



**PLASTİK KÖR KALIPTAN İMAL EDİLMİŞ
BOŞLUKLU DÖŞEMELERİN YAPISAL ANALİZİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

İBRAHİM MÜLAZİMOĞLU

ESKİŞEHİR - 2019

**PLASTİK KÖR KALIPTAN İMAL EDİLMİŞ
BOŞLUKLU DÖŞEMELERİN YAPISAL ANALİZİ**

İBRAHİM MÜLAZİMOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞRETİM ÜYESİ KIVANÇ TAŞKIN

(İKİNCİ DANIŞMAN: DR. KEREM PEKER)

ESKİŞEHİR

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MAYIS 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İBRAHİM MÜLAZİMOĞLU’ nun “PLASTİK KÖR KALIPTAN İMAL EDİLMİŞ BOŞLUKLU DÖŞEMELERİN YAPISAL ANALİZİ” başlıklı tezi 15.04.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim- Öğretim ve Sınav Yönetmeliği”nin ilgili maddeleri uyarınca, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı)

: Dr. Öğretim Üyesi Kıvanç TAŞKIN

.....

Üye

: Dr. Öğretim Üyesi Onur TUNABOYU

.....

Üye

: Dr. Öğretim Üyesi Özlem ÇALIŞKAN

.....

Enstitü Müdürü

ÖZET

PLASTİK KÖR KALIPTAN İMAL EDİLMİŞ BOŞLUKLU DÖŞEMELERİN YAPISAL ANALİZİ

İBRAHİM MÜLAZİMOĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mayıs 2019

Danışman: Dr. Öğretim üyesi Kıvanç TAŞKIN

(İkinci Danışman: Dr. Kerem PEKER)

Günümüzde büyük yapılarda mimari açıdan dolayı kirişsiz döşemeler kullanılmakta olup bu döşemelerin son örneği olan boşluklu döşemeler açıklık ve ağırlıktan dolayı tercih edilmektedir. Bu çalışmada boşluklu döşemelerin diğer döşeme tiplerine göre avantajları, dezavantajları, modellenmesi, maliyet analizleri altı bölümde ele alınmıştır.

Birinci bölümde boşluklu döşemelerle ilgili daha önce yapılan çalışmalardan ve sonuçlarından bahsedilmiştir. İkinci bölümde döşeme tiplerinin minimum yüksekliklerinden, moment hesaplarından, avantajlarından ve kullanım yerlerinden bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde kirişsiz döşemelerdeki özel uygulamalar olan başlıklı, ardgermeli ve boşluklu sistemlerden bahsedilmekte olup bu sistemlerin özellikleri ele alınmıştır. Dördüncü bölümde kirişli, kirişsiz, boşluklu, asmolen ve kaset döşemelerde tek ve çift doğrultuda 16 farklı açıklıkta beş farklı hareketli yük altında toplam 560 adet sayısal analiz modeli oluşturulmuştur. Bu analizler sonucunda döşeme sistemlerinin beton, kalıp, donatı oranları ve maliyetleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak açıklık ve yük miktarı arttıkça boşluklu döşemelerin daha avantajlı olduğu görülmüştür. Beşinci bölümde boşluklu döşeme ile yapılan bir binanın SAFE (integrated design of slabs, mats and footings) programı kullanılarak nasıl modellenebileceği gösterilmiştir. Ardından kesme dayanımı, eğilme dayanımı, zımbalama dayanımı, sehim değerleri, donatı alanları grafiklerle gösterilmiştir. Son bölümde sonuçlar değerlendirilmiş olup boşluklu döşeme ile ilgili bazı öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Boşluklu döşeme, Kirişsiz plak döşeme, Zımbalama

ABSTRACT

STRUCTURAL ANALYSIS OF MANUFACTURED OF PLASTIC MOLD VOIDED SLABS

İBRAHİM MÜLAZİMOĞLU

Department of Civil Engineering

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, May 2019

Supervisor: Assistant. Dr. Kıvanç TAŞKIN

(Co-Supervisor: Dr. Kerem PEKER)

Today there are different types of flooring in the construction sector. Because of the architectural aspects in large buildings, without beams are used. The void slabs, which are the last example of uneven flooring are preferred due to their openness and weight. In this study, the advantages, disadvantages, modelling and cost analysis of void slabs compared to other types of flooring are discussed in six sections.

In the first section, the previous studies and result about the void slab were mentioned. In the second part, the minimum heights, moment calculations, advantages and usage areas of beam slabs, flat slabs, cassette slabs are mentioned. In the third chapter, special applications in beamless slabs, flanged flat slab, arched and void flat slabs systems are mentioned, and properties of these systems and punching strength calculations are discussed. In addition, the blind mold properties and installation used in the flooring are mentioned. In the fourth chapter, 560 numerical analysis models have been created under five different moving loads in 16 different openings in single and double direction in beam plate, void, asmolene, cassette slabs. As a result, it was seen that void slabs were more advantageous as the amount of clearance and load increased. In the fifth chapter, it is shown how a building with void slabs can be modeled using safe program. Then the shear strength, bending strength, punching strength, deflection values, reinforcement areas are shown with graphs. In the last section, the results are evaluated and some suggestions are presented about the hollow floor.

Keywords: Void slabs, Flat slabs, Punching



Aileme...

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında bana yardımlarını esirgemeyen, tecrübe ve bilgi birikimiyle sürekli araştırmaya ve sorgulamaya yönelten değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Kıvanç TAŞKIN'a teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim boyunca tecrübelerini aktaran Dr. İnş. Müh. Kerem PEKER'e, yapısal analiz programları konusunda yardımcı olan İnş. Müh. Mehmet GEZER'e ve Erdemli Proje çalışanlarına teşekkür ederim. Kör kalıplar konusunda yardımcı olan ABS Yapı Elemanları genel müdürü Okan CÜNTAY'a teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İBRAHİM MÜLAZİMOĞLU

Mayıs 2019

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmanın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerinin sunumu olmak üzere tüm aşamalarda bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
İBRAHİM MÜLAZİMOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTARCT.....	iv
TEŞEKKÜR	vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Taraması	1
2. DÖŞEMELER.....	5
2.1. Döşeme Türleri.....	6
2.1.1. Kirişli plak döşeme	6
2.1.1.1. <i>Bir doğrultuda çalışan plak döşeme</i>	7
2.1.1.2. <i>İki doğrultuda çalışan plak döşeme</i>	10
2.1.2. Dişli döşeme.....	13
2.1.2.1. <i>Tek doğrultuda çalışan dişli döşeme (asmolen)</i>	13
2.1.2.2. <i>Çift doğrultuda çalışan dişli döşemeler (kaset döşeme)</i>	15
2.1.3. Kirişsiz döşeme	15
3. KİRİŞSİZ DÖŞEMELERDE ÖZELUYGULAMALAR.....	19
3.1. Başlıklı ve Tablalı Kirişsiz Döşemeler.....	19
3.1.1. Kirişsiz döşemelerde zımbalama	21
3.1.1.1. <i>Tasarım zımbalama kuvvetinin hesabı (V_{pd})</i>	22
3.1.1.2. <i>Zımbalama dayanım hesabı (V_{pr})</i>	23
3.2. Ardgermeli Sitemler.....	26
3.2.1. Ardgermeli sistemlerde zımbalama	28
3.3. Boşluklu Kirişsiz Döşeme Sistemleri	29
3.3.1. Kör kalıpların kullanım avantajları	30

3.3.2. K�r kalıpların kurulumu	30
3.3.3. Deprem yüklerinin d��emelerden perdelerle aktarılması	32
3.3.4. Deprem yönetmeliğine göre zımbalama	32
4. DÖŞEME SİSTEMLERİ İÇİN YAPILAN PARAMETRİK ÇALIŞMA	35
4.1. Taşıyıcı Sistem Tipi	36
4.2. Hareketli Yük Tipleri	44
4.3. Geometri ve Döşeme Sürekliliği.....	44
4.4. Maliyetlerin Grafiklerle Karşılaştırılması.....	45
5. SAFE PROGRAMI İLE ÖRNEK BİR KATIN DÖŞEME ANALİZİ	51
5.1. SAFE Programında Kullanılacak Modelin Oluşturulması.....	51
5.2. Analiz Sonuçları	60
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	69
6.1. Sonuç	69
6.2. �neriler	69
KAYNAKÇA.....	72
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Yapının kullanımına göre döşemedeki hareketli yük değerleri.....	5
Çizelge 2.2. Döşeme koşullarına göre α katsayısının değerleri.....	10
Çizelge 2.3. Eşdeğer çerçeve yönteminde dağıtma katsayıları	18
Çizelge 4.1. Seçilen boşluklu döşeme parametreleri	35
Çizelge 4.2. Taşıyıcı sistem tipi.....	36
Çizelge 4.3. Hareketli yük tipleri.....	44
Çizelge 4.4. Geometri ve döşeme sürekliliği.....	44
Çizelge 5.1. Boşluklu döşemelerin düzeltme katsayıları.....	59
Çizelge 5.2. Kesme kuvveti sonuçları	61
Çizelge 5.3. Kolonlardaki zımbalama sonuçları.....	67
Çizelge 5.4. Kolonlardaki zımbalama sonuçlarında kullanılan değerler.....	67
Çizelge 5.5. Kolonlardaki eksenel, kesme kuvveti ve moment değerleri.....	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1.	Yük taşıma kapasitelerine göre yapılan deneyler	2
Şekil 1.2.	Döşeme ağırlığının azaltılmasında kullanılan geri dönüşümlü plastik malzemeler	3
Şekil 1.3.	Ansys programında modellenen boşluklu döşeme	4
Şekil 2.1.	Kolon, kiriş ve döşeme görünümü	6
Şekil 2.2.	Döşeme kenarları ve yük kombinasyonu	7
Şekil 2.3.	Kirişli plak sistem	7
Şekil 2.4.	Tek doğrultuda çalışan döşeme tipi donatı yerleşimi	9
Şekil 2.5.	Mesnetlerde moment hesabı	11
Şekil 2.6.	Akma çizgilerinin gösterimi	12
Şekil 2.7.	İki doğrultuda çalışan plaklarda donatı yerleşimi	12
Şekil 2.8.	Asmolen döşeme	13
Şekil 2.9.	Dolgulu ve dolgusuz tek doğrultuda çalışan dişli döşemelerin gösterimi ...	14
Şekil 2.10.	Asmolen döşeme donatı gösterimi	14
Şekil 2.11.	Kaset döşeme gösterimi	15
Şekil 2.12.	Kirişsiz döşeme gösterimi	16
Şekil 2.13.	Kirişsiz döşemelerde orta ve kolon şeridindeki moment oranları	17
Şekil 2.14.	Kirişsiz döşeme donatı yerleşimi	18
Şekil 3.1.	Başlıklı ve tablalı kirişsiz döşeme çeşitleri	19

Şekil 3.2.	Kirişsiz döşeme şerit bilgisi	20
Şekil 3.3.	Kirişsiz döşemelerde tabla ve başlık boyutları	21
Şekil 3.4.	Kirişsiz döşemede zımbalama.....	21
Şekil 3.5.	Kirişsiz döşeme zımbalama çevresi ve tasarım zımbalama kuvveti	23
Şekil 3.6.	Kolon yerine göre zımbalama çevresi.....	24
Şekil 3.7.	Kirişsiz döşemelerde zımbalama çevresindeki faydalı yükseklik	24
Şekil 3.8.	Moment yönlerine göre dışmerkezlilik hesabı	25
Şekil 3.9.	Ardgerme kılıfları	26
Şekil 3.10.	Kör ankraj ile halatların kilitlenmesi	26
Şekil 3.11.	Ardgerme yapılacak halatlar	27
Şekil 3.12.	Ardgerme uygulaması	27
Şekil 3.13.	Kör kalıp şekilleri	29
Şekil 3.14.	Kör kalıp görünümü	30
Şekil 3.15.	Kör kalıp dizilimi ve beton dökümü	31
Şekil 3.16.	Döşeme yüklerinin perdelerle aktarılması	32
Şekil 3.17.	Zımbalama donatılarının yerleşimi	34
Şekil 4.1.	Kirişli plak sistem kalıp planı	37
Şekil 4.2.	Bir doğrultuda dişli döşeme kalıp planı	38
Şekil 4.3.	İki doğrultuda dişli döşeme kalıp planı.....	39
Şekil 4.4.	Başlıksız kirişsiz döşeme kalıp planı	40

Şekil 4.5.	Başlıklı kirişsiz döşeme kalıp planı	41
Şekil 4.6.	Boşluklu kirişsiz döşeme kalıp planı	42
Şekil 4.7.	Boşluklu dişli döşeme kalıp planı	43
Şekil 4.8.	6mx6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması .	46
Şekil 4.9.	6mx6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin beton oranları karşılaştırması ...	47
Şekil 4.10.	6mx6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin kalıp oranları karşılaştırması	48
Şekil 4.11.	6mx6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin donatı oranları karşılaştırması ..	49
Şekil 4.12.	6mx6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin donatı / beton karşılaştırması ...	50
Şekil 5.1.	Safe programı çalışma sayfası	51
Şekil 5.2.	Analiz yapılan katın boşluklu döşeme kalıp planı	52
Şekil 5.3.	Analiz yapılan katın safe programındaki görüntüsü	52
Şekil 5.4.	Kullanılan kirişlerin yerleri ve boyutları.....	53
Şekil 5.5.	Kullanılan betonun özellikleri.....	53
Şekil 5.6.	Kullanılan donatının özellikleri	54
Şekil 5.7.	Programda analizi yapılmış yük kombinasyonları.....	54
Şekil 5.8.	Boşluksuz ve boşluklu sistem görünüşleri	55
Şekil 5.9.	Boşluksuz döşeme düzeltme katsayıları	56
Şekil 5.10.	Boşluklu döşeme düzeltme katsayıları.....	56
Şekil 5.11.	Dolu ve boşluklu plak analizi el çözümü sonuçları	57
Şekil 5.12.	Döşeme yükseklikleri.....	58

Şekil 5.13. Sonlu elemanlarla ayrılmış döşeme alanları	58
Şekil 5.14. M11 moment diyagramı.....	60
Şekil 5.15. M22 moment diyagramı.....	60
Şekil 5.16. Gömülü hatılda ve boşluklu kısımda kullanılan etriye ve çirozlar	61
Şekil 5.17. V13 kesme diyagramı	62
Şekil 5.18. V23 kesme kuvveti diyagramı	62
Şekil 5.19. As1 üst donatı alanı.....	63
Şekil 5.20. As1 alt donatı alanı	63
Şekil 5.21. As2 üst donatı alanı.....	64
Şekil 5.22. As2 alt donatı alanı	64
Şekil 5.23. G yükü yer değiştirme diyagramı	65
Şekil 5.24. Q yükü yer değiştirme diyagramı	65
Şekil 5.25. 1.4G + 1.6Q yükü yer değiştirme diyagramı	66
Şekil 5.26. Zımbalama tahkiki yapılan kolon numaraları	66
Şekil 5.27. Kenar kolondaki zımbalama sonucu	68
Şekil 6.1. Boşluklu döşeme kalınlık hesabı	70
Şekil 6.2 Boşluklu döşeme donatı gösterimi	70

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ΔM	: Mesnet momenti azaltması
A	: Alan
α	: Isıl genleşme katsayısı
a	: Mesnet genişliği
a	: Zımbalama hesabında momentin geldiği doğrultudaki kolon boyutu
ACI	: Amerikan beton enstitüsü
A_k	: Her bir kolon çevresindeki döşeme açıklıklarının yarısı dikkate alınarak belirlenen alan
A_{sa}	: Aktarma donatısı
A_{sb}	: Bağlantı donatısı
A_{wp}	: Zımbalama donatılarının kesit alanı
b_1, b_2	: Zımbalama çevresi
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
d	: Döşemedeki faydalı yükseklik
d_o	: Dairesel kolon çapı
E	: Elastite modülü
e	: Zımbalama hesabına katılacak dışmerkezlik
F_a	: Zımbalama çevresi içindeki plak yükleri
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
F_d	: Tasarım eksenel yük
F_{res}	: Zımbalama dayanımı
F_u	: Donatının çekme dayanımı
F_y	: Donatının akma dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatı tasarım akma dayanımı
G	: Kayma modülü
g	: Zati yük
h	: Döşeme yüksekliği
I	: Atalet momenti
j	: Tablolardan alınan değer

L	: Akma çizgilerinin eksen üzerindeki iz düşüm uzunluğu
L	: İncelenen doğrultudaki döşeme uzunluğu
l_1	: Döşemenin incelendiği doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklık
l_2	: Döşemenin incelendiği doğrultuya dik, mesnet eksenleri arasında kalan açıklık
l_k	: Döşeme kısa kenarı
l_n	: Hesap yapılan doğrultudaki serbest açıklık
l_{sn}	: Döşeme kısa kenar net açıklığı
l_u	: Döşeme uzun kenarı
m	: Akma çizgileri yönteminde momentlerin toplamı
m	: Uzun kenar açıklığının kısa kenar açıklığına oranı
M_b	: Büyük moment
M_d	: Eğilme momenti
M_{d1}, M_{d2}	: Kolon yüzündeki plak tasarım ve eğilme momenti
M_k	: Küçük moment
N_1, N_2	: Zımbalamada üst ve alt kolon eksenel yükleri
P_d	: Döşeme yükü
P_d	: Tasarım yükü
q	: Hareketli yük
s	: Enine donatı aralığı
t_a	: Boşluklu döşeme alt tabla yüksekliği
TBDY	: Türkiye bina deprem yönetmeliği
t_g	: Kör kalıplar arasındaki dış genişliği
t_o	: Tabla kalınlığı
TS500	: Betonarme yapılarının tasarım ve yapım kurallarına ait Türk standardı
t_u	: Boşluklu döşeme üst tabla yüksekliği
u	: Çevre boyutu
u	: Poisson oranı
u_p	: Zımbalama çevresi
V	: Kesme kuvveti
V_c	: Kesme dayanımına beton katkısı

V_{cr}	: Kesmede çatlama dayanımı
V_d	: Tasarım kesme dayanımı
V_{pd}	: Zımbalama tasarım kuvveti
V_{pr}	: Zımbalama dayanımı
V_r	: Kesme dayanımı
V_w	: Kesme dayanımına donatı etkisi
W_d	: Dış iş
W_i	: İç iş
W_m	: Zımbalama çevresinin içinde kalan alanın zımbalama dayanım momenti
x	: Kör kalıp modül genişliği
y	: Kör kalıp modül yüksekliği
α	: Moment katsayısı
α	: Zımbalama hesabında katsayı
α_s	: Döşeme sürekli kenar uzunluğunun tüm uzunluğa oranı
γ	: Eğilme etkisini yansıtan katsayı
γ_f	: Zımbalama hesabında kullanılan katsayı
δ	: 1 birim yer değiştirmenin ağırlık merkezine olan uzaklığı
$\varepsilon_1, \varepsilon_2$	: Dağıtma katsayısı
η	: Zımbalama hesabında katsayı
θ	: Dönme açısı
μ	: Sürtünme katsayısı
ρ	: Donatı alanı
τ_{pd}	: Tasarım kuvveti
τ_{pr}	: Zımbalama dayanımı

1. GİRİŞ

Günümüzde deprem kuvvetleri altında yapının davranışını etkileyen en önemli unsurlardan biri yapı ağırlığıdır. Bilindiği üzere yapılarda ağırlığın büyük bir bölümü döşemelerden gelmektedir. Son yıllarda döşeme sistemlerinin çeşitliliği artmıştır ve yapılan iyileştirmelerle döşemelerin hafifletilmesi sağlanmıştır. Yapıya gelen yatay yüklerin yapı elemanları olan kolonlara ve perdelere aktarılması döşeme sistemlerinin rijit diyafram olarak çalıştırılmasıyla mümkündür. Döşeme sisteminin rijitliği artırılırken ağırlığı da azaltılmaktadır. Döşeme sistemlerinin ağırlığının azaltılabilmesi döşemelerin içinde boşluklar oluşturulmasıyla mümkün olmaktadır. Boşluklar döşeme içerisinde kullanılan farklı geometrik özelliklere sahip geri dönüştürülebilir polipropilenden üretilmiş kör kalıp sistemleri ile yapılabilir.

Mevcut yönetmeliklerimizde ülkemizde kullanılmakta olan geleneksel döşeme sistemlerinin hesabı tanımlanmıştır ancak boşluklu döşeme sistemlerinin hesabı ile ilgili bir hesap kriteri bulunmamaktadır. Buna göre yapısal analiz programlarında boşluklu döşeme ile ilgili yapıların analizi bir sorun olarak gözükmemektedir. Yapısal analiz programlarında boşluklu döşeme tarifi için her bir programın kendine özgü veri girişi ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Bunu yaparken normal plak döşeme ile aynı kesit tesirlerinin etkisi altındaki boşluklu döşeme sistemlerinin geometrik özelliklerinin birbiriyle kıyaslanması yapılarak atalet momentleri açısından bir dönüşüm sağlanmalıdır. Boşluklu döşeme sistemlerinde yapının ağırlığının azaltılması haricinde yatay yük taşıyıcı sistemlerinin rahatlaması, iskele ve kalıp sistemlerinin hızlı kurulum kaldırılması, daha az sehim ve titreşim göstermesi, büyük açıklıklarının geçilebilmesi, daha az kat yüksekliği, verimli yükseklik ve inşaat alanı kullanımı gibi tasarım, uygulama ve mimari avantajlar mevcuttur.

1.1. Literatür Taraması

2017 yılında Hindistan da IS456:2000 standardı kullanılarak yapılan bir çalışmada yüksek yoğunluklu politen plastik küreler kullanılarak sonlu eleman analizleri yapılmıştır. Burada kullanılan küre boşluklar ‘bubble deck’ sistemleri olmakla beraber 6x7,7x8,8x9 açıklıklarına sahip 13 katlı bina üzerinde SAP2000 programı kullanılarak modellenmiştir. Çalışmanın sonucunda araştırmacılar boşluklu döşemelerde açıklık farklarının eğilme momenti, kesme kuvveti, sehim miktarları ve kesit tesirleri üzerindeki değişimleri gösterilmiştir [1].

Mushfig ve ark. geleneksel plak döşemeler üzerinde küresel boşluklar bırakarak üç adet test gerçekleştirmişlerdir (Şekil 1.1). Bu testler sonucunda boşluklu döşeme ile geleneksel plak döşemelerin yük taşıma kapasitelerinin farklı genişlik ve yükseklik oranlarına göre karşılaştırma yapılmıştır. Araştırmacılara göre testler sonucunda boşluklu döşemenin geleneksel plak döşemeye göre %15 daha hafif olduğu gösterilmiştir [2].



Şekil 1.1. *Yük taşıma kapasitelerine göre yapılan deneyler*

2016 yılında Surendar ve ark. plak döşemelerin hafifletilmesi amacıyla plastik kör kalıpların kullanımına yönelik sayısal ve deneysel bir çalışma yapmışlardır. Döşemenin yapısal davranışını göstermek için ansys sonlu eleman programı kullanılmıştır. Araştırmacılar maksimum taşıma kapasitesi, gerilme dağılımları ve şekil değiştirmeleri sayısal olarak ölçmüşler ve deneysel çalışmalarla karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak boşluklu döşemenin plak döşemeye göre daha iyi davrandığı belirlenmiştir [3].

Bhowmik ve ark. geleneksel plak döşemelerin boşluklu döşeme sistemlerine göre karşılaştırılmaları konusunda bir derleme çalışması yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda yapıların ağırlaşmasıyla beraber büyük deprem kuvvetlerinin yapıyı etkilediği görülmüş olup yapının ağırlığının azaltılması konusunun ön plana çıktığını belirtmişlerdir. Yapının ağırlığının azaltılmasında en önemli yapı elemanının döşeme olduğu ve içerisinde boşluklar meydana getirerek ağırlığının azaltılmasının mümkün olacağını belirtmişlerdir. Şekil 1.2’de görüldüğü gibi boşluklu döşeme sistemlerinde geri dönüşümlü plastik malzemeler küre elips veya prizmatik numuneler şeklinde kullanılabileceği ve yapıda %30 luk bir azalma olacağını söylemişlerdir [4].



Şekil 1.2. Döşeme ağırlığının azaltılmasında kullanılan geri dönüşümlü plastik malzemeler

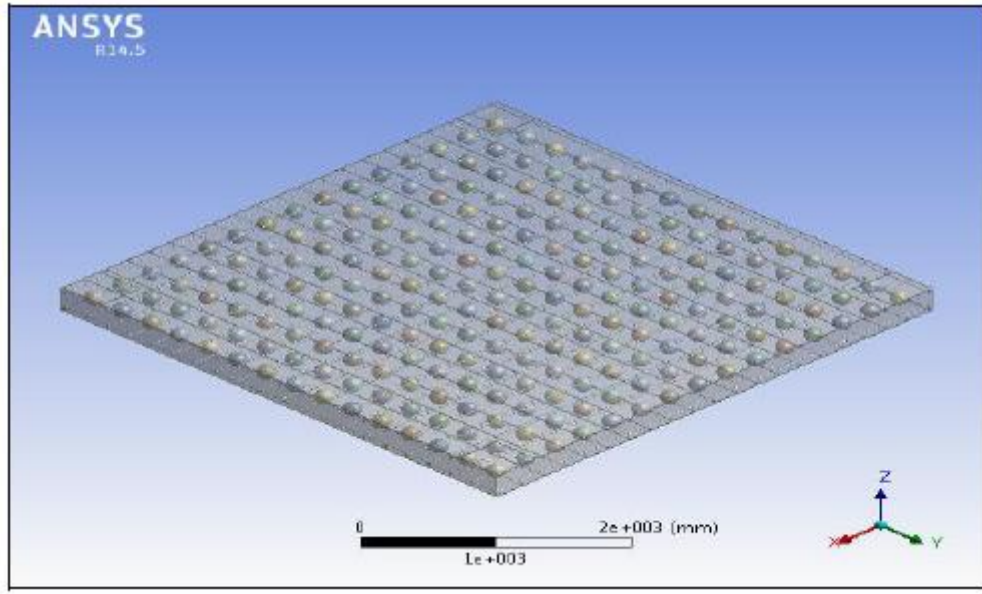
2009 yılında MIT(Massachusetts Institute Technology)’ de gerçekleştirilen çift yönlü plak döşeme deneylerinde boşluklu döşemelerin daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir. Yapılan çalışmada deney numunelerinin SAP2000 yapısal programı kullanılarak sonlu eleman modelleri oluşturulmuş ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır [5].

Calin ve ark.2009 yılında boşluklu döşemelere ait eğilme dayanımının, yer değiştirme durumunun, kesme dayanımının, zımbalama dayanımının ve yangın dayanımının testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucuna göre boşluklu döşeme sistemi plak döşeme sistemi gibi davranmıştır. Buna göre boşluklu döşeme sistemi tasarımı plak döşeme gibi yapılabilir [6].

Calin ve ark. farklı yükleme durumlarına göre 1:1 ölçekli numuneler üzerinden boşluklu döşeme davranışının düz plak davranışına göre karşılaştırması yapılmıştır. Sonuçta statik yüke karşılık gelen yer değiştirme, çatlak ve göçme durumları belirlenmiştir [7].

2015 yılında Shetkar ve Hanche tarafından boşluklu döşemeler üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada çeşitli çaplarda boşluklar kullanılarak döşemeler oluşturulmuş ve döşeme yüksekliğine göre göçme durumları gözlemlenmiştir. Sonuç olarak çap miktarı arttıkça döşemenin daha iyi yük taşıdığı belirlenmiştir [8].

Purushottam ve Hemantkumar tarafından yapılan bir çalışmada ACI 318-11 yönetmeliğine [9] göre plak döşemelerle boşluklu döşemeler Şekil 1.3'te görüldüğü gibi ANSYS programı kullanılarak modellenmiştir. Bu modellemede eğilme donatıları, moment kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak boşluklu döşemelerin ekonomik davrandığı belirlenmiştir [10].



Şekil 1.3. Ansys programında modellenen boşluklu döşeme

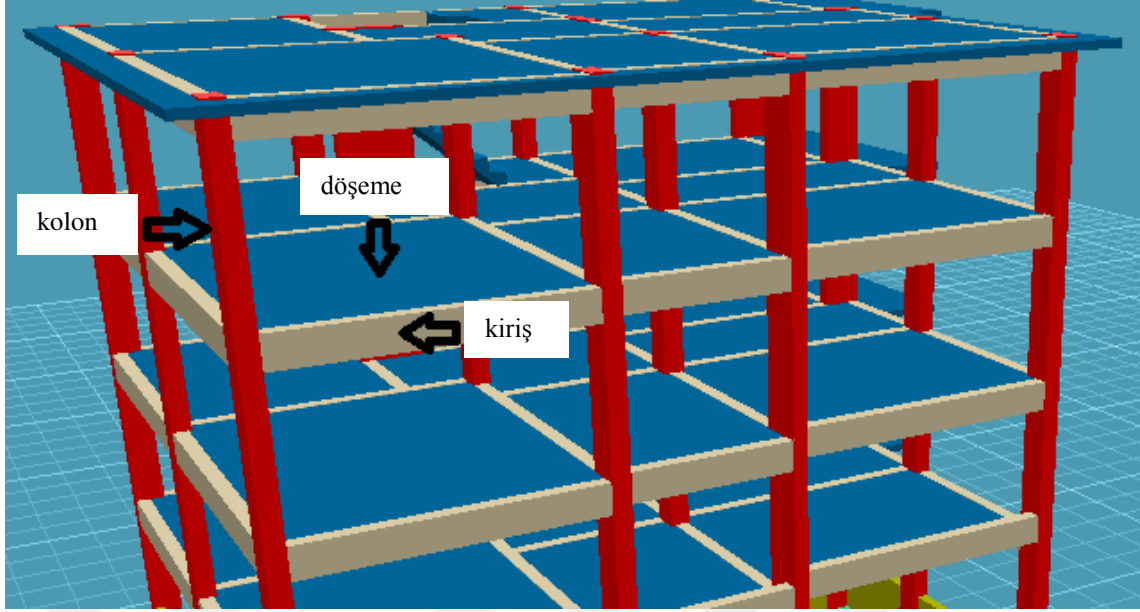
2018 yılında yapılan bir çalışmada boşluklu döşemelerle boşluksuz döşemeler analitik ve deneysel olarak karşılaştırılmış ve bilgisayar programları kullanılarak modellenmiştir. Araştırmada döşemelerin kesme ve eğilme dayanımları incelenmiş ve sonuç olarak boşluklu döşemelerin normal döşemeler gibi tasarlanabileceği belirtilmiştir [11].

2. DÖŞEMELER

Üzerlerine gelen zati ve hareketli yükleri Şekil 2.1’de görüldüğü üzere kirişlere veya doğrudan düşey taşıyıcı eleman olan kolonlara ileten, binayı katlara ayıran yatay betonarme elemanlardır. Ayrıca döşemeler deprem, rüzgâr gibi yatay yükleri de düşey taşıyıcı sistemlere aktaran elemanlardır. Döşemelerde zati yükler döşemenin kendi ağırlığı, tesviye betonu, kaplama, sıva ağırlığından oluşurken hareketli yükler ise yapının kullanımına göre TS 498 de belirtilmiştir. Zati yük g harfiyle, hareketli yük q harfiyle ifade edilmektedir. Tasarım yükü $P_d=1,4g+1,6q$ ile ifade edilir (Şekil 2.2).

Çizelge 2.1. Yapının kullanımına göre döşemedeki hareketli yük değerleri [12]

Kullanma Şekli			Hesap Değeri
ÇATILAR Yatay veya 1/20’ye kadar eğimli	Döşemeler	MERDİVENLER (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	kN/m ²
1	Çatı arası odalar		1,5
2 Zaman zaman kullanılan çatılar	Konut, teras oda ve koridorlar, bürolar, konutlardaki 50 m ² ’ye kadar olan dükkanlar, hastane odaları		2
3 Konut toleranslarının kullanılması ve çiçeklik (bahçe yapılması)	Hastanelerin mutfakları, muayene odaları, poliklinik odaları, sınıflar, yatakhaneler, anfiler	Konut Merdivenleri	3,5
4	– 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 – Mezbahalar – Fırınlr, – Büyükbaş hayvan ahırları – Balkonlar 10 m²’ye kadar – Büro, hastane okul, tiyatro sinema kütüphane depo vb. genel yapı koridorları	Umuma açık yapılarda büro hastane okul, tiyatro, kütüphane kitaplık vb.	5
5	– Tribünler (oturma yeri sabit olmayan)		7,5
6	– Garajlar (Toplam ağırlığı 2,5 tona kadar olan araçlar için)		5



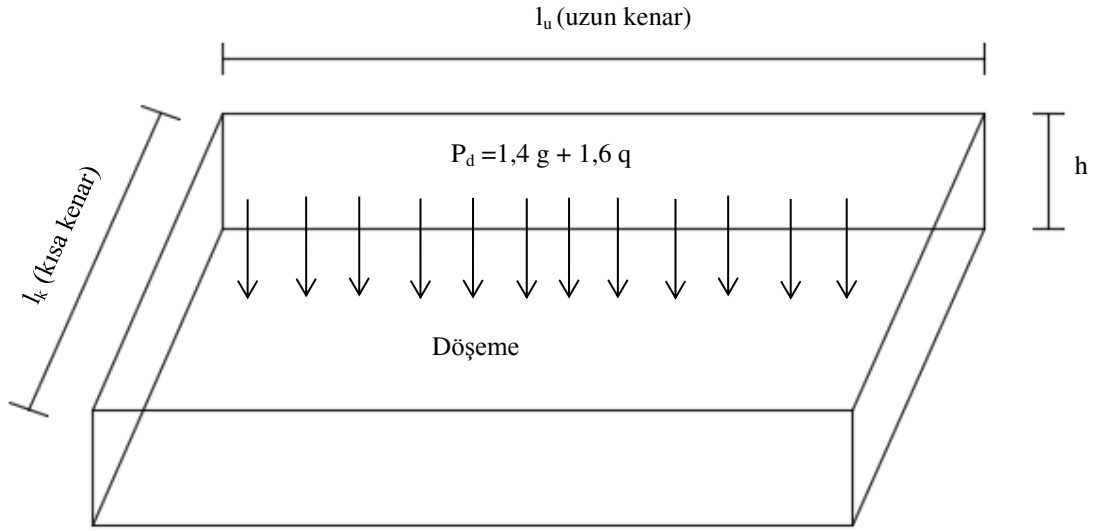
Şekil 2.1. Kolon, kiriş ve döşeme görünümü [13]

2.1. Döşeme Türleri

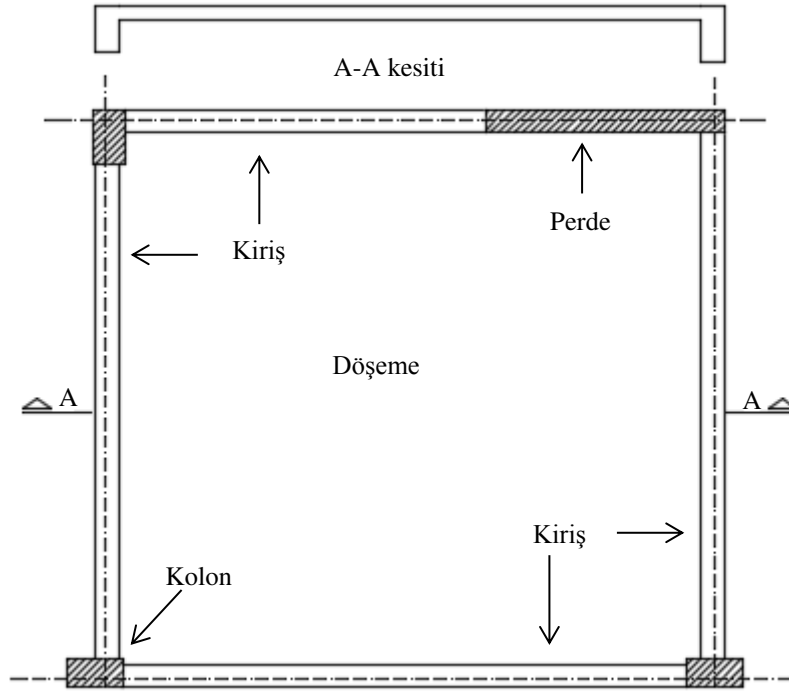
Döşeme türleri kirişli plak, dişli döşeme ve kirişsiz plak döşemelerdir. Döşeme türü seçiminde bölgenin deprem durumu, döşemenin maliyeti, kolonlar arasındaki açıklık miktarı, yapının kullanım amacı, yapının plan geometrisi ve etkileyecek yük miktarı göz önüne alınarak döşeme tercih edilir.

2.1.1. Kirişli plak döşeme

En az bir kenarı kirişe oturan kalınlığı 8-20 cm arasında değişen, günümüzde konutlarda yaygın şekilde kullanılan döşeme sistemidir. Üzerlerindeki yükü etrafındaki kirişlere dağıtırlar. Düşey yük altında döşemeler eğilir ve momentler oluşur, deprem kuvveti yatay olduğundan döşemenin rijit diyafram gibi çalıştığı ve yükü kolondan kolona aktardığı varsayılır bu nedenle döşemenin moment hesabında deprem kuvveti dikkate alınmaz [14]. Döşeme kenar uzunluklarına göre tek veya çift yönde çalışabilir. Bu döşemeler 7 m açıklığa kadar ekonomiktir, depreme karşı dayanıklılık açısından ise en dayanıklı döşeme sistemidir. En güvenli sistem Şekil 2.3'teki gibi olan dört taraftan kirişlere oturan sistemdir. Bir kenarı boşta kalıyorsa bu döşemelere konsol döşeme denilmektedir. Kirişli plaklarda bazen tek ve çift doğrultuda ara kirişler de kullanılmaktadır. Bu tip kirişlere saplama kiriş denilmektedir.



Şekil 2.2. Döşeme kenarları ve yük kombinasyonu



Şekil 2.3. Kirişli plak sistem

2.1.1.1. Bir doğrultuda çalışan plak döşeme

Uzun kenar uzunluğunun kısa kenar uzunluğuna oranı (l_u / l_k) 2'den büyük olan kirişli plak döşemeler bir doğrultuda çalışan döşemelerdir. Tek doğrultuda çalışan plakların kalınlığı minimum 80 mm olmalıdır. Plak kalınlığının serbest açıklığa oranı

basit mesnetli tek açıklıklı döşemelerde 1/25 ten, sürekli döşemelerde 1/30 dan, konsol döşemelerde 1/12 den az olmamalıdır. Tek doğrultuda çalışan döşemelerde sadece kısa doğrultuda eğilme donatısı konulur, uzun doğrultuda dağıtma donatısı kullanılır. Tek doğrultulu sistemlerde komşu iki açıklığın birbirine oranı (l_{max} / l_{min}) 0,8 den büyük olan ve hareketli yükün zati yüke oranı (q/g) 2 den küçük olan durumlarda moment katsayıları kullanılır, diğer durumlarda sürekli kiriş teorisine göre elverişsiz yüklemeler yapılarak bulunan en büyük eğilme momentleri kullanılır [15]. Moment katsayıları yönteminde kullanılacak olan açıklık ve mesnet momentleri aşağıdaki bağıntılarda gösterilmiştir.

Açıklık momentleri;

$$M_d = P_d l^2 / 11 \quad (\text{kenar açıklıkta}) \quad (2.1)$$

$$M_d = P_d l^2 / 15 \quad (\text{iç açıklıkta}) \quad (2.2)$$

Mesnet momentleri iki açıklı plaklarda;

$$M_d = -P_d l^2 / 24 \quad (\text{dış mesnetlerde}) \quad (2.3)$$

$$M_d = -P_d l^2 / 8 \quad (\text{iç mesnetlerde}) \quad (2.4)$$

Mesnet momentleri ikiden fazla açıklı plaklarda;

$$M_d = -P_d l^2 / 24 \quad (\text{dış mesnetlerde}) \quad (2.5)$$

$$M_d = -P_d l^2 / 9 \quad (\text{kenar açıklığın iç mesnetinde}) \quad (2.6)$$

$$M_d = -P_d l^2 / 10 \quad (\text{iç mesnetlerde}) \quad (2.7)$$

Burada;

l = döşeme hesap açıklığı

İç mesnetlerde hesap yaparken iki taraftan gelen yük ve uzunlukların aritmetik ortalamaları kullanılmalıdır. Mesnetler kirişlerden oluşursa mesnet ortasındaki momentten ΔM değeri çıkarılır ve yeni moment hesaplanır. Azaltılmış olan moment $P_d l^2 / 14$ ten az olmamalıdır.

$$\Delta M = V a / 3 \quad (2.8)$$

Burada;

V = hesap yapılan açıklıktaki kesme kuvveti

a = mesnet genişliği (açıklığın 0,175 katından fazla olamaz)

Momentler bulunduğundan sonra döşeme için gerekli olan donatı alanı (2.9) bağıntısıyla hesaplanır.

