-Açıklık Gerekli	3.32
Sağlanan (cm ²)	3.35
As-Sağ Gerekli	1.80
Sağlanan (cm ²)	2.93
Sol-Mesnet Düz	ø8/40 (U ₂)
Açıklık Donatıları Pilye	ø8/30 (A ₂)
Alt Düz	ø8/30 (A ₂)
Sağ-Mesnet Düz	ø8/40 (U ₂)

Tablo 19. Tip 1-C için hesap aksı Y yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.

Döşeme	Tip 1-C 
d/h (cm)	11.1/13.0
Açı (°)	0
q.maks maks Kombinasyon (t/m ²)	1.951 1.4G + 1.6Q
L ₁ L ₂ (cm)	375.00 645.00
Mesnet C M (t.m)	0.0000 0.94
Açıklık C M (t.m)	0.0684 1.88
M _c Sol Sağ (t.m)	0.94 0.94
As-Sol Gerekli Sağlanan (cm ²)	2.37 2.51
As-Açıklık Gerekli Sağlanan (cm ²)	4.86 5.03
As-Sağ Gerekli Sağlanan (cm ²)	2.37 2.51
Sol-Mesnet Düz	-
Açıklık Donatıları Pilye Alt Düz	ø8/20 (A ₁) ø8/20 (A ₁)
Sağ-Mesnet Düz	-

6. Tip 1-C döşemesi için donatı planı oluşturuldu.



Şekil 21. Tip 1-C Döşemesi Şematize Edilmiş Donatı Planı

Şekil 21’de Tip 1-C döşemesi için ProtaStructure statik analiz programından elde edilen sonuçlar doğrultusunda kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı yine bu program yardımı ile şematize edilmiştir.

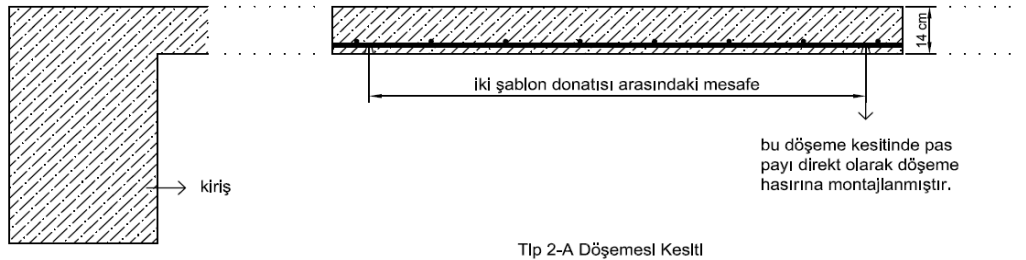
3.3. Tip 2 Döşeme Türleri İçin Hesaplar

3.3.1. Tip 2-A ve Tip 2-B Döşemeleri İçin Hesap Yükünün Bulunması

- Çatı katından gelen yığma duvar yükü $6,4 \text{ kN/m}^2$ (çatı katı olan bir yapının çatı katında kullanılan tüm duvar yükü hesaplanıp döşeme alanına bölünüp yayılı yük şeklinde hesabı yapılmıştır.)
- Çatı katından gelen seramik karo yer döşemesi yükü
 $2 \text{ kN/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 0,02 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 1)
- Çatı katından gelen döşeme kaplama harcı yükü
 $16 \text{ kN/m}^3 \times 0,1 \text{ m} = 1,6 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 1)
- Çatı yükü $0,38 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 8)
- Toplam kalıcı yük $g = 8,4 \text{ kN/m}^2$
- Hareketli yük $q = 2 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 2)

Tasarım yükü hesabı $P_d = 1,4g + 1,6q$ formülüyle hesaplanabilir. Tip 2-A ve Tip 2-B döşemeleri için döşeme öz ağırlığını Tablo 1’den alınan değer hesaba katılırsa $0,14 \times 25 = 3,5 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmaktadır. Tip 2-A ve Tip 2-B döşemelerinde tasarım yükü değeri

$$P_d = 1,4 \times (3,5 + 8,4) + 1,6 \times 2 = 19,86 \text{ kN/m}^2 \text{ şeklinde hesaplanmaktadır.} \quad (61)$$



Şekil 22. Tip 2-A Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları

3.3.2. Tip 2-A Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

3.3.2.1. Tip 2-A Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü

Döşeme birim genişliği $b = 1,0 \text{ m}$ alınarak, faydalı yükseklik;

$$d = h_f - C_c - \emptyset / 2 = 140 - 15 - 8 / 2 = 121 \text{ mm} \quad (0,121 \text{ m}) \quad (62)$$

olarak hesaplamalara dahil edilecektir. (C_c değeri Tablo 3 ‘den alınmıştır.). Beton sınıfı C30 seçilmiş olup hesaplamalara dahil olacak f_{ctd} değeri $f_{ctd} = 1266 \text{ kN/m}^2$ olur.

Kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayısı tablosundan kenar oranı $m= 1,63$ ve seçilen döşeme tipi ile tablo 10'dan okunan değer $X_k= 0,72$ olarak alınabilir.

Kesme Güvenliği Hesabı

$$V_d = X_k \cdot P_d \cdot (0,5 \cdot l_{sn} - d) = 0,72 \cdot 19,86 \cdot (0,5 \cdot 3,75 - 0,121) = 25,08 \text{ kN} \quad (63)$$

$$V_{cr} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,65 \cdot 1266 \cdot 1,0 \cdot 0,121 = 99,57 \text{ kN} \quad (64)$$

$V_d \leq V_{cr}$ kesme güvenliği şartı $25,08 \text{ kN} < 99,57 \text{ kN}$ sağlanmıştır. Bu durumda kesme donatısına gerek yoktur.

3.3.2.2. Tip 2-A Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,069$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,069 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 19,27 \text{ kN.m} = 19,27 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (65)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,044$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,044 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 12,28 \text{ kN.m} = 12,28 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (66)$$

Yukarıdaki işlemler ile açıklık donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım açıklık moment değerleri hesaplanmıştır.

3.3.2.3. Tip 2-A Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 121 - \sqrt{121^2 - \frac{2 \cdot 19,27 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 9,76 \text{ mm} \quad (67)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{19,27 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(121 - \frac{9,76}{2}\right)} = 454,65 \text{ mm}^2 \quad (68)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50.26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{454,65} 50,26 = 110,54 \text{ mm} \quad (69)$$

Gereken donatı aralığı 110,54 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_s = 110 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{110} 50,26 = 456,90 \text{ mm}^2 \quad (70)$$

Donatı oranı hesabı;

$$\rho_s = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_s = \frac{456,91}{1000 \cdot 121} = 0,0038 \quad (71)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_s = 0,0038 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $456,90 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 110 mm aralıkta (S_s) yerleştirilecektir. Seçilen donatı $\emptyset 8/220$ ($228,45 \text{ mm}^2$) düz + $\emptyset 8/220$ ($228,45 \text{ mm}^2$) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

$$\text{Faydalı yükseklik } d_u = d_k - \emptyset = 121 - 8 = 113 \text{ mm şeklinde değişir.} \quad (73)$$

Basınç bloğu derinliği (a)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 12,28 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 6,58 \text{ mm} \quad (74)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_{si} = \frac{12,28 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(113 - \frac{6,58}{2}\right)} = 306,66 \text{ mm}^2 \quad (75)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50,26 \text{ mm}^2$ Tablo 7)

Donatı aralığı hesabı:

$$S_1 = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_1 = \frac{1000}{306,66} 50,26 = 163,89 \text{ mm} \quad (76)$$

Gereken donatı aralığı 163,89 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_1 = 160 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{160} 50,26 = 314,13 \text{ mm}^2 \quad (77)$$

Donatı oranı:

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_1 = \frac{314,13}{1000 \cdot 113} = 0,0028 \quad (78)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_1 = 0,0028 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam 314,13 mm² donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 160 mm aralıkta (S_1) yerleştirilecektir. Seçilen donatı Ø8/320 (157,06 mm²) düz + Ø8/320 (157,06 mm²) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

$\rho_s + \rho_1 = 0,0038 + 0,0028 = 0,0066 > 0,0035$ olduğundan TİP 2-A döşemesi her iki açıklık için de yönetmelikteki donatı oranları toplamı şartını sağlamaktadır.

3.3.2.4. Tip 2-A Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (süreksiz kenar) $\alpha = 0,035$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,035 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 9,77 \text{ kN.m} = 9,77 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (79)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,022$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,022 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 6,14 \text{ kN.m} = 6,14 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (80)$$

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,092$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,092 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 25,69 \text{ kN.m} = 25,69 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (81)$$

Yukarıdaki işlemler ile mesnet donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım mesnet moment değerleri hesaplanmıştır.

3.3.2.5. Tip 2-A Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 121 - \sqrt{121^2 - \frac{2 \cdot 9,77 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 4,84 \text{ mm} \quad (82)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{9,77 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(121 - \frac{4,84}{2}\right)} = 225,73 \text{ mm}^2 \quad (83)$$

Tip 2-A döşemesi için seçilen Ø8/220 (228,45 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 121 - \sqrt{121^2 - \frac{2,6,14 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 4,84 \text{ mm} \quad (84)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{6,14 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(121 - \frac{4,84}{2}\right)} = 141,84 \text{ mm}^2 \quad (85)$$

Tip 2-A döşemesi için seçilen Ø8/320 (157,06 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 121 - \sqrt{121^2 - \frac{2,25,24 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 12,94 \text{ mm} \quad (86)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{25,24 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(103 - \frac{12,94}{2}\right)} = 602,82 \text{ mm}^2 \quad (87)$$

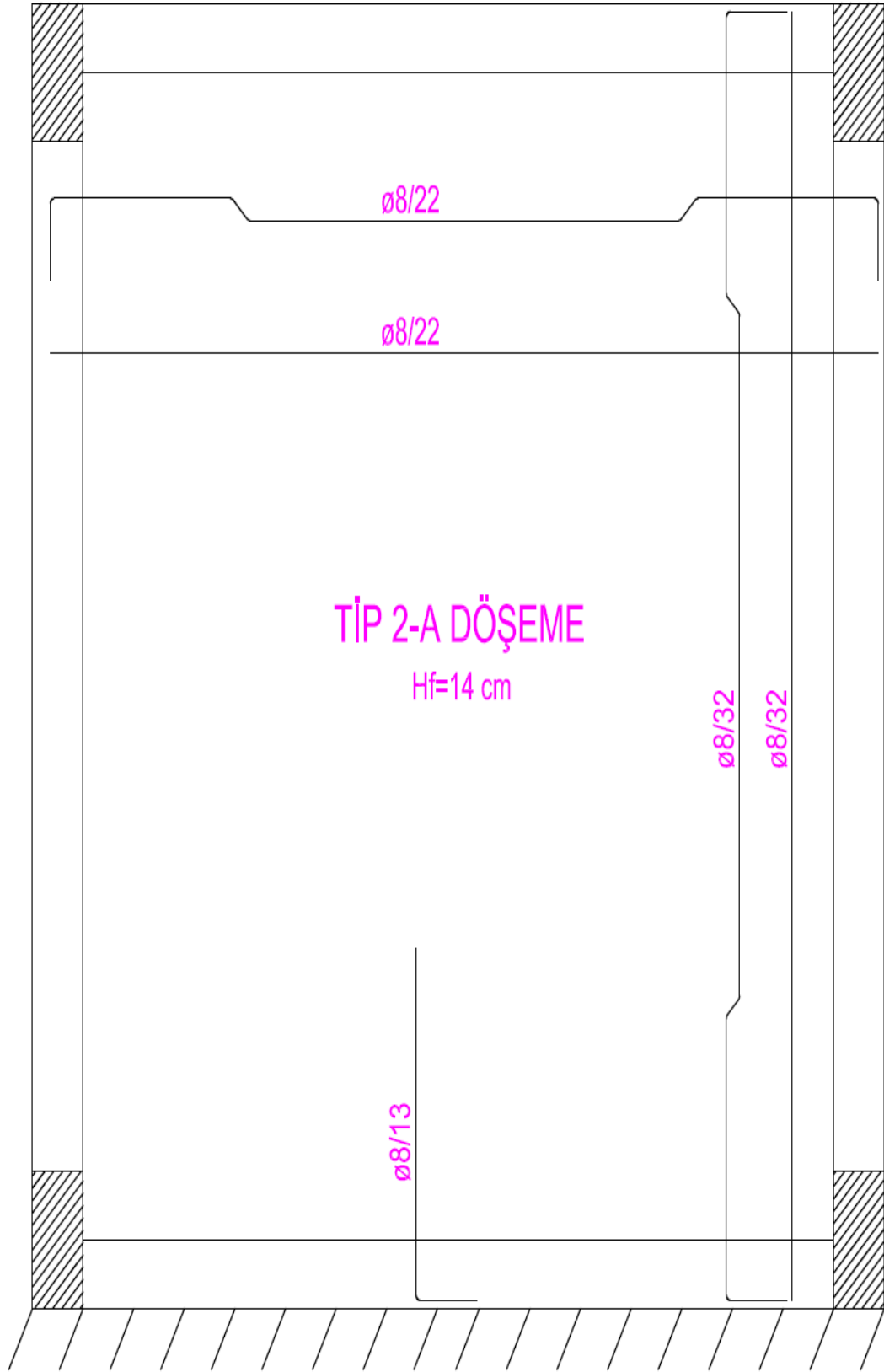
Tip 2-A döşemesi için seçilen Ø8/220 (228,45 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacaktır fakat bu donatı alanı yeterli olmadığından dolayı ilave mesnet donatısı hesabı yapmak gerekmektedir.

Mesnet ilave donatısı ile karşılanması gereken donatı alanı 374,37 mm²'dir.

Bu durumda belirlenecek olan donatı aralığı;

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{374,37} 50,26 = 134,25 \text{ mm} \quad (88)$$

Mesnet ilave donatısı Ø8/130 (386,61 mm²) seçilmiştir. Şekil 23'de Tip 2-A döşemesi için kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı şematize edilmiştir.



Şekil 23. Tip 2-A döşemesi donatı planı.

3.3.3. Tip 2-B Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

Bu döşeme tipinde döşeme kalınlığı değiştirilmeden hesaplamalar şablon donatısı dikkate alınarak yapılmıştır. Şablon donatısı faydalı yüksekliği değiştireceğinden aynı döşeme kalınlığı olsa bile çözümlerin tekrardan yapılması gereklidir.

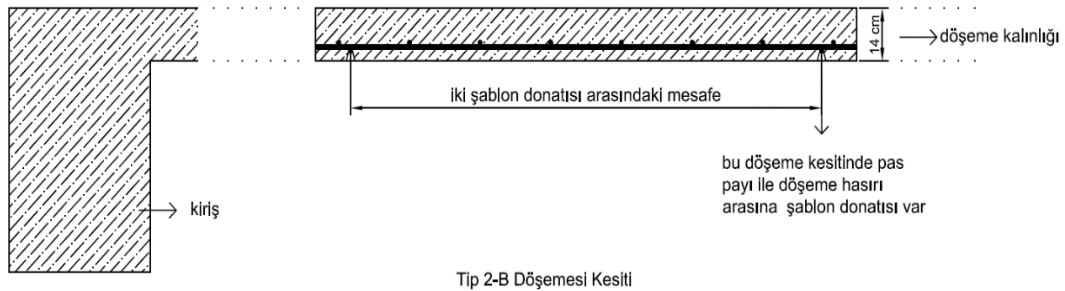
3.3.3.1. Tip 2-B Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü

Döşeme birim genişliği $b=1,0$ m alınarak, faydalı yükseklik;

$$d=h_f-C_c-\varnothing/2=140-(15+8)-8/2=113 \text{ mm } (0,113 \text{ m}) \quad (89)$$

olarak hesaplamalara dahil edilecektir. (C_c değeri Tablo 3 'den alınmıştır.)

Beton sınıfı C30 seçilmiş olup hesaplamalara dahil olacak f_{ctd} değerini yukarıdaki formüle göre hesaplanır ise $f_{ctd} = 1266 \text{ kN/m}^2$ olur. Kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayısı tablosundan kenar oranı $m=1,63$ ve seçilen döşeme tipi ile tablo 10'dan okunan değer $X_k=0,72$ olarak alınabilir.



Şekil 24. Tip 2-B Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları

Kesme Güvenliği Hesabı

$$V_d = X_k \cdot P_d \cdot (0,5 \cdot l_{sn} - d) = 0,72 \cdot 19,86 \cdot (0,5 \cdot 3,75 - 0,113) = 25,20 \text{ kN} \quad (90)$$

$$V_{cr} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,65 \cdot 1266 \cdot 1,0 \cdot 0,113 = 94,02 \text{ kN} \quad (91)$$

$V_d \leq V_{cr}$ kesme güvenliği şartı $25,20 \text{ kN} < 94,02 \text{ kN}$ sağlanmıştır. Bu durumda kesme donatısına gerek yoktur.

3.3.3.2. Tip 2-B Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,069$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,069 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 19,27 \text{ kN.m} = 19,27 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (92)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,044$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,044 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 12,28 \text{ kN.m} = 12,28 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (93)$$

Yukarıdaki işlemler ile açıklık donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım açıklık moment değerleri hesaplanmıştır.

3.3.3.3. Tip 2-B Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 19,27 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 10,52 \text{ mm} \quad (94)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{19,27 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(113 - \frac{10,52}{2}\right)} = 490,02 \text{ mm}^2 \quad (95)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50,26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{490,02} 50,26 = 102,57 \text{ mm} \quad (96)$$

Gerekten donatı aralığı 102,57 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_s = 100 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{100} 50,26 = 502,6 \text{ mm}^2 \quad (97)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_s = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_s = \frac{500,26}{1000 \cdot 113} = 0,0044 \quad (98)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_s = 0,0044 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $500,26 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 100 mm aralıkta (S_s) yerleştirilecektir. Seçilen donatı Ø8/200 ($250,13 \text{ mm}^2$) düz + Ø8/200 ($250,13 \text{ mm}^2$) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Uzun kenar doğrultusu için faydalı yükseklik değişecektir. Kısa kenar doğrultusundaki donatı alt sıraya ve döşemede pas payı üzerine yerleştirilen şablon donatıları da en alt sıraya konduğundan, uzun doğrultu için faydalı yükseklik;

$$d_u = d_k - \emptyset = 121 - (8+8) = 105 \text{ mm şeklinde değişir.} \quad (99)$$

Basınç bloğu derinliği (a)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 105 - \sqrt{105^2 - \frac{2 \cdot 12,28 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 5,8 \text{ mm} \quad (100)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_{si} = \frac{12,28 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(105 - \frac{5,8}{2}\right)} = 270,21 \text{ mm}^2 \quad (101)$$

Uzun kenar doğrultusunda pas payı üzerine yerleştirilen şablon donatıların moment dayanımına katkısı

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_{\emptyset} \rightarrow A_s = \frac{1000}{1000} 50,26 = 50,26 \text{ mm}^2 \quad (102)$$

Uygulamadaki “gerçek” uzun doğrultu için çekme donatısı alanı $(270,21 - 50,26) = 219,9 \text{ mm}^2$ şeklinde hesaplanır.

Yukarıda hesaplanan ‘gerçek’ çekme donatısı alanı A_s ’yi 1,0 m’lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50.26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_l = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_l = \frac{1000}{219,9} 50,26 = 228,3 \text{ mm} \quad (103)$$

Gereken donatı aralığı 228,3 mm olarak hesaplanmıştır. Ancak bu değer TS500 sınırını aşmaktadır. Koşul donatı aralığının max. 200mm olacağından $S_l = 200 \text{ mm}$ seçilebilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{200} 50,26 = 251,3 \text{ mm}^2 \quad (104)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_l = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_l = \frac{251,3}{1000 \cdot 105} = 0,0024 \quad (105)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_l = 0,0024 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam 251,3 mm² donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 200 mm aralıkta (S_l) yerleştirilecektir. Seçilen donatı Ø8/400 (125,65 mm²) düz + Ø8/400 (125,65 mm²) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

$$\rho_s + \rho_l = 0,0044 + 0,0024 = 0,0068 > 0,0035 \quad (106)$$

olduğundan TİP 1-B döşemesi her iki açıklık için de yönetmelikteki donatı oranları toplamı şartını sağlamaktadır.

3.3.3.4. Tip 2-B Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9’dan alınan moment katsayısı (süreksiz kenar) $\alpha = 0,035$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,035 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 9,77 \text{ kN.m} = 9,77 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (107)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (süreksiz kenar) $\alpha = 0,022$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,022 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 6,14 \text{ kN.m} = 6,14 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (108)$$

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,092$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,092 \cdot 19,86 \cdot 3,75^2 = 25,69 \text{ kN.m} = 25,69 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (109)$$

Yukarıdaki işlemler ile mesnet donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım mesnet moment değerleri hesaplanmıştır.