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot j \cdot d} \quad (\text{gerekli donatı alanı}) \quad (2.9)$$

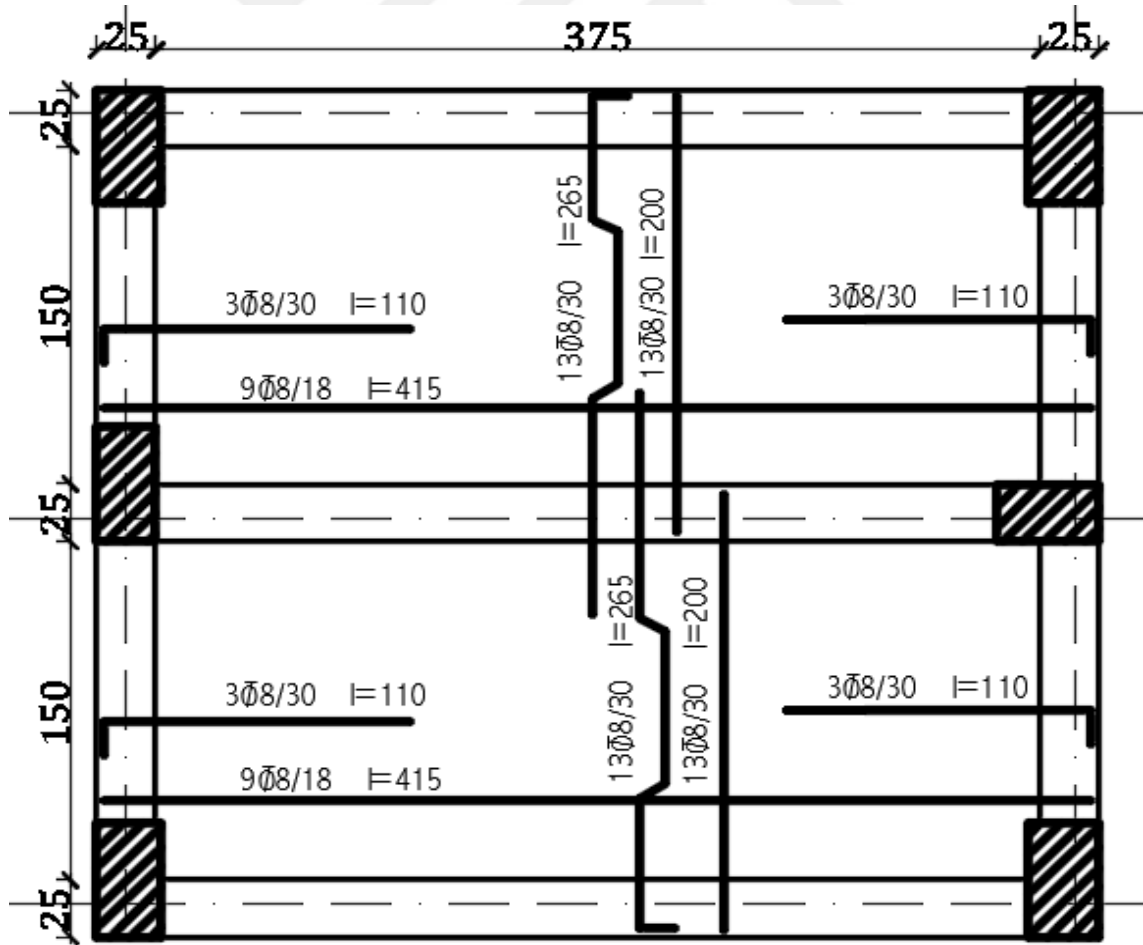
Burada;

f_{yd} = donatının akma dayanımı

j = tablolardan alınan katsayı (genelde 0,86 kullanılır.) [16]

d = faydalı yükseklik

Bulunan alana göre kısa doğrultu için donatı seçilir. Bu alanın 1/5'i uzun doğrultuda dağıtma donatısı olarak 0,6sı da mesnet donatısı olarak kullanılır. Kullanılan donatı aralığı döşeme kalınlığının 1,5 katından, kısa doğrultuda 20 cm den, uzun doğrultuda 30 cm den az olmalıdır. Eğilme donatısı oranı 0,002 den az olmamalıdır. Tek doğrultudaki donatı yerleşiminin bir örneği Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Tek doğrultuda çalışan döşme tipi donatı yerleşimi

2.1.1.2. İki doğrultuda çalışan plak döşeme

Uzun kenar uzunluğu kısa kenar uzunluğuna oranı (l_u/l_k) 2 ve 2 den küçük olan kirişli plak sistemler iki doğrultuda çalışan plak döşemelerdir. İki doğrultuda çalışan plak döşeme kalınlığı (2.10) bağıntısında verilen değerden az olmamalıdır.

$$h \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right) \text{ ve } h \geq 80 \text{ mm} \quad (2.10)$$

Burada;

l_{sn} = kısa kenar net açıklığı

α_s = sürekli kenar uzunluğunun tüm uzunluğa oranı

m = uzun kenar uzunluğunun kısa kenar uzunluğuna oranı (l_u/l_k)

İki doğrultuda çalışan plakların çözümünde genelde Westergaard ve akma çizgileri yöntemi kullanılır. Westergaard yöntemine göre moment (2.11) bağıntısında gösterilmiştir.

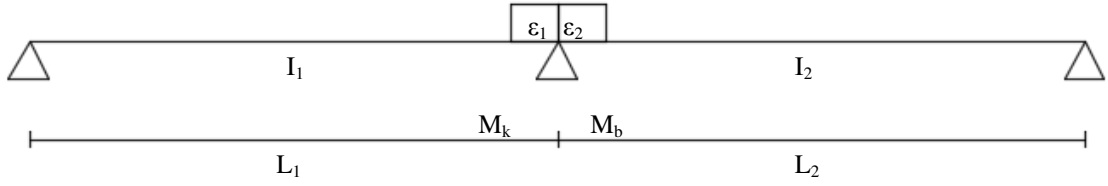
$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 \quad (2.11)$$

Denklemden kullanılan α katsayısı döşeme durumuna göre Çizelge 2.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Döşeme koşullarına göre α katsayısının değerleri [17]

Döşemenin sınır koşulları	Kısa açıklık doğrultusunda moment katsayıları								Uzun açıklık doğrultusunda
	m=1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,75	2,0	
DÖRT KENAR SÜREKLİ									
Negatif moment sürekli kenarda	0,033	0,040	0,045	0,050	0,054	0,059	0,071	0,083	0,033
Pozitif moment açıklık ortasında	0,025	0,030	0,034	0,038	0,041	0,045	0,053	0,062	0,025
BİR KENAR SÜREKSİZ									
Negatif moment sürekli kenarda	0,042	0,047	0,053	0,057	0,061	0,065	0,075	0,085	0,041
Pozitif moment açıklık ortasında	0,031	0,035	0,040	0,043	0,046	0,049	0,056	0,064	0,031
İKİ KOMŞU KENAR SÜREKSİZ									
Negatif moment sürekli kenarda	0,049	0,056	0,062	0,066	0,070	0,073	0,082	0,090	0,049
Pozitif moment açıklık ortasında	0,037	0,042	0,047	0,050	0,053	0,055	0,062	0,068	0,037
İKİ KISA KENAR SÜREKSİZ									
Negatif moment sürekli kenarda	0,056	0,061	0,065	0,069	0,071	0,073	0,077	0,080	-
Pozitif moment açıklık ortasında	0,044	0,046	0,049	0,051	0,053	0,055	0,058	0,060	0,044
İKİ UZUN KENAR SÜREKSİZ									
Negatif moment sürekli kenarda	-	-	-	-	-	-	-	-	0,056
Pozitif moment açıklık ortasında	0,044	0,053	0,060	0,065	0,068	0,071	0,077	0,080	0,044
ÜÇ KENAR SÜREKSİZ									
Negatif moment sürekli kenarda	0,058	0,065	0,071	0,077	0,081	0,085	0,092	0,098	0,058
Pozitif moment açıklık ortasında	0,044	0,049	0,054	0,058	0,061	0,064	0,069	0,074	0,044
DÖRT KENAR SÜREKSİZ									
Pozitif moment açıklık ortasında	0,050	0,057	0,062	0,067	0,071	0,075	0,081	0,083	0,050

Eğer m değerleri tabloda yoksa lineer enterpolasyon yapılarak bulunabilir. Döşeme açıklık ortasında pozitif mesnetlerde negatif moment bulunur. Mesnetlerde donatı hesabı için küçük momentin büyük momente oranına bakılır (Şekil 2.5). Oran 0,8 den büyükse büyük momente göre, küçükse moment farklarının 2/3 katı bir ε katsayısı ile çarpılır. Bulunan değer küçük momente ilave edilip büyük momentten çıkarılmasıyla elde edilen maksimum momente göre hesap yapılır ve gerekirse ek donatı kullanılır.



Şekil 2.5. Mesnetlerde moment hesabı

$$\frac{M_k}{M_b} \geq 0,8 \quad \text{ise} \quad M_d = M_b \quad (2.12)$$

$$\frac{M_k}{M_b} < 0,8 \quad \text{ise} \quad \Delta M = \frac{2}{3} (M_b - M_k) \quad (2.13)$$

$$R_1 = \frac{I_1}{L_1}, \quad R_2 = \frac{I_2}{L_2}, \quad \varepsilon_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.14)$$

$$M_{d1} = M_k + \varepsilon_1 \Delta M, \quad M_{d2} = M_b - \varepsilon_2 \Delta M \quad M_d = \max(M_{d1}, M_{d2}) \quad (2.15)$$

Burada;

L= incelenen doğrultudaki döşeme uzunluğu

I = atalet momenti

Özel uygulamalarda akma çizgileri yöntemi de kullanılabilir. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi akma çizgileri yöntemi sürekli kenarların kesiştiği noktadan 45° dercelik açı ile çizilen dönme eksenlerini oluştururlar. Üst yüzde çatlak oluşturan akma çizgileri pozitif, alt yüzde çatlak oluşturan akma çizgileri negatif akma çizgileridir. Akma çizgileri yönteminde iç işi dış işe eşitleyerek moment veya yük bulunabilir. Deformasyon olmaması için bulunan yük 0,5 ile bulunan moment 2 ile çarpılır.

$$W_i = m \cdot L \cdot \theta \quad (\text{iç iş}) \quad (2.16)$$

$$W_d = \sum (P_d \cdot A \cdot \delta) \quad (\text{dış iş}) \quad (2.17)$$

Burada;

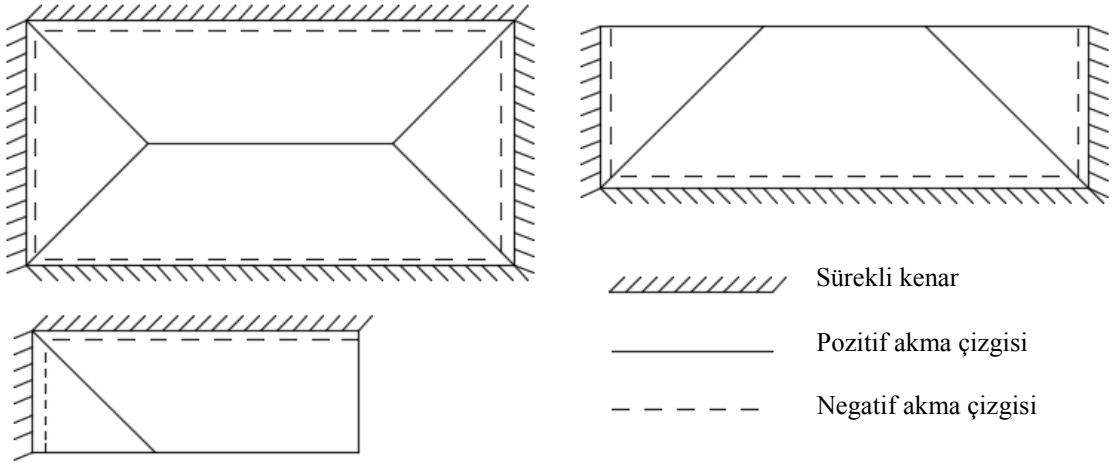
m = momentlerin toplamı

L = akma çizgisinin eksen üzerindeki iz düşümü

θ = dönme açısı

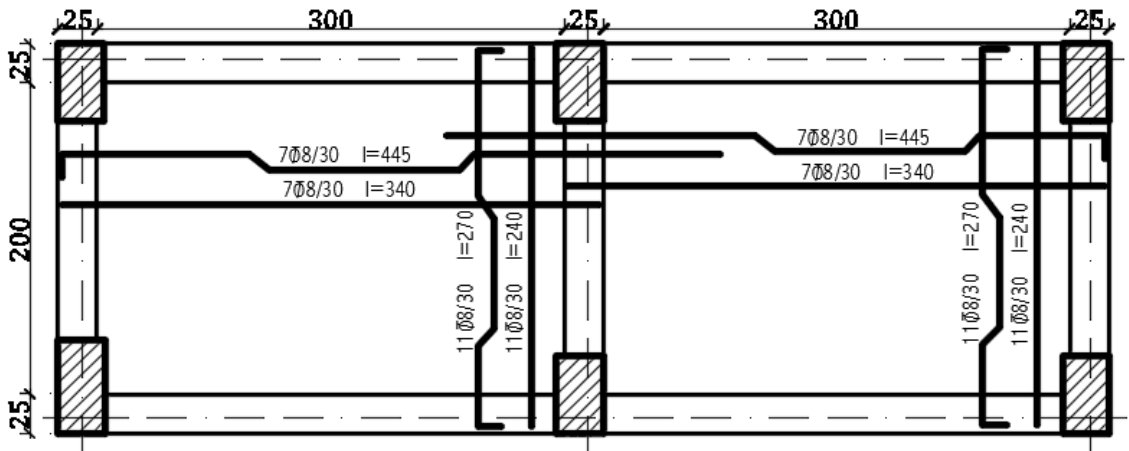
δ = 1 birimlik yer değiştirmenin ağırlık merkezine uzaklığı

A = alan



Şekil 2.6. Akma çizgilerinin gösterimi

Çift doğrultuda çalışan plak döşemelerde x ve y doğrultusunda donatı oranı 0,0015 ten toplamda 0,0035 ten az olamaz. Donatı aralığı döşeme kalınlığının 1,5 katından ve kısa doğrultuda 20 cm den, uzun doğrultuda 25 cm den az olmamalıdır. Çift doğrultudaki donatı yerleşiminin örneği Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. İki doğrultuda çalışan plaklarda donatı yerleşimi

2.1.2. Dişli döşeme

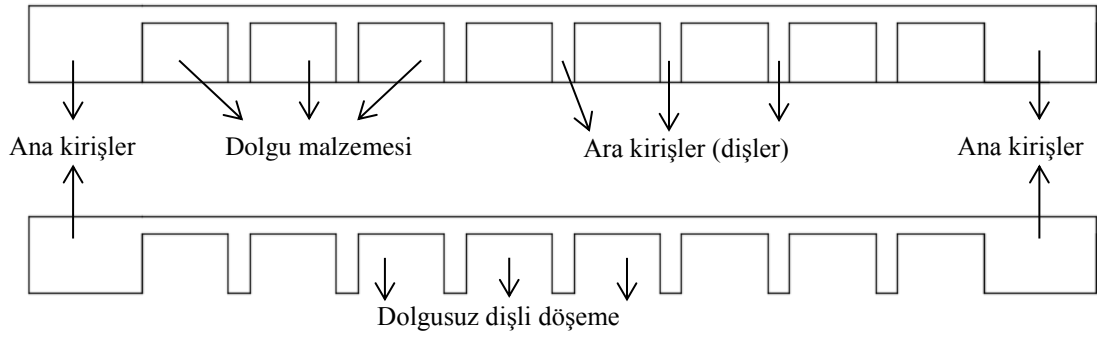
Ara kirişlerin (dişlerin) ana kirişlere oturtulmasıyla oluşan ve üzerlerinde ince bir plak bulunan döşeme tipidir. Kullanıldıkları duruma göre tek veya çift doğrultuda çalışabilirler.

2.1.2.1. Tek doğrultuda çalışan dişli döşeme (asmolen)

Ara kirişlerin tek doğrultuda çalışmasıyla oluşan dişli döşeme tipidir. Tek doğrultuda çalışan dişli döşemelerin dişlerinin arası dolgulu veya dolgusuz olabilir (Şekil 2.9). Dolgu olduğu durumlardaki döşeme tipine asmolen döşeme denilmektedir. Dolgu malzemesi olarak gazbeton, asmolen tuğla, hafif beton ve strafor gibi hafif malzemeler kullanılabilir. Dolgu malzemelerinin taşıyıcı özelliği yoktur. Dişli döşemelerde yükü ana kirişler taşımaktadır. Asmolen döşemelerin kalıp işçiliğinin ve maliyetinin az olması, ısı ve ses yalıtımını iyi sağlaması, dişler arasındaki boşluklara kablo ve borular konulabilmesi, düz bir tavan görünümü olması avantajlarından olmasına rağmen plak sistemlere göre daha ağır olması ve depremde davranışının kötü olmasından dolayı pek tercih edilmez. Şekil 2.8'deki gibi eğer dişler uzun doğrultuda yani kısa olan ana kirişlere taşıtılırsa dişlerin boyu uzar kirişler zorlanmaz. Kısa doğrultuda konulursa diş boyu kısılır ama ana kirişler çok zorlanır.

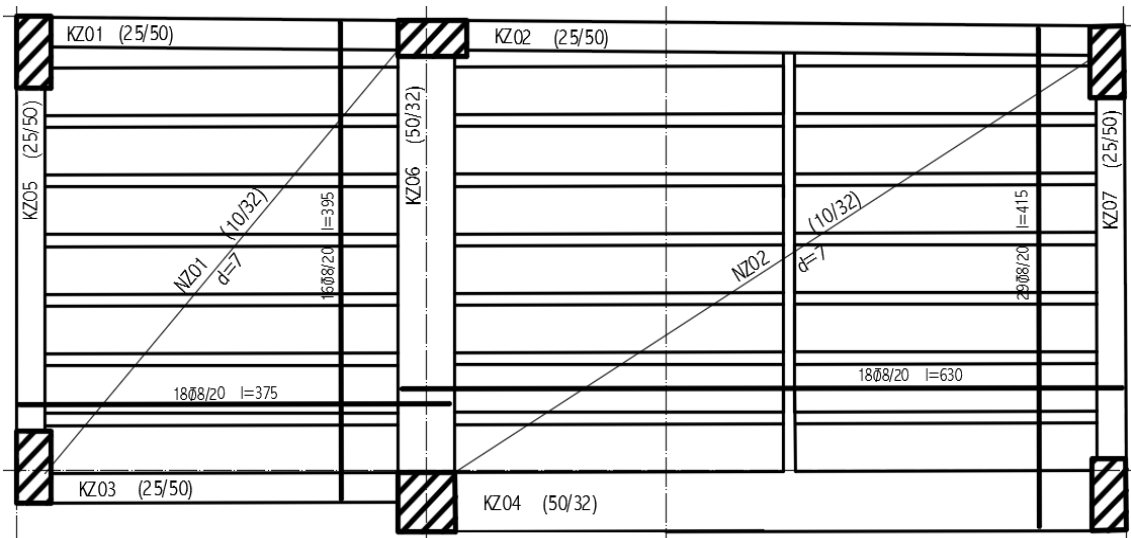


Şekil 2.8. Asmolen döşeme [18]



Şekil 2.9. Dolgulu ve dolgusuz tek doğrultuda çalışan dişli döşemelerin gösterimi

Tek doğrultuda çalışan dişli döşemelerde dişler arasındaki serbest açıklık 70 cm den az olmalı, plak kalınlığı 5 cm den ve serbest açıklığın 1/10' undan az olamaz. Dişlerin genişliği 10 cm az olmamalıdır. Diş yüksekliğinin serbest açıklığa oranı; sürekli döşemelerde 1/25 ten, basit mesnetli tek açıklıklı döşemelerde 1/20 den, konsollarda 1/10'dan az olmamalıdır. Döşemenin büyüklüğüne göre taşıyıcı dişlere dik aynı boyutlarda belli sayıda enine dişlerde kullanılabilir. Her bir doğrultudaki donatı oranı 0,0015 ten az ve donatı aralığı 25 cm den az olamaz. Tek doğrultuda çalışan dişli döşemelerde kenar kirişler asmolen yüksekliğinden fazla olabilir. Bu döşemelerin donatı hesabında moment katsayıları yöntemi veya tablalı kiriş hesabı yapılarak değerler bulunur. Dişli döşeme donatı yerleşimi Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Asmolen döşeme donatı gösterimi

2.1.2.2. Çift doğrultuda çalışan dişli döşeme (kaset döşeme)

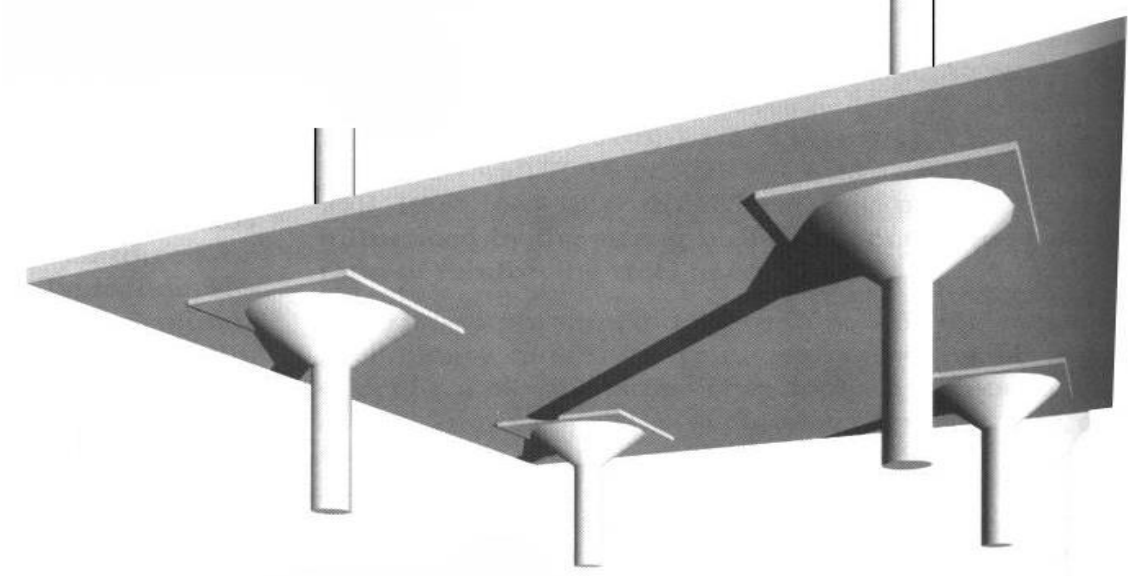
Yapı ortasında kolon istenmeyen açıklıkların ve yükün fazla olduğu durumlarda kullanılan çift doğrultuda çalışan dişli döşemelerdir, bu döşemelere kaset döşeme denilmektedir. Genellikle otopark ve sinema salonlarında kullanılır. 20-25 metre açıklıkta kullanılabilir. Ana kirişlerin genişliği 80 cm den tali kirişlerin genişliği 50 cm den az olmamalıdır. Fazla yük olduğundan perdelerle taşınması daha avantajlı olmakla beraber maliyetinin fazla olmasından dolayı az tercih edilen döşeme tipidir. Döşeme alt kalıbı çakıldıktan sonra kaset döşemenin hazır kalıpları belli aralıklarla dizilir, donatıları yerleştirilir ve beton dökülür. Genellikle kare kalıplar kullanılmaktadır.



Şekil 2.11. Kaset döşeme gösterimi [19]

2.1.3. Kirişsiz döşeme

Kirişleri olmayan doğrudan olarak kolonlara veya perdelere oturan döşeme sistemidir. Genelde düz bir tavan istendiğinde ve hafif yükler kullanıldığında tercih edilen bir sistemdir. Kiriş kullanılmadığından dolayı kat yüksekliği azalır. Kalıp ve işçilik maliyeti az olmasına rağmen kullanılan donatı ve beton miktarları fazladır. Depremde davranışı iyi olmadığından pek tercih edilmez. Kirişsiz döşemelerde en büyük sorun zımbalama olayıdır ve bu durumu engellemek için çeşitli özel uygulamalar kullanılır. Bu uygulamalar detaylı bir şekilde 3. bölümde gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Kirişsiz döşeme gösterimi [20]

Kirişsiz döşeme sistemlerinde donatı hesabı eş değer çerçeve yöntemi ve moment katsayıları yöntemi kullanılarak hesaplanabilir [21]. Moment katsayıları yönteminin uygulanması için her yönde en az üçer açıklık olmalı, uzun kenarın kısa kenara oranı 2 den az olmalı, hareketli yükün zati yüke oranı 2 den az olmalıdır. Ayrıca komşu plakların açıklıkları arasındaki fark her hangi bir doğrultudaki uzun açıklığın 1/3 ünden az olmalıdır. Bu şartlar sağlandıktan sonra moment bağıntı (2.18) deki denklemle bulunur.

$$M_o = \frac{P_d \cdot l_2 \cdot l_n^2}{8} \quad (2.18)$$

Burada;

l_n = hesap yapılan doğrultudaki serbest açıklık (0,65 l_1 den az olamaz)

l_2 = hesap yapılan doğrultuya dik olan mesafe

Moment bulunduktan sonra açıklık ve mesnet momentleri bulunur. Ardından döşeme kolon ve orta şeritlere ayrılır. Bulunan momentler belli oranlarda kolon ve orta şeritlere dağıtılır. Açıklık ve mesnet momentleri aşağıdaki bağıntılarda gösterilmiştir.

İç açıklıklarda,

$$0,35 M_o \quad (\text{açıklık momenti}) \quad (2.19)$$

$$0,65 M_o \quad (\text{mesnet momenti}) \quad (2.20)$$

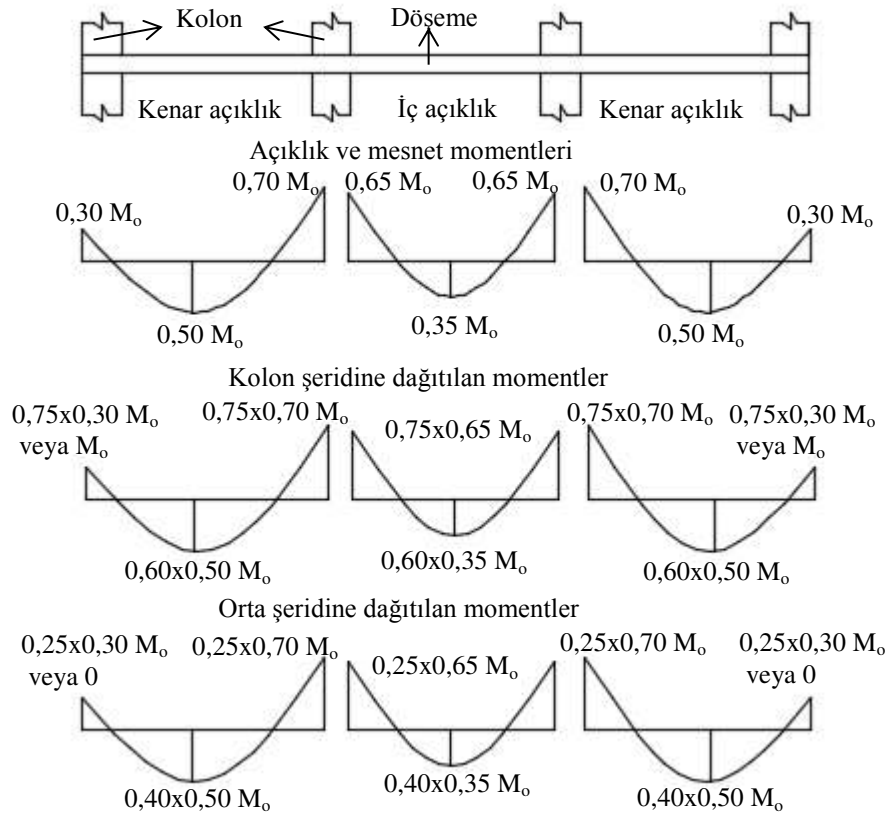
Kenar açıklıklarda;

$$0,30 M_o \quad (\text{dış mesnet momenti}) \quad (2.21)$$

$$0,70 M_o \quad (\text{iç mesnet momenti}) \quad (2.22)$$

$$0,50 M_o \quad (\text{açıklık momenti}) \quad (2.23)$$

İç mesnetlerde bulunan toplam mesnet momentinin %75 i, kenar mesnetlerde çözüm yapılan doğrultuya dik kenarda kiriş yoksa toplam mesnet momentinin tamamı varsa %75 i kolon şeridine aktarılır. Hesaplanan toplam açıklık momentinin %60 ı kolon şeridine aktarılır. Toplam momentle kolon şeridine aktarılan moment arasındaki fark orta şeride aktarılır. Kolon ve orta şeride aktarılan mesnet ve açıklık momentlerinde en fazla %10'luk bir değişiklik yapılabilir (Şekil 2.13).



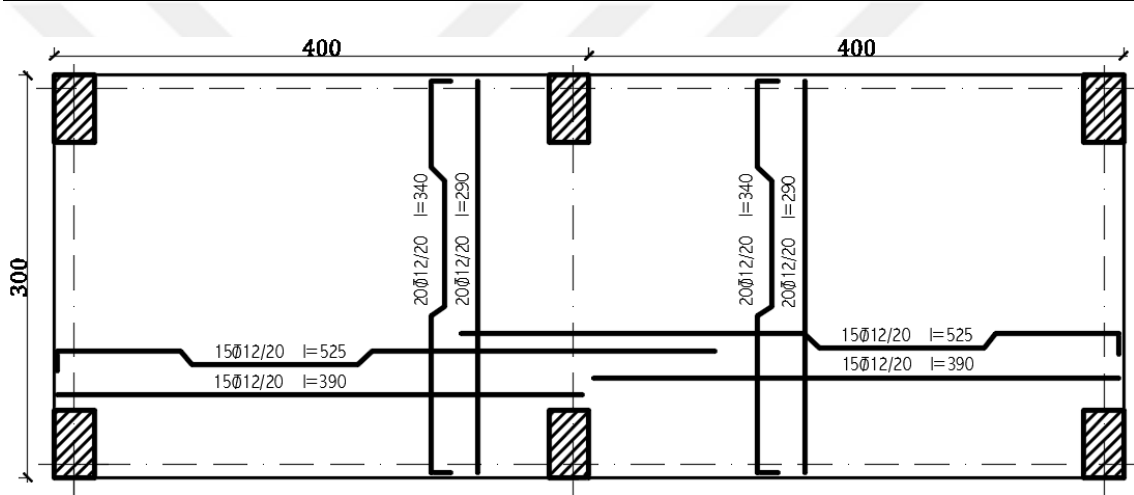
Şekil 2.13. Kirişsiz döşemelerde orta ve kolon şeridindeki moment oranları

Kirişsiz döşemeler eşdeğer çerçeve yöntemiyle de hesaplanabilir. Bu yöntemde öncelikle eşdeğer çerçeve doğrultusundaki döşemenin atalet momentleri bulunur. Ardından döşemenin deplasman sabiti katsayıları, rijitliği, moment katsayıları bulunur.

Kolon rijitlikleri hesaplandıktan sonra bulunan momentler belirli katsayılarla çarpılarak kolon ve orta şeride dağıtılır. Bu katsayılar Çizelge 2.3 te gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre donatı alanları hesaplanır. Kirişsiz döşemeye ait örnek donatı yerleşimi Şekil 2.14’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Eşdeğer çerçeve yönteminde dağıtma katsayıları [22]

Şerit		İç mesnet momenti	Açıklık momenti	Dış mesnet momenti	
				Kenar kirişsiz	Kenar kirişli
Kolon şeriti		0,75	0,60	0,80	0,60
Orta şeriti		0,25	0,40	0,20	0,40
Kenar kiriş veya duvara	Kenar kirişsiz	0,40	0,30	0,40	0,30
Paralel yarım kolon şeriti	Kenar kirişli	0,20	0,15	0,20	0,15



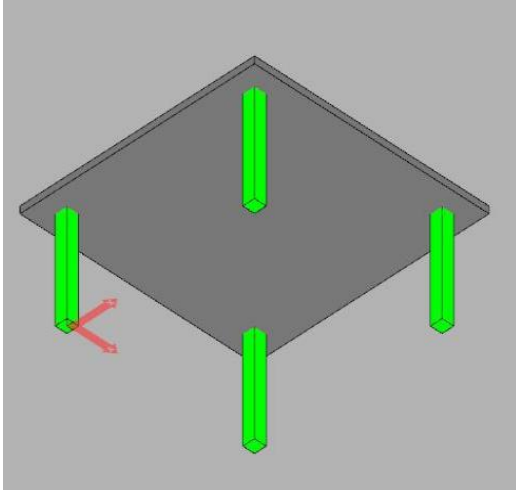
Şekil 2.14. Kirişsiz döşeme donatı yerleşimi

3. KİRİŞSİZ DÖŞEME SİSTEMLERİNDE ÖZEL UYGULAMALAR

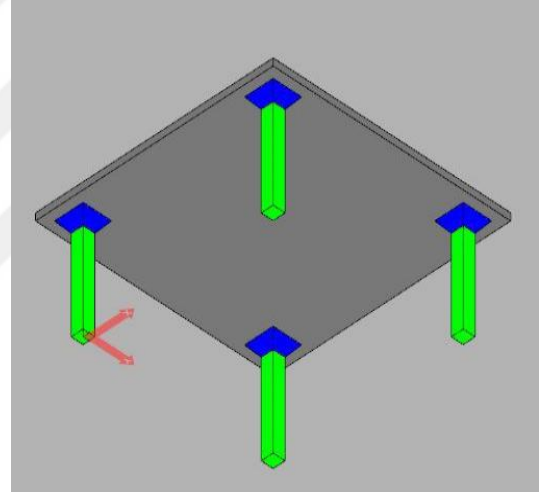
Kirişsiz döşeme kirişleri olmayan, doğrudan kolonlara oturan 20–40 cm kalınlığında plaktan oluşan döşeme sistemleridir. Başlıklı, tablalı, ardgermeli ve boşluklu kirişsiz döşeme olmak üzere özel uygulamalar mevcuttur.

3.1. Başlıklı ve Tablalı Kirişsiz Döşemeler

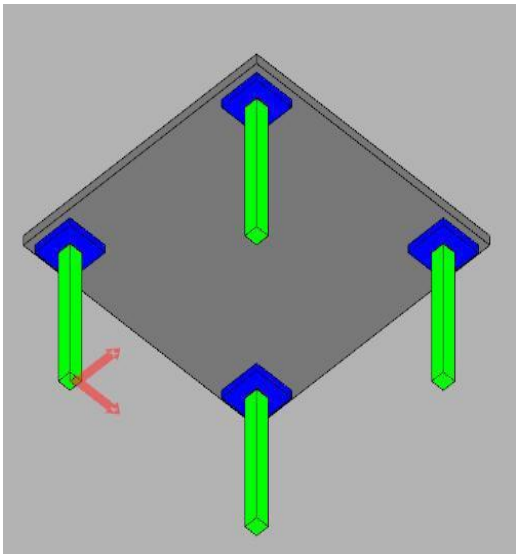
Kirişsiz döşeme sistemlerinde en büyük problem zımbalama etkisidir. Bu zımbalama etkisinden kurtulmak için kolon uçlarına başlık veya tabla konulur. Bu şekilde zımbalama çevresi ve derinliği artırılarak zımbalama dayanımı sağlanmış olur. Kirişsiz döşemeler Şekil 3.1’de gösterildiği gibi başlıksız, başlıklı, tablalı, başlıklı ve tablalı şekilde tasarlanabilir.



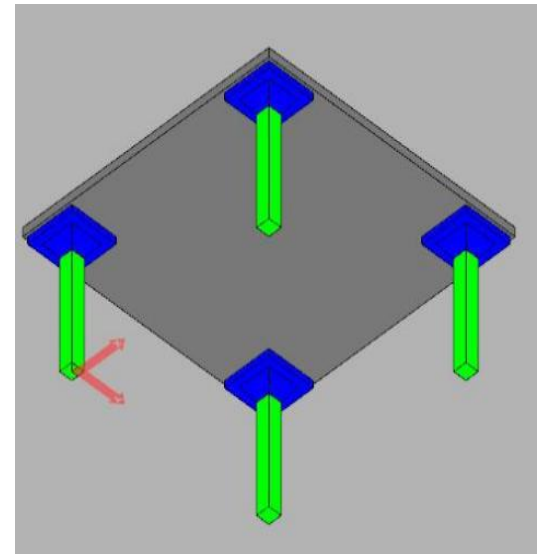
a) Tablasız ve başlıksız kirişsiz döşeme



b) Başlıklı kirişsiz döşeme



c) Tablalı kirişsiz döşeme



d) Başlıklı ve tablalı kirişsiz döşeme

Şekil 3.1. Başlıklı ve tablalı kirişsiz döşeme çeşitleri [23]

Başlık kullanılarak tasarlanan kirişsiz döşemelere mantar döşeme denilmektedir. Kirişsiz döşeme kalınlığı TS500 deki yaklaşık yöntemlerden biri kullanılıyorsa aşağıda verilen değerlerden az olamaz [24].

$$h \geq l_1/30 \text{ ve } 200 \text{ mm} \quad (3.1)$$

$$\text{Tablasız kirişsiz döşemelerde } h \geq l_n/30 \text{ ve } 180 \text{ mm} \quad (3.2)$$

$$\text{Tablalı kirişsiz döşemelerde } h \geq l_n/35 \text{ ve } 140 \text{ mm} \quad (3.3)$$

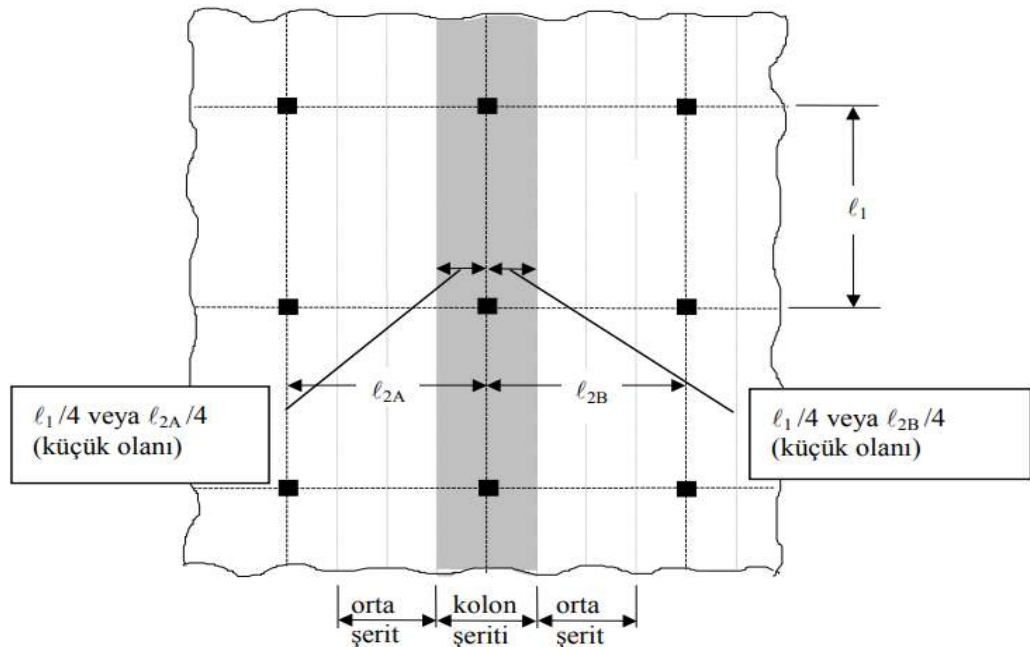
Burada;

h : Döşeme kalınlığı

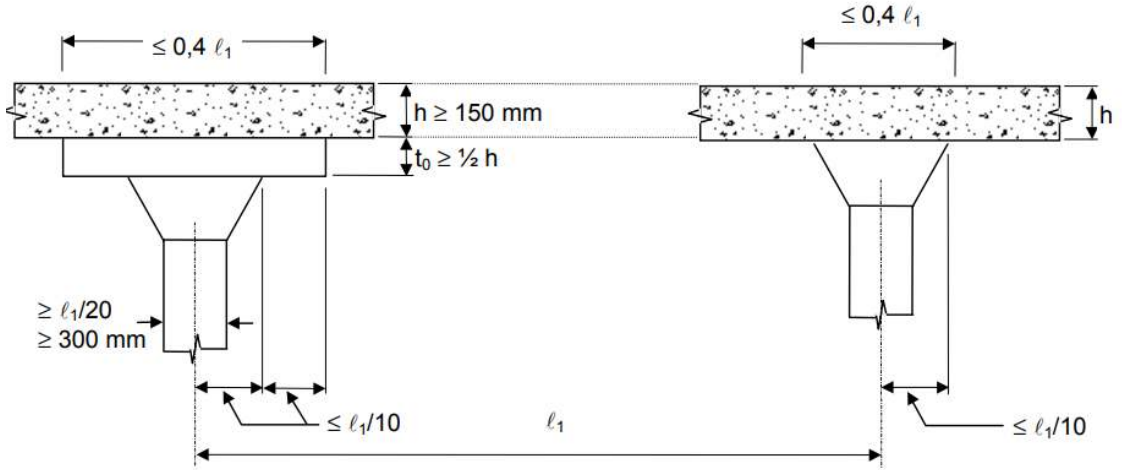
l_1 : Döşemenin uzun doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı

l_n : Döşemenin incelenen doğrultudaki serbest açıklığı

Kirişsiz döşemelerde etkili başlık boyutu için başlık olarak kolondan başlayan ve 45° eğimle tasarlanan kısım göz önüne alınmalıdır. Şekil 3.3'te gösterildiği gibi tablalı kirişsiz döşeme kullanıldığında tabla kalınlığı döşeme kalınlığının yarısından az olmamalıdır. Tablanın kolonun dört tarafındaki uzunluğu, o doğrultudaki döşeme açıklığının $1/6$ sından ve tabla kalınlığının 4 katından az olmamalıdır.