3.3.3.5. Tip 2-B Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (süreksiz kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 9,77 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 5,20 \text{ mm} \quad (107)$$

Mesnet donatısı hesabı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{9,77 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(113 - \frac{5,20}{2}\right)} = 242,45 \text{ mm}^2 \quad (108)$$

Tip 2-B döşemesi için seçilen Ø8/200 (250,13 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (süreksiz kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 6,14 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 3,24 \text{ mm} \quad (109)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{6,14 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(113 - \frac{3,24}{2}\right)} = 151,03 \text{ mm}^2 \quad (110)$$

Tip 2-B döşemesi için seçilen Ø8/400 (125,65 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 25,24 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 14,00 \text{ mm} \quad (111)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{25,24 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(113 - \frac{14,00}{2}\right)} = 652,36 \text{ mm}^2 \quad (112)$$

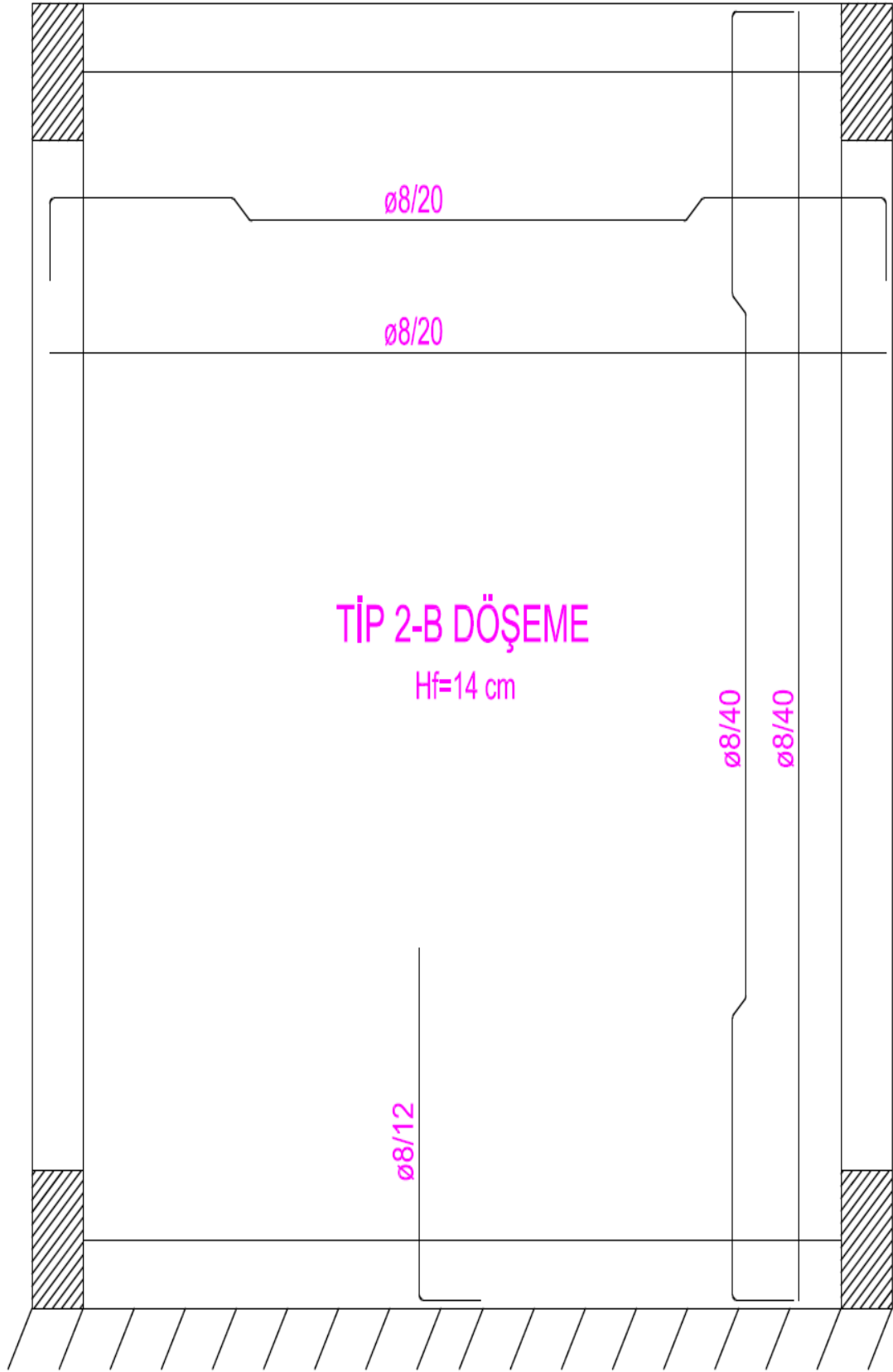
Tip 2-B döşemesi için seçilen Ø8/200 (250,13 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacaktır fakat bu donatı alanı yeterli olmadığından dolayı ilave mesnet donatısı hesabı yapmak gerekmektedir.

Mesnet ilave donatısı ile karşılanması gereken donatı alanı 402,23 mm²'dir.

Bu durumda belirlenecek olan donatı aralığı;

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{402,23} 50,26 = 124,95 \text{ mm} \quad (113)$$

Mesnet ilave donatısı Ø8/120 (418,83 mm²) seçilmiştir. Şekil 25'de Tip 2-B döşemesi için kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı şematize edilmiştir.

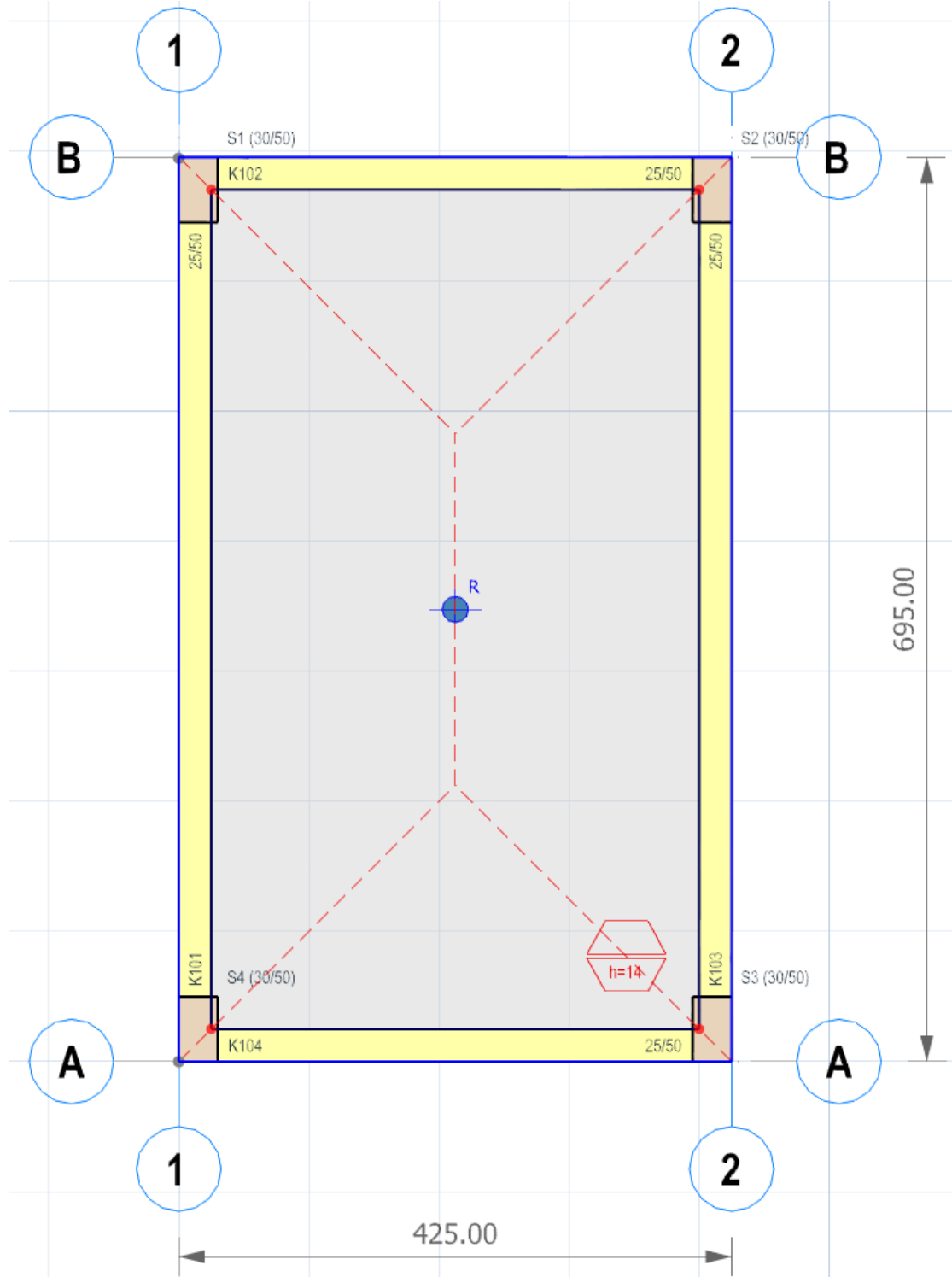


Şekil 25. Tip 2-B döşemesi donatı planı.

3.3.4. Tip 2-C Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

Bu döşeme tipinde hesaplamalar aynı döşeme kalınlığı ile ProtaStructure statik analiz programı yardımı ile yapılmıştır.

1. Aksların ve betonarme elemanlarının yerleştirilmesi yapıldı.



Şekil 26. Tip 2-C Döşemesi ProtaStructure Çizimi

2. Tip 2-C döşemesi için sabit yük değerleri girilerek sabit yük raporu oluşturuldu.

Tablo 20. Tip 2-C Döşemesi Yük Raporu Tablosu

Oda	Birim Ağırlık (t/m3)	Kalınlık (cm)	Yük Değeri (t/m2)
Çatı katından gelen yığma duvar yükü	64.000	1.0	0.640
Çatı katından gelen seramik yükü	0.200	1.0	0.002
Çatı katından gelen döşeme kaplama harcı yükü	1.600	10.0	0.160
Çatı yükü	3.800	1.0	0.038
Toplam Yük			0.840

3. Tip 2-C döşemesine gelen yük parametreleri için rapor oluşturuldu.

Tablo 21. Tip 2-C Döşemesi Yük Parametreleri Tablosu

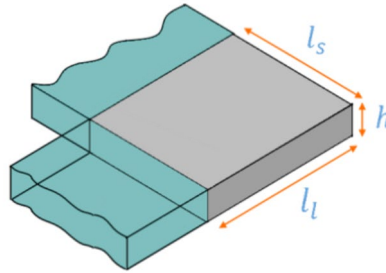
Etiket	Açıklama	Yük Tipi	Yük Hali	Yön	Büyükölç (t/m2)
G Yük Değeri – Tip 2-C		Alan Yükü	G	Yerçekimi	0.840
Q Yük Değeri – Tip 2-C		Alan Yükü	Q	Yerçekimi	0.200
Öz Ağırlık	Zati Ağırlık	Alan Yükü	G	Yerçekimi	0.350

4. Döşeme minimum kalınlık kontrolleri yapıldı.

Tablo 22. Tip 2-C Döşemesi Döşeme Kalınlık Kontrolü Tablosu

Etiket	Kat	st	l_s	l_t	l_{sn}	m	α_s	h_{Sag}	h_{min}	Durum
Tip 2-C	1	8	425.0	695.0	375.0	1.635	0.310	14.0	12.7	✓

Birimler cm olarak alınmıştır.



$$m = l_t / l_s$$

$$\alpha_s = \frac{\sum L_{CE}}{\sum L_{AE}}$$

$$h = \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4} \right)$$

Şekil 27. Tip 2-C Döşemesi Kesiti Döşeme Kalınlığı (h) 14cm

5. Tip 2-C döşemesinde X ve Y hesap aksı yönleri için aşağıdaki tabloda yer alan tüm parametrelerin ve donatıların hesaplaması yapıp raporu oluşturuldu.

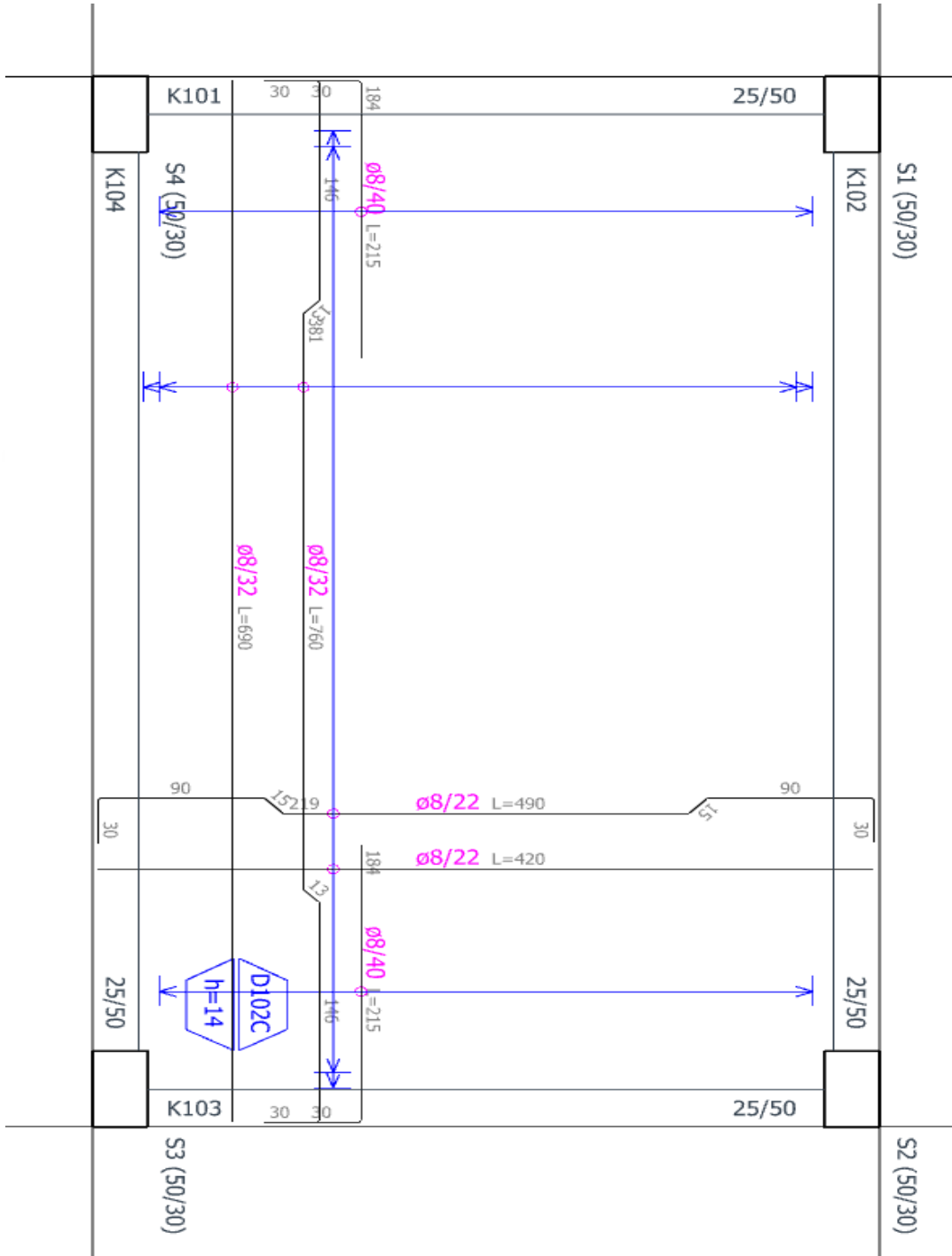
Tablo 23. Tip 2-C için hesap aksı X yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.

Döşeme	Tip 2-C
d/h (cm)	11.3/14.0
Açı (°)	0
q.maks maks Kombinasyon (t/m ²)	1.986 1.4G + 1.6Q
L ₁	645.00
L ₂ (cm)	375.00
Mesnet	
C	0.0000
M (t.m)	0.61
Açıklık	
C	0.0440
M (t.m)	1.23
M _c	
Sol	0.61
Sağ (t.m)	0.61
As-Sol	
Gerekli	1.98
Sağlanan (cm ²)	2.83
As-Açıklık	
Gerekli	3.07
Sağlanan (cm ²)	3.14
As-Sağ	
Gerekli	1.98
Sağlanan (cm ²)	2.83
Sol-Mesnet	
Düz	ø8/40 (U ₂)
Açıklık Donatıları	
Pilye	ø8/32 (A ₂)
Alt Düz	ø8/32 (A ₂)
Sağ-Mesnet	
Düz	ø8/40 (U ₂)

Tablo 24. Tip 2-C için hesap aksı Y yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.

Döşeme	Tip 2-C
	
d/h (cm)	12.1/14.0
Açı (°)	0
q.maks maks Kombinasyon (t/m ²)	1.986 1.4G + 1.6Q
L ₁	645.00
L ₂ (cm)	375.00
Mesnet C	0.0000
M (t.m)	0.96
Açıklık C	0.0684
M (t.m)	1.91
M _c Sol	0.96
Sağ (t.m)	0.96
As-Sol Gerekli	2.20
Sağlanan (cm ²)	2.28
As-Açıklık Gerekli	4.50
Sağlanan (cm ²)	4.57
As-Sağ Gerekli	2.20
Sağlanan (cm ²)	2.28
Sol-Mesnet Düz	-
Açıklık Donatıları Pilye	ø8/22 (A ₂)
Alt Düz	ø8/22 (A ₂)
Sağ-Mesnet Düz	-

6. Tip 2-C döşemesi için donatı planı oluşturuldu.



Şekil 28. Tip 2-C Döşemesi Şematize Edilmiş Donatı Planı

Şekil 28’de Tip 2-C döşemesi için ProtaStructure statik analiz programından elde edilen sonuçlar doğrultusunda kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı yine bu program yardımı ile şematize edilmiştir.

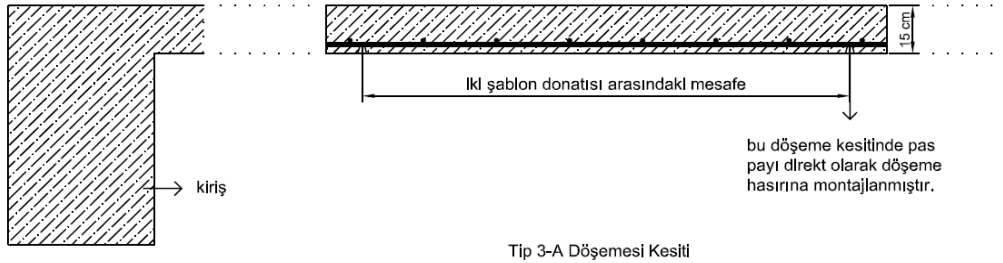
3.4. Tip 3 Döşeme Türleri İçin Hesaplar

3.4.1. Tip 3-A ve Tip 3-B Döşemeleri İçin Hesap Yükünün Bulunması

- Çatı katından gelen yağma duvar yükü $6,4 \text{ kN/m}^2$ (çatı katı olan bir yapının çatı katında kullanılan tüm duvar yükü hesaplanıp döşeme alanına bölünüp yayılı yük şeklinde hesabı yapılmıştır.)
- Çatı katından gelen seramik karo yer döşemesi yükü
 $2 \text{ kN/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 0,02 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 1)
- Çatı katından gelen döşeme kaplama harcı yükü
 $16 \text{ kN/m}^3 \times 0,1 \text{ m} = 1,6 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 1)
- Çatı yükü $0,38 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 8)
- Toplam kalıcı yük $g = 8,4 \text{ kN/m}^2$
- Hareketli yük $q = 2 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 2)

Tasarım yükü hesabı $P_d = 1,4g + 1,6q$ formülüyle hesaplanabilir. Tip 3-A ve Tip 3-B döşemeleri için döşeme öz ağırlığını Tablo 1’den alınan değer hesaba katılırsa $0,15 \times 25 = 3,75 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmaktadır. Tip 3-A ve Tip 3-B döşemelerinde tasarım yükü değeri

$$P_d = 1,4 \times (3,75 + 8,4) + 1,6 \times 2 = 20,21 \text{ kN/m}^2 \text{ şeklinde hesaplanmaktadır.} \quad (114)$$



Şekil 29. Tip 3-A Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları

3.4.2. Tip 3-A Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

3.4.2.1. Tip 3-A Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü

Döşeme birim genişliği $b = 1,0 \text{ m}$ alınarak, faydalı yükseklik;

$$d = h_f - C_c - \emptyset/2 = 150 - 15 - 8/2 = 131 \text{ mm} \quad (0,131 \text{ m}) \quad (115)$$

olarak hesaplamalara dahil edilecektir. (C_c değeri Tablo 3 ‘den alınmıştır.). Beton sınıfı C30 seçilmiş olup hesaplamalara dahil olacak f_{ctd} değeri $f_{ctd} = 1266 \text{ kN/m}^2$ olur.

Kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayısı tablosundan kenar oranı $m= 1,63$ ve seçilen döşeme tipi ile tablo 10'dan okunan değer $X_k= 0,72$ olarak alınabilir.

Kesme Güvenliği Hesabı

$$V_d = X_k \cdot P_d \cdot (0,5 \cdot l_{sn} - d) = 0,72 \cdot 20,21 \cdot (0,5 \cdot 3,75 - 0,131) = 25,37 \text{ kN} \quad (116)$$

$$V_{cr} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,65 \cdot 1266 \cdot 1,0 \cdot 0,131 = 107,80 \text{ kN} \quad (117)$$

$V_d \leq V_{cr}$ kesme güvenliği şartı $25,37 \text{ kN} < 107,80 \text{ kN}$ sağlanmıştır. Bu durumda kesme donatısına gerek yoktur.

3.4.2.2. Tip 3-A Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,069$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,069 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 19,61 \text{ kN.m} = 19,61 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (118)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,044$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,044 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 12,5 \text{ kN.m} = 12,5 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (119)$$

Yukarıdaki işlemler ile açıklık donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım açıklık moment değerleri hesaplanmıştır.

3.4.2.3. Tip 3-A Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 131 - \sqrt{131^2 - \frac{2 \cdot 19,61 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 9,12 \text{ mm} \quad (120)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{19,61 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(131 - \frac{9,12}{2}\right)} = 424,91 \text{ mm}^2 \quad (121)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50.26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{424,91} 50,26 = 118,28 \text{ mm} \quad (122)$$

Gereken donatı aralığı 118,28 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_s = 110 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{110} 50,26 = 456,90 \text{ mm}^2 \quad (123)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_s = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_s = \frac{456,90}{1000 \cdot 131} = 0,0035 \quad (124)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_s = 0,0035 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $456,90 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 110 mm aralıkta (S_s) yerleştirilecektir. Seçilen donatı $\emptyset 8/220$ ($228,45 \text{ mm}^2$) düz + $\emptyset 8/220$ ($228,45 \text{ mm}^2$) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

$$\text{Faydalı yükseklik } d_u = d_k - \emptyset = 131 - 8 = 123 \text{ mm şeklinde değişir.} \quad (125)$$

Basınç bloğu derinliği (a)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 123 - \sqrt{123^2 - \frac{2 \cdot 12,5 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 6,13 \text{ mm} \quad (126)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_{si} = \frac{12,5 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(123 - \frac{6,13}{2}\right)} = 285,54 \text{ mm}^2 \quad (127)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50,26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_1 = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_1 = \frac{1000}{285,54} 50,26 = 176,02 \text{ mm} \quad (128)$$

Gereken donatı aralığı 176,02 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_1 = 170 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{170} 50,26 = 295,65 \text{ mm}^2 \quad (129)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_1 = \frac{295,65}{1000 \cdot 123} = 0,0024 \quad (130)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_1 = 0,0024 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $295,65 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 170 mm aralıkta (S_1) yerleştirilecektir. Seçilen donatı Ø8/340 ($147,82 \text{ mm}^2$) düz + Ø8/340 ($147,82 \text{ mm}^2$) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

$$\rho_s + \rho_1 = 0,0038 + 0,0028 = 0,0066 > 0,0035 \quad (131)$$

olduğundan TİP 2-A döşemesi her iki açıklık için de yönetmelikteki donatı oranları toplamı şartını sağlamaktadır.

3.4.2.4. Tip 3-A Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (süreksiz kenar) $\alpha = 0,035$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,035 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 9,94 \text{ kN.m} = 9,94 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (132)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,022$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,022 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 6,52 \text{ kN.m} = 6,52 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (133)$$

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,092$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,092 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 26,14 \text{ kN.m} = 26,14 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (134)$$

Yukarıdaki işlemler ile mesnet donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım mesnet moment değerleri hesaplanmıştır.

3.4.2.5. Tip 3-A Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 131 - \sqrt{131^2 - \frac{2 \cdot 9,94 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 4,54 \text{ mm} \quad (135)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{9,94 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(131 - \frac{4,54}{2}\right)} = 211,55 \text{ mm}^2 \quad (136)$$

Tip 3-A döşemesi için seçilen Ø8/220 (228,45 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 131 - \sqrt{131^2 - \frac{2,6,52 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 2,96 \text{ mm} \quad (137)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{6,52 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(131 - \frac{2,96}{2}\right)} = 137,91 \text{ mm}^2 \quad (138)$$

Tip 3-A döşemesi için seçilen Ø8/340 (147,82 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 131 - \sqrt{131^2 - \frac{2,26,14 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 12,29 \text{ mm} \quad (139)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{26,14 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(131 - \frac{12,29}{2}\right)} = 572,74 \text{ mm}^2 \quad (140)$$

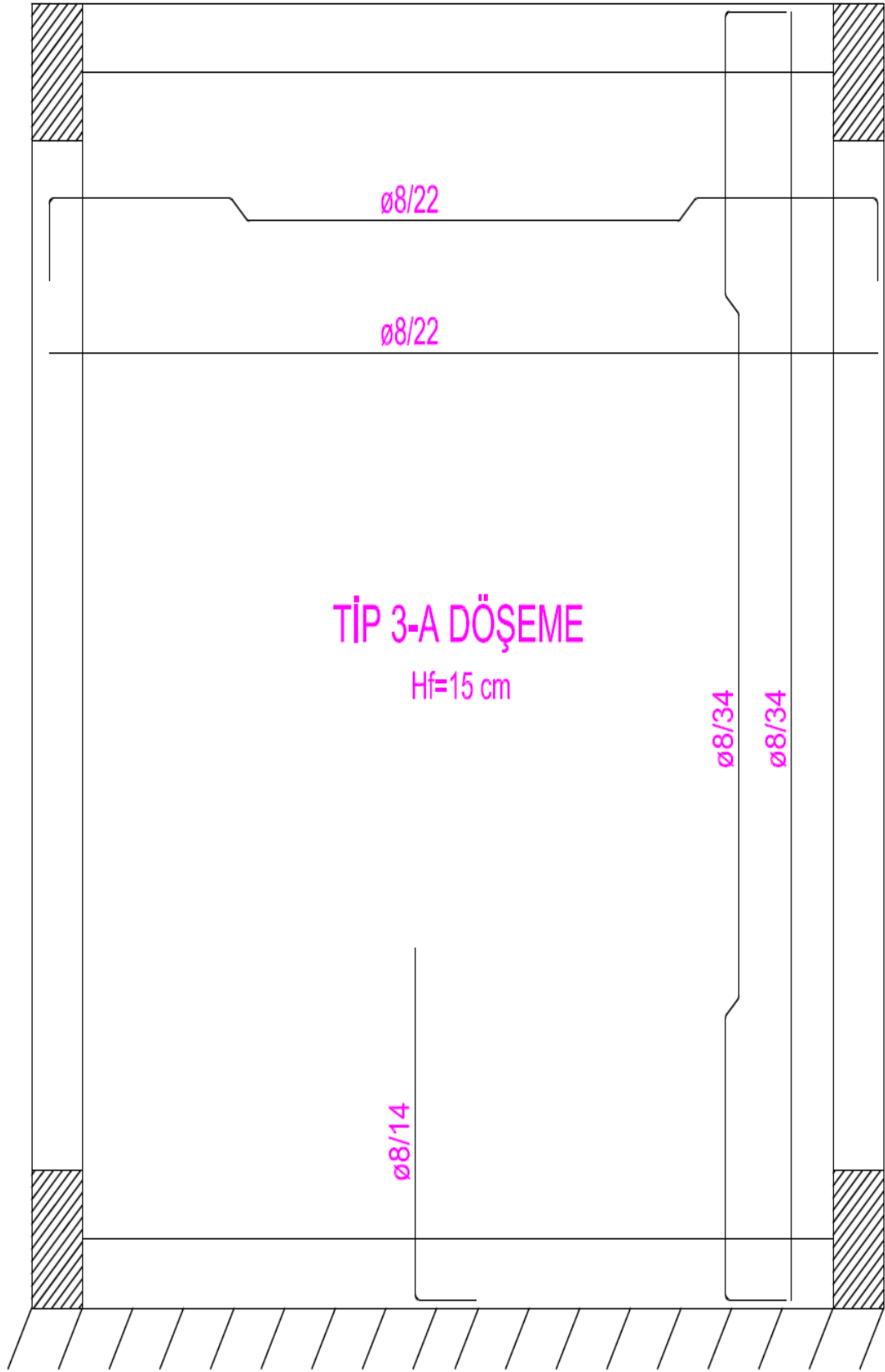
Tip 3-A döşemesi için seçilen Ø8/220 (228,45 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacaktır fakat bu donatı alanı yeterli olmadığından dolayı ilave mesnet donatısı hesabı yapmak gerekmektedir.

Mesnet ilave donatısı ile karşılanması gereken donatı alanı 344,49 mm²'dir.

Bu durumda belirlenecek olan donatı aralığı;

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{344,47} 50,26 = 145,90 \text{ mm} \quad (141)$$

Mesnet ilave donatısı Ø8/140 (359 mm²) seçilmiştir. Şekil 30'da Tip 3-A döşemesi için kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı şematize edilmiştir.



Şekil 30. Tip 3-A döşemesi donatı planı.

3.4.3. Tip 3-B Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

Bu döşeme tipinde döşeme kalınlığı değiştirilmeden hesaplamalar şablon donatısı dikkate alınarak yapılmıştır. Şablon donatısı faydalı yüksekliği değiştireceğinden aynı döşeme kalınlığı olsa bile çözümlerin tekrardan yapılması gereklidir.

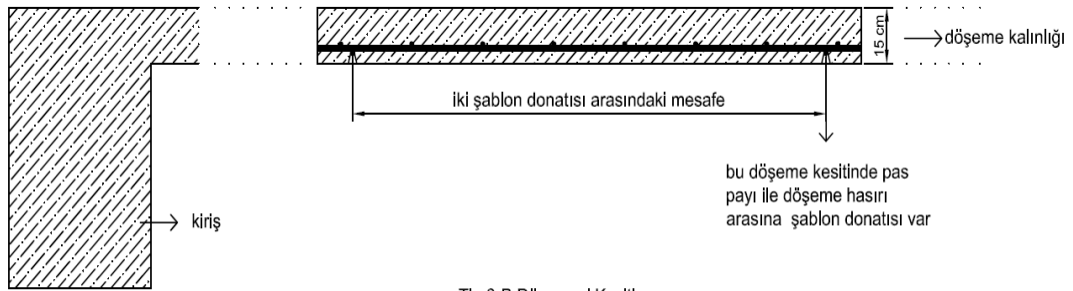
3.4.3.1. Tip 3-B Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü

Döşeme birim genişliği $b=1,0$ m alınarak, faydalı yükseklik;

$$d=h_f-C_c-\varnothing/2=150-(15+8)-8/2=123\text{ mm } (0,123\text{ m}) \quad (142)$$

olarak hesaplamalara dahil edilecektir. (C_c değeri Tablo 3 'den alınmıştır.)

Beton sınıfı C30 seçilmiş olup hesaplamalara dahil olacak f_{ctd} değerini yukarıdaki formüle göre hesaplanır ise $f_{ctd} = 1266\text{ kN/m}^2$ olur. Kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayısı tablosundan kenar oranı $m=1,63$ ve seçilen döşeme tipi ile tablo 10'dan okunan değer $X_k=0,72$ olarak alınabilir.



Tip 3-B Döşemesi Kesiti

Şekil 31. Tip 3-B Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları

Kesme Güvenliği Hesabı

$$V_d = X_k \cdot P_d \cdot (0,5 \cdot l_{sn} - d) = 0,72 \cdot 20,21 \cdot (0,5 \cdot 3,75 - 0,123) = 25,49\text{ kN} \quad (143)$$

$$V_{cr} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,65 \cdot 1266 \cdot 1 \cdot 0,123 = 101,22\text{ kN} \quad (144)$$

$V_d \leq V_{cr}$ kesme güvenliği şartı $25,49\text{ kN} < 101,22\text{ kN}$ sağlanmıştır. Bu durumda kesme donatısına gerek yoktur.

3.4.3.2. Tip 3-B Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha=0,069$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,069 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 19,61 \text{ kN.m} = 19,61 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (145)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,044$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,044 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 12,5 \text{ kN.m} = 12,5 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (146)$$

Yukarıdaki işlemler ile açıklık donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım açıklık moment değerleri hesaplanmıştır.

3.4.3.3. Tip 3-B Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 123 - \sqrt{123^2 - \frac{2 \cdot 19,61 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 9,76 \text{ mm} \quad (147)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{19,61 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(123 - \frac{9,76}{2}\right)} = 454,84 \text{ mm}^2 \quad (148)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50,26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{454,84} 50,26 = 110,50 \text{ mm} \quad (149)$$

Gereken donatı aralığı 110,50 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_s = 110 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{110} 50,26 = 456,9 \text{ mm}^2 \quad (150)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_s = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_s = \frac{456,9}{1000 \cdot 123} = 0,0037 \quad (151)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_s = 0,0037 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $456,9 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 100 mm aralıkta (S_s) yerleştirilecektir. Seçilen donatı Ø8/220 ($228,45 \text{ mm}^2$) düz + Ø8/220 ($228,45 \text{ mm}^2$) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Uzun kenar doğrultusu için faydalı yükseklik değişecektir. Kısa kenar doğrultusundaki donatı alt sıraya ve döşemede pas payı üzerine yerleştirilen şablon donatıları da en alt sıraya konduğundan, uzun doğrultu için faydalı yükseklik;

$$d_u = d_k - \emptyset = 131 - (8+8) = 115 \text{ mm} \text{ şeklinde değişir.} \quad (152)$$

Basınç bloğu derinliği (a)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 115 - \sqrt{115^2 - \frac{2 \cdot 12,5 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 6,58 \text{ mm} \quad (153)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_{si} = \frac{12,5 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(115 - \frac{6,58}{2}\right)} = 306,56 \text{ mm}^2 \quad (154)$$

Uzun kenar doğrultusunda pas payı üzerine yerleştirilen şablon donatıların moment dayanımına katkısı

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_{\emptyset} \rightarrow A_s = \frac{1000}{1000} 50,26 = 50,26 \text{ mm}^2 \quad (155)$$

Uygulamadaki “gerçek” uzun doğrultu için çekme donatısı alanı $(306,56 - 50,26) = 256,3 \text{ mm}^2$ şeklinde hesaplanır.

Yukarıda hesaplanan “gerçek” çekme donatısı alanı A_s ’yi 1,0 m’lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_{\emptyset} = 50,26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_1 = \frac{1000}{A_s} A_{\emptyset} \rightarrow S_1 = \frac{1000}{256,3} 50,26 = 196,1 \text{ mm} \quad (156)$$

Gereken donatı aralığı 196,1 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_1 = 190 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_{\emptyset} \rightarrow A_s = \frac{1000}{190} 50,26 = 264,53 \text{ mm}^2 \quad (157)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_1 = \frac{264,53}{1000 \cdot 115} = 0,0023 \quad (158)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_1 = 0,0023 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $264,53 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 190 mm aralıkta (S_1) yerleştirilecektir. Seçilen donatı $\emptyset 8/380$ ($132,26 \text{ mm}^2$) düz + $\emptyset 8/380$ ($132,26 \text{ mm}^2$) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

$$\rho_s + \rho_1 = 0,0037 + 0,0023 = 0,0060 > 0,0035 \quad (159)$$

olduğundan TİP 3-B döşemesi her iki açıklık için de yönetmelikteki donatı oranları toplamı şartını sağlamaktadır.

3.4.3.4. Tip 3-B Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,035$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,035 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 9,94 \text{ kN.m} = 9,94 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (160)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,022$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,022 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 6,52 \text{ kN.m} = 6,52 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (161)$$

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,092$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,092 \cdot 20,21 \cdot 3,75^2 = 26,14 \text{ kN.m} = 26,14 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (161)$$

Yukarıdaki işlemler ile mesnet donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım mesnet moment değerleri hesaplanmıştır.

3.4.3.5. Tip 3-B Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 123 - \sqrt{123^2 - \frac{2 \cdot 9,94 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 4,84 \text{ mm} \quad (162)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{9,94 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(123 - \frac{4,84}{2}\right)} = 225,84 \text{ mm}^2 \quad (163)$$

Tip 3-B döşemesi için seçilen Ø8/220 (228,45 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 123 - \sqrt{123^2 - \frac{2 \cdot 6,52 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 3,15 \text{ mm} \quad (164)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{6,52 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(123 - \frac{3,15}{2}\right)} = 147,11 \text{ mm}^2 \quad (165)$$

Tip 3-B döşemesi için seçilen Ø8/380 (132,26 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 123 - \sqrt{123^2 - \frac{2 \cdot 26,14 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 13,18 \text{ mm} \quad (166)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{26,14 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(123 - \frac{13,18}{2}\right)} = 614,32 \text{ mm}^2 \quad (167)$$

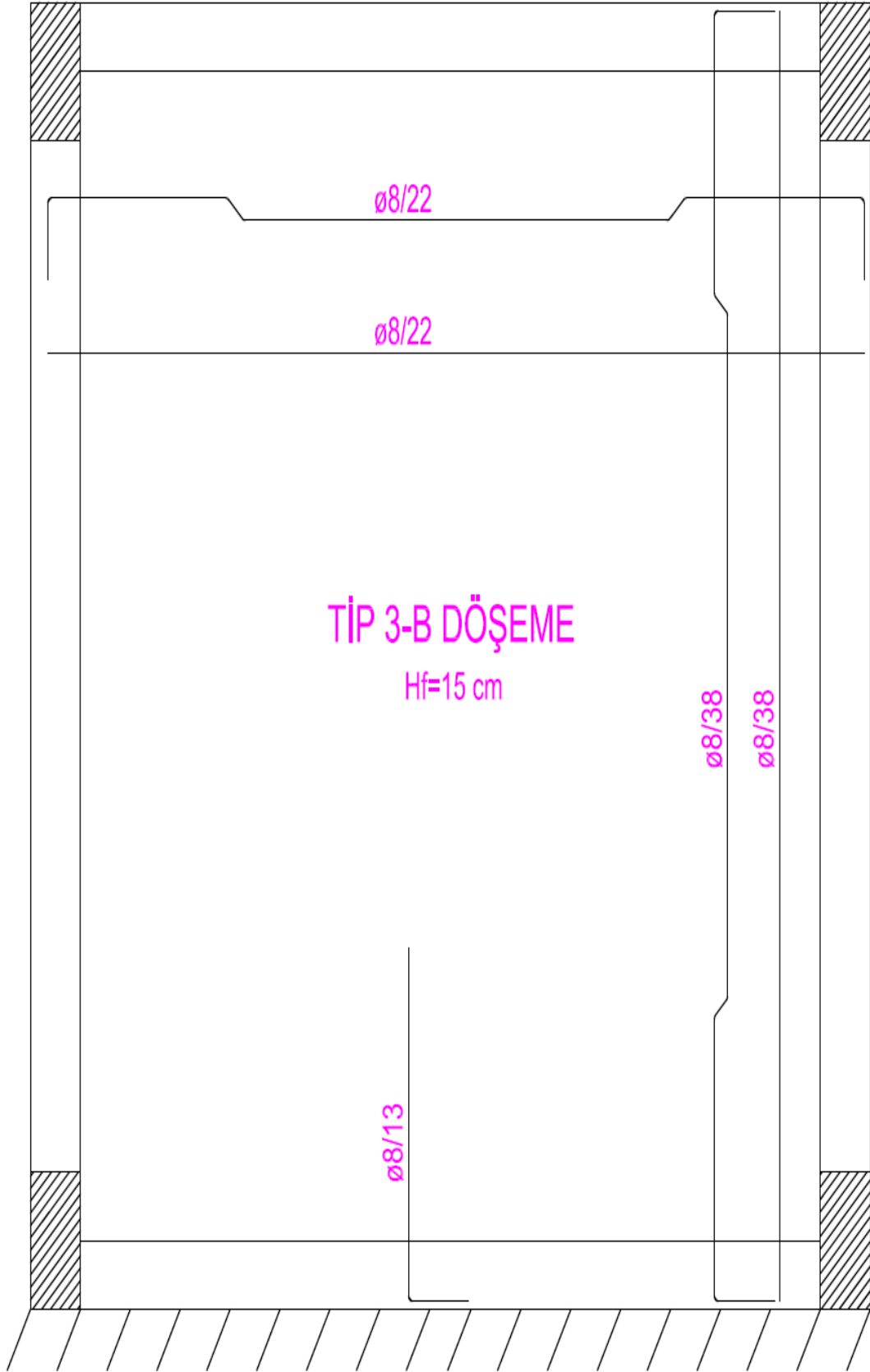
Tip 3-B döşemesi için seçilen Ø8/220 (228,45 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacaktır fakat bu donatı alanı yeterli olmadığından dolayı ilave mesnet donatısı hesabı yapmak gerekmektedir.

Mesnet ilave donatısı ile karşılanması gereken donatı alanı 385,87 mm²'dir.

Bu durumda belirlenecek olan donatı aralığı;

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{385,87} 50,26 = 130,25 \text{ mm} \quad (168)$$

Mesnet ilave donatısı Ø8/130 (386,62 mm²) seçilmiştir. Şekil 32'de Tip 3-B döşemesi için kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı şematize edilmiştir.

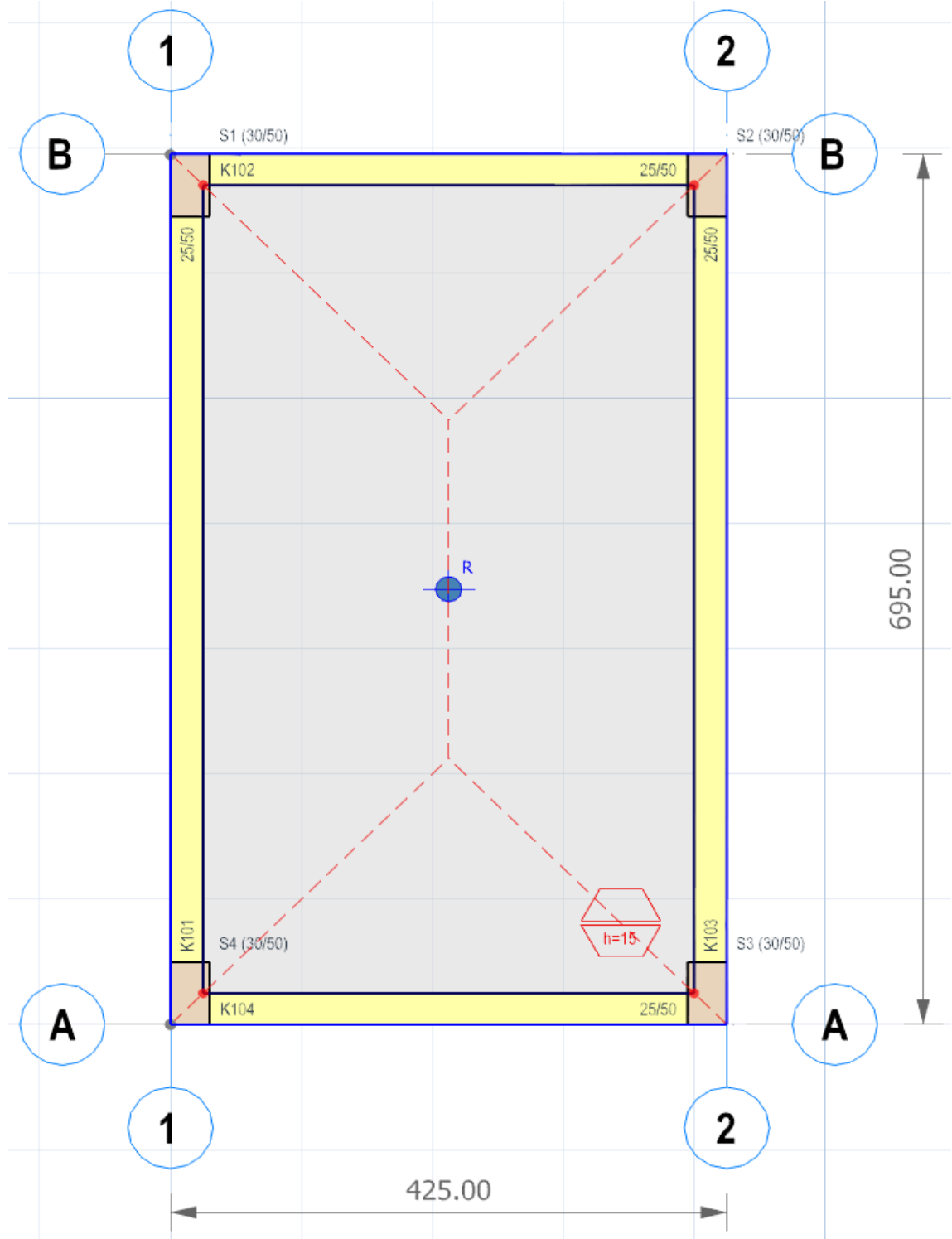


Şekil 32. Tip 3-B döşemesi donatı planı.