Şekil 3.2. Kirişsiz döşeme şerit bilgisi



Şekil 3.3. Kirişsiz döşemede tabla ve başlık boyutları

3.1.1. Kirişsiz döşemelerde zımbalama

Zımbalama kirişsiz döşeme sistemlerinde döşemenin kolon kenarından yırtılması olayıdır. Zımbalamaya kayma gerilmeleri yol açmaktadır, gevrek bir kırılmadır. Döşeme kalınlığının az olması, kolon kesitinin düşük olması zımbalama riskini artırır. Zımbalama hesabında çatlağın kolon yüzeyinden etkili döşeme yüksekliğinin yarısı olan ($d/2$) mesafede başladığı varsayılır [25]. Zımbalama hesabında zımbalama dayanımının tasarım zımbalama kuvvetine eşit veya daha büyük olduğu kanıtlanacaktır. Eğer bu durum sağlanmazsa Şekil 3.4’te olduğu gibi zımbalama olayı gerçekleşir.



Şekil 3.4. Kirişsiz döşemede zımbalama [26]

3.1.1.1. Tasarım zımbalama kuvvetinin hesabı (V_{pd})

Tasarım zımbalama kuvveti zımbalama çevresi ile sınırlanan plak bölümüne etkiyen ve plak düzlemine dik kuvvetlerin cebirsel toplamıdır. Öncelikle b_x ve b_y kolon boyutları olmak üzere $d/2$ mesafe uzaklıktaki zımbalama çevresi hesaplanarak bu bölge içinde kalan plak yüklerinin toplamı dikdörtgen ve dairesel kolon için (3.4) ve (3.5) bağıntısıyla hesaplanır (Şekil 3.5). Zımbalama çevrelerinin kolon yerine göre hesabı Şekil 3.6’da gösterilmiştir.

$$F_a = P_d \cdot (b_x + d) \cdot (b_y + d) \quad (\text{dikdörtgen kolon}) \quad (3.4)$$

$$F_a = P_d \cdot \pi \cdot (d_o + d)^2 / 4 \quad (\text{dairese kolon}) \quad (3.5)$$

Daha sonra tasarım eksenel yükü hesaplanır. Tasarım eksenel yükü zımbalama bölgesindeki kolona ait alt ve üst eksenel yük farkıdır.

$$F_d = N_2 - N_1 \quad (3.6)$$

Burada;

N_1 : Üstteki kolona ait eksenel yük

N_2 : Alttaki kolona ait eksenel yük

Eğer eksenel yükler bilinmiyorsa tasarım yükü döşeme yüküne ve döşemeden kolona yük aktarımında etkili olan alana bağlı olarak (3.7) bağıntısında hesaplanmıştır.

$$F_d = P_d \cdot A_k \quad (3.7)$$

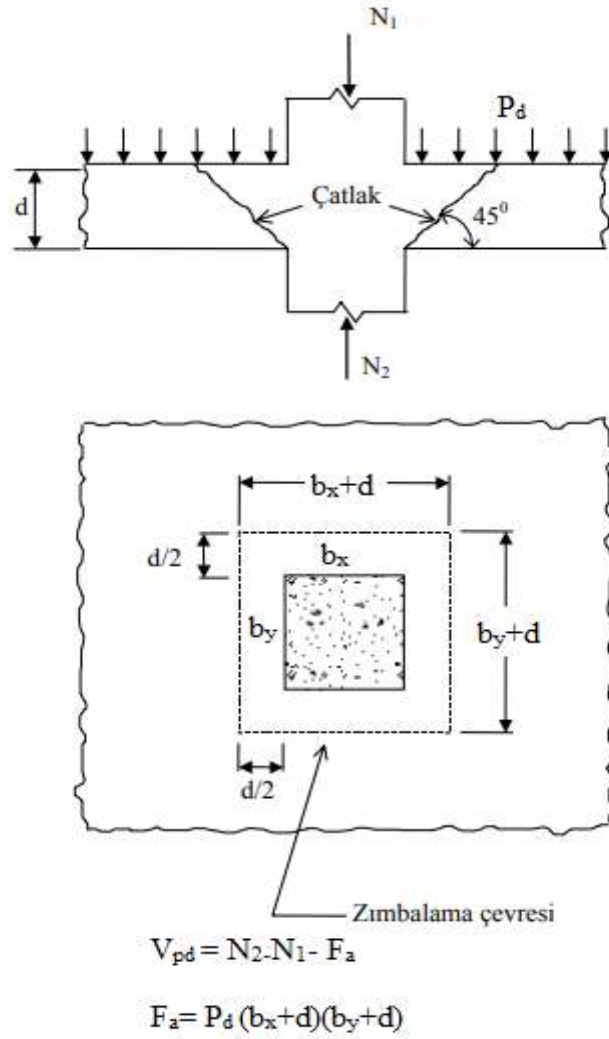
Burada;

A_k : Kolon çevresindeki döşeme açıklıklarının yarısı dikkate alınarak hesaplanan alan

P_d : Döşeme yükü

Zımbalama tasarım kuvveti V_{pd} , tasarım eksenel yükü ile zımbalama çevresi yüklerinin farkıyla hesaplanır.

$$V_{pd} = F_d - F_a \quad (3.8)$$



Şekil 3.5. Kirişsiz döşeme zımbalama çevresi ve tasarım zımbalama kuvveti

3.1.1.2. Zımbalama dayanımı hesabı (V_{pr})

Zımbalama dayanımı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_p \cdot d \quad (3.9)$$

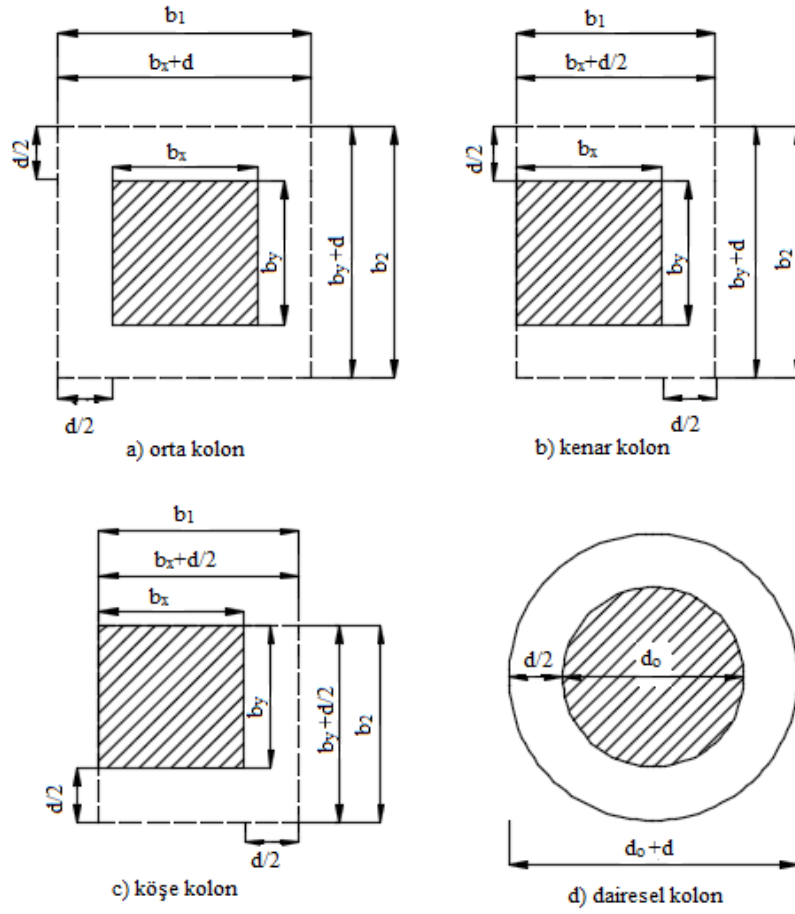
Burada;

γ = Eğilme etkisini yansıtan katsayı

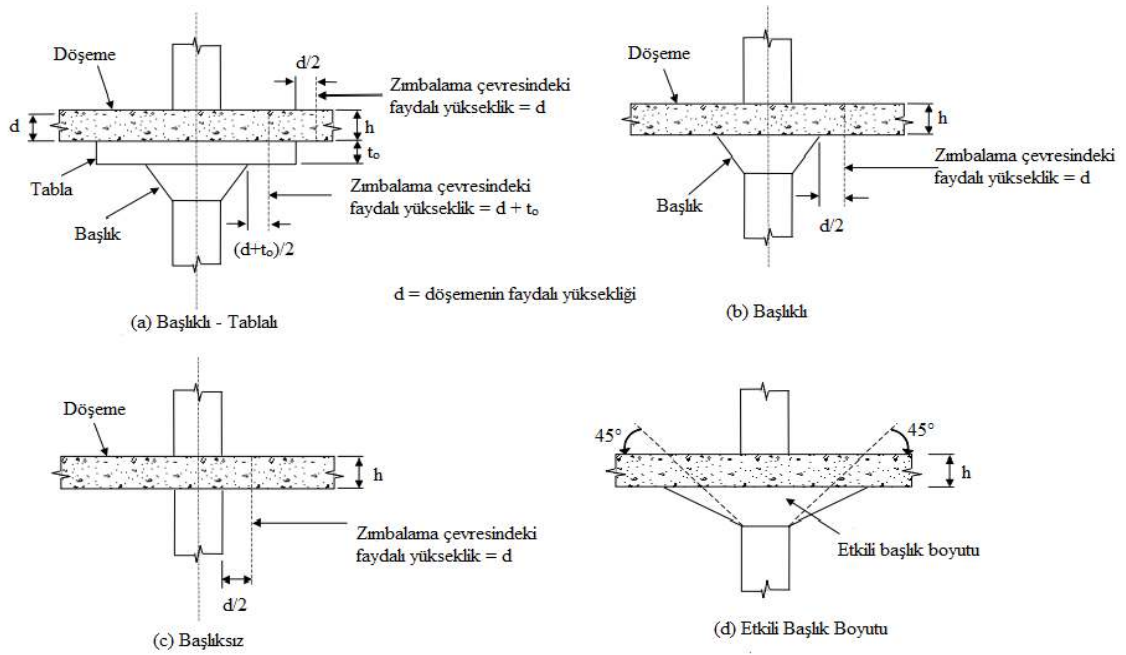
f_{ctd} = Beton tasarım eksenel çekme dayanımı

u_p = Zımbalama çevresi

d = Döşemedeki faydalı yükseklik (Şekil 3.7)

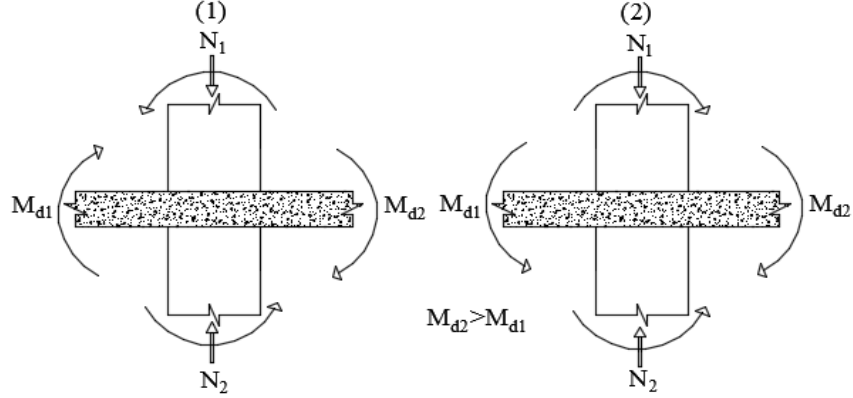


Şekil 3.6. Kolon yerine göre zımbalama çevresi



Şekil 3.7. Kirişsiz döşemelerde zımbalama çevresindeki faydalı yükseklik

Eğilme etkisini yansıtan katsayı olan γ 1'den büyük olamaz. Eksenel yükleme durumunda ise 1'e eşit alınmalıdır. Dışmerkezli yükleme durumunda hesaba katılacak dışmerkezlik yönlerine bağlı olarak Şekil 3.8 de gösterilmiş, (3.10) bağıntısıyla hesaplanmıştır. Dışmerkezlik 'e' harfiyle ifade edilmektedir.



Şekil 3.8. Moment yönlerine göre dışmerkezlik hesabı [27]

$$e = \frac{0.4(M_{d1} + M_{d2})}{N_2 - N_1} \quad (1) \quad , \quad e = \frac{0.4(M_{d1} - M_{d2})}{N_2 - N_1} \quad (2) \quad (3.10)$$

Dışmerkezli yükleme durumunda γ katsayısı (3.11) bağıntısıyla hesaplanacaktır.

$$\gamma = \frac{1}{1 + \eta \frac{e}{W_m} u_p d} \quad (3.11)$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{b_2}{b_1}}} \quad (b_2 \geq 0,7 b_1 \text{ olduğunda geçerlidir.}) \quad (3.12)$$

Eğer kolonlar ortada ise basit olarak dikdörtgen ve dairesel kolonlar için γ katsayısı (3.13) ve (3.14) bağıntısıyla hesaplanabilir.

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1.5 \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_2 b_1}}} \quad (\text{dikdörtgen kolon için}) \quad (3.13)$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + \frac{e}{d + d_0}} \quad (\text{dairesel kolon için}) \quad (3.14)$$

Kirişsiz döşemelerde döşeme kalınlığı artırılarak da zımbalama dayanımı sağlanabilir. Ancak bu durumda yapı ağırlığı artacağından ardgermeli veya boşluklu kirişsiz döşemeler kullanılması daha avantajlı olabilir.

3.2. Ardgermeli Sistemler

Ardgerme betonun çekmeye karşı zayıflığını önlemek için yapılan gerilme işlemidir. Beton dökümünden önce kalıp içinde uygun yerlere kılıflar yerleştirilir (Şekil 3.9). Bu kılıfların içerisinde çelik halatlar veya çelik çubuklar mevcuttur. Kullanılan halatlardaki kopma gerilmesi 1860 Mpa, çubuklardaki 1230 Mpa dır. Genellikle 1/2, 0.6, 5/8 inç çapındaki halatlar kullanılmaktadır. Bir kılıfta 4, 7, 12, 19, 27, 37 ve 55 adet halat kullanılır [28].



Şekil 3.9. Ardgerme kılıfları

Döşemede donatıların arasına yerleştirilen halatların bir ucu beton dökümü sırasında kopmanın engellenmesi için Şekil 3.10 olduğu gibi kör ankraj yardımıyla kilitlenir, diğer ucu gerilme işlemi yapılabilmesi için kalıbın dışına uzatılır.

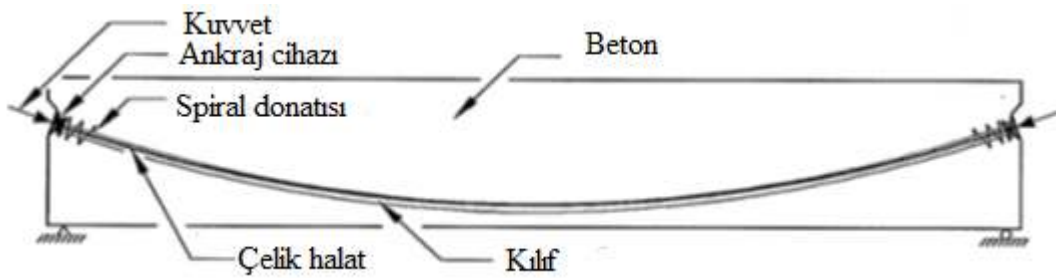


Şekil 3.10. Kör ankraj ile halatların kilitlenmesi

Ardgerme işlemi uygulanmadan önce ucu dışarda olan kısmına betonun patlamaması için spiral donatı konulur ardından beton dökümü yapılır. Beton %75 mukavemetini aldığı zaman hidrolik krikolarla gerilme işlemi yapılır (Şekil 3.11). Gerilme işleminden sonra dışarda kalan çelik halatlar kesilir ve betonla kapatılır. Gerilme işlemi sırasında ve sonrasında sünme, büzülme, ankraj oturması, betonun ani deformasyonu ve sürtünme kayıpları meydana gelir. Sistem bu kayıplardan sonra kalan kuvvet altında hesaplanır.



Şekil 3.11. Ardgerme yapılacak halatlar



Şekil 3.12. Ardgerme uygulaması

Ardgerme uygulamasıyla daha büyük açıklıklar geçilebilir, yapı kütlesi azalır, betonun çatlaması engellenir, uzun süreli sehimler önlenir, daha az betonarme malzeme kullanılır, yapının tamamlanma süresi kısalmaktadır. Ardgerme uygulaması yüksek katlı konutlarda, otellerde, alışveriş merkezlerinde, hastanelerde ve köprülerde

kullanılmaktadır. Ardgerme sisteminde yüksek dayanımlı beton kullanılması daha faydalı olur. Ardgerme sistemlerde kullanım yükleri altında izin verilen gerimeler basınç durumunda;

$$0,40 \times f_{ck} \quad (\text{köprüler için}) \quad (3.15)$$

$$0,45 \times f_{ck} \quad (\text{diğer yapılar için}) \quad (3.16)$$

Çekme durumunda;

$$0,5 \times \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{çekme bölgesinde ek donatı kullanılmazsa}) \quad (3.17)$$

$$1 \times \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{çekme bölgesinde ek donatı kullanılırsa}) \quad (3.18)$$

olarak kullanılmalıdır.

3.2.1. Ardgermeli sistemlerde zımbalama

Noktasal yükler veya kolonların uyguladığı F_d yükü ile yüklenen döşemelerin zımbalama dayanımı F_{res} bulunmalı ve $F_{res} \geq F_d$ olduğu kanıtlanmalıdır [29]. Yükleme alanı çevresinden $d/2$ uzaklıkta hesaplanan zımbalama dayanımı (3.19) bağıntısıyla gösterilmiştir.

$$F_{res} = \alpha \cdot u \cdot h \cdot f_{ctd} \quad (3.19)$$

Burada;

α = Zımbalamada katsayı

u = Çevre boyutu

h = Kesit toplam derinliği

f_{ctd} = Betonun hesap çekme dayanımı

α katsayısı çeşitli durumlara göre farklı şekilde hesaplanır. Bu durumlar (3.20), (3.21), (3.22) bağıntılarıyla gösterilmiştir.

$$\alpha = 1 \quad (\text{noktasal veya eksenel yüklü iç kolonlar için}) \quad (3.20)$$

$$\alpha = 0,5 \quad (\text{kenar ve köşe kolonlar için}) \quad (3.21)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2e}{h+a}} \quad (\text{iç kolonlar için}) \quad (3.22)$$

Uygun kayma donatısı kullanılarak zımbalama dayanımı 1,5 katına kadar artırılabilir. Ancak döşeme kalınlığı 25 cm den fazla olması gerekir.

3.3. Boşluklu Kirişsiz Döşeme Sistemleri

Tasarlanan binalarda genellikle iki problem ön plana çıkmaktadır biri açıklık diğeri ağırlıktır. Bu iki problemi boşluklu kirişsiz döşeme sistemi ile yok edebiliriz. Uygulamada döşeme plaklarının içerisinde boşluklar oluşturularak hafifletilmesi yolu ile daha kalın plaklar oluşturulabilmekte hem ağırlık azaltılması sağlanırken hem de döşeme rijitliği artırılabilir. Bu tip döşeme sistemlerine boşluklu kirişsiz döşeme sistemleri denilmektedir. Boşluklu kirişsiz sistemlerin son yıllarda kullanımı da artmaktadır. Boşluklu kirişsiz sistemler ticari ve endüstriyel binalarda, çok katlı otoparklarda ve kamu binalarında(okullar, üniversiteler, hastaneler vb) kullanılmaktadır. Çeşitli firmalar tarafından daire, kare ve elips şeklinde boşluklu kör kalıplar üretilmektedir ve Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



a) Elips şeklinde kör kalıp [30]

b) Daire şeklinde kör kalıp [31]



c) Kare şeklinde kör kalıp [32]

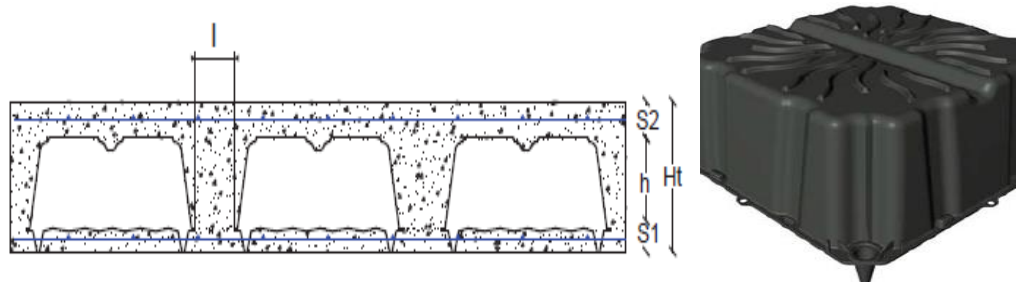
Şekil 3.13. Kör kalıp şekilleri

3.3.1. K r kalıplarının kullanım avantajları

K r kalıp sistemleri kullanılarak yapı ağırlığı azaltılır ve daha büyük açıklıklar geçilebilir. Daha az yapı malzemesi kullanılarak maliyetler azalır. Ayrıca aynı ağırlık karşılığında daha rijit plaklar oluşmakta ve daha az sehim ve titreşim problemleri oluşmaktadır. Faydalı yük/zati yük oranının artması ve bu sebeple daha verimli taşıyıcı sistem elde edilmesi sağlanır. Büyük açıklıklı kiriş ve plaklarda, uzun ve narin konsollarda,  n-gerilmeli veya ard-gerilmeli kiriş ve plaklarda, düşey yük gerilmeleri ile zorlanan narin kolonlarda, azalan zati yük sebebiyle betonun zamana bağlı şekil değiştirmelerinde (s nme) azalma sağlanır. Azalan toplam kat taşıyıcı sistem kalınlığı sebebiyle yapı yüksekliği azalması, aynı yüksekliğe daha fazla satılabilir-kiralanabilir alan oluşturulabilir. İskele ve kalıp sistemleri basit ve hızlı kurulup kaldırılabilir. Benzeri açıklıklarda kullanılan sistemlere göre (kaset, dişli döşeme vb.) demir işçiliğinin ciddi biçimde kolaylaşması ve azalması, süre tasarrufu sağlanır. Daha az yapı malzemesi kullanılır. Tesisat sistemleri için daha az karmaşık çözümlerin oluşmasını sağlayan düz tavan yapılır. Bina ısıtma-soğutmasında daha verimli enerji kullanımı sağlanır.

3.3.2. K r kalıplarının kurulumu

Plastik k r kalıp sistemleri geri dönüşüm özelliğine sahip polipropilen malzemesi ile üretilmektedir. 52x52 cm taban ebatlarına sahip olan bu k r kalıplar tek olarak kullanılmak istendiğinde proje ihtiyacına göre 10cm-28cm arasında değişen yüksekliklerde üretilmektedir. Hem tek hem de çift konfigürasyonlu kullanmalarda alt plağın kalınlığını belirleyen entegre ayaklar 0-100 mm'ye kadar değişen yüksekliklerde üretilmektedir. Bu k r kalıp sistemleri yüksekliklerine göre adlandırılmaktadırlar. Tek kalıp sistemleri H13-H16-H20-H24-H28 (şekil 3.14) ve çift kalıp sistemleri H32-H36-H40-H44-H48-H52 ve H56 dir. K r kalıplar daire, elips, küre veya k p şekilde üretilmektedir.



şekil 3.14. K r kalıp görünümü

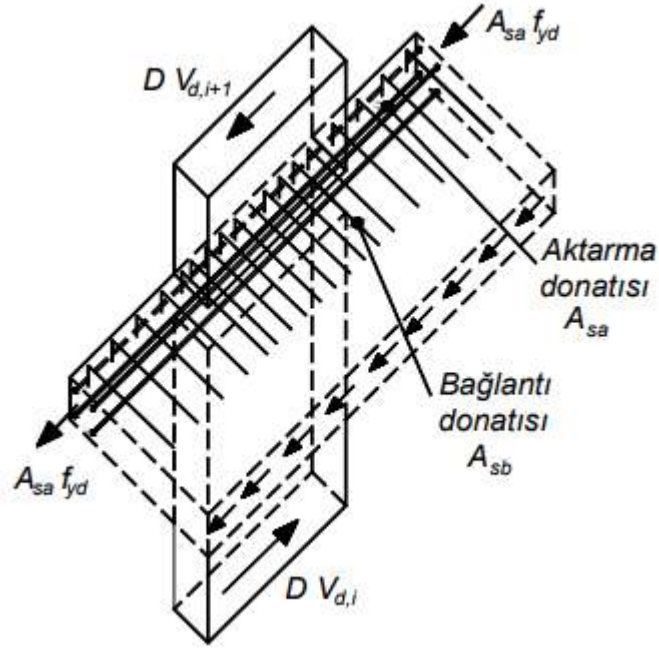
Normal inşaat aşamasında döşeme kalıbı hazırlanır ve pas payı bırakılmış hasır çelik (alt donatının iki yönde de dağıtılması) serilir. Sonra kör kalıplar, basit bir şekilde döşeme kalıbı yüzeyine yerleştirilir. Kirişsiz döşemelerde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi, kolonlarda zımbalama güvenliğinin sağlanmasıdır. Bu bölgelerde göçme olmaması için, kolonlardan güvenli mesafeye kadar döşemeler dolu kesit olmalıdır. Gerekli görülmesi halinde bu bölgelerde kesit artışı ya da özel donatı çeliği kullanılabilir. Kör kalıpların kolonlardan ve kenarlardan belli bir mesafede kurulumu tamamlandıktan sonra kesme ve eğilme donatısı da dahil olmak üzere tüm gerekli donatı yerleşimi tamamlanır. Alt kenarlarını kapatacak şekilde alt plakadan beton dökümüne başlanır. Bu beton katmanı, konik ayakları ve kalıpların dış kenarını örtmelidir. Birinci döküm aşaması tamamlanıp beton kısmen dayanım kazandıktan sonra geri kalan boşluk beton ile doldurularak plağın dökülmesi tamamlanır, projeye uygun şekilde hem nervürleri hem de üst plak betonunu dökülerek işlem tamamlanır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Kör kalıp dizilimi ve beton dökümü

3.3.3. Deprem yüklerinin döşemelerden perdelerle aktarılması

2019 yılının ocak ayında Türkiye de yürürlüğe girecek olan deprem yönetmeliğine göre kirişsiz döşemeli binalarda deprem yüklerinin döşemelerden düşey taşıyıcı olan perdelerle aktarımının hesaplarla gösterilmesi gerekmektedir. Buna göre iki kat arasındaki perde kesme kuvveti farkı dayanım fazlalığı katsayısı göz önüne alınarak hesaplanacaktır. Buna göre eğilme dayanımı için gerekli olan donatılar hariç döşemeden gelen eksenel çekme dayanımı toplamı olan $2A_{sa}f_{yd}$, kesme sürtünmesi dayanımı olan $\mu A_{sb}f_{yd}$ toplamından büyük olmamalıdır. μ katsayısı 1 den küçük olmalıdır. Kullanılan aktarma donatısında perde boyunca azaltma yapılmayacak ve bağlantı donatısının da perde ve döşeme içine iyice kenetlenmesi sağlanacaktır. Şekil 3.16 da görüldüğü üzere burada A_{sa} aktarma donatısı A_{sb} bağlantı donatısıdır.



Şekil 3.16. Döşeme yüklerinin perdelerle aktarılması [33]

3.3.4. Deprem yönetmeliğine göre zımbalama

Türkiye de 2019 yılının ocak ayında yürürlüğe girecek olan yeni deprem yönetmeliğine göre kirişsiz döşemelerde zımbalama kontrolü sonlu eleman modeli çözümünden elde edilen ve dayanım fazlalığı katsayısı D ile büyütülmüş deprem etkileri altında oluşan düşey kayma gerilmeleriyle hesaplanabilir [34].

Kirişsiz plak sistemlerde eğilme momentinin $1-\gamma_f$ katsayısı ile çarpılmasından elde edilen kayma gerilmelerinden zımbalama çevresi boyunca elde edilen maksimum kayma gerilmesi tasarım zımbalama kuvveti olarak zımbalama kontrolünde kullanılmalıdır.

$$\gamma_f = \frac{1}{1+(2/3)\sqrt{b_1/b_2}} \quad (\text{dikdörtgen kolon için}) \quad (3.23)$$

$$\gamma_f = 0,60 \quad (\text{dairesel kolon için}) \quad (3.24)$$

$$\tau_{pd} = \frac{v_{pd}}{d} \leq f_{ctd} \quad (3.25)$$

Burada;

v_{pd} = hesaplanan kesme kuvveti

τ_{pd} = tasarım zımbalama kuvveti

d = etkili yükseklik

Zımbalama dayanımı çiroz, sehpa donatısı, kayma kaması, kapalı etriye ve kayma kaması rayları kullanılarak (3.26), (3.27), (3.28) ve (3.29) nolu denklemlerle gösterilmiştir.

$$\tau_{pr} = 0,5f_{ctd} + \rho f_{yd} \leq 1,5f_{ctd} \quad (\text{çiroz ve sehpa donatısı kullanıldığında}) \quad (3.26)$$

$$\tau_{pr} = 0,75f_{ctd} + \rho f_{yd} \leq 1,75f_{ctd} \quad (\text{kayma kaması kullanıldığında}) \quad (3.27)$$

$$\tau_{pr} = 0,5f_{ctd} + A_{wp} f_{yd} / (u_p s) \leq 1,5f_{ctd} \quad (\text{kapalı etriye kullanıldığında}) \quad (3.28)$$

$$\tau_{pr} = 0,75f_{ctd} + A_{wp} f_{yd} / (u_p s) \leq 1,75f_{ctd} \quad (\text{kayma kaması rayları kullanıldığında}) \quad (3.29)$$

Burada;

τ_{pr} = zımbalama dayanımı

A_{wp} = zımbalama donatılarının kesit alanı

s = enine donatı aralığı

u_p = zımbalama çevresi

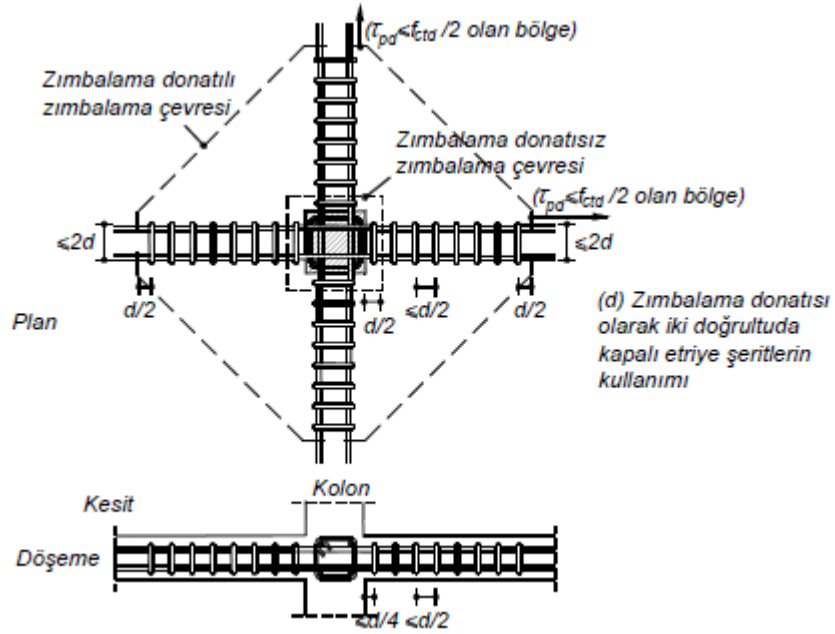
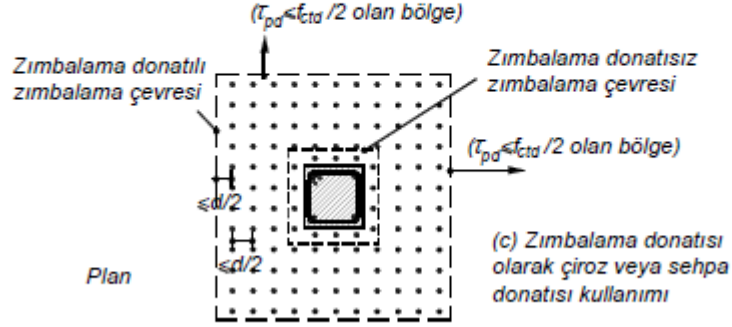
f_{yd} = boyuna donatının tasarım akma dayanımı

f_{ctd} = betonun tasarım çekme dayanımı

Zımbalama donatıları kolon yüzeyinden en fazla $d/4$ mesafede başlayacak ve donatılar arasındaki mesafe $d/2$ 'yi geçmeyecektir. Etriye kolları ve kayma kamaları arasında kolon yüzeyine paralel doğrultudaki mesafe $2d$ 'yi geçmeyecektir (Şekil 3.17).



(a) Döşemede ve plak temelde çiroz ve sehpa şeklindeki zımbalama donatısı (b) Döşemede ve plak temelde kayma kamaları şeklinde zımbalama donatısı



Şekil 3.17. Zımbalama donatılarının yerleşimi [35]

4. DÖŞEME SİSTEMLERİ İÇİN PARAMETRİK ÇALIŞMA

İki doğrultu çalışan boşluklu kör kalıp sistemleri kullanılarak uygulanmakta olan diğer döşeme sistemleri (kirişli, kaset, dişli, mantar) ile yürürlükte olan yönetmelikler kapsamında bir değerlendirme yapılmış ve idacad sayısal analiz programı kullanılarak farklı döşeme sistemleri için beton, donatı, kalıp ve maliyet analizleri yapılmıştır [36]. Bu tasarımda kullanılan parametreler taşıyıcı sistem tipi, hareketli yük, geometri ve döşeme sürekliliğidir.

Çizelge 4.1. Seçilen boşluklu döşeme parametreleri

Boşluksuz Sistem		Boşluklu Sistem		
		x=	52 cm	
		y=	16 cm	
		tg=	15 cm	
		ta=	7 cm	
		tu=	7 cm	
b=	67 cm	b=	67 cm	
d=	30 cm	d=	30 cm	d* = 28,77 cm
v=	134670 cm ³	v=	91406 cm ³	
I=	150750 cm ⁴	I=	133000,7 cm ⁴	
A=	2010 cm ²	A=	1178 cm ²	
I1/m=	225000 cm ⁴	I1/m=	198508 cm ⁴	kI1/m= 0,8823
A1/m=	3000 cm ²	A1/m=	1758 cm ²	kA1/m= 0,5861
v1/m=	30 cm	v1/m=	20,36222 cm	kv1/m= 0,6787

x:	kör kalıp modülü genişliği	y:	kör kalıp modülü yüksekliği
tg:	diş gövde kalınlığı	ta:	alt tabla derinliği
tu:	üst tabla derinliği	d:	modül yüksekliği
b:	modül genişliği		
d*:	atalet momenti açısından eşdeğer boşluksuz döşeme yüksekliği		
v:	modülün tam dolu beton hacmi		
I:	modül atalet momenti		
I1/m:	birim boyda atalet momenti		
kI1/m:	birim boyda atalet momenti için düzeltme katsayısı		
A:	modül beton kesit alanı		
A1/m:	birim boyda beton kesit alanı		
kA1/m:	birim boyda efektif beton kesit alanı için düzeltme katsayısı		
v1/m:	birim boyda beton hacmi		
kv1/m:	birim boyda hacim için düzeltme katsayısı		

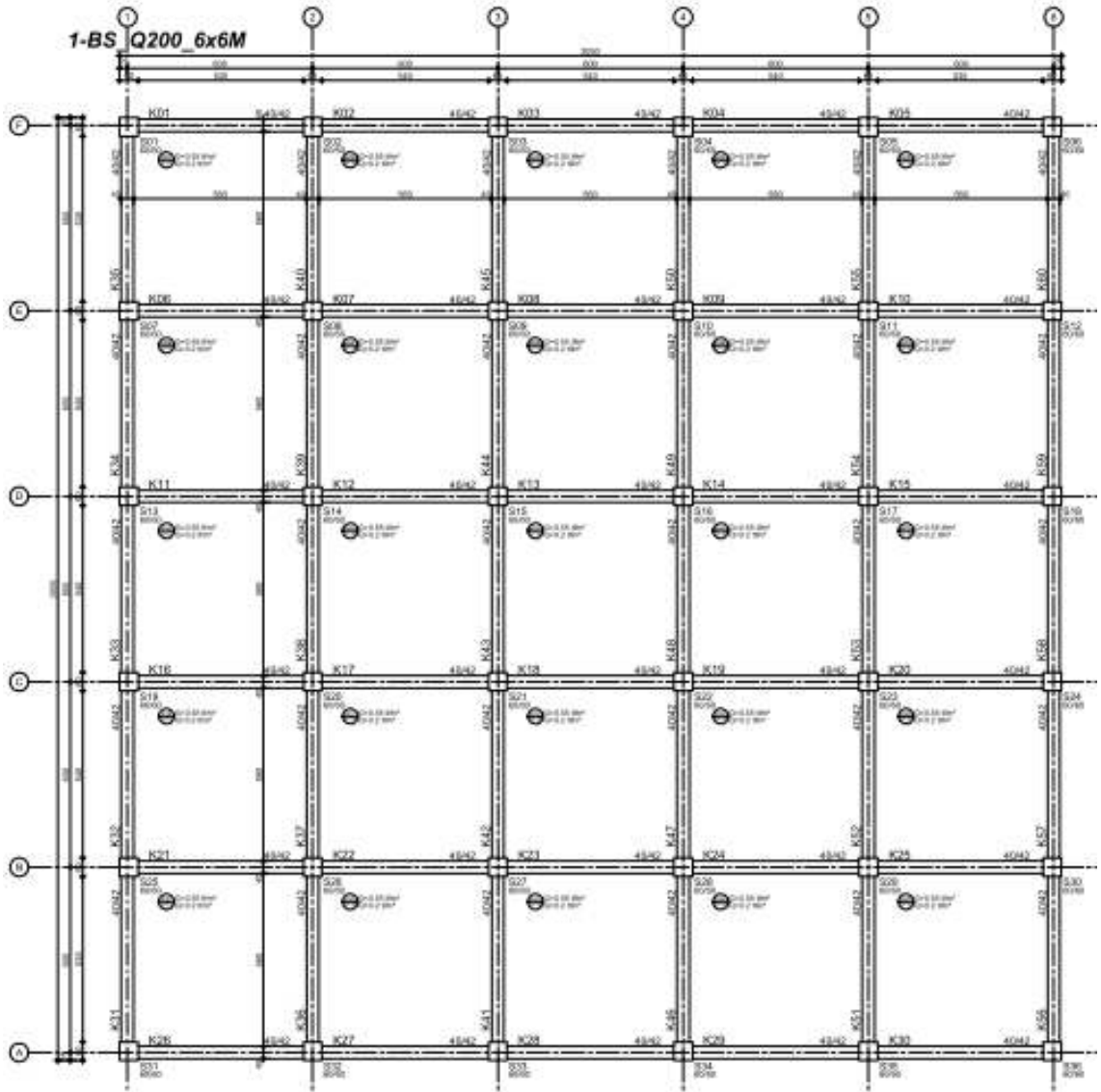
4.1. Taşıyıcı Sistem Tipi

Bu çalışmada kirişli döşeme, mantar döşeme, kaset döşeme, dişli (nervürlü) döşeme, boşluklu kirişsiz döşeme ve boşluklu dişli döşeme kullanılmıştır.