3.4.4. Tip 3-C Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

Bu döşeme tipinde hesaplamalar aynı döşeme kalınlığı ile ProtaStructure statik analiz programı yardımı ile yapılmıştır.

1. Aksların ve betonarme elemanlarının yerleştirilmesi yapıldı.



Şekil 33. Tip 3-C Döşemesi ProtaStructure Çizimi

2. Tip 3-C döşemesi için sabit yük değerleri girilerek sabit yük raporu oluşturuldu.

Tablo 25. Tip 3-C Döşemesi Yük Raporu Tablosu

Oda	Birim Ağırlık (t/m3)	Kalınlık (cm)	Yük Değeri (t/m2)
Çatı katından gelen yağma duvar yükü	64.000	1.0	0.640
Çatı katından gelen seramik yükü	0.200	1.0	0.002
Çatı katından gelen döşeme kaplama harcı yükü	1.600	10.0	0.160
Çatı yükü	3.800	1.0	0.038
Toplam Yük			0.840

3. Tip 3-C döşemesine gelen yük parametreleri için rapor oluşturuldu.

Tablo 26. Tip 3-C Döşemesi Yük Parametreleri Tablosu

Etiket	Açıklama	Yük Tipi	Yük Hali	Yön	Büyükölç (t/m2)
G Yük Değeri – Tip 3-C		Alan Yükü	G	Yerçekimi	0.840
Q Yük Değeri – Tip 3-C		Alan Yükü	Q	Yerçekimi	0.200
Öz Ağırlık	Zati Ağırlık	Alan Yükü	G	Yerçekimi	0.375

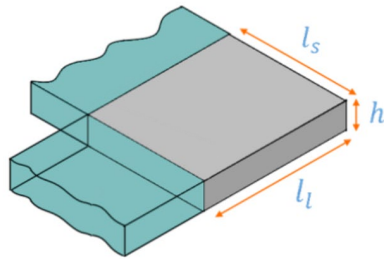
4. Döşeme minimum kalınlık kontrolleri yapıldı.

Döşeme kalınlığı sonuçların özeti

Tablo 27. Tip 3-C Döşemesi Döşeme Kalınlık Kontrolü Tablosu

Etiket	Kat	st	l_s	l_t	l_{sn}	m	α_s	$h_{sağ}$	h_{min}	Durum
Tip 3-C	1	8	425.0	695.0	375.0	1.635	0.310	15.0	12.7	✓

Birimler cm olarak alınmıştır.



$$m = l_t/l_s$$

$$\alpha_s = \frac{\sum L_{CE}}{\sum L_{AE}}$$

$$h = \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right)$$

Şekil 34. Tip 3-C Döşemesi Kesiti Döşeme Kalınlığı (h) 15cm

5. Tip 3-C döşemesinde X ve Y hesap aksı yönleri için aşağıdaki tabloda yer alan tüm parametrelerin ve donatıların hesaplaması yapıp raporu oluşturuldu.

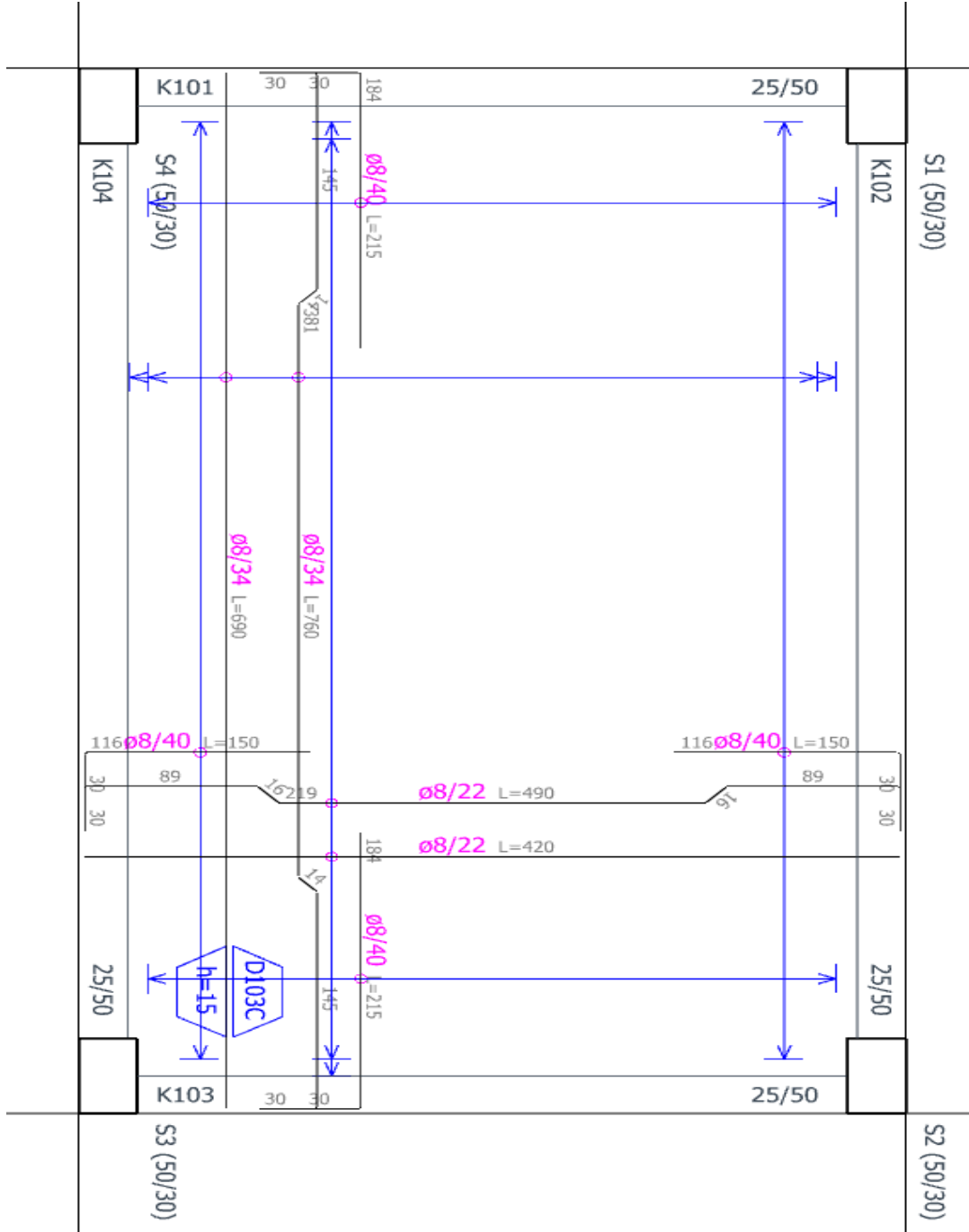
Tablo 28. Tip 3-C için hesap aksı X yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.

Döşeme	Tip 3-C
d/h (cm)	12.3/15.0
Açı (°)	0
q.maks	2.021
maks Kombinasyon (t/m ²)	1.4G + 1.6Q
L ₁	645.00
L ₂ (cm)	375.00
Mesnet C	0.0000
M (t.m)	0.63
Açıklık C	0.0440
M (t.m)	1.25
M _c	
Sol	0.63
Sağ (t.m)	0.63
As-Sol	
Gerekli	2.15
Sağlanan (cm ²)	2.74
As-Açıklık	
Gerekli	2.86
Sağlanan (cm ²)	2.96
As-Sağ	
Gerekli	2.15
Sağlanan (cm ²)	2.74
Sol-Mesnet	
Düz	ø8/40 (U ₂)
Açıklık Donatıları	
Pilye	ø8/34 (A ₂)
Alt Düz	ø8/34 (A ₂)
Sağ-Mesnet	
Düz	ø8/40 (U ₂)

Tablo 29. Tip 3-C için hesap aksı Y yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.

Döşeme	Tip 3-C 8
d/h (cm)	13.1/15.0
Açı (°)	0
q.maks maks Kombinasyon (t/m ²)	2.021 1.4G + 1.6Q
L ₁ L ₂ (cm)	645.00 375.00
Mesnet C M (t.m)	0.0000 0.97
Açıklık C M (t.m)	0.0684 1.94
M _c Sol Sağ (t.m)	0.97 0.97
As-Sol Gerekli Sağlanan (cm ²)	2.29 3.54
As-Açıklık Gerekli Sağlanan (cm ²)	4.21 4.57
As-Sağ Gerekli Sağlanan (cm ²)	2.29 3.54
Sol-Mesnet Düz	ø8/40 (U ₁)
Açıklık Donatıları Pilye Alt Düz	ø8/22 (A ₂) ø8/22 (A ₂)
Sağ-Mesnet Düz	ø8/40 (U ₁)

6. Tip 3-C Döşemesi için donatı planı oluşturuldu.



Şekil 35. Tip 3-C Döşemesi Şematize Edilmiş Donatı Planı

Şekil 35’de Tip 3-C döşemesi için ProtaStructure statik analiz programından elde edilen sonuçlar doğrultusunda kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı yine bu program yardımı ile şematize edilmiştir.

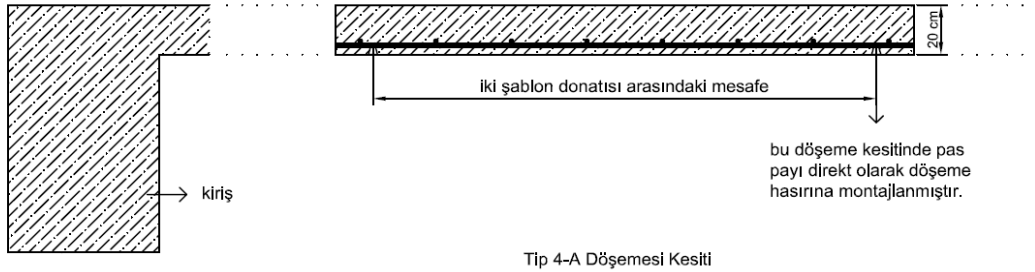
3.5. Tip 4 Döşeme Türleri İçin Hesaplar

3.5.1. Tip 4-A ve Tip 4-B Döşemeleri İçin Hesap Yükünün Bulunması

- Çatı katından gelen yağma duvar yükü $6,4 \text{ kN/m}^2$ (çatı katı olan bir yapının çatı katında kullanılan tüm duvar yükü hesaplanıp döşeme alanına bölünüp yayılı yük şeklinde hesabı yapılmıştır.)
- Çatı katından gelen seramik karo yer döşemesi yükü
 $2 \text{ kN/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 0,02 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 1)
- Çatı katından gelen döşeme kaplama harcı yükü
 $16 \text{ kN/m}^3 \times 0,1 \text{ m} = 1,6 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 1)
- Çatı yükü $0,38 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 8)
- Toplam kalıcı yük $g = 8,4 \text{ kN/m}^2$
- Hareketli yük $q = 2 \text{ kN/m}^2$ (Tablo 2)

Tasarım yükü hesabı $P_d = 1,4g + 1,6q$ formülüyle hesaplanabilir. Tip 4-A ve Tip 4-B döşemeleri için döşeme öz ağırlığını Tablo 1’den alınan değer hesaba katılırsa $0,2 \times 25 = 5 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmaktadır. Tip 4-A ve Tip 4-B döşemelerinde tasarım yükü değeri

$$P_d = 1,4 \times (5 + 8,4) + 1,6 \times 2 = 21,96 \text{ kN/m}^2 \text{ şeklinde hesaplanmaktadır.} \quad (169)$$



Şekil 36. Tip 4-A Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları

3.5.2. Tip 4-A Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

3.5.2.1. Tip 4-A Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü

Döşeme birim genişliği $b = 1,0 \text{ m}$ alınarak, faydalı yükseklik;

$$d = h_f - C_c - \emptyset / 2 = 200 - 15 - 8 / 2 = 181 \text{ mm } (0,181 \text{ m}) \quad (170)$$

olarak hesaplamalara dahil edilecektir. (C_c değeri Tablo 3 ‘den alınmıştır.). Beton sınıfı C30 seçilmiş olup hesaplamalara dahil olacak f_{ctd} değeri $f_{ctd} = 1266 \text{ kN/m}^2$ olur.

Kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayısı tablosundan kenar oranı $m= 1,63$ ve seçilen döşeme tipi ile tablo 10'dan okunan değer $X_k= 0,72$ olarak alınabilir.

Kesme Güvenliği Hesabı

$$V_d = X_k \cdot P_d \cdot (0,5 \cdot l_{sn} - d) = 0,72 \cdot 21,96 \cdot (0,5 \cdot 3,75 - 0,181) = 26,78 \text{ kN} \quad (171)$$

$$V_{cr} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,65 \cdot 1266 \cdot 1,0 \cdot 0,181 = 148,94 \text{ kN} \quad (172)$$

$V_d \leq V_{cr}$ kesme güvenliği şartı $26,78 \text{ kN} < 148,94 \text{ kN}$ sağlanmıştır. Bu durumda kesme donatısına gerek yoktur.

3.5.2.2. Tip 4-A Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,069$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,069 \cdot 21,96 \cdot 3,75^2 = 19,61 \text{ kN.m} = 21,30 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (173)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,044$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,044 \cdot 21,96 \cdot 3,75^2 = 12,5 \text{ kN.m} = 13,58 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (174)$$

Yukarıdaki işlemler ile açıklık donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım açıklık moment değerleri hesaplanmıştır.

3.5.2.3. Tip 4-A Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 181 - \sqrt{181^2 - \frac{2 \cdot 21,30 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 7,06 \text{ mm} \quad (175)$$

Çekme donatış alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{21,30 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(181 - \frac{7,06}{2}\right)} = 328,82 \text{ mm}^2 \quad (176)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50.26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{328,82} 50,26 = 152,85 \text{ mm} \quad (177)$$

Gereken donatı aralığı 152,85 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_s = 150 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{150} 50,26 = 335,06 \text{ mm}^2 \quad (178)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_s = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_s = \frac{335,06}{1000 \cdot 181} = 0,0018 \quad (179)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_s = 0,0018 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $335,06 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 150 mm aralıkta (S_s) yerleştirilecektir. Seçilen donatı $\emptyset 8/300 (167,53 \text{ mm}^2)$ düz + $\emptyset 8/300 (167,53 \text{ mm}^2)$ pilye şeklinde yerleştirilebilir.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

$$\text{Faydalı yükseklik } d_u = d_k - \emptyset = 181 - 8 = 173 \text{ mm şeklinde değişir.} \quad (180)$$

Basınç bloğu derinliği (a)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 173 - \sqrt{173^2 - \frac{2 \cdot 13,58 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 4,68 \text{ mm} \quad (181)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_{si} = \frac{13,58 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(173 - \frac{4,68}{2}\right)} = 218 \text{ mm}^2 \quad (182)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50.26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_l = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_l = \frac{1000}{218} 50,26 = 230,55 \text{ mm} \quad (183)$$

Gereken donatı aralığı 230,55 mm olarak hesaplanmıştır. Ancak bu değer TS500 sınırını aşmaktadır. Koşul donatı aralığının max. 200mm olacağından $S_l = 200 \text{ mm}$ seçilebilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{200} 50,26 = 251,3 \text{ mm}^2 \quad (183)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_l = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_l = \frac{251,3}{1000 \cdot 173} = 0,00145 \quad (185)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_l = 0,00145 < \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda kısa ve uzun kenarları donatı oranları toplamı şartı da hesaba katılırsa değişen donatı alanı

$$A_s = \rho_l \cdot b \cdot d \rightarrow A_s = 0,0017 \cdot 1000 \cdot 173 = 294,1 \text{ mm}^2 \quad (186)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50.26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_l = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_l = \frac{1000}{294,1} 50,26 = 170,89 \text{ mm} \quad (187)$$

Seçilen donatı Ø8/340 (147,82 mm²) düz + Ø8/340 (147,82 mm²) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

$$\rho_s + \rho_l = 0,0018 + 0,00171 = 0,00351 > 0,0035 \quad (188)$$

olduğundan TİP 4-B döşemesi her iki açıklık için de yönetmelikteki donatı oranları toplamı şartını sağlamaktadır.

3.5.2.4. Tip 4-A Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (süresiz kenar) $\alpha = 0,035$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,035 \cdot 21,96 \cdot 3,75^2 = 9,77 \text{ kN.m} = 9,94 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (189)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (süresiz kenar) $\alpha = 0,022$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,022 \cdot 21,96 \cdot 3,75^2 = 6,14 \text{ kN.m} = 6,79 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (190)$$

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,092$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,092 \cdot 21,96 \cdot 3,75^2 = 25,69 \text{ kN.m} = 28,41 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (191)$$

Yukarıdaki işlemler ile mesnet donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım mesnet moment değerleri hesaplanmıştır.

3.5.2.5. Tip 4-A Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (süresiz kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 181 - \sqrt{181^2 - \frac{2 \cdot 10,80 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 3,54 \text{ mm} \quad (192)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{10,80 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(181 - \frac{3,54}{2}\right)} = 165,09 \text{ mm}^2 \quad (193)$$

Tip 4-A döşemesi için seçilen Ø8/300 (167,53 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (süreksiz kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 181 - \sqrt{181^2 - \frac{2,6,79 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 2,22 \text{ mm} \quad (194)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{6,79 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(181 - \frac{2,22}{2}\right)} = 103,41 \text{ mm}^2 \quad (195)$$

Tip 4-A döşemesi için seçilen Ø8/340 (147,82 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 181 - \sqrt{181^2 - \frac{2,28,41 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 9,47 \text{ mm} \quad (196)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{28,41 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(181 - \frac{9,47}{2}\right)} = 441,58 \text{ mm}^2 \quad (197)$$

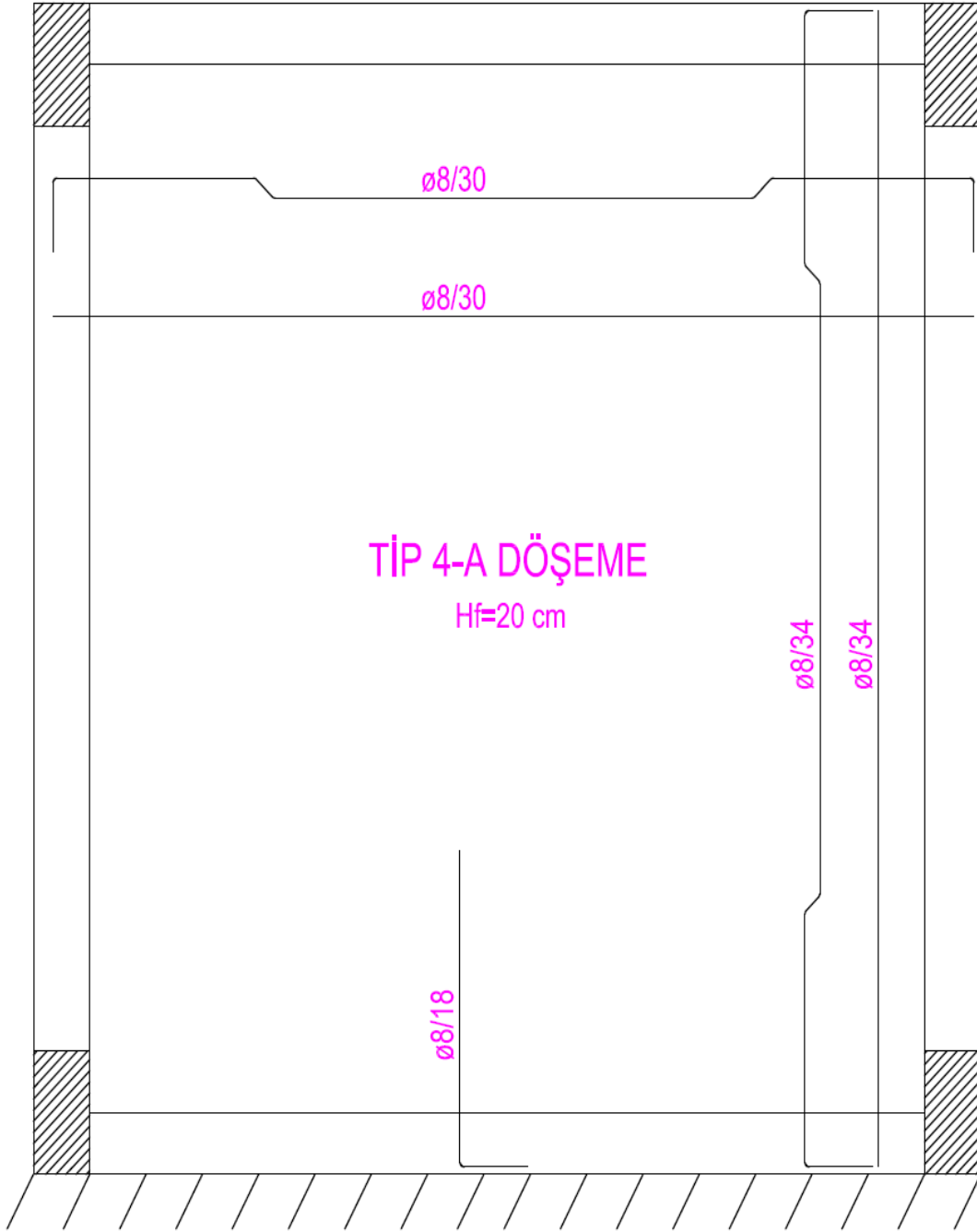
Tip 4-A döşemesi için seçilen Ø8/300 (167,53 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacaktır fakat bu donatı alanı yeterli olmadığından dolayı ilave mesnet donatısı hesabı yapmak gerekmektedir.

Mesnet ilave donatısı ile karşılanması gereken donatı alanı 274,05 mm²'dir.

Bu durumda belirlenecek olan donatı aralığı;

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{274,05} 50,26 = 183,40 \text{ mm} \quad (198)$$

Mesnet ilave donatısı Ø8/180 (279,22 mm²) seçilmiştir. Şekil 37’de Tip 4-A döşemesi için kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı şematize edilmiştir.



Şekil 37. Tip 4-A döşemesi donatı planı.

3.5.3. Tip 4-B Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

Bu döşeme tipinde döşeme kalınlığı değiştirilmeden hesaplamalar şablon donatısı dikkate alınarak yapılmıştır. Şablon donatısı faydalı yüksekliği değiştireceğinden aynı döşeme kalınlığı olsa bile çözümlerin tekrardan yapılması gereklidir.

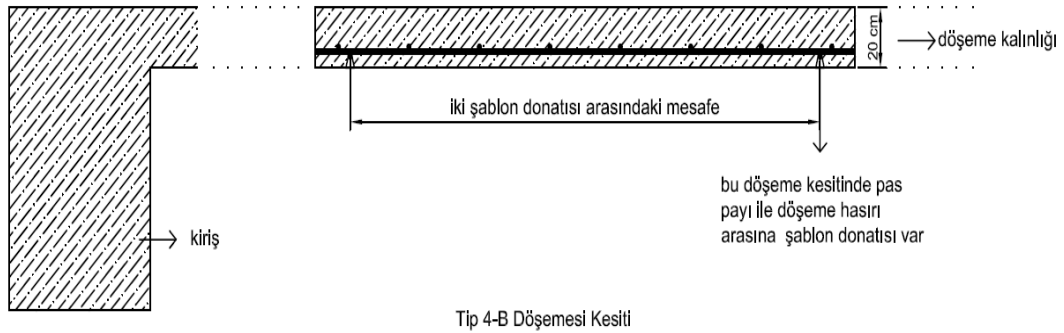
3.5.3.1. Tip 4-B Döşemesi İçin Kesme Dayanımı Kontrolü

Döşeme birim genişliği $b=1,0$ m alınarak, faydalı yükseklik;

$$d=h_f-C_c-\varnothing/2=200-(15+8)-8/2=173\text{ mm } (0,173\text{ m}) \quad (198)$$

olarak hesaplamalara dahil edilecektir. (C_c değeri Tablo 3 ‘den alınmıştır.)

Beton sınıfı C30 seçilmiş olup hesaplamalara dahil olacak f_{ctd} değerini yukarıdaki formüle göre hesaplanır ise $f_{ctd} = 1266\text{ kN/m}^2$ olur. Kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayısı tablosundan kenar oranı $m=1,63$ ve seçilen döşeme tipi ile tablo 10‘dan okunan değer $X_k=0,72$ olarak alınabilir.



Şekil 38. Tip 4-B Döşemesi Kesitinde Gösterilen Donatının Döşemedeki Konumları

Kesme Güvenliği Hesabı

$$V_d = X_k \cdot P_d \cdot (0,5 \cdot l_{sn} - d) = 0,72 \cdot 21,86 \cdot (0,5 \cdot 3,75 - 0,173) = 26,91\text{ kN} \quad (199)$$

$$V_{cr} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,65 \cdot 1266 \cdot 1,0 \cdot 0,173 = 142,36\text{ kN} \quad (200)$$

$V_d \leq V_{cr}$ kesme güvenliği şartı $26,91\text{ kN} < 142,36\text{ kN}$ sağlanmıştır. Bu durumda kesme donatısına gerek yoktur.

3.5.3.2. Tip 4-B Döşemesi İçin Tasarım Açıklık Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9‘den alınan moment katsayısı $\alpha=0,069$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,069 \cdot 21,96 \cdot 3,75^2 = 19,61 \text{ kN.m} = 21,30 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (201)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı $\alpha = 0,044$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,044 \cdot 21,96 \cdot 3,75^2 = 12,5 \text{ kN.m} = 13,58 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (202)$$

Yukarıdaki işlemler ile açıklık donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım açıklık moment değerleri hesaplanmıştır.

3.5.3.3. Tip 4-B Döşemesi İçin Açıklık Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 173 - \sqrt{173^2 - \frac{2 \cdot 21,30 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 7,40 \text{ mm} \quad (203)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{21,30 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(173 - \frac{7,40}{2}\right)} = 344,6 \text{ mm}^2 \quad (204)$$

Yukarıda hesaplanan çekme donatısı alanı A_s 'yi 1,0 m'lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50,26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{344,6} 50,26 = 145,85 \text{ mm} \quad (205)$$

Gerekten donatı aralığı 145,85 mm olarak hesaplanmıştır. Uygulama esnasında bu değer uygulamaya zorluk çıkaracağı için bu aralık $S_s = 140 \text{ mm}$ alınabilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{140} 50,26 = 359 \text{ mm}^2 \quad (206)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_s = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_s = \frac{359}{1000 \cdot 173} = 0,0020 \quad (207)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_s = 0,0020 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam 359 mm^2 donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 140 mm aralıkta (S_s) yerleştirilecektir. Seçilen donatı Ø8/280 ($179,5 \text{ mm}^2$) düz + Ø8/280 ($179,5 \text{ mm}^2$) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek açıklık donatısı için yapılan hesaplamalar;

Uzun kenar doğrultusu için faydalı yükseklik değişecektir. Kısa kenar doğrultusundaki donatı alt sıraya ve döşemede pas payı üzerine yerleştirilen şablon donatıları da en alt sıraya konduğundan, uzun doğrultu için faydalı yükseklik;

$$d_u = d_k - \emptyset = 181 - (8 + 8) = 165 \text{ mm} \text{ şeklinde değişir.} \quad (208)$$

Basınç bloğu derinliği (a)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 165 - \sqrt{165^2 - \frac{2 \cdot 13,58 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 4,91 \text{ mm} \quad (209)$$

Çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_{si} = \frac{13,58 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(165 - \frac{4,91}{2}\right)} = 228,89 \text{ mm}^2 \quad (210)$$

Uzun kenar doğrultusunda pas payı üzerine yerleştirilen şablon donatıların moment dayanımına katkısı

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_{\emptyset} \rightarrow A_s = \frac{1000}{1000} 50,26 = 50,26 \text{ mm}^2 \quad (211)$$

Uygulamadaki “gerçek” uzun doğrultu için çekme donatısı alanı $(228,89 - 50,26) = 178,63 \text{ mm}^2$ şeklinde hesaplanır.

Yukarıda hesaplanan ‘gerçek’ çekme donatısı alanı A_s ’yi 1,0 m’lik (1000 mm) döşemeye 8 mm çapındaki donatıyı yerleştirmek için gereken donatı aralığı hesabı, ($A_\emptyset = 50.26 \text{ mm}^2$ Tablo 7).

$$S_l = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_l = \frac{1000}{173,63} 50,26 = 289,47 \text{ mm} \quad (212)$$

Gereken donatı aralığı 228,3 mm olarak hesaplanmıştır. Ancak bu değer TS500 sınırını aşmaktadır. Koşul donatı aralığının max. 200mm olacağından $S_l = 200 \text{ mm}$ seçilebilir. Donatı aralığı değiştiğinden hesaplanan donatı alanında da değişim olacaktır. Çekme donatısı alanı seçilen donatı aralığı ile tekrar hesaplanırsa;

Değişen çekme donatısı alanı:

$$A_s = \frac{1000}{S_s} A_\emptyset \rightarrow A_s = \frac{1000}{200} 50,26 = 251,3 \text{ mm}^2 \quad (213)$$

Donatı oranı hesabı:

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b \cdot d} \rightarrow \rho_1 = \frac{251,3}{1000 \cdot 165} = 0,00152 \quad (214)$$

Hesaplanan donatı oranı $\rho_1 = 0,00152 > \rho_{\min} = 0,0015$ olduğundan Donatı oranı TS500 de verilen $\rho_{\min}$ koşulu sağlamaktadır. Bu durumda toplam $251,3 \text{ mm}^2$ donatı alanına (A_s) sahip 8 mm çapındaki donatılar açıklıkta 200 mm aralıkta (S_l) yerleştirilecektir. Seçilen donatı Ø8/400 ($125,65 \text{ mm}^2$) düz + Ø8/400 ($125,65 \text{ mm}^2$) pilye şeklinde yerleştirilebilir.

3.5.3.4. Tip 4-B Döşemesi İçin Tasarım Mesnet Momentlerinin Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9’den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,035$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,035 \cdot 21,96.3,75^2 = 9,77 \text{ kN.m} = 9,94.10^6 \text{ N.mm} \quad (215)$$

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9’den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,022$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,022 \cdot 21,96.3,75^2 = 6,14 \text{ kN.m} = 6,79.10^6 \text{ N.mm} \quad (216)$$

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için Tablo 9'den alınan moment katsayısı (sürekli kenar) $\alpha = 0,092$

Bu durumda;

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 = 0,092 \cdot 21,96 \cdot 3,75^2 = 25,69 \text{ kN.m} = 28,41 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \quad (217)$$

Yukarıdaki işlemler ile mesnet donatıları hesabında kullanılacak formüller için tasarım mesnet moment değerleri hesaplanmıştır.

3.5.3.5. Tip 4-B Döşemesi İçin Mesnet Donatılarının Hesabı

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 173 - \sqrt{173^2 - \frac{2 \cdot 10,80 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 3,71 \text{ mm} \quad (218)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{10,80 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(173 - \frac{3,71}{2}\right)} = 172,89 \text{ mm}^2 \quad (219)$$

Tip 4-B döşemesi için seçilen Ø8/280 (179,5 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Uzun kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 173 - \sqrt{173^2 - \frac{2 \cdot 6,79 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 2,32 \text{ mm} \quad (220)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{6,79 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(173 - \frac{2,32}{2}\right)} = 108,25 \text{ mm}^2 \quad (221)$$

Tip 4-B döşemesi için seçilen Ø8/400 (125,65 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacağından dolayı bu donatı mesnet donatısı için yeterlidir. Ek bir mesnet donatısı hesabı yapmaya gerek kalmamıştır.

- Kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek mesnet donatısı için (sürekli kenar) yapılan hesaplamalar;

Basınç bloğu derinliği (a):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b}} \rightarrow a = 173 - \sqrt{173^2 - \frac{2.28,41 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000}} = 9,94 \text{ mm} \quad (222)$$

Mesnet donatısı alanı:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \rightarrow A_s = \frac{28,41 \cdot 10^6}{365 \cdot \left(173 - \frac{9,94}{2}\right)} = 463,22 \text{ mm}^2 \quad (223)$$

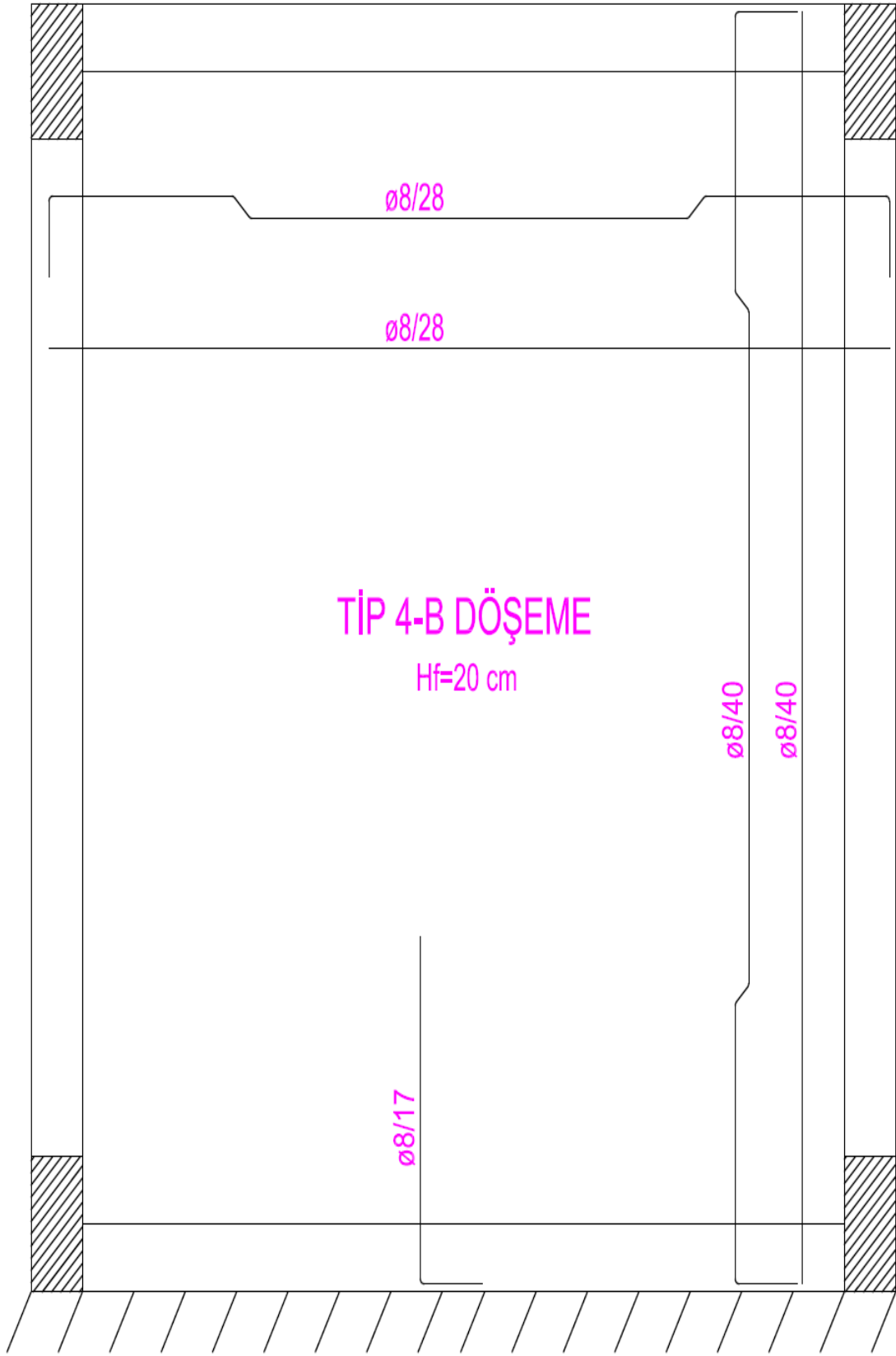
Tip 4-B döşemesi için seçilen Ø8/280 (179,5 mm²) açıklık donatılarından biri mesnet donatısına katkı sağlayacaktır fakat bu donatı alanı yeterli olmadığından dolayı ilave mesnet donatısı hesabı yapmak gerekmektedir.

Mesnet ilave donatısı ile karşılanması gereken donatı alanı 283,72 mm²'dir.

Bu durumda belirlenecek olan donatı aralığı;

$$S_s = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset \rightarrow S_s = \frac{1000}{283,72} 50,26 = 177,15 \text{ mm} \quad (224)$$

Mesnet ilave donatısı Ø8/170 (395,65 mm²) seçilmiştir. Şekil 39'da Tip 4-ABdöşemesi için kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı şematize edilmiştir.

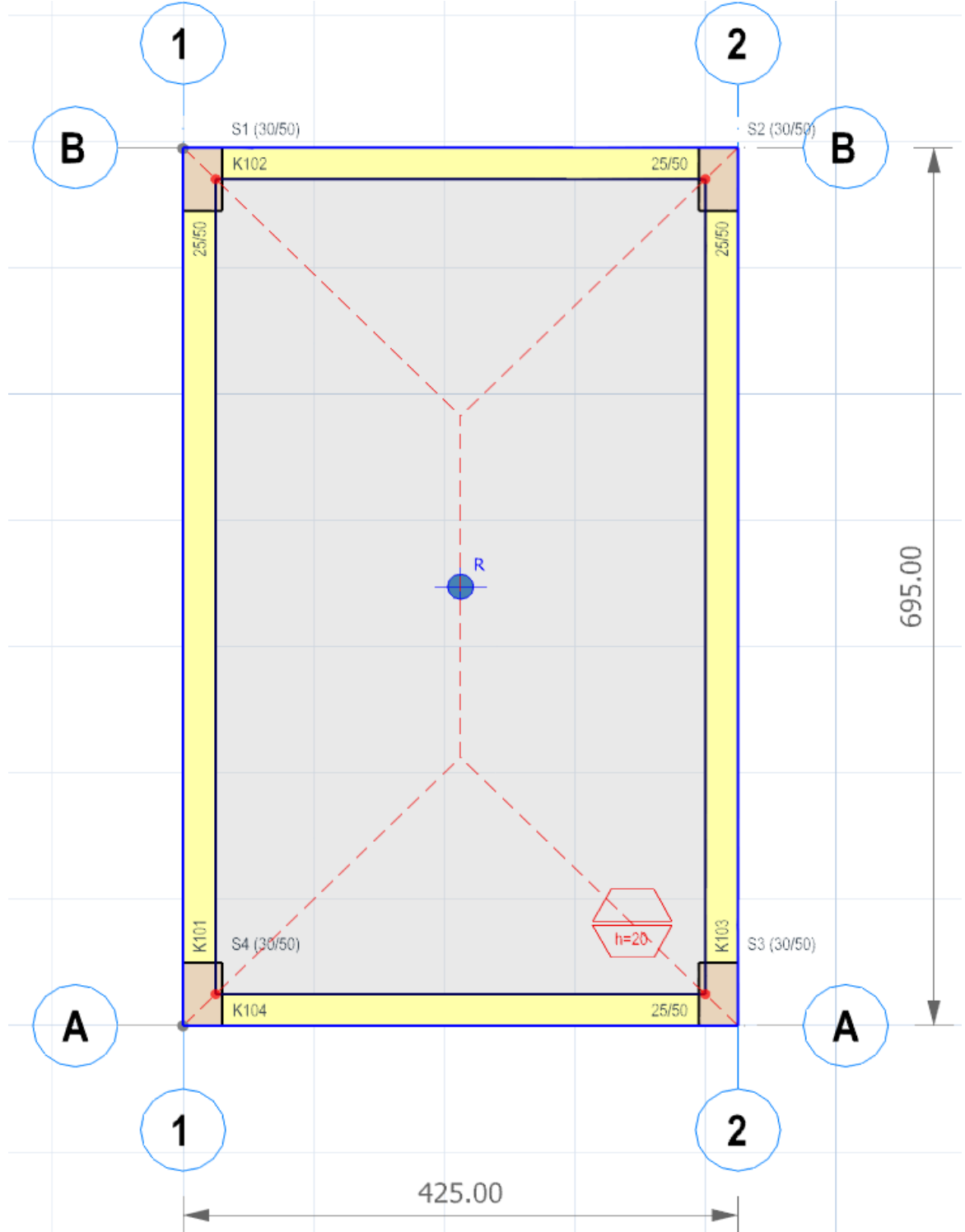


Şekil 39. Tip 4-B döşemesi donatı planı.

3.5.4. Tip 4-C Döşemesi İçin Döşeme Moment ve Donatı Hesapları

Bu döşeme tipinde hesaplamalar aynı döşeme kalınlığı ile ProtaStructure statik analiz programı yardımı ile yapılmıştır.

1. Aksların ve betonarme elemanlarının yerleştirilmesi yapıldı.



Şekil 40. Tip 4-C Döşemesi ProtaStructure Çizimi

2. Tip 4-C döşemesi için sabit yük değerleri girilerek sabit yük raporu oluşturuldu.

Tablo 30. Tip 4-C Döşemesi Yük Raporu Tablosu

Oda	Birim Ağırlık (t/m3)	Kalınlık (cm)	Yük Değeri (t/m2)
Çatı katından gelen yığma duvar yükü	64.000	1.0	0.640
Çatı katından gelen seramik yükü	0.200	1.0	0.002
Çatı katından gelen döşeme kaplama harcı yükü	1.600	10.0	0.160
Çatı yükü	3.800	1.0	0.038
Toplam Yük			0.840

3. Tip 4-C döşemesine gelen yük parametreleri için rapor oluşturuldu.

Tablo 31. Tip 4-C Döşemesi Yük Parametreleri Tablosu

Etiket	Açıklama	Yük Tipi	Yük Hali	Yön	Büyüklik (t/m2)
G Yük Değeri – Tip 4-C		Alan Yükü	G	Yerçekimi	0.840
Q Yük Değeri – Tip 4-C		Alan Yükü	Q	Yerçekimi	0.200
Öz Ağırlık	Zati Ağırlık	Alan Yükü	G	Yerçekimi	0.500

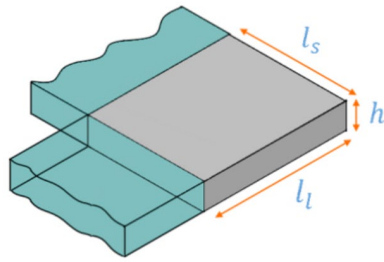
4. Döşeme minimum kalınlık kontrolleri yapıldı.