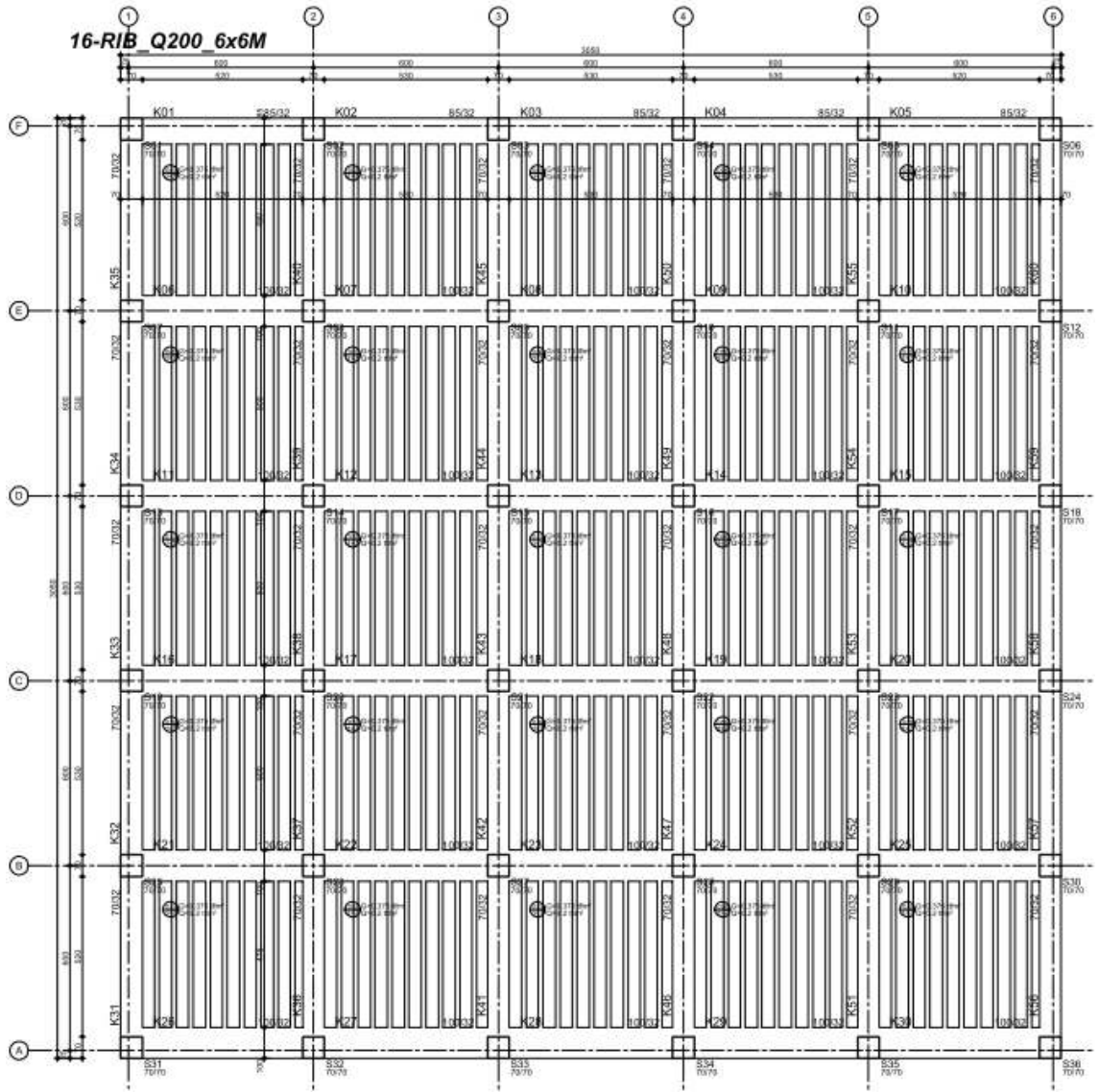
Çizelge 4.2. *Taşıyıcı sistem tipi*

GÖSTERİM	TAŞIYICI SİSTEM TİPİ
BS	Kiriş Plak Sistem.(Beam Slab)
RIB	Bir Doğrultuda Dişli (Nervürlü) Döşeme (Ribbed Slab)
WFF	İki Doğrultuda Dişli (Kaset) Döşeme (Waffle Slab)
FLT	Başlıksız Kirişsiz Döşeme (Flat Slab)
MSH	Başlıklı Kirişsiz (Mantar) Döşeme (Mushroom Slab)
BŞLK1	Boşluklu Kirişsiz Döşeme
BŞLK2	Boşluklu Dişli Döşeme

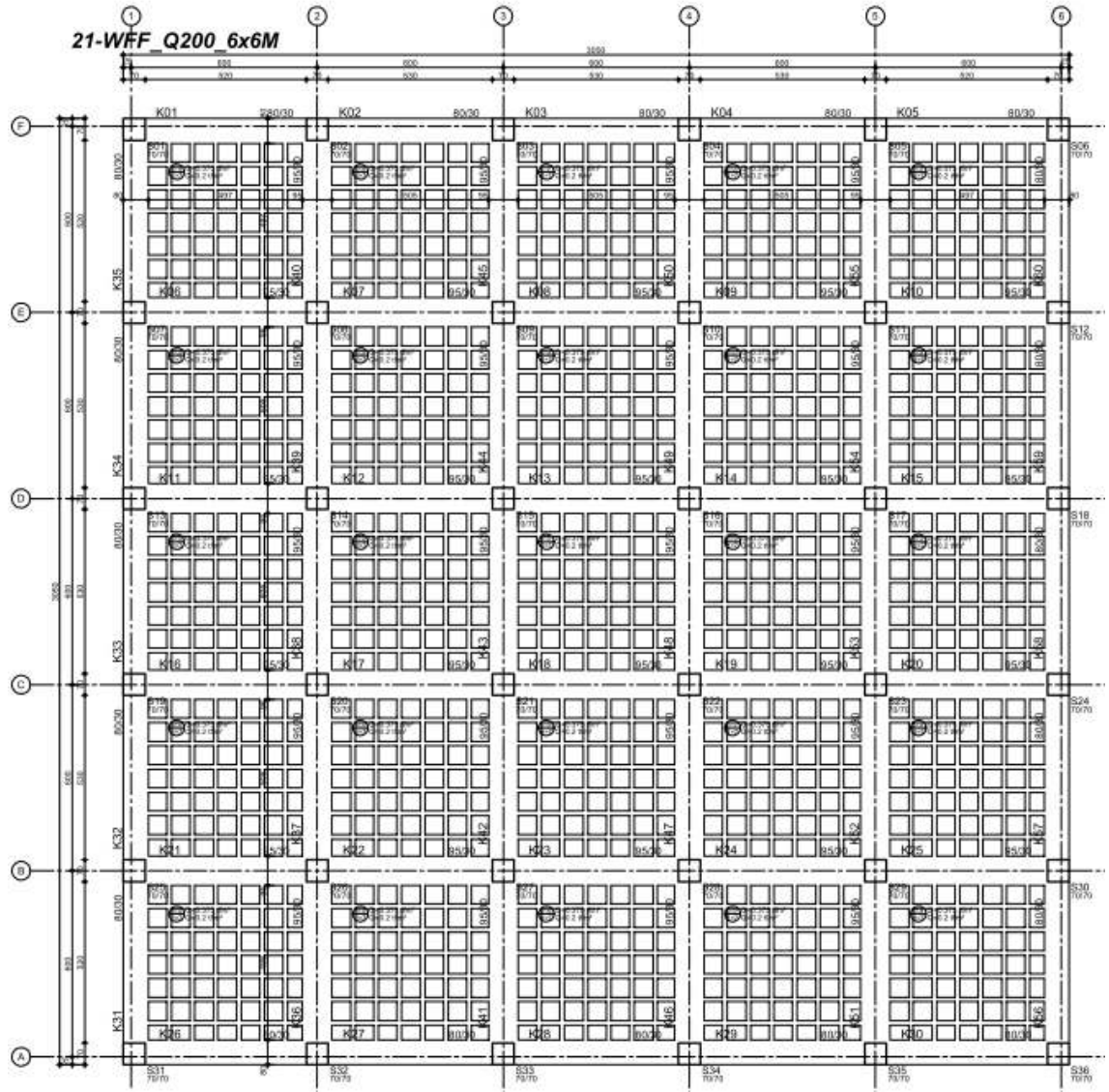
Taşıyıcı sistem tiplerinin 6mx6m geometrik tiplerinin kalıp planları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Kullanılan döşeme kalınlıkları, kolon ve kiriş ölçüleri her kalıp planı için kendi içinde değişken özelliklere sahiptir.



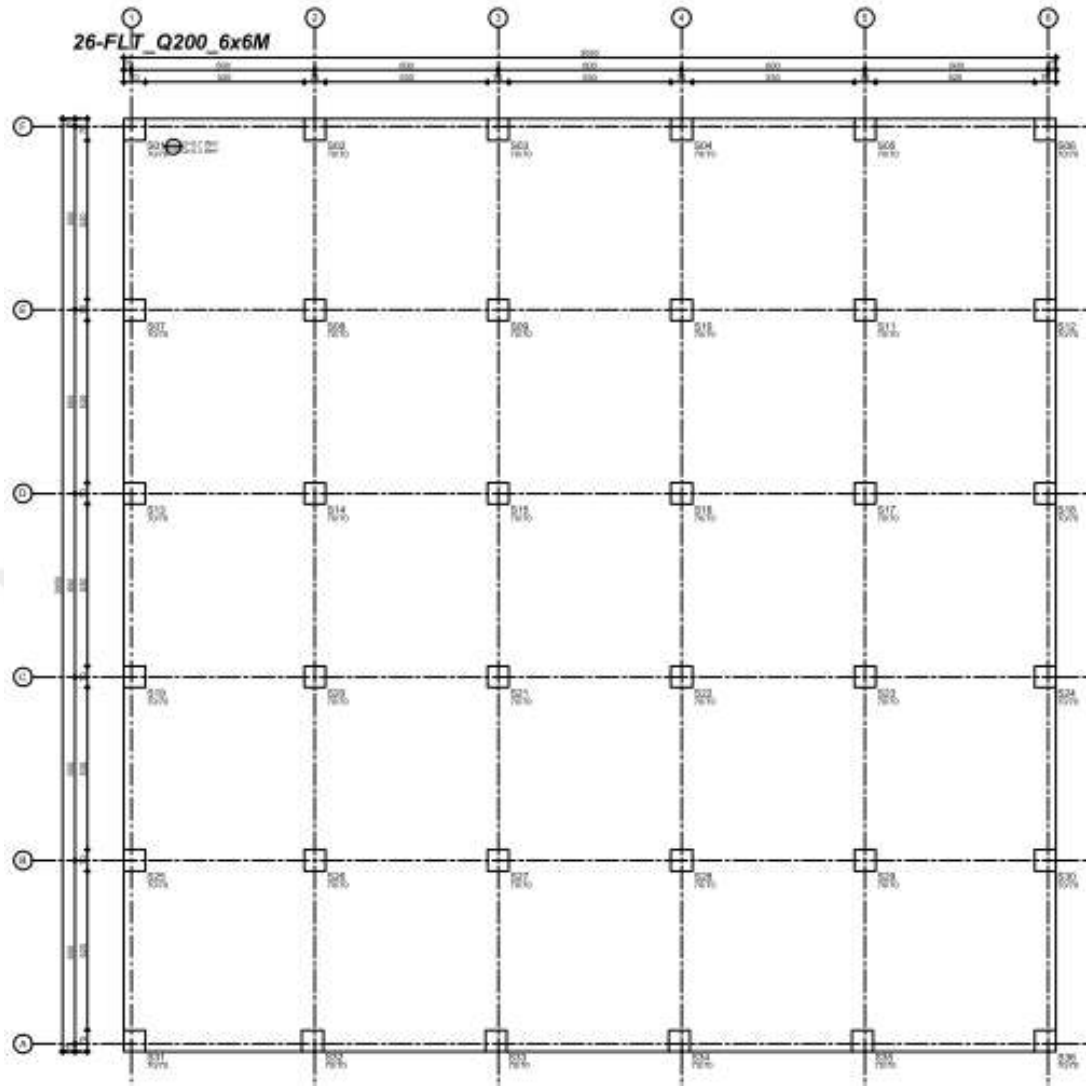
Şekil 4.1. Kirişli plak sistem kalıp planı



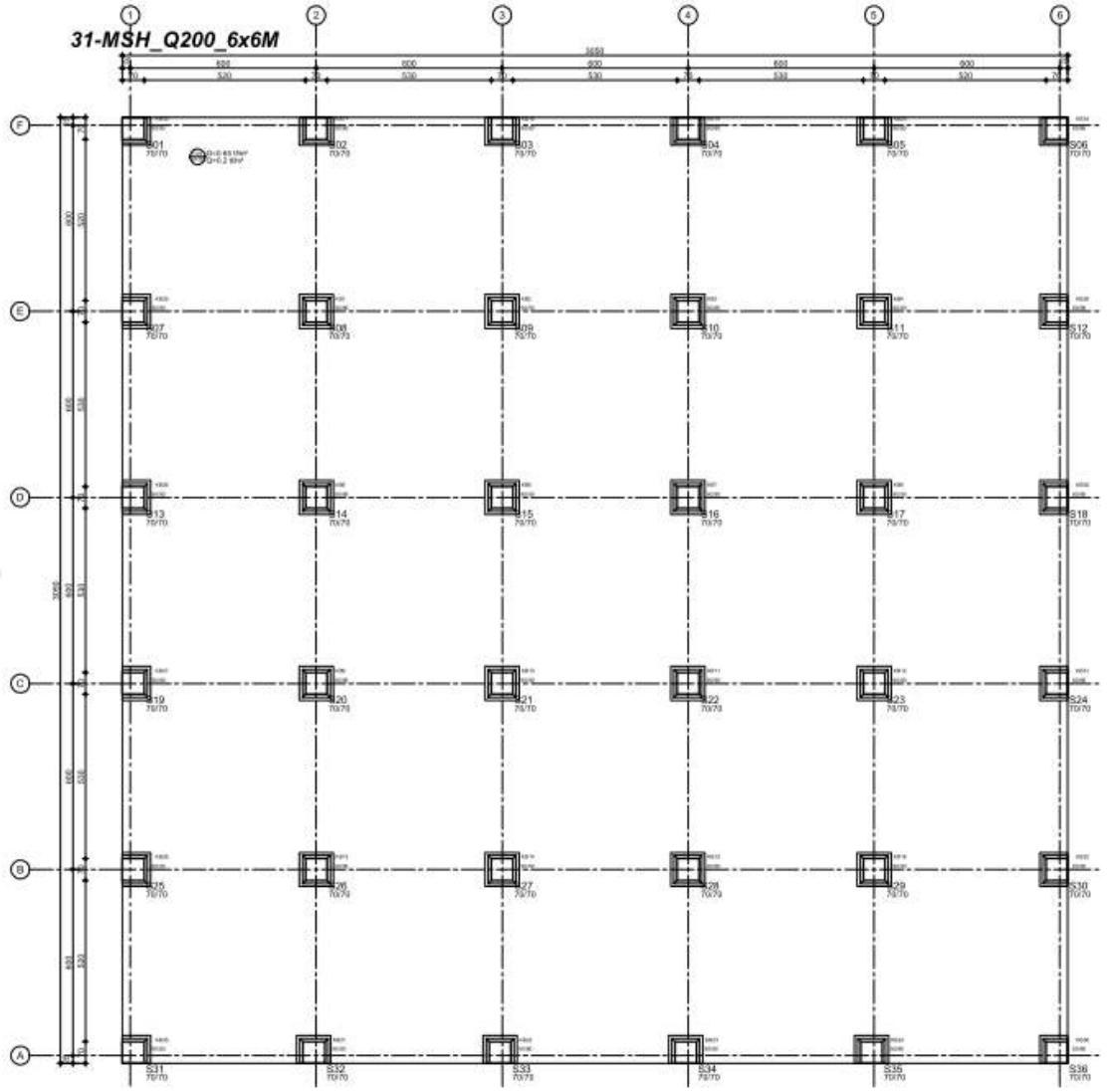
Şekil 4.2. Bir doğrultuda dişli döşeme kalıp planı



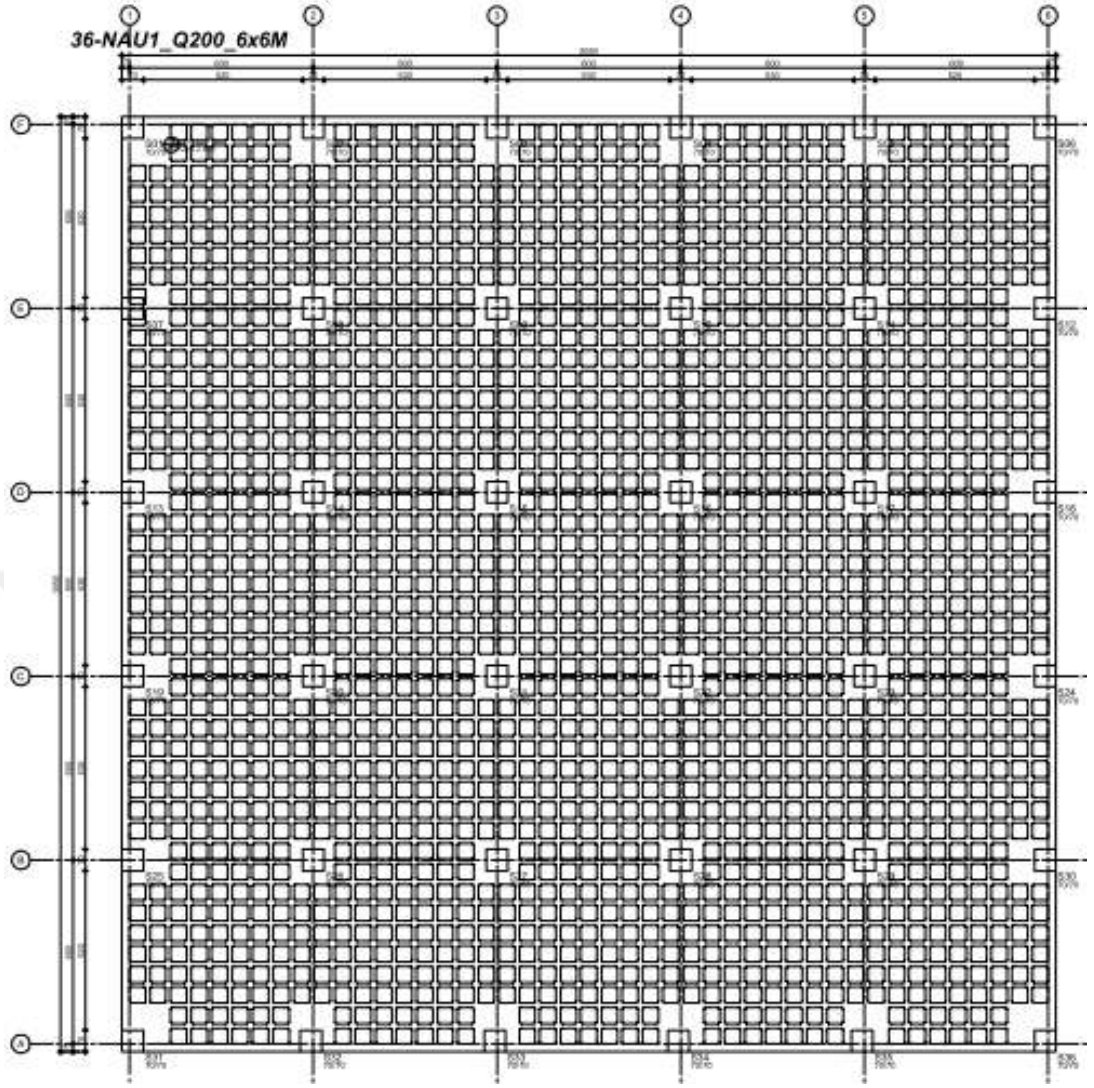
Şekil 4.3. İki doğrultuda dişli döşeme kalıp planı (kaset döşeme)



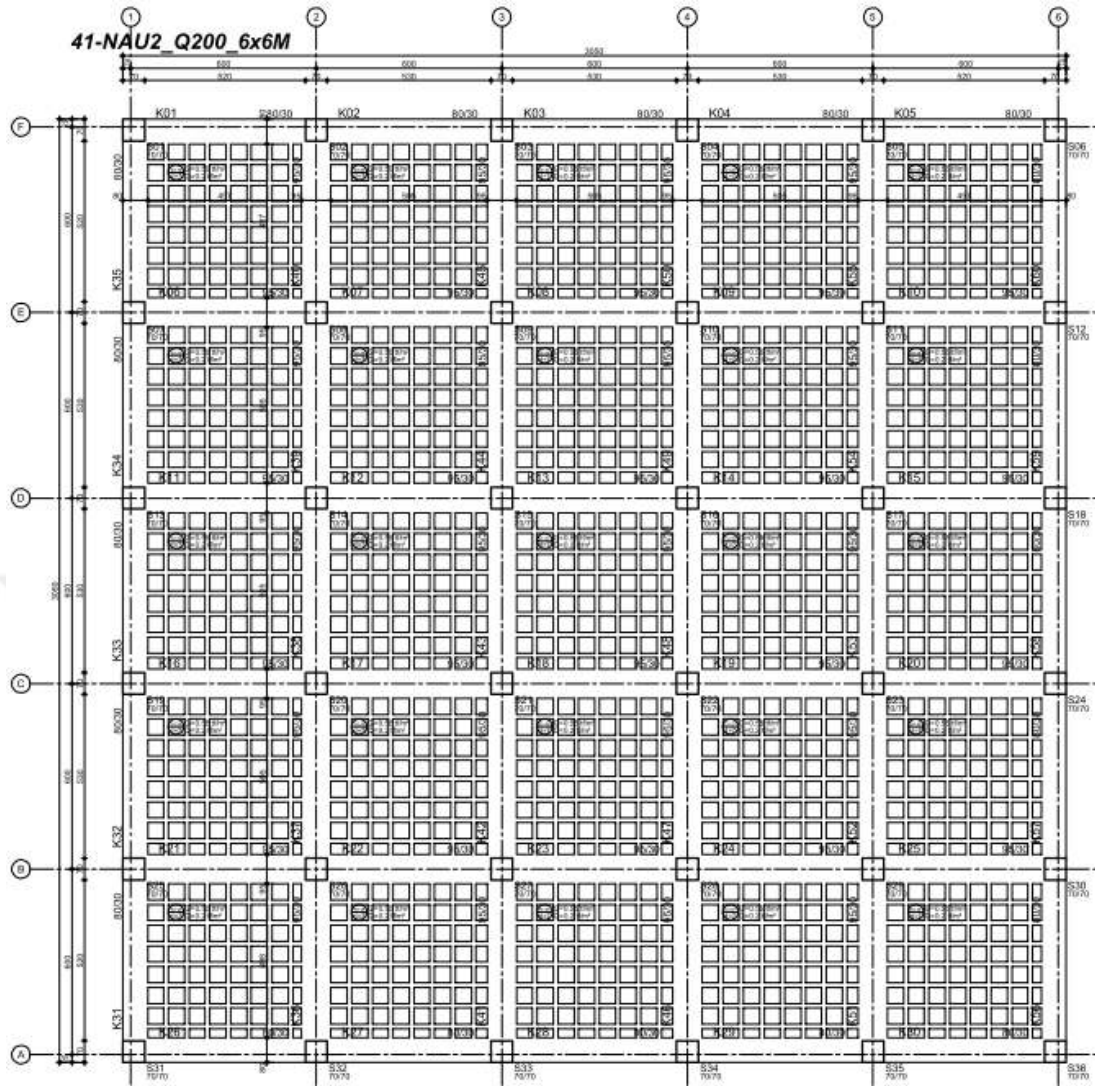
Şekil 4.4. Başlıksız kirişsiz döşeme kalıp planı



Şekil 4.5. Başlıklı kirişsiz döşeme kalıp planı (mantar döşeme)



Şekil 4.6. Boşluklu kirişsiz döşeme kalıp planı



4.2. Hareketli Yük Tipleri

TS 498 yönetmeliklerindeki kullanım amacına göre sınıflandırılan düzgün yayılı hareketli yük değerleri Çizelge 4.3 de gösterilmiştir. Tüm tiplerde döşeme kaplaması için zati yük olarak 0,200 t/m² yük kabul edilmiştir.

Çizelge 4.3. Hareketli yük tipleri [37]

KISALTMA	Hareketli Yük Değeri	Hareketli Yük Tanımı
Q200	q=0,200 t/m ²	Konutlar, Ofisler
Q350	q=0,350 t/m ²	Okullar
Q500	q=0,500 t/m ²	Otoparklar, Mağazalar vs.
Q750	q=0,750 t/m ²	Tribünler
Q1000	q=1,000 t/m ²	Depolama Bölgesi İçeren Mağazalar

4.3. Geometri ve Döşeme Sürekliliği

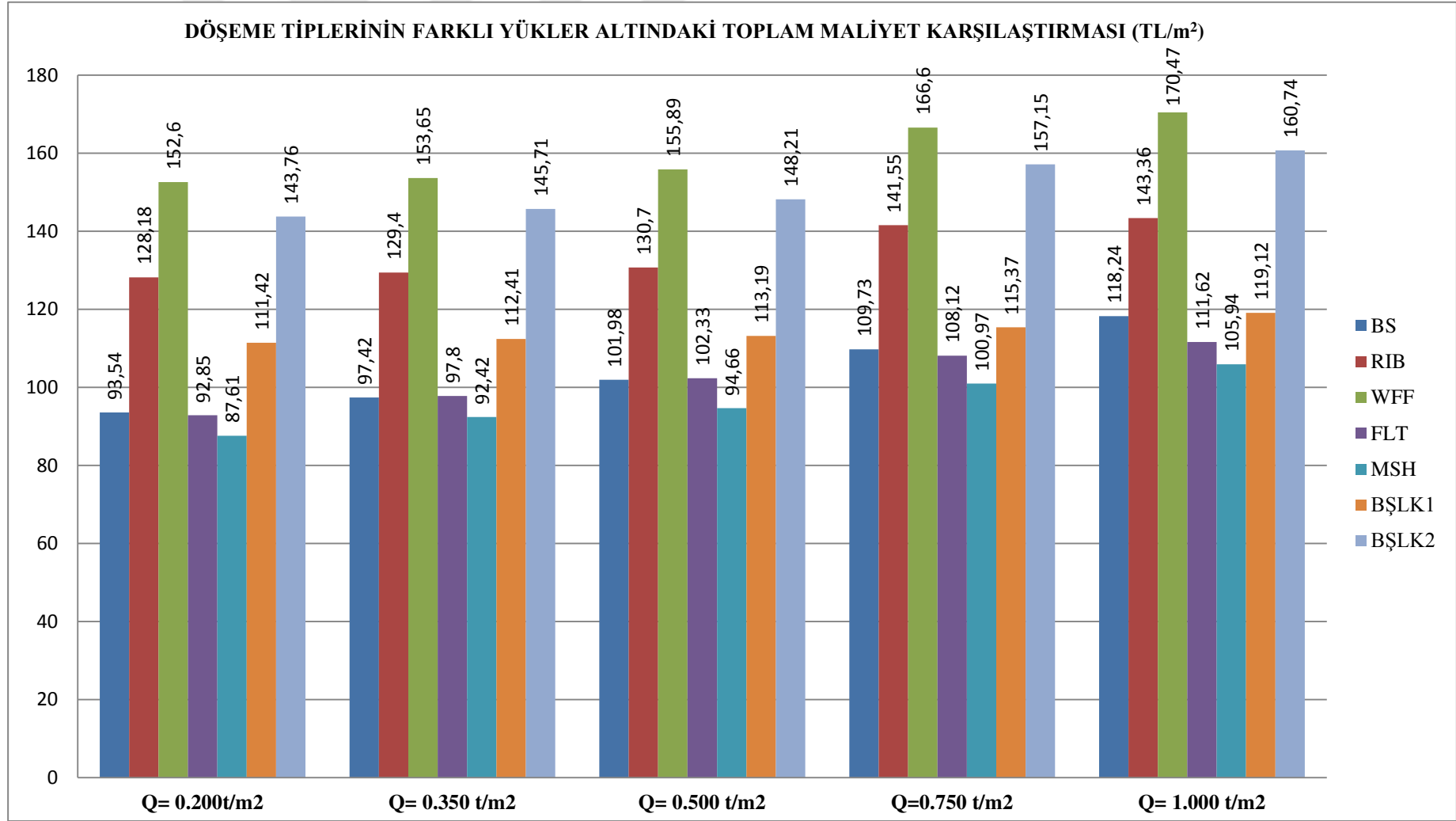
Uygulamada kullanılan açıklık ve döşeme sürekliliği Çizelge 4.4 te gösterilmiştir. S harfi tek açıklığı M harfi her iki yönde beş açıklığı ifade etmektedir.

Çizelge 4.4. Geometri ve döşeme sürekliliği

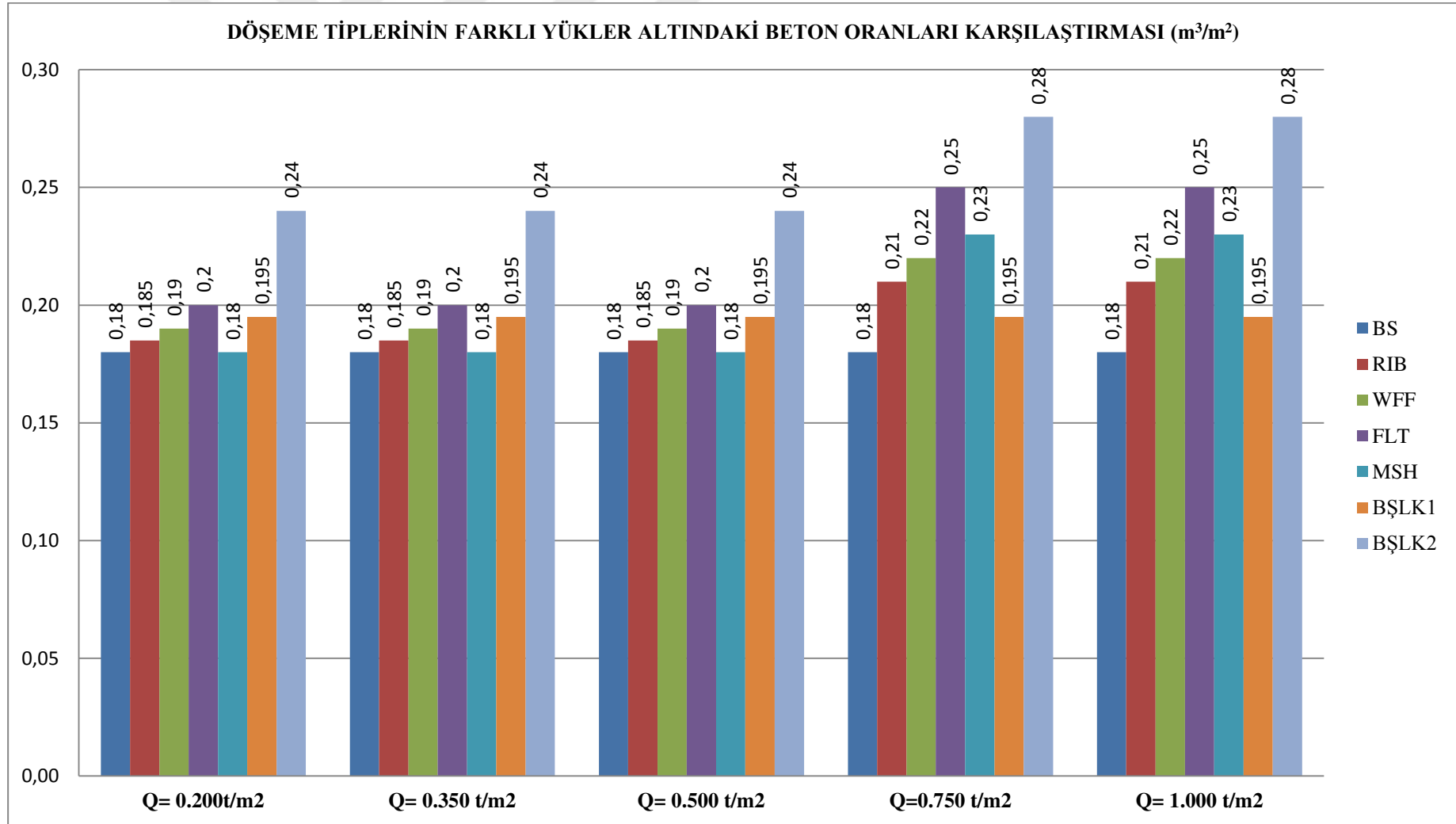
KISALTMA	X ve Y Doğrultusu Açıklık Boyutları	Döşeme Sürekliliği
6x6M	lx=6 m, ly=6 m	M (Çoklu Açıklık)
8x8M	lx=8 m, ly=8 m	M (Çoklu Açıklık)
10x10M	lx=10 m, ly=10 m	M (Çoklu Açıklık)
12x12M	lx=12 m, ly=12 m	M (Çoklu Açıklık)
14x14S	lx=14 m, ly=14 m	S (Tek Açıklık)
16x16S	lx=16 m, ly=16 m	S (Tek Açıklık)
6x9M	lx=6 m, ly=9 m	M (Çoklu Açıklık)
6x12M	lx=6 m, ly=12 m	M (Çoklu Açıklık)
8x12M	lx=8 m, ly=12 m	M (Çoklu Açıklık)
8x16M	lx=8 m, ly=16 m	M (Çoklu Açıklık)
10x15S	lx=10 m, ly=15 m	S (Tek Açıklık)
10x20S	lx=10 m, ly=20 m	S (Tek Açıklık)
12x18S	lx=12 m, ly=18 m	S (Tek Açıklık)
12x24S	lx=12 m, ly=24 m	S (Tek Açıklık)
14x21S	lx=14 m, ly=21 m	S (Tek Açıklık)
16x24S	lx=16 m, ly=24 m	S (Tek Açıklık)

4.4. Maliyetlerin Grafiklerle Karşılaştırılması

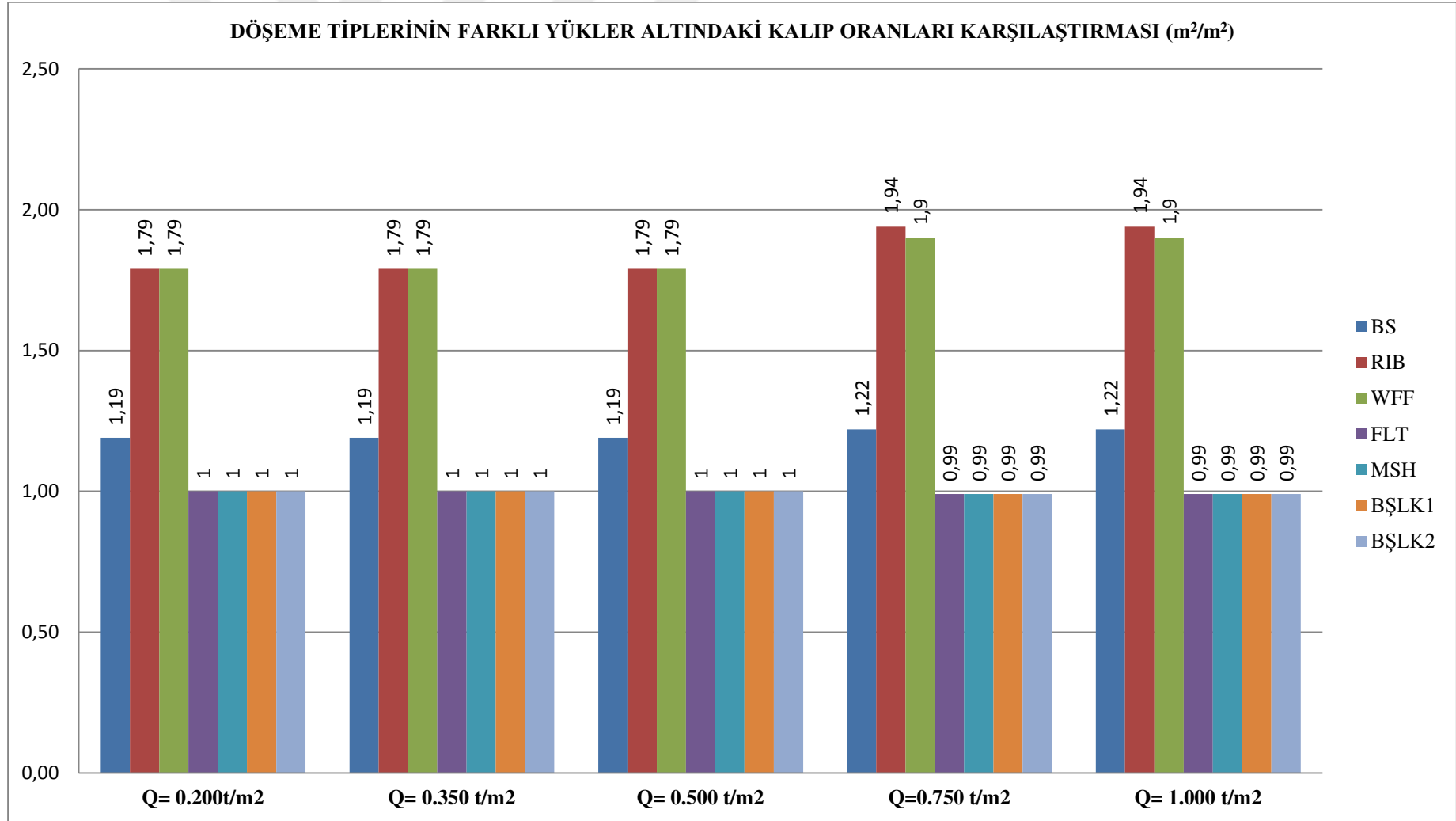
Bu bölümde 6mx6m açıklıktaki döşeme tiplerinin beton, donatı, kalıp ve maliyet karşılaştırılması yapılmıştır. Beton (m^3), kalıp (m^2), donatı (kg), maliyet (tl) cinsinden hesaplanmış ve değerler aşağıdaki grafiklerle gösterilmiştir. Bu grafikler sonucunda yük miktarı ve açıklık arttıkça kör kalıp kullanılarak oluşturulan boşluklu kirişsiz döşeme sistemlerinin diğer döşeme sistemlerine göre beton, donatı, kalıp oranları ve maliyet açısından daha avantajlı olduğu görülmektedir. Bu çalışmada inşaat süresi bir parametre olarak alınmamış sadece malzeme metrajları üzerinden gidilerek karşılaştırma yapılmıştır. Tüm bu karşılaştırma grafikleri sonuçları, sahada iş programlarıyla birlikte inşaat hızı ve uygulama kolaylığı açısından proje bazında ayrıca değerlendirilmelidir. M^2 maliyeti biraz daha fazla olan herhangi bir taşıyıcı sistemin süre açısından değerlendirilmesi durumunda daha ekonomik sonuçlar yaratabileceği unutulmamalıdır.