Döşeme kalınlığı sonuçların özeti

Tablo 32. Tip 4-C Döşemesi Döşeme Kalınlık Kontrolü Tablosu

Etiket	Kat	st	l _s	l _t	l _{sn}	m	α _s	h _{Sağ}	h _{min}	Durum
Tip 4-C	1	8	425.0	695.0	375.0	1.635	0.310	20.0	12.7	✓

Birimler cm olarak alınmıştır.



$$m = l_t / l_s$$

$$\alpha_s = \frac{\sum L_{CE}}{\sum L_{AE}}$$

$$h = \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4} \right)$$

Şekil 41. Tip 4-C Döşemesi Kesiti Döşeme Kalınlığı (h) 20cm

5. Tip 4-C döşemesinde X ve Y hesap aksı yönleri için aşağıdaki tabloda yer alan tüm parametrelerin ve donatıların hesaplaması yapıp raporu oluşturuldu.

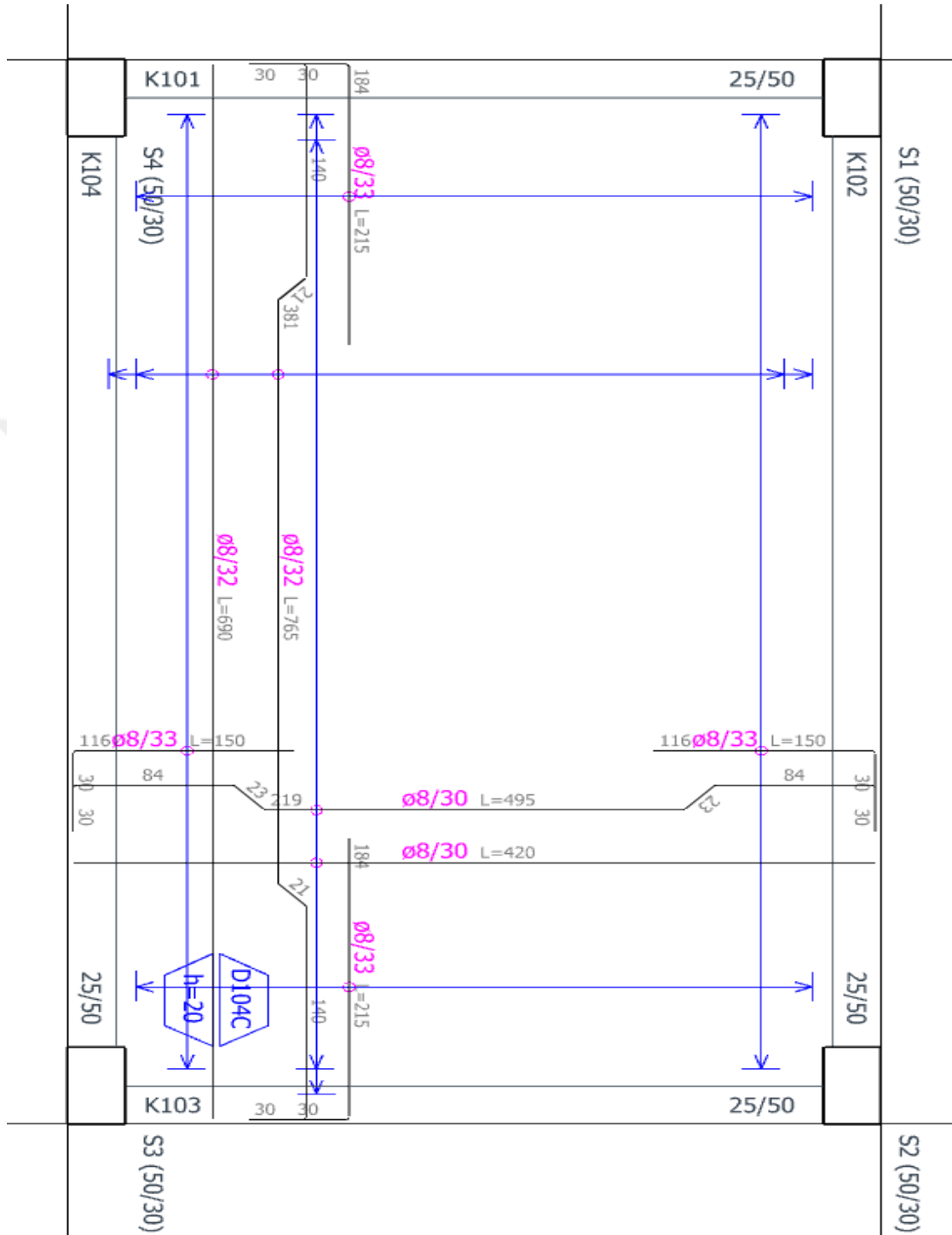
Tablo 33. Tip 4-C için hesap aksı X yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.

Döşeme	Tip 4-C
d/h (cm)	17.3/20.0
Açı (°)	0
q.maks maks Kombinasyon (t/m ²)	2.196 1.4G + 1.6Q
L ₁	645.00
L ₂ (cm)	375.00
Mesnet	
C	0.0000
M (t.m)	0.68
Açıklık	
C	0.0440
M (t.m)	1.36
M _c	
Sol	0.68
Sağ (t.m)	0.68
As-Sol	
Gerekli	3.03
Sağlanan (cm ²)	3.09
As-Açıklık	
Gerekli	3.03
Sağlanan (cm ²)	3.14
As-Sağ	
Gerekli	3.03
Sağlanan (cm ²)	3.09
Sol-Mesnet	
Düz	ø8/33 (U ₂)
Açıklık Donatıları	
Pilye	ø8/32 (A ₂)
Alt Düz	ø8/32 (A ₂)
Sağ-Mesnet	
Düz	ø8/33 (U ₂)

Tablo 34. Tip 4-C için hesap aksı Y yönüne göre çıkan sonuçların tablosu.

Döşeme	Tip 4-C 
d/h (cm)	18.1/20.0
Açı (°)	0
q.maks maks Kombinasyon (t/m ²)	2.196 1.4G + 1.6Q
L ₁	645.00
L ₂ (cm)	375.00
Mesnet C	0.0000
M (t.m)	1.06
Açıklık C	0.0684
M (t.m)	2.11
M _c Sol	1.06
Sağ (t.m)	1.06
As-Sol Gerekli	3.17
Sağlanan (cm ²)	3.20
As-Açıklık Gerekli	3.26
Sağlanan (cm ²)	3.35
As-Sağ Gerekli	3.17
Sağlanan (cm ²)	3.20
Sol-Mesnet Düz	ø8/33 (U ₁)
Açıklık Donatıları Pilye	ø8/30 (A ₂)
Alt Düz	ø8/30 (A ₂)
Sağ-Mesnet Düz	ø8/33 (U ₁)

6. Tip 4-C döşemesi için donatı planı oluşturulmuştur.



Şekil 42. Tip 4-C Döşemesi Şematize Edilmiş Donatı Planı

Şekil 42’de Tip 4-C döşemesi için ProtaStructure statik analiz programından elde edilen sonuçlar doğrultusunda kısa kenar açıklık donatısı, uzun kenar açıklık donatısı ve mesnet donatısı yine bu program yardımı ile şematize edilmiştir.

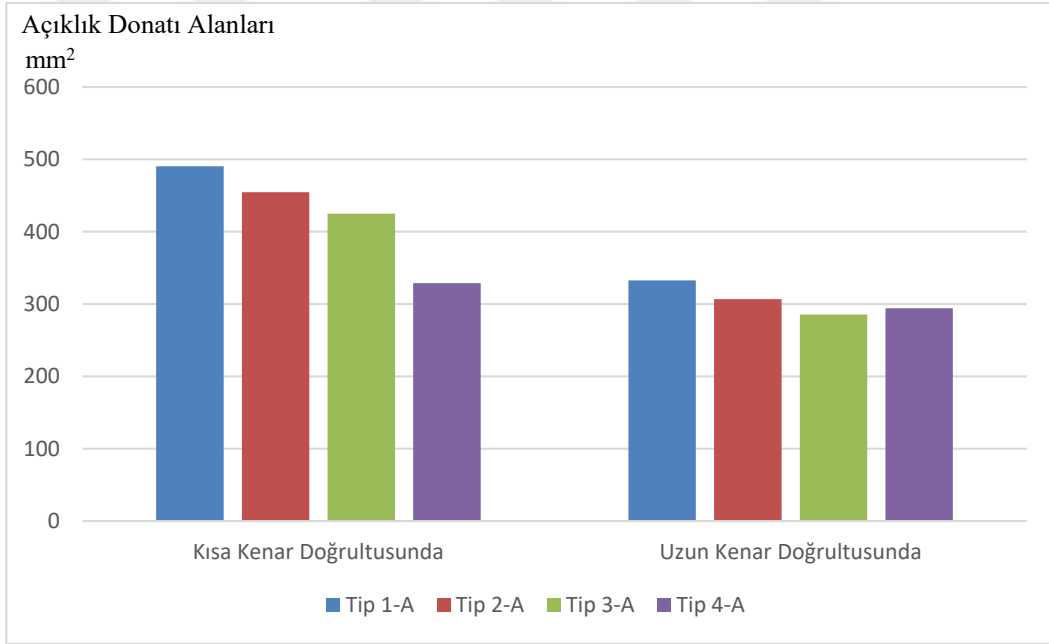
4. BULGULAR

Grafikler, döşemeler için belirlenen donatıların açıklık ve mesnet donatı alanlarına göre değil de döşemenin ihtiyaç duyduğu donatı alanları verileri ile oluşturulmuştur.

4.1. Farklı Döşeme Kalınlığına Sahip Aynı Çözüm Uygulanan Döşeme Tiplerinin Grafikleri

4.1.1. A Tipi Döşemelerin Donatı Alanları Grafikleri

Şekil 43'deki grafikte A tipi döşemeler için hesaplanan açıklık donatı alanlarının hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



Şekil 43. A Tipi Döşemelerin Açıklık Donatı Alanları

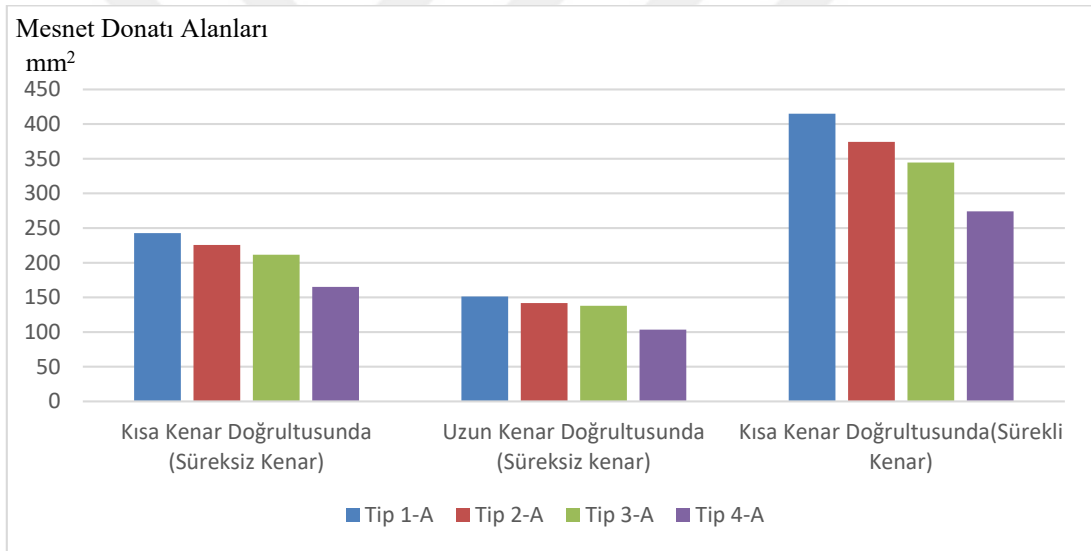
➤ Kısa kenar doğrultusu için

- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 7,9 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 7 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 29,22 azalma olduğu görülmüştür.

➤ Uzun kenar doğrultusu için

- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 8,45 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 7,4 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 3 artma olduğu görülmüştür.

Şekil 44'deki A tipi döşemeler için hesaplanan mesnet donatı alanlarının süreksiz kenarlarda hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda ve sürekli kenarlarda uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



Şekil 44. A Tipi Döşemelerin Mesnet Donatı Alanları

➤ Kısa kenar doğrultusunda süreksiz kenar için

- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 7,5 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 6,7 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 28,14 azalma olduğu görülmüştür.

➤ Uzun kenar doğrultusunda süreksiz kenar için

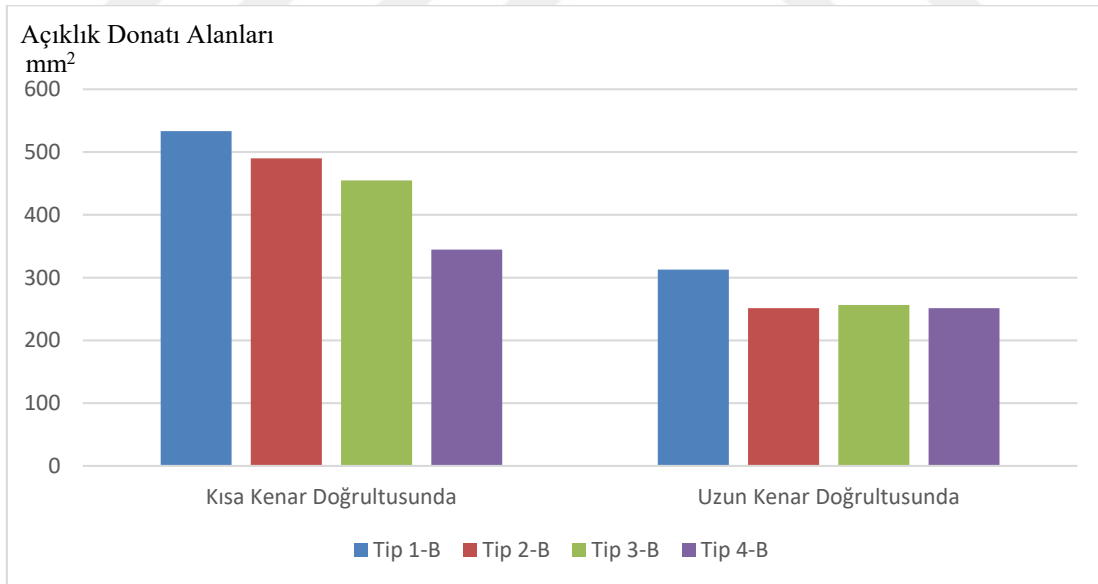
- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre mesnet

donatı alanında % 6,6 azalma olduğu görülmüştür.

- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 2,8 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 33,36 azalma olduğu görülmüştür.
 - Kısa kenar doğrultusunda sürekli kenar için
- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 10,8 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 8,7 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 25,7 azalma olduğu görülmüştür.

4.1.2. B Tipi Döşemelerin Donatı Alanları Grafikleri

Şekil 45'deki grafikte B tipi döşemeler için hesaplanan açıklık donatı alanlarının hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.

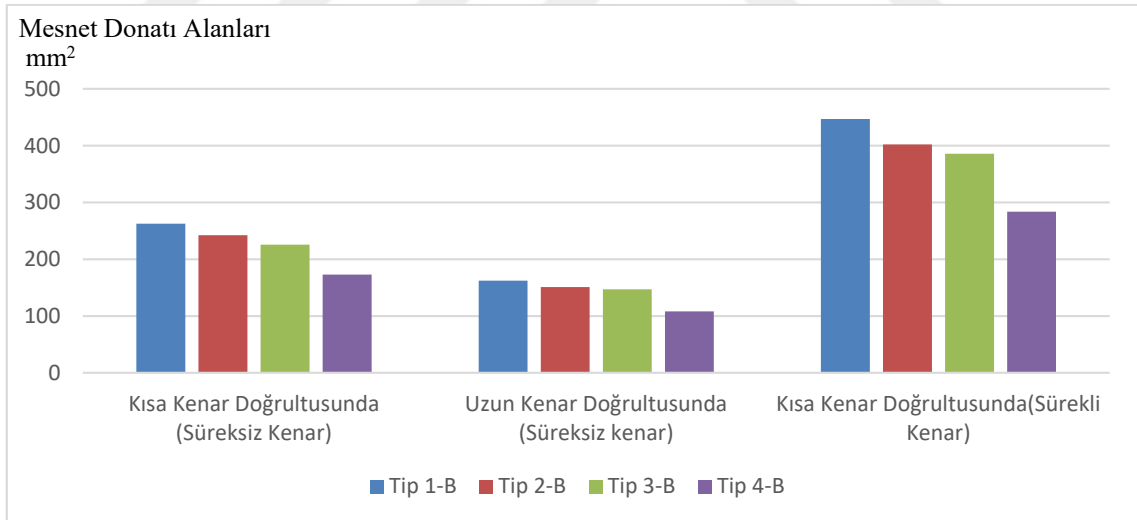


Şekil 45. B Tipi Döşemelerin Açıklık Donatı Alanları

- Kısa kenar doğrultusu için
- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 8,8 azalma olduğu görülmüştür.

- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 7,7 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 32 azalma olduğu görülmüştür.
 - Uzun kenar doğrultusu için
- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 24,43 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 1,98 artma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 1,98 azalma olduğu görülmüştür.

Şekil 46'daki grafikte B tipi döşemeler için hesaplanan mesnet donatı alanlarının süreksiz kenarlarda hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda ve sürekli kenarlarda uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



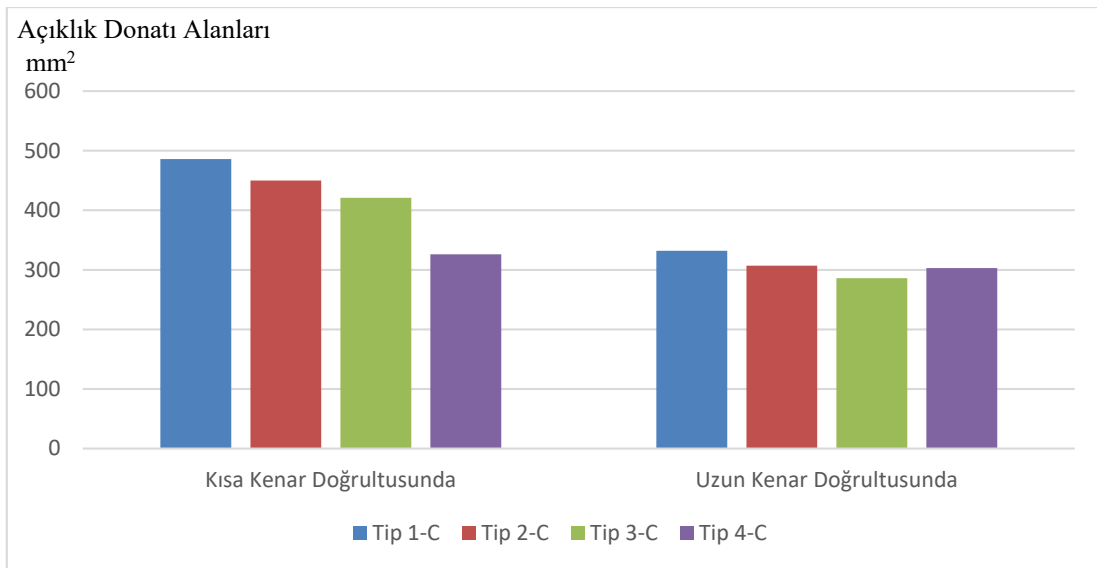
Şekil 46. B Tipi Döşemelerin Mesnet Donatı Alanları

- Kısa kenar doğrultusunda süreksiz kenar için
- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 8,28 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 7,35 azalma olduğu görülmüştür.

- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 30,62 azalma olduğu görülmüştür.
 - Uzun kenar doğrultusunda süreksiz kenar için
- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 7,5 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 2,6 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 35,9 azalma olduğu görülmüştür.
 - Kısa kenar doğrultusunda sürekli kenar için
- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 11,1 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 4,23 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 36 azalma olduğu görülmüştür.

4.1.3. C Tipi Döşemelerin Donatı Alanları Grafikleri

Şekil 47’deki grafikte C tipi döşemeler için hesaplanan açıklık donatı alanlarının hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



Şekil 47. C Tipi Döşemelerin Açıklık Donatı Alanları

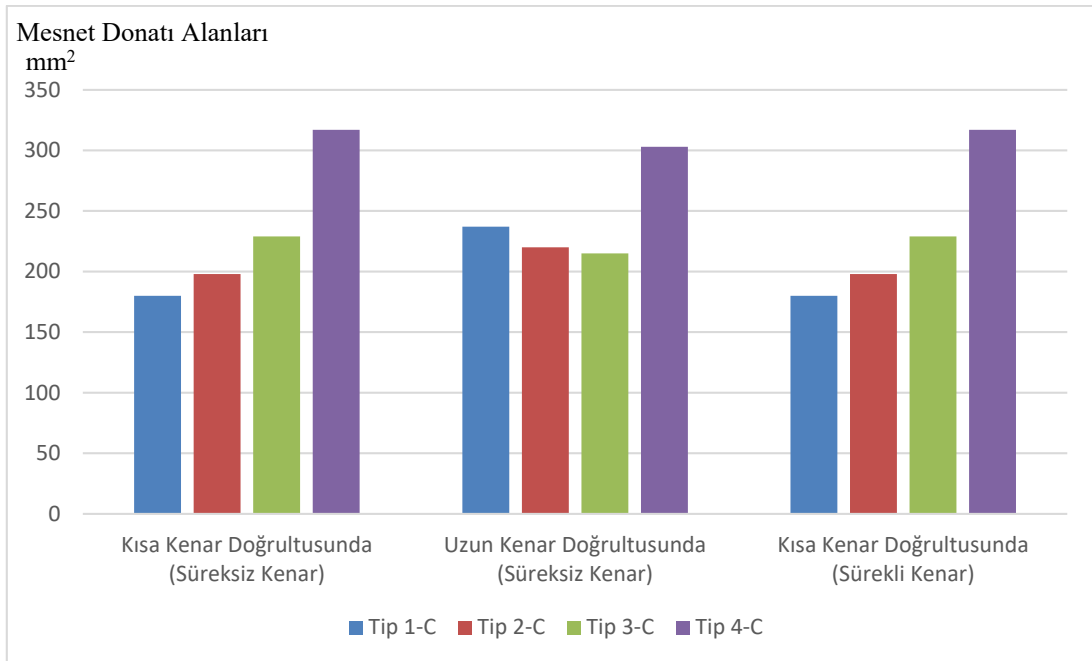
➤ Kısa kenar doğrultusu için

- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 8 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 6,9 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 29,14 azalma olduğu görülmüştür.

➤ Uzun kenar doğrultusu için

- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 8,14 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 7,34 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre açıklık donatı alanında % 5,94 artma olduğu görülmüştür.

Şekil 48'deki grafikte C tipi döşemeler için hesaplanan mesnet donatı alanlarının süreksiz kenarlarda hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda ve sürekli kenarlarda uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



Şekil 48. C Tipi Döşemelerin Mesnet Donatı Alanları

➤ Kısa kenar doğrultusunda süreksiz kenar için

- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 10 artma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 15.6 artma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 38.42 artma olduğu görülmüştür.

➤ Uzun kenar doğrultusunda süreksiz kenar için

- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 7.7 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 2.3 azalma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 40,93 artma olduğu görülmüştür.

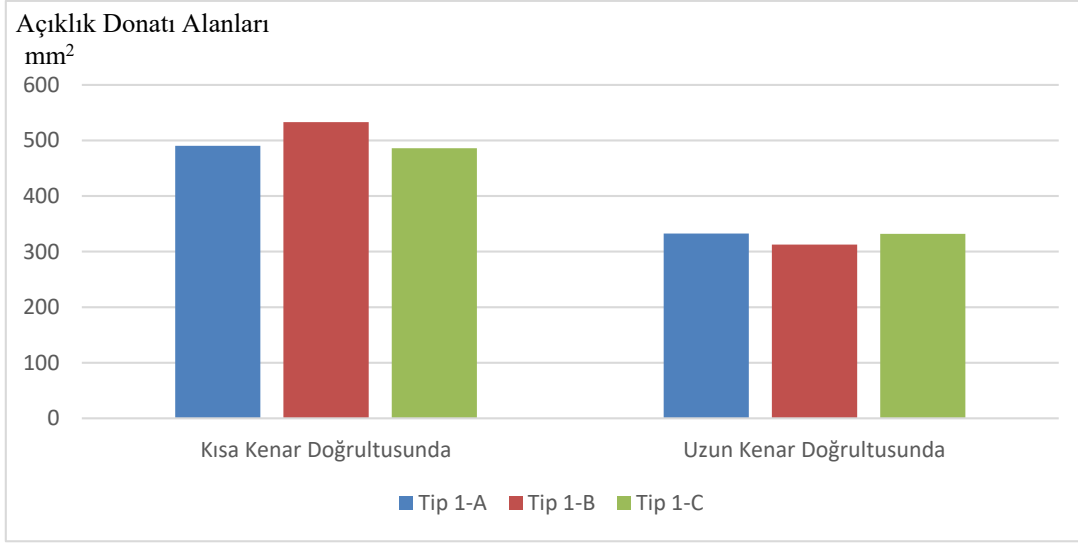
➤ Kısa kenar doğrultusunda sürekli kenar için

- Kalınlığı 14 cm olan döşemenin kalınlığı 13 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 10 artma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 15 cm olan döşemenin kalınlığı 14 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 15.6 artma olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı 20 cm olan döşemenin kalınlığı 15 cm olan döşemeye göre mesnet donatı alanında % 38.42 artma olduğu görülmüştür.

4.2. Aynı Döşeme Kalınlığına Sahip Farklı Çözüm Uygulanan Döşeme Tiplerinin Grafikleri

Açıklık ve mesnet donatı alanları için üç farklı yöntemle çözümü yapılan döşemelerin grafikleri verilmiştir. Bu işlem her bir döşeme kalınlığı için ayrı ayrı yapılmıştır.

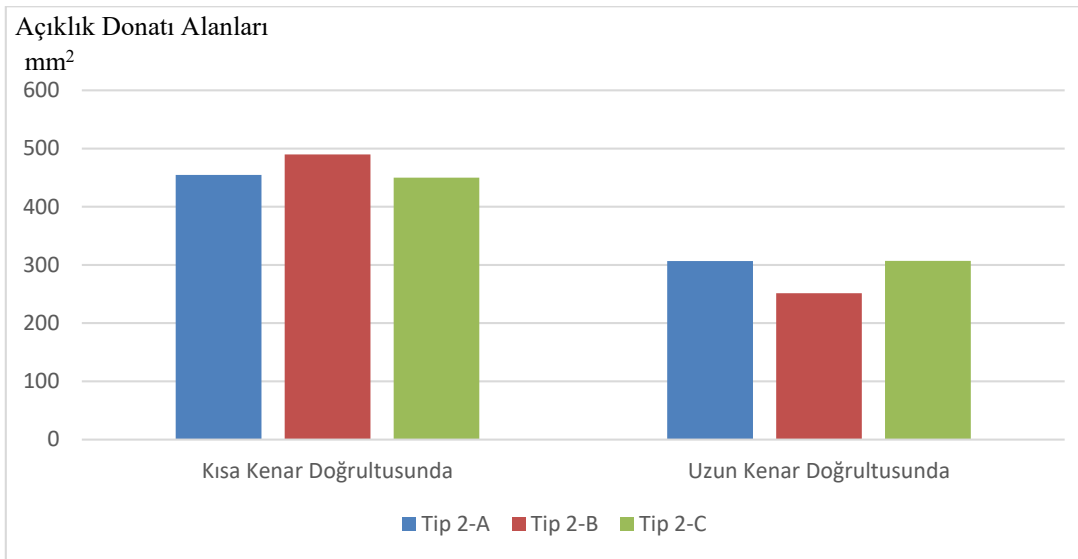
Şekil 49'daki grafikte döşeme kalınlığı 13 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan açıklık donatı alanlarının hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



Şekil 49. Tip 1 A, B ve C Döşemelerinin Açıklık Donatı Alanları

- Döşeme kalınlığı 13 cm olan döşemeler için oluşan farklar
- Kısa kenar doğrultusunda A ve C tipi döşemelerin donatı alanları birbirine çok yakındır. A tipi döşemeye göre B tipi döşemede açıklık donatı alanlarında % 8.7 artma olduğu görülmüştür.
- Uzun kenar doğrultusunda A ve C tipi döşemeye göre B tipi döşemede açıklık donatı alanlarında % 6.16 azalma olduğu görülmüştür.

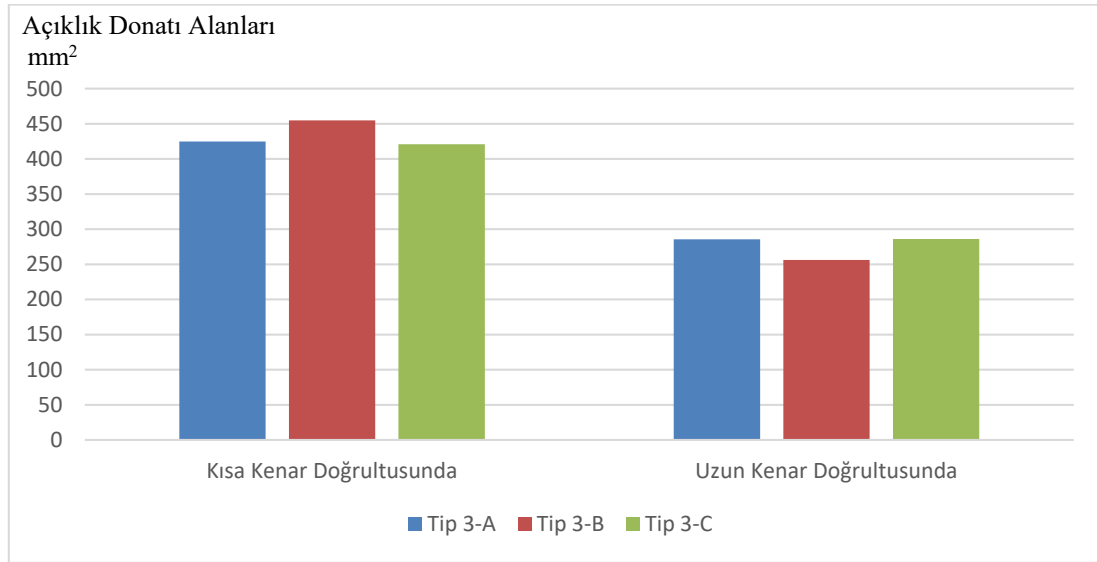
Şekil 50'deki grafikte döşeme kalınlığı 14 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan açıklık donatı alanlarının hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



Şekil 50. Tip 2 A, B ve C Döşemelerinin Açıklık Donatı Alanları

- Döşeme kalınlığı 14 cm olan döşemeler için oluşan farklar
- Kısa kenar doğrultusunda A ve C tipi döşemelerin donatı alanları birbirine çok yakındır. A tipi döşemeye göre B tipi döşemede açıklık donatı alanlarında % 7.8 artma olduğu görülmüştür.
- Uzun kenar doğrultusunda A ve C tipi döşemeye göre B tipi döşemede açıklık donatı alanlarında % 22 azalma olduğu görülmüştür.

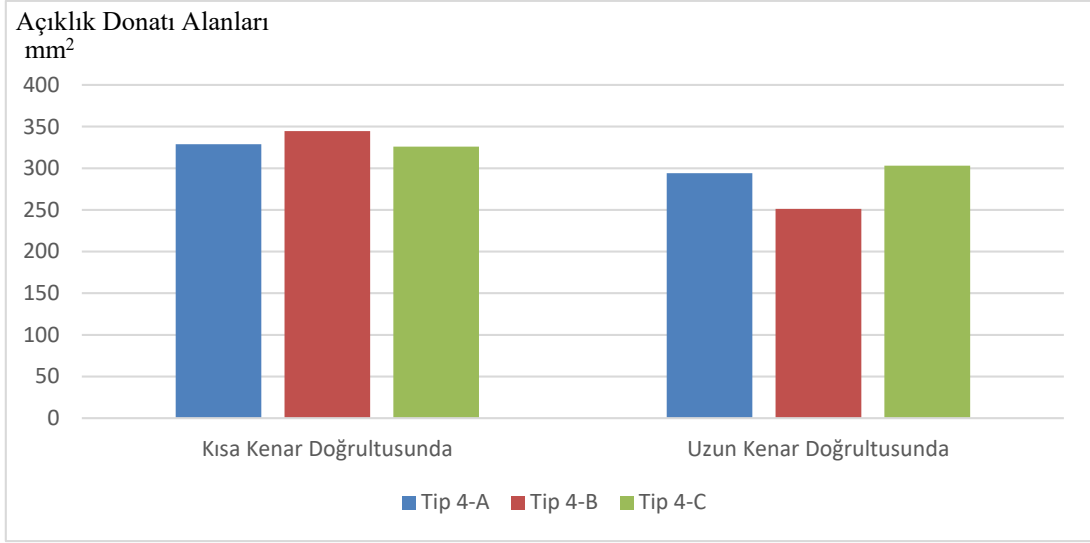
Şekil 51’deki grafikte döşeme kalınlığı 15 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan açıklık donatı alanlarının hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



Şekil 51. Tip 3 A, B ve C Döşemelerinin Açıklık Donatı Alanları

- Döşeme kalınlığı 15 cm olan döşemeler için oluşan farklar
- Kısa kenar doğrultusunda A ve C tipi döşemelerin donatı alanları birbirine çok yakındır. A tipi döşemeye göre B tipi döşemede açıklık donatı alanlarında % 7 artma olduğu görülmüştür.
- Uzun kenar doğrultusunda A ve C tipi döşemeye göre B tipi döşemede açıklık donatı alanlarında % 11,58 azalma olduğu görülmüştür.

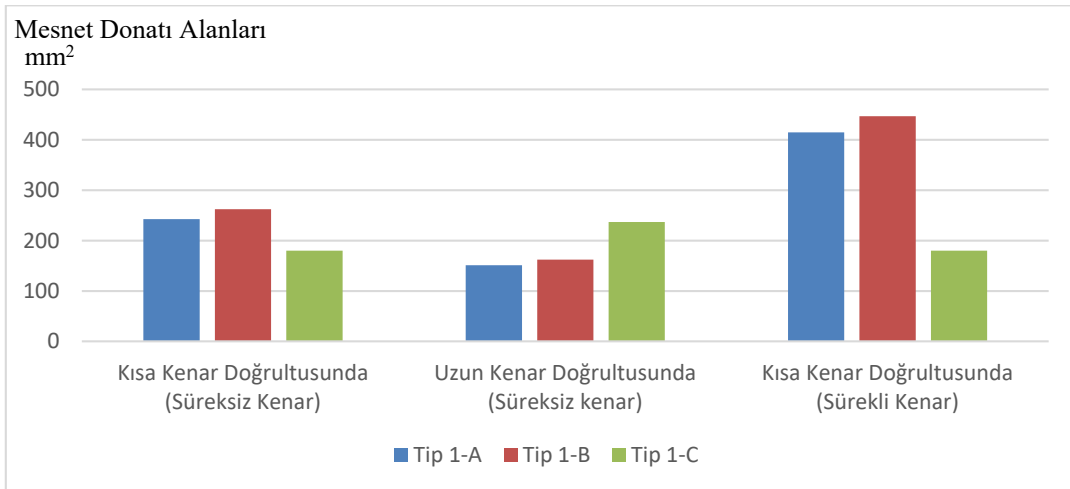
Şekil 52’deki grafikte döşeme kalınlığı 20 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan açıklık donatı alanlarının hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



Şekil 52. Tip 4 A, B ve C Döşemelerinin Açıklık Donatı Alanları

- Döşeme kalınlığı 20 cm olan döşemeler için oluşan farklar
- Kısa kenar doğrultusunda A ve C tipi döşemelerin donatı alanları birbirine çok yakındır. A tipi döşemeye göre B tipi döşemede açıklık donatı alanlarında % 4.8 artma olduğu görülmüştür.
- Uzun kenar doğrultusunda A ve B tipi döşemelerin donatı alanları birbirine çok yakındır. A tipi döşemeye göre B tipi döşemede açıklık donatı alanlarında % 17 azalma olduğu görülmüştür.

Şekil 53'deki grafikte döşeme kalınlığı 13 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan mesnet donatı alanlarının süreksiz kenarlarda hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda ve sürekli kenarlarda uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.

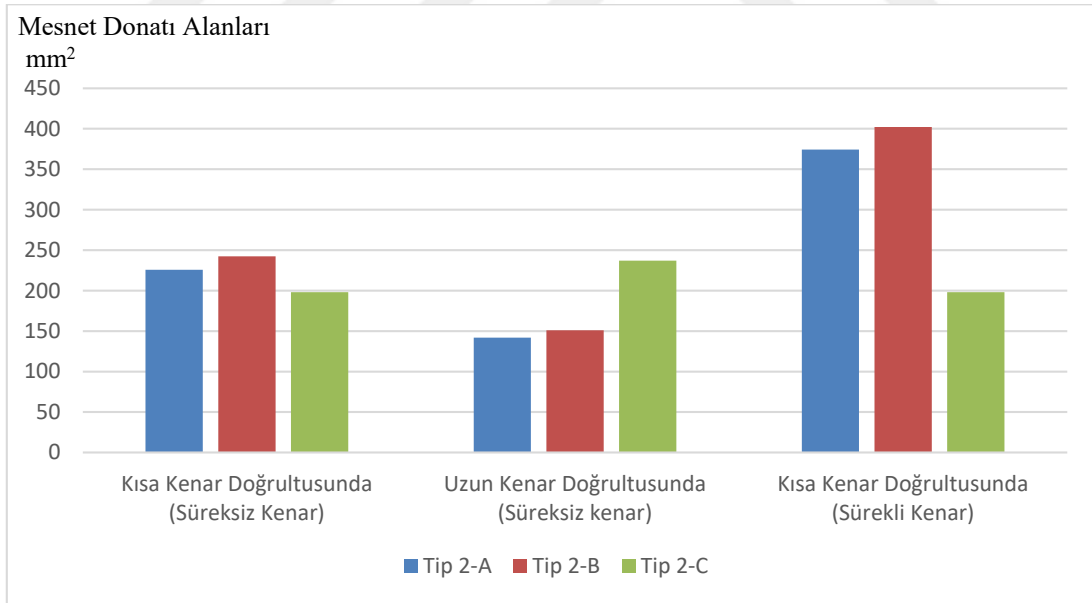


Şekil 53. Tip 1 A, B ve C Döşemelerinin Mesnet Donatı Alanları

➤ Döşeme kalınlığı 13 cm olan döşemeler için oluşan farklar

- Kısa kenar doğrultusunda süreksiz kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 8,2 azalma C tipi döşemede ise % 45,8 azalma olduğu görülmüştür.
- Uzun kenar doğrultusunda süreksiz kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 7,32 azalma C tipi döşemede ise % 44 artma olduğu görülmüştür.
- Kısa kenar doğrultusunda sürekli kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 7,74 azalma C tipi döşemede ise % 248 azalma olduğu görülmüştür.

Şekil 54'deki grafikte döşeme kalınlığı 14 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan mesnet donatı alanlarının süreksiz kenarlarda hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda ve sürekli kenarlarda uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



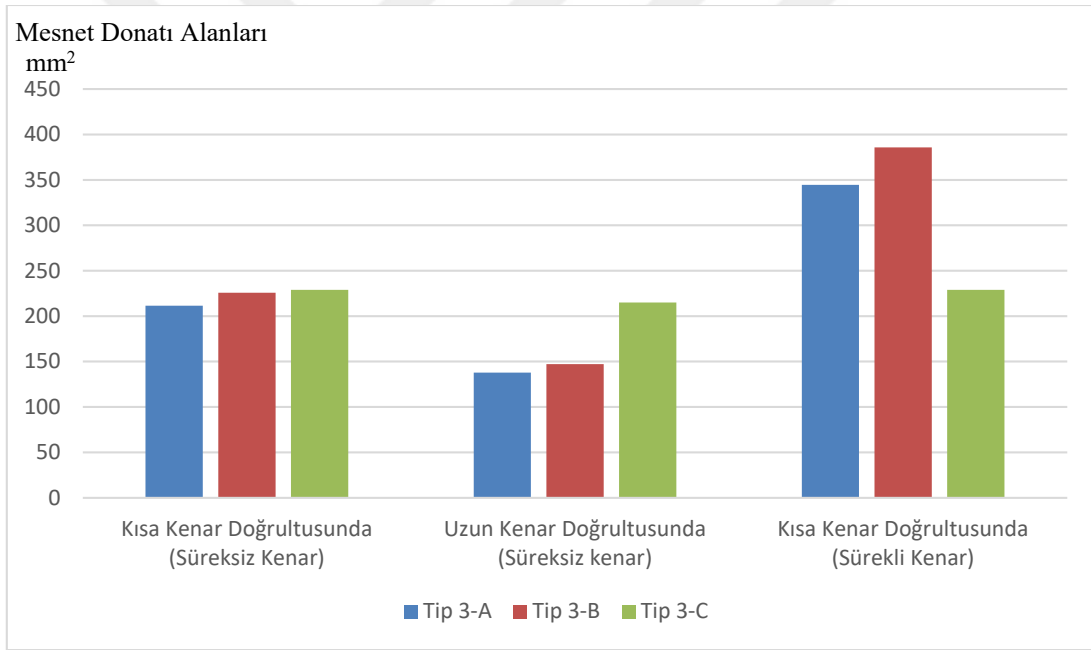
Şekil 54. Tip 2 A, B ve C Döşemelerinin Mesnet Donatı Alanları

➤ Döşeme kalınlığı 14 cm olan döşemeler için oluşan farklar

- Kısa kenar doğrultusunda süreksiz kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 7,4 azalma C tipi döşemede ise % 22,44 azalma olduğu görülmüştür.

- Uzun kenar doğrultusunda süreksiz kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 6,47 azalma C tipi döşemede ise % 56,9 artma olduğu görülmüştür.
- Kısa kenar doğrultusunda sürekli kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 7,44 azalma C tipi döşemede ise % 203 azalma olduğu görülmüştür.

Şekil 55'deki grafikte döşeme kalınlığı 15 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan mesnet donatı alanlarının süreksiz kenarlarda hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda ve sürekli kenarlarda uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.