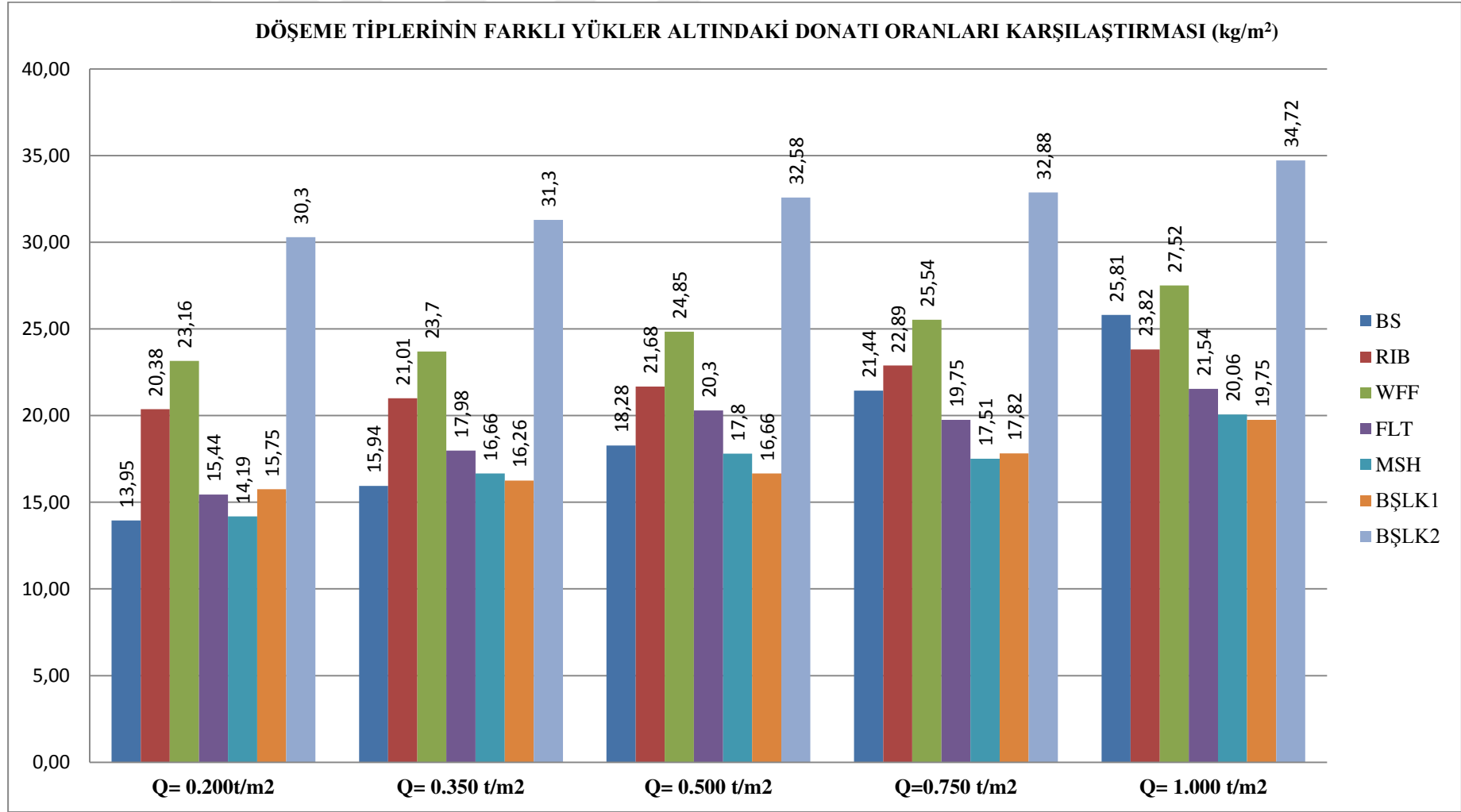
Şekil 4.8. 6mx6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



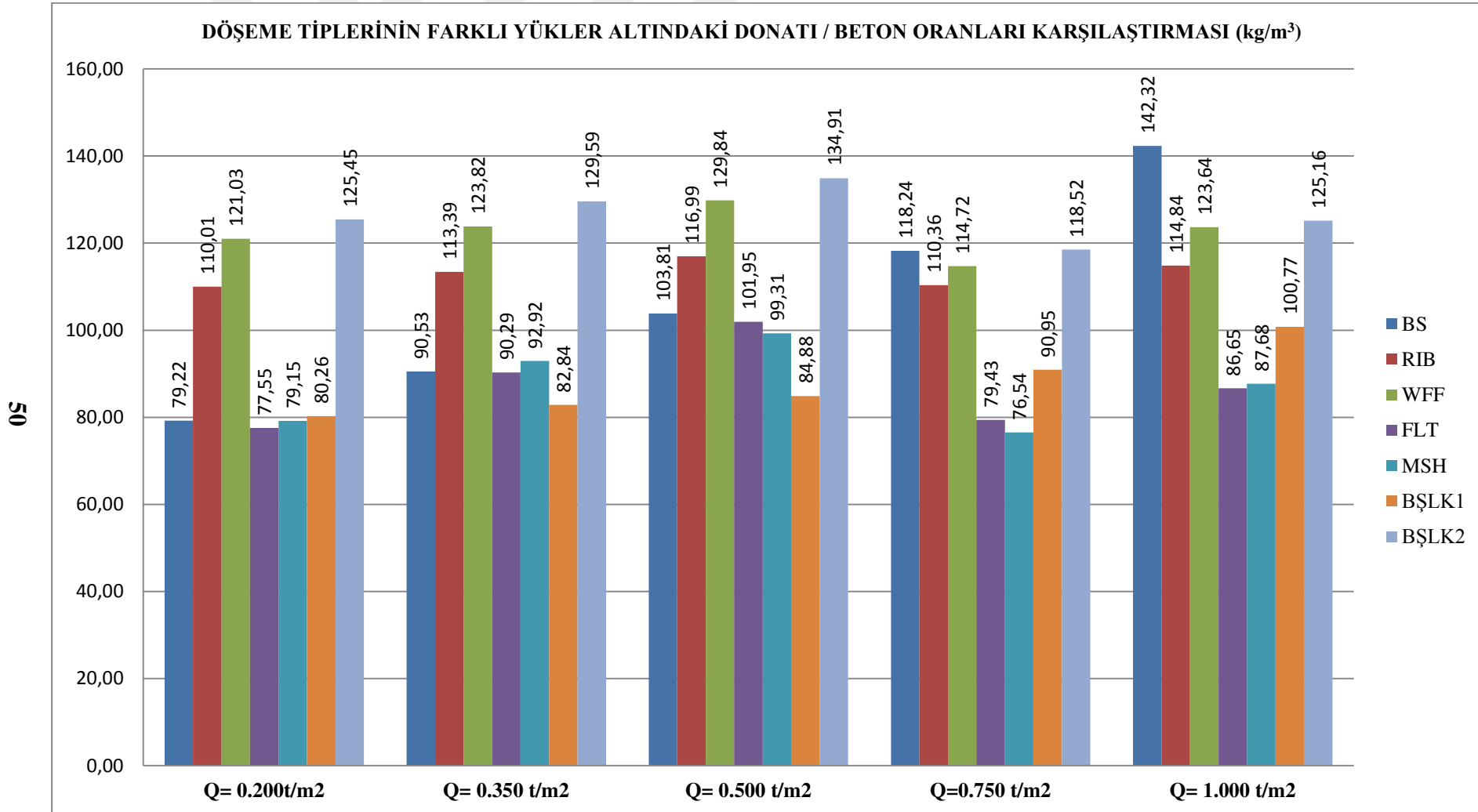
Şekil 4.9. 6mx6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin beton oranları karşılaştırması



Şekil 4.10. 6mx6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin kalıp oranları karşılaştırması



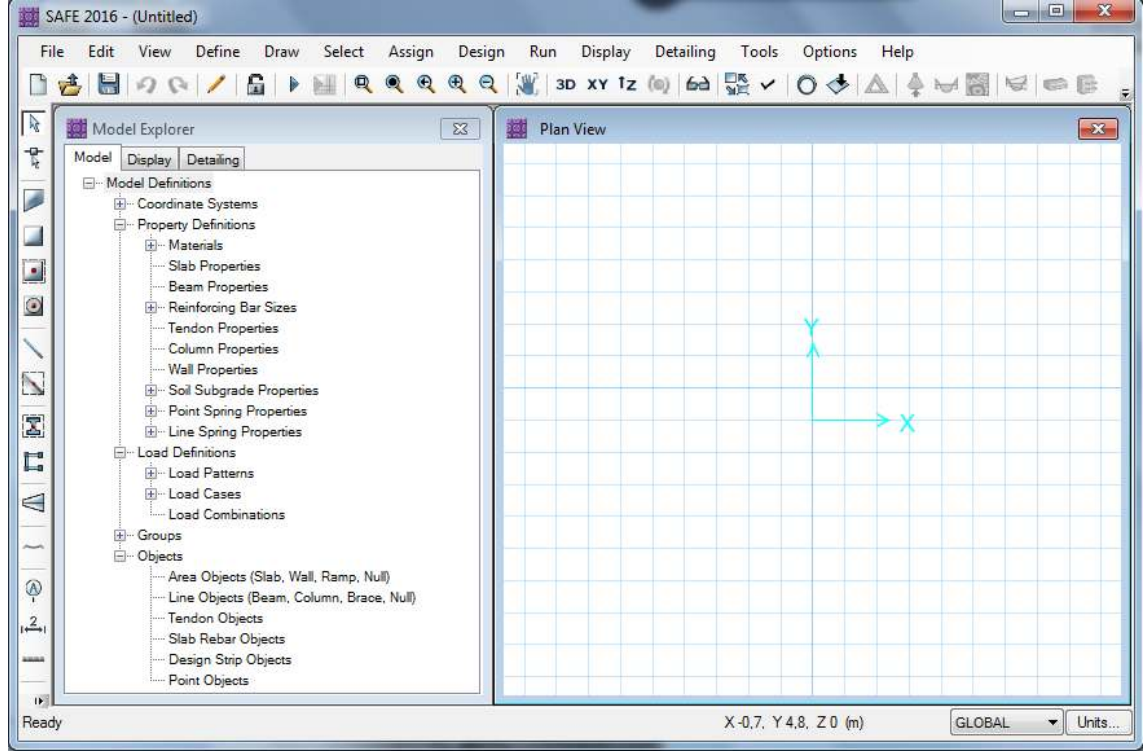
Şekil 4.11. 6mx6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin donatı oranları karşılaştırması



Şekil 4.12. 6m×6m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin donatı/ beton oranları karşılaştırması

5. SAFE PROGRAMI İLE ÖRNEK BİR KATIN DÖŞEME ANALİZİ

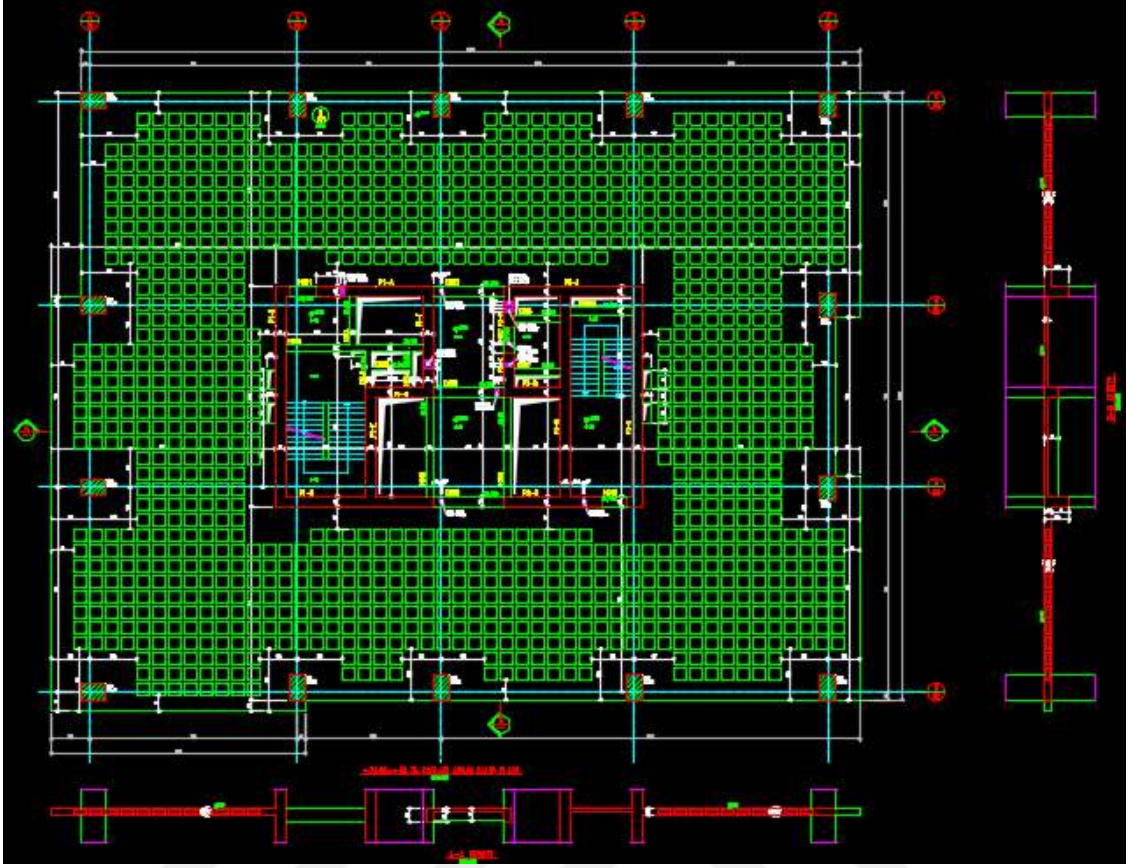
SAFE [38] programı ilgili yönetmelikler doğrultusunda betonarme döşeme sistemlerinin çözümü ve boyutlandırılmasında kullanılan bir bilgisayar programıdır. Safe programı çalışma sayfası Şekil 5.1’de görülmektedir. Doğrusal analizler sonucunda döşemelerde oluşan gerilmeler, moment değerleri, kesme kuvvetleri, ani ve uzun süreli sehim değerleri, gerekli donatı alanları ve zımbalama tahkikleri hesaplanabilmektedir.



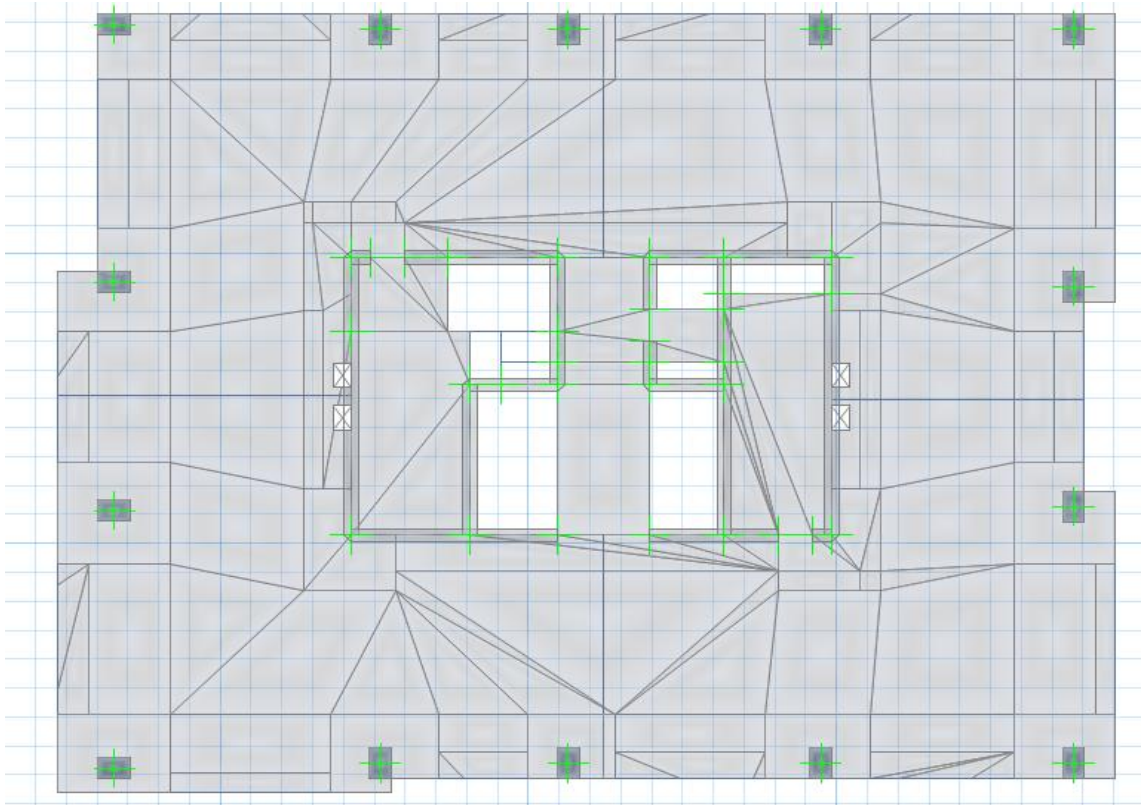
Şekil 5.1. Safe programı çalışma sayfası

5.1. SAFE Programında Kullanılacak Modelin Oluşturulması

Analizde kullanılacak olan bina İstanbul Bahçelievler ilçesinde bulunan KUYUMCUKENT GAYRİMENKULYATIRIMLARI A.Ş (KUYAŞ) binasıdır. Kuyaş binası yedi kat bodrum on beş kat üst yapı olmak üzere boşluklu döşeme sistemiyle tasarlanmıştır. Bodrum katların yüksekliği 3.00 metre zemin kat yüksekliği 4.65 metre üst katların yüksekliği 3.70 metredir. Seçilen bina +77.25 kotuna kadar yükselmektedir ve birinci deprem bölgesinde yer almaktadır. SAFE programında ofislerin bulunduğu +39.75 kotundaki beşinci kat ele alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Seçilen katın kalıp planı Şekil 5.2’de programdaki görüntüsü Şekil 5.3’te gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Analiz yapılan katın boşluklu döşeme kalıp planı



Şekil 5.3. Analiz yapılan katın SAFE programındaki görüntüsü

Technical drawing of a window frame assembly, showing a cross-section view. The drawing is overlaid on a blue grid. The frame is composed of several rectangular sections, with dimensions and labels indicating the size and material of the components. The labels include:

- B45X105**: Dimensions for the top and bottom horizontal frame sections.
- B30X60**: Dimensions for the vertical frame sections.
- B15X60**: Dimensions for the central vertical frame section.
- B45X55**: Dimensions for the central horizontal frame section.
- B45X105**: Dimensions for the bottom horizontal frame sections.
- B30X60**: Dimensions for the vertical frame sections on the right side.
- B45X105**: Dimensions for the bottom horizontal frame sections on the right side.

The drawing also shows two small square components, likely representing fasteners or seals, located on the left and right sides of the frame. The overall structure is a rectangular frame with a central opening, designed for a window or door assembly.

Şekil 5.4. *Kullanılan kirşilerin yerleri ve boyutları*

Material Property Data (Malzeme özellikleri)

General Data

Material Name (Malzeme Adı) : C50

Material Type (Malzeme Tipi) : Concrete (Beton)

Material Display Color : [Color Box] Change...

Material Notes : Modify/Show Notes...

Material Weight

Weight per Unit Volume (Birim hacim ağırlık) : 2,5003E+00 Tonf/m3

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E (Elastite Modülü) : 3771010 Tonf/m2

Poisson's Ratio, U (Poisson Oranı) : 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A (Isıl genleşme katsayısı) : 9,9E-06 1/C

Shear Modulus, G (Kayma Modülü) : 1571254,17 Tonf/m2

Other Properties for Concrete Materials (Beton basınç dayanımı)

Specified Concrete Compressive Strength, f'c : 3398,71 Tonf/m2

53

Material Property Data (Malzeme özellikleri)

General Data

Material Name (Malzeme Adı) : CSA-G30.18Gr400

Material Type (Malzeme Tipi) : Rebar (Donatı)

Material Display Color : Change...

Material Notes : Modify/Show Notes...

Material Weight

Weight per Unit Volume (Birim hacim ağırlık) : 7,849E+00 Tonf/m³

Uniaxial Property Data

Modulus of Elasticity, E (Elastite Modülü) : 20394323,84 Tonf/m²

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy (Akma Dayanımı) : 40788,65 Tonf/m²

Minimum Tensile Stress, Fu (Çekme Dayanımı) : 50985,81 Tonf/m²

OK Cancel

Şekil 5.6. Kullanılan donatının özellikleri

Safe programında zati ve hareketli yüklerin farklı katsayılarla oluşan yük kombinasyonları kullanılmış (Şekil 5.7), doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılmıştır. Zati yük döşemelerde $0,3t/m^2$ alınmış, hareketli yük döşemelerde $0,2t/m^2$ sahanlıklarda $0,5t/m^2$ alınmıştır.

Load Combinations (Yük Kombinasyonları)

Combinations (Kombinasyonlar)

- 1.4G+1.6Q
- G+0.3Q
- G+Q
- G+Q+UZUNSURELI

Click to:

Add New Combo...

Add Copy of Combo...

Modify/Show Combo...

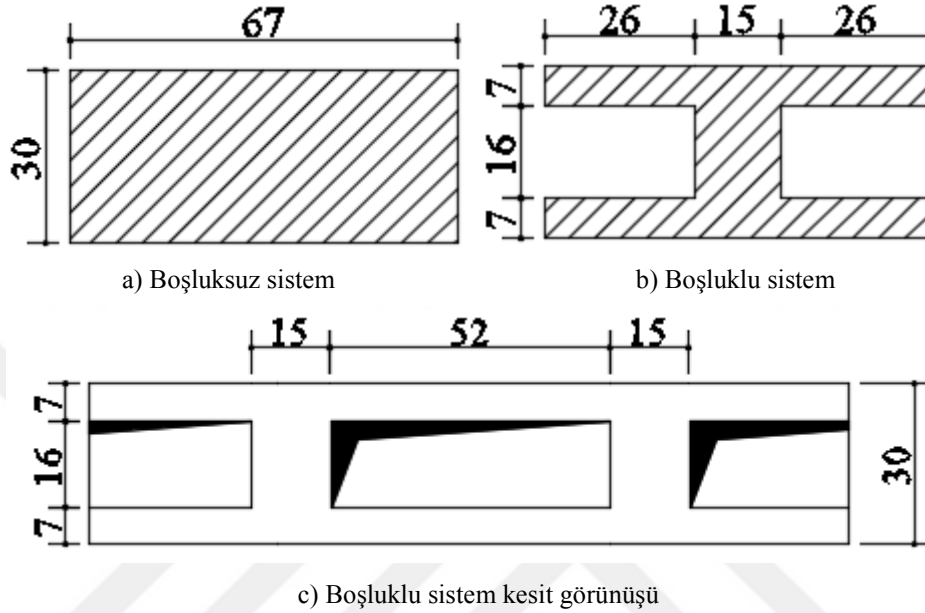
Delete Combo

Add Default Design Combos...

OK Cancel

Şekil 5.7. Programda analizi yapılmış yük kombinasyonları

Döşeme yüksekliği 30 cm dir. Kolon zımbalama çevresinde ve kenar bölgelerde kalan döşemeler boşluksuz diğer döşemeler boşluklu olarak tasarlanmıştır. Boşluklu döşemede üstten ve alttan 7 cm plak arasında 16 cm boşluk elemanı seçilmiştir. Boşluk elemanı olarak genişliği 52 cm olan kare kör kalıp kullanılmıştır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Boşluksuz ve boşluklu sistem görünüşleri

SAFE programında boşluklu döşeme tanımlanırken bazı düzeltme katsayıları kullanılmaktadır. Bu düzeltme katsayıları atalet momenti ve kesme alanına bağlı olarak değişmektedir. Öncelikle boşluksuz ve boşluklu kesitin birim boydaki atalet momenti, kesme kuvvetini karşılayacak olan gövde alanı hesaplanır. Ardından boşluklu sistemde bulunan sonuçlar boşluksuz sistemde bulunan sonuçlara oranlanarak düzeltme katsayıları bulunur. Örneğimizle ilgili sonuçlar aşağıdaki denklemlerde gösterilmiştir.

$$\frac{1}{12} \times 67 \times 30^3 = 150750 \text{ cm}^4 \quad (\text{boşluksuz sistemin atalet momenti}) \quad (5.1)$$

$$\frac{1}{12} \times 52 \times 16^3 = 17749,33 \text{ cm}^4 \quad (\text{boşluğun atalet momenti}) \quad (5.2)$$

$$150750 - 17749,3 = 133000,7 \text{ cm}^4 \quad (\text{boşluklu kesitin atalet momenti}) \quad (5.3)$$

$$\frac{150750}{67} \times 100 = 225000 \text{ cm}^4/\text{m} \quad (\text{boşluksuz sistem birim boyda atalet momenti}) \quad (5.4)$$

$$\frac{133000,7}{67} \times 100 = 198508 \text{ cm}^4/\text{m} \quad (\text{boşluklu sistem birim boyda atalet momenti}) \quad (5.5)$$

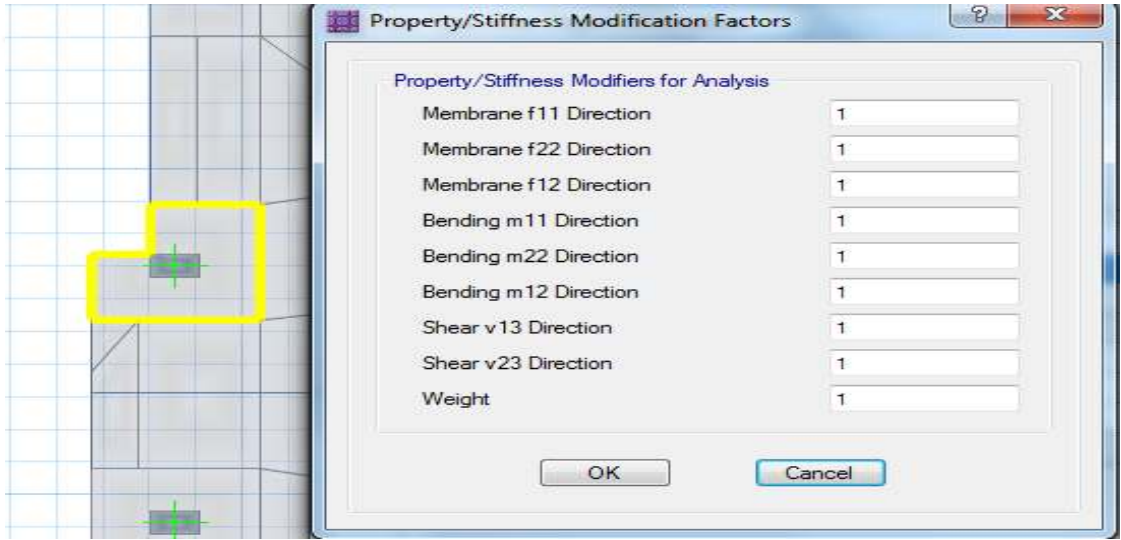
$$\frac{198508}{225000} = 0,8823 \quad (\text{moment düzeltme katsayısı}) \quad (5.6)$$

Kesme kuvveti boşluksuz sistemde gövde alanının tamamı ile boşluklu sistemde orta kısımdaki dolu gövde ile karşılanmaktadır.

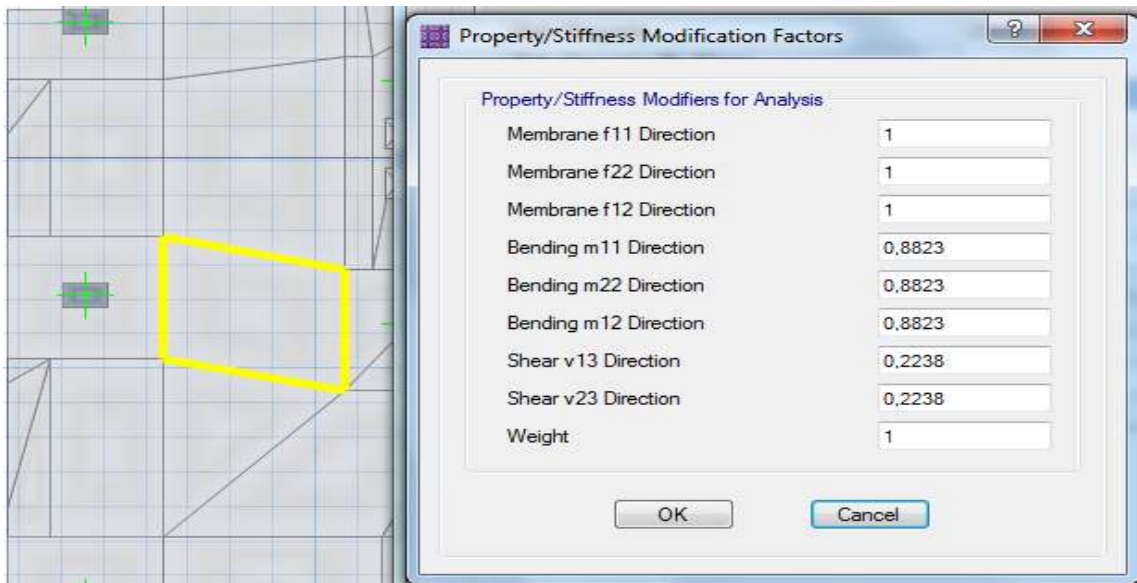
$$67 \times 30 = 2010 \text{ cm}^2 \quad (\text{boşluksuz sistem gövde alanı}) \quad (5.7)$$

$$15 \times 30 = 450 \text{ cm}^2 \quad (\text{boşluklu sistem gövde alanı}) \quad (5.8)$$

$$\frac{450}{2010} = 0,2238 \quad (\text{kesme kuvveti düzeltme katsayısı}) \quad (5.9)$$

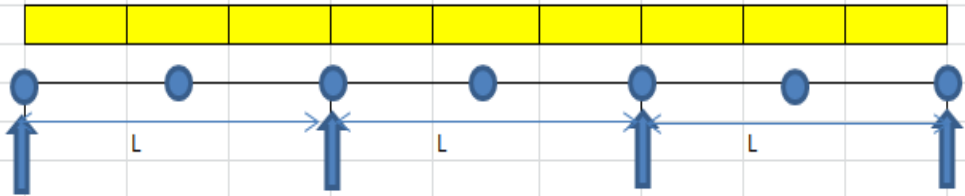


Şekil 5.9. Boşluksuz döşeme düzeltme katsayıları



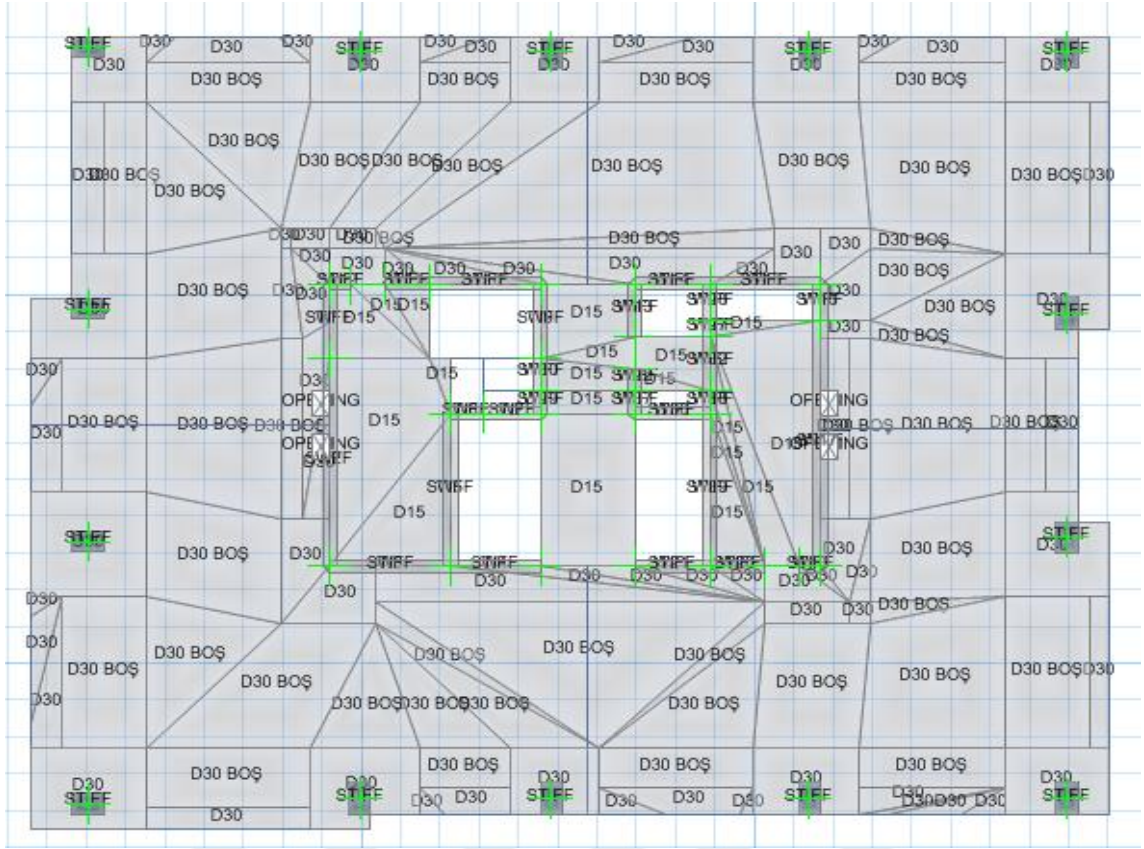
Şekil 5.10. Boşluklu döşeme düzeltme katsayıları

Bu düzeltme katsayılarının doğruluğu için dolu ve boşluklu plak kesitlerde el çözümü yapılmıştır. El çözümlerinde çözümün doğası gereği iç kuvvetler döşeme rijitliğinden bağımsızdır. Sadece ağırlık değişikliği ile iç kuvvetler bir miktar değişir. Ancak Şekil 5.11’de görülebileceği gibi düşey deformasyonlar azalan düzlem dışı rijitliğe paralel olarak artmaktadır. Bundan dolayı elastite modülü ve atalet momentinde yapılacak değişikliklerle düzeltme katsayıları bulunmuştur.

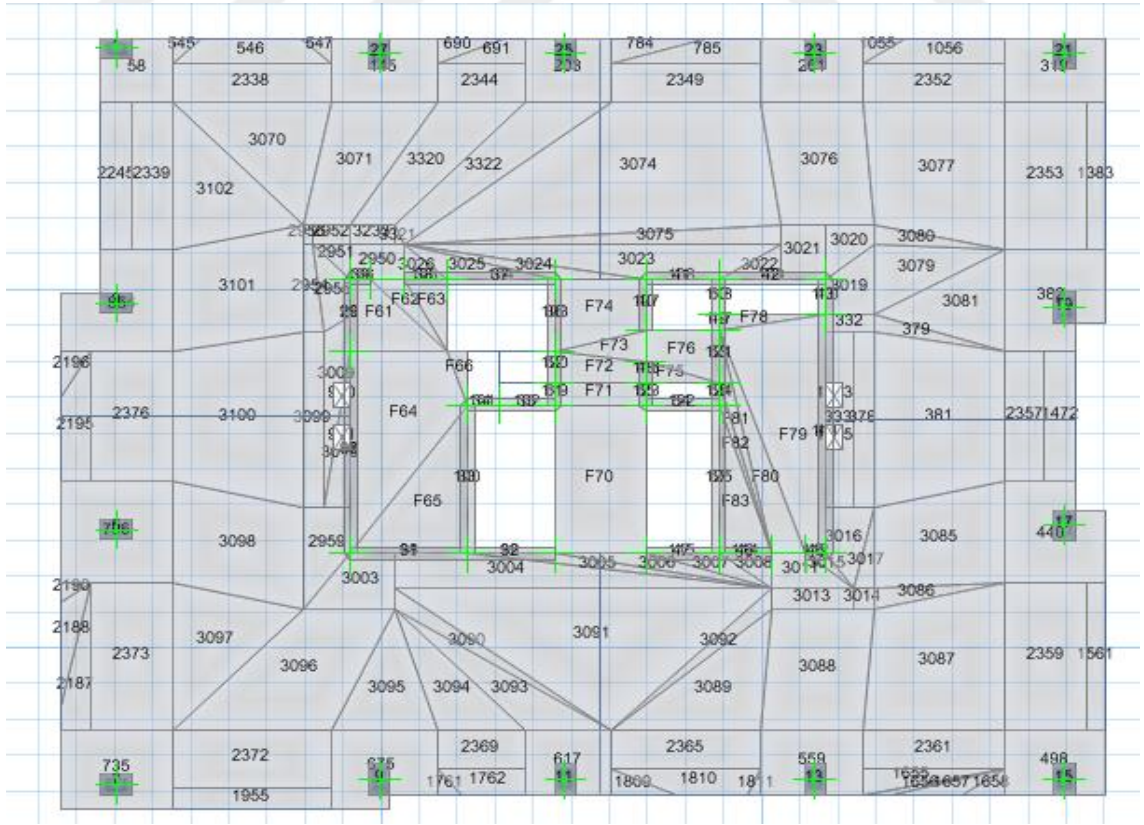
W=	1 t/m	E=	3000000 t/m ²				
L=	8 m	I=	0,004883 m ⁴	kl=	0,004471 m ⁴		
							
Dolu Plak Analizi							
P=	3,20		8,80		8,80		3,20
V=	3,20		4,80 4,00		4,00 4,80		3,20
M=	0	5,12	-6,40	1,60	-6,40	5,12	0,00
Delta max =		0,001929 m=		1,93 mm		5,12	
Boşluklu Plak Analizi							
P=	3,20		8,80		8,80		3,20
V=	3,20		4,80 4,00		4,00 4,80		3,20
M=	0	5,12	-6,40	1,60	-6,40	5,12	0,00
Delta max =		0,002107 m=		2,11 mm		5,12	

Şekil 5.11. Dolu ve boşluklu plak analizi el çözümü sonuçları

Dolu ve boşluklu plak olarak tasarlanan döşemelerin döşeme yükseklikleri Şekil 5.12’de, sonlu elemanlara ayrılmış alanlar Şekil 5.13’te, boşluklu plak olarak tasarlanan alanların düzeltme katsayıları Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Döşeme yükseklikleri



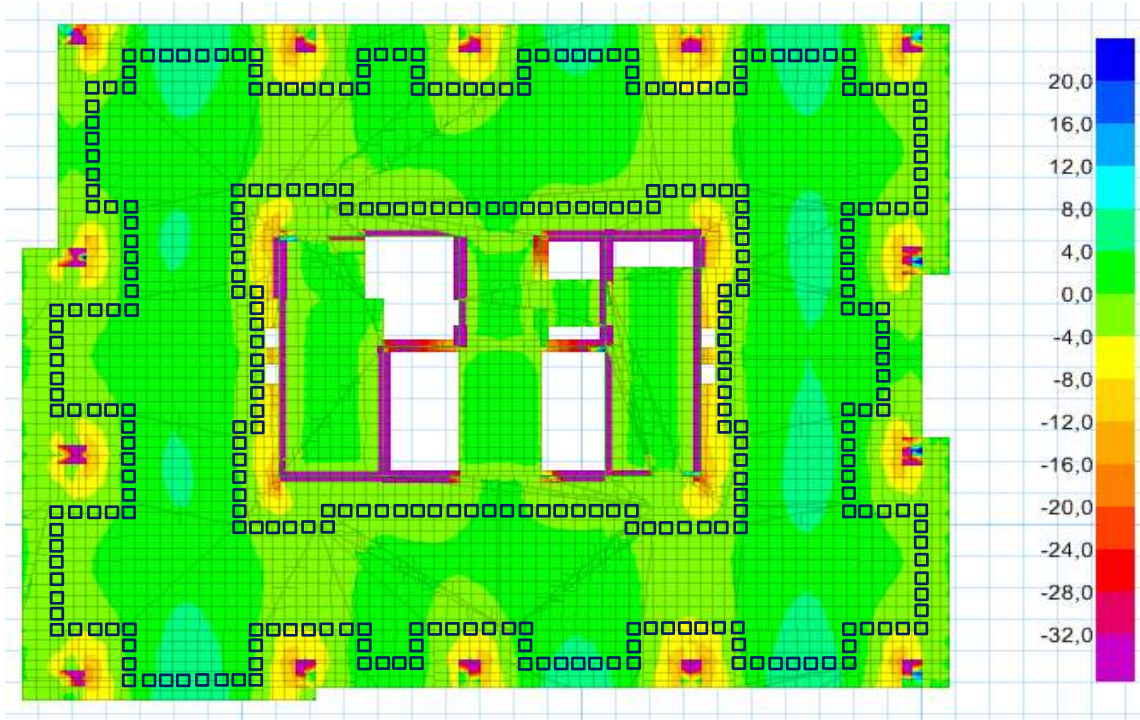
Şekil 5.13. Sonlu elemanlarla ayrılmış döşeme alanları

Çizelge 5.1. Boşluklu döşemelerin düzeltme katsayıları

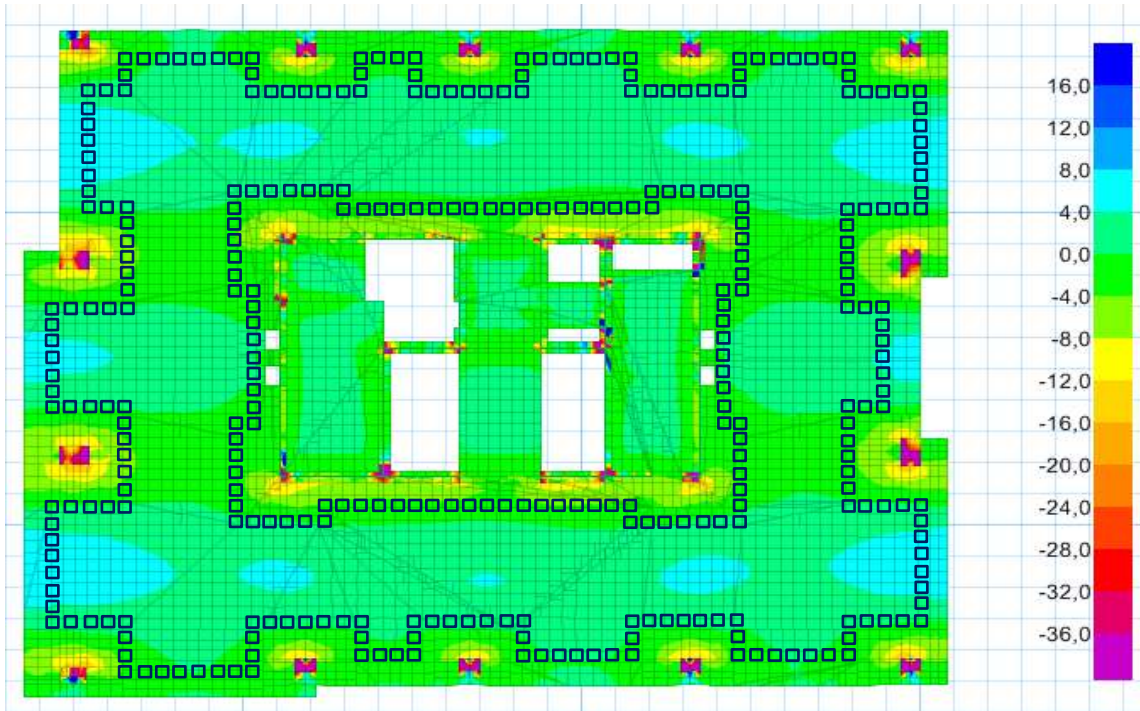
[illegible]

5.2. Analiz Sonuçları

Analiz sonuçlarında döşemede oluşan moment değerleri, kesme kuvvetleri, donatı alanları, sehim değerleri, çatlaklar ve kolonlarda oluşan zımbalama değerleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 5.14 M_{11} moment diyagramı ($1.4G + 1.6Q$) (tonf-m/m)



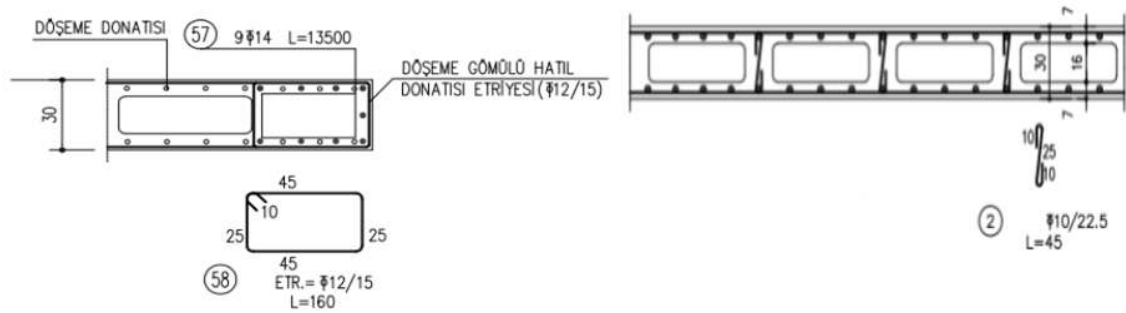
Şekil 5.15. M_{22} moment diyagramı ($1.4G + 1.6Q$) (tonf-m/m)

Şekil 5.14 ve 5.15'te döşemelerdeki moment değerleri gösterilmiştir. Döşemedeki moment hesapları sonucu B420C çeliği kullanılmış Ø 12/15 donatısı seçilmiştir. Kolon çevrelerinde Ø16/15 üst ilave donatılar eklenmiştir. Kolonlar arası dolu gövdeli kısımda gömülü hatıl uygulanmış Ø14/15 donatı kullanılmıştır. Bu şekilde 20tm/m lik moment taşınır.

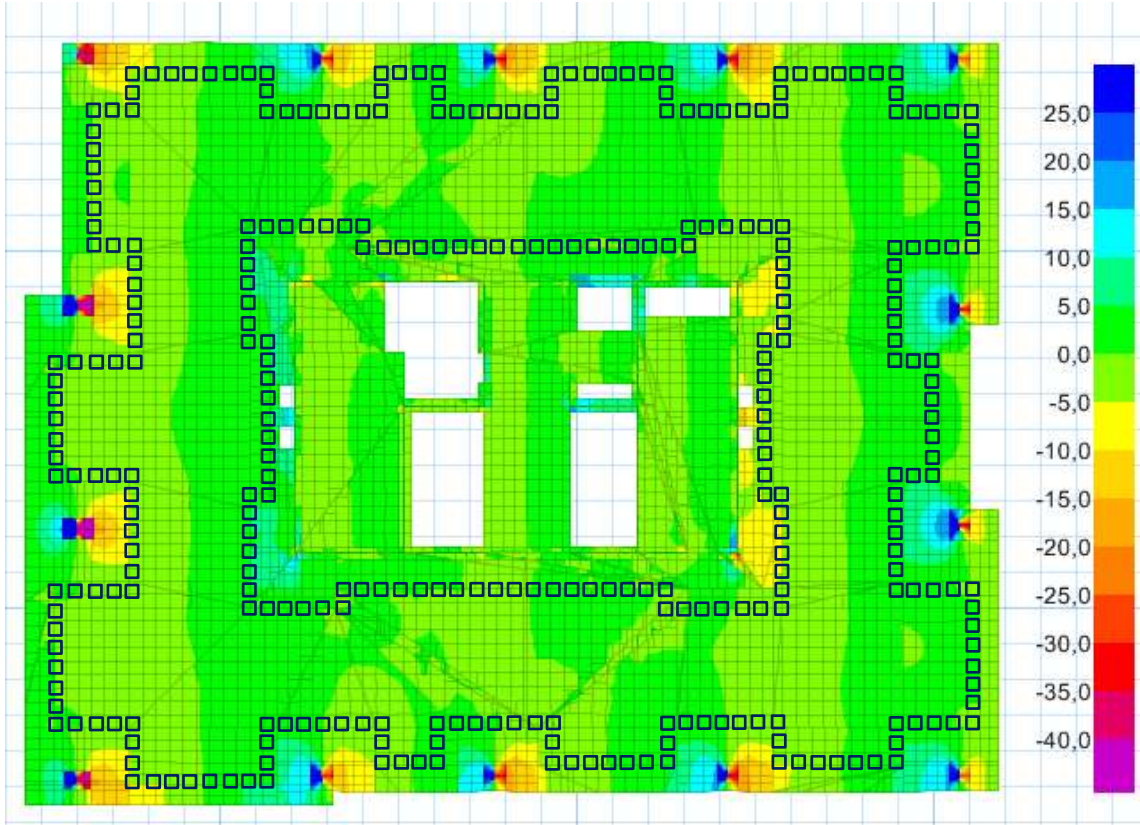
Şekil 5.17 ve 5.18 'de kesme kuvveti diyagramları gösterilmiştir. TS500 deki formüllere göre kesme kuvvetleri hesaplanmış, boşluklu ve boşluksuz kesit için Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Şekil 5.16'dagörüldüğü gibi gömülü hatıl kısmında Ø12/15 etriye kullanılmış boşluklu kısımda Ø10/22.5 çirozlar kullanılarak kesme dayanımında donatı hesapları yapılmıştır. Bu sonuçlara göre kullanılan donatılar kesme kuvvetini karşılamaktadır.

Çizelge 5.2. Kesme kuvveti sonuçları

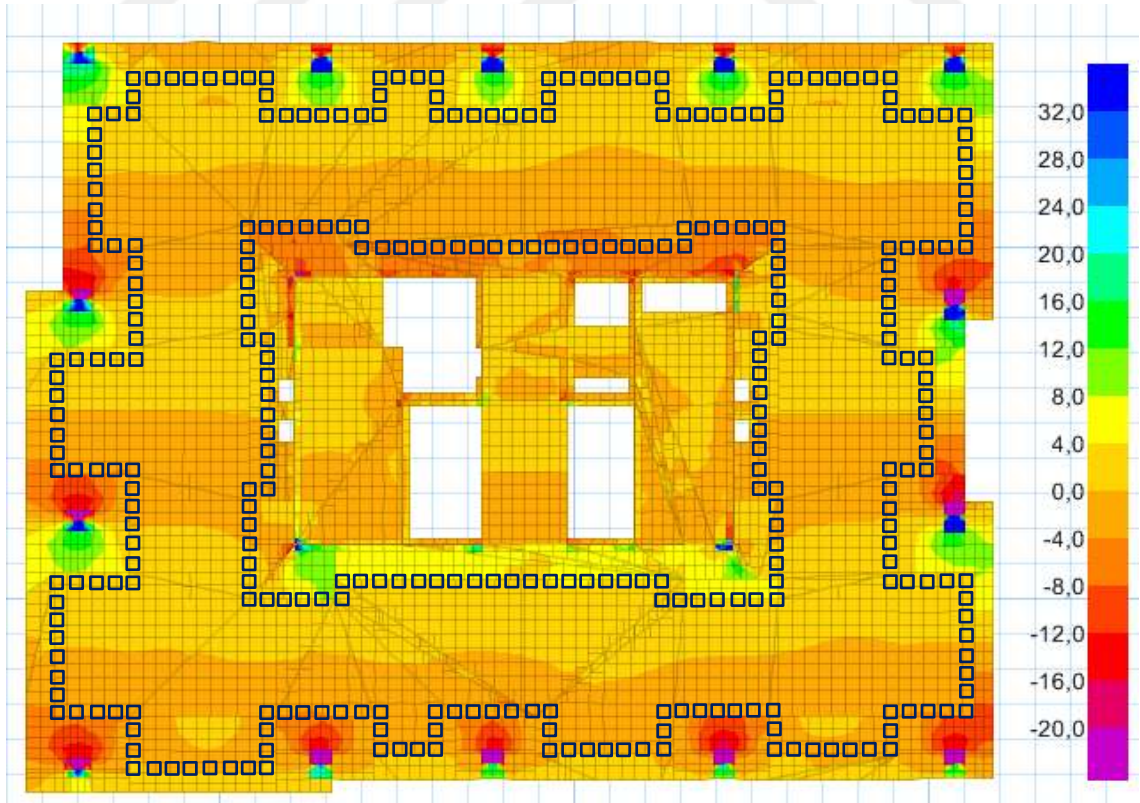
Kesit	V_{max} (t/m)	V_{cr} (t/m)	V_c (t/m)	V_w (t/m)	V_r (t/m)
Boşluksuz	201,5	29,5	23,6	15,1	38,7
Boşluklu	45,1	6,6	5,3	5,3	10,6



Şekil 5.16. Gömülü hatılda ve boşluklu kısımda kullanılan etriye ve çirozlar

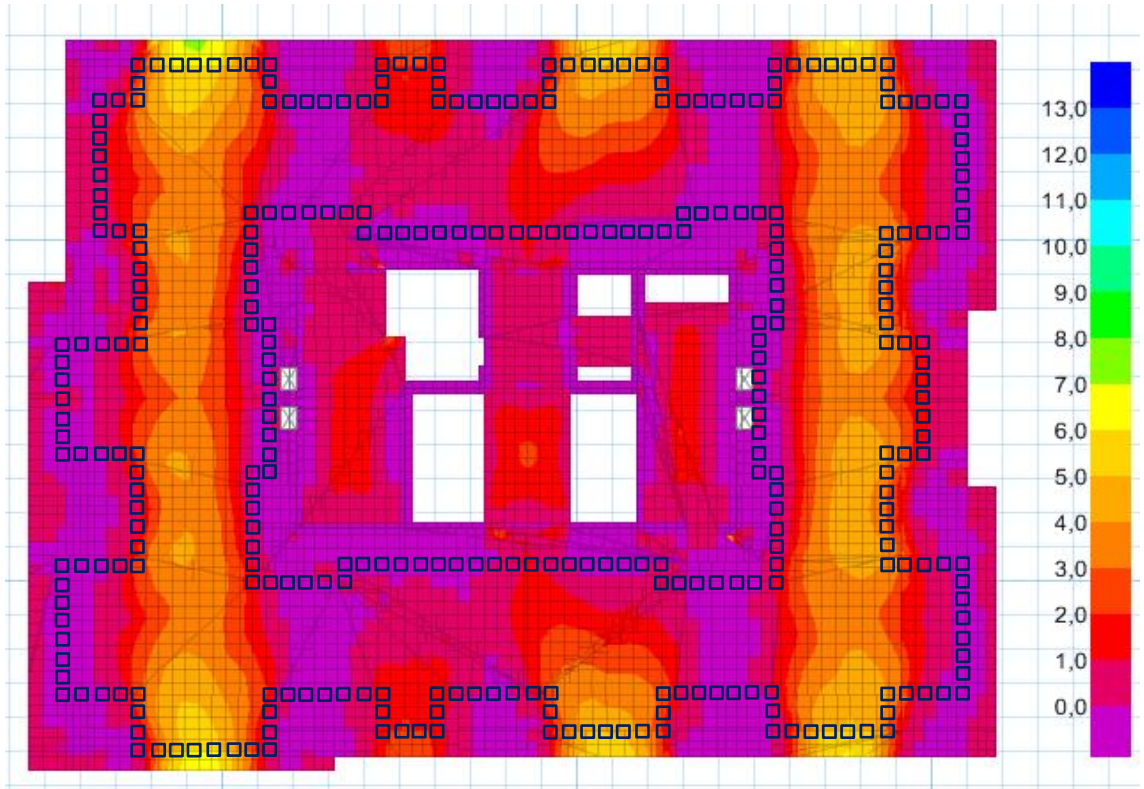
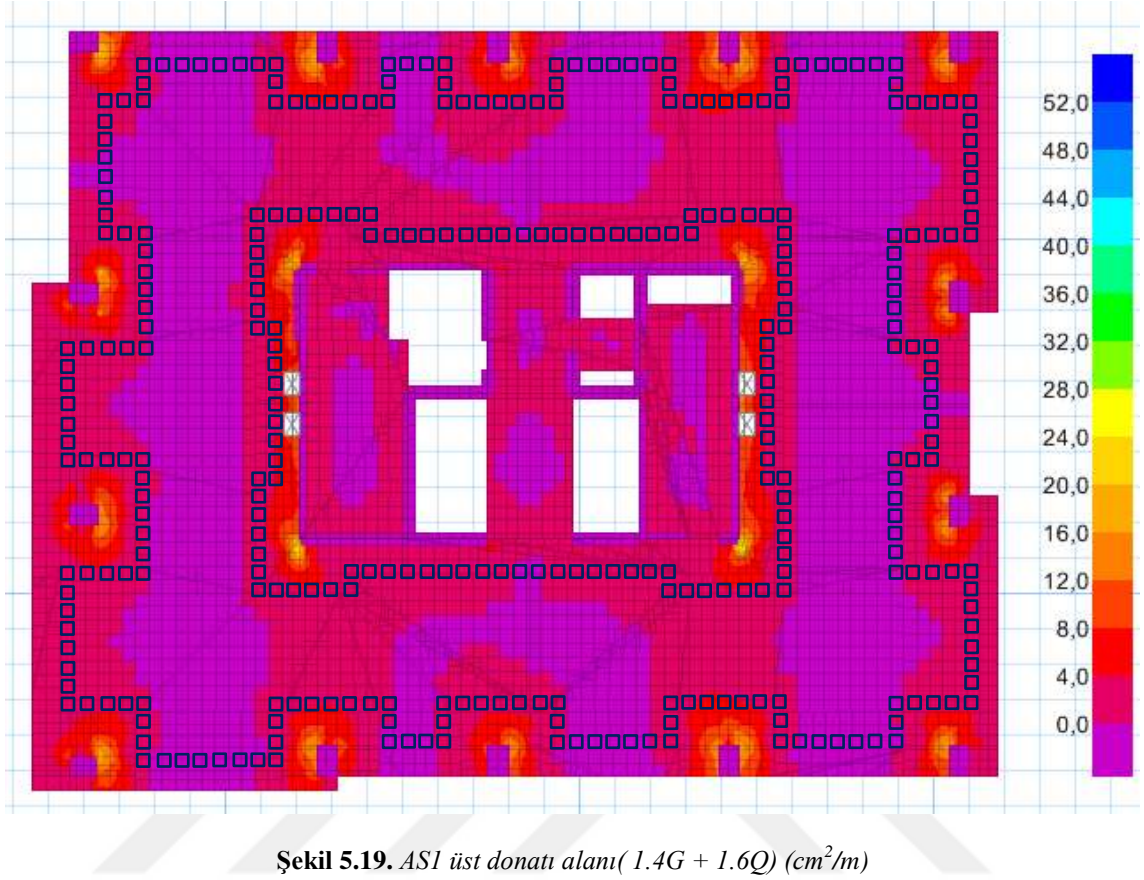


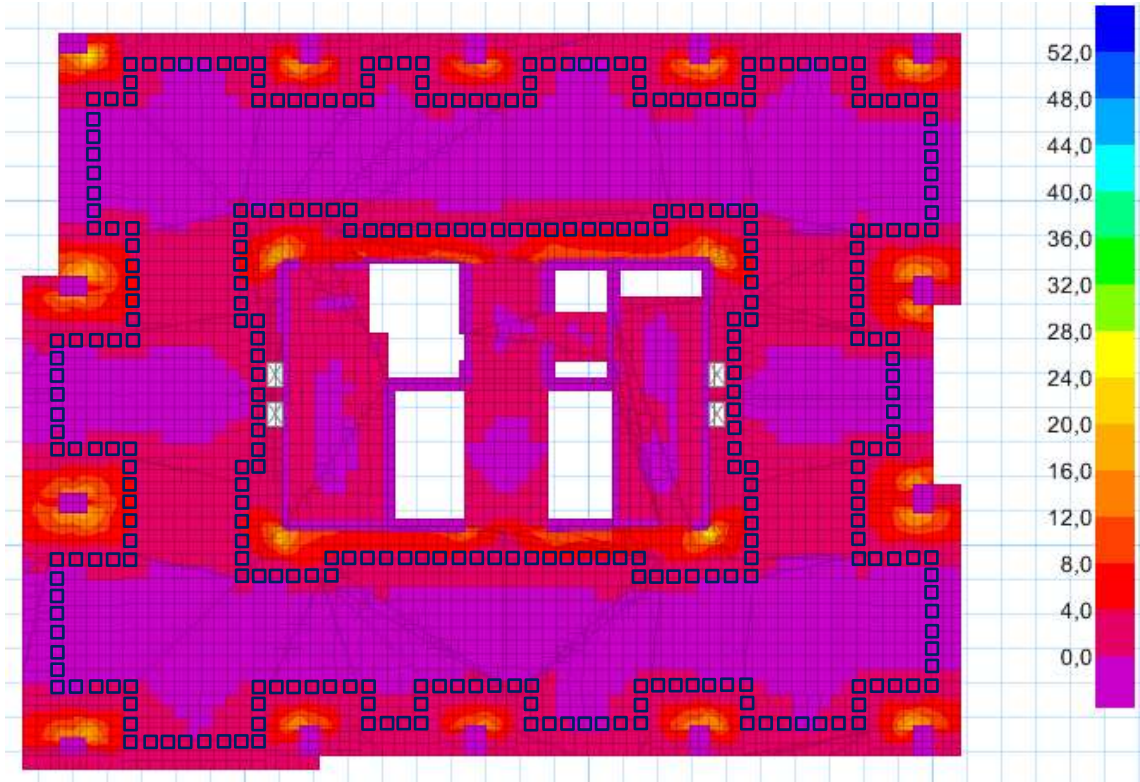
Şekil 5.17. V13 kesme kuvveti diyagramı (1.4G + 1.6Q) (tonf/m)



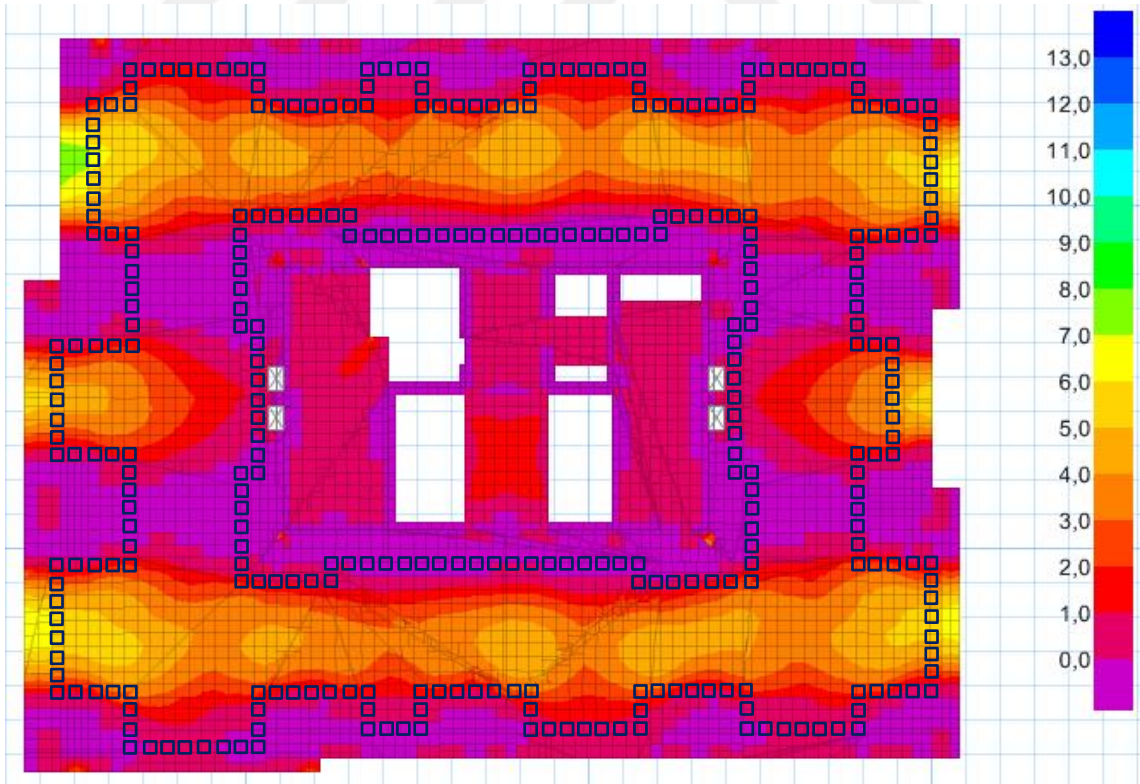
Şekil 5.18. V23 kesme kuvveti diyagramı (1.4G + 1.6Q) (tonf/m)

Aşağıdaki şekillerde metre başına düşen donatı alanları gösterilmiştir.

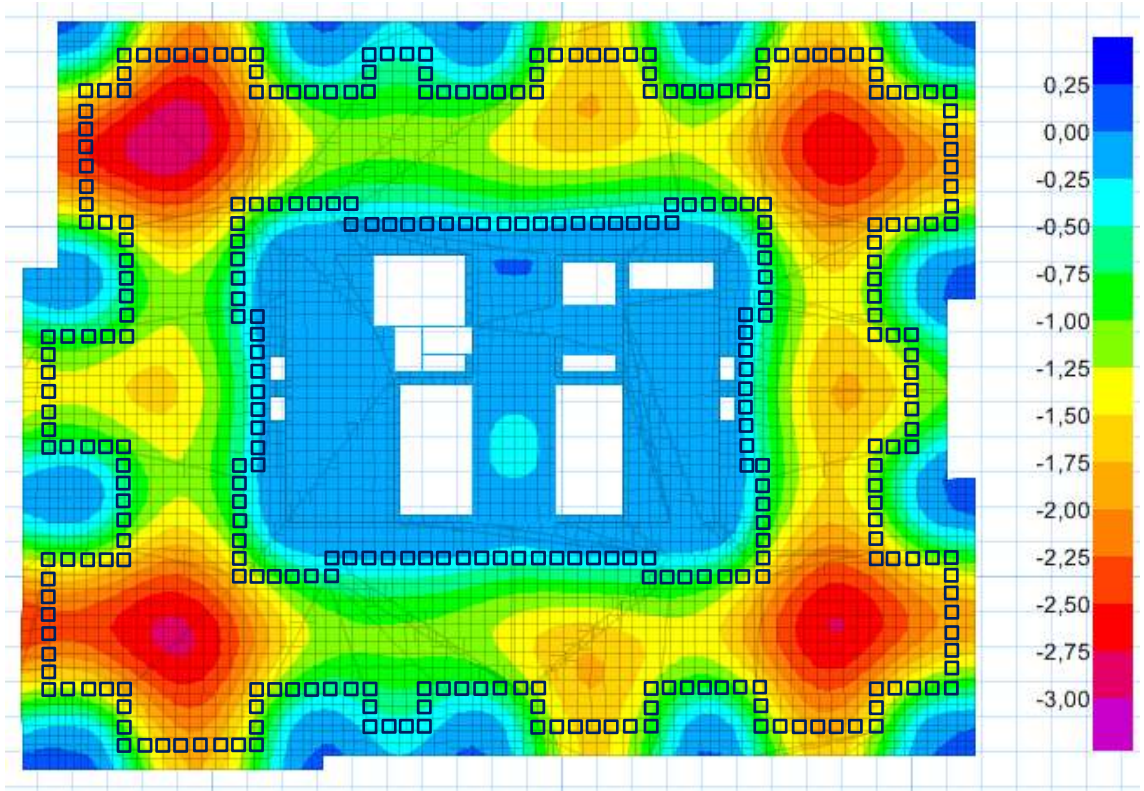




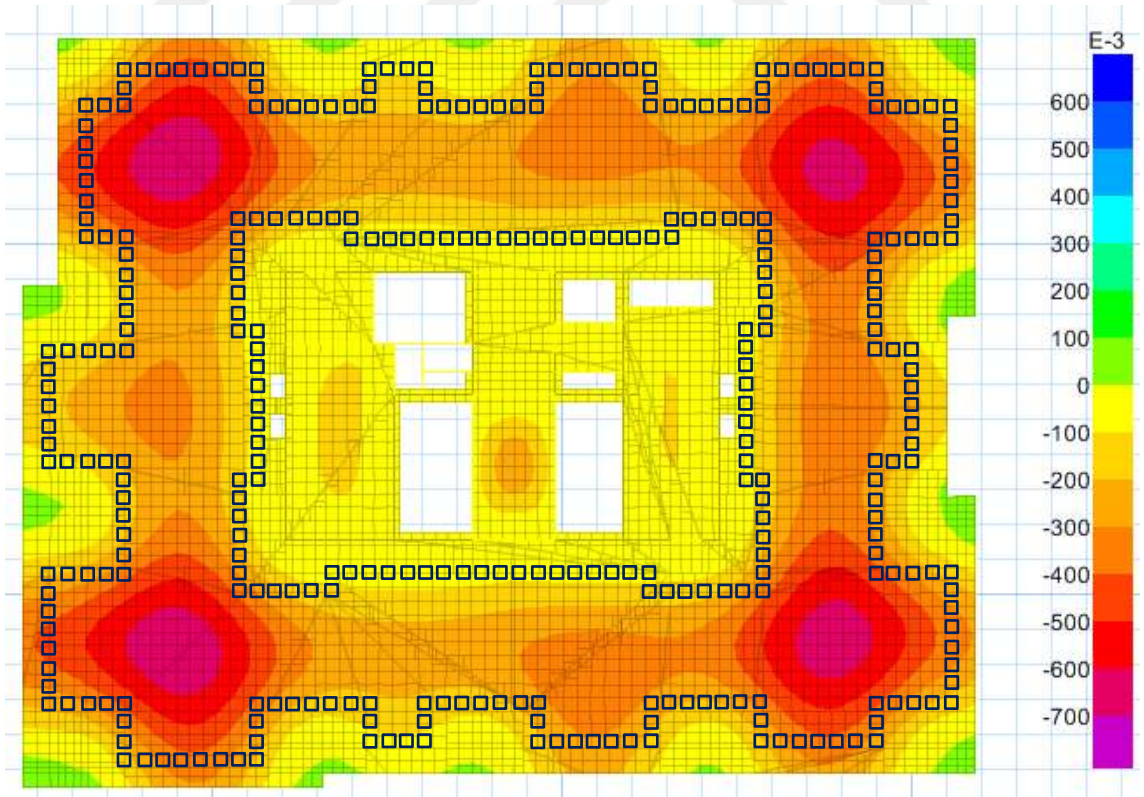
Şekil 5.21. AS2 üst donatı alanı($1.4G + 1.6Q$) (cm^2/m)



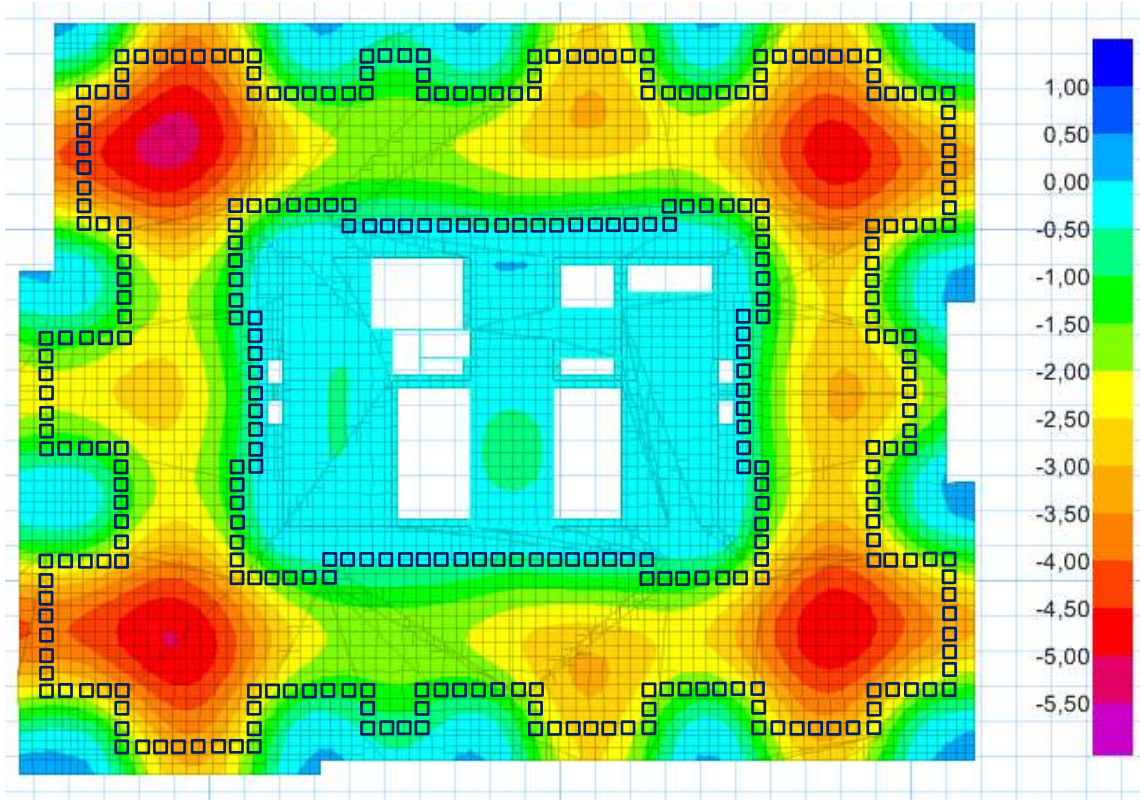
Şekil 5.22. AS2 alt donatı alanı($1.4G + 1.6Q$) (cm^2/m)



Şekil 5.23. *G* yükü yer değiştirme diyagramı (maksimum 2,98 mm)

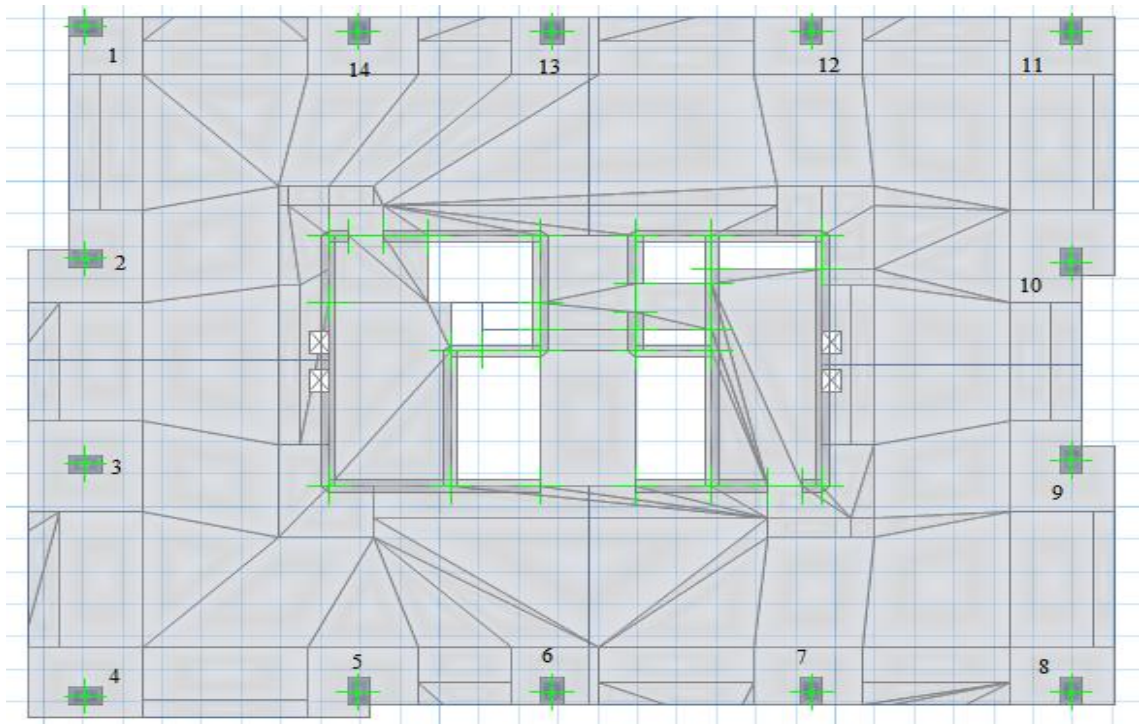


Şekil 5.24. *Q* yükü yer değiştirme diyagramı (maksimum 0,67 mm)



Şekil 5.25 $1.4G + 1.6Q$ yükü yer değiştirme diyagramı (maksimum 5,25 mm)

Maksimum yerdeğiştirme miktarı TS500 deki koşullara göre tahkik edilmiş ve gerekli şartları sağladığı görülmüştür.



Şekil 5.26 Zımbalama tahkiki yapılan kolon numaraları

Çizelge 5.3. Kolonlardaki zımbalama sonuçları

Kolon no	Zımbalama oranı	Maksimum Kesme tonf/m ²	Kesme Kapasitesi tonf/m ²	Gamma_v2	Gamma_v3	Mu2 tonf-m
1	0,969248	189,52	195,53	0,400000	0,442751	-30,45073
2	0,552756	100,43	181,70	0,326041	0,478817	10,02937
3	0,560153	91,47	163,30	0,293607	0,516744	-11,64081
4	0,605697	100,35	165,67	0,400000	0,476423	40,23235
5	0,644673	126,05	195,53	0,448210	0,353652	39,30449
6	0,618070	120,85	195,53	0,424630	0,375865	34,10700
7	0,657014	128,47	195,53	0,424630	0,375865	41,50687
8	0,712972	139,41	195,53	0,424630	0,375865	42,47909
9	0,644652	125,97	195,40	0,398406	0,401596	-10,20420
10	0,631791	123,45	195,40	0,398406	0,401596	10,36481
11	0,709593	138,75	195,53	0,424630	0,375865	-42,11268
12	0,644486	126,02	195,53	0,424630	0,375865	-40,40424
13	0,619618	121,15	195,53	0,424630	0,375865	-34,48565
14	0,673874	131,76	195,53	0,424630	0,375865	-38,10311

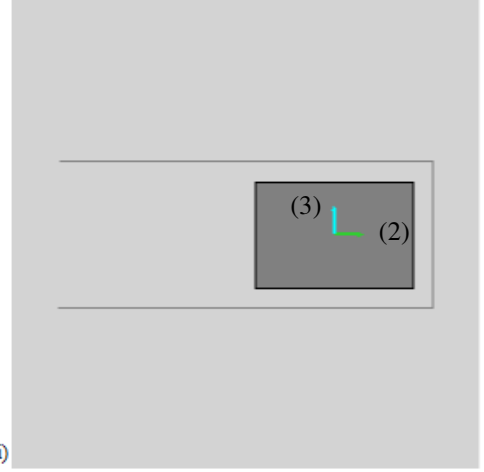
Çizelge 5.4. Kolonlardaki zımbalama sonuçlarında kullanılan değerler

Kolon no	Mu3 tonf-m	Vu tonf	UnbalMu2 tonf-m	UnbalMu3 tonf-m	Etkili Derinlik m	Zımbalama çevresi m	Kolon yeri
1	-30,05728	41,0490	-12,18029	-13,30788	0,265	2,0152	köşe
2	-52,18565	76,0934	3,26999	-24,98736	0,265	4,6302	kenar
3	-63,48757	82,9651	-3,41782	-32,80683	0,265	5,9302	kenar
4	-44,39016	52,4137	16,09294	-21,14849	0,265	3,8152	köşe
5	18,19914	59,5602	17,61666	6,43616	0,265	3,8302	kenar
6	-14,86645	54,1468	14,48286	-5,58778	0,265	3,3302	kenar
7	-3,97298	62,9853	17,62507	-1,49330	0,265	3,3302	kenar
8	27,81142	48,7398	18,03791	10,45334	0,265	3,3302	kenar
9	43,44252	70,6268	-4,06541	17,44636	0,265	3,9802	kenar
10	41,82702	69,6781	4,12940	16,79758	0,265	3,9802	kenar
11	27,64952	48,7227	-17,88232	10,39249	0,265	3,3302	kenar
12	-3,56693	62,4496	-17,15686	-1,34069	0,265	3,3302	kenar
13	-14,37642	54,4579	-14,64365	-5,40359	0,265	3,3302	kenar
14	18,86842	55,4618	-16,17974	7,09198	0,265	3,3302	Kenar

Kolonlarda zımbalama hesabı ACI 318'e göre hesaplanmıştır ve zımbalama oranının 1'den küçük olması zımbalama dayanımını sağladığını göstermektedir. Bir kolonun zımbalama hesabı Şekil 5.27'de gösterilmiştir. Ayrıca kolonların alt ve üst noktalarındaki kesme kuvveti, eksenel kuvvet ve moment değerleri Çizelge 5.5'te gösterilmiştir.