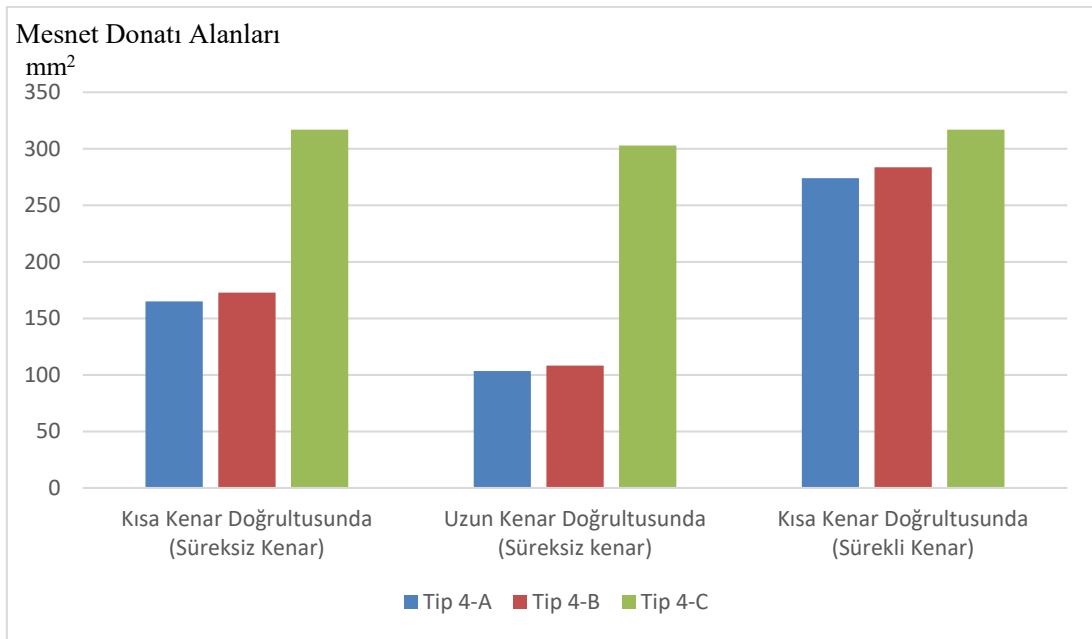


Şekil 55. Tip 3 A, B ve C Döşemelerinin Mesnet Donatı Alanları

- Döşeme kalınlığı 15 cm olan döşemeler için oluşan farklar
- Kısa kenar doğrultusunda süreksiz kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 6,75 azalma C tipi döşemede ise % 13,9 artma olduğu görülmüştür.
- Uzun kenar doğrultusunda süreksiz kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 6,67 azalma C tipi döşemede ise % 46,15 artma olduğu görülmüştür.

- Kısa kenar doğrultusunda sürekli kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 7,26 azalma C tipi döşemede ise % 68,5 azalma olduğu görülmüştür.

Şekil 56'daki grafikte döşeme kalınlığı 20 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan mesnet donatı alanlarının süreksiz kenarlarda hem kısa kenar hem de uzun kenar doğrultusunda ve sürekli kenarlarda uzun kenar doğrultusunda oluşan farklar gösterilmiştir.



Şekil 56. Tip 4 A, B ve C Döşemelerinin Mesnet Donatı Alanları

➤ Döşeme kalınlığı 20 cm olan döşemeler için oluşan farklar

- Kısa kenar doğrultusunda süreksiz kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 4,72 azalma C tipi döşemede ise % 83,35 artma olduğu görülmüştür.
- Uzun kenar doğrultusunda süreksiz kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 4,68 azalma C tipi döşemede ise % 280 artma olduğu görülmüştür.
- Kısa kenar doğrultusunda sürekli kenar için mesnet donatı alanlarında B tipi döşemeye göre A tipi döşemede % 4,9 azalma C tipi döşemede ise % 11,73 azalma olduğu görülmüştür.

4.3. Donatı Tabloları

4.3.1. Tip 1 Döşemeleri Donatı Tabloları

Tablo 35. Tip 1 A, B ve C döşemeleri için açıklık donatıları.

AKS YÖNÜ DÖŞEME TİPİ	HESAP AKSI X YÖNÜNE GÖRE	HESAP AKSI Y YÖNÜNE GÖRE
TİP 1-A	Ø8/30 Ø8/30	Ø8/20 Ø8/20
TİP 1-B	Ø8/32 Ø8/32	Ø8/18 Ø8/18
TİP 1-C	Ø8/30 Ø8/30	Ø8/20 Ø8/20

Tablo 33’de döşeme kalınlığı 13 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan açıklık donatılarında oluşan farklar gösterilmiştir.

Tablo 36. Tip 1 A, B ve C döşemeleri için mesnet donatıları.

AKS YÖNÜ DÖŞEME TİPİ	HESAP AKSI X YÖNÜNE GÖRE	HESAP AKSI Y YÖNÜNE GÖRE
TİP 1-A	-	Ø8/12
TİP 1-B	-	Ø8/11
TİP 1-C	-	Ø8/40

Tablo 34’de döşeme kalınlığı 13 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan mesnet donatılarında oluşan farklar gösterilmiştir.

4.3.2. Tip 2 Döşemeleri Donatı Tabloları

Tablo 37. Tip 2 A, B ve C döşemeleri için açıklık donatıları.

AKS YÖNÜ DÖŞEME TİPİ	HESAP AKSI X YÖNÜNE GÖRE	HESAP AKSI Y YÖNÜNE GÖRE
TİP 2-A	Ø8/32 Ø8/32	Ø8/22 Ø8/22
TİP 2-B	Ø8/40 Ø8/40	Ø8/20 Ø8/20
TİP 2-C	Ø8/32 Ø8/32	Ø8/22 Ø8/22

Tablo 35’de döşeme kalınlığı 14 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan açıklık donatılarında oluşan farklar gösterilmiştir.

Tablo 38. Tip 2 A, B ve C döşemeleri için mesnet donatıları.

AKS YÖNÜ DÖŞEME TİPİ	HESAP AKSI X YÖNÜNE GÖRE	HESAP AKSI Y YÖNÜNE GÖRE
TİP 2-A	-	Ø8/13
TİP 2-B	-	Ø8/12
TİP 2-C	-	Ø8/40

Tablo 36’da döşeme kalınlığı 14 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan mesnet donatılarında oluşan farklar gösterilmiştir.

4.3.3. Tip 3 Döşemeleri Donatı Tabloları

Tablo 39. Tip 3 A, B ve C döşemeleri için açıklık donatıları.

AKS YÖNÜ DÖŞEME TİPİ	HESAP AKSI X YÖNÜNE GÖRE	HESAP AKSI Y YÖNÜNE GÖRE
TİP 3-A	Ø8/34 Ø8/34	Ø8/22 Ø8/22
TİP 3-B	Ø8/38 Ø8/38	Ø8/22 Ø8/22
TİP 3-C	Ø8/34 Ø8/34	Ø8/22 Ø8/22

Tablo 37’de döşeme kalınlığı 15 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan açıklık donatılarında oluşan farklar gösterilmiştir.

Tablo 40. Tip 3 A, B ve C döşemeleri için mesnet donatıları.

AKS YÖNÜ DÖŞEME TİPİ	HESAP AKSI X YÖNÜNE GÖRE	HESAP AKSI Y YÖNÜNE GÖRE
TİP 3-A	-	Ø8/14
TİP 3-B	-	Ø8/13
TİP 3-C	Ø8/40	Ø8/40

Tablo 38’de döşeme kalınlığı 15 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan mesnet donatılarında oluşan farklar gösterilmiştir.

4.3.4. Tip 4 Döşemeleri Donatı Tabloları

Tablo 41. Tip 4 A, B ve C döşemeleri için açıklık donatıları.

AKS YÖNÜ DÖŞEME TİPİ	HESAP AKSI X YÖNÜNE GÖRE	HESAP AKSI Y YÖNÜNE GÖRE
TİP 4-A	Ø8/34 Ø8/34	Ø8/30 Ø8/30
TİP 4-B	Ø8/40 Ø8/40	Ø8/28 Ø8/28
TİP 4-C	Ø8/32 Ø8/32	Ø8/30 Ø8/30

Tablo 39’da döşeme kalınlığı 20 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan açıklık donatılarında oluşan farklar gösterilmiştir.

Tablo 42. Tip 4 A, B ve C döşemeleri için mesnet donatıları.

AKS YÖNÜ DÖŞEME TİPİ	HESAP AKSI X YÖNÜNE GÖRE	HESAP AKSI Y YÖNÜNE GÖRE
TİP 4-A	-	Ø8/18
TİP 4-B	-	Ø8/17
TİP 4-C	Ø8/33	Ø8/33

Tablo 40’da döşeme kalınlığı 20 cm olan döşemeler için üç farklı yöntem ile hesaplanan mesnet donatılarında oluşan farklar gösterilmiştir.

5. SONUÇ

Bu tez kapsamında yapılan çalışma için her üç yöntemle yapılan hesaplamalar arasındaki farklılıklar ve elde edilen bulguların yorumlaması yapılmıştır.

Elde edilen bulgulara şablon donatısı dikkate alınan ve alınmayan döşemelerde elle yapılan hesaplamalarda döşeme kalınlığı arttıkça açıklık ve mesnet donatı alanlarında azalma görülmektedir. Ancak ProtaStructure statik analiz programı yardımı ile yapılan hesaplamalarda döşeme kalınlığı arttıkça açıklık donatı alanlarında azalma görülürken mesnet donatı alanlarında bu değişim farklı olarak döşeme kalınlığı arttırıldıkça mesnet donatı alanlarında artmalar görülmüştür. Bunun sebebi olarak programda mesnet donatı alanları hesabı için farklı bir parametrenin programın açığı olarak devreye girdiği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın en önemli kısmı aynı döşeme kalınlığına sahip döşemelerin şablon donatısı dikkate alınan elle yapılan hesaplamalar ile şablon donatısı dikkate alınmayan elle ve ProtaStructure statik analiz programı yardımıyla yapılan hesaplamalar arasında donatı alanlarında oluşan farklardır. Şablon donatısı dikkate alınmayan elle ve ProtaStructure statik analiz programı yardımıyla yapılan hesaplamalar arasında dikkate alınmayacak farklar oluşmuştur. Şablon donatısı dikkate alınan ve alınmayan döşemelerde elle ve ProtaStructure statik analiz programı yardımıyla yapılan hesaplamalarda döşeme kalınlığı aynı olmasına rağmen hem açıklık hem de mesnet donatı alanlarında değişimler olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada aynı döşeme kalınlığına sahip döşemelerin şablon donatısı dikkate alınan elle yapılan hesaplamalar ile şablon donatısı dikkate alınmayan elle ve ProtaStructure statik analiz programı yardımıyla yapılan hesaplamalar arasında belirlenen donatılarda da farklar oluşmuştur. Oluşan bu farklar aşağıda listelenmiştir.

- Döşeme kalınlığı 13 cm, 14 cm ve 20 cm olan döşemelerde açıklık donatıları için oluşan farklar
- Hesap aksı X yönüne göre B tipi döşemede A ve C tipi döşemelere göre daha az açıklık donatısı gerektiği görülmüştür.
- Hesap aksı Y yönüne göre B tipi döşemede A ve C tipi döşemelere göre daha fazla açıklık donatısı gerektiği görülmüştür.
- Döşeme kalınlığı 15 cm olan döşemeler açıklık donatıları için oluşan farklar

- Hesap aksı X yönüne göre B tipi döşemede A ve C tipi döşemelere göre daha az açıklık donatısı gerektiği görülmüştür.
- Hesap aksı Y yönüne göre B tipi döşemede A ve C tipi döşemelere göre aynı miktarda açıklık donatısı gerektiği görülmüştür.
- Döşeme kalınlığı 13 cm, 14 cm, 15cm ve 20 cm olan döşemelerde açıklık donatıları için oluşan farklar B tipi döşemede A döşemeye göre daha fazla, C tipi döşemeye göre daha az mesnet donatısı gerektiği görülmüştür.

Kalınlığı 15 cm ve 20 cm olan döşemelerin maliyet ve mantık bakımından değerlendirildiğinde çıkan sonuçların çok önemli olmadığı düşünülebilir ancak kalınlığı 13 cm ve 14 cm olan döşemelerin tüm sonuçlarının dikkate alınması gerektiği görülmektedir. Kalınlığı 13 cm ve 14 cm olan döşemelerin şablon donatısının hesaplamalarda olumlu ve olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda bu çalışma ile birlikte minimum döşeme kalınlığının ideal döşeme kalınlığı olmadığı sonuçlarda tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Akıncıtürk, N. (2003). Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 189-201.
- Akman, M. S. (1987). Beton Katkı Maddelerinin Ana İşlevleri ve Yan Etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Malzeme Seminerleri. İstanbul.
- Akman, M. S. (2003). Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi. Türkiye Mühendislik Haberleri, 426.
- Alparslan, H., ve Sağlam, A. (2006). Agrega, Su, Çimento Miktarlarını Girerek beton Dayanımının Yaklaşık Olarak Bulanık Mantıkla Bulunması. Electronic Letters on Science and Engineering, 46-52.
- Alzyoud, S. (2015). Effect of reinforcement spacers on concrete microstructure and durability.
- ASTM-C125. (2002). Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. Annual Blook of American Society for Testing and Materials Standarts.
- Atabey, V. (2013). <https://volkanatabey.com.tr/betonarme-tarihte-ilk-kez-kucuk-bir-teknede-kullanildi/> adresinden alındı
- Avcı, M. C. (2019). Dünyanın İlk Anıtsal İnanç Merkezi: Göbeekli Tepe Yüksek Lisans Tezi. Şanlıurfa.
- Aydın, Ö. (2012). Beton Yapılarda Donatı Korozyonunun Önlenmesine Yönelik Tedbirlerin Araştırılması. Doktora Tezi. içinde Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydın, S. (2021). Yüksek Performanslı Beton Pas Payı Üretiminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. içinde Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Aydinoğlu, M. N. (2021). Deprem ve Binalarımız; Deprem Tehlikesi Altında Binalarımızın Hasar Riski Tasarım ve Yapım Sorunları. İstanbul Bülten, 167.
- Bektaş, F. M. (2016). Farklı Sınıflardaki Betonarme Çeliklerinde Gerilim Korozyonunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. içinde Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bingöl, A., ve Gül, R. (2009). Donatı-Beton Aderansı, Yüksek Sıcaklıkların Beton Dayanımına ve Aderansa Etkileri konusunda Bir Derleme. Tübvav Bilim Dergisi, 211-230.

- Birinci, F. (2017). Kadim Türk Kültür ve Medeniyetinin Oluşumu Sürecinde İlk İnşaat Mühendisi Mimar Sinan'ın Yeri ve  nemi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 581-593.
- Ceylan, D. B. (2019). Betonarme Donatılarına Mekanik Bağlantı Elemanı Manşonların Yönetmeliklerde İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. içinde Eskişehir: Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- CSB. (2017). Paslanmanın ( elik Korozyonunun) Beton Dayanımına Zaman İçerisindeki Etkilerinin incelenmesi. yalova.csb.gov.tr. adresinden alındı
-  akmak, A. (2021). Yapı Malzemesinin tarihsel Gelişimi ve Mimarlığa Etkileri. Ata Planlama ve Tasarım Dergisi.
-  ınar, M. C. (2018). Türk İnşaat Sektörü ve Türk İnşaat Sektörünün  lke Ekonomisine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. içinde Nevşehir: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat AnaBilim Dalı.
-  ivici, F. (2021). inşaat Mühendislerinin Kariyer Planlamaları  zerine Bir Araştırma. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 808-818.
- Dilek, E. B. (2019). Korozyon Etkisi Altındaki Betonarme  er evelerin Doğrusaş Olmayan Davranışının Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. içinde İzmir Katip  elebi Üniversitesi.
- Doğan, O., ve Bakırcı Er, ř. (2011). Hareketli Yük ve Dolgu Duvar Dağılımının Burulma D zensizliğine Etkisi. International Journal of Engineering Research and Development, s. 2-5.
- Doğangün, A. (2017). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı. İstanbul: Birsen Yayın Dağıtım Ltd. şti.
- Elçi, H. (1992). Eşdeğer  er eve Yöntemi ile Döşeme   z mleri ve Bilgisayar Programı Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. içinde Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erdoğan, S. T., ve Erdoğan, T. (2007). Kimyasal Katkı Maddeleri ve Tarihi Geçmişleri. Yapılarda Kimyasal katkılar Sempozyumu, 22-34.
- Ersoy, U. (1992). Çok Katlı Yapıların   z m nde Hareketli Yük Düzenlemesi. İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, 555-561.
- Eşkinat, R., ve Tepecik, F. (2012). İnşaat Sektörüne Küresel Bakış. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25-41.
- Hozan, M. C. (2006). İnşaat Sektörünün Ekonomideki Yeri ve  nemi. Yüksek Lisans Tezi. içinde Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye ve Ekonomi Anabilim Dalı.

- Işık, E., Yamaç, Ö., Erçek, M., ve Yamaç, i. (2017). Farklı Taşıyıcı Sistemlerdeki Yapılarda Malzeme Dayanımın Yapı Performansına Etkisi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 33-40.
- Karahan, O. (2015). Türkiye'de Betonarmenin Erken Kullanımı ve Gelişimi Sürecinde Hennebique Betonarme Sistemi.
- Kızılcık, H., ve Damlı, V. (2019). Fizik Eğitiminde "Öz Kütle", "Yoğunluk" ve "Bağıl Yoğunluk" Terimleri Üzerine Bir Değerlendirme. Avrasya Terim Dergisi, 14-20.
- Konuş, A., ve Dal, M. (2017). Betonarme Donatılarında ve Metal Yapı Elemanlarında Görülen Korozyon Hasarları. Bilim ve Gençlik Dergisi, 8-22.
- Makine,N.(2018).www.newtonmakine.com.tr:<https://www.newtonmakine.com.tr/pas-payi-elemanlari-nelerdir/> adresinden alındı
- Metalurji. (2008). Çekme Deneyi için Çalışma Notu. Bartın Üniversitesi: <https://cdn.bartın.edu.tr/metalurji/d7ee7cd9-f063-4669-8e1c-393503ed6ffb/cekme-deneyi-icin-calisma-notu.pdf> adresinden alındı
- Mimarizm.(2011).www.mimarizm.com:https://www.mimarizm.com/makale/gorsellig-in-doruk-noktasi-eski-silo_114726 adresinden alındı
- Niş, A. (2008). Investigation of rebar Corrosion in plain and Steel Fiber reinforced concrete Under Static and Dynamic Loading.
- Okur, A., Kuşkonmaz, C., İşbilen, S., ve Aytaç, H. (2019). Yerindeki Beton Dayanımının Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi. Cementürk Dergisi.
- Olgun, M. Tarımsal İnşaat. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.
- Onat, O. (2020). Betonarme 1 Dersi Slaytı. Munzur Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü. Tunceli.
- Özcan, U., Duran, G., ve Erol, İ. (2019). Çok Katlı Yapılarda Betonarme Döşeme Sistemleri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 161-175.
- Özel, C., ve Kaplan, A. (2017). Kendiliğinden Yerleşen Beton Özellikleri Üzerinde Agrega Özelliklerinin Etkisi. Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi, 1-6.
- Özer, N. (2021). Yapı Malzemelerinde Korozyon ve Korozyondan Korunma Yöntemleri. Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 1159-1178.

- Öztürk, H. (2016). Betonarme Kısa Kirişlerde Kesme Dayanımının Çapraz Kesme Donatıları ile İyileştirilmesi. Doktora Tezi. içinde Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, M. (2020). Deprem Değil, Çürük Bina Öldürür. Şantiye Dergisi.
- Özyıldırım, Ç. (2007). Hava Sürükleyici Katkıların Beton Dayanıklılığındaki Yeri. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu.
- Prota. (2023). www.protayazilim.com: <https://www.protayazilim.com/protastucture> adresinden alındı
- Ramachandran, V. S. (1995). Concrete Admixtures Handbook. New Jersey U.S.A.: noyes publication.
- Saeed, H. H. (2021). Properties of Polymer İmpregnated Concrete Spacers. Case Studies in Construction Materials.
- Sever, A. (2018). Betonarme Yapıların Genel Özellikleri ve Tasarım İlkeleri. Yüksek Lisans Tezi. içinde İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Taş, M. (1995). Türkiye'de Endüstri Yapılarında Deprem Sorunu. Yüksek Lisans Tezi. içinde İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tetik, Y. Ö., Baradan, S., ve Tunca, T. (2021). Beton Sınıflarındaki Değişimin Aynı Amaç için Tasarlanan Farklı Okul Projelerindeki Kaba İnşaat Birim Maliyetlerine Olan Etkisinin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, s. 679-691.
- Topçu, İ. B., Demir, A., ve Boğa, A. (2004). Akışkanlaştırıcı ve Süperakışkanlaştırıcı Katkı Kullanımının Taze Beton Özelliklerine Etkisi. Türkiye Mühendislik Haberleri, 38-40.
- Toprak, M. (2023, 05 10). Betonarme ve Donatının İnşaattaki Önemi. Sanal Şantiye: <https://www.sanalsantiye.com/betonarme-ve-donatinin-insaattaki-onemi/> adresinden alındı
- TS498. (1987). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS500. (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS708. (2016). Çelik-Betonarme-Donatı Çeliği. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TSEN934-2. (2002). Beton, Harç ve Şerbet için Kimyasal Katkılar. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

- TSISO9194. (1997). 'Yapıların Projelendirme Esasları- Taşıyıcı Olan ve Olmayan Elemanlar-Depolanmış Malzemeler-Yoğunluk. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Uğur, L. O., Erdal, M., ve Üçkardeşler, A. (2018). Çatı Kaplama Malzemesi Seçiminde Vikor Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Uygulanması. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi.
- Uyan, P. D. (1991). Yüksek Dayanımlı Beton Üretiminde Süper Akışkanlaştırıcı Beton Katkı Maddelerinin Etkinliği. Beton Katkı Maddelerinin Etkinliği. 2. Ulusal Beton Kongresi.
- Uygunoğlu, T., ve Topçu, İ. (2020). GFRP Çubukların Özellikleri ve Prefabrik Altyapı Elemanlarında Kullanımı. s. 169-178.
- Ünsal, İ., ve Şahan, M. F. (2022). Bodrum Katlarda Rijit Bodrum Perde Tasarımının yapı Davranışı Üzerindeki Etkisi. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi.
- Whiting, D. (1998). Manuel of Control of Air Content in Concrete. Portland cement Association.
- Yavuz, R., Günaydın, O., ve Güçlüer, K. (2019). Donatılı Betonda Korozyon ve Aderansın Araştırılması. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12-18.
- Yılmaz, T. (2006). Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem ve Donatı Düzenleme İlkeleri. Yüksek Lisans Tezi. içinde İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.