Column Punching Check (Kolon zımbalama kontrolü)

Avg. Eff. Slab Thickness = 0,265 m (efektif döşeme yüksekliği)
 Eff. Punching Perimeter = 5,9302 m (zımbalama çevresi)
 Cover = 0,035 m (beton örtüsü)
 Conc. Comp. Strength = 3398,71 Tonf/m² (beton basınç dayanımı)
 Reinforcement Ratio = 0,0000
 Section Inertia I22 = 0,327663 m⁴
 Section Inertia I33 = 1,013404 m⁴ (atalet momentleri)
 Section Inertia I23 = 0 m⁴
 Gamma_v2 = 0,293607 (katsayılar)
 Gamma_v3 = 0,516744
 Moment Mu2 = -11,64081 Tonf-m (moment)
 Moment Mu3 = -63,48757 Tonf-m
 Shear Force = 82,9651 Tonf (kesme kuvveti)
 Unbalanced Moment Mu2 = -3,41782 Tonf-m
 Unbalanced Moment Mu3 = -32,80683 Tonf-m
 Max Design Shear Stress = 91,47 Tonf/m² (maksimum kesme gerilmesi)
 Conc. Shear Stress Capacity = 163,3 Tonf/m² (beton kesme gerilme kapasitesi)
 Punching Shear Ratio = 0,56 (zımbalama oranı)

**Column Punching Perimeter**

(kolon zımbalama çevresi)

Şekil 5.27 Kenar kolondaki zımbalama sonucu**Çizelge 5.5.** Kolonlardaki aksenal, kesme kuvveti ve moment değerleri

Kolon no	kolon noktası	P (tonf)	V2 (tonf)	V3 (tonf)	T (tonf-m)	M2 (tonf-m)	M3 (tonf-m)
1	0	-55,402	-18,3881	20,0993	0,02077	17,46887	-12,59416
1	3	-47,6835	-18,3881	20,0993	0,02077	-42,82915	42,57027
2	0	-89,7274	-17,3165	0,0948	-0,02103	0,03133	-12,4885
2	3	-82,0089	-17,3165	0,0948	-0,02103	-0,25295	39,4611
3	0	-98,8722	-12,1612	5,7703	-0,0076	5,64142	-9,11685
3	3	-91,1536	-12,1612	5,7703	-0,0076	-11,66937	27,36669
4	0	-72,6987	-13,1779	-23,302	-0,02	-20,13289	-10,26837
4	3	-64,9801	-13,1779	-23,302	-0,02	49,773	29,26547
5	0	-72,7563	10,3465	-19,9217	-0,01707	-14,41881	9,2229
5	3	-65,0378	10,3465	-19,9217	-0,01707	45,34615	-21,8166
6	0	-67,8716	-7,1557	-20,4398	0,01502	-14,84578	-6,63126
6	3	-60,153	-7,1557	-20,4398	0,01502	46,47375	14,83595
7	0	-76,7497	-2,0497	-24,7545	0,00959	-18,29939	-2,19823
7	3	-69,0311	-2,0497	-24,7545	0,00959	55,964	3,9508
8	0	-62,3805	12,9958	-23,4532	-0,01791	-16,77884	11,16609
8	3	-54,662	12,9958	-23,4532	-0,01791	53,58082	-27,8214
9	0	-84,3165	19,219	10,0503	0,02903	8,19999	16,71473
9	3	-76,5979	19,219	10,0503	0,02903	-21,95099	-40,94227
10	0	-83,3415	18,5456	-10,33	-0,03648	-9,0319	16,26779
10	3	-75,6229	18,5456	-10,33	-0,03648	21,95825	-39,36897
11	0	-62,3445	13,0903	23,0559	0,01369	15,95301	11,60487
11	3	-54,6259	13,0903	23,0559	0,01369	-53,21474	-27,66616
12	0	-76,2139	-1,6918	24,0952	-0,01065	17,5516	-1,53069
12	3	-68,4954	-1,6918	24,0952	-0,01065	-54,73411	3,54475
13	0	-68,1827	-6,7577	20,6409	-0,015	14,99636	-5,92725
13	3	-60,4641	-6,7577	20,6409	-0,015	-46,92631	14,34592
14	0	-69,135	9,1587	22,3405	0,0183	16,22743	8,59812
14	3	-61,4164	9,1587	22,3405	0,0183	-50,7941	-18,87812

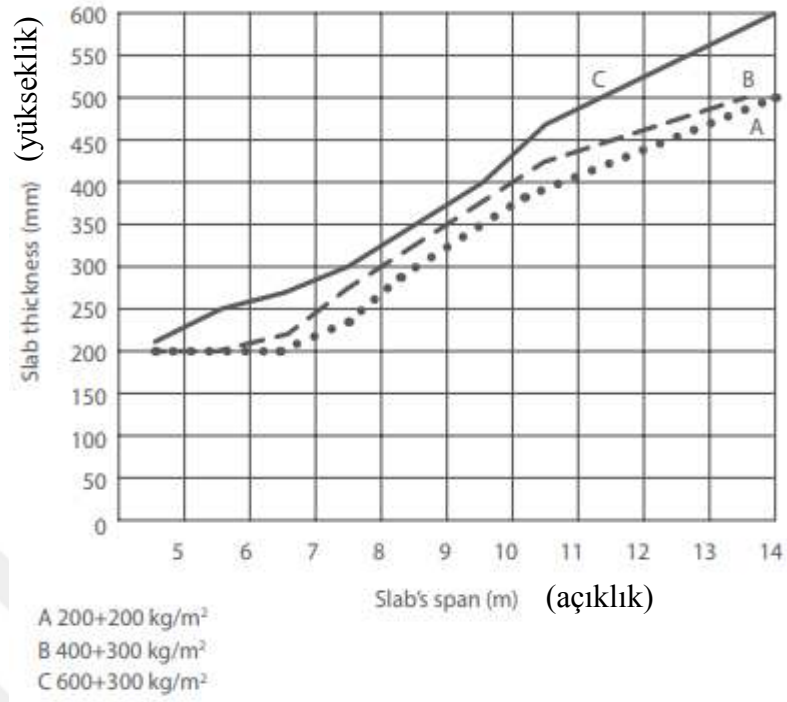
6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç

Normal plakların içinde boşluklar açılarak oluşturulan döşemeye boşluklu döşeme denilmektedir. Yapısal programlarda boşluklu döşeme ile ilgili bir bölüm olmadığından normal plak eleman özellikleri boşluk alanına göre atalet momenti, kesme alanı ve hacmi değiştirilerek plak eleman olarak tasarlanabilmektedir. Taşıma gücü olarak boşluklu ve boşluksuz döşemeler benzer özellikler göstermektedir. Boşluklu döşemelere mimari açıdan baktığımızda uzun açıklıkları kolayca geçebilmekteyiz. Uzun açıklıkta plak yüksekliği artacağından kirişli plağa göre derin kirişler kullanmayız bu da bize yaklaşık olarak on beş katta bir kat daha fazla satılabilir veya kiralanabilir bir alan sağlamaktadır. Asmolen, kaset ve kirişsiz plağa göre karşılaştırdığımızda açıklık ve yük arttıkça boşluklu döşemenin maliyet açısından daha avantajlı olduğunu söyleyebiliriz. Boşluklu döşeme kullanıldığında yapı ağırlığı yaklaşık olarak %30 oranında azalmakta olup binaya gelebilecek olan deprem kuvvetini azaltır. Kör kalıplar geri dönüşümlü malzemeden yapıldığı için daha az karbon izi bırakır ve çevreye duyarlı bina elde etmiş oluruz. Özellikle otopark olan yerlerde kör kalıplar dolgu işlerinde de kullanılabilmekte olup maliyeti düşürmektedir. Kör kalıp kullanılarak tesisat işlerinin yapılması diğer döşemelere göre daha kolaydır. Daha önce yapılmış işlere bakıldığında kalıp kurulu hızlı ve basittir. Biri işçi saate 20 m² alana kör kalıp kurabilmektedir. Diğer döşeme türlerine göre bakıldığında donatı işçiliği kolay ve hızlıdır. Boşluklu döşeme kullanılan yapılar daha simetrik bir taşıyıcı sisteme sahiptir.

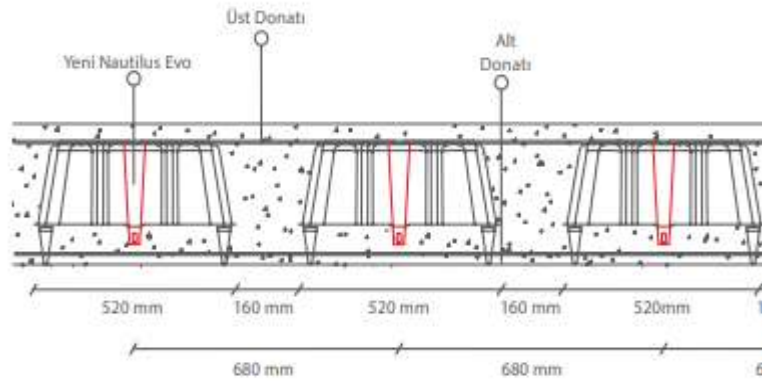
6.2. Öneriler

Boşluklu döşemeler oluşturulurken deprem yönetmeliklerinde ve betonarme yapım kurallarında belirlenen minimum koşullar göz önüne alınmalı, boşluğun üst ve alt kısmındaki plak kalınlığı optimum ölçülerden az olmamalıdır. Açıklık arttıkça plak kalınlığının arttırılması gerekir. Ağırlık ve açıklık miktarı arttıkça boşluklu döşeme kullanılması önerilir.



Şekil 6.1 Boşluklu döşeme kalınlık hesabı

Yapısal analiz programlarının bazıları yeni versiyonlarında boşluklu döşemeyi tanımlamış ancak boşluklu döşemeyi tanımlamamış olan yapısal analiz programlarında veri girişinde benzetme yapılırken düzeltme katsayılarına dikkat edilmeli. Kör kalıpların düzgün dizilmesine ve donatıların düzgün yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. Kör kalıpların arası betonun rahat girmesi için 10 cm den az olamamalıdır.



Şekil 6.2 Boşluklu döşeme donatı gösterimi [39]

Boşluklu döşemelerde kapladığı alandan, beton hacmi kazancından, donatılarla daha iyi etkileşim sağlayacağından dolayı kübik kör kalıpların kullanılması tavsiye edilmektedir. Boşluk genişliği arttıkça maliyet azalmakta olup kesme kuvvetinden dolayı boşluk genişliğine bir sınırlama getirilmelidir.

Zımbalama etkisinden dolayı kolon etrafı dolu kesit olmalı, boşluklu kör kalıplar zımbalama çevresinden sonra konulmaya başlanmalıdır. Ayrıca güvenli tarafta kalmak isteyenler gerekli miktardaki zımbalama donatısını veya kayma kamasını kullanabilirler.

Bu çalışmamızda 2007 deprem yönetmeliğine göre lineer analizler yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda 2019 yılında yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliğine göre non-lineer analizler yapılarak sonuçları karşılaştırılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Naik S.R. and Joshi D. (2017). A Voided Slab and Conventional Flat Slab; A Comparative Study. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 4(1), 44-50.
- [2] Mısıfıq M.S., Saini S. and Rajoria N. (2017). Experimental Study on Bubble Deck Slab. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(5), 1000-1004.
- [3] Surendar M. and Ranjitham M. (2016). Numerical and experimental Study on Bubble Deck Slab Research Article. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(5).
- [4] Bhowmik R., Mukherjee S. and Das A. (2017). Review on Bubble Deck With Spherical Hollow Balls. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(8), 979-987.
- [5] Lai T. (2009). Strucutural Behaviour of Bubble Deck Slab and Their Applications to Lightweight Bridge Decks. Yüksek Lisans Tezi.Amerika Birleşik Devletleri: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
- [6] Calin S., Gintu R. and Dascalu G. (2009). Summary of tests and Studies Done Abroad on the Bubble Deck Slab System. *The Buletinul Institutului Politehnic din Iaşi*
- [7] Calin S., Asavoaie C. and Florea N. (2009). Issues for Achieving an Experimental model. *The Buletinul Institutului Politehnic din Iaşi*
- [8] Shetkar A. and Hanche N. (2015). An Experimental Study on Bubble Deck Slab System With Eliptical Balls.
- [9] ACI 318-11. (2011). Building Code Requirements for Structural Concrete. ACI, Farmington Hills
- [10] Purushottam Y.T. and Hemantkumar T.Y. (2016). Analytical Study of Solid Flat Slab and Voided Slab Using ANSYS Workbench. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(10), 1000-1003.
- [11] Gezer M. (2018). Betonarme Boşluklu Döşemelerin Analitik ve Deneysel olarak İrdelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [12] Türk Standartları Enstitüsü. (1987). TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. Ankara

- [13] STA4CAD, Çok Katlı Betonarme Yapıların Statik, Deprem, ve Rüzgar Analiz Programı. STA Bilgisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti. İstanbul.
- [14] Topçu A. (2018). Betonarme 2 Ders Notları, Osmangazi Üniversitesi. http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Betonarme2.htm. (18.02.2018)
- [15] Türk Standartları Enstitüsü. (2000). TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Ankara.
- [16] Ersoy U. ve Özcebe G. (2016). Betonarme (5). İstanbul. Evrim Yayınevi.
- [17] Türk Standartları Enstitüsü. (2000). TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Ankara.
- [18] **http-1:** <http://www.sirketce.com/bilton-beton-yapi-elemanlari/urunler/bilton-prefabrik.html> (15.03.2018)
- [19] **http-2:** <https://yapisor.com/1360/kaset-dosemeler> (15.03.2018)
- [20] Topçu A. (2018). Betonarme 2 Ders Notları, Osmangazi Üniversitesi. http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Betonarme2.htm. (18.02.2018)
- [21] Türk Standartları Enstitüsü. (2000). TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Ankara.
- [22] Türk Standartları Enstitüsü. (2000). TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Ankara.
- [23] Peker K. ve Kolgu S. (2018). Kirişsiz döşemelerin uygulamada Tasarım ve Detaylandırılması. http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/5ee5b8dc6b9ac5e_ek.pdf?tipi=2&туру=X&sube=16 .(12.04.2018).
- [24] Türk Standartları Enstitüsü. (2000). TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Ankara.
- [25] Topçu A. (2018). Betonarme 2 Ders Notları, Osmangazi Üniversitesi. http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Betonarme2.htm. (18.02.2018)
- [26] **http-3:** <https://www.sanalsantiye.com/zimbalama-kuvveti-nedir-nasil-hesaplanir/> (05.05.2018)

- [27] Onat O. (2018). Betonarme 2 Ders Notları. Munzur Üniversitesi. <https://www.munzur.edu.tr/birimler/akademik/fakulteler/muhendislik/bolumler/insaat/Pages/file/Hafta-1.pdf> (15.04.2018)
- [28] Kınacı Z. (2008). Ardgermeli Beton. http://www.kinaci.com.tr/upresimler/IMO_Ankarasubesi_ArdGerme_Sunumu_Zafer_Kinaci.pdf (20.04.2018)
- [29] Türk Standartları Enstitüsü. (1979). TS3233 Ön Gerilmeli Beton Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
- [30] **http-4:** <http://www.ingenieurmagazin.com/bautechnik/rohbau-baustoffe-baumaterialien/806-cobiax-hohlkoerper-leichtbau-bei-betondecken.html> (01.05.2018)
- [31] **http-5:** <https://theconstructor.org/structural-engg/voided-slab-bubble-deck-technology/8341/> (01.05.2018)
- [32] **http-6:** <http://www.arkitera.com/urun/4058/natulus--bosluklu-doseme-olusturmak-icin-kor-kalip-sistemi> (01.05.2018)
- [33] AFAD. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Etkisi Altındaki Binaların Tasarımı İçin Esaslar. Ankara
- [34] AFAD. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Etkisi Altındaki Binaların Tasarımı İçin Esaslar. Ankara
- [35] AFAD. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Etkisi Altındaki Binaların Tasarımı İçin Esaslar. Ankara
- [36] Tuncan M. ve Taşkın K. (2014). Yeni Nautilus® Kör Kalıp Sistemlerinin Maliyet Analizi, (Teknik Rapor). Anadolu Üniversitesi. Eskişehir.
- [37] Türk Standartları Enstitüsü. (1987). TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. Ankara
- [38] SAFE, Integrated Design of Flat Slabs, Foundation Mats and Spread Footings, Computers and Structures Inc. (CSI)
- [39] **http-7:** <http://www.geoplast.com.tr/tr/casseforme/catalogo/YENI%20NAUTILUS%20EVO%20TR.pdf> (05.04.2019)

EKLER

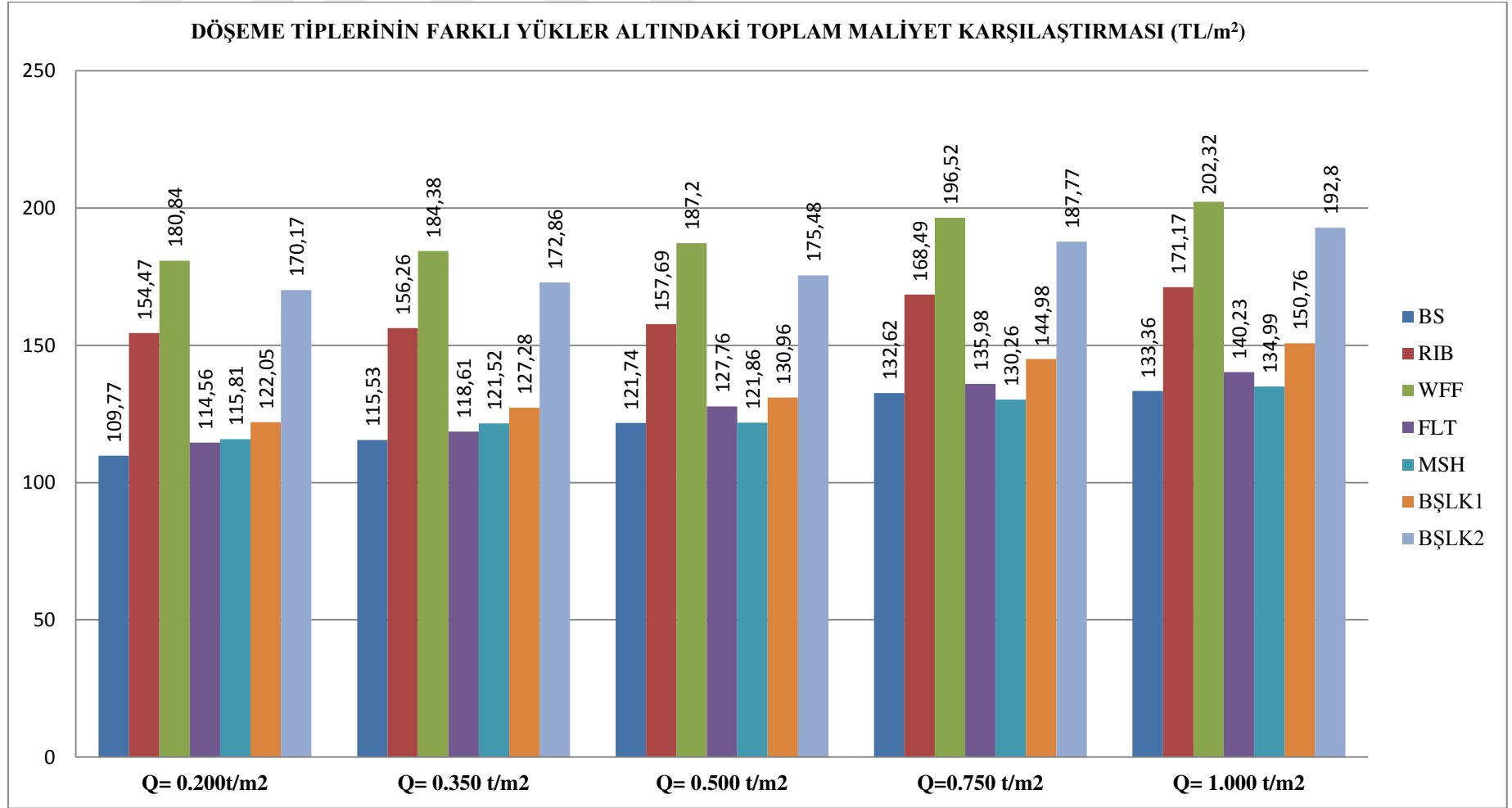
EK A: Farklı açıklıklardaki farklı döşeme tiplerinin farklı yük altındaki maliyet karşılaştırması

EK B: SAFE programına data girişi

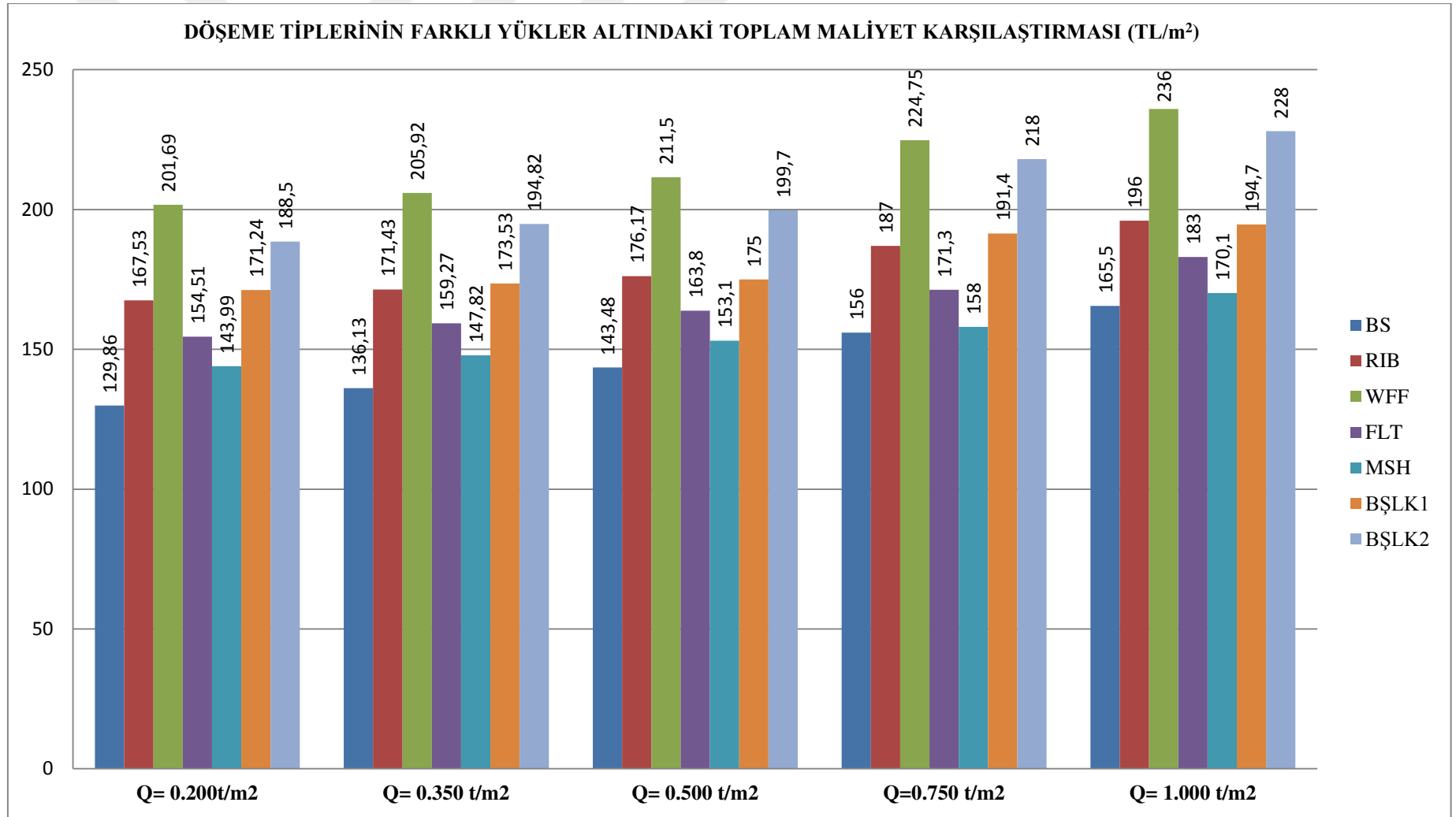
EK C: Sta4cad programında 16*16 açıklıklı tek katlı döşemelerin karşılaştırılması



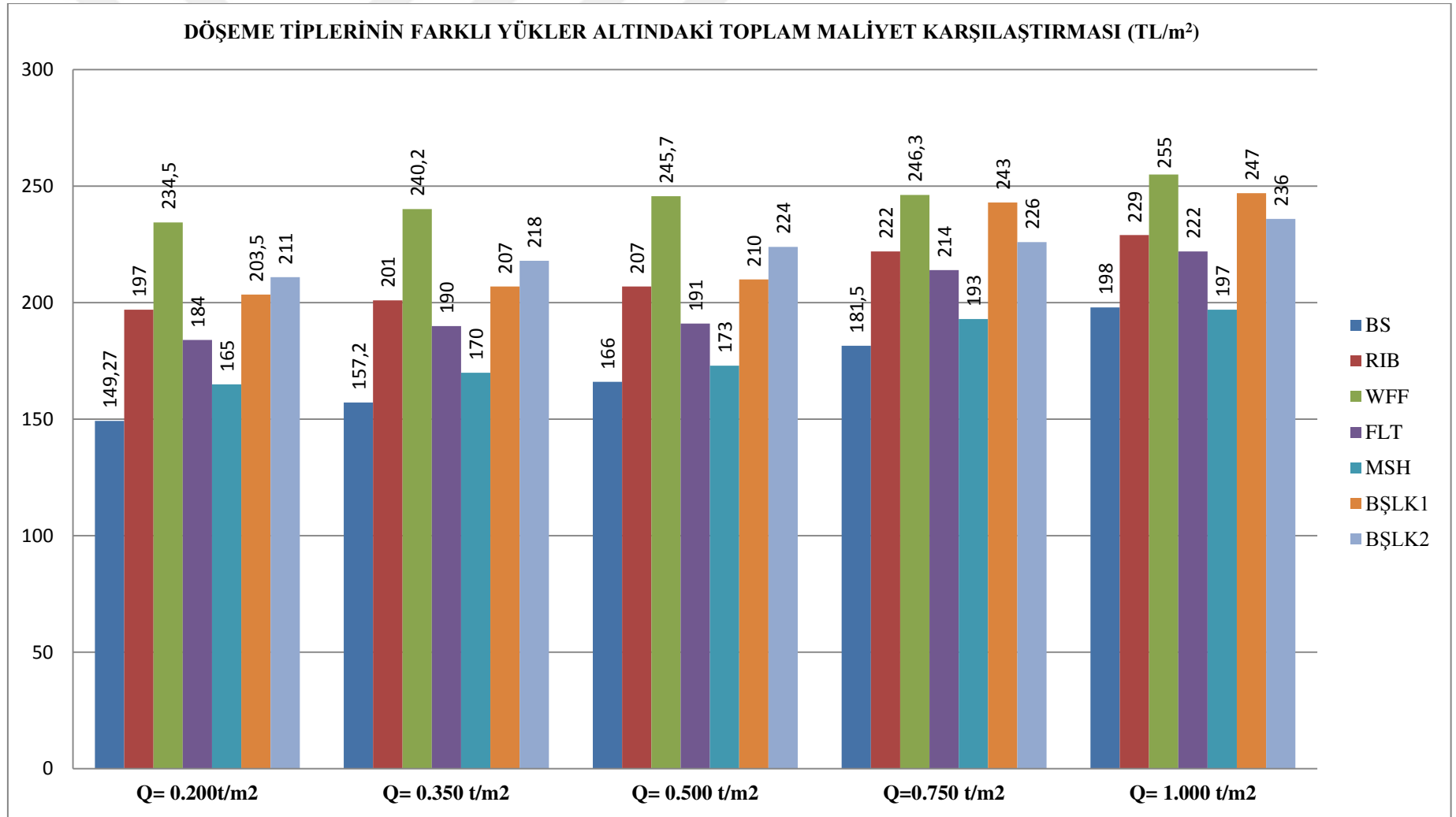
EK A: Farklı Açıklıklardaki Farklı Döşeme Tiplerinin Farklı Yük Altındaki Maliyet Karşılaştırması



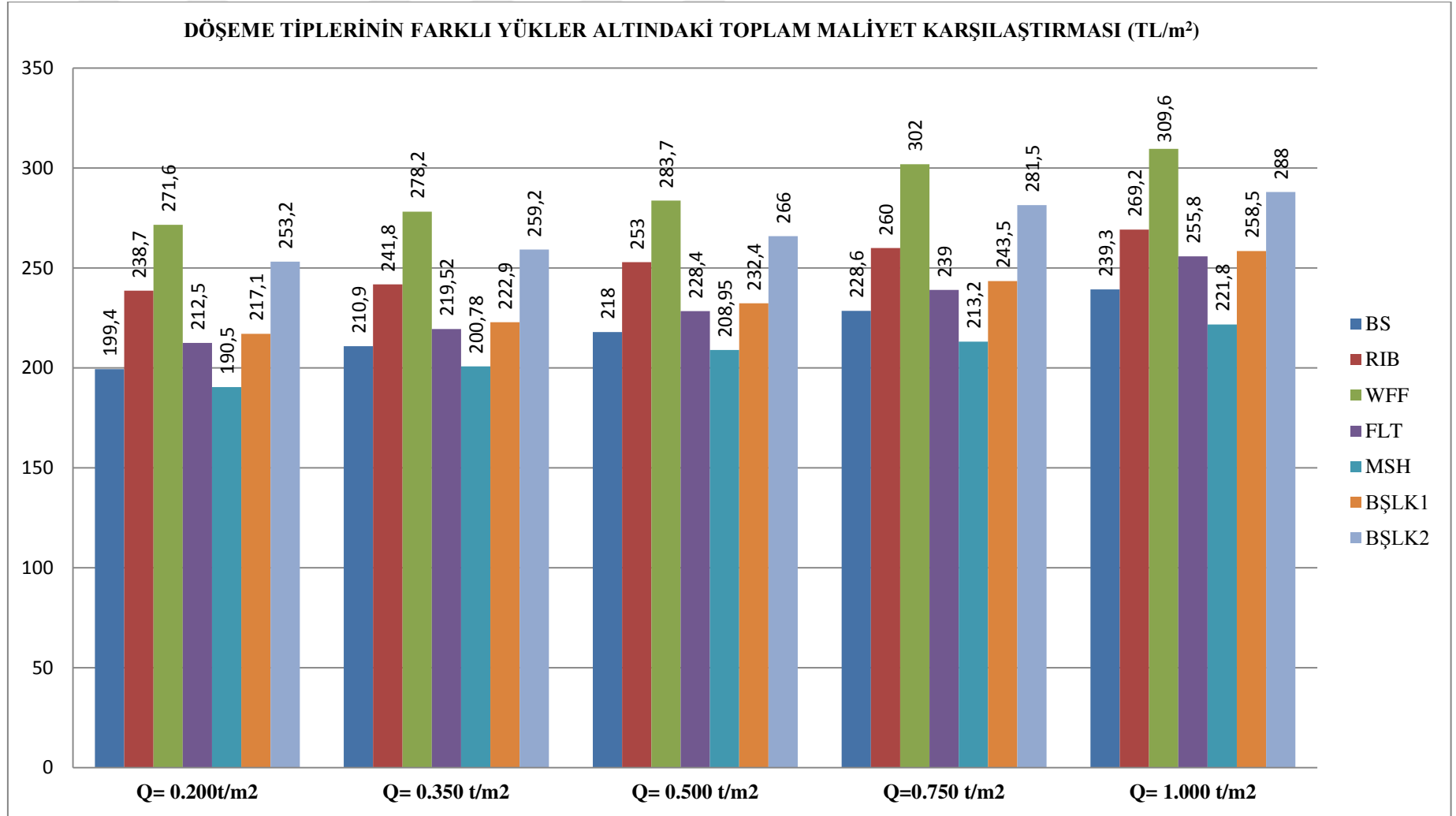
Şekil A.1. 8mx8m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



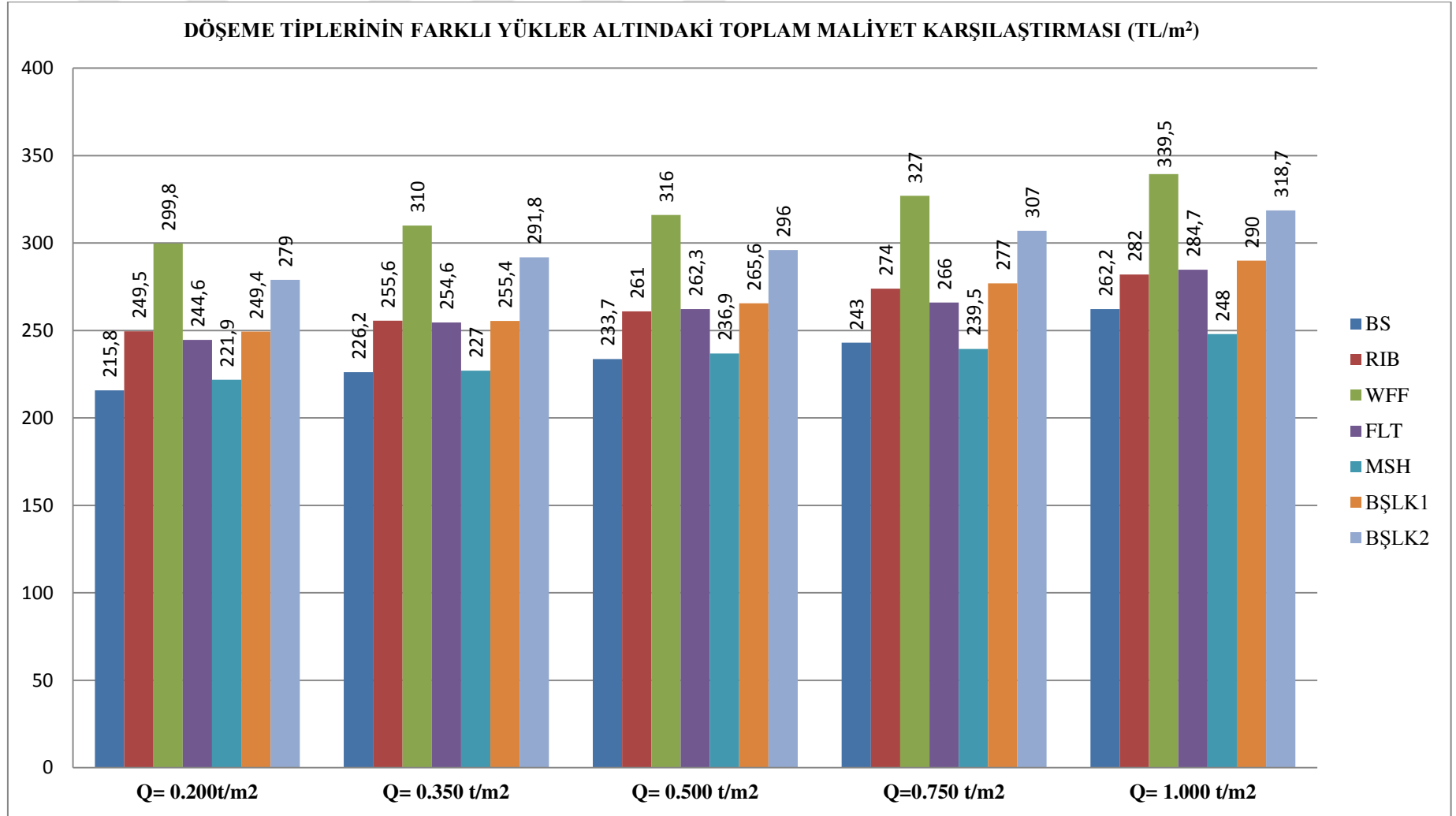
Şekil A.2. 10mx10m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



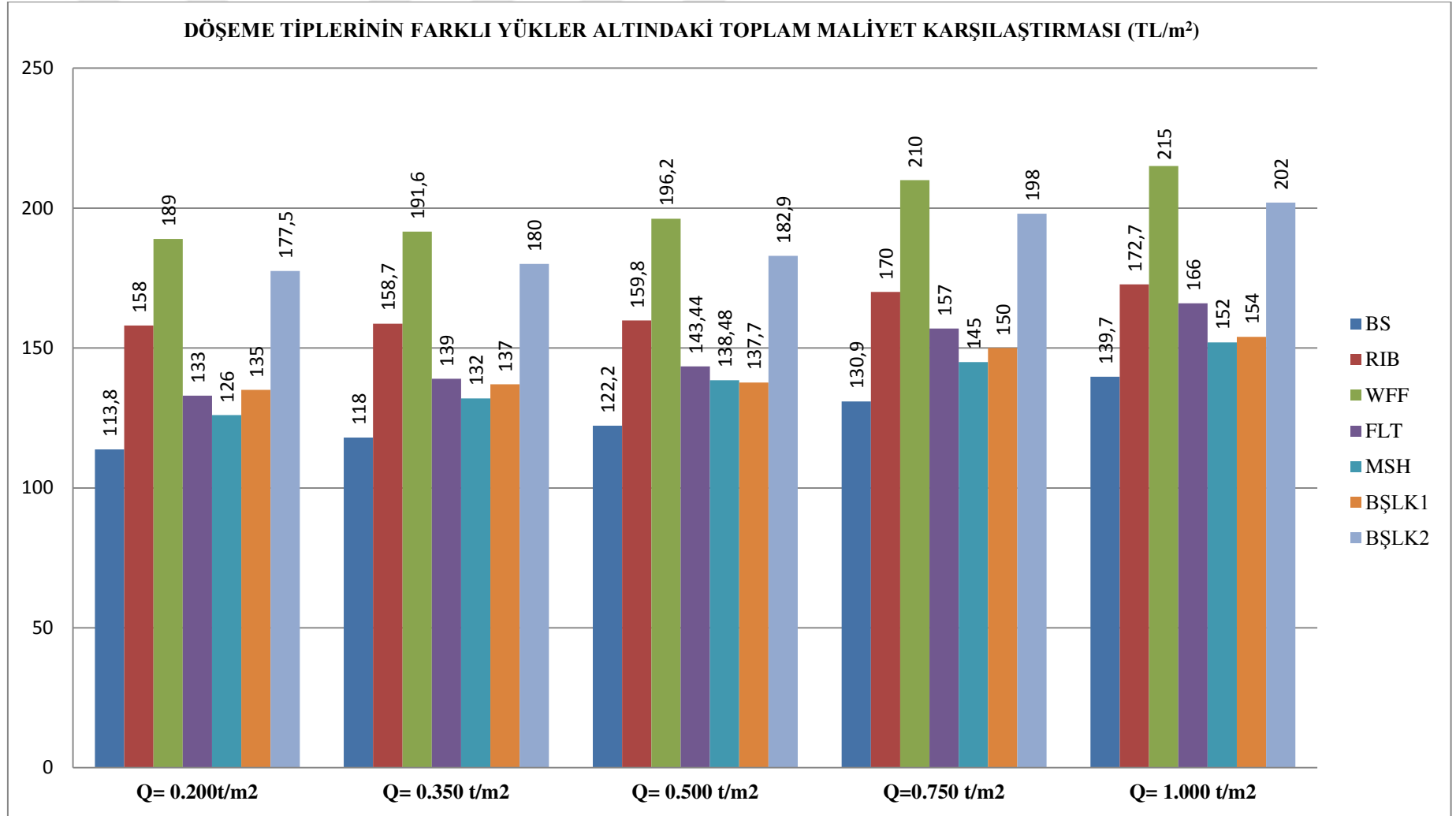
Şekil A.3. 12mx12m çoklu açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



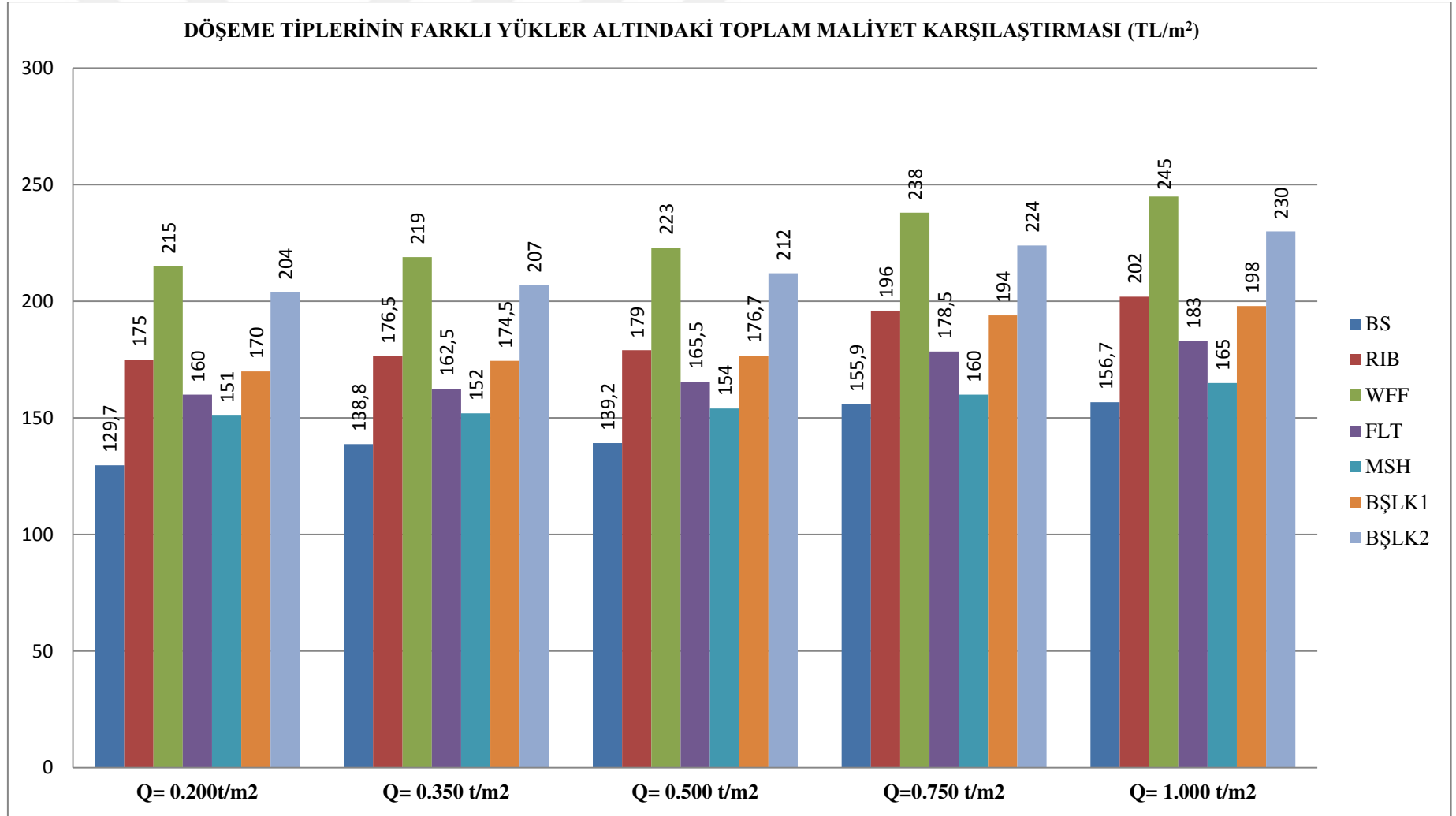
Şekil A.4. 14mx14m tek açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



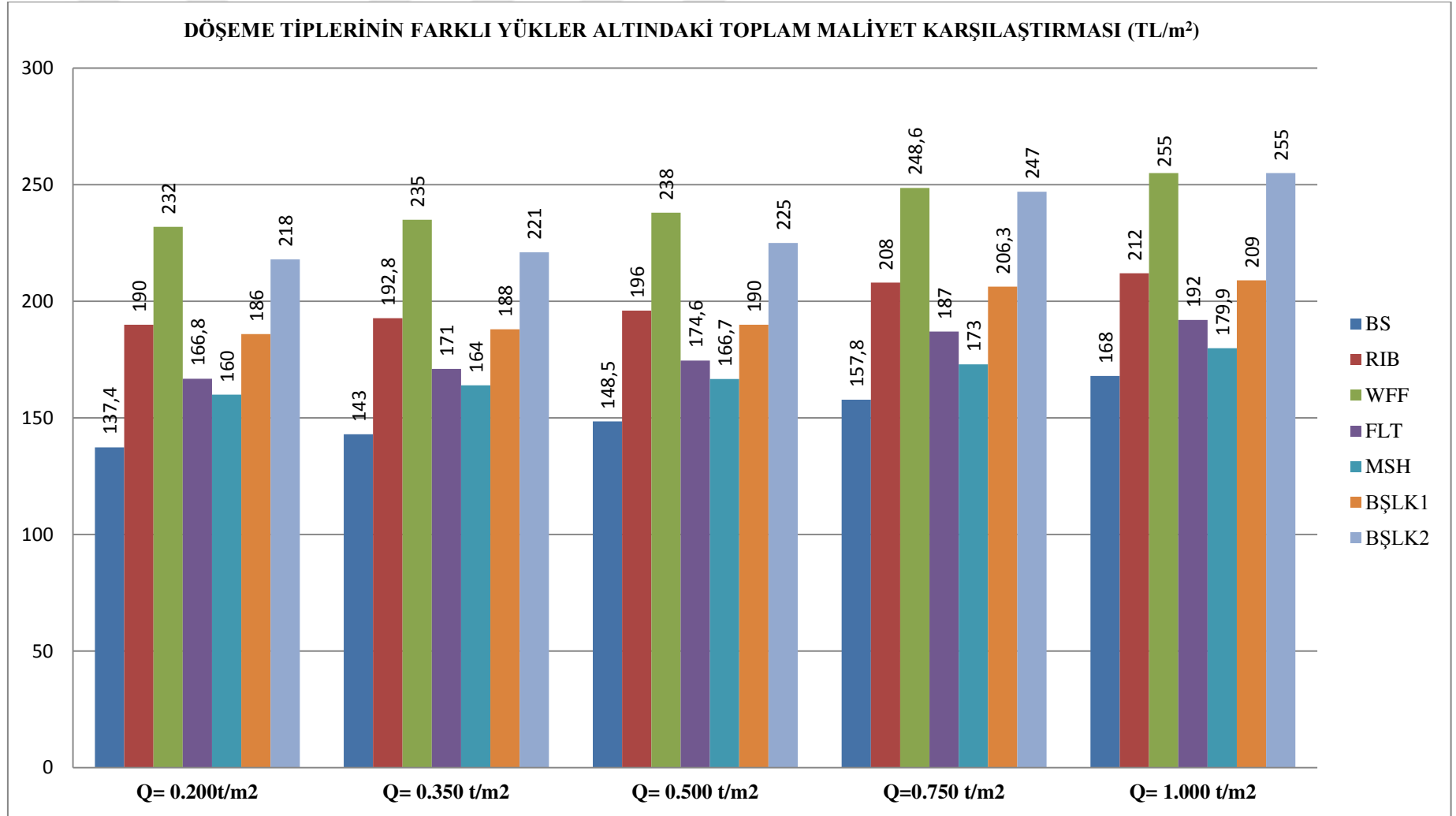
Şekil A.5. 16mx16m tek açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



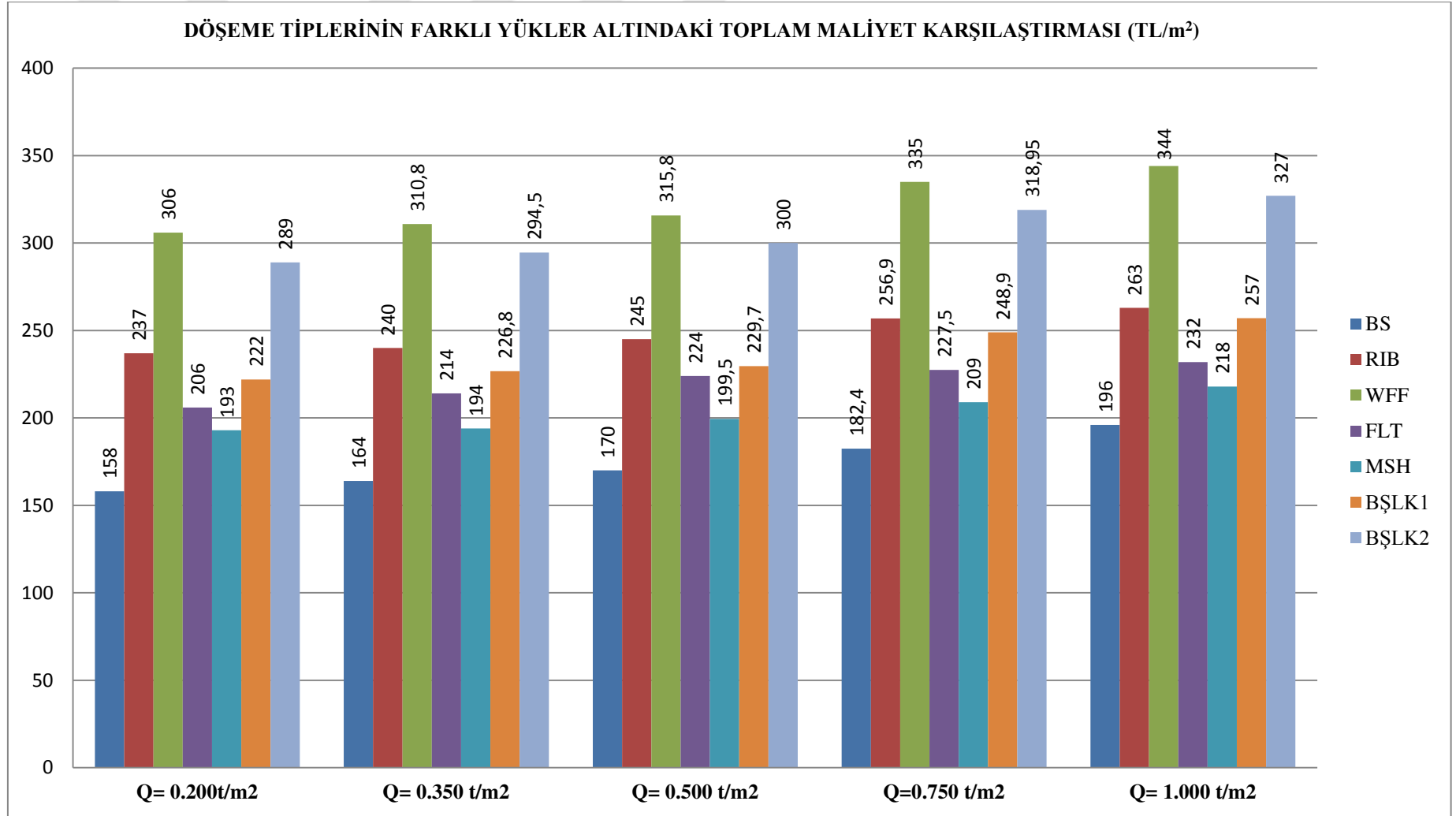
Şekil A.6. 6mx9m çok açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



Şekil A.7. 6mx12m çok açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



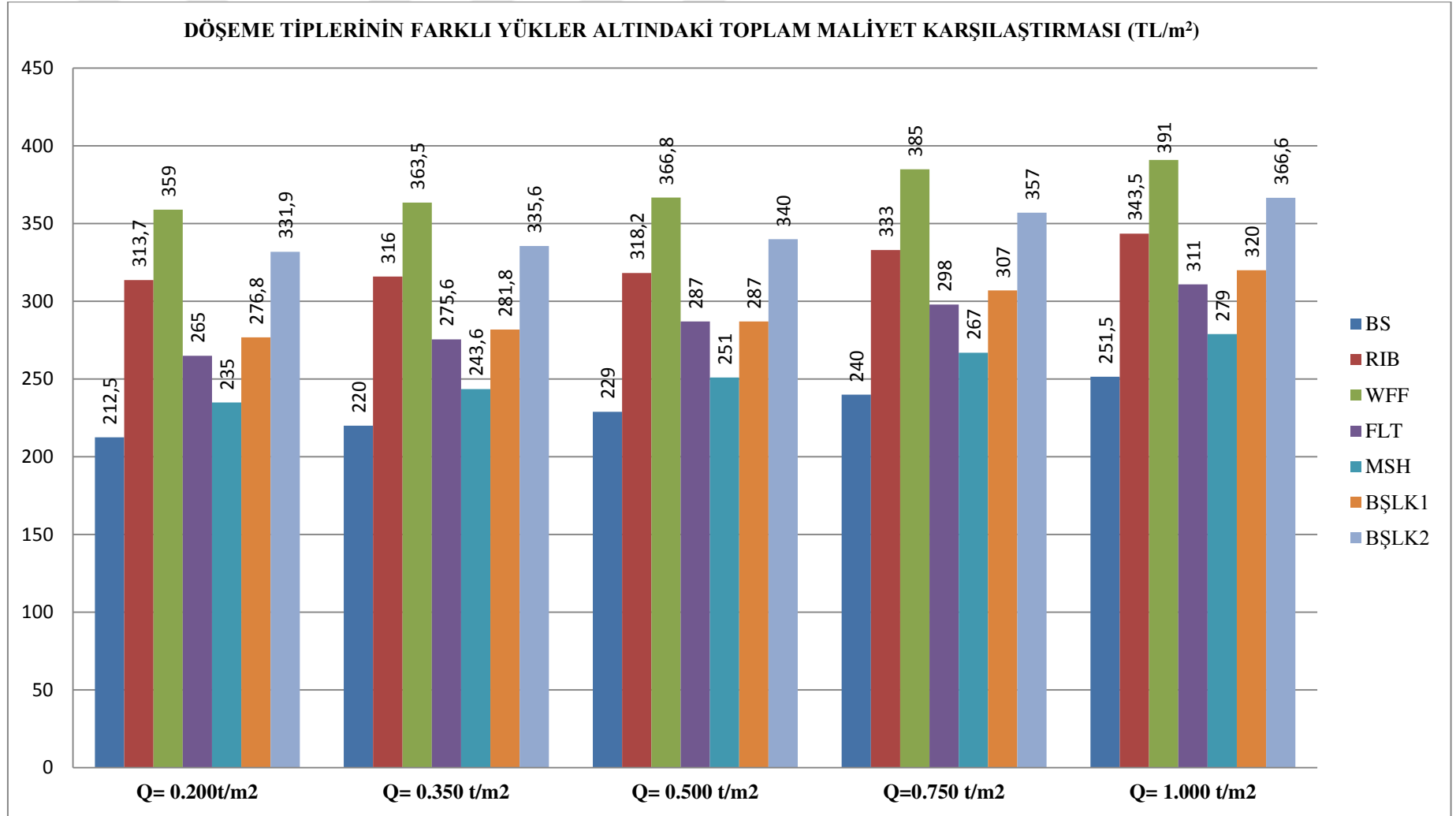
Şekil A.8. 8mx12m çok açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



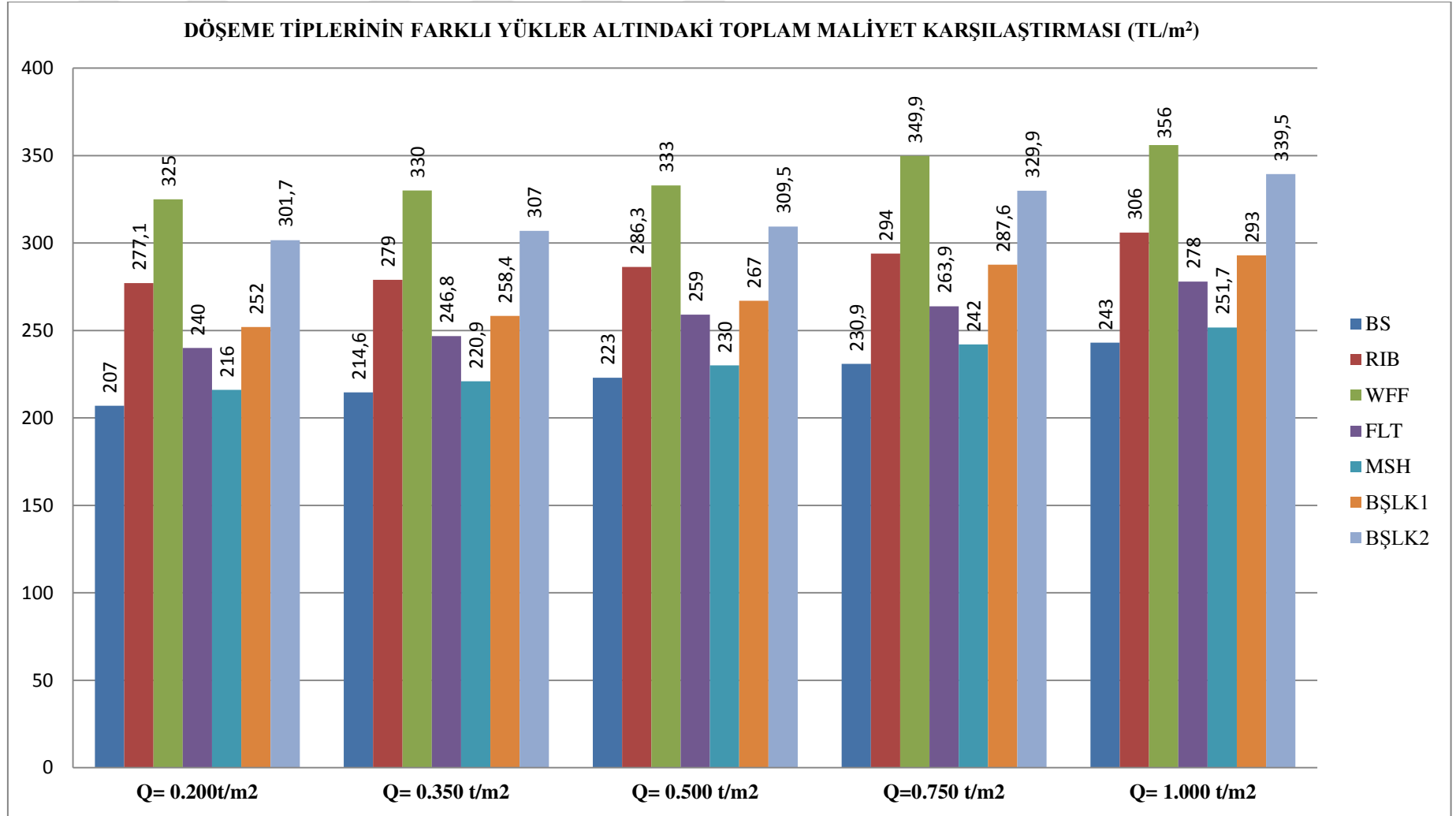
Şekil A.9. 8mx16m çok açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



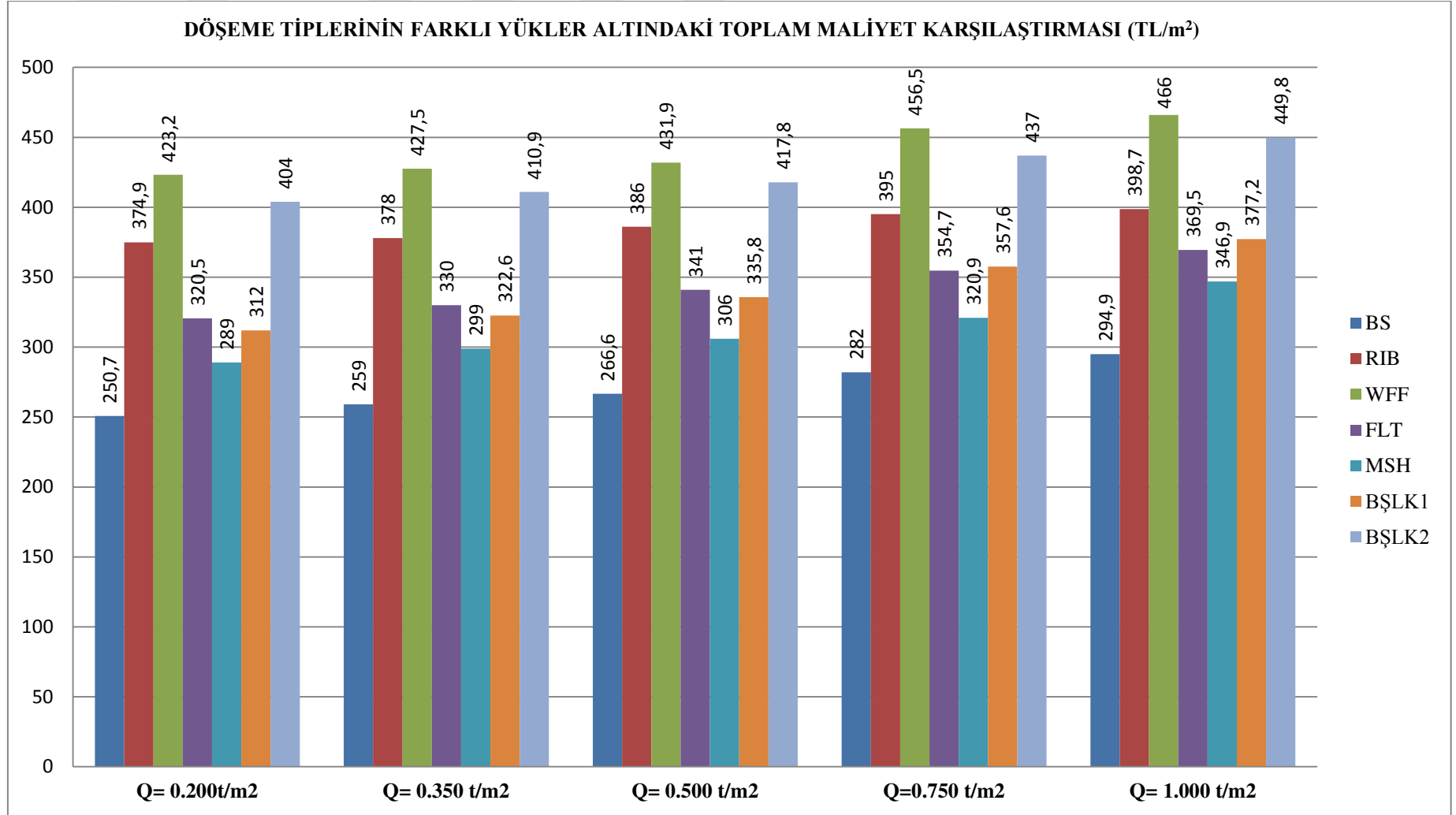
Şekil A.10. 10mx15m tek açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



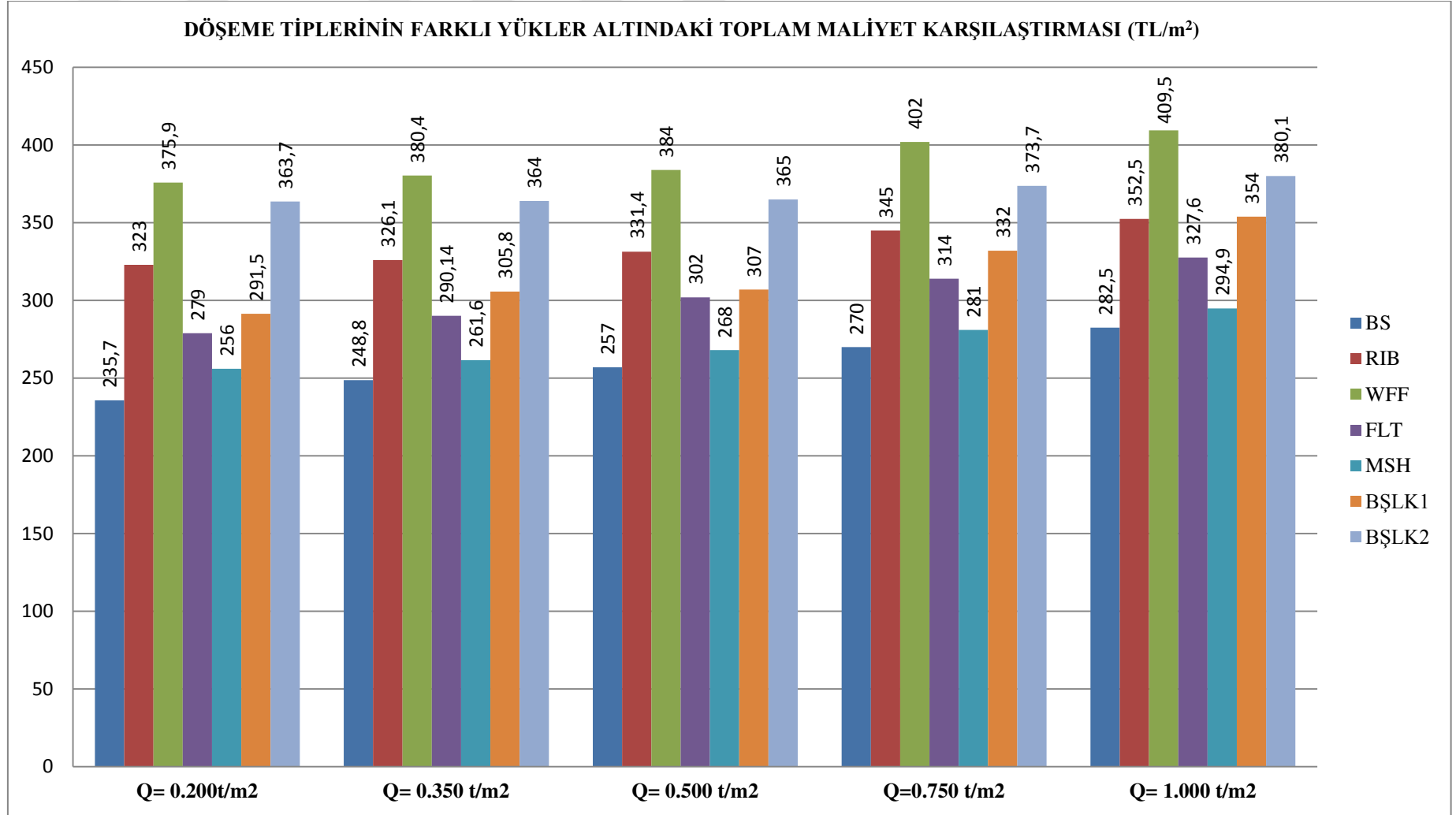
Şekil A.11. 10mx20m tek açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



Şekil A.12. 12mx18m tek açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



Şekil A.13. 12mx24m tek açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



Şekil A.14. 14mx21m tek açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması



Şekil A.15. 16mx24m tek açıklıklı döşeme sisteminin toplam maliyet karşılaştırması

EK B: SAFE Programına Data Girişi

The image displays two windows from the SAFE software interface for defining structural properties.

Slab Property Data Window:

- General Data:**
 - Property Name: D30 BOŞ
 - Slab Material: C50
 - Display Color: (Blue color swatch)
 - Property Notes: (Empty text area)
- Analysis Property Data:**
 - Type: Slab
 - Thickness: 0,3 m

Beam Property Data Window:

- General Data:**
 - Property Name: B15X60
 - Beam Material: C50
 - Rebar Material: MAT2
 - Rebar Material Shear: MAT2
 - Display Color: (Blue color swatch)
 - Property Notes: (Empty text area)
- Analysis Property Data:**
 - Beam Shape Type: Rectangular Beam
 - Web Width at Top: 0,15 m
 - Web Width at Bottom: 0,15 m
 - Depth: 0,6 m
- Design Property Data:**
 - Flange Dimensions from Analysis Property Data (Selected)
 - Flange Dimensions Automatic from Slab Property
 - Flange Dimensions User Specified
 - Flange Width: (Empty field)
 - Slab Depth: (Empty field)
 - Cover Top (to Centroid): 0,06 m
 - Cover Bottom (to Centroid): 0,06 m
 - No Design (Unselected)

Both windows include a 'Show Properties...' button at the bottom.

Şekil B.1. SAFE döşeme ve kiriş bilgi girişi

Column Property Data

General Data

Property Name: 1

Material: C50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Column Section Dimensions

Column Shape: Rectangular

Parallel to 2-Axis: 1.05 m

Parallel to 3-Axis: 0.7 m

☒ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Show Properties...

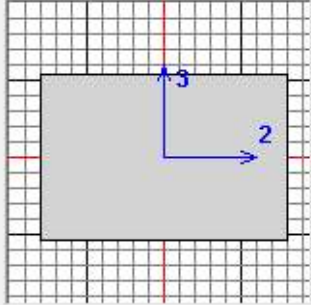
Automatic Drop Panel Dimensions

☒ Include Automatic Drop Panel Over Column

Parallel to 2-Axis: 1.05 m

Parallel to 3-Axis: 0.7 m

Slab Property: D30



Şekil B.2. SAFE kolon bilgi girişi

Load Patterns

Load Patterns

Load	Type	Self Weight Multiplier	Notes
DEAD	DEAD	1.0000	
LIVE	LIVE	0.0000	

Note: Double click cell in the Notes column to expand it.

Şekil B.3. Yük düzeni

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: 1.4G+1.6Q

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

	Load Name	Scale Factor
▶	DEAD	1.4000
	LIVE	1.6000
*		

Design Selection

☒ Strength (Ultimate) ☐ Service - Normal

☐ Service - Initial ☐ Service - Long Term

OK Cancel

Design Load Combinations Selection

Select Type

Load Combination Type: Strength (Ultimate)

Select Load Combination

List of Load Combinations

G+0.3Q
G+Q
G+Q+UZUNSURELI

Add =>

<= Remove

Show...

Design Load Combinations

1.4G+1.6Q

OK Cancel

Şekil B.4. Yük kombinasyonları

The image displays two screenshots of a software interface for configuring loads and analysis types.

The top screenshot shows the "Show Loads" dialog box. It features a "Load Pattern Name" dropdown menu set to "DEAD". Under the "Load Type" section, several radio buttons are present, with "Slab Surface Loads" selected. Below this, a "Direction" dropdown menu is set to "Gravity". At the bottom, there is a checkbox for "Show Loading Values" and "OK" and "Cancel" buttons.

The bottom screenshot shows the "Load Case Data - Nonlinear Static" dialog box. It is divided into several sections:

- Load Case Name:** A text field containing "UZUNSURELI-KALICI".
- Load Case Data Notes:** A button labeled "Modify/Show Notes...".
- Load Case Type:** A dropdown menu set to "Static" and a "Design..." button.
- Initial Conditions:** Two radio buttons: "Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State" (selected) and "Continue from State at End of Nonlinear Case". Below them is a text field and an "Important Note: Loads from this previous case are included in the current case".
- Analysis Type:** Four radio buttons: "Linear", "Nonlinear (Allow Uplift)", "Nonlinear (Cracked)", and "Nonlinear (Long Term Cracked)" (selected). Below them are input fields for "Creep Coefficient" (value: 2) and "Shrinkage Strain" (value: 0.0005).
- Uplift Solution Control:** A label "Force Convergence Tolerance (Relative)" and an input field with the value "0.00001".
- Loads Applied:** A table with two columns: "Load Name" and "Scale Factor".

	Load Name	Scale Factor
▶	DEAD	1.0000
	LIVE	0.3000
*		

At the bottom right of the "Load Case Data" dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Şekil B.5. Yükleme ve analiz tipi

Units

File

Quick Units

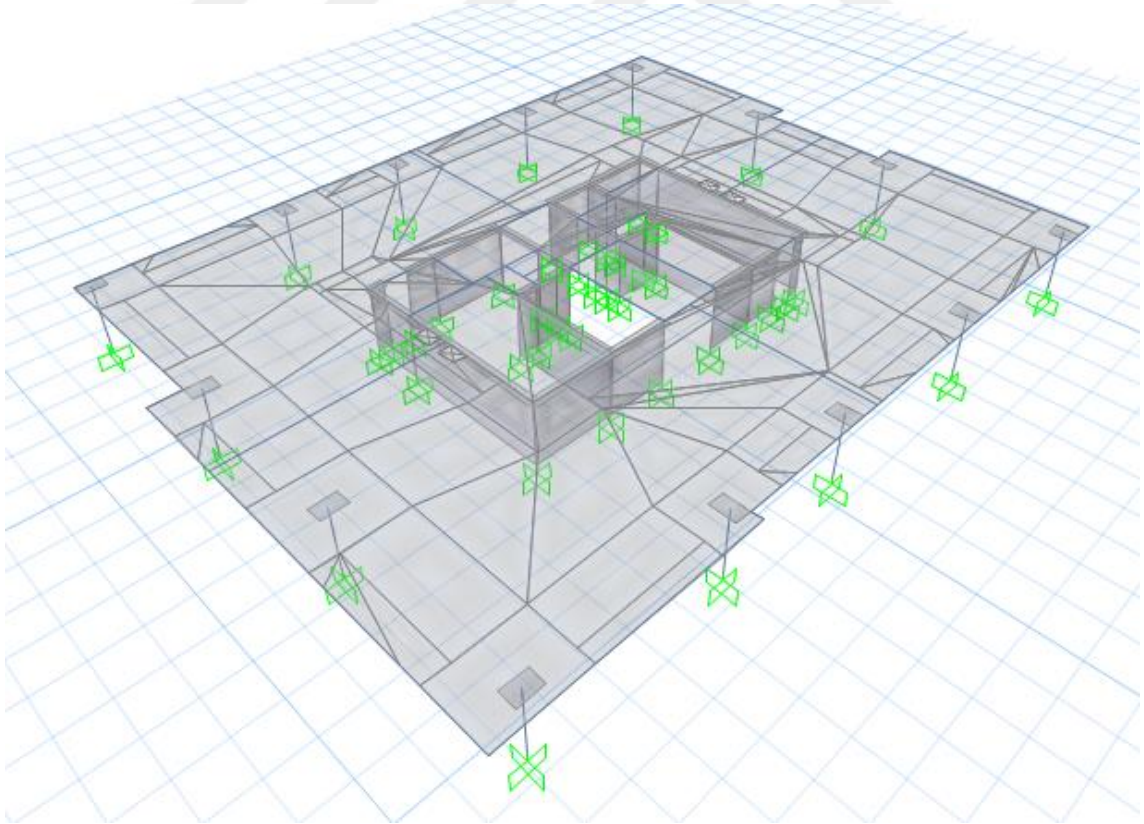
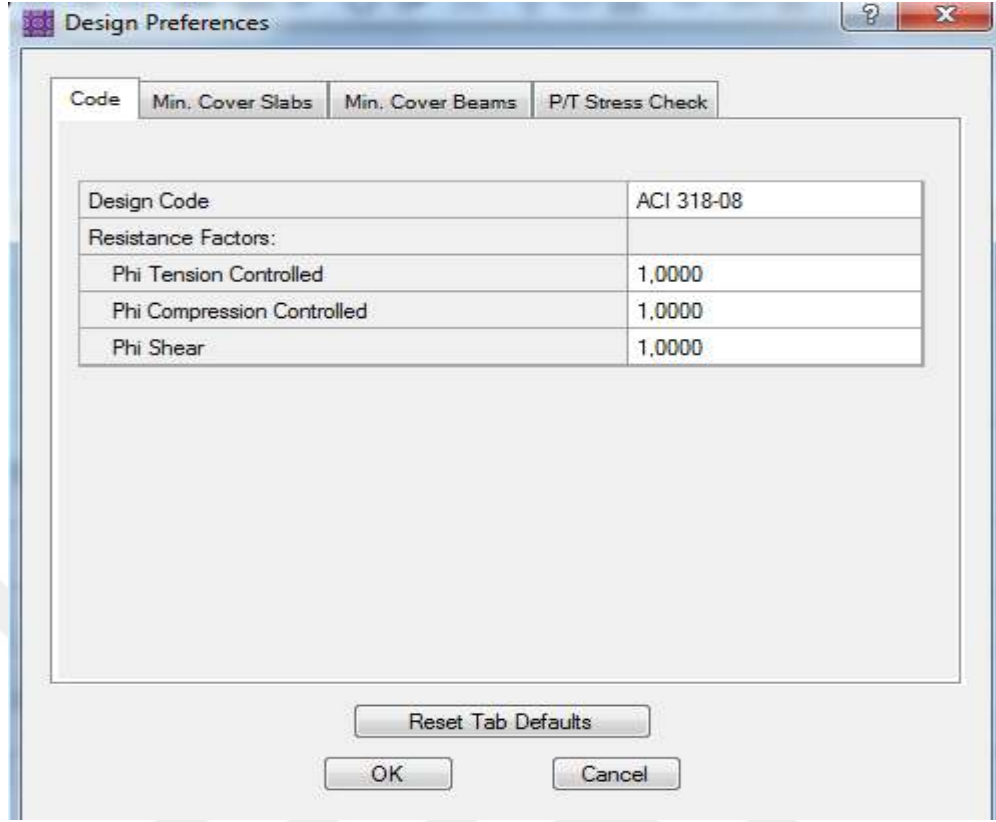
U.S. Defaults Metric Defaults Consistent Units... Named Units...

Units

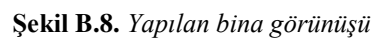
Item	Units	Units Label	Decimal Places	Min. Sig. Figures	Zero Tolerance	Always Use E Format
Structure Dimensions						
Coordinates	Tonf, m, C	m	5	2	1.0000E-20	No
Absolute Distance	Tonf, m, C	m	5	2	1.0000E-20	No
Relative Distance			4	2	1.0000E-20	No
Angles			3	2	1.0000E-20	No
Section Dimensions						
Length	Tonf, m, C	m	6	2	1.0000E-20	No
Area	Tonf, m, C	m ²	6	2	1.0000E-20	No
Length ⁴	Tonf, m, C	m ⁴	6	2	1.0000E-20	No
Rebar Area	Tonf, mm, C	mm ²	6	2	1.0000E-20	No
Rebar Area/Length	cm ² /m	cm ² /m	6	2	1.0000E-20	No
Displacements						
Translational Displ	Tonf, mm, C	mm	6	2	1.0000E-20	No
Rotational Displ			6	2	1.0000E-20	No
Forces						
Force	Tonf, m, C	Tonf	4	2	1.0000E-20	No
Force/Length	Tonf, m, C	Tonf/m	3	2	1.0000E-20	No
Force/Area	Tonf, m, C	Tonf/m ²	3	2	1.0000E-20	No
Moment	Tonf, m, C	Tonf-m	5	2	1.0000E-20	No
Moment/Length	Tonf, m, C	Tonf-m/m	5	2	1.0000E-20	No
Temperature Change	Tonf, m, C	C	3	2	1.0000E-20	No
Stresses						
Stress Input	Tonf, m, C	Tonf/m ²	2	2	1.0000E-20	No
Stress Output	Tonf, m, C	Tonf/m ²	2	2	1.0000E-20	No
Stiffness						

OK Cancel

Şekil B.6. Kullanılan metrik değerler

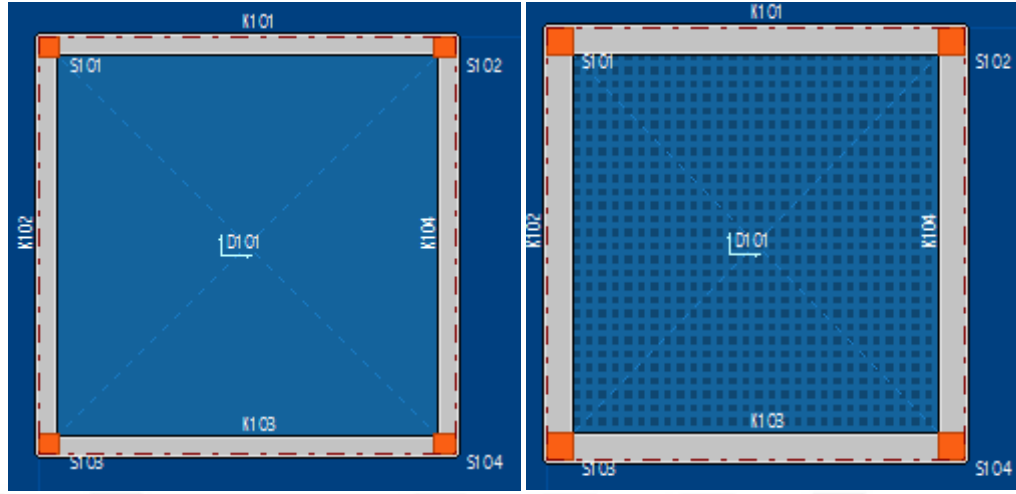


Şekil B.7. Kullanılan yönetmelik ve 3B görünüşü



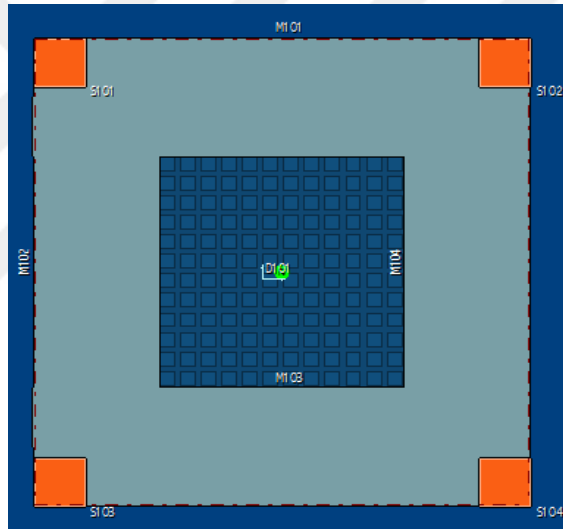
Şekil B.8. *Yapılan bina görünüşü*

EK C: Sta4cad Programında 16*16Açıklıklı Tek Katlı Döşemelerin Karşılaştırılması



Kirişli plak

Kaset döşeme



Boşluklu plak

Şekil C.1. Sta4cad döşeme çeşitleri

Çizelge C.1. Karşılaştırma sonuçları

Döşeme türü	Döşeme kalınlığı (cm)	Kiriş (cm)	Beton (m ³)
Kirişli plak	42	120-130	157,88
Kaset döşeme	85	85	143
Boşluklu plak	70	-	159,89

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İbrahim MÜLAZİMOĞLU
Yabancı Dili : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir – 1990
E-posta : ibrahimmlzmoglu@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi

- 2017-2019 Yüksek Lisans, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
- 2009-2014 Lisans, Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
- 2015-2018 İnşaat Mühendisi, HSC Mimarlık, Statik Proje Çizimi
- 2014 İnşaat Mühendisi, Arsel MD İnşaat, 33 Bin Kişilik Eskişehir Stadyumu
- 2013 İnşaat mühendisi, Aydınlar İnşaat. Drusilya Evleri

Mesleki Kuruluş Üyelikleri

- 2015 İnşaat Mühendisleri Odası, Eskişehir